

Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**КОЗАК ВАСИЛИНА МИХАЙЛІВНА**

УДК 595.617:(574.24+574.476)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ТРОФІЧНА АКТИВНІСТЬ ЛІСОВИХ ВИДІВ ДИПЛОПОД *ROSSIULUS*  
*KESSLERI* ТА *MEGAPHYLLUM KIEVENSE* ЗА ВПЛИВУ ВАЖКИХ  
МЕТАЛІВ І ПЕСТИЦИДІВ У ЛАБОРАТОРНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ**

101 Екологія

(10 «Природничі науки»)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD).

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Козак В. М.

Науковий керівник:

Бригадиренко Віктор Васильович,  
кандидат біологічних наук, доцент

Дніпро – 2022

## АНОТАЦІЯ

Козак В. М. Трофічна активність лісових видів диплопод *Rossiulus kessleri* та *Megaphyllum kievense* за впливу важких металів і пестицидів у лабораторному експерименті. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 Екологія – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2022.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню впливу хімічних речовин агрогенного та техногенного походження на організми багатоніжок у лабораторних умовах: різних концентрацій важких металів (ферум, купрум, плумбум, кадмій) і пестицидів (Нурелл Д, Актеллік, Тілт, Фалькон, Пенкоцеб, Тіовіт Джет, Ридоміл Голд, Бі-58, Біотлін, Омайт, Раундап, Ураган Форте та Хорус) на зміну маси тіла *Rossiulus kessleri* (Lochmander, 1927) та *Megaphyllum kievense* (Lohmander, 1928), інтенсивність споживання корму, темпи утворення екскрементів і фракційний склад їх трофічного субстрату. Виявлено концентрації полютантів, що спричиняють загибель диплопод. Установлено концентрації досліджених речовин, менш токсичні для багатоніжок.

Уперше в лабораторних умовах охарактеризовано вплив різних концентрацій сульфатів заліза та міді на трофічну активність *M. kievense*; установлено закономірність токсичного впливу свинцю та кадмію на організм *M. kievense*; виявлено стимулювальний ефект концентрацій гербіцидів Раундап і Ураган Форте на темпи споживання корму особинами *R. kessleri*; визначено залежність зміни маси тіла багатоніжок *R. kessleri* від концентрацій фунгіциду Хорус; встановлено такі концентрації препаратів Омайт, Пенкоцеб, Ридоміл Голд, Фалькон, що припиняють споживання корму та знижують інтенсивність утворення екскрементів *R. kessleri*; вказано концентрації інсектицидів Нурелл Д та Актеллік, що зумовлюють загибель багатоніжок *R. kessleri*.

Матеріали дисертаційної роботи використано для підготовки «Літопису природи» та оптимізації охоронного режиму природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара під час викладання дисциплін «Біологічні методи захисту рослин», «Захист рослин», «Еволюційна екологія», «Популяційна екологія», «Техноекологія», а у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті – під час викладання дисциплін «Екологія у ветеринарній медицині», «Санітарна екологія».

Різні концентрації досліджених поллютантів спричиняють зміни в організмах диплопод. У градієнті досліджених концентрацій  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  і  $10^{-8}$  мг/г сухої підстилки) встановлено відсутність достовірних змін маси тіла *M. kievense*. У процесі живлення диплоподи пришвидшили розкладання підстилки за зростання концентрацій заліза в кормі. Маса підстилки зменшується на  $47,0 \pm 0,72$  % та на  $46,1 \pm 1,76$  % за дії  $10^{-1}$  і  $10^{-2}$  мг/г заліза.

Концентрація міді  $10^{-1}$  мг/г підстилки гальмує зростання маси тіла *M. kievense*. За дії концентрацій  $10^{-7}$ – $10^{-2}$  мг міді/г підстилки зростання маси тіла не відрізняється від контрольних тварин, які не споживали корм, збагачений іонами міді. Споживання корму диплоподами не змінюється залежно від досліджених концентрацій металу. Під час живлення кормовими субстратами з умістом різних концентрацій міді та заліза особини *M. kievense* змінили фракційний склад підстилки. Маса фракції  $> 2,05$  мм зменшилась, а  $0,70$ – $1,05$  мм – зросла, що зумовлено накопиченням екскрементів Julidae та подрібнених рослинних залишків.

Шкідливі метали для диплопод – кадмій і свинець. Високі концентрації кадмію зумовлюють 100 % смертність *M. kievense*. Маса тіла багатоніжок за 3 мг/кг кадмію зростає повільніше, ніж у контрольній групі. За концентрації свинцю 30 мкг/кг підстилки диплоподи достовірно знижують прибавку маси

тіла (0,10 мг/добу) порівняно з контролем (0,74 мг/добу). За максимальної концентрації кадмію та свинцю підстилка повільніше розкладається мікроорганізмами.

Кормовий субстрат, оброблений різними пестицидами (Актеллік, Бі-58, Біотлін, Нурелл Д, Омайт, Пенкоцеб, Раундап, Ридоміл Голд, Тілт, Тіовіт Джет, Ураган Форте, Фалькон і Хорус), що використовують у сільському господарстві, токсичний для *Julidae*. Гербіциди Ураган Форте ( $2,8 \cdot 10^{-10}$ – $2,8 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки) та Раундап ( $3 \cdot 10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки) достовірно не змінюють масу тіла *R. kessleri*. Ці два препарати збільшують споживання кормового субстрату та темпи утворення екскрементів особинами диплопод. Інсектициди Актеллік, Омайт і Біотлін, внесені у підстилку, достовірно не змінюють масу тіла *Julidae* протягом 30-добового лабораторного експерименту. Більшість особин *R. kessleri* перестають споживати кормовий субстрат. Темпи утворення екскрементів достовірно знижуються за дії чотирьох інсектицидів (Нурелл Д, Омайт, Біотлін і Бі-58). Високі концентрації препаратів Актеллік і Нурелл Д спричиняють 100 % загибель *R. kessleri*.

Фунгіциди Пенкоцеб, Ридоміл Голд зумовлюють припинення споживання кормового субстрату за концентрацій ( $4,8 \cdot 10^{-2}$  і  $4 \cdot 10^{-2}$  мг/г підстилки), а Фалькон – лише за дії максимальної концентрації ( $1,1 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки). Маса тіла багатоніжок відносно контролю достовірно не змінюється під час живлення кормом з умістом препаратів Пенкоцеб, Фалькон і Ридоміл Голд. Внесення у садки цих трьох фунгіцидів достовірно знижує темпи утворення екскрементів особинами *R. kessleri*. Диплоподи припиняють житись кормом із низькою концентрацією фунгіциду Тілт ( $1,5 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки). Препарати Тіовіт Джет і Хорус не впливають на темпи споживання корму диплоподами. Маса тіла досліджуваних *Julidae* за впливу цих фунгіцидів збільшується. У градієнті досліджених концентрацій препаратів Хорус, Тілт і Тіовіт Джет темпи утворення екскрементів достовірно не змінюються.

Отже, основними антропогенними чинниками на території степової зони України для Julidae постають техногенне (важкі метали) та агрогенне (пестициди) хімічне забруднення. Лабораторні експерименти свідчать про токсичний вплив градієнта концентрацій досліджених політантів на організми диплопод *M. kievense* та *R. kessleri*. Ці забруднювачі здатні змінити масу тіла, темпи живлення, інтенсивність процесу дефекації та, навіть, у найвищих концентраціях, спричинити загибель багатоніжок. Диплоподи можуть виступати індикаторами забруднення довкілля. Для зменшення негативного впливу викидів хімічних речовин, що надходять у навколишнє середовище від промислових підприємств, потрібно здійснювати моніторинг індустриальних об'єктів і дотримуватися режимів використання та відновлення буферних зон цих підприємств. Диплоподи відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги в лісових, степових і лучних екосистемах.

*Ключові слова:* сапрофаги, Julidae, підстилкові безхребетні, маса тіла, важкі метали, пестициди, забруднені екосистеми.

## SUMMARY

*Kozak V. M. Trophic activity of forest species of diplopods *Rossiulus kessleri* and *Megaphyllum kievense* under the influence of heavy metals and pesticides in a laboratory experiment. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.*

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, specialty 101 Ecology – Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, 2022.

The dissertation is devoted to research of influence of chemicals of agrogenic and technogenic origin on organisms of millipedes in laboratory conditions: various concentrations of heavy metals (ferrum, cuprum, lead, cadmium) and pesticides (Nurelle D, Actellic, Tilt, Falcon, Penncozeb, Thiovit Jet, Ridomil Gold, Bi-58, Biotlin, Omite, Roundup, Urahan Forte and Horus) on the change in body weight of *Rossiulus kessleri* (Lochmander, 1927) and *Megaphyllum kievense* (Lohmander, 1928), on the intensity of feed consumption, the rate of excretion and the fractional

composition of their trophic substrate. Concentrations of pollutants that cause diplopod death have been identified. Concentrations of investigated substances less toxic to millipedes have been established.

For the first time in the laboratory conditions of Oles Honchar Dnipro National University, we characterized the influence of different concentrations of iron and copper sulfates on the trophic activity of *M. kievense*. The regularity of toxic effects of lead and cadmium on the body of *M. kievense* was established and the stimulating effect of concentrations of herbicides Roundup and Urahan Fort on the rate of feed consumption by individuals of *R. kessleri* was revealed. We determined the dependence of the change in body weight of *R. kessleri* millipedes on the concentrations of Horus fungicide and established such concentrations of Omite, Penncozeb, Ridomil Gold, Falcon that stop feeding and reduce the intensity of the formation of *R. kessleri* excrements. We determined the concentrations of insecticides Nurelle D and Actellic, which cause complete death of *R. kessleri* millipedes. Concentrations of insecticides Nurelle D and Actellic, which cause complete death of *R. kessleri* millipedes, were also reported for the first time.

The materials of the dissertation were used for the preparation of the “Annals of Nature” and the optimization of the protection regime of the Nature Reserve “Dniprovsko-Orilsky”. The results of the dissertation were introduced into the educational process of Oles Honchar Dnipro National University during the teaching of subjects “Biological methods of plant protection”, “Plant protection”, “Evolutionary ecology”, “Population ecology”, “Technoecology” and during the teaching of subjects “Ecology in veterinary medicine”, “Sanitary ecology” at Dnipro State Agrarian and Economic University.

Different concentrations of the studied pollutants cause changes in the organisms of diplopods. In the gradient of the studied concentrations of  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  and  $10^{-8}$  mg/g of dry litter) the absence of significant changes in body weight of *M. kievense* were found. In the process of feeding diplopods accelerated the decomposition of litter with increasing

concentrations of iron in the feed. Litter weight decreases by  $47.0 \pm 0.72$  % and by  $46.1 \pm 1.76$  % under the action of  $10^{-1}$  and  $10^{-2}$  mg/g of iron.

Copper concentration of  $10^{-1}$  mg/g of litter inhibits the growth of *M. kievense* body weight. At concentrations of  $10^{-7}$ – $10^{-2}$  mg copper/g of litter, body weight growth does not differ from control animals that did not consume copper solution. Feed consumption by diplopods does not change depending on the studied concentrations. During the consumption of feed substrate containing different concentrations of copper and iron, individuals of *M. kievense* changed the fractional composition of the litter. The weight of the fraction  $> 2.05$  mm decreased and the fraction 0.70–1.05 mm increased due to the accumulation of Julidae excrement and crushed plant residues.

Harmful metals for diplopods are cadmium and lead. High concentrations of cadmium cause 100 % mortality of *M. kievense*. The body weight of millipedes at 3 mg/kg cadmium grows more slowly than in the control group. Diplopods significantly reduce weight gain (0.10 mcg/day) compared to the control (0.74 mg/day) under the action of lead concentration of 30 mg/kg of litter. The litter decomposes more slowly by microorganisms under the action of the maximum concentration of cadmium and lead.

Feed substrate treated with various pesticides (Actellic, Bi-58, Biotlin, Nurelle D, Omite, Penncozeb, Roundup, Ridomil Gold, Tilt, Thiovit Jet, Urahan Forte, Falcon and Horus) used in agriculture is toxic to Julidae. The herbicides Urahan Forte ( $2.8 \cdot 10^{-10}$ – $2.8 \cdot 10^{-1}$  mg/g of litter) and Roundup ( $3 \cdot 10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-1}$  mg/g of litter) do not significantly change the body weight of *R. kessleri*. These two preparations increase the consumption of feed substrate and the rate of excretion of diplopods. Insecticides Actellic, Omite and Biotlin introduced into the litter do not significantly change the body weight of Julidae during 30-day laboratory experiment. Most individuals of *R. kessleri* cease to consume feed substrate. The rate of excretion is significantly reduced by the action of four insecticides (Nurrel D, Omite, Biotlin and Bi-58). High concentrations of Actellic and Nurelle D cause 100 % death of *R. kessleri*.

Fungicides Penncozeb, Ridomil Gold cause the cessation of feed substrate consumption at the action of concentrations ( $4.8 \cdot 10^{-2}$  and  $4 \cdot 10^{-2}$  mg/g of litter), and Falcon causes consumption only at maximum concentration ( $1.1 \cdot 10^{-1}$  mg/g of litter). The body weight of millipedes relative to control does not change significantly when feeding food-containing preparations Penncozeb, Falcon and Ridomil Gold. The introduction of these three fungicides in the container significantly reduces the rate of excretion by individuals of *R. kessleri*. Diplopods stop feeding on food with a low concentration of  $1.5 \cdot 10^{-3}$  mg/g of litter of the fungicide Tilt. Preparations Thiovit Jet and Horus do not affect the rate of diplopod feed. The body weight of the studied Julidae under the influence of these fungicides increases. The rate of excretion does not change significantly in the gradient of the studied concentrations of preparations Horus, Tilt and Thiovit Jet.

Thus, the main anthropogenic factors in the steppe zone of Ukraine are technogenic (heavy metals) and agrogenic (pesticides) chemical pollution. Laboratory experiments show a toxic effect of the concentration gradient of the studied pollutants on the organisms of diplopods *M. kievense* and *R. kessleri*. These contaminants can change body weight, rate of nutrition, intensity of the defecation process and, even in the highest concentrations, cause the death of millipedes. Diplopods can be indicators of environmental pollution. It is necessary to monitor industrial facilities and adhere to the regimes of use and restoration of buffer zones of industrial enterprises to reduce the negative impact of emissions of chemicals entering the environment from these enterprises. Diplopods play an important role in maintaining ecological balance in forest, steppe and meadow ecosystems.

**Keywords:** saprophages, Julidae, litter invertebrates, body weight, heavy metals, pesticides, polluted ecosystems.



## Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

### Публікацій у міжнародних наукових журналах

1. Brygadyrenko, V., & **Ivanyshyn, V.** (2015). Changes in the body mass of *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*, 61(9), 369–376. doi:10.17221/36/2015-JFS (**Scopus**) (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

2. **Kozak, V. M.**, & Brygadyrenko, V. V. (2018). Impact of cadmium and lead on *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) in a laboratory experiment. *Biosystems Diversity*, 26(2), 128–131. doi:10.15421/011820 (**Web of Science, Scopus**) (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

3. **Kozak, V. M.**, Romanenko, E. R., & Brygadyrenko V. V. (2020). Influence of herbicides, insecticides and fungicides on food consumption and body weight of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Biosystems Diversity*, 28(3), 272–280. doi:10.15421/012036 (**Web of Science, Scopus**) (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

### Публікації у наукових фахових виданнях України

4. **Козак, В. М.** (2021). Вплив антропогенних чинників на фауну диплопод степової зони України. *Екологія та ноосферологія*, 32(1), 51–60. doi:10.15421/032109 (особистий внесок: опрацювання літератури, написання статті).

5. Бригадиренко, В. В., **Иванышин, В. М.** (2014). Влияние соли железа на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) и гранулометрический состав подстилки в лабораторном эксперименте. *Вісник Дніпропетровського*

університету, біологія, екологія, 22(1), 83–87. doi:10.15421/011412 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

### Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. **Козак, В. М.** (2021). Вплив на організм диплопод інсектицидів Нуррел Д і Актеллік. *Актуальні питання природничих наук: теоретичні та прикладні дослідження: Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. (С. 30–32). Київ: Оупенсцилаб.

7. **Козак, В. М.** (2020). Оцінка впливу гербіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. *Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. (С. 6–7). Львів: Львівський науковий форум.

8. **Козак, В. М.** (2020). Токсичний вплив кадмію на *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) північної частини степової зони Придніпров'я. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених*. (С. 54–55). Маріуполь: МДУ.

9. **Козак, В. М.** (2020). Токсичний вплив свинцю на *Megaphyllum kievense*. *Екологія. Людина. Суспільство. Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції*. (С. 55–56). Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

10. **Козак, В. М.** (2019). Вплив різних концентрацій інсектицидів на *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. *Сьогодення біологічної науки: Матеріали III Міжнародної наукової конференції* (С. 152–154). Суми: ФОП Цьома С. П.

11. Yermolenko, S., Huslysty, A., Gasso, V., Kolombar, T., Nahut, A., & **Kozak, V.** (2018). Ecological role of forest shelter belts in agrolandscapes. *Smart Bio: Тези доповідей Міжнародної конференції 2D*. (С. 317). м. Каунас, Литва. (особистий внесок: збирання матеріалу, написання тексту)

12. **Козак, В. М.** (2017). Вплив фунгіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. *Zoocenosis – 2017. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах*: Матеріали IX Міжнародної наукової конференції. (С. 56–57). Дніпро: ДНУ.

13. **Іванишин, В. М.** (2015). Трофічна активність *Megaphyllum kievense*. *III Міжнародний форум студентів, аспірантів і молодих учених*: Тези доповідей III Міжнародного форуму студентів, аспірантів і молодих учених (389–391). Дніпропетровськ: ДНУ.

14. Бригадиренко, В. В., **Іванишин, В. М.** (2014). Влияние меди на рост массы тела у *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). *Проблемы почвенной зоологии*: Материалы XVII Всероссийского Совещания по почвенной зоологии, посвященного 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволицкого под ред. Б. Р. Стригановой. (С. 105–106). Москва: Т-во научных изданий КМК. (особистий внесок: збирання матеріалу, написання тексту)

15. **Іванишин, В. М.** (2014). Оценка токсического воздействия тяжелых металлов на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). *Современные тенденции в образовании и науке*: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции Часть 14. (С. 62–64). Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком».

16. Бригадиренко, В. В., **Іванишин, В. М.** (2014). Изменения массы тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) в условиях загрязнения экосистем солями железа. *Proceedings of the 1 st European Conference on Biology and Medical Sciences* (May 22, 2014). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. (P. 14–19). Vienna.

17. **Іванишин, В. М.**, Коломбарь Т. М. (2013). Пространственная структура пороев слепыша (*Spalax microphthalmus*) в условиях водораздельно-балочного ландшафта. *Zoocenosis – 2013. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах*: Матеріали VII Міжнародної наукової конференції. (С. 218–219).

Дніпропетровськ: Адверта. (особистий внесок: збирання матеріалу, написання тексту)

**Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації**

18. Коломбар, Т. М., **Козак, В. М.**, Іванець, К. Т. (2020). *Методичні рекомендації щодо виконання практичних та науково-дослідницьких робіт зі шкідниками пшениці та продуктів її переробки*. Дніпро: ДВ МАН. (особистий внесок: проаналізувала результати досліджень, підготувала та оформила матеріали для методичних вказівок).

19. Коломбар, Т. М., **Козак, В. М.** (2020). *Рекомендації щодо виконання науково-дослідних робіт зі шкідниками пшениці та продуктів її переробки*. Дніпро: Ліра 27с. (особистий внесок: проаналізувала результати досліджень, підготувала та оформила матеріали для методичних вказівок).

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	17
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИПЛОПОД ЯК ДОМІНАНТНОЇ ГРУПИ САПРОФАГІВ .....	28
1.1 Фауна диплопод України .....	28
1.2. Екологічні особливості домінантних видів диплопод .....	31
1.3. Біотопічний розподіл диплопод степової зони України .....	34
1.4. Організми-паразити двопарноногих багатоніжок .....	38
1.5. Поширення диплопод на рекультивованих територіях .....	41
1.6. Комплексний вплив урбанізації на диплопод .....	43
1.7. Пріоритетні антропогенні чинники, що впливають на диплопод .....	44
Перелік посилань .....	46
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ОСЛІДЖЕНЬ .....	59
2.1. Польові методи збирання матеріалів дослідження .....	59
2.2. Лабораторні методи досліджень .....	60
2.2.1. Утримання диплопод для аклімації в лабораторних умовах .....	60
2.2.2. Підготовка кормового субстрату для експерименту .....	61
2.2.3. Приготування дослідних концентрацій важких металів .....	61
2.2.4. Біобезпека проведення лабораторних експериментів із застосуванням важких металів .....	61
2.2.5. Приготування пестицидних розчинів .....	63
2.2.6. Джерела виробництва та фасування пестицидів, які застосовують на території України .....	64
2.2.7. Біобезпека проведення лабораторних експериментів із застосуванням пестицидів .....	64
2.2.8. Зважування диплопод .....	65
2.3. Методи статистичного опрацювання даних .....	67
Перелік посилань .....	67

### РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ОРГАНІЗМ *MEGAPHYLLUM*

<i>KIEVENSE</i> В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ .....	70
3.1. Визначення дії іонів міді на масу тіла <i>M. kievense</i> та фракційний склад підстилки .....	70
3.2. Вплив солей заліза на масу тіла <i>M. kievense</i> та фракційний склад підстилки .....	76
3.3. Зміна маси тіла <i>M. kievense</i> в умовах забруднення корму свинцем і кадмієм .....	81
Висновки за розділом .....	86
Перелік посилань .....	88

### РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ РАУНДАП І УРАГАН ФОРТЕ НА

БАГАТОНІЖКУ <i>R. KESSLERI</i> .....	99
4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність гліфосату .....	99
4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Раундап на <i>R. kessleri</i> .....	102
4.3. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Ураган Форте на <i>R. kessleri</i> .....	102
Висновки за розділом .....	105
Перелік посилань .....	105

### РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ ІНСЕКТИЦИДІВ ТА АКАРИЦИДІВ БІОТЛІН, БІ-58,

АКТЕЛЛК, ОМАЙТ, НУРЕЛЛ Д НА ОРГАНІЗМ <i>R. KESSLERI</i> .....	110
5.1. Токсикологічні властивості препарату Біотлін .....	110
5.1.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсектициду Біотлін .....	110
5.1.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Біотлін на <i>R. kessleri</i> .....	112
5.2. Токсикологічні властивості препарату Бі-58 .....	114
5.2.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсекто-акарициду Бі-58 .....	114

5.2.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату на <i>Bi-58</i>	
<i>R. kessleri</i> .....	116
5.3. Токсикологічні властивості препарату Актеллік .....	118
5.3.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсекто-акарициду Актеллік .....	118
5.3.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Актеллік на <i>R. kessleri</i> .....	119
5.4. Токсикологічні властивості препарату Омайт .....	119
5.4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність акарициду Омайт .....	119
5.4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Омайт на <i>R. kessleri</i> .....	122
5.5. Токсикологічні властивості препарату Нурелл Д .....	124
5.5.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсектициду Нурелл Д .....	124
5.5.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Нурелл Д на <i>R. kessleri</i> .....	127
Висновки за розділом .....	129
Перелік посилань .....	130
РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ ФУНГІЦИДІВ РИДОМІЛ ГОЛД, ТІОВІТ ДЖЕТ, ПЕНКОЦЕБ, ФАЛЬКОН, ТІЛТ, ХОРУС НА <i>R. KESSLERI</i> .....	143
6.1. Токсикологічні властивості препарату Пенкоцеб .....	143
6.1.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Пенкоцеб .....	143
6.1.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Пенкоцеб на <i>R. kessleri</i> .....	144
6.2. Токсикологічні властивості препарату Ридоміл Голд .....	146
6.2.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Ридоміл Голд .....	146

6.2.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Ридоміл	
Голд на <i>R. kessleri</i> .....	147
6.3. Токсикологічні властивості препарату Хорус .....	149
6.3.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду	
Хорус .....	149
6.3.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Хорус на	
<i>R. kessleri</i> .....	150
6.4. Токсикологічні властивості препарату Тіовіт Джет .....	150
6.4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду	
Тіовіт Джет .....	150
6.4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Тіовіт Джет	
на <i>R. kessleri</i> .....	153
6.5. Токсикологічні властивості препарату Фалькон .....	155
6.5.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду	
Фалькон .....	155
6.5.2. Результати лабораторних досліджень впливу фунгіциду Фалькон на	
<i>R. kessleri</i> .....	157
6.6. Токсикологічні властивості препарату Тілт .....	159
6.6.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду	
Тілт .....	159
6.6.2. Результати лабораторних досліджень впливу фунгіциду Тілт на	
<i>R. kessleri</i> .....	160
Висновки за розділом .....	162
Перелік посилань .....	163
ВИСНОВКИ .....	173
ДОДАТОК А .....	176
ДОДАТОК Б .....	182
ДОДАТОК В .....	195
ДОДАТОК Г .....	199



## ВСТУП

**Актуальність теми.** У степовій зоні України потужно розвинені такі види економічної діяльності: сільське та лісове господарство, гірничодобувна промисловість, обробна промисловість (виробництво деревини, промислових хімікатів та хімічних товарів, металургійна промисловість, металообробна промисловість), виробництво електроенергії, газу та води, будівельна промисловість, транспорт (сухопутний, водний, повітряний), комунальне та соціальне обслуговування. За даними Департаменту екології та природних ресурсів Дніпропетровської облдержадміністрації, у 2018 році на підприємствах області утворено 243,6 млн т відходів, із них значну частину утворюють відходи чорних металів – 2263,7 тис. т. Постійно зростають обсяги внесення мінеральних добрив на сільськогосподарські угіддя, під урожай 2018 року внесено 1203,0 тис. т на 1058 тис. га. За даними управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби, у Дніпропетровській області агропідприємствами у 2019 році накопичено понад 10,69 млрд т промислових відходів, використано 2 083,3 т різних препаративних форм пестицидів, у тому числі: гербіцидів – 1 349,3 т, фунгіцидів – 287,5 т, інсектицидів – 340,2 т, родентицидів – 20,5 т, десикантів – 62,1 т та протруйників – 123,7 т. Основними забруднювачами довкілля залишаються підприємства металургійної, видобувної промисловості, виробники електроенергії та сільське господарство. Тому важкі метали та пестициди розглядають як одні з найважливіших чинників техногенного забруднення, оскільки ці хімікати здатні до накопичення в різних компонентах екосистем (Пахомов і Бригадиренко, 2005; Мороз и др., 2011; Kozak & Brygadyrenko, 2018). Пестициди та важкі метали накопичуються в рослинах, а звідти за ланцюгами живлення потрапляють до тваринних організмів (Денчиля-Сакаль та ін., 2012; Стефанків, Максимович, 2012; Титов и др., 2014).

У степовій зоні України сапрофаги переважають у трофічній структурі ґрунтової мезофауни, відіграють важливу роль у ґрунтоутворенні (Бригадиренко і Комаров, 2008). Серед них за біомасою домінують дощові черви та багатоніжки. Представники родини Lumbricidae сприяють гуміфікації ґрунту, а диплоподи – мінералізації рослинного опаду (Стриганова, 1980; David & Gillon, 2002). Дощові черви степової зони України вивчені достатньо добре (Жуков та ін., 2007), а представники класу Diploroda – лише фрагментарно (Кисенко и Жуков, 1998; Жуков, 2005; Бригадиренко і Слинко, 2005; Kunah, 2016). Найпоширеніший представник диплопод степової зони України – *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) – калько-ксерофіл, досить пластичний вид еврибіонт, мешкає у ґрунті та підстилковому горизонті (Локшина, 1969). Менше досліджений *Megaphyllum kievense* (Lohmander, 1928), який характерний для ксеромезофільних умов зволоження (Черный и Головач, 1993).

Вплив хімічних речовин на представників класу Diploroda вивчали Köhler et al. (1992) та Kamiński et al. (2016). Дія важких металів на організми диплопод досліджена досить добре (Hopkin, 1990; Köhler, Alberti, 1992; Köhler et al., 1996). Метали локалізуються в усіх типах клітин пов'язаних із травною системою представників Diploroda (Köhler, 2002; Pigino et al., 2005). Дослідження впливу важких металів на диплопод проведено у природних умовах: свинець спричинив високу смертність *Polydesmus denticulatus* C. L. Koch, 1847 (Köhler et al., 1992). У кишечнику та екзоскелеті *Trigoniulus corallinus* (Gervais, 1841) і *Rhinocricus padbergi* Verhoeff, 1938 акумулюється ртуть (Buch et al., 2018). Кадмій та цинк змінюють забарвлення *Julus scandinavicus* (Latzel, 1884) (Zanger & Köhler, 1996).

Пестициди, що застосовують в агроценозах, і важкі метали, які надходять від промислових джерел забруднення, разом із пилом і опадами потрапляють до лісосмуг і природних лісових екосистем (Shulman et al., 2017). Надходження до кишечника диплопод пестицидів і важких металів може спричинити зміну метаболізму та, врешті-решт, загибель цих безхребетних тварин. Досліди у

природних екосистемах не дозволили встановити максимальні безпечні дози для найпоширеніших важких металів і пестицидів. Дослідження впливу різних концентрацій антропогенних полютантів на представників ряду *Julida* в лабораторії – необхідна умова для з'ясування їх ролі як біоіндикаторів у природних і антропогенно трансформованих екосистемах.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами**

Дисертаційна робота виконана згідно з тематикою зооекологічних досліджень кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара та за держбюджетними темами «Розробка екологічно чистих методів регулювання чисельності найпоширеніших шкідників пшениці з використанням паразитичних організмів» (№ 0117U006750), «Функціональна роль зооценозу міських територій степової зони України» (№ 0119U100516), «Екологічне оцінювання ароматизаторів як аттрактантів і репелентів для безхребетних тварин, важливих у сільському та лісовому господарстві» (№ 0122U001225), а також як частина держбюджетної науково-дослідної теми: «Екологічне оцінювання використання харчових і кормових добавок у тваринницькому виробництві» (№ 0120U102384) Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

**Мета та завдання досліджень.** Мета дисертаційної роботи – охарактеризувати вплив важких металів і пестицидів у лабораторному експерименті на трофічну активність лісових видів диплопод *R. kessleri* та *M. kievense*.

### **Відповідно до мети поставлено такі завдання:**

- 1) визначити в умовах лабораторного експерименту зміну маси тіла та інтенсивність споживання корму *M. kievense* у градієнті концентрацій заліза, міді, кадмію та свинцю у підстилці;
- 2) дослідити вплив різних концентрацій гербіцидів Раундап, Ураган Форте на зміну маси тіла, кількість споживаного корму *R. kessleri*;

3) виявити концентрації інсектицидів Омайт, Бі-58, Біотлін, Актеллік, Нурелл Д, за яких змінюється маса тіла та кількість спожитого корму та продукція екскрементів *R. kessleri*;

4) установити вплив фунгіцидів Ридоміл Голд, Тіовіт Джет, Пенкоцеб, Фалькон, Тілт, Хорус на масу тіла, кількість спожитого корму та продукцію екскрементів диплопод;

5) узагальнити вплив найпоширеніших у степовій зоні полютантів – важких металів і пестицидів – на організми модельних видів диплопод.

**Об’єкт досліджень** – трофічна активність домінантних видів сапрофагів (*M. kievense* та *R. kessleri*) в наземних угрупованнях степової зони України за утримання в лабораторних умовах.

**Предмет досліджень** – вплив на трофічну активність диплопод (*M. kievense* та *R. kessleri*) токсикантів (важкі метали та пестициди).

**Методи досліджень.** Матеріали, що склали основу дисертаційної роботи, зібрані на околицях м. Дніпро (2013–2021 рр.) з урахуванням видового складу рослин на цих ділянках (Кунах и др., 2013; Жуков та ін., 2014; Svyrydchenko & Brygadyrenko, 2014, 2015). Збирання багатоніжок і кормового субстрату проводили вручну. Для збирання кормового субстрату (листяної підстилки) потрібного розміру використано два решета з різними чарунками. У лабораторії багатоніжок утримували у пластиковому садку протягом двох тижнів для аклімації, де постійними були температурний, світловий режими та відносна вологість повітря. Підстилку висушили до повітряно-сухого стану за допомогою тепловентилятора. Для зважування диплопод і кормового субстрату використано аналітичні ваги. У роботі застосовано різні концентрації чотирьох важких металів та 13 пестицидів. Приготовані розчини за допомогою піпетки вносили у садки (пластикові стакани об’ємом 0,5 л) із підстилкою. Садки зрошували дистильованою водою за допомогою пульверизатора. Для аналізу даних застосовано пакет програм Statistica 8.0. Однофакторним дисперсійним аналізом (ANOVA) із використанням поправки Бонфероні оцінено дію важких

металів на інтенсивність споживання корму, зміну маси тіла та темпи утворення екскрементів багатоніжками. За допомогою тесту Тьюкі порівняли дані стосовно дії декількох концентрацій пестицидів.

Видове визначення рослин проведено за визначником під редакцією Ю. Н. Прокудина та ін. (1987) та уточнено за В. В. Тарасовим (2012). Визначення представників класу *Diplopoda* виконане за монографіями І. Є. Локшиної (1969) та Н. Г. Чорного, С. І. Головача (1993).

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

*Уперше:*

- оцінено дію різних концентрацій сульфатів заліза та міді на трофічну активність *M. kievense*;
- виявлено токсичний вплив свинцю та кадмію організм *M. kievense*;
- встановлено стимулювальний ефект концентрацій гербіцидів Раундап і Ураган Форте на інтенсивність споживання корму *R. kessleri*;
- виявлено концентрації, що спричиняють 100 % загибель *R. kessleri* за дії інсектицидів Нурелл Д та Актеллік;
- виділено такі концентрації пепаратів Омайт, Пенкоцеб, Ридоміл Голд, Фалькон, що припиняють живлення та знижують темпи дефекації *R. kessleri*;
- встановлено залежність зміни маси тіла особин *R. kessleri* від концентрацій фунгіциду Хорус.

*Удосконалено:*

- методику утримання диплопод для проведення екотрофологічних досліджень (тривалість і повторність експериментів, температурний та світловий режими, зволоження підстилки в садках, використання певних вікових груп диплопод).

*Набула подальшого розвитку:*

- екологічна трофологія диплопод.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати дисертаційної роботи використані для організації екологічного моніторингу Присамар'я

Дніпровського, в «Літописі природи» природного заповідника «Дніпровсько-Орільський», для складання кадастру тваринного світу Дніпропетровської області.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес Дніпровського державного аграрно-економічного університету – під час викладання дисциплін «Екологія у ветеринарній медицині» ОС «Магістр» за спеціальністю 211 «Ветеринарна медицина», «Санітарна екологія» ОС «Магістр» за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза».

Основні теоретичні положення дисертаційної роботи застосовуються під час викладання дисциплін «Біологічні методи захисту рослин», «Захист рослин», «Еволюційна екологія», «Популяційна екологія», «Техноекологія» у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримано самостійно. Протягом 2013–2022 рр. дисертантка розпланувала дослідження, проаналізувала літературні джерела за темою дисертації, збирала польовий матеріал, провела лабораторні експерименти та статистичну обробку даних, узагальнила отримані результати, сформулювала висновки. Особистий внесок у написанні кожної наукової публікації зазначено у «Списку публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації».

Дисертантка висловлює вдячність усьому колективу кафедри зоології та екології за консультації, постійну допомогу, цінні поради під час проведення лабораторних експериментів і обговорення їх результатів, які надано на всіх етапах виконання дисертаційної роботи.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи обговорено на наукових конференціях і з'їздах: VII Міжнародній науковій конференції «Zoocenosis – 2013. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпропетровськ, 2013), «I European Conference on Biology and Medical Sciences» (Відень, 2014), Міжнародній науково-практичній конференції «Современные тенденции в образовании и науке» (Тамбов, 2014),

XVII Всероссийском совещание по почвенной зоологии, посвященном 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволуцкого (Москва, 2014), III Міжнародному форумі студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 2015), IX Міжнародній науковій конференції «Zoocenosis – 2017. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпро, 2017), Міжнародній конференції «Smart Bio» (Каунас, 2018), III Міжнародній науковій конференції «Сьогодення біологічної науки» (Суми, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції «Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти» (Львів, 2020), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища» (Маріуполь, 2020), XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2020), I Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання природничих наук: теоретичні та прикладні дослідження» (Київ, 2021).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 19 наукових праць, із яких: три статті у наукових журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus, Web of Science, дві – у наукових фахових виданнях України, 12 тез доповідей вітчизняних та міжнародних конференцій, дві методичні праці.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів з окремим переліком посилань після кожного розділу, висновків. Загальний список використаної літератури містить 385 джерел, з яких 75 – кирилицею, 310 – латиницею. Повний обсяг дисертації становить 224 сторінки. Робота містить 11 таблиць, 17 рисунків та чотири додатки.

#### *Перелік посилань:*

Бригадиренко, В. В., Комаров, О. С. (2008). Трофічна структура підстилкової мезофауни: розподіл біомаси за трофічними рівнями. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 16(2), 12–23. doi:10.15421/010840

- Бригадиренко, В. В., Слинько, В. О. (2005). Система трофоконсортивних зв'язків підстилкових безхребетних заплавних дібров степової зони України. *Науковий вісник Чернівецького університету*, 257, 42–50.
- Денчиля-Сакаль, Г. М., Ніколайчук, В. І., Колесник, А. В., Вакерич, М. М., Ткач, О. П. (2012). Особливості акумуляції важких металів в рослинах *Trifolium pratense* L. *Науковий вісник Ужгородського університету, біологія*, 33, 189–191.
- Жуков, О. В., Пахомов, О. Е., Кунах, О. М. (2007). *Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae)*. Дніпропетровськ: ДНУ.
- Пахомов, О. Є., Бригадиренко, В. В. (2005). Концепція системи заходів з охорони навколишнього природного середовища Дніпропетровської області на 2005–2015 роки. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 13(1), 213–225.
- Стефанків, О. М., Максимович, О. М. (2012). *Раціоналізація природокористування в АПК та формування екологічної свідомості населення: монографія* Івано-Франківськ: Сімик.
- Тарасов, В. В. (2012). *Флора Дніпропетровської і Запорізької областей*. Дніпропетровськ: Ліра.
- Жуков, О., Кунах, О., Балюк, Ю. (2014). Просторове варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни лісопаркового насадження (на прикладі парку в межах м. Дніпропетровська). *Вісник Львівського університету, серія біологічна*, 65, 224–237.
- Жуков, А. В. (2005). Своеобразие животного населения чернозема обыкновенного. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 13(1), 77–87. doi:10.15421/010516
- Кисенко, Т. И., Жуков, А. В. (1998). Биотопическое распределение и фауна двупарноногих многоножек лесов степной зоны Украины. *Вестник Днепропетровского университета*, (4), 90–94.



- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013). Экоморфическая проекция пространственной организации сообщества почвенной мезофауны. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Біологія»*. 18(1079), 118–131.
- Локшина, И. Е. (1969). *Определитель двупарноногих многоножек Diplopoda равнинной части европейской территории СССР*. Москва: Наука.
- Мороз, К. О., Бригадиренко, В. В., Пахомов, А. Е. (2011). Формирование фауны напочвенных беспозвоночных песчаной террасы р. Орель в условиях пирогенной сукцессии. *Proceedings of the Azerbaijan Society of Zoologists*, 3, 423–435.
- Прокудин, Ю. Н., Доброчаева, Д. Н., Заверуха, Б. В., Чопик, В. И., Протопопова, В. В., Крицкая, Л. И. (Ред.). (1987). *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наукова думка.
- Стриганова, Б. Р. (1980). *Питание почвенных сапрофагов*. Москва: Наука.
- Титов, А. Ф., Казнина, Н. М., Таланова, В. В. (2014). *Тяжелые металлы и растения*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН.
- Черный, Н. Г., Головач, С. И. (1993). *Двупарноногие многоножки равнинных территорий Украины*. Киев: Наук. думка.
- Brygadyrenko, V. (2015). Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. *International Journal of Environmental Research*, 9(4), 1183–1192. doi:10.22059/ijer.2015.1008
- Buch, A. C., Sisinnio, C., Correia, M., & Silva-Filho, E. V. (2018). Food preference and ecotoxicological tests with millipedes in litter contaminated with mercury. *The Science of the Total Environment*, 633, 1173–1182. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.280
- David, J.-F., & Gillon, D. (2002). Annual feeding rate of the millipede *Glomeris marginata* on holm oak (*Quercus ilex*) leaf litter under Mediterranean conditions. *Pedobiologia*, 46, 42–52. doi:10.1078/0031-4056-00112

- Hopkin, S. P. (1990). Critical concentrations, pathways of detoxification and cellular ecotoxicology of metals in terrestrial arthropods. *Functional Ecology*, 4(3), 321–327. doi:10.2307/2389593
- Kamiński, P., Barczak, T., Bennewicz, J., Jerzak, L., Bogdzińska, M., Aleksandrowicz, O., Koim-Puchowska, B., Szady-Grad, M., Klawe, J. J., & Woźniak, A. (2016). Effects of chemical elements in the trophic levels of natural salt marshes. *Environmental Geochemistry and Health*, 38(3), 783–810. doi:10.1007/s10653-015-9761-5
- Köhler, H. R. (2002). Localization of metals in cells of saprophagous soil arthropods (Isopoda, Diplopoda, Collembola). *Microscopy research and technique*, 56(5), 393–401. doi:10.1002/jemt.10039
- Köhler, H. R., & Alberti, G. (1992). The effect of heavy metal stress on the intestine of diplopods. *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck*, 10, 257–267.
- Köhler, H. R., Storch, V., & Alberti, G. (1992). The impact of lead on the assimilation efficiency of laboratory-held Diplopoda (Arthropoda) preconditioned in different environmental situations. *Oecologia*, 90(1), 113–119. doi:10.1007/BF00317816
- Köhler, H.-R., Hiittenrauch, K., Berkus, M., Gräff, S., & Alberti, G. (1996). Cellular hepatopancreatic reactions in *Porcellio scaber* (Isopoda) as biomarkers for the evaluation of heavy metal toxicity in soils. *Applied Soil Ecology*, 3(1), 1–15. doi:10.1016/0929-1393(95)00073-9
- Kozak, V. M., Brygadyrenko, V. V. (2018). Impact of cadmium and lead on *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) in a laboratory experiment. *Biosystems Diversity*, 26(2), 128–131. doi:10.15421/011820
- Kunah, O. N. (2016). Functional and spatial structure of the urbotechnozem mesopedobiont community. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 24(2), 473–483. doi:10.15421/011664

- Pigino, G., Migliorini, M., Paccagnini, E., Bernini, F., & Leonzio, C. (2005). Fine structure of the midgut and Malpighian papillae in *Campodea (Monocampa) quilisi* Silvestri, 1932 (Hexapoda, Diplura) with special reference to the metal composition and physiological significance of midgut intracellular electron-dense granules. *Tissue & Cell*, 37(3), 223–232. doi:10.1016/j.tice.2005.02.001
- Shulman, M. V., Pakhomov, O. Y., & Brygadyrenko, V. V. (2017). Effect of lead and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes in *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). *Folia Oecologica*, 44(1), 28–37. doi:10.1515/foecol-2017-0004
- Svyrydchenko, A. O., & Brygadyrenko, V. V. (2014). Trophic preferences of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) for the litter of various tree species. *Folia Oecologica*, 41, 202–212.
- Zanger, M., & Köhler, H. R. (1996). Colour change: A novel biomarker indicating sublethal stress in the millipede *Julus scandinavicus* (Diplopoda). *Biomarkers: biochemical indicators of exposure, response, and susceptibility to chemicals*, 1(2), 99–106. doi:10.3109/13547509609088677

## РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИПЛОПОД ЯК ДОМІНАНТНОЇ ГРУПИ САПРОФАГІВ

### 1.1. Фауна диплопод України

Світова фауна класу *Diplopoda* за даними Zhang (2013) налічує 147 родин, 1 868 родів та 7 753 види, які поширені майже на усіх континентах (Shelley & Golovatch, 2011). Найбільше видове різноманіття диплопод зосереджене у тропіках і субтропіках, де в лісах переважають мезо- та гігрофіли цілої низки морфоекологічних типів (Golovatch, 1987; Черный и Головач, 1993). Більшість видів двопарноногих багатоніжок світової фауни – сапрофаги (Potarov et al., 2022). Найчастіше їх можна зустріти під опалим листям вологих територій, у ґрунтах, багатих гумусом, під камінням і колодами дерев (Негробов, 2007).

Класифікація цього класу найкраще представлена у праці Shear (2011). *Diplopoda* поділяється на два підкласи *Chilognatha* Latrielle, 1802/1803 та *Penicillata* Latrielle, 1831. До підкласу *Chilognatha* входять п'ять надрядів: *Colobognatha* Brandt, 1834, *Juliformia* Attems, 1926, *Meracheta* Cook, 1895, *Nematophora* Verhoeff, 1913, *Oniscomorpha* Pocock, 1887. Надряд *Juliformia* об'єднує два ряди: *Julida* Brandt, 1833 та *Spirobolida* Cook, 1895. Чорний і Головач (1993) описали 50 представників класу *Diplopoda*, 24 (табл. 1.1), які зустрічаються у степовій зоні України. За даними бази даних «Fauna Europaea» (<https://fauna-eu.org>) на території України зареєстровано 81 таксон класу *Diplopoda* (Додаток А). Із них оночасно на території Румунії та України розповсюджені шість таксонів багатоніжок: *Haplophyllum mehelyi* (Verhoeff, 1897), *Leptoiulus deubeli* (Verhoeff, 1897), *L. roszkowskii* Jawlowski, 1930, *Polydesmus dadayi* Silvestri, 1895, *Mastigophorophyllon crinitum* Attems, 1926, *Glomeris transversestriata* Sidoriak, 1899. В Україні та Польщі поширені тільки два види диплопод: *Leptoiulus polonicus* Jawlowski, 1930 і *Ochogona jankowskii* (Jawlowski, 1938). Ендеміки України – чотири види: *Leptoiulus czarnohoricus* Jawlowski, 1928, *L. semenkevitchi* Lohmander, 1928, *P. geminidentatus* Loksa, 1954

та *P. stuxbergi* Attems, 1907. Оскільки види, представлені у дисертації, належать до ряду Julida, розглянемо його детальніше.

На території Європи ряд Julida представлений такими родинami: Blaniulidae C. L. Koch, 1847, Galliobatidae Brolemann, 1921, Julidae Leach, 1814, Nemasomatidae Bollman, 1893, Rhopaloiulidae Attems, 1926, Trichoblaniulidae Verhoeff, 1911, Trichonemasomatidae Enghoff, 1991. Родина Julidae налічує 62 роди: *Acanthoiulus*, *Afropachyiulus*, *Allajulus*, *Allopodoiulus*, *Alpityphlus*, *Amblyiulus*, *Anagaiulus*, *Apfelbeckiella*, *Balkanophoenix*, *Banatoiulus*, *Brachyiulus*, *Buchneria*, *Catamicrophyllum*, *Cerabrachyiulus*, *Chaetoleptophyllum*, *Chaitoiulus*, *Chersoiulus*, *Chromatoiulus*, *Cylindroiulus*, *Cypriopachyiulus*, *Dolichoiulus*, *Elbaiulus*, *Enantiulus*, *Geopachyiulus*, *Haplophyllum*, *Haplopodoiulus*, *Heteroiulus*, *Hylopachyiulus*, *Hypsoiulus*, *Interleptoiulus*, *Julus*, *Kryphioiulus*, *Lamellotyphlus*, *Leptoiulus*, *Leptotyphloiulus*, *Macheiroiulus*, *Megaphyllum*, *Mesoiulus*, *Metaiulus*, *Micropachyiulus*, *Ommatoiulus*, *Ophiulus*, *Pachyiulus*, *Pachypodoiulus*, *Parastenophyllum*, *Pteridoiulus*, *Rhamphidoiulus*, *Rhodopiella*, *Rossiulus*, *Rumaniulus*, *Serboiulus*, *Stenophyllum*, *Styrioiulus*, *Symphyoius*, *Syniulus*, *Syrioiulus*, *Tachypodoiulus*, *Telsonius*, *Trogloiulus*, *Typhloiulus*, *Unciger*, *Xestoiulus*. Найчисельніші роди – *Xestoiulus*, *Cylindroiulus* і *Leptoiulus*; вони налічують 126, 100 та 73 види, відповідно. Середні за кількістю видів – роди *Dolichoiulus*, *Megaphyllum*, *Ommatoiulus*, *Typhloiulus* та *Ophiulus*; вони налічують 56, 48, 41, 33 та 28 видів, відповідно. До родини Julidae з низькою кількістю видів належать усі інші 54 роди, з них 29 представлені лише одними видом, 11 – двома видами, а 14–трьома–12 таксономічними одиницями.

Родина Julidae складається із 633 таксономічних одиниць (за даними бази даних «Fauna Europaea»). Рід *Megaphyllum* налічує у фауні Європи 48 таксономічних одиниць, вісім з яких зустрічаються на території України: *M. hercules* (Verhoeff, 1900), *M. kievense* (Lohmander, 1928), *M. projectum* Verhoeff, 1894, *M. rosenauense* (Verhoeff, 1897), *M. rossicum* (Timotheew, 1897), *M. silvaticum* (Verhoeff, 1898), *M. sjaelandicum* (Meinert, 1868),

*M. transsylvanicum* (Verhoeff, 1897). Під *Rossiulus* у фауні Європи представлений двома видами, один з яких, найпоширеніший у степовій зоні України, – *R. kessleri* (Lohmander, 1927) (Черный и Головач, 1993).

Таблиця 1.1

Перелік представників класу *Diploroda* степової зони України  
(Черный и Головач, 1993)

№	Вид	Регіони за Черный и Головач, 1993
1	2	3
1	<i>Polyxenus lagurus</i> (Linnaeus, 1758)	Житомирська, Черкаська, Кіровоградська, Донецька, Львівська, Закарпатська області, а також Крим
2	<i>Trachysphaera costata</i> (Waga, 1857)	Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Львівська, Тернопільська та Одеська області
3	<i>Mastigona vihorlatica</i> (Attems, 1899)	Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, Чернівецька, Тернопільська, Рівенька, Волинська, Вінницька, Київська, Черкаська та Одеська області
4	<i>Strongylosoma jaqueti</i> Verhoeff, 1898	Харків та його околиці, міський парк у Полтаві та Артемівськ Донецької області
5	<i>Polydesmus inconstans</i> Latzel, 1884	Київська, Сумська та Харківська області
6	<i>Polydesmus montanus ukrainicus</i> Lohmander, 1928	Під Києвом, у Канівський заповідник, Чорний ліс Кіровоградської області
7	<i>Polydesmus schaessburgensis</i> Verhoeff, 1898	Савранський ліс Одеська область
8	<i>Polydesmus stuxbergi</i> Attems, 1907	Гірський Крим, дослідна сільськогосподарська станція під Харковом
9	<i>Schizothuranius dmitriewi</i> (Timotheew, 1897)	Черкаська, Луганська, Сумська та Харківська області
10	<i>Archiboreoiulus pallidus</i> (Brade-Birks, 1920)	Асканія Нова у Херсонській області, Сумська, Кіровоградська області
11	<i>Blaniulus guttulatus</i> (Bosc, 1792)	Тернопільська, Івано-Франківська, Полтавська та Харківська області
12	<i>Nopoiulus kochhi</i> (Gervais, 1847)	Львівська, Івано-Франківська, Одеська, Черкаська, Кіровоградська, Запорізька, Полтавська, Сумська, Харківська та Луганська області
13	<i>Proteroiulus fuscus</i> (Am Stein, 1857)	Львівська, Тернопільська, Волинська, Черкаська, Полтавська, Сумська та Харківська області
14	<i>Brachyiulus jawlowskii</i> Lohmander, 1928	Волинська, Тернопільська, Одеська, Черкаська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська, Луганська та Херсонська області
15	<i>Enantiulus nanus</i> (Latzel, 1884)	Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, Чернівецька та Одеська області

## Продовження табл. 1.1

1	2	3
16	<i>Kryphioiulus occultus</i> (Koch, C. L., 1847)	Рівненська, Чернігівська, Харківська області
17	<i>Megaphyllum kievense</i> (Lohmander, 1928)	Одеська, Тернопільська, Вінницька, Київська, Черкаська, Харківська, Луганська та Дніпропетровська області
18	<i>Megaphyllum projectum kochi</i> (Verhoeff, 1907)	Закарпатська, Львівська, Тернопільська, Волинська, Рівненська, Київська, Кіровоградська та Черкаська області
19	<i>Megaphyllum rossicum</i> (Timotheew, 1897)	Тільки на Лівобережжі Полтавська, Сумська, Херсонська, Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Донецька, Луганська та Кримська області
20	<i>Megaphyllum sjaelandicum</i> (Meinert, 1868)	Тернопільська, Волинська, Вінницька, Київська, Черкаська, Полтавська, Чернігівська, Кіровоградська, Сумська та Харківська області
21	<i>Megaphyllum transsylvanicum</i> (Verhoeff, 1897)	Тернопільська, Львівська та Одеська області
22	<i>Ommatoiulus sabulosus</i> (Linnaeus, 1758)	Рівненська, Львівська, Волинська, Чернігівська, Київська, Сумська, Тернопільська та Одеська області
23	<i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927)	Житомирська, Київська, Черкаська, Полтавська, Дніпропетровська, Миколаївська, Сумська, Луганська та Харківська області
24	<i>Nemasoma varicorne</i> C. L. Koch, 1847	Київська, Житомирська, Черкаська та Харківська області, а також Прикарпаття

**1.2. Екологічні особливості домінантних видів диплопод**

У степовій зоні України найбільш поширені вісім нижче охарактеризованих видів.

*Polydesmus inconstans* Latzel, 1884 – пан'європейський вид, поширений в Австрії, Бельгії, Британії, Болгарії, Росії, Чехії, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччині, Ісландії, Ірландії, Італії, Іспанії, Латвії, Литві, Люксембурзі, Норвегії, Польщі, Португалії, Словаччині, Швеції, Швейцарії, Нідерландах. На території України не часто трапляється у Сумській, Харківській та Київській областях (Черный и Головач, 1993). Евритопний вид знайдений у листяних лісах, на полях, на берегах річок і морів, а також у парках і садах. Копуляція помічена у травні (Schubart, 1934; Негроров и Негророва, 2007).

*Schizothuranius dmitriewi* (Timotheew, 1899) – європейський вид, зосереджений у Росії та Палеарктиці. Ендемік Руської рівнини (Головач, 1979). На території України зустрічається у Харківській, Черкаській, Сумській, Луганській та Дніпропетровській областях. Виявлений у заплавах струмків та річок, у заростях поблизу них, найбільше особин трапляється в лісо-лучних біотопах. У Канівському заповіднику в акацієвих насадженнях його динамічна щільність становить 55,9 екз./100 пастко-діб. Особини *Sch. dmitriewi* зимують зариваючись у ґрунт на 10–30 см (Черный и Головач, 1993). Цьому виду притаманний розтягнутий період розмноження (початок березня – середина квітня, середина жовтня), що охоплює не менше двох років (Негробов и Негрובה, 2007).

*Brachyiulus jawlowskii* Lohmander, 1928 – європейський вид, поширений у Росії, Молдові, Румунії. Це субендемік Руської рівнини (Головач, 1984; Черный и Головач, 1993). В Україні знайдений у Тернопільській, Полтавській, Черкаській, Сумській, Харківській, Луганській, Дніпропетровській, Херсонській та Одеській областях. Ґрунтово-підстилковий нечисленний вид зустрічається у природних лісах і полезахисних смугах, на посівах різних сільськогосподарських культур, у плодових садах, у заростях і на луках по заплавах річок (Локшина, 1969; Негробов и Негрובה, 2007). *B. jawlowskii* здатний легко синантропізуватись на полях і луках, тому часто зустрічається у степовій зоні України (Черный и Головач, 1993).

*Enantiulus nanus* (Latzel, 1884) поширений в Європі та в усьому світі, а саме: Австрії, Бельгії, Боснії та Герцеговині, Болгарії, Хорватії, Чехії, Данії, Франції, Німеччині, Угорщині, Італії, Литві, Люксембурзі, Польщі, Румунії, Словаччині, Словенії, Швеції, Швейцарії, Нідерландах, Югославії. На території України помічений у Львівській, Закарпатській, Чернівецькій, ІваноФранківській та Одеській областях. Зустрічається у лісовій підстилці, рідше в окультурених біотопах і на болотах. Імовірно, ніколи не домінує у комплексі двопарноногих багатоніжок (Черный и Головач, 1993).



*Megaphyllum kievense* (Lohmander, 1928) – Європейський вид, зустрічається на території Росії, Молдови та Румунії. В Україні знайдений у Тернопільській, Вінницькій, Київській, Черкаській, Луганській, Харківській, Одеській та Дніпропетровській областях (Черный и Головач, 1993). Субендемик Руської рівнини, лісостеповий вид (Негробов и Негрובה, 2007). У Канівському заповіднику його мало, зустрічається у соснових, акацієвих та грабових насадженнях з максимальною щільністю 3 екз./м<sup>2</sup>. Цей вид полюбляє зволожені ґрунти, приурочений до ксеромезофітних біотопів (ксеромезофіл) (Черный и Головач, 1993).

*Megaphyllum rossicum* (Timotheew, 1897) зустрічається у Болгарії, Росії та Греції. Ендемик Руської рівнини, Кавказу та Криму. На території України поширений у Полтавській, Сумській, Херсонській, Харківській, Дніпропетровській, Запорізькій, Донецькій, Луганській областях та Криму. Трапляється у дібровах, лісосмугах, степових балках, парках, розораному та цілинному степу. У байраках та лісосмугах він досить численний (досягає сотні екз./м<sup>2</sup>) (Черный и Головач, 1993). Цей вид – ксеромезофільний еврибіонт, схильний до синантропізації.

*Megaphyllum sjaelandicum* (Meinert, 1868) – Європейський вид, який поширений у Білорусі, Росії, Данії, Естонії, Фінляндії, Німеччині, Латвії, Литві, Польщі, Швеції. На території України мешкає у Волинській, Вінницькій, Тернопільській, Київській, Черкаській, Полтавській, Чернігівській, Кіровоградській, Сумській та Харківській областях (Черный и Головач, 1993). Він зустрічається у листяних та хвойних лісах, на суглинкових, супіщаних та піщаних ґрунтах під наметом соснових лісів. Цей вид не часто можна зустріти у липових та липо-ясеневих дібровах. Локшина (1969) вказує, що для нього характерний періодоморфоз. *M. sjaelandicum* полюбляє вологі лісові біотопи (Черный и Головач, 1993). Тривалість життя самців – 6 років; самці, які не піддалися періодоморфозу, можуть прожити лише 3 роки (Локшина, 1969).

*Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) – європейський вид, за даними Prisnyi (2001), поширений у Білорусі та Росії. Ендемік Руської рівнини та Північного Кавказу. На території України поширений у Житомирській, Київській, Черкаській, Полтавській, Дніпропетровській, Луганській, Сумській, Харківській та Миколаївській областях (Черный и Головач, 1993). Найчисленніший у центральних лісостепових районах (Соколов, 1957; Негробов, Негрובה, 2007). Калькофіл, відіграє важливу роль у ґрунтоутворенні, мінералізує рослинний опад (Соколов, 1957; Негробов и Негрובה, 2007). Зустрічається в усіх біотопах Канівського заповідника, крім заплавлених островів. Максимальна динамічна чисельність цього виду виявлена в лугоstepу (409,3 екз./100 пастко-діб). *R. kessleri* також високочисленний і в степових біотопах Дніпропетровської, Луганської та Миколаївської областей (Гиляров, 1956, 1965; Топичев, 1960). Розмноження особин цього виду відбувається найпізніше порівняно з іншими вологолюбними видами (Черный и Головач, 1993). Линяння *R. kessleri* після зимівлі відбувається у кінці квітня – на початку травня. Через місяць диплоподи цього виду відкладають яйця (Пришутова, 1988).

Основні характеристики чисельності та розповсюдженості цих видів на території степової зони України наведені у додатку Б.

### **1.3. Біотопічний розподіл диплопод степової зони України**

Угрупування підстилкових безхребетних лісових екосистем степової зони України – досить складна та мінлива система, структура якої визначається зовнішніми факторами щодо даних рослин (механічний склад ґрунту, його зволоження, тип та інтенсивність антропогенного тиску), структурою рослинного угруповання (видовий склад, зімкненість деревних і трав'янистих ярусів, товщина підстилки), а також внутрішньою структурою домінантних таксономічних груп безхребетних у підстилці (Бригадиренко і Черниш, 2004; Бригадиренко, 2004а; Brygadyrenko, 2015b).

Видовий склад класу *Diplopoda* у тривалозаплавних та короткозаплавних лісах представлений двома–п'ятьма видами. Заплавні діброви (берестова діброва з кропивою, чорнокленова діброва з тонконогом, ясенева діброва з тонконогом та субір із чистотілом) Павлоградського району населяють такі види диплопод: *B. jawlowskii*, *R. kessleri* та *M. rossicum* (Бригадиренко і Слинко, 2005). Жуков та ін. (2017) вказують, що на пробній ділянці «Лук із тонконогом лучним» (Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський») у заплаві р. Протіч із диплопод зустрічаються два види – *E. nanus* і *B. jawlowskii*. У заплавному дубовому лісі природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» чисельність багатоніжок *M. sjaelandicum* та *P. inconstans* не значна ( $6,70 \pm 1,14$  та  $1,98 \pm 0,52$  екз./м<sup>2</sup>, відповідно) (Жуков и др., 2017). У короткозаплавній мертвопокровній паклено-ясеневій діброві серед сапрофагів домінують лише два таксони багатоніжок: *M. rossicum* і *R. kessleri* (Пахомов та ін., 2008). Певним чином на сапрофагів впливає весняна повінь. У прирусловій заплаві р. Самара на трьох пробних площах після весняної повені не виявлено представників *Diplopoda*, яких реєстрували у складі ґрунтової фауни за відсутності розливів річки (Кульбачко, 2006).

Двопарноногі багатоніжки живуть у підстилці та у верхньому шарі ґрунту. У трофічному відношенні більшість диплопод – сапрофаги, які живляться мертвими рослинними залишками (Негробов, 2007). Залежно від товщини трофічного субстрату в листяних лісах багатоніжок можна зустріти у різній кількості. У широколистяних лісах степової зони України відносна чисельність сапрофагів збільшується з 18–19 % за потужності підстилки менше 20 мм до 68 % коли потужність понад 40 мм (Бригадиренко, 2016). Зі зростанням маси підстилки з 300 до 900 г/м<sup>2</sup> поступово збільшується кількість видів підстилкових безхребетних на території вітрозахисної смуги, розташованої за 5 км на південь від м. Дніпро. Із диплопод на цій території зустрічаються *R. kessleri* (Faly & Brygadyrenko, 2014).

Важливий критерій поширення сапрофагів у соснових лісах – зімкненість деревного намету. У соснових насадженнях (*Pinus sylvestris* Linnaeus, 1753) відносна частка сапрофагів зменшується з 54 % у лісах із найменше зімкненим деревним ярусом до 11–13 % у лісах із щільнішими наметами (Brygadyrenko, 2016). У підстилці соснових насаджень із зімкненістю крон 30–40 % домінує Julidae (середній відсоток домінування за чисельністю – 31 %). За зімкненості крон соснових насаджень 45–59 % та 90–100 % виявлено лише 4 % та 3 % Julidae від сумарної чисельності безхребетних, відповідно. Найменшу чисельність Julidae встановлено на лісових ділянках із зімкненістю деревного намету 60–89 % (Brygadyrenko, 2016).

За даними О. Є. Пахомова та ін. (2008), у природних лісах і лісосмугах степової зони України розподіл ґрунтових безхребетних не рівномірний. У лісосмугах степової зони України домінують представники родини Julidae, але їх чисельність менша порівняно з природними типами лісів (Brygadyrenko, 2015a). Максимальна чисельність сапрофагів характерна для деревостанів *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus excelsior* L., *Q. robur* L. та *Betula pubescens* Ehrh (Brygadyrenko, 2015a).

Свиридченко та Бригадиренко (2014) довели наявність трофічної спеціалізації особин *R. kessleri* у природних лісах степової зони України. Із запропонованих кормів з опалого листя 16 видів деревних порід *R. kessleri* максимально споживають корм з *Acer negundo* L. (0,75 мг/мг маси тіла на добу), *Quercus robur* L. (0,50), *Malus domestica* Borkh. (0,36) та *Cerasus vulgaris* L. (0,35). Для 12 інших видів дерев (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Populus alba* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Salix alba* L., *Populus nigra* L., *Pyrus communis* L., *Pinus sylvestris* L., *Ulmus laevis* Pall. та *R. pseudoacacia*) споживання опадів не перевищувало 0,11 мг/мг маси тіла на добу (Svyrydchenko & Brygadyrenko, 2014). Аналогічні дослідження проводили Похиленко та ін. (2019). Похиленко та ін. (2019) виявили, що під час живлення опалим листям різних

деревних порід (*Acer campestre* L., *Tilia cordata* Mill., *Q. robur*, *U. laevis*, *F. excelsior*) *R. kessleri* найбільше споживає корм із клена польового та в'яза європейського.

Важливу роль у поширенні підстилкових безхребетних відіграє зволоження ґрунтового та підстилкового горизонтів. У степових лісах представники ряду Julida віддають перевагу мезофільним умовам зволоження (Бригадиренко, 2004а). У лісосмугах степової зони України кількість сапрофагів максимальна у ксеромезофільних (36 %) та мінімальна – в гігромезофільних (3 %) умовах. Середній відсоток домінування за чисельністю Julidae у мезоксерофільних умовах зволоження становить 15 % (Brygadyrenko, 2014b). У широколистяних лісах степової зони України відносна чисельність Julidae максимальна у мезофільних, ксеромезофільних та гігромезофільних умовах зволоження ґрунту (Brygadyrenko, 2015b). Пахомов та ін. (2008) вказують, що у лісових біогеоценозах Присамар'я у короткозаплавній мезофільній мертвопокривній паклено-ясеневій діброві з дібровним різно-трав'ям відмічається значна чисельність *M. rossicum* та *R. kessleri*. У мезофільному байрачному лісі клас Diploroda представлений такими видами: *R. kessleri*, *M. rossicum*, *M. sjaelandicum*, *P. complanatus* (Linnaeus, 1758), *Sch. dmitriewi* (Pokhylenko & Korolev, 2013).

Стосовно таксономічної структури у мезоксерофільних соснових лісах степової зони України представники родини Julidae посідають третє місце (середній відсоток домінування – 6,9 %) після Formicidae (49,9 %) і Lycosidae (13,2 %). У ксеромезофільних лісових насадженнях з *Pinus sylvestris* L. таксономічна структура така: Formicidae (34,6 %), Lycosidae (13,3 %), Carabidae (12,9 %), Julidae (11,1 %) (Brygadyrenko, 2014a). У лісосмугах із мезоксерофільними умовами зволоження домінують родини Formicidae (середній відсоток домінування за кількістю – 30 %), Julidae (15 %), та ін. У ксеромезофільних умовах цих лісосмуг переважають родини Carabidae (22 %), Formicidae (16 %), Lycosidae (10 %), Julidae (3 %) (Brygadyrenko, 2014b).

На чисельність представників класу Diplopoda у природних лісах і лісонасадженнях степової зони України також здатні впливати твердість та електропровідність ґрунту (Жуков, Кунах, Балюк, 2015). Не менш важливий фактор для диплопод степової зони України – чисельність мурах. В умовах значної щільності Formicidae збільшується частка багатоніжок у підстилці (Цветкова и Бригадиренко, 2003; Faly & Brygadyrenko, 2014; Brygadyrenko, 2016). Збільшення кількості родин безхребетних у підстилці зумовлює зменшення кількості видів кожної родини, що характерно для родини Julidae (Brygadyrenko, 2014b).

#### 1.4. Організми-паразити двопарноногих багатоніжок

В організмі диплопод паразитують нематоди, кліщі та грегарини. Morffe & Hasegawa (2017) виявили у задньому відділі кишечника багатоніжки *Parafontaria laminata* (Attems, 1909) (Polydesmida, Xystodesmidae) паразитуючу нематоду *Rhigonema naylae* Morffe & Hasegawa, 2017 (Rhigonematomorpha, Rhigonematidae). Із 44 проаналізованих особин спіроболідних багатоніжок *Narceus gordanus* Chamberlin, 1943 (Spirobolida, Spirobolidae), що мешкають на півострові Флорида, у 33 (75 %) кишечниках *N. gordanus* виявлено паразитуючих нематод *Heth pivari* Phillips et al., 2020 (Oxyuridomorpha, Hethidae) (Phillips et al., 2020). У Південній Австралії мікроботрофну нематоду *Rhabditis necromena* Sudhaus, Schulte, 1989 (Nematoda, Rhabditidae), господар якої – *Akamptogonus novarae* (Humbert, DeSaussure, 1869) (Polydesmida, Paradoxosomatidae), використовують як біологічний засіб боротьби з інтродукованою багатоніжкою *Ommatoiulus moreletii* (Lucas, 1860) (Julida, Julidae). Ця нематода паразитує всередині гемоцелю свого хазяїна, поки він не загине, потім *R. necromena* відновлює свій розвиток після живлення бактеріями, присутніми в трупі хазяїна (Schulte, 1989; McKillup et al., 1991).

McKillup et al. (1991) у лабораторних і польових експериментах виявили, що нематода *R. necromena* – ефективний засіб біологічного контролю проти

диплоподи *Spinotarsus caboverdus* Pierrard, 1987 (Spirostreptida, Odontopygidae). Ефективність цього методу у лабораторних умовах досить висока, а в польовому експерименті зараження багатоніжок *S. caboverdus* нематодами *R. necromena* виявилося надзвичайно низьким (McKillup et al., 1991). Значна кількість *Neoaplectana carpocapsae* (Weiser, 1955) та *Heterorhabditis heliothidis* (Khan, Brooks & Hirschmann, 1976) (Nematoda, Rhabditoidea) проникає в організм *Oxidus gracilis* (C. L. Koch, 1847) (Diplopoda, Polydesmida), там нематоди інкапсулюються та заплутуються в трахеоли та сполучну тканину, які оточують середню кишку багатоніжки, і гальмують захисні реакції господаря (Poinar & Thomas, 1985). *Severianoia pachyiuli* (Malysheva et al., 2020) (Nematoda, Oxyuridomorpha) описана із задньої кишки диплоподи *Pachyiulus krivolutskyi* (Diplopoda, Julidae), які мешкають у Республіці Адігея, Російська Федерація (Malysheva et al., 2020). У Північно-Східній Австралії Baker & Seeman (2008) описали *Neomegistus remus* Baker, Seeman, 2008 (Mesostigmata, Paramegistidae) на багатоніжці *Proporobolus* sp. (Spirobolida, Rhinocricidae).

Організм диплопод населяють грегарини, які належать до двох рядів (Eugregarinorida та Neogregarinorida), п'яти родин (Actinocephalidae, Cnemidosporidae, Monoductidae, Stenophoridae та Lipotrophidae) та дев'яти родів (*Actinocephalus*, *Amphoroides*, *Cnemidospora*, *Monoductus*, *Stenoductus*, *Stenophora*, *Fonsecaia* та *Hyalosporina*). *Actinocephalus blanuli* Triffit, 1927 (Eugregarinorida, Actinocephalidae), *Amphoroides polydesmi* (Léger, 1892) Labbé, 1899 (Eugregarinorida, Actinocephalidae), *Fonsecaia polymorpha* Pinto, 1918 (Eugregarinorida, Stenophoridae), *Hyalosporina cambolopsisae* Chakravarty, 1935 (Eugregarinorida, Stenophoridae), *Monoductus lunatus* Ray, Chakravarty, 1933 (Eugregarinorida, Monoductidae), *Stenoductus penneri* Ramachandran, 1975 (Eugregarinorida, Monoductidae), *Cnemidospora lutea* A. Schneider, 1882 (Eugregarinorida, Cnemidosporidae), *Chakravartiella sugereiformes* Misra, Raychaudhury, 1973 (Eugregarinorida, Cnemidosporidae), *Lipotrophia mattei* Tuzet, Manier (1958) (Eugregarinorida, Lipotrophidae) –

грегарини, які паразитують у представниках класу Diplopoda (Desportes & Schrével, 2013).

Із 1 794 досліджених багатоніжок *Trigoniulus corallinus* (Eydoux & Souleyet, 1842) (Spirobolida, Pachybolidae), які мешкають в Індії, зараженість цими грегаринами *Monoductus chondromorphi* (Bhandari, 2010) (Monoductidae, Monoductus), *Stenophora mruthunjayi* (Rodgi and Amoji, 1969) і *Stenophora indica* Bhamare et al., 2014 (Stenophoridae, Stenophora) становить 60 % (Bhamare et al., 2014). Ці паразити найчастіше зустрічались у передній та середній частинах кишечника. В організмі деяких багатоніжок зареєстровано навіть більше двох грегарин-паразитів (Bhamare et al., 2014).

В організмі багатоніжки *Ktenostreptus culcurutus* Demange, 1962 (Diplopoda, Spirostreptida) Janardanan (1987) знайдено грегарини *Stenoductus ktenostrepti* Janardanan, 1987 (Monoductidae, Stenoductus). Морфологію та історію життя двох нових видів цефалінових грегарин, *Stenodudus nitida* Janardanan & Ramachandban, 1983 та *S. disticta* (Monoductidae, Stenoductus) з кишечника *Arthrosphaera nitida* Pocock, 1895 (Diplopoda, Sphaerotheriida), описано Janardanan & Ramachandban, (1983) та обговорено їх систематичні позиції.

У кишечнику багатоніжок *Trigoniulus qoesi* (Porath, 1876) та *Xenobolus acuticonus* Attems, 1936 (Diplopoda, Spirobolida) паразитує грегарина *Stenoductus trigoniuli* Janardanan & Ramachandran, 1982 (Monoductidae, Stenoductus). Інфіковані епітеліальні клітини середньої кишки *T. qoesi* демонструють прогресуючу гіпертрофію та накопичують ліпідні кулі. Паразит не має видимого впливу на ДНК, вуглеводи, вміст білка або РНК у заражених клітинах. Організм *Carlogonus palmatus* Demange, 1977 (Diplopoda, Carlogonus) населяють грегарини *Stenoductus carlogoni* (Cephalina, Monoductidae) (Janardanan & Ramachandran, 1987).

Екологічні особливості двоногих грегарин, які живуть у диплоподах, досліджували у Польщі (Lipa, 1967), в Індії (Bhamare et al., 2014), Японії (Hoshide et al., 1970), Німеччині, Югославії (Geus, 1969), Словаччині



(Valigurová & Matis, 2001) та деяких інших країнах. Грегарини двопарноногих багатоніжок, що належать до фауни України, вивчали Brygadyrenko & Svyrydchenko (2015).

У кишечнику *R. kessleri* паразитують гамонти *Stenophora daulphinia* Watson, 1916, *S. juli* (Frantzius, 1846) Labbe, 1899 та *S. julipusilli* (Leidy, 1853) Crawley, 1903 (Eugregarinorida, Stenophoridae) (Brygadyrenko & Svyrydchenko, 2015). У 79,2 % диплопод виявлено гамонти та сизигії *S. julipusilli*, 20,8 % не заражені грегаринами (Brygadyrenko & Svyrydchenko, 2015). Двопарноногі багатоніжки з незначною інвазією (1–8 гамонтів) споживають корм інтенсивніше на 29,0 %, а із середньою та високою – менше на 8,0 % порівняно з неінвазованими особинами (Brygadyrenko & Svyrydchenko, 2015).

### 1.5. Поширення диплопод на рекультивованих територіях

Гірничодобувна промисловість, крім позитивного внеску у розвиток економіки регіону, викликає негативні наслідки для довкілля (руйнування ґрунтового покриву, просідання земної поверхні, затоплення прилеглих територій, скупчення високомінералізованих шахтних вод, накопичення та зберігання відвальних порід, скупчення шкідливих хімічних речовин у ґрунті) (Чикалов и Бондарец, 1980; Травлеев, 1989). Надходження шахтних порід до екосистем викликає збіднення видового складу біоценозів. Так, на ділянках рекультивації важкі метали та інші речовини потрапляють у рослини, а звідти під час живлення надходять до організму сапрофагів, де поступово накопичуються і спричиняють інтоксикацію. Покриви у диплопод складаються з кальцію і карбонату, а хімікати з шахтних відвалів їх руйнують.

На чотирьох ділянках в антропогенно трансформованих умовах Криворіжжя Кульбачко та ін. (2010) розглянули таксономічний склад, структуру домінування та співвідношення функціональних груп ґрунтових безхребетних. На території ЗАТ «Криворізький суриковий завод» виявлено 17 видів ґрунтових безхребетних. Найменша чисельність зареєстрована для

двопарноногих багатоніжок (4 екз./м<sup>2</sup>) (Кульбачко та ін., 2010). Присутність двопарноногих багатоніжок у ґрунтосумішах (шахтна порода, чорнозем звичайний, підстилка з листя *Robinia pseudoacacia* L., 1753) сприяє інтенсивному виділенню вуглекислого газу як однієї з характеристик біологічної активності ґрунтів (Кульбачко и др., 2007; Pakhomov et al., 2008). Підтоплення лісових екосистем шахтними водами Західного Донбасу спричиняє зменшення кількості видів та індексів видового різноманіття підстилкової мезофауни. На цій території диплоподи представлені лише одним видом – *R. kessleri* зі значною чисельністю (31,2 % від сумарної чисельності герпетобію) (Бригадиренко та Фали, 2009).

Трофічні переваги *M. rossicum* на різних типах шахтної породи та гумусованому шарі чорнозему звичайного, що використовують у рекультивації як насипний ґрунт, залежать від актуальної кислотності (Пахомов и др., 2008). Частота знаходження сапрофагів низька (23,4–30,7 %); вона зменшується залежно від нейтральної до кислої реакції розчину штучних ґрунтосумішей (чорнозем звичайний і «перегоріла» шахтна порода) на листяному опаді клена гостролистого *Acer platanoides* L. та робінії псевдоакації *R. pseudoacacia* порівняно з ялівцем віргінським *Juniperus virginiana* L. На шахтній породі (кислий субстрат) диплоподи інтенсивніше споживають кленовий (41,1 %) та робінієвий (34,0 %) листяний опад, а ялівцевий опад – слабкіше (24,9 %) (Кульбачко и Дидур, 2012). У двопарноногих багатоніжок, які мешкають на шахтній породі, виявлено достовірне зменшення маси тіла порівняно з контрольними ділянками (Пахомов и др., 2008).

Значне різноманіття ґрунтової мезофауни педоземів – важливе джерело інформації про особливості процесу ґрунтоутворення. На території стаціонару Дніпровського державного аграрно-економічного університету, представлених педоземами, в угрупованні ґрунтової мезофауни важливу роль відіграють диплоподи, які представлені досить численним видом – *R. kessleri* зі щільністю  $58,97 \pm 6,60$  екз./м<sup>2</sup> – 2012 р. та  $72,69 \pm 14,0$  екз./м<sup>2</sup> – 2013 р.

(Андрусевич и др., 2014). Результати Андрусевич и др. (2014) розкривають характер екологічних зв'язків у педоземі, що перебуває на початкових фазах ґрунтоутворення.

Збільшення кількості багатоніжок свідчить про формування сприятливих екологічних умов, для їх існування. За даними Е. В. Прокопенка та А. В. Жукова (2011), *R. kessleri* зустрічається на 11 ділянках рекультивації з рослинним покривом (м. Орджонікідзе), а *M. kievense* – тільки на трьох. На технозолах у м. Покров у 2013–2015 рр. зареєстровано лише один вид диплопод – *R. kessleri* (Pakhomov et al., 2019).

Таким чином, диплоподи відіграють істотну роль в оптимізації процесів ґрунтоутворення на ділянках рекультивації.

### 1.6. Комплексний вплив урбанізації на диплопод

У великих містах України на диплопод помітно впливають одночасно декілька факторів (пестициди, важкі метали, стійкі органічні забруднювачі, ущільнення ґрунту, фрагментація біотопів, рекреація, зміна видового складу автотрофів, спалювання листяного опаду та підстилки тощо). Через вплив різноманітних факторів на живі організми, що існують на урбанізованих територіях, чисельність диплопод низька, а їх видовий склад досить збіднений (Пахомов, Бригадиренко, 2005; Tóth & Hornung, 2019). У трофічній структурі лісопаркового насадження на території ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара зустрічаються лише два види багатоніжок *Sch. dmitriewi*, *M. rossicum* із незначною чисельністю (Жуков та ін., 2014; Kunah, 2016). У цілому на урбанізованих територіях чисельність диплопод низька, але на окремих ділянках їх кількість чомусь збільшується, навіть поблизу теплоелектростанцій, де у зв'язку з дією різних полютантів число багатоніжок мало б зменшуватись. Так, поблизу Придніпровської теплової електростанції Королев и др. (2009) виявили збіднений видовий склад Julidae, представлений лише одним видом – *M. sjaelandicum* зі значною

чисельністю, що становить 4,5 екз./10 пастко-діб. На організм диплопод діють багато факторів, що у різні роки чи навіть сезони на одній чи іншій території по-різному впливають на багатоніжок. Із чотирьох досліджених пробних площ, розташованих у межах Дніпра, найменша чисельність сапрофагів зареєстрована поблизу ВАТ «Дніпрошина» (Похиленко та ін., 2009).

У центрі м. Дніпро, на схилах східної експозиції Червоноповстанської балки (урботехнозем) у трофічній структурі домінують сапрофаги. На цій території знайдено лише два види багатоніжок. Число диплопод невисоке і від загальної чисельності ґрунтових безхребетних становить 5,4 % і 0,8 % *Sch. dmitriewi* та *M. rossicum*, відповідно (Кунах и др., 2014). Через нестачу вологи у міських тополевих насадженнях виявлено низьке різноманіття та деградовану трофічну та розмірну структуру угруповань ґрунтових безхребетних (Faly et al., 2017). За домінуванням у таксономічній структурі Julidae посідають п'яте місце після Formicidae, Pulmonata, Porcellionidae та Lygaeidae. У балці Тунельна (південна частина м. Дніпро) диплоподи представлені лише одним видом – *Sch. dmitriewi* (Faly et al., 2017).

Отже, на урбанізованих територіях загальна чисельність диплопод дуже низька, вони трапляються на площі 5–15 % рекреаційних ділянок (парки, балки, лісосмути) великих міст степової зони України. Дуже рідко на незначних територіях відносна чисельність диплопод зростає до максимальної, характерної для природних ділянок.

### 1.7. Пріоритетні антропогенні чинники, що впливають на диплопод

Підсумовуючи викладене вище, треба зазначити, що рівнинні території України населені 50 видами класу Diploroda (Черный и Головач, 1993). Із них найкраще досліджені у степовій зоні України вісім видів: *R. kessleri*, *P. inconstans*, *Sch. dmitriewi*, *B. jawlowskii*, *E. nanus*, *M. kievense*, *M. rossicum* і *M. sjaelandicum*. Найчисленніший вид степової зони – *R. kessleri* (до 409,3 екз./100 пастко-діб) (Гиляров, 1956, 1965; Топичев, 1960; Черный и Головач,

1993, Кисенко и Жуков, 1998; Жуков, 2005; Бригадиренко і Соловійов 2007). У містах трапляються такі таксони: *Sch. dmitriewi*, *B. jawlowskii*, *M. kievense*, *M. rossicum*, *M. sjaelandicum* та *R. kessleri* (Кунах и др., 2013г; Kunah, 2016). На ділянках рекультивації зустрічаються *M. kievense*, *M. rossicum* та *R. kessleri* (Пахомов и др. 2008; Бригадиренко та Фали, 2009; Прокопенко и Жуков, 2011; Кульбачко и Дидур, 2012; Андрусевич и др., 2014). *P. inconstans* знайдено у байраці Яців Яр (Кунах и др., 2008) і прирусловій заплаві р. Дніпро (Жуков и др., 2017). *E. nanus* і *M. sjaelandicum* трапляється на луках у природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський» (Жуков и др., 2017).

В організмі *R. kessleri* паразитують гамонти *Stenophora daulphinia*, *S. juli* та *S. julipusilli*, які впливають на інтенсивність живлення диплопод (Brygadyrenko & Svyrydchenko, 2015). Poinar & Thomas (1985) вказали, що нематоди *N. carpocapsae* та *Heterorhabditis heliothidis*, паразитуючи в середній кишці диплоподи *O. gracilis*, гальмують захисні реакції цього виду (Poinar & Thomas, 1985). Залежно від антропогенного впливу *M. sjaelandicum* зазнають змін морфометричних характеристик (Похиленко, 2012).

Дослідження впливу цинку на *R. kessleri* проводили Похиленко та ін. (2019); у природних умовах Кульбачко та Гассо (2008) вивчали накопичення важких металів у представників диплопод; вплив цинку та нікелю на ґрунтову мезофауну вивчала Кунах (2005). Köhler (2002) та Pigino et al. (2005) вказують, що важкі метали локалізуються у всіх типах клітин пов'язаних із травною системою представників класу Diploroda. Кадмій та цинк спричиняють зміну забарвлення *Julus scandinavicus* (Latzel, 1884) (Julida, Julidae) з червоного або червоно-помаранчевого до оранжевого, оранжево-жовтого або навіть яскраво-жовтого, що вказує на ступінь стресу (Zanger & Köhler, 1996). Ртуть акумулюється у кишечнику та екзоскелеті *Trigoniulus corallinus* (Gervais, 1841) (Spirobolida, Trigoniulidae) та *Rhinocricus padbergi* Verhoeff, 1938 (Spirobolida, Rhinocricidae) (Buch et al., 2018). Низький рівень засвоєння енергії та високу

смертність *Polydesmus denticulatus* C.L.Koch, 1847 (Polydesmida, Polydesmidae) встановлено у природних умовах, забруднених свинцем (Köhler et al., 1992).

Крім важких металів, інші забруднювачі довкілля – пестициди, що застосовуються в агроценозах, також токсичні для цієї групи багатоніжок. Залишкові концентрації гербіцидів, інсектицидів, акарицидів і фунгіцидів акумулюються у трофічних ланцюгах і виносяться за межі оброблюваних територій (Jabin et al., 2004; Goßner et al., 2006). Потенційна небезпечність багатьох пестицидів для ґрунтової біоти досліджена недостатньо (Siegfried, 1993; Chi et al., 2015; Ibrahim et al., 2019).

Отже, з огляду на наведене вище, пріоритетними антропогенними чинниками на території степової зони виступають агрогенне (пестициди) та техногенне (важкі метали) хімічне забруднення, що впливає на організми диплопод. Проведені дослідження не численні, вони не дають повного уявлення про дію пестицидів та важких металів на диплопод. Експерименти з визначення впливу полютантів виконані у природних умовах, але дані щодо впливу забруднювачів на багатоніжок у контрольованих лабораторних умовах відсутні.

Тому гостро стоїть питання щодо вивчення впливу антропогенних полютантів на диплопод. У зв'язку з цим у лабораторних умовах проведено низку досліджень, у яких вивчено вплив різних концентрацій важких металів, фунгіцидів, гербіцидів, інсектицидів та акарицидів на організми доміантних для степової зони *R. kessleri* та *M. kievense*.

#### *Перелік посилань:*

Бригадиренко, В. В. (2016). Вплив потужності підстилки на структуру підстилкової макрофауни листяних лісів степової зони України *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 24(1), 240–248. doi:10.15421/011630

- Бригадиренко, В. В., Слинько, В. О. (2005). Система трофоконсортивних зв'язків підстилкових безхребетних заплавних дібров степової зони України. *Науковий вісник Чернівецького університету*, 257, 42–50.
- Бригадиренко, В. В., Соловійов, С. В. (2007). Вплив первинного ґрунтоутворення у заплавних лісах Дніпровсько-Орільського природного заповідника на структуру герпетобію. *Питання Біоіндикації та Екології*, 12(1), 34–45.
- Бригадиренко, В. В., Фали, Л. І. (2009). Вплив підтоплення шахтними водами на підстилкову мезофауну заплавних лісів західного Донбасу. *Питання Біоіндикації та Екології*, 14(1), 90–100.
- Бригадиренко, В. В., Черниш, О. С. (2004). Зміни загальних характеристик та трофічної структури герпетобію ясенєво-білоакацієвих насаджень степової зони України під впливом автомагістралі. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*, 8, 194–204.
- Гудим, Н. Г. (2016). Сезонна динаміка чисельності *Brachyiulus jawlowskii* (Diplopoda, Julidae) на арені р. Дніпро. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 24(2), 489–494. doi:10.15421/011666
- Жуков, О. В., Гудим, Н. Г., Дубініна, Ю. Ю. (2017). Динаміка угруповання герпетобіонтів у заплаві р. Протіч Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»). *Вісті Харківського Ентомологічного Товариства*, 25(2), 22–39.
- Жуков, О., Кунах, О., Балюк, Ю. (2014). Просторове варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни лісопаркового насадження (на прикладі парку в межах м. Дніпропетровська). *Вісник Львівського університету, серія біологічна*, 65, 224–237.
- Йоркіна, Н. В., Кунах, О. М., Будакова, В. С. (2019). Упаковка екологічних ніш та просторова організація угруповання макрофауни міського парку. *Agrology*, 2(4), 209–218. doi:10.32819/019030

- Кульбачко, Ю. Л., Дідур, О. О., Лоза, І. М. (2010). Особливості формування фауни ґрунтових безхребетних в антропогенних умовах Криворіжжя. *Проблеми Екології та Охорони Природи Техногенного Регіону*, 10(1), 128–132.
- Кунах, О. М. (2005). Структура домінування тваринного населення ґрунту центральної заплави р. Самара в умовах експериментального забруднення важкими металами. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 2(13), 113–117. doi:10.15421/010574
- Пахомов, О. Є., Бригадиренко, В. В. (2005). Концепція системи заходів з охорони навколишнього природного середовища Дніпропетровської області на 2005–2015 роки. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 13(1), 213–225.
- Пахомов, О. Є., Похиленко, А. П., Фали, Л. І., Гірна, А. Я. (2008). Різноманіття угруповань наґрунтових безхребетних лісових екосистем Присамар'я Дніпровського. *Науковий вісник Ужгородського університету, біологія*, 24, 40–47.
- Похиленко, А. П. (2012). Оцінка морфологічної мінливості популяцій *Megarhyllum sjaelandicum* (Diplopoda, Julida). *Екологія та Ноосферологія*, 23(1–2), 67–73.
- Похиленко, А. П., Дідур, О. О., Кульбачко, Ю. Л., Овчинникова, Ю. Ю. (2019). Трофічна вибірковість підстилкових сапрофагів (Diplopoda, Isopoda) в природних лісах в умовах степу. *Екологія та Ноосферологія*, 30(1), 24–28. doi:10.15421/031904
- Похиленко, А. П., Дідур, О. О., Кульбачко, Ю. Л., Федоров, П. Р. (2019). Акумуляція цинку представниками сапрофагів (Diplopoda, Julidae, *Rossiulus kessleri*) в умовах хімічного навантаження. *Екологічні Науки*, 25(2), 177–181. doi:10.32846/2306-9716-2019-2-25-29
- Похиленко, А. П., Корольов, О. В., Шульман, М. В. (2009). Особливості угруповань підстилкових безхребетних техногеннотрансформованих



територій на прикладі м. Дніпропетровська. *Питання Біоіндикації та Екології*, 14(1), 121–134.

Андрусевич, Е. В., Жуков, А. В., Кунах, О. Н. (2014). Экоморфическая организация сообществ мезопедобионтов как основа зоологической диагностики антропогенных почв. *Журнал Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*, 22, 86–97.

Бригадиренко, В. В. (2004а). Закономерности распределения подстилочных беспозвоночных степных экосистем центрального степного Приднестровья. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 12(1), 13–18.

Бригадиренко, В. В. (2004б). Использование имитационного моделирования при изучении популяций *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 12(2), 15–22.

Гиляров, М. С. (1956). Почвенная фауна бассейна р. Деркул. *Труды Ин-та леса АН СССР*, 30, 235–278.

Гиляров, М. С. (1965). *Зоологический метод диагностики почв*. Москва: Наука.

Жуков, А. В. (2005). Своеобразие животного населения чернозема обыкновенного *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 13(1), 77–87. doi:10.15421/010516

Жуков, А. В., Кунах, О. Н., Балюк, Ю. А. (2015). Пространственная организация сообщества мезопедобионтов городской почвы. *Известия Харьковского Энтомологического Общества*, 23(1), 46–57.

Жуков, А. В., Кунах, О. Н., Дубинина, Ю. Ю. (2017). Сенситивность и резистентность сообществ: оценка на примере влияния эдафических, растительных и пространственных факторов на почвенную макрофауну. *Biosystems Diversity*, 25(4), 328–341. doi:10.15421/011750

Жуков, А. В., Кунах, О. Н., Новикова, В. А. (2015). Экоморфическая организация сообщества мезопедобионтов дубняка со свежим разнотравьем на арене р. Днепр. *Известия Харьковского Энтомологического Общества*, 23(2), 39–53.

- Кисенко, Т. И., Жуков, А. В. (1998). Биотопическое распределение и фауна двупарноногих многоножек лесов степной зоны Украины. *Вестник Днепропетровского университета*, (4), 90–94.
- Королев, А. В., Похиленко, А. П., Шульман, М. В. (2009). Особенности формирования герпетобия биогеоценозов урбанизированных территорий на примере Днепропетровска. *Инженерные Технологии и Системы*, 1, 34–35.
- Кульбачко, Ю. Л. (2006). Влияние весеннего половодья на вертикальное распределение почвенных беспозвоночных в прирусловой пойме р. Самара. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 14(1), 96–100. doi:10.15421/010619
- Кульбачко, Ю. Л., Гассо, В. Я. (2008). Накопление тяжелых металлов почвенными беспозвоночными различных функциональных групп в зоне действия марганцевой обогатительной фабрики. *Питання Біоіндикації та Екології*, 13(2), 121–130.
- Кульбачко, Ю. Л., Дидур, О. А. (2012). Трофические предпочтения двупарноногих многоножек (Diplopoda) при восстановлении территорий, нарушенных горнодобывающей промышленностью. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 20(2), 30–37. doi:10.15421/011225
- Кульбачко, Ю. Л., Дидур, О. А., Лоза, И. М. (2007). Оценка влияния представителей двупарноногих многоножек (Diplopoda) на эмиссию углекислого газа модельными почвосмесями при решении проблем рекультивации нарушенных земель. *Проблеми Екології та Охорони Природи Техногенного Регіону*, 7, 93–99.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2014а). Анализ маргинальности и пространственная организация сообщества мезопедобионтов урботехнозема. *Питання Степового Лісознавства та Лісової Рекультивації Земель*, 43, 103–115.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В. (2008). Животное население почв придолинно-балочного ландшафта. *Питання Степового Лісознавства та Лісової Рекультивації Земель*, 37, 148–158.

- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013а). Пространственное варьирование экоморфической структуры почвенной мезофауны урбазема. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, серия «Биология, химия»*, 26(65), 107–126.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013б). Пространственная организация сообщества мезопедобионтов урботехнозема. *Грунтознавство*, 14, 3–4(23), 76–97.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013в). Экоморфическая проекция пространственной организации сообщества почвенной мезофауны. *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія «Біологія»*, 18(1079), 118–131.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013г). Пространственная организация сообщества почвенных мезопедобионтов в условиях рекреационной нагрузки в лесопарковом насаждении. *Біологічний Вісник МДПУ*, 3, 287–316.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2014б). Экоморфический аспект пространственной организации сообщества мезопедобионтов урботехнозема. *Экосистемы, их Оптимизация и Охрана*, 10, 159–176.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А., Федюшко, М. П. (2014). Экоморфическое разнообразие и пространственная организация сообщества мезопедобионтов урботехнозема. *Вісник Дніпропетровського Державного Аграрно-Економічного університету, біологічні науки*, 1, 32–41.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Прокопенко, Е. В., Балюк, Ю. А. (2008). Экологическая структура животного населения байрака Яцев Яр. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 16(2), 74–85. doi:10.15421/010850
- Локшина, И. Е. (1969). *Определитель двупарноногих многоножек Diplopoda равнинной части европейской территории СССР*. Москва: Наука.
- Негробов, О. П., Негрובה, Е. А. (2007). *Эколого-фаунистическая характеристика многоножек (Myriapoda, Diplopoda) Среднерусской лесо-*

степи (О. А. Исаева, Ред.). Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета.

- Пахомов, А. Е., Кульбачко, Ю. Л., Дидур О. А. (2008). Изменение биомассы представителей двупарноногих многоножек (Diplopoda) на искусственных почвогрунтах в модельных экспериментах. *Вісник Одеського національного університету, біологія*, 13(4), 159–167.
- Пришутова, З. Г. (1988). Некоторые особенности экологии кивсяка *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). Зоологический журнал, 67(11), 1652–1660.
- Прокопенко, Е. В., Жуков, А. В. (2011). Разнообразие герпетобионтных беспозвоночных на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. *Проблеми Екології та Охорони Природи Техногенного Регіону*, 1(11), 172–187.
- Соколов, Д. Ф. (1957). О значении кивсяков и муравьев в трансформации органического вещества под лесными насаждениями в условиях сухой степи. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, 62(5), 57–76.
- Топичев, А. Г. (1960). Животное население мертвого покрова в искусственных лесах степной зоны Украины. *Научные записи Днепропетровского государственного университета*, 62, 341–367.
- Травлеев, А. П. (1989). Научные основы техногенной биогеоценологии. *Биогеоценологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной Украины*, 4–9.
- Цветкова, Н. Н., Бригадиренко, В. В. (2003). Роль герпетобионтной мезофауны в трансформации органического вещества подстилки пойменных и аренных лесов степной зоны. *Питання біоіндикації та екології*, 8(2), 135–151.
- Черный, Н. Г., Головач, С. И. (1993). *Двупарноногие многоножки равнинных территорий Украины*. Киев: Наукова думка.
- Чикалов, И. Н., Бондарец, К. Л. (1980). Вопросы охраны и рационального использования природных богатств Западного Донбасса. *Сб. Биогеоценологические*

аспекты лесной рекультивации нарушенных земель Западного Донбасса. (С. 3–17).  
Днепропетровск: ДГУ.

- Baker, M., & Seeman, O. (2008). Mites and millipedes: a new Neomegistus (Acari: Mesostigmata: Paramegistidae) from Australia. *Systematic and Applied Acarology*, 13. 204–213. doi:10.11158/saa.13.3.7
- Bhamare, S. N., Nikam, S. V., Jadhav, B. N., & Dama, S. B. (2014). Prevalence and observation of intestinedwelling gregarines including one new species in the millipede *Trigoniulus corallinus* collected from Nashik district of Maharashtra, India. *International Science Journal*, 1, 100–106.
- Brygadyrenko, V. (2014b). Influence of moisture conditions on the structure of litter invertebrate communities in shelterbelt and plantation forests in Southern Ukraine. *Journal of Bio-Science*, 22. 77–88. doi:10.3329/jbs.v22i0.30012.
- Brygadyrenko, V. (2015a). Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. *International Journal of Environmental Research*, 9(4), 1183–1192. doi:10.22059/ijer.2015.1008
- Brygadyrenko, V. (2016). Effect of canopy density on litter invertebrate community structure in pine forests. *Ekologia Bratislava*, 34, 90–102. doi:10.1515/eko-2016-0007
- Brygadyrenko, V. V. (2014a). Influence of soil moisture on litter invertebrate community structure of pine forests of the steppe zone of Ukraine. *Folia Oecologica*, 41(1), 8–16.
- Brygadyrenko, V. V. (2015b). Influence of moisture conditions and mineralization of soil solution on structure of litter macrofauna of the deciduous forests of Ukraine steppe zone. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 23(1), 50–65. doi:10.15421/011509
- Brygadyrenko, V. V., & Svyrydchenko, A. O. (2015). Influence of the gregarine *Stenophora julipusilli* (Eugregarinorida, Stenophoridae) on the trophic activity of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Folia Oecologica*, 42(1), 10–20.

- Buch, A. C., Sisinnio, C., Correia, M., & Silva-Filho, E. V. (2018). Food preference and ecotoxicological tests with millipedes in litter contaminated with mercury. *The Science of the Total Environment*, 633, 1173–1182. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.280
- Chi, Y., Qiao, K., Jiang, H., Lin, R., & Wang, K. (2015). Comparison of two acute toxicity test methods for the silkworm (Lepidoptera: Bombycidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(1), 145–149. doi:10.1093/jee/tou016
- Desportes, I., & Schrével, J. (2013). *The Gregarines. The Early Branching Apicomplexa*. In: I. Desportes & J. Schrével (Eds.), Leiden, the Netherlands: Brill. doi:10.1163/9789004256057
- Faly, L. I., Kolombar, T. M., Prokopenko, E. V., Pakhomov, O. Y., & Brygadyrenko, V. V. (2017). Structure of litter macrofauna communities in poplar plantations in an urban ecosystem in Ukraine. *Biosystems Diversity*, 25(1), 29–38. doi:10.15421/011705
- Faly, L., & Brygadyrenko, V. (2014). Patterns in the horizontal structure of litter invertebrate communities in windbreak plantations in the steppe zone of the Ukraine. *Journal of Plant Protection Research*, 54(4), 414–420. doi:10.2478/jppr-2014-0062.
- Geus, A. (1969). *Sporentierchen, Sporoza, die Gregarinida der Land und Süßwasser bewohnenden Arthropoden Mitteleuropas. Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meerestelle*, 57, Jena: Gustav Fischer.
- Golovatch, S. I. (1987). On life-forms in millipedes (Diplopoda). В сб. «Почвенная фауна и почвенное плодородие». Труды 9 Междунар. коллокви. по почв. зоол., 1985. С. 210–213. Москва: Наука.
- Goßner, M., Engel, K., & Ammer, U. (2006). Effects of selection felling and gap felling on forest arthropod communities: A case study in a spruce-beech stand of Southern Bavaria. *European Journal of Forest Research*, 125(4), 345–360. doi:10.1007/s10342-006-0126-6

- Hoshide, H., Wakagi, K., & Hoshide, K. (1970). Notes on the gregarines in Japan 3: a new gregarine, *Stenophora akiyoshiensis* n. sp. from a cave living millipede [sic], *Skleroprotopus ikedai* Takakuwa. *Bulletin of the Faculty of Education, Yamaguchi University*, 19, 71–80.
- Ibrahim, M. A., Ibrahim, I., Al-Antary, T., & Kaakeh, N. (2019). Evaluation of the susceptibility of four different cultivars for cherry slug *Caliroa cerasion* (L.) (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28, 8783–8788.
- Jabin, M., Mohr, D., Kappes, H., & Topp, W. (2004). Influence of deadwood on density of soil macro-arthropods in a managed oak-beech forest. *Forest Ecology and Management*, 194, 61–69. doi:10.1016/j.foreco.2004.01.053
- Janardanan, K. P. (1987). *Stenoductus ktenostrepti* n. sp. (Apicomplexa: Cephalaria) from the Millipede, *Ktenostreptus calcaratus* Demange. *Archiv Für Protistenkunde*, 133(3–4), 295–299. doi:10.1016/s0003-9365(87)80062-3
- Janardanan, K. P., & Ramachandran, P. (1983). Observations on 2 new species of cephaline gregarines (Protozoa: Sporozoa) of the genus *Stenoductus* *ramachandran*, 1976 from sphaerotherid millipedes in Kerala, India. *Archiv Für Protistenkunde*, 127(4), 405–412. doi:10.1016/s0003-9365(83)80019-0
- Janardanan, K. P., & Ramachandran, P. (1987). Observations on the Polysaccharides of *Stenoductus carlogoni* (Cephalaria: Monoductidae): a Cyto -Biochemical Analysis. *Archiv Für Protistenkunde*, 133(1–2), 145–150. doi:10.1016/s0003-9365(87)80047-7
- Janardanan, K., & Ramachandran, P. (1982). Studies on a New Cephaline Gregarine, *Stenoductus trigoniuli* n. sp. With a Note on its Cytopathology. *Archiv für Protistenkunde*, 125, 249–256. doi:10.1016/S0003-9365(82)80022-5
- Köhler, H. R. (2002). Localization of metals in cells of saprophagous soil arthropods (Isopoda, Diplopoda, Collembola). *Microscopy research and technique*, 56(5), 393–401. doi:10.1002/jemt.10039

- Köhler, H. R., Storch, V., & Alberti, G. (1992). The impact of lead on the assimilation efficiency of laboratory-held Diplopoda (Arthropoda) preconditioned in different environmental situations. *Oecologia*, 90(1), 113–119. doi:10.1007/BF00317816
- Kunah, O. N. (2016). Functional and spatial structure of the urbotechnozem mesopedobiont community. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 24(2), 473–483. doi:10.15421/011664
- Lipa, J. J. (1967). Studies on gregarines (Gregarinomorpha) of arthropods in Poland. *Acta Protozoologica*, 5(8), 97–179.
- Malysheva, S. V., Shmatko, V. Y., & Spiridonov, S. E. (2020). Revision of Severianoia (Schwenk, 1926) Travassos, 1929 (Nematoda: Oxyuridomorpha) with proposal of *S. pachyiuli* n. sp. from millipedes of the Western Caucasus. *Nematology*, 1–15. doi:10.1163/15685411-bja10053
- McKillup, Dr. S. C., Harten, A. Van., & Neves, A. M. (1991). Assessment of a rhabditid nematode, *Rhabditis necromena* Sudhaus and Schulte, as a biological control agent against the millipede *Spinotarsus caboverdus* Pierrard in the Cape Verde Islands, West Africa. *Journal of Applied Entomology*, 111(1–5), 506–513. doi:10.1111/j.1439-0418.1991.tb00353.x
- Morffe, J., & Hasegawa, K. (2017). *Rhigonema naylae* n. sp. (Rhigonematomorpha: Rhigonematidae) a new parasitic nematode from a *Japanese polydesmid* millipede (Polydesmida: Xystodesmidae). *Zootaxa*, 4269(2), 277–286. doi:10.11646/zootaxa.4269.2.6
- Pakhomov, O. Y., Kunakh, O. M., Babchenko, A. V., Fedushko, M. P., Demchuk, N. I., Bezuhla, L. S., & Tkachenko, O. S. (2019). Temperature effect on the temporal dynamic of terrestrial invertebrates in technosols formed after reclamation at a post-mining site in Ukrainian steppe drylands. *Biosystems Diversity*, 27(4), 322–328. doi:10.15421/011942
- Phillips, G., Moulton, J., & Bernard, E. (2020). *Heth pivari* n. sp. (Nematoda: Ransomnematodea: Hethidae) from the indigenous North American millipede



- Narceus gordanus* (Spirobolida: Spirobolidae), with keys for worldwide Heth spp. *Zootaxa*, 4861(4), 486–514. doi:10.11646/zootaxa.4861.4.2
- Pigino, G., Migliorini, M., Paccagnini, E., Bernini, F., & Leonzio, C. (2005). Fine structure of the midgut and Malpighian papillae in *Campodea (Monocampa) quilisi* Silvestri, 1932 (Hexapoda, Diplura) with special reference to the metal composition and physiological significance of midgut intracellular electron-dense granules. *Tissue & Cell*, 37(3), 223–232. doi:10.1016/j.tice.2005.02.001
- Poinar, G., & Thomas, G. M. (1985). Effect of neoaplectanid and heterorhabditid nematodes (Nematoda: Rhabditoidea) on the millipede *Oxidus gracilis*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 45(2), 231–235. doi:10.1016/0022-2011(85)90013-8
- Pokhylenko, A. P., & Korolev, A. V. (2013). Importance of Julida (Diplopoda) trophical and biotopical characteristics for anthropogenic impact estimation of millipede habitat in forest ecosystems of samarskyi forest. *Science and Education a New Dimension Natural and Technical Science*, 8, 18–21.
- Potapov, A. M., Beaulieu, F., Birkhofer, K., Bluhm, S. L., Degtyarev, M. I., Devetter, M., Goncharov, A. A., Gongalsky, K. B., Klarner, B., Korobushkin, D. I., Liebke, D. F., Maraun, M., Mc Donnell, R. J., Pollierer, M. M., Schaefer, I., Shrubovych, J., Semenyuk, I. I., Sendra, A., Tuma, J., Tumova, M., Vassilieva, A. B., Chen, T. W., Geisen, S., Schmidt, O., Tiunov, A. V., & Scheu, S. (2022). Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, in press. doi:10.1111/brv.12832
- Prisnyi, A. V. (2001). A review of the millipede fauna of the south of the Middle-Russian upland, Russia (Diplopoda). *Arthropoda Selecta*, 10, 297–305.
- Schubart, O. (1934). *Tausendfüssler oder Myriapoda. I: Diplopoda*. Jena: Tierwelt Deutschlands.
- Schulte, F. (1989). The association between *Rhabditis necromena* Sudhaus & Schulte, 1989 and native and introduced millipedes in South Australia. *Nematologica*, 35(1), 82–89. doi:89. 10.1163/002825989X00089

- Shear, W. (2011). Class Diplopoda de Blainville in Gervais, 1844. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148(1), 159–164. doi:10.11646/zootaxa.3148.1.32
- Shelley, R., & Golovatch, S. (2011). Supra-ordinal distributions in the Diplopoda: perspectives on taxon origins and ages, and a hypothesis on the origin and early evolution of the class. *Insecta Mundi*, 158, 1–134. doi:10.5281/zenodo.5164069
- Siegfried, B. D. (1993). Comparative toxicity of pyrethroid insecticides to terrestrial and aquatic insects. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(9), 1683–1689. doi:10.1002/etc.5620120917
- Svyrydchenko, A. O., & Brygadyrenko, V. V. (2014). Trophic preferences of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) for the litter of various tree species. *Folia Oecologica*, 41, 202–212.
- Tóth, Z., & Hornung, E. (2019). Taxonomic and functional response of millipedes (Diplopoda) to urban soil disturbance in a metropolitan area. *Insects*, 11(1), 25. doi:10.3390/insects11010025
- Valigurová, A., & Matis, D. (2001). The records of gregarines (Eugregarinida, Apicomplexa) in myriapods (Myriapoda) in Slovakia. *Folia Faunistica Slovaca*, 6, 1–8.
- Zanger, M., & Köhler, H. R. (1996). Colour change: A novel biomarker indicating sublethal stress in the millipede *Julus scandinavicus* (Diplopoda). *Biomarkers: biochemical indicators of exposure, response, and susceptibility to chemicals*, 1(2), 99–106. doi:10.3109/13547509609088677
- Zhang, Z. Q. (2013). Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Addenda 2013). *Zootaxa*, 3703, 1–82. doi:10.11646/zootaxa.3703.1.1

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Польові методи збирання матеріалів дослідження

Для проведення лабораторних експериментів особин *M. kievense* та *R. kessleri* збирали вручну на п'яти пробних площах, розташованих у районі Дніпровського аеропорту в 2013–2021 роках. Для кожної пробної площі визначено ступінь зімкненості деревостою, чагарникового та трав'янистого ярусів. Перелік цих площ наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Коротка характеристика пробних площ, на яких  
проводилось збирання диплопод

Еко-сис-тема	Деревостій	Чагарники	Трав'янистий ярус	Координати	Види диплопод
1	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (зімкненість 80%) і <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. (зімкненість 10%)	<i>Sambucus nigra</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Chelidonium majus</i> L. (покриття 40%) і <i>Galium aparine</i> L. (покриття 80%)	48.357528 ° N, 35.065667° E	<i>M. kievense</i>
2	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (зімкненість 80%), і <i>Quercus robur</i> L. (зімкненість 10%) та <i>Acer campestre</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Acer tataricum</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Stellaria holostea</i> L. (покриття 30%) та <i>Asarum europaeum</i> L. (покриття 10%)	48.3564° N, 35.0651° E	<i>R. kessleri</i>
3	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (зімкненість 85%), <i>Tilia cordata</i> Mill. (зімкненість 15%) та <i>Acer negundo</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Sambucus nigra</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Chelidonium majus</i> L. (покриття 40%) і <i>Galium aparine</i> L. (покриття 80%)	48.364122° N, 35.063961° E	<i>M. kievense</i> та <i>R. kessleri</i>
4	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (зімкненість 80%) і <i>Fraxinus excelsior</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Sambucus nigra</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Galium aparine</i> L. (покриття 90%)	48.359640° N, 35.068295° E	<i>M. kievense</i> та <i>R. kessleri</i>
5	<i>Robinia pseudoacacia</i> L., (зімкненість 70%) <i>Populus nigra</i> L. (зімкненість 20%) і <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. (зімкненість 10%)	<i>Acer tataricum</i> L. (зімкненість 10%)	<i>Stellaria holostea</i> L. (покриття 45%) <i>Aegopodium podagraria</i> L. (покриття 80%) та <i>Geum urbanum</i> L. (покриття 15%)	48.357919° N, 35.068250° E	<i>R. kessleri</i>

На досліджених пробних площах підстилка потужна ( $45 \pm 11$  мм завтовшки), одношарова, представлена переважно листям *R. pseudoacacia* L. Визначення рослин до видів проведено за визначником рослин за редакцією Ю. Н. Прокудина (1987) та уточнено за В. В. Тарасовим (2012). Таксономічні одиниці класу *Diploroda* визначили за монографіями І. Є. Локшиної (1969) та Н. Г. Чорного, С. І. Головача (1993).

Загальні аспекти живлення сапрофагів проаналізовано за Гіляровим (1970) та Стригановою (1972, 1980). Також узяли до уваги розподіл видів диплопод за біотопами степової зони України з урахуванням видового складу рослин на цих ділянках за працями Кунах и др. (2013), Жуков та ін. (2014), Svytydchenko & Brygadyrenko (2014) та Brygadyrenko (2015). Кормовий субстрат диплопод зібрано вручну (у тих самих екосистемах, що і багатоніжок) та просіяно на двох виготовлених власноруч решетах із чарунками 50 та 12 мм. Решета допомагали видаляти з кормової суміші диплопод гілки та ґрунт. В експериментах використано фрагменти листових пластинок дерев від 12 до 50 мм. Зібраних диплопод і кормовий субстрат відвезли до лабораторії кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Зібрано понад 1 000 екземплярів диплопод та вісім поліетиленових пакетів лісової підстилки (кожен об'ємом на 50 дм<sup>3</sup>) для кожного експерименту.

## 2.2. Лабораторні методи досліджень

**2.2.1. Утримання диплопод для аклімації в лабораторних умовах.** Для стабілізації та уніфікації мікробного населення кишечників зібрані екземпляри диплопод утримували в загальному пластиковому садку (таз 40 л із підстилкою) протягом 14 діб для кожного експерименту. Аби запобігти надмірним втратам вологи, садок накрили ватманом із десятками отворів (діаметром 1 мм). Один раз на три доби підстилку в ємності рівномірно зрошували дистильованою водою з пульверизатора для підтримання сталості умов зволоження. У лабораторії температуру підтримували стабільною: +22 °С вночі та +28 °С

удень. Відносна вологість повітря змінювалася у межах 58–74 %. Світловий режим – 12/12 (світло/темрява).

**2.2.2. Підготовка кормового субстрату для експерименту.** Кормовий субстрат розклали тонким шаром 3–7 см на столі. Протягом 7 діб за допомогою тепловентилятора Domotec MS 5901 (потужністю 2 кВт) підстилку висушили до повітряно-сухого стану та повторно просіяли на решетах для видалення залишків ґрунту. Суху підстилку зважили на аналітичних вагах JD-100 (точність зважування – 1 мг) і розподілили рівномірно по 2 г у садки (пластикові стакани 0,5 л). Використано 1 636 садків.

**2.2.3. Приготування дослідних концентрацій важких металів.** Кормовий субстрат зволожено розчинами таких важких металів:

- 1)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  у перерахунку на концентрацію металу  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  і  $10^{-8}$  мг/г сухої підстилки;
- 2)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  у концентраціях  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  і  $10^{-8}$  мг/г сухої підстилки;
- 3)  $\text{CdCl}_2$  у концентраціях  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  і  $10^{-6}$  мкг/кг сухої підстилки;
- 4)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  у концентраціях  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  і  $10^{-6}$  мкг/кг сухої підстилки.

У контролі садки з підстилкою зволожували дистильованою водою еквівалентної кількості розчинам металів певної концентрації.

**2.2.4. Біобезпека проведення лабораторних експериментів із застосуванням важких металів.** Одні з найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища – важкі метали залежно від концентрації вони по-різному діють на живі організми (Köhler & Alberti, 1992; Köhler et al., 1995; Valko et al., 2005; Zygmunt et al., 2006).

За даними Міністерства охорони здоров'я у таблиці 2.2. вказано максимально допустимий вміст заліза, міді, свинцю і плюмбуму у продуктах харчування, питній воді, атмосферному повірі та ґрунті.

Таблиця 2.2

## Максимально допустимий вміст важких металів

Назва металу	Максимально допустимі рівні у харчових продуктах мг/кг **	Гігієнічні вимоги до питної води, мг/дм <sup>3</sup> ***	ГДК у атмосферному повітрі населених місць мг/м <sup>3</sup> (максимально разова та середньодобова) ****	ГДК у ґрунті, мг/кг з урахуванням фону (кларка) *****
Fe	-	водопровідної – 0,2; колодязів та каптажів джерел – 0,1; фасованої з пунктів розливу та бюветів – 0,2	заліза оксид (у перерахунку на залізо) * – 0,04; заліза сульфат (у перерахунку на залізо) * – 0,007; заліза хлорид (у перерахунку на залізо) * – 0,004	6,0 – загальний вміст
Cu	дитячі суміші – 1,0; дієтичні добавки – 1,0	водопровідної – 1,0; фасованої з пунктів розливу та бюветів – 1,0	міді оксид (у перерахунку на мідь) – 0,002; мідь сірчаноокисла (у перерахунку на мідь) 0,003 – 0,001; мідь сірчиста (у перерахунку на мідь) 0,003 – 0,001; мідь хлориста (у перерахунку на мідь) – 0,002; мідь хлорна (у перерахунку на мідь) 0,003 – 0,001	3,0 – рухлива форма
Pb	дитячі суміші – 0,010; дієтичні добавки – 3,0	водопровідної – 0,010; фасованої з пунктів розливу та бюветів – 0,010	свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець) – 0,001 – 0,0003; свинець сірчистий (у перерахунку на свинець) – 0,0017	32,0 – загальний вміст; 6,0 – рухлива форма
Cd	дитячі суміші – 0,005; дієтичні добавки – 3,0	водопровідної – 0,001; фасованої з пунктів розливу та бюветів – 0,001	кадмій азотнокислий (у перерахунку на кадмій) – 0,0003; кадмій йодистий (у перерахунку на кадмій) – 0,0003; кадмію оксид (у перерахунку на кадмій) – 0,0003; кадмій сірчаноокислий – 0,0003; кадмій хлористий (у перерахунку на кадмій) – 0,0003	1,5 – у чорноземі за рН ґрунту 6,7–7,0

*Примітки:* \* – за спільної присутності в атмосферному повітрі контроль проводити по ГДК хлориду заліза; \*\* – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.05.2013 р. № 368 Про затвердження державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 1238 від 22.05.2020 р.); \*\*\* – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (із змінами внесеними згідно з Наказами Міністерства охорони здоров'я № 505 від 15.08.2011 р. та № 2675 від 24.12.2019 р.); \*\*\*\* – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.01.2020 р. № 52 Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 1657 від 05.08.2021 р.); \*\*\*\*\* – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.2020 р. № 1595 Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті

**2.2.5. Приготування пестицидних розчинів.** В експериментах використано 13 різних пестицидів, придбаних у спеціалізованих торгових мережах із продажу засобів захисту рослин «Захист Рослин» і «Епіцентр». Ці препарати виготовлені найбільшими у світі компаніями – виробниками пестицидів: Bayer AG (фунгіцид Фалькон), Syngenta AG (гербіцид Ураган Форте, фунгіциди Ридоміл Голд, Тіовіт Джет, Тілт, Хорус та інсекто-акарицид Нурелл Д), BASF (інсекто-акарицид Бі-58), UPL Limited (фунгіцид Пенкоцеб, акарицид Омайт), Monsanto (гербіцид Раундап) та Avgust (інсектицид Біотлін). Дозування пестицидів, використаних в експерименті, вказане у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

## Коротка характеристика використаних в експерименті пестицидів

Пестициди	Діюча речовина	Рекомендоване дозування в агроценозах, кг/га	Дозування препарату в нашому дослідженні, мг/г підстилки
Раундап	ізопропіламінова сіль гліфосату, 450 г/л	0,5–6,4	$2,8 \cdot 10^{-1}$ , $2,8 \cdot 10^{-2}$ , $2,8 \cdot 10^{-3}$ , $2,8 \cdot 10^{-4}$ , $2,8 \cdot 10^{-5}$ , $2,8 \cdot 10^{-6}$ , $2,8 \cdot 10^{-7}$ , $2,8 \cdot 10^{-8}$ , $2,8 \cdot 10^{-9}$ і $2,8 \cdot 10^{-10}$
Ураган Форте	калійна сіль гліфосату, 500 г/л	1,5–4,0	$3 \cdot 10^{-1}$ , $3 \cdot 10^{-2}$ і $3 \cdot 10^{-3}$
Омайт	пропаргїт, 570 г/л	0,9–2,2	$3,6 \cdot 10^{-1}$ , $3,6 \cdot 10^{-2}$ і $3,6 \cdot 10^{-3}$
Ридоміл Голд	манкоцеб, 640 г/кг, мефеноксам, 40 г/кг	2,5	$4 \cdot 10^{-1}$ , $4 \cdot 10^{-2}$ і $4 \cdot 10^{-3}$
Бі-58	диметоат, 380 г/л	0,5–2,8	$2,4 \cdot 10^{-1}$ , $2,4 \cdot 10^{-2}$ і $2,4 \cdot 10^{-3}$
Біотлін	імідаклоприд, 200 г/л	0,3–0,5	$1,2 \cdot 10^{-1}$ , $1,2 \cdot 10^{-2}$ і $1,2 \cdot 10^{-3}$
Тіовіт Джет	сульфур, 800 г/кг	2,0–8,0	$4,8 \cdot 10^{-1}$ , $4,8 \cdot 10^{-2}$ і $4,8 \cdot 10^{-3}$
Пенкоцеб	манкоцеб, 800 г/кг	1,7–1,8	$4,8 \cdot 10^{-1}$ , $4,8 \cdot 10^{-2}$ і $4,8 \cdot 10^{-3}$
Актеллік	піриміфос-метил, 500 г/л	0,4–0,8	$3 \cdot 10^{-1}$ , $3 \cdot 10^{-2}$ і $3 \cdot 10^{-3}$
Нурелл Д	хлоропірифос, 500 г/л, циперметрин, 50 г/л	0,5–1,0	$3 \cdot 10^{-1}$ , $3 \cdot 10^{-2}$ і $3 \cdot 10^{-3}$
Фалькон	тебуконазол, 167 г/л, тріадіменол, 43 г/л, спіроксамін, 250 г/л	0,4–0,6	$1,1 \cdot 10^{-1}$ , $1,1 \cdot 10^{-2}$ і $1,1 \cdot 10^{-3}$
Тілт	пропіконазол, 250 г/л	2,5–5,0	$1,5 \cdot 10^{-1}$ , $1,5 \cdot 10^{-2}$ і $1,5 \cdot 10^{-3}$
Хорус	ципродиніл, 750 г/л	0,45	$4,5 \cdot 10^{-1}$ , $4,5 \cdot 10^{-2}$ , $4,5 \cdot 10^{-3}$

*Примітка:* рекомендоване дозування в агроценозах наведено за інструкціями із застосування пестицидів.

**2.2.6. Джерела виробництва та фасування пестицидів, які застосовують на території України.** За даними державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, протягом 2020–2021 років зареєстровано 1804 пестициди. Кількість препаративних форм значно більша за кількість дозволених до застосування речовин. У цій дисертації досліджено 13 препаратів з пестицидною активністю. Тому з державного реєстру взято тільки 116 препаратів, що у своєму складі містять речовини досліджені у цій роботі. За один рік в Україні зареєстровано 42 гербіциди (21 – на основі ізопропіламінної солі гліфосату та 21 – калієвої солі гліфосату), 52 інсектициди (30 – на основі імідаклоприду, 14 – хлорпірифосу + циперметрину, 5 – диметоату, 3 – піриміфос метилу) та 22 фунгіциди (5 – манкоцебу + металаксилу, 4 – на основі сірки, 3 – манкоцебу, 3 – пропіконазолу + тебуконазолу, 3 – ципродинілу, 3 – пропіконазолу + ципроконазолу, 1 – тебуконазолу + тріадіменолу + спіроксаміну). На реєстрацію вище перерахованих пестицидних препаратів в Україні заявили – 16 країн (вказані у додатку Д). Ці препарати виготовляють відомими компаніями, що знаходяться у 32 країнах світу. Китай – основний виробник засобів захисту рослин (додаток Д).

**2.2.7. Біобезпека проведення лабораторних експериментів із застосуванням пестицидів.** Раундап ( $C_3H_8NO_5P$ ) – найвідоміший гербіцид, основний активний інгредієнт якого – ізопропіламінова сіль гліфосату. Цей препарат належить до III класу небезпеки для людей і бджіл. Ураган Форте – високотехнологічний гербіцид надзвичайно швидкої дії (вдвічі швидшої, ніж інші препарати на основі гліфосату). Належить до II класу небезпеки для людей і III класу – для бджіл. Акарицид Омайт ( $C_{19}H_{26}O_4S$ ) із діючою речовиною пропаргіт відносять до аналогічних класів небезпеки, що і гербіцид Ураган Форте. Препарат Ридоміл Голд складається із двох діючих речовин – манкоцебу та мефеноксаму, хімічні формули яких  $C_4H_6N_2S_4Mn \cdot C_4H_6N_2S_4Zn$  і  $C_{15}H_{21}NO$ , відповідно. Комерційний фунгіцид зі вмістом 800 г/кг манкоцебу називається Пенкоцеб. Комбіновані фунгіциди на основі цих діючих речовин



(манкоцеб і мефеноксам) належать до II та III класів небезпеки для людей і бджіл, відповідно.

Диметоат ( $C_5H_{12}NO_3PS_2$ ) – фосфорорганічна сполука, що продається під назвою Бі-58. Імідаклоприд ( $C_9H_{10}ClN_5O_2$ ) – хімічна діюча речовина пестицидів (із групи неонікотиніодів). Комерційна назва препарату з цією діючою речовиною – Біотлін. Препарати на основі імідаклоприду та диметоату мають III клас небезпеки для людини і I клас небезпеки для бджіл. Тіовіт Джет – пестицид, створений на основі сірки, яку в сільському господарстві застосовують як засіб боротьби зі шкідниками та частково як добриво. Цей препарат належить до III класу малотоксичних препаратів ( $LD_{50} > 3\,000$  г/кг). Піриміфос-метил ( $C_{11}H_{20}N_3O_3PS$ ) – фосфорорганічний інсекто-акарицид широкого спектра дії. Найвідоміший препарат – Актеллік із цією діючою речовиною відносять до III класу небезпеки для людини та I – для бджіл. Нурелл Д – комбінований інсекто-акарицид, складається із двох компонентів – хлорпірифосу ( $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$ ) та циперметрину ( $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$ ). Хлорпірифос у чистому виді належить до II класу, а препарати на його основі – до II та III класів токсичності для людини. Циперметрин високотоксичний (I клас) для бджіл ( $LD_{50}$  контактно – 20 нг/особу).

Фалькон – фунгіцид із системними властивостями, що має три діючі речовини: тебуконазол ( $C_{16}H_{22}ClN_3O$ ), тріадименол ( $C_{14}H_{18}ClN_3O_2$ ) та спіроксамін ( $C_{18}H_{35}NO_2$ ). Препарати з умістом перелічених речовин належать до II класу небезпеки для людини та III – для бджіл.

Тілт – триазольний фунгіцид із діючою речовиною пропіконазолом ( $C_{15}H_{17}Cl_2N_3O_2$ ), належить до III класу небезпеки для людини та бджіл. Ципродиніл ( $C_{14}H_{15}N_3$ ) – хімічна сполука із групи анілінопіримідинів, комерційна назва – Хорус. Клас небезпеки для людини – III, а для бджіл – IV.

**2.2.8. Зважування диплопод.** Багатоніжок зважено з точністю до 0,1 мг на аналітичних вагах Radwag AS 220/C (RADWAG Wagi Elektroniczne, Polska, Poland, 2013) та розподілено по садках. У дослідженнях дії заліза та міді у

кожен садок поміщено по 4 екземпляри *M. kievense* (2 самці та 2 самки). В експериментах зі впливу кадмію, свинцю та пестицидів у ємності поміщено по одній особині *M. kievense* та *R. kessleri*, відповідно. Середня початкова маса тіла *M. kievense* –  $56,7 \pm 4,81$  та  $56,3 \pm 6,4$  мг для експерименту із залізом і міддю, відповідно. Для цих двох досліджень використано 416 екземплярів диплопод. В експерименті з визначення впливу кадмію та свинцю середня маса особин *M. kievense* на початку експерименту складала  $36,4 \pm 9,3$  мг, після його завершення –  $43,5 \pm 1,3$  мг. У дослідженні задіяно 130 екземплярів *M. kievense*: по 6 концентрацій кожного з двох металів ( $n = 10$ ) і одна контрольна ( $n = 10$ ). Кожний варіант досліду (пестициди) виконано у 10-разовій повторюваності. Для кожної концентрації пестицидів використано 5 самців і 5 самок *R. kessleri* (Kozak et al., 2020).

Усі садки у випадковому порядку розмістили на лабораторних столах. Для усунення надмірних втрат вологи садки накрили канцелярським папером. Періодично (один раз на три доби) садки рівномірно зволожували дистильованою водою. За даними Svyrydchenko & Brygadyrenko (2014) та Brygadyrenko & Svyrydchenko (2015), у багатоніжок протягом першого тижня відбувається початкова адаптація (спочатку безхребетні знижують масу тіла, а потім поступово збільшують її). Тому лабораторні експерименти зі впливу заліза та міді на багатоніжок тривали 20 діб, а з дії кадмію, плюмбуму та пестицидів – 30 діб.

Після завершення експериментів із кадмієм, плюмбумом і пестицидами багатоніжок дістали із садків і повторно зважили. Підстилку висушили до повітряно-сухого стану за допомогою тепловентилятора протягом однієї–двох діб. Екскременти за допомогою пінцета видалили з підстилки і також зважили. Для досліджень із розчинами  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  суху підстилку перенесли на систему лабораторних сит (з чарунками 0,20, 0,35, 0,70, 1,05, 1,55 та 2,05 мм) для проведення фракційного аналізу. Масу кожної фракції підстилки визначали з точністю до 1 мг.

### 2.3. Методи статистичного опрацювання даних

Результати статистично опрацьовано за допомогою пакета програм Microsoft Excell 2010 (Microsoft, USA) та Statistica 8.0 (StatSoft, USA, 2012). Вплив важких металів на темпи споживання корму, зміну маси тіла та інтенсивність утворення екскрементів багатоніжками оцінено за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) із використанням поправки Бонфероні. Дані щодо впливу декількох концентрацій пестицидів порівняно за допомогою тесту Тьюкі (Mcdonald, 2014). Відмінності між вибірками вважали статистично значущими за  $P < 0,05$ .

На рисунках третього – шостого розділів показано медіану, 25–75 % квартилі, максимальне та мінімальне значення та, в окремих випадках, екстремуми. У тексті та таблицях наведено середнє значення та середнє квадратичне відхилення ( $\bar{x} \pm SD$ ).

#### *Перелік посилань:*

- Жуков, О., Кунах, О., Балюк, Ю. (2014). Просторове варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни лісопаркового насадження (на прикладі парку в межах м. Дніпропетровська). *Вісник Львівського університету, серія біологічна*, 65, 224–237.
- Тарасов, В. В. (2012). *Флора Дніпропетровської і Запорізької областей*. Дніпропетровськ: Ліра.
- Гиляров, М. С. (1970). Беспозвоночные – разрушители подстилки и пути повышения их полезной деятельности. *Экология*, 2, 8–21.
- Кунах, О. Н., Жуков, А. В., Балюк, Ю. А. (2013). Экоморфическая проекция пространственной организации сообщества почвенной мезофауны. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Біологія»*. 18(1079), 118–131.
- Локшина, И. Е. (1969). *Определитель двупарноногих многоножек Diplopoda равнинной части европейской территории СССР*. Москва: Наука.

- Прокудин, Ю. Н., Доброчаева, Д. Н., Заверуха, Б. В., Чопик, В. И., Протопопова, В. В., Крицкая, Л. И. (Ред.). (1987). *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наукова думка.
- Стриганова, Б. Р. (1980). *Питание почвенных сапрофагов*. Москва: Наука.
- Чёрный, Н. Г., Головач С. И. (1993). *Двупарноногие многоножки равнинных территорий Украины*. Киев: Наукова думка.
- Brygadyrenko, V. (2015). Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. *International Journal of Environmental Research*, 9(4), 1183–1192. doi:10.22059/ijer.2015.1008
- Brygadyrenko, V. V., & Svyrydchenko, A. O. (2015). Influence of the gregarine *Stenophora julipusilli* (Eugregarinorida, Stenophoridae) on the trophic activity of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Folia Oecologica*, 42(1), 10–20.
- Köhler, H.-R., & Alberti, G. (1992). The effect of heavy metal stress on the intestine of diplopods. *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck, Suplementa*, 10, 257–267.
- Köhler, H.-R., Körtje, K.-H., & Alberti, G. (1995). Content, absorption quantities and intracellular storage sites of heavy metals in Diplopoda (Arthropoda). *Biometals*, 8(1), 37–46 doi:10.1007/bf00156156
- Kozak, V. M., Romanenko, E. R., & Brygadyrenko V. V. (2020). Influence of herbicides, insecticides and fungicides on food consumption and body weight of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Biosystems Diversity*, 28(3), 272–280. doi:10.15421/012036
- Mcdonald, J. H. (2014). *Handbook of biological statistics*. Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing.
- Striganova, B. R. (1972). Effect of temperature on the feeding activity of *Sarmatiulus kessleri* (Diplopoda). *Oikos*, 23(2), 197–199. doi:10.2307/3543405
- Svyrydchenko, A. O., & Brygadyrenko, V. V. (2014). Trophic preferences of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) for the litter of various tree species. *Folia Oecologica*, 41(2), 202–212.

- Valko, M., Morris, H., & Cronin, M. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current Medicinal Chemistry*, 12(10), 1161–1208. doi:10.2174/0929867053764635
- Zygmunt, P.M., Maryanski, M., & Laskowski, R. (2006). Body mass and caloric value of the ground beetle (*Pterostichus oblongopunctatus*) (Coleoptera, Carabidae) along a gradient of heavy metal pollution. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(10) 2709–2714. doi:10.1897/05-580r.1

### РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ОРГАНІЗМ *MEGAPHYLLUM KIEVENSE* В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

#### 3.1. Визначення дії іонів міді на масу тіла *M. kievense* та фракційний склад підстилки

Токсична дія важких металів на організми сапрофагів досліджена досить детально (Hopkin, 1990; Köhler & Alberti, 1992; Köhler et al., 1996; Buch et al., 2018). На макрофауну мідь інтенсивніше впливає в умовах високих концентрацій промислових виробництв (Hopkin & Martin, 1982; Heikens et al., 2001; Сирова та ін., 2019). Щорічні викиди міді у складі промислових відходів виробництв сприяють неухильному підвищенню концентрації цього металу у підстилці та верхніх горизонтах ґрунту. Особливо інтенсивно це відбувається на території мегаполісів та поблизу підприємств із виробництва міді, на сільськогосподарських угіддях, де застосовують фунгіциди, що містять мідь (Sviden et al., 2001; McCay et al., 2013).

Надмірне надходження міді в організм диплопод спричиняє повільне накопичення цього політанта в організмах сапрофагів, часткові втрати разом із кутикулою під час линяння, а також інтенсивне виділення з екскрементами (Hopkin & Read, 1992). Для природоохоронних цілей важливо визначити рівні відносно стійкого вмісту міді, за яких трофічна активність тварин не знижується (Hopkin, 1990). Провести подібні дослідження можливо лише в лабораторних умовах, де контролюються десятки параметрів вихідного корму (Dangerfield, 1993; Roy & Joy, 2009; Кульбачко и Дидур, 2012), мікрокліматичних умов експерименту (Striganova, 1972; Dangerfield & Milner, 1993), мікробіологічних властивостей субстрату (Zenova et al., 1996; Kaneko 1999; Maraun et al., 2003) та кишечника диплопод (Márialigeti et al., 1985; Byzov, 2006).

Результати наших лабораторних досліджень вказують, що зростання

концентрації  $Cu$  в раціоні *M. kievense* спричиняє достовірне зменшення прибавки маси тіла протягом експерименту (табл. 3.1). За концентрації  $10^{-1}$  мг  $Cu$ /г підстилки багатоніжки різко знижували (до 30,2 % відносно контролю) трофічну та рухову активність, деякі з них втрачали у вазі. Цікаво, що порівняно з контролем не спостерігалось підвищення смертності особин *M. kievense* упродовж експерименту, навіть за настільки високої концентрації  $Cu$  ( $10^{-1}$  мг/г підстилки), що відсутня у природних умовах. За незначного збагачення підстилки солями міді ( $10^{-8}$  мг/г підстилки) прибавка маси тіла склала 213,6 % відносно контролю. За цих концентрацій  $10^{-2}$ – $10^{-7}$  мг  $Cu$ /г підстилки прибавка маси тіла для багатоніжок не відрізнялася від контрольних значень (становила 87,8–146,1 % від контролю).

Таблиця 3.1

Зміна маси тіла *M. kievense* (мг/екз.) у лабораторному експерименті  
за живлення підстилкою з різною концентрацією  $Cu$  ( $n = 6$ )

Концентрація $Cu$ , мг/г підстилки	Median	$\bar{x} \pm SD$	Min – Max	$F, F_{0,05} = 2,15,$ $df1 = 8, df2 = 45$	$P$
$10^{-1}$	1,00	$0,74 \pm 1,73^a$	–1,5–2,9	4,39	0,0006
$10^{-2}$	2,38	$2,29 \pm 1,35^b$	0,0–3,8		
$10^{-3}$	3,38	$3,29 \pm 1,58^b$	1,3–5,5		
$10^{-4}$	3,88	$3,58 \pm 1,43^b$	1,8–5,0		
$10^{-5}$	3,38	$3,42 \pm 1,99^b$	0,8–6,3		
$10^{-6}$	2,50	$2,15 \pm 2,07^b$	–1,0–4,5		
$10^{-7}$	3,00	$3,25 \pm 0,87^b$	2,5–4,3		
$10^{-8}$	6,00	$5,23 \pm 2,19^c$	2,3–7,7		
Контроль	3,00	$2,45 \pm 1,28^b$	1,0–4,0		

Примітка: <sup>a, b, c</sup> – відмінності між масою тіла *M. kievense*, позначені різними літерами достовірні,  $P < 0.05$  (тест Тьюкі з поправкою Бонферроні).

За результатами експерименту не можна стверджувати, що споживання корму *M. kievense* істотно змінилося залежно від концентрації досліджуваного металу у зразках підстилки. Для концентрацій  $10^{-1}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  мг/г і в контролі відмінності маси підстилки, не розкладеної в результаті експерименту мікроорганізмами або Julidae, не достовірні (табл. 3.2).

За цих концентрацій  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-8}$  мг/г за присутності *M. kievense* відмічено достовірно вищий ступінь розкладання підстилки.

Цікаво, що ні за присутності *M. kievense*, ні у варіанті досліду, де особини цього виду Julidae були відсутні, не відмічено достовірних відмінностей за масою розкладеної підстилки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Зміна маси підстилки в лабораторному експерименті  
з дослідження впливу *Cu* на швидкість споживання корму *M. kievense*

Концентрація <i>Cu</i> , мг/г підстилки	Зміна маси підстилки протягом експерименту в присутності <i>M. kievense</i> , %, $\bar{x} \pm SD$ ( $n = 6$ )	Зміна маси підстилки протягом експерименту без <i>M. kievense</i> , %, $\bar{x} \pm SD$ ( $n = 8$ )	$F$ , $F_{0,05} = 4,74$ , $df1 = 1$ , $df2 = 12$	$P$
$10^{-1}$	$53,3 \pm 0,67$	$52,9 \pm 1,00$	0,86	0,37
$10^{-2}$	$53,9 \pm 0,82$	$52,8 \pm 1,03$	4,36	0,06
$10^{-3}$	$54,5 \pm 1,24$	$53,1 \pm 0,87$	6,33	0,03
$10^{-4}$	$52,9 \pm 1,63$	$52,6 \pm 0,81$	0,23	0,63
$10^{-5}$	$53,7 \pm 1,18$	$52,6 \pm 0,86$	4,00	0,07
$10^{-6}$	$54,1 \pm 0,69$	$53,9 \pm 1,41$	0,09	0,77
$10^{-7}$	$54,3 \pm 1,12$	$54,1 \pm 2,14$	0,04	0,85
$10^{-8}$	$54,2 \pm 0,84$	$52,9 \pm 0,93$	7,76	0,02
Контроль	$53,5 \pm 1,10$	$52,8 \pm 0,78$	2,11	0,17
$F$ , $F_{0,05} = 2,15$ , $df1 = 8$ , $df2 = 45$	1,43	—	—	—
$P$	0,21	—	—	—
$F$ , $F_{0,05} = 2,09$ , $df1 = 8$ , $df2 = 63$	—	1,73	—	—
$P$	—	0,11	—	—

Оскільки достовірних відмінностей споживання корму за різної концентрації *Cu* не виявлено, нас зацікавив вплив особин досліджуваного виду на фракційний склад підстилки (табл. 3.3). Маса великої фракції ( $> 2,05$  мм) під час живлення *M. kievense* зменшилася на 0,878 рази, маса фракції 1,55–2,05 мм – зросла на 1,052 рази, 1,05–1,55 мм – зросла на 1,203 рази, 0,70–1,05 мм – зросла на 2,049 рази, 0,35–0,70 мм – зросла на 1,130 рази, фракції 0,20–0,35 мм – зменшилася на 0,942 рази. Таким чином, відбувся перерозподіл частинок



підстилки за фракційним складом: основна маса найбільших частинок рослинних залишків перетворилися у садках із *M. kievense* на фракцію 0,70–1,05 мм, переважно представлену слабо подрібненими рослинними рештками та екскрементами диплопод.

Таблиця 3.3

Зміна фракційного складу підстилки в лабораторному експерименті за споживання корму *M. kievense*

Фракція підстилки	Маса фракції підстилки у присутності <i>M. kievense</i> , %, $x \pm S_x (n = 53)$	Маса фракції підстилки за відсутності <i>M. kievense</i> , %, $x \pm S_x (n = 73)$	Зміна середньої маси підстилки, разів	$F, F_{0,05} = 3,92, df1 = 1, df2 = 124$	$P$
>2,05	61,04 ± 6,98	69,51 ± 3,64	0,878	78,30	7,5*10 <sup>-15</sup>
1,55–2,05	8,11 ± 0,97	7,71 ± 1,06	1,052	4,56	0,030
1,05–1,55	8,83 ± 1,44	7,34 ± 1,10	1,203	43,42	1,1*10 <sup>-9</sup>
0,70–1,05	11,64 ± 3,90	5,68 ± 1,27	2,049	149,52	4,8*10 <sup>-23</sup>
0,35–0,70	7,15 ± 2,07	6,33 ± 0,83	1,130	9,31	0,003
0,20–0,35	3,24 ± 0,71	3,44 ± 0,41	0,942	3,97	0,048

Для подальшого аналізу садки з *M. kievense* (n = 53) ранжували залежно від результату зміни маси тіла на шість градацій: у першому варіанті маса тіла ківсяків залишалася постійною – від -1,0 до 1,0 (від зменшення маси тіла особини на 1 мг до її збільшення на 1 мг (n = 10)), у п'яти інших варіантах збільшувалася на 1,1–2,0 (n = 9), 2,1–3,0 (n = 14), 3,1–4,0 (n = 8), 4,1–5,0 (n = 7) і 5,1–7,0 мг (n = 5). Достовірного зменшення маси великих фракцій підстилки (> 2,05 і 1,55–2,05 мм) залежно від зміни маси тіла Julidae під час лабораторного експерименту не відзначено (рис. 3.1 а, б).

Маса фракцій середньої величини (0,70–1,05 та 1,05–1,55 мм) достовірно зросла в тих садках, де *M. kievense* жилися інтенсивніше. Це відбулося в результаті як накопичення дрібних залишків корму, так і екскрементів Julidae (рис. 3.1 в, г). Вміст дрібних фракцій (0,20–0,35 і 0,35–0,70 мм) у варіантах досліду з інтенсивним і слабким живленням *M. kievense* достовірно не відмічено (рис. 3.1 д, е).

Токсичний вплив металів на організм *M. kievense* може мати короточасні та хронічні ефекти (Carter, 1983; Eijssackers et al., 2005). В експерименті тривалістю 30 діб гострі впливи не оцінено, основний вплив на масу тіла тварин дали довготривалі зміни метаболізму (співвідношення анаболічних і катаболічних процесів). Можливо, достовірний вплив *Cu* на масу тіла *M. kievense* лише в концентрації  $10^{-1}$  мг/г підстилки пов'язаний з високою стійкістю виду до цього металу (Morgan et al., 1986; Köhler & Alberti, 1992; Köhler et al., 1992, 1995). Однак літературні відомості, що підтверджують цю точку зору, відсутні. За результатами поширення виду на місцевості (6 обстежених нами популяцій на території Дніпропетровської області) не можна робити висновки про те, що особини віддають перевагу найзабрудненішим металами ділянкам (Бригадиренко, 2006; Бригадиренко і Комаров, 2008).

Високі темпи мікробіологічного розкладання досліджених зразків підстилки не дозволили виявити достовірного впливу *M. kievense* на масу кормового субстрату. Аналогічні ефекти різноспрямованого впливу Julidae встановлені також іншими авторами, які аналізували споживання корму в лабораторії (Souza et al., 2014). Ймовірно, маючи, як і інші диплоподи, відносно низький темп обміну речовин і тривалий період онтогенезу (Wooten & Crawford, 1975; Kondeva, 1980; Striganova & Prishutova, 1990), *M. kievense* може за несприятливих умов переходити у стан діapaузи різної глибини та тривалості. Причому індукція цієї діapaузи може спостерігатися у різних видів *Diplopoda* через невідповідний раціон (наявність залишків листя отруйних рослин для цього виду сапрофагів, розмноження в певних умовах грибів і бактерій, що розкладають підстилку), температури та вологості, впливу паразитів чи хвороб, або в результаті забруднення середовища техногенними полютантами (Gere, 1956; Baker, 1980; Devi & Prabhoo, 1990; Boccardo & Penteado, 1995; Couteaux et al., 2002; Бригадиренко, 2004).

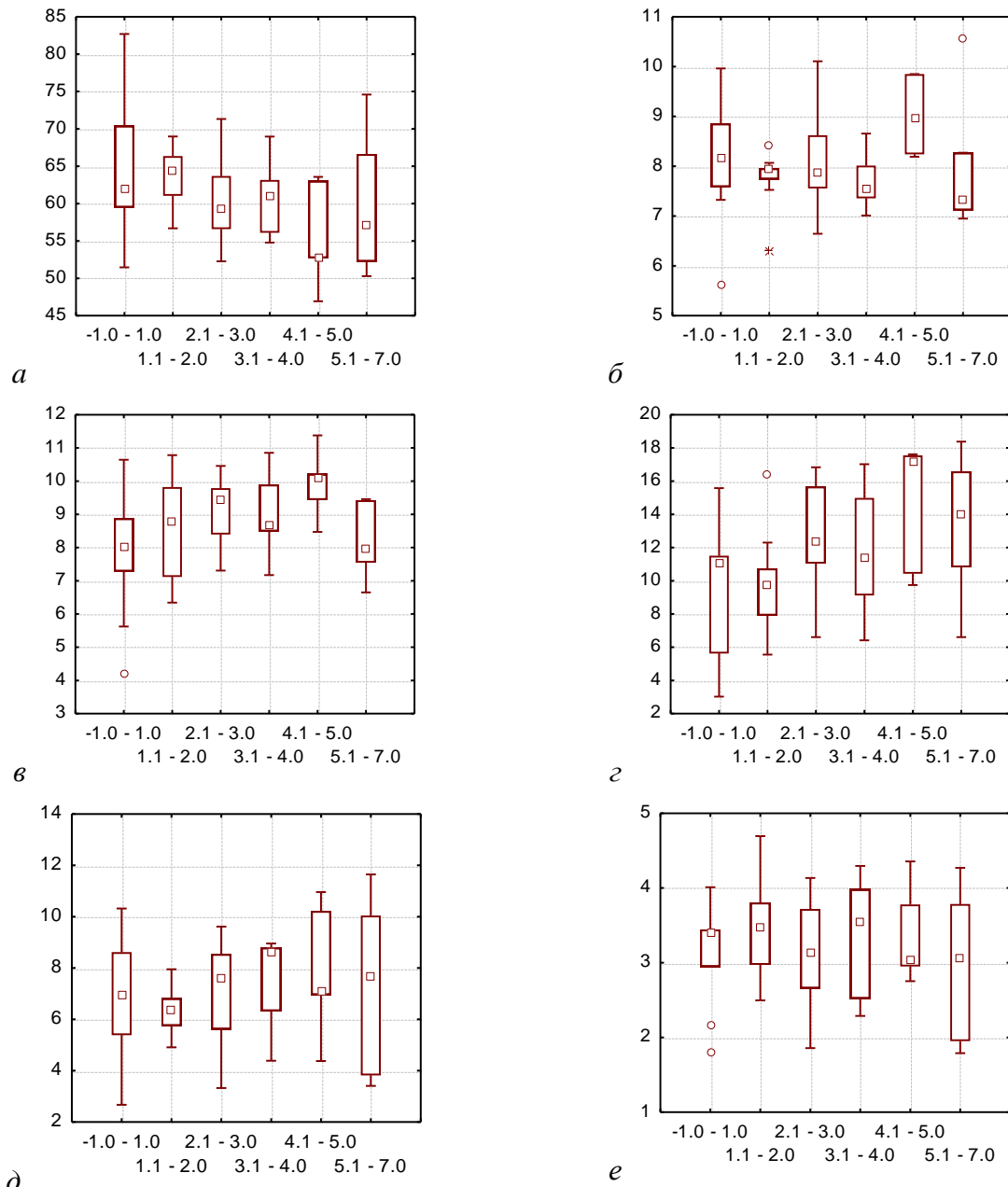


Рис. 3.1. Зміна маси окремих фракцій підстилки в результаті трофічного впливу *M. kievense*: а – фракція > 2,05 мм ( $F = 2,04$ ,  $P = 0,09$ ), б – 1,55–2,05 мм ( $F = 1,99$ ,  $P = 0,10$ ), в – 1,05–1,55 мм ( $F = 2,45$ ,  $P = 0,04$ ), г – 0,70–1,05 мм ( $F = 2,50$ ,  $P = 0,04$ ), д – 0,35–0,70 мм ( $F = 0,44$ ,  $P = 0,82$ ), е – 0,20–0,35 мм ( $F = 0,42$ ,  $P = 0,83$ ); по осі абсцис – зміна маси тіла ківсяка в конкретному садку (мг/добу), по осі ординат – відношення маси певної фракції підстилки до її сумарної маси в конкретному садку після проведення експерименту (%)

Ймовірно, в умовах цього експерименту більше значення для стану обміну речовин в окремих варіантах досліду мали випадкові чинники, наприклад, паразитування в окремих екземплярах нематод, грибів і бактерій. Ретельне перемішування, гомогенізація, просіювання вихідної маси підстилки перед початком експерименту не дозволяють думати про те, що на результати досліджень могли вплинути неоднорідності вихідного складу корму. Однак, у процесі 30-добового лабораторного експерименту (незважаючи на ретельний контроль температури та вологості в лабораторії, рандомізацію садків із різною концентрацією металу на лабораторному столі та ретельне дотримання однакової вологості субстрату в усіх варіантах досліду) можливі були незначні випадкові відхилення між садками за вологістю підстилки. Ймовірно, вони спричинили розмноження різних груп мікроорганізмів і значною мірою вплинули на результати експерименту (Kheirallah, 1990; Köhler et al., 1991; Hopkin & Read, 1992; Byzov et al., 1996; Koukoura et al., 2003; Ashwini & Sridhar, 2005; Byzov, 2006).

Збільшення маси фракцій середньої величини (0,70–1,55 мм) у садках, де спостерігали інтенсивніше живлення *M. kievense*, свідчить про інтенсивний вплив цього виду на розкладання підстилки. Якщо врахувати, що в акацієвій лісосмузі, де збирали багатоніжок для проведення експерименту, чисельність виду становить 10–80 екз./м<sup>2</sup>, участь цього виду в деструкції рослинних залишків має бути достатньо інтенсивною.

### **3.2. Вплив солей заліза на масу тіла *M. kievense* та фракційний склад підстилки**

Добування залізної руди у світі з кожним роком зростає (з 2,3 млрд тон в 2009 році до 2,5 млрд тон в 2019 році). За даними геологічної служби США, Україна в 2020 році знаходилась на сьомому місці за об'ємом добування (62 млн т), а за запасами залізної руди країна посідає перше місце у світі (у надрах України знаходиться 30 із 180 млрд тон світових запасів). За прогнозами

науковців, в майбутньому об'єми видобування залізної руди на території України будуть зростати (Бобильов та ін., 2014). Один із найвищих рівнів добування залізної руди у світі та Європі – центральна частина України, територія Дніпропетровської області (Криворізький залізорудний басейн).

На ділянках, прилеглих до залізорудних родовищ, значно поширене аерогенне забруднення листя зелених рослин (Пашкевич, 2000). Навколо залізорудних кар'єрів на поверхні листового опаду лісових насаджень осідає пил, що містить високі концентрації заліза (Мосинец, 1981). Вміст заліза в листовому опаді та підстилці лісових насаджень Дніпропетровської області, за даними Н. М. Цветкової (Цветкова, 1992; Цветкова и Кулик, 1996), може коливатись в десятки та сотні разів (середній рівень – 10–25 мг/г ґрунту). Залізо піддається активним перетворенням у верхніх горизонтах ґрунту: чим інтенсивніший кругообіг металу в екосистемі тим вища його концентрація у тканинах тварин (Цветкова и др., 2003; Karavanova et al., 2006).

Залежно від концентрації вплив заліза на організм диплопод може бути як анаболічним, так і катаболічним. Мінімальні концентрації цього техногенного поллютанта можуть сприяти прискоренню обміну речовин у ківсяків за рахунок активації окремих ферментних систем, наприклад, ефектів, що мали місце в інших видів живих організмів (Morgan et al., 1986). Тут можуть спостерігатися закономірності (Souza et al., 2014), які проявляються в людському організмі за впливу гомеопатичних препаратів: лікування отрутами органічного та неорганічного походження в малих дозах неспецифічно стимулює обмінні та імунні процеси.

У разі збільшення дозування металу на декілька порядків повинно спостерігатися інгібування окремих метаболічних процесів, перехід багатоніжок в індуковану трофічними факторами діпаузу і, можливо, за тривалого впливу високих концентрацій металу в кормі – загибель окремих особин. До цього часу кількісного оцінювання впливу зростаючих концентрацій заліза в кормі в лабораторному експерименті на представників

родини Julidae не проведено. Окремі дослідження (Hopkin & Read, 1992; Köhler & Alberti, 1992; Köhler et al., 1995, 1996; Heikens et al., 2001; Кульбачко и Гассо, 2008) свідчать про комплексний негативний вплив промислових забруднень на організм диплопод. Однак здатність багатьох видів цієї групи впадати в діапаузу за високих концентрацій важких металів у кормі дозволяє їм пристосуватися до періодичного аерогенного надходження забруднювальних речовин у підстилковий горизонт лісових екосистем.

У наших дослідженнях за зростання концентрації *Fe* в кормі *M. kievense* достовірно не змінював масу тіла (табл. 3.4). У чотирьох із дев'яти варіантів досліду відмічено як збільшення, так і зменшення маси тіла. Це свідчить, що сильний вплив на масу тіла *M. kievense* спричинив не вміст металу, а не регульовані у цьому експерименті фактори, в першу чергу мікробіоценоз підстилки та кишечника багатоніжок.

Таблиця 3.4

Зміна маси тіла *M. kievense* (мг/екз.) протягом місяця в лабораторному експерименті за живлення підстилкою з різною концентрацією *Fe* ( $n = 6$ )

Концентрація <i>Fe</i> , мг/г підстилки	Median	$\bar{x} \pm S_x$	Min – Max	$F, F_{0,05} = 2,15,$ $df_1 = 8, df_2 = 45$	$P$
$10^{-1}$	2,13	$2,43 \pm 1,27$	1,25–4,75	0,66	0,722
$10^{-2}$	3,00	$3,04 \pm 0,83$	1,75–4,25		
$10^{-3}$	1,63	$2,13 \pm 2,25$	–1,00–5,50		
$10^{-4}$	3,00	$2,46 \pm 1,17$	0,75–3,50		
$10^{-5}$	1,13	$0,92 \pm 1,40$	–1,50–2,75		
$10^{-6}$	3,63	$3,67 \pm 1,55$	2,25–6,50		
$10^{-7}$	2,75	$3,08 \pm 2,27$	0,00–6,75		
$10^{-8}$	4,13	$2,79 \pm 4,32$	–5,50–6,25		
Контроль	2,50	$3,58 \pm 4,52$	–2,00–9,75		

За присутності *M. kievense* лише у трьох варіантах досліду ( $10^{-5}$ ,  $10^{-8}$  мг/г *Fe* та в контролі – без додавання іонів *Fe* спостерігали достовірне зменшення маси кормового субстрату (табл. 3.5). У варіантах досліду з *M. kievense* відмічено достовірне ( $P < 0,05$ ) прискорення споживання підстилки у разі

зростання в ній концентрації *Fe*: слабше маса підстилки зменшувалася в контролі (на  $45,7 \pm 0,44$  %) та за концентрації  $10^{-8}$  мг/г (на  $44,9 \pm 1,00$  %), сильніше – за  $10^{-1}$  мг/г (на  $46,1 \pm 1,76$  %) та  $10^{-2}$  мг/г *Fe* (на  $47,0 \pm 0,72$  %).

Таблиця 3.5

Зміна маси підстилки протягом місяця в лабораторному експерименті  
з вивчення впливу *Fe* на швидкість споживання корму *M. kievense*

Концентрація <i>Fe</i> , мг/г підстилки	Зміна маси підстилки протягом експерименту в присутності <i>M. kievense</i> , %, $\bar{x} \pm S_x (n = 6)$	Зміна маси підстилки протягом експерименту без <i>M. kievense</i> , %, $\bar{x} \pm S_x (n = 8)$	$F, F_{0,05} = 4,74,$ $df_1 = 1, df_2 = 12$	$P$
$10^{-1}$	$46,1 \pm 1,76$	$47,4 \pm 0,72$	3,49	0,086
$10^{-2}$	$47,0 \pm 0,72$	$48,0 \pm 1,36$	2,41	0,147
$10^{-3}$	$45,3 \pm 1,37$	$47,4 \pm 2,24$	4,30	0,060
$10^{-4}$	$45,4 \pm 0,91$	$46,4 \pm 1,33$	2,77	0,122
$10^{-5}$	$44,9 \pm 2,23$	$47,7 \pm 0,98$	10,68	0,007
$10^{-6}$	$46,2 \pm 0,55$	$46,7 \pm 0,81$	1,60	0,230
$10^{-7}$	$46,4 \pm 0,88$	$46,0 \pm 2,22$	0,21	0,654
$10^{-8}$	$45,7 \pm 0,44$	$47,5 \pm 0,66$	33,35	0,0001
Контроль	$44,9 \pm 1,00$	$47,4 \pm 0,62$	33,64	0,0001
$F$	$2,16 (F_{0,05} = 2,15, df_1 = 8, df_2 = 45)$	$1,82 (F_{0,05} = 2,09, df_1 = 8, df_2 = 63)$	–	
$P$	0,049	0,091		

Оскільки достовірних відмінностей у споживанні корму *M. kievense* за різної концентрації *Fe* не виявлено, нас зацікавив вплив особин досліджуваного виду на гранулометричний склад підстилки (табл. 3.6). Маса великої фракції ( $> 2,05$  мм) за впливу живлення *M. kievense* зменшилася на 0,858 рази, маса фракції 1,55–2,05 мм – зросла на 1,083 рази, 1,05–1,55 мм – зросла на 1,154 рази, 0,70–1,05 мм – зросла на 2,281 рази, 0,35–0,70 мм – зросла на 1,157 рази, фракції 0,20–0,35 мм – недостовірно зменшилася на 0,953 рази. Відбувся перерозподіл фракцій підстилки за гранулометричним складом: основна частина найбільших рослинних частинок перетворилися в садках із *M. kievense*

на фракцію 0,70–1,05 мм, переважно представлену слабо подрібненими рослинними залишками та екскрементами диплопод.

Таблиця 3.6

Зміна фракційного складу підстилки в лабораторному експерименті за споживання корму *M. kievense* з умістом *Fe*

Фракція підстилки	Маса фракції підстилки за присутності <i>M. kievense</i> , %, $x \pm SD$ ( $n = 53$ )	Маса фракції підстилки за відсутності <i>M. kievense</i> , %, $x \pm SD$ ( $n = 73$ )	Зміна середньої маси підстилки, разів	$F, F_{0,05} = 3,92, df_1 = 1, df_2 = 124$	$P$
>2,05	$58,92 \pm 5,33$	$68,69 \pm 3,00$	0,858	170,58	$4,7 \cdot 10^{-25}$
1,55–2,05	$8,44 \pm 1,01$	$7,79 \pm 1,29$	1,083	9,58	0,002
1,05–1,55	$8,91 \pm 0,98$	$7,72 \pm 1,09$	1,154	40,11	$4,0 \cdot 10^{-9}$
0,70–1,05	$12,59 \pm 2,92$	$5,52 \pm 0,72$	2,281	392,12	$3,3 \cdot 10^{-40}$
0,35–0,70	$7,67 \pm 1,74$	$6,63 \pm 0,83$	1,157	19,89	$1,8 \cdot 10^{-5}$
0,20–0,35	$3,47 \pm 0,76$	$3,64 \pm 0,42$	0,953	2,65	0,106

Результати лабораторного експерименту показали, що на трофічну активність *M. kievense* здатні впливати багато чинників. Навіть в умовах лабораторії під час ретельного контролю за температурою, вологістю та однорідністю живильного субстрату відмічаються сильні коливання маси тіла багатоніжок. Особини дослідженого виду здатні періодично прискорювати або гальмувати темпи обміну речовин. Hopkin & Read (1992) вказали, що Julidae здатні по тріщинах ґрунту переміщуватися на глибину 10–40 см, згортатися спіраллю та переставати житися. Індукована невідповідними трофічними ресурсами діапауза (низька кількість корму, не оптимальне для багатоніжки співвідношення видів рослин, склад бактеріальної або грибової флори підстилки, забруднення техногенними полютантами тощо) може тривати понад 6 місяців. Це дозволяє диплоподам «дочекатися» нової порції листяного опаду, в якому концентрація забруднювальних речовин буде значно нижчою.

На обмін речовин у тварини та її роль в екосистемі можуть впливати латентні вірусні, бактеріальні, грибові інфекції або паразитарні інвазії



(Tarasevich, 1975; Byzov, 2006). Додавання в корм окремих видів комах-фітофагів органічних і неорганічних сполук (Tarasevich, 1975) індукувало перехід латентної форми поліедрозу в активну фазу (аміноптерин, 2,6-діамінопурин, стрептоцид), або, навпаки, знижувало смертність комах улабораторному експерименті (фолієва, р-амінобензойна кислота, ціанокобаламін, солі *Co*). Виділити тварин із латентною формою вірусної, бактеріальної чи грибкової інфекції, мікроспоридіозом або, наприклад, нематодною інвазією перед початком експерименту не можливо. У зв'язку з цим коливання маси тіла тварин піддаються впливу не тільки вмісту важкого металу, а і багатьох інших характеристик внутрішнього середовища організму ківсяка. Достовірного впливу солі заліза на темпи розкладання підстилки за відсутності багатоніжок (табл. 3.5) не визначено: ймовірно відбулося заміщення чутливої до цього металу мікрофлори відносно толерантними до *Fe* групами мікроорганізмів (Couteaux et al., 2002).

### 3.3. Зміна маси тіла *M. kievense* в умовах забруднення корму свинцем і кадмієм

Свинець і кадмій – одні з найнебезпечніших забруднювачів довкілля, що впливають на смертність живих організмів, масу їх тіла та фізіологічну активність різних систем їхніх органів (Spehar et al., 1978; Dallinger, 1993; Santana et al., 2005; Valko et al., 2005; Zygmunt et al., 2006).

Середній вміст кадмію в земній корі становить 130 мг/т, у морській воді – приблизно на три порядки менше (0,11 мг/т). У гірських породах в основному кадмій представлений *CdS*, *CdCO<sub>3</sub>*, *CdO*, *CdSe* і *CdS (H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>*. Відносно висока частка кадмію у свинцево-цинкових і мідно-колчеданних родовищах.

Світові запаси кадмію оцінено в 560 тис. т (дані US Geological Survey). Світове виробництво кадмію останніми роками дорівнює 21–24 тис. т (дані World Bureau of Metal Statistics). В основному кадмій використовують як компонент твердих припоїв (для зниження їх температури плавлення). Близько

10 % виробництва кадмію йде на виготовлення ювелірних виробів і легкоплавких сплавів. Близько 40 % кадмію витрачають на нанесення антикорозійного покриття на металеві вироби, 20 % – на виготовлення кадмієвих електродів і в резервних батареях (свинцево-кадмієві та ртутно-кадмієві елементи) (Scoulllos & Vonkeman, 2001). Нікелево-кадмієві батареї широко використовують у виробництві електронних пристроїв, особливо в Китаї та країнах Південно-Східної Азії. Велика частина виробів через декілька років стає непридатною для використання та накопичується в місцях зберігання твердих побутових відходів. Звідти кадмій надходить у розташовані поблизу природні екосистеми, в основному з ґрунтовими водами та пилом.

Середній вміст свинцю в земній корі – 16 г/т (Войткевич и др., 1970). У породах він зустрічається в основному спільно зі сріблом, цинком та іншими металами, звичайний у різних типах порід (від осадових до магматичних інтрузивних). Світові запаси свинцю – 89 млн т (дані US Geological Survey). Світове виробництво свинцю становить близько 3,8–5,3 млн т (дані World Bureau of Metal Statistics). У США та країнах Євросоюзу 60–80 % свинцю отримують шляхом перероблення вторинної сировини. Близько 80 % виробництва свинцю йде на виготовлення електричних батарей. Раніше свинець в основному використовували для виготовлення присадок до бензину та припоїв. Крім цього свинець широко застосовують під час виготовлення фарб і пігментів. Багато виробів, руйнуючись у місцях зберігання твердих побутових відходів, перетворюються на джерело свинцю для ґрунтових вод і поверхневих шарів ґрунту.

Концентрування важких металів у різних популяціях тварин може мати токсичну дію на організми. У хижих безхребетних концентрація кадмію повинна збільшуватися значно сильніше, ніж у сапрофагів або рослиноїдних тварин (Lindqvist et al., 1995; Maryanski et al., 2002; Lagisz, 2008). Додавання цих металів у корм безхребетних тварин знижує активність супероксиддисмутази та глутатіонпероксидази (Wang et al., 2015), змінює співвідношення ізоформ

неспецифічних естераз (Vlahovic et al., 2012), активність лужної фосфатази (Vlahovic et al., 2009) та інших ферментів (Pedersen et al., 2007, 2008). Все це спричиняє зміни маси тіла (її збільшення або зменшення), проте лабораторні експерименти зі зміни маси тіла різних груп сапрофагів нечисленні (Valko et al., 2005).

Результати наших досліджень вказують, що смертність *M. kievense* підвищується з 10–20 % до 40 % за 3 і 30 мг/кг концентрації свинцю та до 100 % за 30 мг/кг концентрації кадмію (табл. 3.7). Збільшення маси тіла *M. kievense* на 20-ту добу лабораторного експерименту достовірно знижується лише за 3 мг/кг кадмію (з 0,71 до 0,20 мг/добу, рис. 3.2а). За впливу свинцю маса тіла достовірно знижується порівняно з контролем уже за 30 мкг/кг субстрату (з 0,74 до 0,10 мг/добу, рис. 3.2б).

Таблиця 3.7

Смертність *M. kievense* за живлення підстилкою  
з підвищеною концентрацією важких металів протягом 20-денного  
експерименту

Хімічний елемент	Концентрація металу, мкг/кг субстрату						
	0	0.3	3	30	300	3000	30000
Кадмій	20	10	20	10	10	20	100
Свинець	20	10	20	10	20	40	40

Під час впливу кадмію та свинцю підстилка починає достовірно повільніше розкладатися лише за концентрації 30 мг металу на 1 кг підстилки (рис. 3.3 а, б).

Отримані в нашому дослідженні (Бригадиренко и Иванышин, 2014) дані про зміну маси тіла *M. kievense* в градієнті концентрації заліза (від  $10^{-1}$  до  $10^{-8}$  мг/г корму) показали аналогічні результати: багатоніжки додавали в середньому 2,5 мг/добу, відмінності між високими, середніми та низькими концентраціями *Fe* в субстраті також були недостовірними. Мідь у раціоні *M. kievense* достовірно вплинула на масу тіла багатоніжок (Brygadyrenko & Ivanyshin, 2015): низька доза *Cu* ( $10^{-8}$  мг/г підстилки) удвічі збільшила темпи зростання маси тіла, а його висока концентрація ( $10^{-1}$  мг/г підстилки) утримувала

знизила зростання маси тіла, тобто токсично вплинула на *M. kievense*. Мідь присутня у складі ферментів, ймовірно, тому її низька концентрація викликає анаболічні зміни у *M. kievense*.

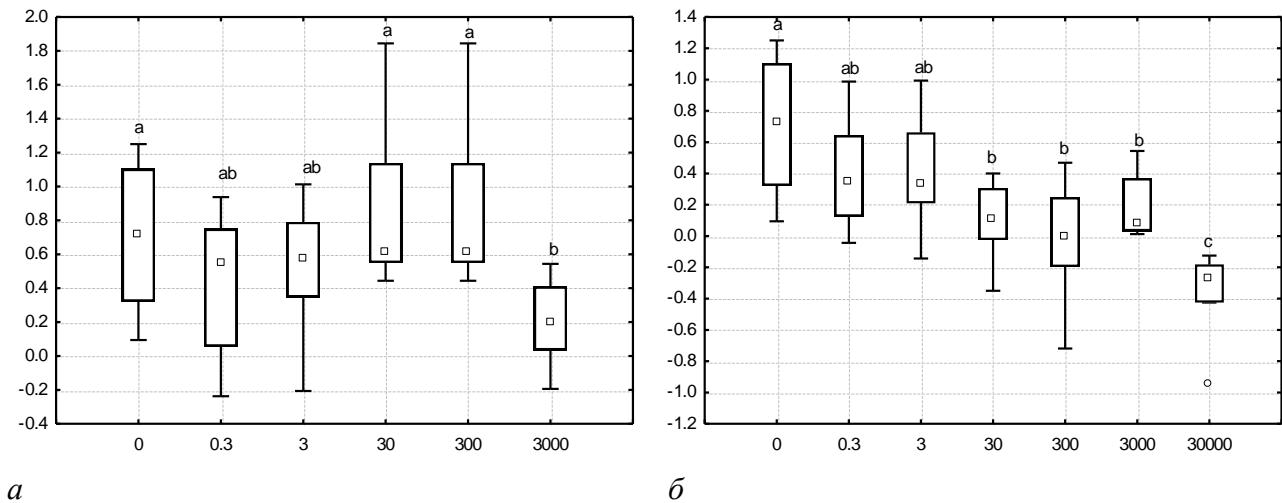


Рис. 3.2. Зміна маси тіла *M. kievense* протягом 20-добового лабораторного експерименту із субстратом, що містить кадмій (а) і свинець (б): по осі абсцис – концентрація металу в трофічному субстраті (мкг/кг субстрату), по осі ординат – зміна маси тіла *M. kievense* (мг/добу);  $n = 6-9$  залежно від смертності, вказаної в табл. 3.7; різними буквами позначено вибірки, що достовірно відрізняються одна від одної за результатами тесту Тьюкі ( $P < 0,05$ )

Залізо не спричинило збільшення маси тіла, так само, як і свинець, і кадмій не вплинули на масу тіла багатоніжок. Аналогічні результати (Shulman et al., 2017) отримані під час аналізу трофічної активності личинок *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830: достовірних змін маси лялечок від мінімальних до концентрації  $10^{-3}$  мг/г не виявлено.

Дослідження Schmid et al. (1991, 1992) показали зменшення маси тіла імаго *Aiolopus thalassinus* (F.) за дії кадмію, вилуплення з яєць нових особин із ґрунту, насиченого свинцем і кадмієм, значно знижувалося. Кадмій у концентрації 10 мг/кг достовірно зменшував утворення коконів дощовими червами *Eisenia andrei* Bouche (Van Gestel et al., 1993).

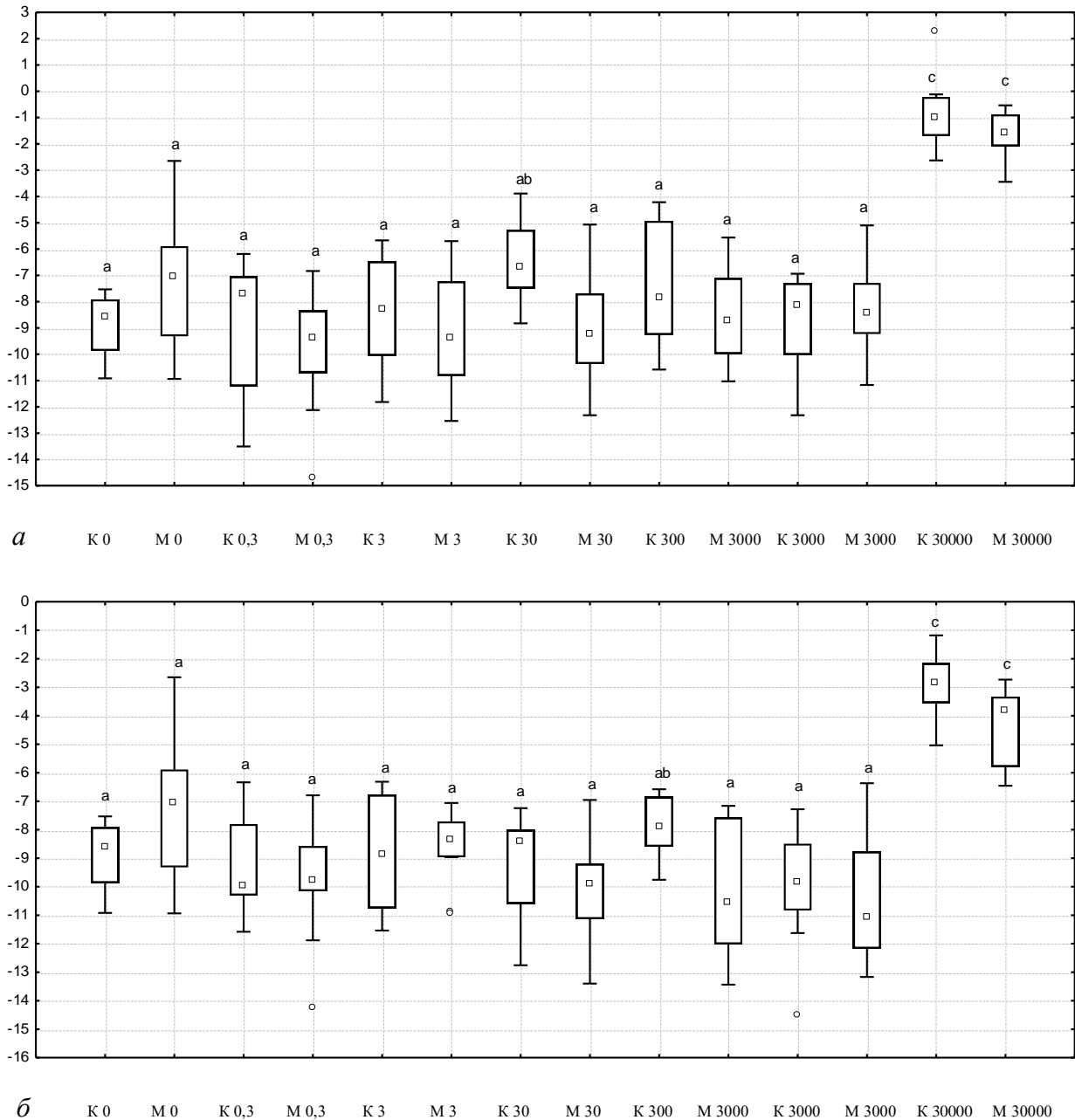


Рис. 3.3. Зміни маси трофічного субстрату зі вмістом кадмію (а) та свинцю (б) протягом 20-добового лабораторного експерименту: по осі абсцис – концентрація металу у трофічному субстраті (мкг/кг), по осі ординат – зміна маси підстилки (мг/добу); К – варіант дослід за відсутності *M. kievense* (n = 10), М – варіант дослід за присутності *M. kievense* (n = 6–9 залежно від смертності, вказаної у табл. 3.7); різними буквами вказано вибірки, що достовірно відрізняються одна від одної за результатами тесту Тьюкі ( $P < 0,05$ )

Дослідження Schmid et al. (1991, 1992) показали зменшення маси тіла імаго *Aiolopus thalassinus* (F.) за дії кадмію, вилуплення з яєць нових особин із ґрунту, насиченого свинцем і кадмієм, значно знижувалося. Кадмій у концентрації 10 мг/кг достовірно зменшував утворення коконів дощовими червами *Eisenia andrei* Bouche (Van Gestel et al., 1993). Змінюється маса тіла комах-сапрофагів та фітофагів: *Orchesella cincta* (L.) (Posthuma et al., 1992; Hensbergen et al., 2000), *Proisotoma minuta* Tullberg (Nursita et al., 2005), *Chironomus tentans* F. (Martinez et al., 2001, 2004), *Chironomus thummi* (Meigen) (Bisthoven et al., 1992), *Tanytarsus dissimilis* Johannsen (Anderson et al., 1980), *Locusta migratoria* (L.) (Martoja et al., 1983), *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) (Cervera et al., 2004), *Lymantria dispar* L. (Vlahovic et al., 2009; Mircic et al., 2010 2013), *Aglais urticae* (L.) (Lindqvist, 1994), *Drosophila melanogaster* Meigen (Maroni & Watson, 1985; Lauverjat et al., 1989).

Зміна маси підстилки за впливу і міді, і заліза (Brygadyrenko & Ivanyshin, 2014, 2015) за відсутності багатоніжок була недостовірною порівняно з контролем. Свинець і кадмій до концентрації 3 г/кг підстилки не викликали достовірних змін активності мікрофлори, яка розкладає опале листя. Вищі концентрації кадмію та свинцю достовірно інгібували і мікробіологічне, і зоогенне розкладання рослинних залишків.

#### Висновки за розділом

1. Під час зростання концентрації міді у трофічному субстраті темпи росту диплопод знижуються.
2. Кількість спожитого корму *M. kievense* не залежить від концентрації міді у ньому.
3. Диплоподи змінили фракційний склад підстилки: у результаті живлення *M. kievense* відбувся перерозподіл підстилки за фракційним складом, збільшилася фракція середньої величини (0,70–1,05 мм) у зв'язку з накопиченням екскрементів Julidae та фрагментів подрібненого листя.

4. За зростання концентрації *Fe* у кормі достовірно збільшується споживання підстилки особинами *M. kievense*.
5. Підвищення смертності та сповільнення росту багатоніжок виявлено лише за дії найвищої концентрації кадмію – близько 30 мг/кг підстилки.

*Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:*

- Kozak, V. M., & Brygadyrenko, V. V. (2018). Impact of cadmium and lead on *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) in a laboratory experiment. *Biosystems Diversity*, 26(2), 128–131. doi:10.15421/011820
- Brygadyrenko, V., & Ivanyshyn, V. (2015). Changes in the body mass of *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*, 61(9), 369–376. doi:10.17221/36/2015-jfs
- Бригадиренко, В. В., Иванышин, В. М. (2014). Влияние соли железа на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) и гранулометрический состав подстилки в лабораторном эксперименте. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 22(1), 83–87. doi.org/10.15421/011412
- Козак, В. М. (2020). Токсичний вплив кадмію на *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) північної частини степової зони Придніпров'я. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених*. (С. 54–55). Маріуполь: МДУ.
- Козак, В. М. (2020). Токсичний вплив свинцю на *Megaphyllum kievense*. *Екологія. Людина. Суспільство*. Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції. (С. 55–56). Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».
- Бригадиренко, В. В., Иванышин, В. М. (2014). Влияние меди на рост массы тела у *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). *Проблемы почвенной зоологии: Материалы XVII Всероссийского Совещания по почвенной зоологии*,

посвященного 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволуцкого под ред. Б. Р. Стригановой. (С. 105–106). Москва: Т-во научных изданий КМК.

Иванышин, В. М. (2014). Оценка токсического воздействия тяжелых металлов на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). *Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции Часть 14.* (С. 62–64). Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком».

Бригадиренко, В. В., Иванышин, В. М. (2014). Изменения массы тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) в условиях загрязнения экосистем солями железа. *Proceedings of the 1 st European Conference on Biology and Medical Sciences* (May 22, 2014). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. (P. 14–19). Vienna.

*Перелік посилань:*

Бобильов, Ю. П., Бригадиренко, В. В., Булахов, В. Л., Гайченко, В. А., Гассо, В. Я., Дідух, Я. П., Івашов, А. В., Кучерявий, В. П., Мальований, М. С., Мицик, Л. П., Пахомов, О. Є., Царик, Й. В., Шабанов, Д. А. (2014). *Екологія*. Харків: Фоліо.

Бригадиренко, В. В., Комаров, О. С. (2008). Трофічна структура підстилкової мезофауни: розподіл біомаси за трофічними рівнями. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 16(2), 12–23. doi:10.15421/010840

Сирова, Г. О., Макаров, В. О., Мішина, М. М., Авраменко, В. Л., Лапшин, В. В., Макаров, В. В. (2019). *Мідь – наномідь: хіміко-фармацевтичний аспект*. Харків: Планета-Принт.

Бригадиренко, В. В. (2004). Использование имитационного моделирования при изучении популяций *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 12(2), 15–22.



- Бригадиренко, В. В. (2006). Возможности использования напочвенных беспозвоночных для индикации градаций увлажнения эдафотопы в лесных экосистемах. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 14(1), 21–26. doi:10.15421/010604
- Войткевич, Г. В., Мирошников, А. Е., Поваренных, А. С., Прохоров, В. Г. (1970). *Краткий справочник по геохимии*. Москва: Недра.
- Кульбачко, Ю. Л., Гассо, В. Я. (2008). Накопление тяжелых металлов почвенными беспозвоночными различных функциональных групп в зоне действия марганцевой обогатительной фабрики. *Питання Біоіндикації та Екології*, 13(2), 121–130.
- Кульбачко, Ю. Л., Дидур, О. О. (2012). Трофические предпочтения двупарноногих многоножек (Diplopoda) при восстановлении территорий, нарушенных горнодобывающей промышленностью. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 20(2), 30–37. doi:10.15421/011225
- Мосинец, В. Н. (1981). *Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников*. Москва: Недра.
- Пашкевич, М. А. (2000). *Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный институт имени Г.В. Плеханова.
- Цветкова, Н. Н. (1992). Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Днепропетровск: Днепропетровский Государственный Университет.
- Цветкова, Н. Н., Кулик, А. Ф. (1996). Содержание и закономерности распределения марганца и железа в почвогрунтах естественных биогеоценозов среднего степного Приднепровья. *Вопросы Степного Лесоведения и Лесной Рекультивации Земель*. (С. 24–32). Днепропетровск: Днепропетровский Государственный Университет.
- Цветкова, Н. Н., Рева, А. А., Мисюра, А. Н. (2003). Влияние лесного биогеоценоза Присамарья на распределение меди и железа в органах и тканях

микромаммалій. *Вісник Дніпропетровського університету, біологія, екологія*, 11(2), 185–190.

- Anderson, R. L., Walbridge, C. T., & Fiandt, J. T. (1980). Survival and growth of *Tanytarsus dissimilis* (Chironomidae) exposed to copper, cadmium, zinc, and lead. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 9(3), 329–335. doi:10.1007/bf01057412
- Ashwini, K. M., & Sridhar, K. R. (2005). Leaf litter preference and conversion by a saprophagous tropical pill millipede, *Arthrosphaera magna* Attems. *Pedobiologia*, 49(4), 307–316. doi:10.1016/j.pedobi.2005.02.002
- Baker, G. H. (1980). The water and temperature relations of *Ommatoiulus moreleti* (Diplopoda: Julidae). *Journal of Zoology*, 190, 97–108.
- Boccardo, L., & Penteado, C. H. (1995). Locomotor and metabolic activities of *Gymnostreptus olivaceus* (Diplopoda, Spirostreptida) at different photoperiod conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 112(3–4), 611–617. doi:10.1016/0300-9629(95)02034-9
- Buch, A. C., Sisinnio, C., Correia, M., & Silva-Filho, E. V. (2018). Food preference and ecotoxicological tests with millipedes in litter contaminated with mercury. *The Science of the Total Environment*, 633, 1173–1182. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.280
- Byzov, B. A. (2006). Intestinal microbiota of millipedes. In: Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates. *Soil Biology*, 6, 89–114. doi:10.1007/3-540-28185-1\_4
- Byzov, B. A., Chernjakovskaya, T. F., Zenova, G. M., & Dobrovolskaya, T. G. (1996). Bacterial communities associated with soil diplopods. *Pedobiologia*, 40, 67–79.
- Carter, A. (1983). Cadmium, copper, and zinc in soil animals and their food in a red clover system. *Canadian Journal of Zoology*, 61(12), 2751–2757. doi:10.1139/z83-361

- Cervera, A., Maymo, A. C., Sendra, M., Martinez-Pardo, R., & Garcera, M. D. (2004). Cadmium effects on development and reproduction of *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae). *Journal of Insect Physiology*, 50(8), 737–749. doi:10.1016/j.jinsphys.2004.06.001
- Couteaux, M.-M., Aloui, A., & Kurz-Besson, C. (2002). *Pinus halepensis* litter decomposition in laboratory microcosms as influenced by temperature and a millipede, *Glomeris marginata*. *Applied Soil Ecology*, 20(2), 85–96. doi:10.1016/s0929-1393(02)00013-6
- Dallinger, R. (1993). Strategies of metal detoxification in terrestrial invertebrates. In: Dallinger, R., Rainbow, P.S. (eds.), *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Lewis Publishers, Boca Raton. Pp. 245–289.
- Dangerfield, J. M. (1993). Ingestion of mineral soil-litter mixtures and faecal pellet production in the southern African millipede *Alloporus uncinatus* (Attems). *Pedobiologia*, 37, 159–166.
- Dangerfield, J. M., & Milner, A. E. (1993). Ingestion and assimilation of leaf litter in some tropical millipedes. *Journal of Zoology*, 229(4), 683–693. doi:10.1111/j.1469-7998.1993.tb02664.x
- De Bisthoven, L. G. J., Timmermans, K. R., & Ollevier, F. (1992). The concentration of cadmium, lead, copper and zinc in *Chironomus* gr. *thummi* larvae (Diptera, Chironomidae) with deformed versus normal menta. *Hydrobiologia*, 239(3), 141–149. doi:10.1007/bf00007671
- Devi, D. S., & Prabhoo, N. R. (1990). Studies on food and feeding habits, food preference and feeding mechanism in the millipede *Jonespeltis splendidus* Verhoeff in captivity. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 10, 48–56.
- Eijsackers, H., Beneke, P., Maboeta, M., Louw, J. P. E., & Reinecke, A. J. (2005). The implications of copper fungicide usage in vineyards for earthworm activity and resulting sustainable soil quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62(1), 99–111. doi:10.1016/j.ecoenv.2005.02.017

- Gere, G. (1956). Examination of the feeding biology and humification function of Diplopoda and Isopoda. *Acta Biologica Hungarica*, 6, 257–271.
- Heikens, A., Peijnenburg, W. J. G., & Hendriks, A. (2001). Bioaccumulation of heavy metals in terrestrial invertebrates. *Environmental Pollution*, 113(3), 385–393. doi:10.1016/s0269-7491(00)00179-2
- Hensbergen, P. J., Van Velzen, M. J. M., Adi Nugroho, R., Donker, M. H., & Van Straalen, N. M. (2000). Metallothionein-bound cadmium in the gut of the insect *Orchesella cincta* (Collembola) in relation to dietary cadmium exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 125(1), 17–24. doi:10.1016/s0742-8413(99)00087-0
- Hopkin, S. P. (1990). Critical concentrations, pathways of detoxification and cellular ecotoxicology of metals in terrestrial arthropods. *Functional Ecology*, 4(3), 321–327. doi:10.2307/2389593
- Hopkin, S. P., & Martin, M. H. (1982). The distribution of zinc, cadmium, lead and copper within the hepatopancreas of a woodlouse. *Tissue and Cell*, 14, 703–715.
- Hopkin, S. P., & Read, H. J. (1992). *The biology of millipedes*. New York: Oxford University Press.
- Kaneko, N. (1999). Effect of millipede *Parafontaria tonominea* Attems (Diplopoda: Xystodesmidae) adults on soil biological activities: A microcosm experiment. *Ecological Research*, 14(3), 271–279. doi:10.1046/j.1440-1703.1999.143302.x
- Karavanova, E. I., Belyanina, L. A., Shapiro, A. D., & Stepanov, A. A. (2006). Effect of litters on the mobility of zinc, copper, manganese, and iron in the upper horizons of podzolic soils. *Eurasian Soil Sci*, 39(1), 35–43.
- Kheirallah, A. (1990). Fragmentation of leaf litter by a natural population of the millipede *Julus scandinavicus* (Latzel, 1884). *Biology and Fertility of Soils*, 10, 202–206.
- Köhler, H.-R., & Alberti, G. (1992). The effect of heavy metal stress on the intestine of diplopods. *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck, Suplementa*, 10, 257–267.

- Köhler, H.-R., Alberti, G., & Storch, V. (1991). The influence of the mandibles of Diplopoda on the food – a dependence of fine structure and assimilation efficiency. *Pedobiologia*, 35, 108–116.
- Köhler, H.-R., Hiittenrauch, K., Berkus, M., Gräff, S., & Alberti, G. (1996). Cellular hepatopancreatic reactions in *Porcellio scaber* (Isopoda) as biomarkers for the evaluation of heavy metal toxicity in soils. *Applied Soil Ecology*, 3(1), 1–15. doi:10.1016/0929-1393(95)00073-9
- Köhler, H.-R., Körtje, K.-H., & Alberti, G. (1995). Content, absorption quantities and intracellular storage sites of heavy metals in Diplopoda (Arthropoda). *Biometals*, 8(1), 37–46 doi:10.1007/bf00156156
- Köhler, H.-R., Storch, V., & Alberti, G. (1992). The impact of lead on the assimilation efficiency of laboratory-held Diplopoda (Arthropoda) preconditioned in different environmental situations. *Oecologia*, 90(1), 113–119. doi:10.1007/bf00317816
- Kondeva, E. A. (1980). Feeding activity of the millipede *Pachyiulus flavipes* (C. L. Koch 1847) (Diplopoda, Pachyiulidae) and its role in the decomposition of leaf litter. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences (Biol. Sci.)*, 254, 445–447.
- Koukoura, Z., Mamolos, A., & Kalburtji, K. (2003). Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland. *Applied Soil Ecology*, 23(1), 13–23. doi:10.1016/s0929-1393(03)00006-4
- Lagisz, M. (2008). Changes in morphology of the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera; Carabidae) from vicinities of a zinc-and-lead smelter. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(8), 1744–1747. doi:10.1897/07-661.1
- Lauverjat, S., Ballan-Dufrançais, C., & Wegnez, M. (1989). Detoxification of cadmium Ultrastructural study and electron-probe microanalysis of the midgut in a cadmium-resistant strain of *Drosophila melanogaster*. *Biology of Metals*, 2(2), 97–107. doi:10.1007/bf01129208

- Lindqvist, L. (1994). Metal uptake and accumulation during growth of *Aglais urticae* (Lepidoptera: Nymphalidae) larvae. *Environmental Entomology*, 23, 975–978.
- Lindqvist, L., Block, M., Tjalve, H. (1995). Distribution and excretion of Cd, Hg, methyl-Hg and Zn in the predatory beetle *Pterostichus niger* (Coleoptera, Carabidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14, 1195–1201.
- Maraun, M., Martens, H., Migge, S., Theenhaus, A., & Scheu, S. (2003). Adding to “the enigma of soil animal diversity”: Fungal feeders and saprophagous soil invertebrates prefer similar food substrates. *European Journal of Soil Biology*, 39(2), 85–95. doi:10.1016/s1164-5563(03)00006-2
- Márialigeti, K., Contreras, E., Barabás, G., Heydrich, M., & Szabó, I.M. (1985). True intestinal actinomycetes of millipedes (Diplopoda). *Journal of Invertebrate Pathology*, 45, 120–121.
- Maroni, G., & Watson, D. (1985). Uptake and binding of cadmium, copper and zinc by *Drosophila melanogaster* larvae. *Insect Biochemistry*, 15(1), 55–63. doi:10.1016/0020-1790(85)90044-7
- Martinez, E. A., Moore, B. C., Schaumloffel, J., & Dasgupta, N. (2004). Effects of exposure to a combination of zinc- and lead-spiked sediments on mouthpart development and growth in *Chironomus tentans*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(3), 662. doi:10.1897/02-512
- Martinez, E. A., Moore, B. C., Schaumloffel, J., Dasgupta, N. (2001). Induction of morphological deformities in *Chironomus tentans* exposed to zinc- and lead-spiked sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 2475–2481. doi:org/10.1002/etc.5620201112
- Martoja, R., Bouquegneau, J. M., & Verthe, C. (1983). Toxicological effects and storage of cadmium and mercury in an insect *Locusta migratoria* (Orthoptera). *Journal of Invertebrate Pathology*, 42(1), 17–32. doi:10.1016/0022-2011(83)90198-2
- Maryanski, M., Kramarz, P., Laskowski, R., & Niklinska, M. (2002). Decreased energetic reserves, morphological changes and accumulation of metals in carabid

- beetles (*Poecilus cupreus* L.) exposed to zinc- or cadmium-contaminated food. *Ecotoxicology*, 11(2), 127–139. doi:10.1023/a:1014425113481
- McCay, T. S., Cardelus, C. L., & Neatrour, M. A. (2013). Rate of litter decay and litter macroinvertebrates in limed and unlimed forests of the Adirondack Mountains, USA. *Forest Ecology and Management*, 304, 254–260. doi:10.1016/j.foreco.2013.05.010
- Mircic, D., Blagojevic, D., Perić-Mataruga, V., Ilijin, L., Mrdakovic, M., Vlahovic, M., & Lazarevic, J. (2013). Cadmium effects on the fitness-related traits and antioxidative defense of *Lymantria dispar* L. larvae. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 209–218. doi:10.1007/s11356-012-1057-z
- Mircic, D., Jankovic-Tomanic, M., Nenadovic, V., Franeta, F., & Lazarevic, J. (2010). The effects of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. *Arhiv za Bioloske Nauke*, 62(4), 1013–1020. doi:10.2298/abs1004013m
- Morgan, A. J., Morris, B., James, N., Morgan, J. E., & Leyshon, K. (1986). Heavy metals in terrestrial macroinvertebrates: Species differences within and between trophic levels. *Chemistry and Ecology*, 2(4), 319–334. doi:10.1080/02757548608080737
- Nursita, A. I., Singh, B., & Lees, E. (2005). The effects of cadmium, copper, lead, and zinc on the growth and reproduction of *Proisotoma minuta* Tullberg (Collembola). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 306–314. doi:10.1016/j.ecoenv.2004.05.001
- Pedersen, S. A., Kristiansen, E., Andersen, R. A., & Zachariassen, K. E. (2007). Isolation and preliminary characterization of a Cd-binding protein from *Tenebrio molitor* (Coleoptera). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 145(3), 457–463. doi:10.1016/j.cbpc.2007.02.003
- Pedersen, S. A., Kristiansen, E., Andersen, R. A., & Zachariassen, K. E. (2008). Cadmium is deposited in the gut content of larvae of the beetle *Tenebrio molitor* and involves a Cd-binding protein of the low cysteine type. *Comparative*

- Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 148(3), 217–222. doi:10.1016/j.cbpc.2008.05.013
- Posthuma, L., Hogervorst, R. F., & Van Straalen, N. M. (1992). Adaptation to soil pollution by cadmium excretion in natural populations of *Orchesella cincta* (L.) (Collembola). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 22(1), 146–156. doi:10.1007/bf00213314
- Roy, S. N., & Joy, V. C. (2009). Dietary effects of non-nutrients in the leaf litter of forest trees on assimilation, growth and tissue composition of the detritivorous soil arthropod *Anoplodesmus saussurei* (Humb.) (Polydesmida: Diplopoda). *Applied Soil Ecology*, 43(1), 53–60. doi:10.1016/j.apsoil.2009.06.009
- Sant'Ana, M. G., Moraes, R., & Bernardi, M. M. (2005). Toxicity of cadmium in Japanese quail: Evaluation of body weight, hepatic and renal function, and cellular immune response. *Environmental Research*, 99(2), 273–277. doi:10.1016/j.envres.2005.06.003
- Schmidt, G. H., Ibrahim, N. M. M., & Abdallah, M. D. (1991). Toxicological studies on the long-term effects of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in soil on the development of *Aiolopus thalassinus* (Fabr.) (Saltatoria: Acrididae). *Science of The Total Environment*, 107, 109–133. doi:10.1016/0048-9697(91)90254-c
- Schmidt, G., Ibrahim, N. M., & Abdallah, M. (1992). Long-term effects of heavy metals in food on developmental stages of *Aiolopus thalassinus* (Saltatoria: Acrididae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 23(3), 375–382. doi:10.1007/bf00216248
- Shulman, M. V., Pakhomov, O. Y., & Brygadyrenko, V. V. (2017). Effect of lead and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes in *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). *Folia Oecologica*, 44(1), 28–37. doi:10.1515/foecol-2017-0004
- Souza, S. T., Christofolletti, C. A., Bozzatto, V., & Fontanetti, C. S. (2014). The use of diplopods in soil ecotoxicology – A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 103, 68–73. doi:10.1016/j.ecoenv.2013.10.025



- Spehar, R. L., Anderson, R. L., & Fiandt, J. T. (1978). Toxicity and bioaccumulation of cadmium and lead in aquatic invertebrates. *Environmental Pollution*, 15(3), 195–208. doi:10.1016/0013-9327(78)90065-4
- Striganova, B. R. (1972). Effect of temperature on the feeding activity of *Sarmatiulus kessleri* (Diplopoda). *Oikos*, 23(2), 197. doi:10.2307/3543405
- Striganova, B. R., & Prishutova, Z. G. (1990). Food requirements of diplopods in the dry steppe subzone of the USSR. *Pedobiologia*, (34), 37–41.
- Svidén, J., Hedbrant, J., Lohm, U., & Tarr, J. (2001). Copper emissions from fuel combustion, consumption and industry in two urban areas 1900–1980. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 1, 167–177.
- Valko, M., Morris, H., & Cronin, M. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current Medicinal Chemistry*, 12(10), 1161–1208. doi:10.2174/0929867053764635
- Van Gestel, C. A. M., Dirven-van Breemen, E. M., & Baerselman, R. (1993). Accumulation and elimination of cadmium, chromium and zinc and effects on growth and reproduction in *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Annelida). *Science of the Total Environment*, 134, 585–597. doi:10.1016/s0048-9697(05)80061-0
- Vlahovic, M., Lazarevic, J., Peric-Mataruga, V., Ilijin, L., & Mrdakovic, M. (2009). Plastic responses of larval mass and alkaline phosphatase to cadmium in the gypsy moth larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(4), 1148–1155. doi:10.1016/j.ecoenv.2008.03.012
- Vlahovic, M., Peric Mataruga, V., Ilijin, L., Mrdakovic, M., Mirčić, D., Todorovic, D., & Lazarević, J. (2012). Changes in activity of non-specific esterases in cadmium treated *Lymantria dispar* larvae. *Ecotoxicology*, 21(2), 370–378. doi:10.1007/s10646-011-0798-7
- Wang, J., Ren, T., Han, Y., Zhao, Y., Liao, M., Wang, F., & Jiang, Z. (2015). The effects of dietary lead on growth, bioaccumulation and antioxidant capacity in sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40(2), 535–540. doi:10.1016/j.etap.2015.08.012

- Wooten, R. C., & Crawford, C. S. (1975). Food, ingestion rates, and assimilation in the desert millipede *Orthoporus ornatus* (Girard) (Diplopoda). *Oecologia*, 20(3), 231–236. doi:10.1007/bf00347475
- Zenova, G. M., Babkina, N. I., Polyanskaya, L. M., & Zvyagintsev, D. G. (1996). Actinomycetes in the intestinal tract of soil invertebrates fed with vermicompost or litter. *Microbiology (Mikrobiologiya)*, 65, 360–365.
- Zygmunt, P. M., Maryanski, M., & Laskowski, R. (2006). Body mass and caloric value of the ground beetle (*Pterostichus oblongopunctatus*) (Coleoptera, Carabidae) along a gradient of heavy metal pollution. *Environmental Toxicology and Chemistry*, (25) 2709–2714.

## РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ГЕРБИЦИДІВ РАУНДАП І УРАГАН ФОРТЕ НА БАГАТОНІЖКУ *R. KESSLERI*

### 4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність гліфосату

Гліфосат – найпоширеніший гербіцид у світі, особливо в країнах, де сільське господарство відіграє провідну роль (Gangadhar et al., 2020). Тільки за останнє десятиліття у світі його застосовано 6,1 млн тонн (Arcuri, 2018). Найвідоміший препарат з умістом гліфосату – засіб для боротьби з однорічними та багаторічними рудеральними рослинами – Roundup, який запатентувала компанія Monsanto в 1970 році. Ця компанія стверджує, що гліфосат «практично нетоксичний» (Bai & Ogbourne, 2016). Проте все більше досліджень вказують на ризики для здоров'я, пов'язані як із Раундапом, так і з препаратами на основі гліфосату. Міжнародне агентство з досліджень раку (IARC) у 2017 році назвало гліфосат «ймовірно канцерогенним» для людини. У 2018 році компанія Bayer отримала право власності на виробництво Раундапу. Відомий препарат компанії Syngenta AG створений на основі калійної солі гліфосату – Ураган Форте. За даними цієї компанії ([www.syngenta.com](http://www.syngenta.com)), калійна сіль гліфосату слабкотоксична для бджіл.

Гліфосат не шкодить рослинам та не має сільськогосподарсько значущого впливу на ґрунтову мікробіоту. Порівняно з іншими альтернативними синтетичними гербіцидами він має менший коефіцієнт впливу на довкілля (Duke, 2020). Дощові черви *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Opisthopora, Lumbricidae) переносять високі концентрації гліфосату без фізіологічних змін (Lescano et al., 2020). Проте дослідження останніх років ставлять під сумнів безпечність цього препарату (Vandenberg et al., 2017).

Koller et al. (2012) виявили генотоксичний вплив гліфосату на ДНК людини у разі надходження препарату в дихальні шляхи. Навпаки, L. D. Kier

і D. J. Kirkland (2013) вказують на незначну генотоксичну активність гліфосату в нормальних умовах стосовно людини чи навколишнього середовища. Гліфосат токсичний для водних безхребетних: комплекси гліфосат-Cu (II) зменшують (Hansen & Roslev, 2016) швидкість плавання та збільшують неактивний час *Daphnia magna* Straus, 1820. Гліфосат спричиняє розвиток глікемії у дорослих самок *Neohelice granulata* (Dana, 1851) (Decapoda, Varunidae) (Canosa et al, 2018). Tarouco et al. (2017) вказують на токсичний вплив препарату Раундап на поліхету *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Anelida, Polychaeta), значне зниження активних форм кисню та зменшення антиоксидантної здатності щодо пероксидних радикалів. Раундап також впливає на холінергічну систему цього виду поліхет.

Результати досліджень Battisti et al. (2021) свідчать про токсичну дію препарату на аснві гліфосату стосовно *Apis mellifera*. Розвиток, поведінка та виживання комах цього виду (Almasri et al., 2020; Almasri et al., 2021) змінюються за дії цього препарату. Vázquez et al. (2018) виявили зменшення маси тіла та затримку линяння у більшості вирощених *in vitro* личинок *A.mellifera*, які живились кормом зі вмістом гліфосату (1,25–5,0 мг/л корму). Цей препарат зменшує абсолютну та відносну чисельність видів мікробіоти, які домінують у кишечнику медоносної бджоли (Motta et al., 2018).

Концентрація гліфосату 10 мг/л (що становить 0,500 мкг на особину) змінює траєкторію та час польоту медоносних бджіл із поля до вуликів (Balbuena et al., 2015). Споживання особинами *A.mellifera* цукрового розчину зі вмістом 50 нг гліфосату спричиняє порушення сну та метаболізму у бджіл цього виду (Vázquez et al., 2020). Seide et al. (2018) констатували загибель личинок бджіл *Melipona quadrifasciata* le Peletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae) за дії гліфосату.

Цей препарат пригнічує вироблення меланіну, впливає на виживання гусениць *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Pyralidae) та комарів *Anopheles gambiae* Giles 1902 (Diptera, Culicidae) (Smith et al., 2021). M. Kanabar

et al. (2021) свідчать про зниження на 32 %, потенціалу дії вентрального нервового канатика, збільшення частота дихання на 29 % і зменшення часу, проведеного на моторизованому колесі на 74,4 % мадагаскарського таракана *Gromphadorhina portentosa* (Schaum, 1853) (Blattodea, Blaberidae) за дії гліфосату (30,6 мг). Концентрація гліфосату 2,8 мг/мл зменшує тривалість життя самців *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera, Drosophilidae), кількість лялечок та імаго у нащадках цих мух від природної популяції та лабораторного штаму Oregon-R (Galin et al., 2019).

Дія препарату Roundup® спричиняє недостатню експресію генів супер-оксиддисмутази, селензалежної глутатіонпероксидази, каталази, тіоредоксин, глутатіон-S-трансферази та білків (hsp70 і hsp90) у гепатопанкреасі самців *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae), що свідчить про окиснювальний стрес у цих креветок (Melo et al., 2020). Концентрації гліфосату, що зустрічаються у більшості водних екосистем, згубно впливають на виживання дорослих особин *Danio rerio* (F. Hamilton, 1822). У мозку цих риб зменшуються запаси глутатіону та одночасно значно збільшується активність супероксиддисмутази та каталази (Faria et al., 2021). Технічний гліфосат і рецептура Roundup Classic® зменшують очі, головний мозок риб і, навіть, зумовлюють втрату шлуночків мозку *D. rerio* (Roy et al., 2016).

Gao et al. (2021) установили, що високі та низькі концентрації гербіциду Гліфосат істотно не впливають на тривалість розвитку, швидкість заляльковування та появу *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae). Цей гербіцид зменшує масу тіла жуків *H. Axyridis* (Gao et al., 2021). Результати польових та лабораторних дослідів показали, що гліфосат викликає помірну токсичність та високу дратівливість у *Cerotoma arcuata* Olivier, 1791 (Coleoptera, Chrysomelidae) (Pereira et al., 2018). Висока концентрація (100 % Roundup Біо, 360 г/л) підвищує рівень гідропероксиду ліпідів через 2 години впливу та зменшує виживання личинок *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera, Chrysomelidae) (Rainio et al., 2019).

Отже, токсична дія гліфосату на членистоногих вивчена фрагментарно. Дані стосовно дії цього препарату на організм багатоніжок у світовій літературі відсутні.

#### **4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Раундап на *R. kessleri***

За впливу препарату Раундап *R. kessleri* достовірно збільшує споживання корму (рис. 4.1а) у трьох варіантах експерименту з максимальним дозуванням гербіциду ( $2,8 \cdot 10^{-1}$ ,  $2,8 \cdot 10^{-2}$  і  $2,8 \cdot 10^{-3}$  мг ізопропіламінова сіль гліфосату/г підстилки). Це неочікуваний результат, оскільки вірогідним було протилежне явище: гальмування споживання їжі за впливу пестициду Раундап. Для інших варіантів експерименту медіана кількості спожитого корму коливалася в межах 9–15 мг/добу. Достовірних змін маси тіла за впливу Раундапу у *R. kessleri* не спостерігалось (рис. 4.1б). Медіана збільшення маси тіла *R. kessleri* для всіх варіантів досліду коливалася на рівні 0,1–0,6 мг/добу. Швидкість утворення екскрементів (рис. 4.1в) зростала у двох варіантах досліду з максимальною концентрацією пестициду ( $2,8 \cdot 10^{-2}$  і  $2,8 \cdot 10^{-3}$  мг ізопропіламінової солі гліфосату/г підстилки). В інших варіантах досліду медіана темпів утворення екскрементів коливалася в межах 9–13 мг/добу.

#### **4.3. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Ураган Форте на *R. kessleri***

Калійна сіль гліфосату в концентрації  $3 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки достовірно посилює споживання корму багатоніжками (рис. 4.2а). Для концентрації пестициду  $3 \cdot 10^{-1}$ ,  $3 \cdot 10^{-2}$  мг/г відмінності недостовірні як із варіантом експерименту без *R. kessleri*, так і з варіантом досліду без внесення цього гербіциду у підстилку. Маса тіла багатоніжок у всіх варіантах внесення препарату Ураган Форте достовірно не міняється (рис. 4.2б). Як і у варіанті з Раундапом, за дії препарату Ураган Форте (рис. 4.2в) виявлено тенденцію до збільшення

темнів утворення екскрементів, найбільше виражену за максимальної дослідженої концентрації цього пестициду ( $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г).

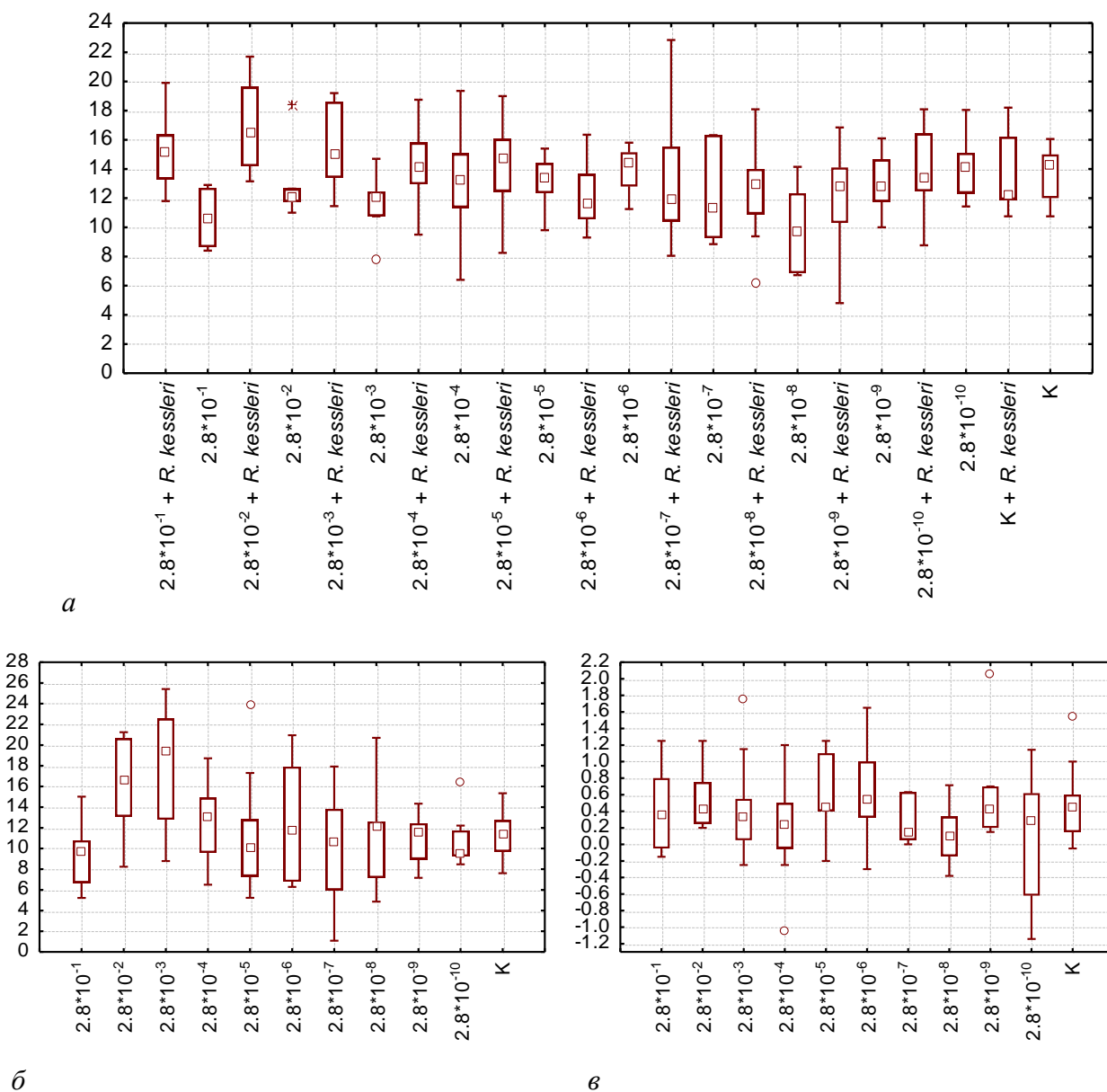
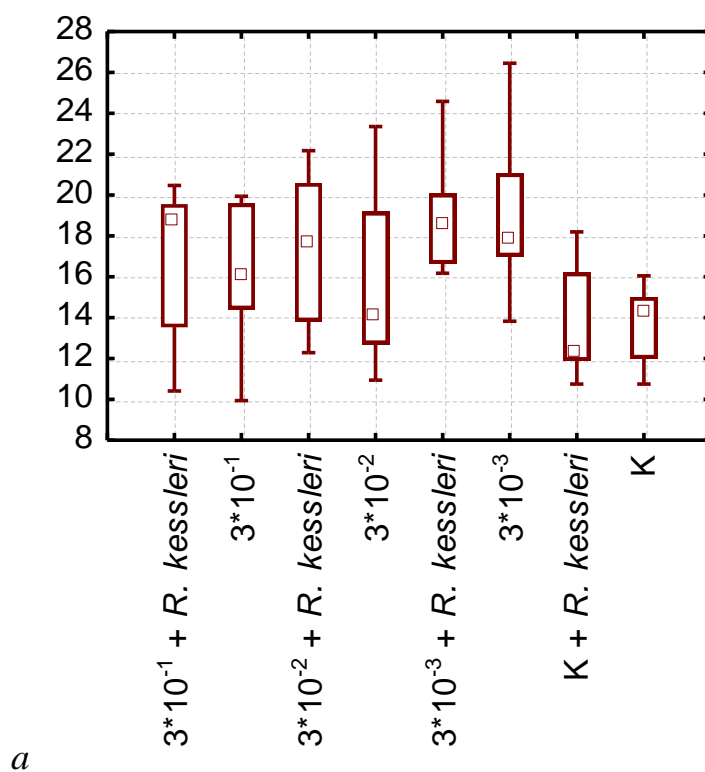
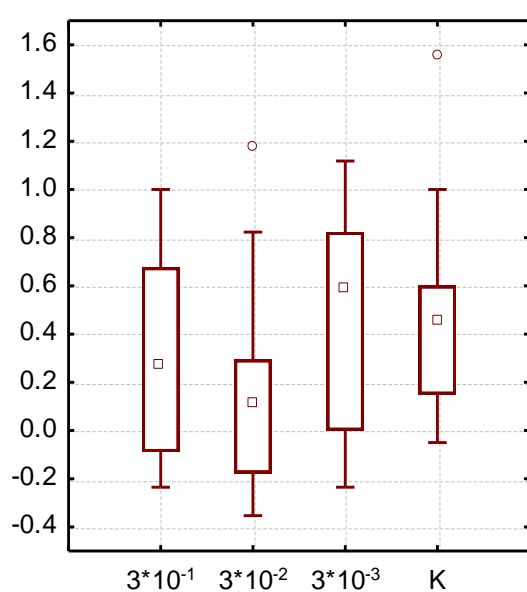


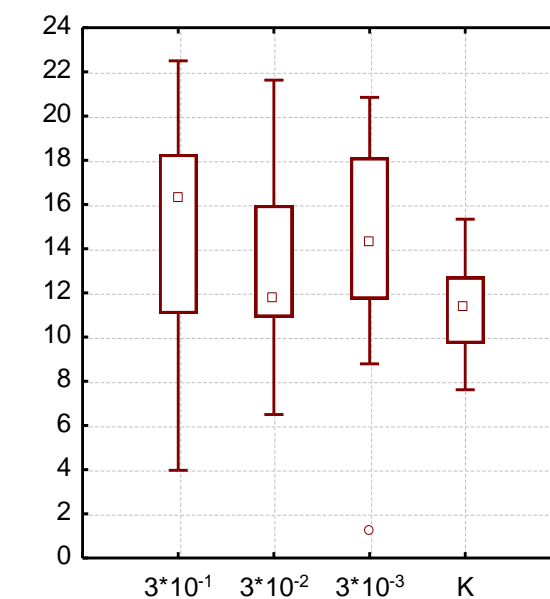
Рис. 4.1. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Раундап: по осі абсцис – концентрація діючої речовини Раундап (ізопропіламінова сіль гліфосату, мг/г підстилки), К – контроль (без дії Раундапу); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10



a



б



в

Рис. 4.2. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Ураган Форте: по осі абсцис – концентрація діючої речовини Ураган Форте (калійна сіль гліфосату, мг/г підстилки), К – контроль (без дії Ураган Форте); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$



### Висновки за розділом

1. Незважаючи на гербіцидну дію препаратів зі вмістом гліфосату на бур'яни, вони токсично впливають на нецільові організми: комах, жуків, тарганів, водних безхребетних, тощо. Дані щодо впливу цих двох гербіцидів досліджених у дисертаційній роботі на двопарноногих багатоніжок у світовій літературі не виявлено.
2. Максимальні концентрації  $2,8 \cdot 10^{-1}$ ,  $2,8 \cdot 10^{-2}$  і  $2,8 \cdot 10^{-3}$  мг ізопропіламінова сіль гліфосату/г підстилки пришвидшують процес живлення багатоніжок *R. kessleri*. Зростає інтенсивність дефекації диплопод за дії двох концентрацій ( $2,8 \cdot 10^{-2}$  і  $2,8 \cdot 10^{-3}$  мг ізопропіламінової солі гліфосату/г підстилки).
3. Мінімальна концентрація гербіциду Ураган Форте  $3 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки збільшує темпи споживання кормового субстрату диплоподами. Інтенсивність утворення екскрементів збільшується і найкраще виражена за концентрації  $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки.

### Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:

- Kozak, V. M., & Brygadyrenko, V. V. (2018). Impact of cadmium and lead on *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) in a laboratory experiment. *Biosystems Diversity*, 26(2), 128–131. doi:10.15421/011820
- Козак, В. М. (2020). Оцінка впливу гербіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного. експерименту. *Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. (С. 6–7). Львів: Львівський науковий форум.

### Перелік посилань:

- Almasri, H., Tavares, D. A., Pioz, M., Sené, D., Tchamitchian, S., Cousin, M., Brunet, J. L., & Belzunces, L. P. (2020). Mixtures of an insecticide, a fungicide and a herbicide induce high toxicities and systemic physiological disturbances in winter *Apis mellifera* honey bees. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 203, 111013. doi:10.1016/j.ecoenv.2020.111013

- Almasri, H., Tavares, D. A., Tchamitchian, S., Péliissier, M., Sené, D., Cousin, M., Brunet, J. L., & Belzunces, L. P. (2021). Toxicological status changes the susceptibility of the honey bee *Apis mellifera* to a single fungicidal spray application. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(31), 42807–42820. doi:10.1007/s11356-021-13747-3
- Arcuri, A. (2018). Glyphosate. *International Law's Objects*, 234–246. doi:10.1093/oso/9780198798200.003.0020
- Bai, S. H., & Ogbourne, S. M. (2016). Glyphosate: Environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(19), 18988–19001. doi:10.1007/s11356-016-7425-3
- Balbuena, M. S., Tison, L., Hahn, M. L., Greggers, U., Menzel, R., & Farina, W. M. (2015). Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *The Journal of Experimental Biology*, 218(17), 2799–2805. doi:10.1242/jeb.117291
- Battisti, L., Potrich, M., Sampaio, A. R., de Castilhos Ghisi, N., Costa-Maia, F. M., Abati, R., Dos Reis Martinez, C. B., & Sofia, S. H. (2021). Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review. *The Science of the total Environment*, 767, 145397. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145397
- Canosa, I. S., Silveyra, G. R., Avigliano, L. Medesani, D. A., & Rodríguez, E. M. (2018). Ovarian growth impairment after chronic exposure to Roundup Ultramax® in the estuarine crab *Neohelice granulata*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1568–1575. doi:10.1007/s11356-017-0581-2
- Duke, S. O. (2020). Glyphosate: Environmental fate and impact. *Weed Science*, 68(3), 201–207. doi:10.1017/wsc.2019.28
- Faria, M., Prats, E., Rosas Ramirez, J. R., Bellot, M., Bedrossiantz, J., Pagano, M., & Raldua, D. (2021). Androgenic activation, impairment of the monoaminergic system and altered behavior in zebrafish larvae exposed to environmental concentrations of fenitrothion. *Science of the Total Environment*, 775, 145671. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145671

- Galín, R. R., Akhtyamova, I. F., & Pastukhova, E. I. (2019). Effect of herbicide Glyphosate on *Drosophila melanogaster* fertility and lifespan. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 167(5), 663–666. doi:10.1007/s10517-019-04594-x
- Gangadhar, B., Naidu, G. R., & Reddy, N. B. (2020). Toxic effects of glyphosate on environment and human health. In: G. V. Zyryanov, S. Santra, & L. K. Sadieva (Eds.), *Modern synthetic methodologies for creating drugs and functional materials, MOSM 2019: Proceedings of the III International Conference. American Institute of Physics Inc.: Maryland*, article 19170 doi:10.1063/5.0019170
- Gao, X., Hu, F., Zhang, S., Luo, J., Zhu, X., Wang, L., Zhang, K., Li, D., Ji, J., Niu, L., Wu, C., & Cui, J. (2021). Glyphosate exposure disturbs the bacterial endosymbiont community and reduces body weight of the predatory ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *The Science of the Total Environment*, 790, 147847. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147847
- Hansen, L. R., & Roslev, P. (2016). Behavioral responses of juvenile *Daphnia magna* after exposure to glyphosate and glyphosate-copper complexes. *Aquatic Toxicology*, 179, 36–43. doi:10.1016/j.aquatox.2016.08.010
- Kanabar, M., Bauer, S., Ezedum, Z. M., Dwyer, I. P., Moore, W. S., Rodriguez, G., Mall, A., Littleton, A. T., Yudell, M., Kanabar, J., Tucker, W. J., Daniels, E. R., Iqbal, M., Khan, H., Mirza, A., Yu, J. C., O'Neal, M., Volkenborn, N., & Pochron, S. T. (2021). Roundup negatively impacts the behavior and nerve function of the Madagascar hissing cockroach (*Gromphadorhina portentosa*). *Environmental Science and Pollution Research International*. doi:10.1007/s11356-021-13021-6
- Kier, L. D., & Kirkland, D. J. (2013). Review of genotoxicity studies of glyphosate and glyphosate-based formulations. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(4), 283–315. doi:10.3109/10408444.2013.770820
- Koller, V. J., Fürhacker, M., Nersesyan, A., Mišík, M., Eisenbauer, M., & Knasmueller, S. (2012). Cytotoxic and DNA-damaging properties of glyphosate

- and Roundup in human-derived buccal epithelial cells. *Archives of Toxicology*, 86(5), 805–813. doi:10.1007/s00204-012-0804-8
- Lescano, M. R., Masin, C. E., Rodríguez, A. R., Godoy, J. L., & Zalazar, C. S. (2020). Earthworms to improve glyphosate degradation in biobeds. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 27023–27031. doi:10.1007/s11356-020-09002-w
- Melo, M. S., Nazari, E. M., Müller, Y., & Gismondi, E. (2020). Modulation of antioxidant gene expressions by Roundup® exposure in the decapod *Macrobrachium potiuna*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110086. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.110086
- Motta, E. V. S., Raymann, K., & Moran, N. A. (2018). Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(41), 10305–10310. doi:10.1073/pnas.1803880115
- Pereira, J. L., Galdino, T., Silva, G., Picanço, M. C., Silva, A. A., Corrêa, A. S., & Martins, J. C. (2018). Effects of glyphosate on the non-target leaf beetle *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in field and laboratory conditions. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 53(7), 447–453. doi:10.1080/03601234.2018.1455363
- Rainio, M. J., Margus, A., Lehmann, P., Helander, M., & Lindström, L. (2019). Effects of a glyphosate-based herbicide on survival and oxidative status of a non-target herbivore, the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology: CBP*, 215, 47–55. doi:10.1016/j.cbpc.2018.09.005
- Roy, N. M., Carneiro, B., & Ochs, J. (2016). Glyphosate induces neurotoxicity in zebrafish. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 42, 45–54. doi:10.1016/j.etap.2016.01.003
- Seide, V. E., Bernardes, R. C., Pereira, E., & Lima, M. (2018). Glyphosate is lethal and Cry toxins alter the development of the stingless bee *Melipona quadrifasciata*. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 243(Pt B), 1854–1860. doi:10.1016/j.envpol.2018.10.020

- Smith, D., Camacho, E., Thakur, R., Barron, A. J., Dong, Y., Dimopoulos, G., Broderick, N. A., & Casadevall, A. (2021). Glyphosate inhibits melanization and increases susceptibility to infection in insects. *PLoS Biology*, 19(5), e3001182. doi:10.1371/journal.pbio.3001182
- Tarouco, F., Godoi, F. G. A., Velasques, R. R., da Silveira Guerreiro, A., Geihs, M. A., & da Rosa, C. E. (2017). Effects of the herbicide Roundup on the polychaeta *Laeonereis acuta*: Cholinesterases and oxidative stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 135, 259–266. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.10.014
- Vandenberg, L. N., Blumberg, B., Antoniou, M. N., Benbrook, C. M., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L. G., Hansen, M., Landrigan, P. J., Lanphear, B. P., Mesnage, R., vom Saal, F. S., Welshons, W. V., & Myers, J. P. (2017). Is it time to reassess current safety standards for glyphosate-based herbicides? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 71(6), 613–618. doi:10.1136/jech-2016-208463
- Vázquez, D. E., Balbuena, M. S., Chaves, F., Gora, J., Menzel, R., & Farina, W. M. (2020). Sleep in honey bees is affected by the herbicide glyphosate. *Scientific Reports*, 10(1), 10516. doi:10.1038/s41598-020-67477-6
- Vázquez, D. E., Ilina, N., Pagano, E. A., Zavala, J. A., & Farina, W. M. (2018). Glyphosate affects the larval development of honey bees depending on the susceptibility of colonies. *PloS One*, 13(10), e0205074. doi:10.1371/journal.pone.0205074

## РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ ІНСЕКТИЦИДІВ ТА АКАРИЦИДІВ БІОТЛІН, БІ-58, АКТЕЛЛІК, ОМАЙТ, НУРЕЛЛ Д НА ОРГАНІЗМ *R. KESSLERI*

### 5.1. Токсикологічні властивості препарату Біотлін

**5.1.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсектициду Біотлін.** Імідаклоприд N-{1-[(6-хлор-3-піридил)метил]-4,5-дигідроімідазол-2-іл}нітрамід широко застосовують у сільському господарстві для захисту рослин від шкідників. Він діє на центральну нервову систему комах, перешкоджаючи передачі нервових імпульсів, зв'язуючись зі специфічними для комах нікотиновими рецепторами ацетилхоліну і спричиняє параліч комах і можливо, їх загибель (Sheets, 2001, 2014; Ensley, 2007). Цей системний хлоронікотиніловий пестицид легко переміщується у ксилемі рослин із ґрунту в нектар, пилок, листя та плоди рослин, а звідти потрапляє в живі організми. Тобто він високотоксичний для багатьох безхребетних, особливо комах (Pisa et al., 2014).

У 1984 році під час дослідження 3-піридилметильної групи на структурі гетероциклу нітрометилєну хіміки компанії Nihon Bayer Agrochem винайшли імідаклоприд. Цей інсектицид запатентований у США (патент США No 4,742,060) 3 травня 1988 року. 10 березня 1994 року Агентство США з охорони навколишнього середовища затвердило реєстрацію імідаклоприду для застосування на декоративних рослинах компанії Miles, Inc. (пізніше Bayer CropScience).

Вплив інсектицидів на ґрунтових членистоногих і дощових черв'яків у польових умовах вивчали Ghosal & Hati (2019). Вони виявили зниження чисельності різних видів безхребетних – мешканців ґрунту (на 14,0%) (Ghosal & Hati, 2019). Під час моніторингу 2005–2012 років комах, які імігрували з Азії до Японії, Matsumura et al. (2013) виявили специфічну стійкість *Nilaparvata lugens* (Stål, 1854) (Hemiptera, Delphacidae) до імідаклоприду, LD<sub>50</sub> збільшилася з 2005 (0,7 мкг/г) до 2012 року (98,5 мкг/г) у 140,7 разів. За дії цього інсектициду у *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera, Drosophilidae) Denecke et al. (2017) спостерігали надмірну експресію гена *Cyp6g2* у центральній

нервовій системі, який одночасно метаболізує імідаклоприд і надає стійкості до нього цим комахам. Chen et al. (2017) вказують, що у межах субодиноці нікотинового ацетилхолінового рецептора виявлено мутацію R81T, що відповідає за стійкість до імідаклоприду в *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera, Aphididae).

Цей неонікотиноїд чинить шкідливий вплив на здоров'я родин бджіл. Під час використання різних концентрацій інсектициду (0, 1, 5, 10, та 20%) (Costa et al., 2020) встановлено, що бджоли *Melipona quadrifasciata* le Peletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae) не можуть виявити присутність цього препарату на квітах, що викликає зміну поведінки цих комах та руйнування їх родин у природі. Концентрації імідаклоприду 0,0053, 0,0329 та 0,0659 мг/л негативно впливають на розмноження *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera, Aphididae): зменшують виживання німф, збільшують тривалість розвитку інших стадій (Li et al., 2018).

Препарати на основі імідаклоприду гостро токсичні для *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae): Лдіапазон  $D_{50}$  становить 5–70 нанограм на особину (Suchail et al., 2001). Різні родини медоносних бджіл здатні метаболізувати токсини, тому межі  $LD_{50}$  такі широкі. Імідаклоприд перорально більш токсичний для *A. mellifera*, ніж контактно ( $LD_{50} = 0,024$  мкг на бджолу) (Suchail et al., 2000). Результати експериментів (Guez et al., 2001; Suchail et al., 2001; Lambin et al., 2001; Armengaud et al., 2002; Decourtye et al., 2003; Decourtye et al., 2004; Williamson & Wright, 2013; Lunardi et al., 2017; Raymann et al., 2018) вказують, що сублетальні концентрації імідаклоприду змінюють поведінку бджіл під час збирання пилку та живлення, погіршують навігацію та нюхову здатність, спричиняють загибель *A. mellifera*. Carreck & Ratnieks (2015) вказують, що несприятлива сублетальна дія неонікотиноїдів на медоносних бджіл і джмелів, що виявлена у лабораторних умовах, відсутня у природних умовах. Можливо, це пов'язано з завищеною оцінкою факторів дозування (концентрація та тривалість) в лабораторних експериментах. Аналізом 198 зразків меду з усього світу в 75 % виявлено вміст імідаклоприду (Raymann et al., 2018).

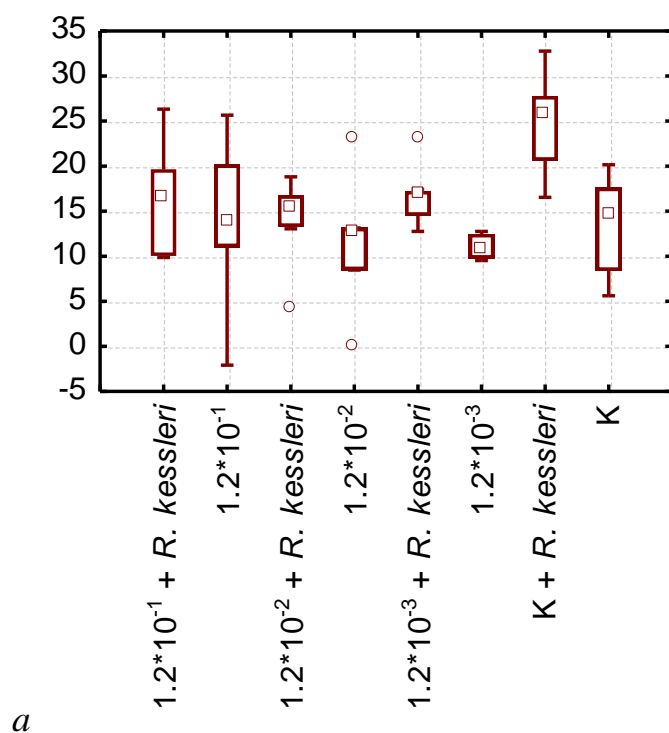
Nix et al. (2020) виявили накопичення імідаклоприду в личинках *Rhagoletis suavis* (Loew, 1862) (Diptera, Tephritidae), які розвивались в оплодні волоського горіха як у внутрішній (11,72 ppb), так і зовнішній (9,25 ppb) його частинах. Це зумовлює зменшення популяції фітофага в оплодні волоського горіха (Nix et al., 2020). Вплив імідаклоприду на личинок комарів також досліджував Riaz et al. (2013). Селекційні личинки Imida-R комара *Aedes aegypti* (Linnaeus in Hasselquist, 1762) (Diptera, Culicidae) після восьми поколінь селекції продемонстрували в 5,4 раза підвищену толерантність до імідаклоприду, а рівень толерантності імаго залишився низьким (Riaz et al., 2013). Цей інсектицид зумовлює загибель жуків *Psyllobora vigintimaculata* (Say, 1824) (Coleoptera, Coccinellidae) (Choudhury et al., 2020).

Імідаклоприд високотоксичний для водних безхребетних, позбавляючи здатності дорослих креветок *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 захоплювати живу здобич (Hook et al., 2018). Цей препарат також максимально токсичний відносно *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Opisthopora, Lumbricidae) (Ghosal & Hati, 2019). Короткочасний вплив концентрацій імідаклоприду, рекомендованих для використання у польових умовах, на популяції *Philodromus cespitum* (Walckenaer, 1802) (Araneae, Philodromidae) спричиняє загибель багатьох особин цих павуків (Řezáč et al., 2019).

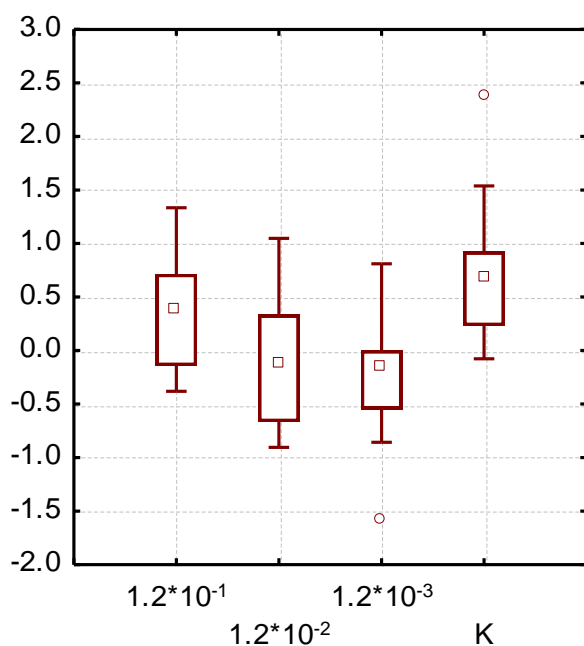
Токсичність препарату стосовно членистоногих вивчена фрагментарно, дані про вплив імідаклоприду на організм диплопод у світовій літературі відсутні.

**5.1.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Біотлін на *R. kessleri*.** За впливу низьких концентрацій препарату Біотлін достовірні відмінності між варіантами експерименту з *R. kessleri* і без цих багатоніжок зберігаються до концентрації  $1,2 \cdot 10^{-2}$  мг/г підстилки (рис. 5.1а). Маса тіла *R. kessleri* за максимальних випробуваних концентрацій ( $1,2 \cdot 10^{-1}$  і  $1,2 \cdot 10^{-2}$  мг/г підстилки) достовірно не відрізняється від контрольних варіантів досліду (рис. 5.1б). Інтенсивність продукції екскрементів багатоніжками достовірно знижується з 24 до 10–12 мг/добу (медіана) для всіх трьох досліджених концентрацій імідаклоприду (рис. 5.1в).

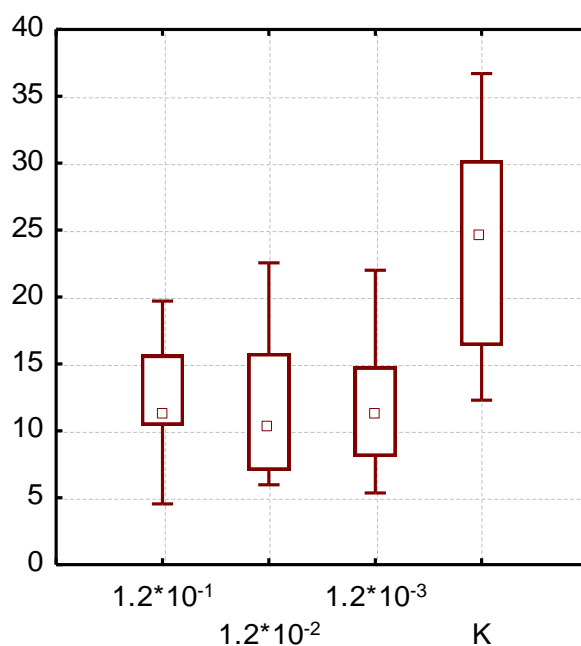




a



б



в

Рис. 5.1. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Біотлін: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Біотлін (імідаклоприд, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Біотлін); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$

## 5.2. Токсикологічні властивості препарату Бі-58

**5.2.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсекто-акарициду Бі-58.** Диметоат, Бі-58, О,О-диметил-S-[2-(метиламіно)-2-оксоетил]-дитіофосфат – фосфороорганічний інсектоакарицид, застосовується для боротьби з комахами-шкідниками та кліщами у сільському господарстві. Цей препарат запатентований і представлений American Cyanamid у 1950-х роках. Його торгові назви Рогор та Бі-58 (Padmasheela & Delvi, 2004). Диметоат – необоротний інгібітор ацетилхолінестерази, необхідної для функціонування центральної нервової системи (Matsuda et al et al., 2019., 2005; Alam et al., 2017). Він спричиняє загибель *Diabrotica virgifera* LeConte, 1868 (Coleoptera, Chrysomelidae) (Souza et al., 2019). Одно-тридобовий вплив 30 % диметоату зменшує кількість трипсів *Megalurothrips distalis* (Karny, 1913) (Thysanoptera, Thripidae) за 250 мл/га (84,92 та 78,22 %) (Singh et al., 2020).

Ibrahim et al. (2019) спостерігаючи вплив трьох концентрацій диметоату (1,3 та 5 ppm) у вишневому саду та лабораторному експерименті, виявили зменшення кількості живих личинок *Caliroa cerasi* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Tenthredinidae). Ibrahim et al. (2020) вказують на негативний вплив 40 % диметоату, що спричиняє загибель *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879) (Hemiptera, Diaspididae), *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera, Gracillariidae) та *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) (Homoptera, Aleyrodidae) – 86,9, 87,2 та 86,0 % смертності, відповідно. Knight et al. (2007) вказують, що одноразове застосування диметоату зменшує популяцію *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera, Noctuidae). Chi et al. (2015) свідчать, що обприскування та метод занурення листя в LC<sub>50</sub> диметоату спричиняє високу 28,36 та 7,93 % смертність *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Bombycidae).

Machado et al. (2019) виявили, що висушені залишки неселективного диметоату зумовлюють загибель *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera, Pentatomidae), *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera, Anthocoridae), *Eriopis*

*connexa* (Germar, 1824) (Coccinellinae, Coccinellini) та *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae). Максимальна смертність (82,5 %) *Neoseiulus barkeri* Hughes, 1948 (Acari, Phytoseiidae) зареєстрована Bashir (2018) після 144 годин дії польової дози цього препарату. Застосування цього інсектициту методом сухої плівки викликає 100 % загибель яйцевих паразитоїдів *Gryon monspelensis* (Picard, 1924) (Hymenoptera, Scelionidae) протягом перших 24 годин (Islamoglu & Karacaoglu, 2018).

Місцеве застосування цього хімікату Garcia-Mendez et al. (2016) на саджанцях апельсинів *Citrus sinensis* L. уже через 24 години викликає смертність *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera, Psyllidae). Yadav et al. (2015) встановили, що диметоат (0,03 %) найефективніший у боротьбі проти *Aphis craccivora* C.L.Koch, 1854 (Hemiptera, Aphididae), *Empoasca motti* Singh-Pruthi, 1940 (Hemiptera, Cicadellidae), *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera, Aleyrodidae).

Пестицид пошкоджує ДНК у гемоцитах імаго *Chorthippus biguttulus* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera, Acrididae) (Karpeta-Kaczmarek et al., 2016). Andreazza et al. (2016) виявили, що диметоат високотоксичний для личинок та імаго мух *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 та *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera, Drosophilidae), (смертність понад 80 %). Після 4,5-годинної дії інсектициду на імаго *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera, Pentatomidae) протягом 7-добового контролю Leskey et al. (2012) виявили їх 75 % смертність.

Під час 24-годинного обприскування цитрусових дерев із групами *Bucephalogonia xanthophis* (Berg, 1879) (Hemiptera, Cicadellidae) по 10 особин на гілці Bezerra-Silva et al. (2012) виявили пригнічення популяцій *Xylella fastidiosa* Wells et al., 1987 (Xanthomonadales, Xanthomonadaceae) протягом двох тижнів після застосування диметоату (1 мл/л).

Оброблення рослин низькими концентраціями диметоату порушує їх взаємодію з комахами (Sérandour et al., 2011). Виявлено низький ступінь прикріплення личинок комарів із роду *Coquillettidia* Dyar, 1904 (Diptera, Culicidae) до коренів водних рослин, через які відбувається їх дихання;

це спричиняє загибель личинок через відсутність щільної фіксації на коренях (Sérandour et al., 2011). Цей інсектицид ефективний у боротьбі з плодовими мухами Tephritidae (Devi et al., 2016). Диметоат зумовлює знерухомлення *Folsomia candida* Willem, 1902 (Isotomidae, Folsomia), а збільшення його дози ( $LC_{50} = 1,4$  мг/кг) значно знижує активність ацетилхолінестерази (Pereira et al., 2013).

Диметоат значно токсичний для бджіл. Fernandes et al. (2008) встановили, що застосовані концентрації цього інсектоакарициду у разі занурення в них листя апельсина *Citrus × sinensis* (L.) чинять високотоксичну дію на *A. mellifera* та *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) (Hymenoptera, Vespidae). Результати лабораторних експериментів (Biddinger et al., 2013) вказують, що  $LD_{50}$  цього препарату (Dimethoate 4EC) спричиняє загибель *A. mellifera* та *Osmia cornifrons* (Radoszkowski, 1887) (Hymenoptera, Megachilidae).

Токсичний вплив інсектоакарициду Бі-58 на організм членистоногих вивчений фрагментарно, дані стосовно дії цього препарату на двопарноногих багатоніжок у світовій літературі відсутні.

**5.2.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Бі-58 на *R. kessleri*.** За впливу препарату Бі-58 достовірно зростає швидкість розкладання підстилки: у разі відсутності багатоніжок медіана цієї характеристики дорівнює 15 мг/добу, за концентрації диметоату  $2,4 \cdot 10^{-3}$  –  $2,4 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки вона зростає майже удвічі – до 26–28 мг/добу (рис. 5.2а). Особини *R. kessleri* достовірно не збільшують швидкість розкладання кормового субстрату, де міститься препарат Бі-58 (рис. 5.2б). Зростання концентрації диметоату з  $2,4 \cdot 10^{-2}$  до  $2,4 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки викликає достовірне зменшення маси тіла *R. kessleri* більше ніж на 4 мг/добу (рис. 5.2б). Аналогічне зниження для темпів утворення екскрементів відмічене вже за збільшення концентрації диметоату з  $2,4 \cdot 10^{-3}$  до  $2,4 \cdot 10^{-2}$  мг/г підстилки (рис. 5.2в).

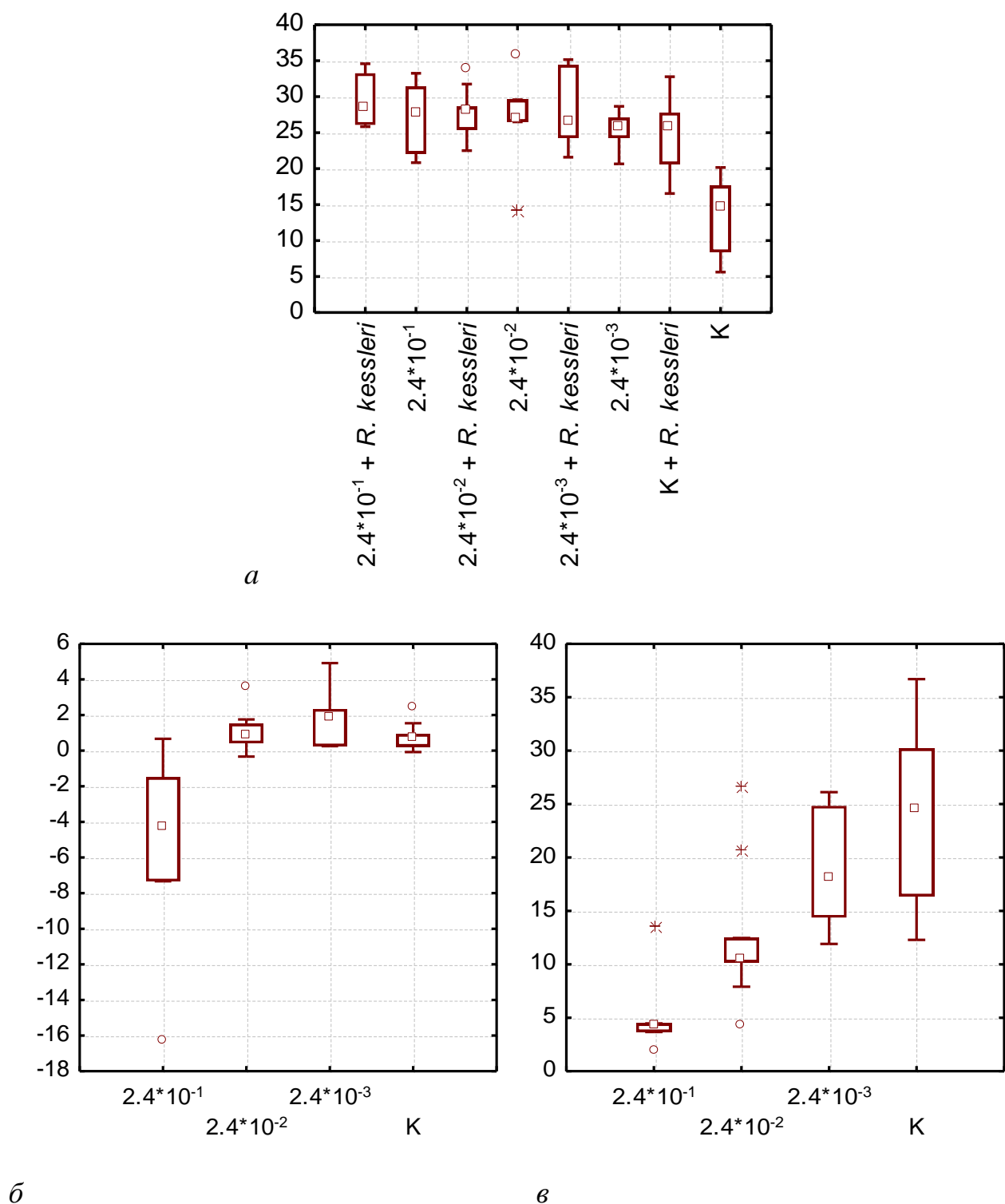


Рис. 5.2. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Бі-58: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Бі-58 (диметоат, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Бі-58); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10

### 5.3. Токсикологічні властивості препарату Актеллік

**5.3.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсектоакарициду Актеллік.** Піриміфос-метил О-[2-(діетиламіно)-6-метилпіримідин-4-іл]О,О-диметилфосфоротіоат – фосforoорганічний інсектицид і акарицид широкого спектра дії, розроблений компанією Imperial Chemical Industries Ltd., нині Syngenta. На ринку продається під назвою Актеллік (Попови др., 2003). Його використовують на сільськогосподарських культурах відкритого та закритого ґрунту для знищення комах-фітофагів, кліщів, а також для захисту приміщень для зберігання зернових проти комплексу амбарних шкідників.

Експерименти Velki et al. (2014), Lazarević et al. (2019), Agrafioti & Athanassiou (2018), Filomeno et al. (2020) та Skourti et al. (2020) вказують на високотоксичну дію цього препарату стосовно членистоногих: 72-годинний вплив піриміфос-метилу на самиць *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Dermestidae) знижує швидкість розмноження потомства та згубно впливає на життєздатність нащадків (Skourti et al., 2020). Дія піриміфос-метилу на батьківських особин *Trogoderma granarium* Everts, 1898 (Coleoptera, Dermestidae) спричиняє деформацію обох пар крил у потомства, зміни помітніші на задніх крилах (Lazarević et al., 2019).

Francis et al. (2020) свідчать, що 0,21 % піриміфос-метилу через 24 години дії спричиняє 47,1 % загибель *Aedes aegypti* (Linnaeus in Hasselquist, 1762) (Diptera, Culicidae). Смертність личинок *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Tenebrionidae) молодших віків через 14 діб впливу цього препарату становила 71,1 % на пшениці, 91,1 % – на ячмені та 60,0 % – на кукурудзі (Francis et al., 2020). Смертність *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878) (Coleoptera, Bostrichidae) не перевищувала 57 % за будь-яких доз і форм інсектициду (Rumbos et al., 2013).

Stara et al. (2013) за допомогою тесту на просоченому фільтрувальному папері виявили високу токсичність піриміфос-метилу для *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781) (Acari, Acaridae) ( $LD_{50} = 0,01\text{--}0,06$  мкг/см<sup>2</sup>;  $ED_{50} =$

0,2–12,0 мкг/екз.). Bastida et al. (2011) доведено, що концентрація 0,1 мкг/мл піриміфос-метилу спричиняє повну загибель імаго *Culex* spp. Say, 1823 (Diptera, Culicidae) у польових умовах.

Цей препарат викликає 100 % загибель: імаго, яєць і личинок *Trogoderma granarium* Everts, 1898 (Coleoptera, Dermestidae) (Kavallieratos & Boukouvala, 2018; Boukouvala & Kavallieratos, 2020), імаго *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Curculionidae) (Rumbos et al, 2018), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Silvanidae) та *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, 1863 (Coleoptera, Tenebrionidae) (Agrafioti et al., 2015), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera, Bostrichidae), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera, Curculionidae) (Jankov et al., 2012; Rumbos et al., 2013), та *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878) (Coleoptera, Bostrichidae) (Kavallieratos et al., 2017), *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Tenebrionidae) (Kavallieratos et al., 2019).

Токсична дія препарату Актеллік стосовно членистоногих вивчена фрагментарно, а даних щодо впливу цього препарату на організм багатоніжок у світовій літературі не виявлено.

**5.3.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Актеллік на *R. kessleri*.** Препарат Актеллік спричинив повну загибель багатоніжок у двох варіантах досліду з максимальною концентрацією піриміфос-метилу ( $3 \cdot 10^{-2}$  і  $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки). При цьому корм не споживався *R. kessleri* вже за концентрації препарату Актеллік  $3 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки (рис. 5.3а); за цієї концентрації маса тіла (рис. 5.3б) та темпи утворення екскрементів знижувалися у багатоніжок недостовірно (рис. 5.3в).

## 5.4. Токсикологічні властивості препарату Омайт

**5.4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність акарициду Омайт.** Пропаргіт (2-(4-трет-бутилфенокси)циклогексил-проп-2-ін-1-сульфонат) – акарицид, торгова назва Омайт, широко використовується у сільському господарстві для знищення кліщів.

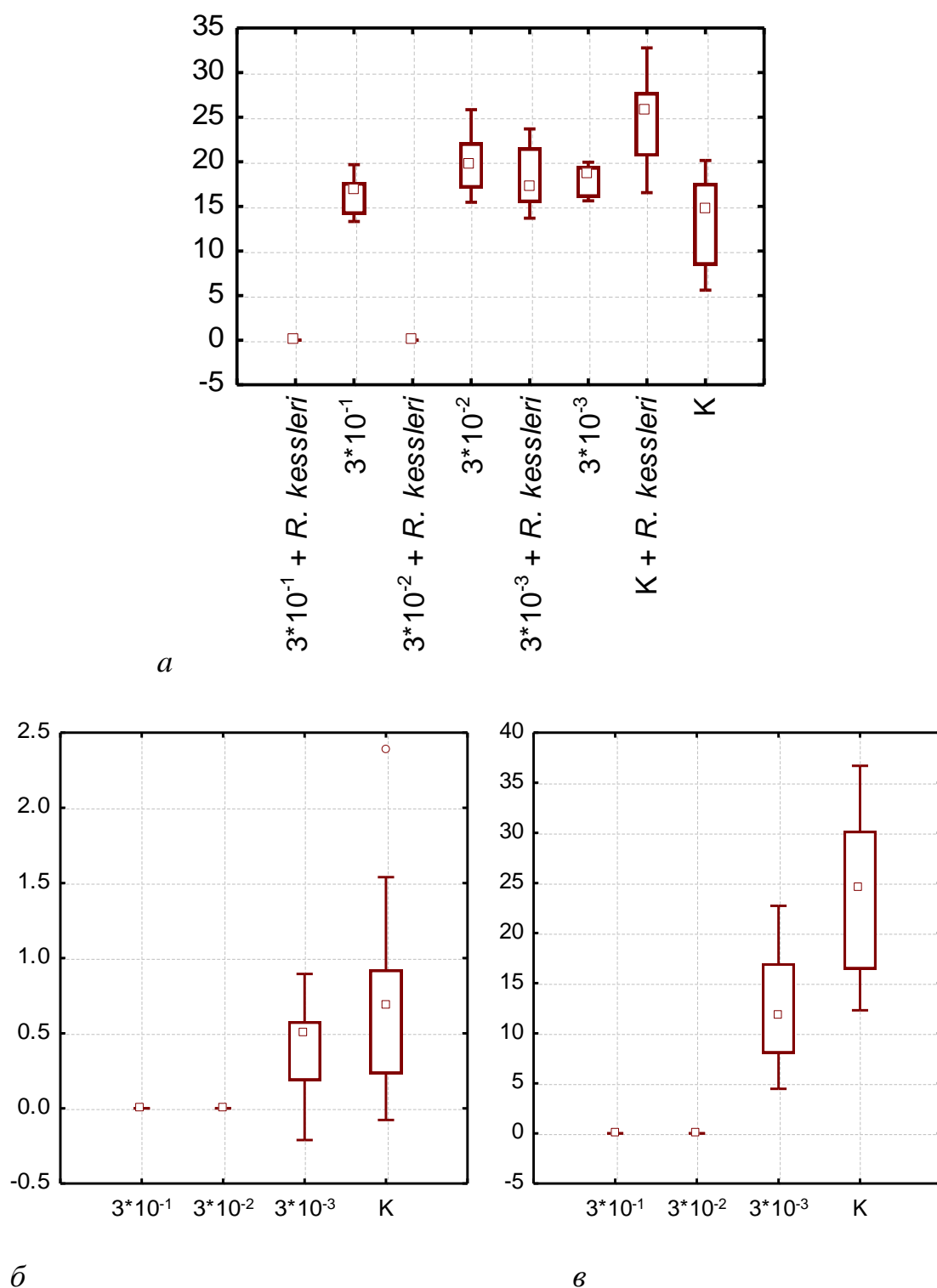


Рис. 5.3. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту у градієнті концентрації препарату Актеллік: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Актеллік (піриміфос-метил, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Актеллік); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10



Yarpuz-Bozdogan (2016) визначив буферну зону щодо впливу препарату пропаргіт на *Tetranychus cinnabarinus* (Biosduval, 1867) (Acari, Tetranychidae). Ця зона під час застосування пестициду проти комах на полях у 2013 році для рекомендованої дози виробником становить 16 м, а для дози застосованої фермерами, дорівнює 25 м (Yarpuz-Bozdogan, 2016). Акарицид викликає гостру токсичність, впливає на рівень паразитизму та появу дорослих (покоління F<sub>1</sub>) і вважається незначно шкідливим для *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera, Eulophidae) (Lira et al., 2015).

У процесі визначення пероральної токсичності акарициду пропаргіт на *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 не виявлено впливу на цей вид комах (Rasuli et al., 2015). Після 24-годинного впливу LD<sub>50</sub> пропаргіту на три види комарів *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, *Anopheles quadrimaculatus* Say, 1824 і *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae) Pridgeon et al. (2008) виявили, що останній із них найменш сприйнятливий до цього препарату.

Дослідження Hardman et al. (2003), проведені у 1990–1998 роках у яблуневих садах, вказують на токсичний вплив пропаргіту на *Typhlodromus pyri* Scheuten, 1857 (Acari, Phytoseiidae). Пропаргіт ефективний (Milenković & Marcic, 2012) для боротьби з малиновим кліщем *Phyllocoptes gracilis* (Nalepa, 1891) (Trombidiformes, Eriophyidae). Marshall & Pree (1991) встановили, що пропаргіт токсичніший для німф, ніж для дорослих особин *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acari, Tetranychidae). Сублетальні концентрації (LC<sub>10</sub>, LC<sub>20</sub> та LC<sub>30</sub>) пропаргіту (Omite® 57 % ЕС, Mahan, Іран) впливають на тривалість життя, плодючість і зменшення тривалості яйцекладки *Typhlodromips swirskii* (Athias-Henriot, 1962) (Acari, Phytoseiidae). Hardman et al. (1995) свідчать, що застосування пропаргіту у яблуневих садах у серпні зумовлює 100 % загибель *Aculus schlechtendali* (Nalepa, 1890) (Acari, Eriophyidae) та *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acari, Tetranychidae). Лабораторні дослідження (Vostrel, 2009) вказують на хорошу біологічну активність пропаргіту стосовно *Tetranychus urticae* C. L. Koch, 1836 (Acari, Tetranychidae).

Обприскування арахісу пропаргітом спричиняє значну смертність серед

популяції *Tetranychus urticae* C. L. Koch, 1836 (Trombidiformes, Tetranychidae) (Ashley et al., 2006). Пропаргіт токсичний для яєць цього виду павутинних кліщів – викликає їх 100 % загибель. Вплив залишків акарицидів спричиняє майже 30 % смертність *T. urticae* та *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera, Anthocoridae) після 14 діб (Ashley et al., 2006). Аналогічні результати отримали Wang et al. (2018) під час застосування пропаргіту (324,3 г/га) на полуниці в теплицях у Китаї – 67,5 % загибель *Tetranychus urticae* C. L. Koch, 1836 (Trombidiformes, Tetranychidae).

Отже, дія пропаргіту на членистоногих вивчена фрагментарно, а результати досліджень токсичності цього препарату стосовно багатоніжок у науковій літературі повністю відсутні.

**5.4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Омайт на *R. kessleri*.** Препарат Омайт достовірно не збільшує темпів споживання корму особинами *R. kessleri* (рис. 5.4а), проте відмінності між масою підстилки на початку та в кінці експерименту у варіантах досліді з багатоніжками та без них за зростання концентрації пестициду зменшуються порівняно з контролем, що свідчить про припинення живлення більшості екземплярів багатоніжок. У досліджуваному діапазоні значень за зростання концентрацій препарату Омайт маса тіла *R. kessleri* достовірно не змінюється (рис. 5.4б), а кількість екскрементів достовірно зменшується (рис. 5.4в). За максимальної концентрації цього пестициду ( $3,6 \cdot 10^{-1}$  мг пропаргіту/г підстилки) медіана кількості екскрементів зменшується до 2 мг/добу порівняно з 25 мг/добу на одну багатоніжку у варіанті досліді без застосування препарату Омайт (рис. 5.4в).

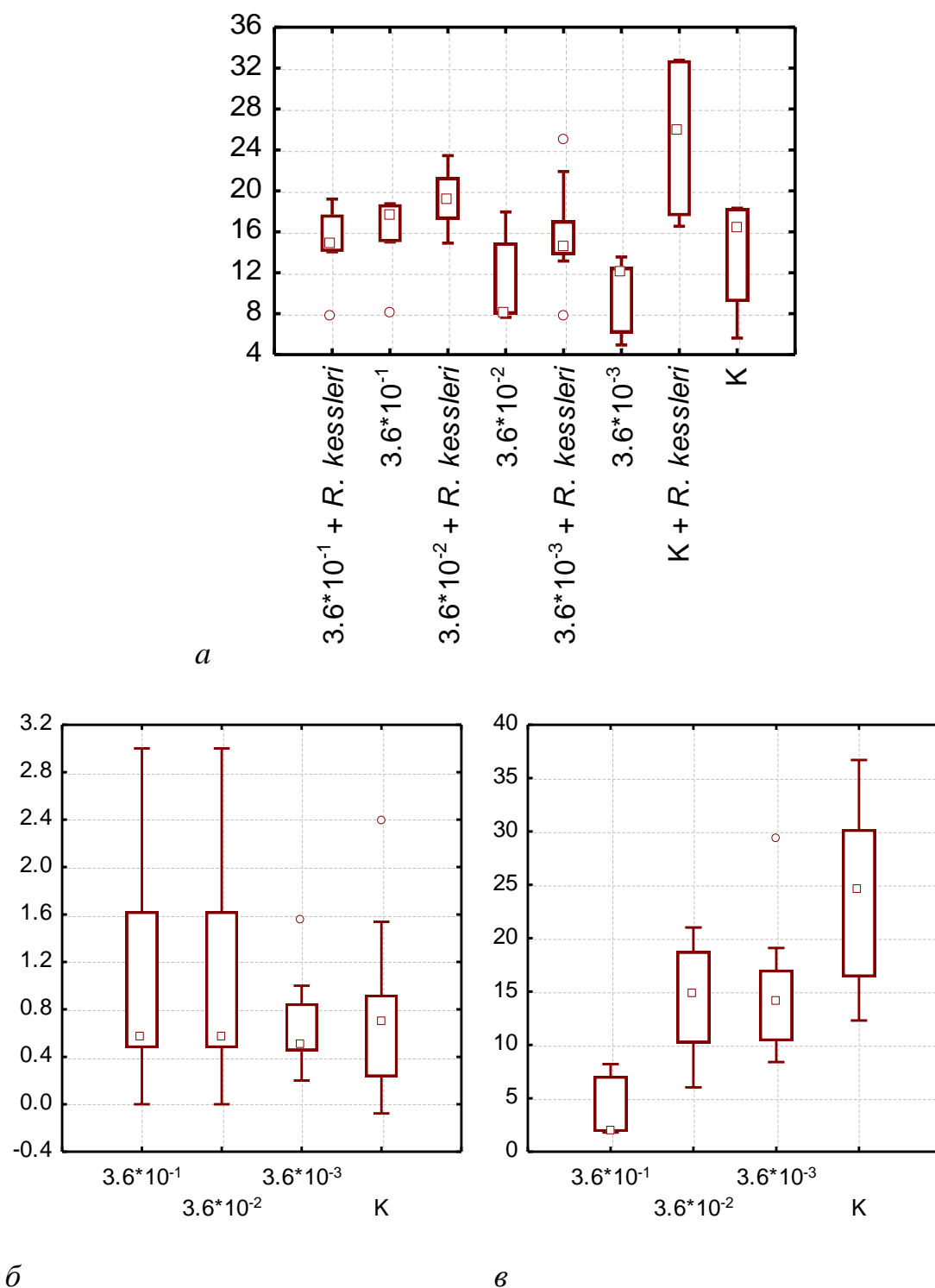


Рис. 5.4. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Омайт: по осі абсцис – концентрація діючої речовини Омайту (мг/г підстилки), К – контроль (без впливу Омайту); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$

## 5.5. Токсикологічні властивості препарату Нурелл Д

**5.5.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність інсектициду Нурелл Д.** Це інсектицид контактно-системної дії для боротьби з гризучими та сисними шкідниками. Він складається із двох діючих речовин – хлорпірифос і циперметрин.

Хлорпірифос О,О-діетил-О-3,5,6-трихлорпіридин-2-ілфосфорогіат – фосforoорганічний інсектицид, що використовується у понад 100 країнах світу для боротьби з комахами в сільському, житловому та комерційному середовищі. Діє на нервову систему комах, пригнічуючи фермент ацетилхолінестеразу. Хлорпірифос запатентований в 1966 році Dow Chemical Company (Rigterink, 1966). Для боротьби зі шкідником манго – довгоноси́ком *Sternochetus mangiferae* (Fabricius, 1775) (Coleoptera, Curculionidae) у Західній Африці із 60 опитаних фермерів лише 3,3 % осіб використовують піринекс (хлорпірифос 480 г/л) (Akotsen-Mensah et al., 2017). Ali et al. (1995) встановили, що хлорпірифос (LC<sub>90</sub>) високоефективний у боротьбі з популяцією *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera, Culicidae) у Флориді. У басейні Середземномор'я пропагують альтернативне використання *Aphytis melinus* DeBach, 1959 (Hymenoptera, Aphelinidae) проти шкідників цитрусових *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879) (Hemiptera, Diaspididae). Застосування хлорпірифосу на цитрусових спричиняє 92 % загибель дорослих особин *A. melinus*, що унеможливи́ло поєднання цього інсектициду з біологічними заходами боротьби на цитрусових культурах (Vanaclocha et al., 2013).

Хлорпірифос токсичний для клопів, трипсів, тарганів і жуків. Rao et al. (2018) свідчать, що рівні стійкості до цього інсектициду польових популяцій *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera, Liviidae) та *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera, Thripidae) близькі до нуля. Застосування хлорпірифосу на сорго вже на першу добу після використання спричиняє високу смертність *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera, Anthocoridae) (Al-Deeb et al., 2001). Afza et al. (2019) свідчать, що сублетальна концентрація

хлорпірифосу ( $LC_{30}$ ) зумовлює підвищену смертність або знерухомлення *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Coccinellidae). Цей інсектицид також знижує ефективність хижацтва як у дорослої, так і личинкової стадії *C. septempunctata* проти комах-фітофагів (Afza et al., 2019). Hostetler & Brenner (1994) встановили, що жодна зі статей сприйнятливих форм тарганів *Blattella germanica* Linnaeus, 1767 (Blattodea, Ectobiidae) не уникала схованок, оброблених хлорпірифосом, і більшість особин цього виду загинули.

Хлорпірифос ефективніший для боротьби проти однодобових личинок *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), а проти личинок *Helicoverpa zea* Boddie, 1850 (Lepidoptera, Noctuidae) його дія слабша (Chandler et al., 1995). Tillman (1995) свідчить про високу токсичність хлорпірифосу для ос: інсектицид спричиняє 100% загибель *Cardiochiles nigriceps* Viereck, 1912 та *Microplitis croceipes* (Cresson, 1872) (Hymenoptera, Braconidae).

Siegfried (1993) установив, що надзвичайно низькі концентрації хлорпірифосу викликають токсичні ефекти під час статичного впливу на різноманітних наземних і водних комах. Одноденки (Ephemeroptera) та бабки (Odonata) – найчутливіші таксони, за результатами досліджень Siegfried (1993). Цей інсектицид токсичний для *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera, Erebididae). Хлорпірифос, нанесений за допомогою обприскувача суттєво зменшив чисельність популяцій личинок двокрилих через 48 годин після оброблення в усіх тестах (Chandler & Sumner, 1993).

Циперметрин [Ціано-(3-феноксифеніл)метил]3-(2,2-дихлоретеніл)-2,2-диметилциклопропан-1-карбоксилат – інсектицид, що застосовують у сільському господарстві для зберігання зернових продуктів. Це швидкодіючий нейротоксин комах. Дослідження Attia et al. (2020) показали, що популяції *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera, Curculionidae) та *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) чутливі до циперметрину (Attia et al., 2020). Zongo et al. (2020) виявили стійкість до нього однієї з трьох популяцій *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera, Bruchidae).

Дослідження залишкової ефективності інсектициду для боротьби з імаго *Scutobrachus ceratioborus* (Philippi, 1859) (Coleoptera, Bruchidae) у насінні чилійського мескіта *Prosopis chilensis* (Mol.) Stunz. свідчать про 100 % загибель цього виду за 4 ppm циперметрину (Mazzuferi et al., 2004). Gourgouta et al. (2019) виявили повний контроль над *Prostephanus truncatus* та *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae), навіть через чотири місяці після оброблення зерна. У випадку з *Oryzaephilus surinamensis* та *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Curculionidae) загибель не досягла 100 %, а за чотири місяці зафіксували поступове зниження смертності (Gourgouta et al., 2019). Під час трьох розпилень інсектицидів поблизу ставків Farmer et al. (1995) виявили негативний вплив циперметрину на безхребетних, особливо на Asellidae та Gammaridae.

Rethwisch et al. (1995) встановили, що препарат спричиняє 100 % загибель *Toya propinqua* (Fieber, 1866) (Homoptera, Delphacidae) в лабораторних умовах. У польових умовах цей інсектицид повністю не контролює популяцію *Trigonotylus tenuis* Reuter, 1893 (Heteroptera, Miridae) (Rethwisch et al., 1995).

Циперметрин надзвичайно токсичний для *Microplitis croceipes* (Cresson, 1872) (Hymenoptera, Braconidae), спричиняє 100 % загибель ос (Tillman, 1995). Ali et al. (1995) установили, що циперметрин  $LC_{90} = 0,0079$  ppm ефективний проти популяції *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera, Culicidae), культивованої в лабораторії. Він також впливає на регулятори росту комах (Ali et al., 1995). Ця речовина чинить токсичний вплив на *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) –  $LC_{50} = 0,037$  %, значення летального часу  $LT_{50} = 6,69$  години (Pashte & Patil, 2018). У бджіл *A. mellifera* спостерігали такі симптомами отруєння: розширений хоботок, витягнуті ніжки та скручені тіла, відчеплені та розширені крила, жало у вивільненому положенні та задній прохід з екскрементами (Pashte & Patil, 2018). Afza et al. (2019) виявили підвищену смертність і наслідки «нокдауну» на *C. septempunctata* за дії сублетальної концентрації ( $LC_{30}$ ). Після обприскування циперметрином значно знижується трофічна активність імаго та личинок четвертої стадії *C. septempunctata* (Afza et al., 2019).

Токсичний вплив інсектициду Нурелл Д стосовно членистоногих вивчений фрагментарно, дані відносно дії цього препарату на диплопод у світовій літературі відсутні.

**5.5.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Нурелл Д на *R. kessleri*.** За впливу препарату Нурелл Д відмічено 100 % загибель *R. kessleri* за  $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки. Навіть за дії концентрації  $3 \cdot 10^{-1}$  мг хлорпірифосу/г підстилки багатоніжки продовжували житися, і відмінності між масою підстилки у варіантах із багатоніжками та без них були достовірними (рис. 5.5а). У контролі (без дії пестициду) *R. kessleri* збільшували масу тіла на 0,7 мг/добу, тоді як за концентрації  $3 \cdot 10^{-2}$  мг хлорпірифосу/г підстилки маса їх тіла знижувалася в середньому на 0,5 мг/добу (рис. 5.5б). Темпи утворення екскрементів за цієї концентрації також достовірно знижувалися з 24 до 7 мг/добу (рис. 5.5в).

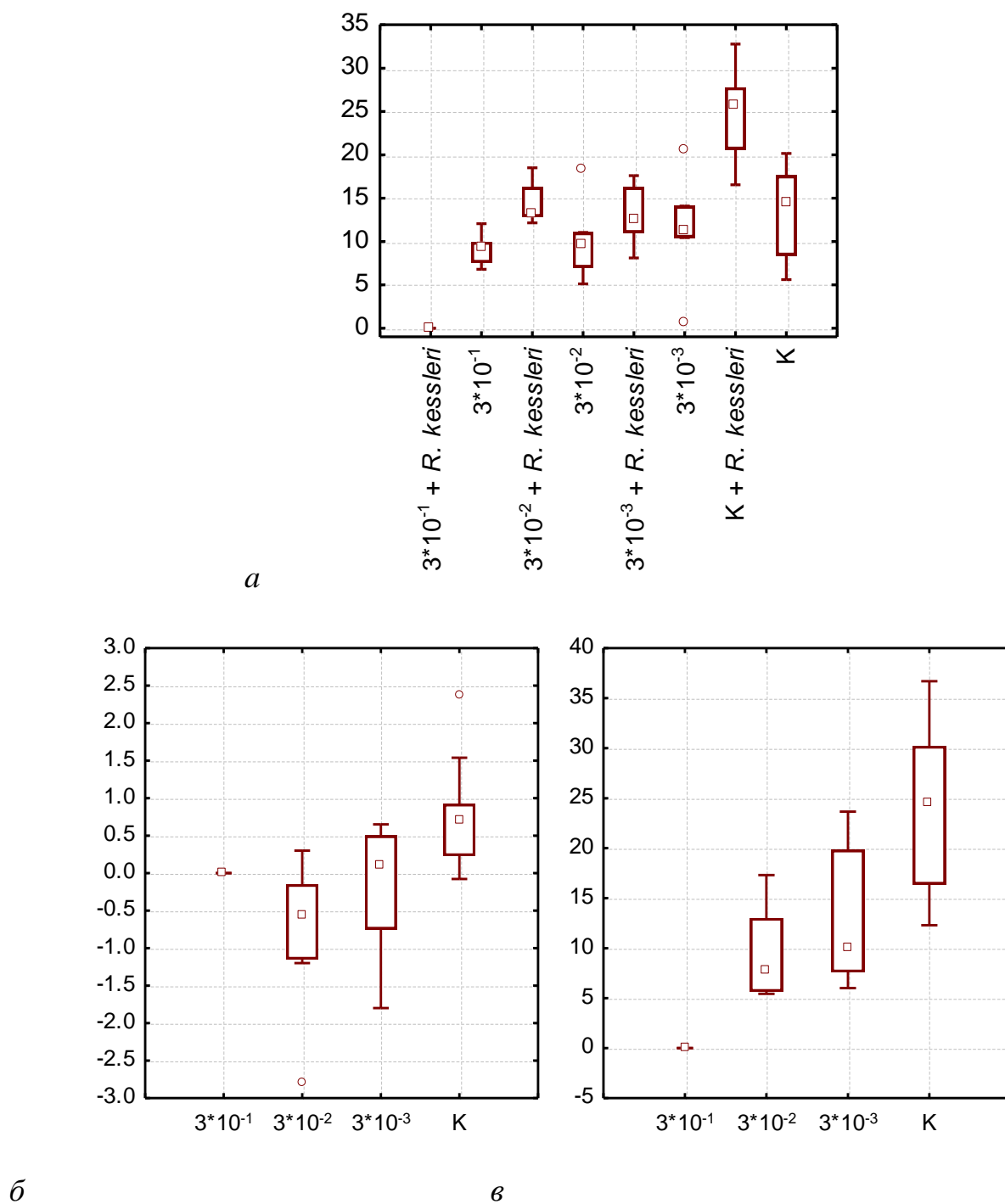


Рис. 5.5. Зміна маси корму (*a*), маси тіла (*б*), продукції фекалій (*в*) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Нурелл Д: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Нурелл Д (суміш хлорпіріфосу, 500 г/л, та циперметрину, 50 г/л, концентрація вказана за хлорпіріфосом, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Нурелл Д); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$



### Висновки за розділом

1. Інсектициди чинять цільову токсичну дію на комах, а також згубно впливають на фізіологічну активність ракоподібних, кліщів тощо. Результатів дії п'яти досліджених у дисертаційній роботі інсектицидів на диплопод у наукових публікаціях відсутні.
2. Високі концентрації інсектициду Біотлін не впливають на масу тіла *R. kessleri*. Досліджені концентрації ( $1,2 \cdot 10^{-3}$ –  $1,2 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки) цього препарату знижують темпи утворення екскрементів диплоподами.
3. Максимальні досліджені концентрації препарату Бі-58 зменшують масу тіла *R. kessleri* більше ніж на 4 мг/добу. Процес дефекації уповільнюється за умов збільшення концентрацій цього препарату в кормовому субстраті.
4. Високі концентрації препарату Актеллік спричиняють 100 % загибель *R. kessleri*.
5. Препарат Омайт достовірно не впливає на темпи споживання кормового субстрату *R. kessleri*. Досліджені концентрації Омайту не змінюють масу тіла цих багатоніжок.
6. Інсектицид Нурелл Д за дії максимальної концентрації ( $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки) спричиняє повну загибель екземплярів *R. kessleri*. Концентрація  $3 \cdot 10^{-2}$  мг хлорпірифосу/г підстилки знижує масу тіла та інтенсивність утворення екскрементів диплопод.

### Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:

- Kozak, V. M., Romanenko, E. R., & Brygadyrenko V. V. (2020). Influence of herbicides, insecticides and fungicides on food consumption and body weight of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Biosystems Diversity*, 28(3), 272–280. doi:10.15421/012036
- Козак, В. М. (2021). Вплив на організм диплопод інсектицидів Нуррел Д і Актеллік. *Актуальні питання природничих наук: теоретичні та прикладні дослідження: Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. (С. 30–32). Київ: Оупенсцилаб.

Козак, В. М. (2019). Вплив різних концентрацій інсектицидів на *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. *Сьогodenня біологічної науки: Матеріали III Міжнародної наукової конференції* (С. 152–154). Суми: ФОП Цьома С. П.

*Перелік посилань:*

- Попов, С. Я., Дорожкина, Л. А., Калинин, В. А. (2003). *Основы химической защиты растений* (С. Я. Попова, Ред.). Москва: Арт-Лион.
- Afza, R., Riaz, M. A., & Afzal, M. (2019). Sublethal effect of six insecticides on predatory activity and survival of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) following contact with contaminated prey and residues. *Gesunde Pflanzen*, 72(1), 77–86. doi:10.1007/s10343-019-00487-1
- Agrafioti, P., & Athanassiou, C. G. (2018). Insecticidal effect of contact insecticides against stored product beetle populations with different susceptibility to phosphine. *Journal of Stored Products Research*, 79, 9–15. doi:10.1016/j.jspr.2018.06.002
- Agrafioti, P., Athanassiou, C. G., Vassilakos, T. N., Vlontzos, G., & Arthur, F. H. (2015). Using a lethality index to assess susceptibility of *Tribolium confusum* and *Oryzaephilus surinamensis* to insecticides. *PLoS One*, 10(11), e0142044. doi:10.1371/journal.pone.0142044
- Akotsen-Mensah, C., Ativor, I. N., Anderson, R. S., Afreh-Nuamah, K., Brentu, C. F., Osei-Safo, D., Boakye, A. A., & Avah, V. (2017). Pest management knowledge and practices of mango farmers in Southeastern Ghana. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1), e008. doi:10.1093/jipm/pmx008
- Alam, M., Waqas Sumra, M., Ahmad, D., Shah, R. M., Binyameen, M., & Ali Shad, S. (2017). Selection, realized heritability, and fitness cost associated with dimethoate resistance in a field population of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(3), 1252–1258. doi:10.1093/jee/tox049
- Al-Deeb, M. A., Wilde, G. E., & Zhu, K. Y. (2001). Effect of insecticides used in corn, sorghum, and alfalfa on the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera:

- Anthocoridae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1353–1360. doi:10.1603/0022-0493-94.6.1353
- Ali, A., Nayar, J. K., & Xue, R. D. (1995). Comparative toxicity of selected larvicides and insect growth regulators to a Florida laboratory population of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 11(1), 72–76.
- Alves, P. R. L., Cardoso, E. J. B. N., Martines, A. M., Sousa, J. P., & Pasini, A. (2013). Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. *Chemosphere*, 90(11), 2674–2682. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.11.046
- Andreazza, F., Bernardi, D., Baronio, C. A., Pasinato, J., Nava, D. E., & Botton, M. (2016). Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzuki* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). *Pest Management Science*, 73(1), 146–152. doi:10.1002/ps.4348
- Armengaud, C., Lambin, M., Gauthier, M. (2002). Effects of imidacloprid on the neural processes of memory. In: Devillers, J., Pham-Delegue, M. H. (Eds.), *Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals*, (pp. 85–100). New York: Taylor & Francis.
- Ashley, J. L., Herbert, D. A., Lewis, E. E., Brewster, C. C., & Huckaba, R. (2006). Toxicity of three acaricides to *Tetranychus urticae* (Tetranychidae: Acari) and *Orius insidiosus* (Anthocoridae: Hemiptera). *Journal of Economic Entomology*, 99(1), 54–59. doi:10.1093/jee/99.1.54
- Attia, M. A., Wahba, T. F., Shaarawy, N., Moustafa, F. I., Guedes, R. N. C., & Dewar, Y. (2020). Stored grain pest prevalence and insecticide resistance in Egyptian populations of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) and the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 87, 101611. doi:10.1016/j.jspr.2020.101611
- Bashir, M. H. (2018). Pesticides toxicity for *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) and non-target organisms. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 55(1), 63–71. doi:10.21162/pakjas/18.5277

- Bastida, B., Danny, M., Casanova, L., Yngrid, M., & Molina de Fernández, D. (2011). Línea básica de susceptibilidad y efecto sinérgico a los insecticidas malation y pirimifos-metil en adultos de *Culex* spp. Say, 1823 (Díptera: Culicidae) del municipio Mario Briceño Iragorry del estado Aragua, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 51(2), 199–206.
- Bezerra-Silva, G. C. D., Silva, M. A., Miranda, M. P. D., & Lopes, J. R. S. (2012). Effect of contact and systemic insecticides on the sharpshooter *Bucephalogonia xanthophis* (Hemiptera: Cicadellidae), a vector of *Xylella fastidiosa* in Citrus. *Florida Entomologist*, 95(4), 854–861. doi:10.1653/024.095.0406
- Biddinger, D. J., Robertson, J. L., Mullin, C., Frazier, J., Ashcraft, S. A., Rajotte, E. G., Joshi, N. K., & Vaughn, M. (2013). Comparative toxicities and synergism of apple orchard pesticides to *Apis mellifera* (L.) and *Osmia cornifrons* (Radoszkowski). *PloS One*, 8(9), e72587. doi:10.1371/journal.pone.0072587
- Boukouvala, M. C., & Kavallieratos, N. G. (2020). Effect of six insecticides on egg hatching and larval mortality of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Insects*, 11(5), 263. doi:10.3390/insects11050263
- Carreck, N. L., & Ratnieks, F. L. W. (2015). The dose makes the poison: have “field realistic” rates of exposure of bees to neonicotinoid insecticides been overestimated in laboratory studies? *Journal of Apicultural Research*, 53(5), 607–614. doi:10.3896/IBRA.1.53.5.08
- Chandler, L. D., & Sumner, H. R. (1993). Effective use of chemigation technology for managing soybean insect pests, with notes on *Geocoris punctipes* (Say). *Journal of Agricultural Entomology*, 10(2), 125–137.
- Chandler, L. D., Robertson, J. L., & Preisler, H. K. (1995). Effects of combinations of chlorpyrifos and cypermethrin on mortality of corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *The Canadian Entomologist*, 127(1), 25–32. doi:10.4039/ent12725-1
- Chen, X., Li, F., Chen, A., Ma, K., Liang, P., Liu, Y., Dunlun S., & Gao, X. (2017). Both point mutations and low expression levels of the nicotinic acetylcholine receptor  $\beta_1$  subunit are associated with imidacloprid resistance in an *Aphis gossypii*

- (Glover) population from a Bt cotton field in China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 141, 1–8. doi:10.1016/j.pestbp.2016.11.004
- Chi, Y., Qiao, K., Jiang, H., Lin, R., & Wang, K. (2015). Comparison of two acute toxicity test methods for the silkworm (Lepidoptera: Bombycidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(1), 145–149. doi:10.1093/jee/tou016
- Choudhury, R. A., Sutherland, A. M., Hengel, M. J., Parrella, M. P., & Gubler, W. D. (2020). Imidacloprid movement into fungal conidia is lethal to mycophagous beetles. *Insects*, 11(8), 496. doi:10.3390/insects11080496
- Costa, L. G. de L., Barchuk, A. R., & Teixeira, I. R. do V. (2020). Effects of the neonicotinoid imidacloprid on the feeding behavior of *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep. *Revista Agrogeoambiental*, 12(1), 16–25. doi:10.18406/2316-1817v12n120201411
- Decourtye, A., Armengaud, C., Devillers, R. M., & Cluzeau, S. (2004). Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78(2), 83–92. doi:10.1016/j.pestbp.2003.10.001
- Decourtye, A., Lacassie, E., & Pham-Delègue, M. H. (2003). Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(3), 269–278. doi:10.1002/ps.631
- Denecke, S., Fusetto, R., Martelli, F., Giang, A., Battlay, P., Fournier-Level, A., O' Hair, R. A., & Batterham, P. (2017). Multiple P<sub>450</sub> and variation in neuronal genes underpins the response to the insecticide imidacloprid in a population of *Drosophila melanogaster*. *Scientific Reports*, 7(1), 11338. doi:10.1038/s41598-017-11092-5
- Devi, M., Duhan, A., Kumari, B., & Yadav, G. S. (2016). Determination of dimethoate, lambda-cyhalothrin and malathion residues in guava fruits using GCMS-tandem mass spectrometry. *Indian Journal of Horticulture*, 73(2), 197. doi:10.5958/0974-0112.2016.00047.5

- Ensley, S. (2007). Imidacloprid. *Veterinary Toxicology*, 7, 11338. 505–507. doi:10.1016/b978-012370467-2/50141-3
- Farmer, D., Hill, I. R., & Maund, S. J. (1995). A comparison of the fate and effects of two pyrethroid insecticides (lambda-cyhalothrin and cypermethrin) in pond mesocosms. *Ecotoxicology*, 4(4), 219–244. doi:10.1007/bf00116342
- Fernandes, M., Fernandes, F., Picanço, M., Queiroz, & Silva, R., & Huertas, A. (2008). Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in *Citrus*. *Sociobiology*, 51, 765–774.
- Filomeno, C. A., Almeida Barbosa, L. C., Teixeira, R. R., Pinheiro, A. L., Sá Farias, E., Ferreira, J. S., & Picanço, M. C. (2020). Chemical diversity of essential oils of *Myrtaceae* species and their insecticidal activity against *Rhyzopertha dominica*. *Crop Protection*, 137, 105309. doi:10.1016/j.cropro.2020.105309
- Francis, S., Campbell, T., McKenzie, S., Wright, D., Crawford, J., Hamilton, T., Huntley-Jones, S., Spence, S., Belemvire, A., Alavi, K., & Torres Gutierrez, C. (2020). Screening of insecticide resistance in *Aedes aegypti* populations collected from parishes in Eastern Jamaica. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(7), e0008490. doi:10.1371/journal.pntd.0008490
- Garcia-Mendez, V. H., Ortega, L., Villanueva-Jimenez, J., & Sanchez-Arroyo, H. (2016). Susceptibility of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) to insecticides in Veracruz. Mexico. *Agrociencia*, 50(3), 355–365.
- Ghosal, A., & Hati, A. (2019). Impact of some new generation insecticides on soil arthropods in rice maize cropping system. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 80(1), 1–8. doi:80. 10.1186/s41936-019-0077-3
- Gourgouta, M., Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2019). Residual toxicity of a commercial cypermethrin formulation on grains against four major storage beetles. *Journal of Stored Products Research*, 83, 103–109. doi:10.1016/j.jspr.2019.05.001
- Guez, D., Suchail, S., Gauthier, M., Maleszka, R., & Belzunces, L. (2001). Contrasting effects of imidacloprid on habituation in 7- and 8-day old honeybees

- (*Apis mellifera*). *Neurobiology of Learning and Memory*. 76(2), 183–191. doi:10.1006/nlme.2000.3995
- Hardman, J. M., Smith, R. F., & Bent, E. (1995). Effects of different integrated pest management programs on biological control of mites on apple by predatory mites (Acari) in Nova Scotia. *Environmental Entomology*, 24(1), 125–142. doi:10.1093/ee/24.1.125
- Hardman, J., Franklin, J., Moreau, D. & Bostanian, N. (2003). An index for selective toxicity of miticides to phytophagous mites and their predators based on orchard trials. *Pest Management Science*, 59, 1321–1332. doi:10.1002/ps.769
- Hook, S. E., Doan, H., Gonzago, D., Musson, D., Du, J., Kookana, R., Sellars, M. J., & Kumar, A. (2018). The impacts of modern-use pesticides on shrimp aquaculture: An assessment for north Eastern Australia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 770–780. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.11.028
- Hostetler, M. E., & Brenner, R. J. (1994). Behavioral and physiological resistance to insecticides in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae): An experimental reevaluation. *Journal of Economic Entomology*, 87(4), 885–893. doi:10.1093/jee/87.4.885
- Ibrahim, F., Hadush, T., Abraha, G., & Alemu, A. (2020). Evaluation of some botanical extracts against major insect pests (Leafminer, Armored scale and Woolly Whitefly) of *Citrus* plants in central zone of Tigray, North Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 11(2), 258–275. doi:10.4314/mejs.v11i2.6
- Ibrahim, M. A., Ibrahim, I., Al-Antary, T., & Kaakeh, N. (2019). Evaluation of the susceptibility of four different cultivars for cherry slug *Caliroa cerasion* (L.) (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28, 8783–8788.
- Islamoglu, M., & Karacaoglu, M. (2018). Efficacy of the some insecticide used in the sunn pest *Eurygaster* spp. (Het.; Scutelleridae) struggle on the adults of *G. monspeliensis* (Picard) (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoid. *Entomology and Applied Science Letters*, 5(1), 21–26.
- Jankov, D., Indić, D., Kljajić, P., Almaši, R., Andrić, G., Vuković, S., & Grahovac, M. (2012). Initial and residual efficacy of insecticides on different

- surfaces against rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, 86(2), 211–216. doi:10.1007/s10340-012-0469-3
- Karpeta-Kaczmarek, J., Kubok, M., Dziewięcka, M., Sawczyn, T., & Augustyniak, M. (2016). The level of DNA damage in adult grasshoppers *Chorthippus biguttulus* (Orthoptera, Acrididae) following dimethoate exposure is dependent on the insects' habitat. *Environmental Pollution*, 215, 266–272. doi:10.1016/j.envpol.2016.05.032
- Kavallieratos, N. G., & Boukouvala, M. C. (2018). Efficacy of four insecticides on different types of storage bags for the management of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) adults and larvae. *Journal of Stored Products Research*, 78, 50–58. doi:10.1016/j.jspr.2018.05.011
- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Nika, E. P., & Boukouvala, M. C. (2017). Efficacy of alpha-cypermethrin, chlorfenapyr and pirimiphos-methyl applied on polypropylene bags for the control of *Prostephanus truncatus* (Horn), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 73, 54–61. doi:10.1016/j.jspr.2017.06.005
- Kavallieratos, N. G., Michail, E. J., Boukouvala, M. C., Nika, E. P., & Skourti, A. (2019). Efficacy of pirimiphos-methyl, deltamethrin, spinosad and silicoSec against adults and larvae of *Tenebrio molitor* L. on wheat, barley and maize. *Journal of Stored Products Research*, 83, 161–167. doi:10.1016/j.jspr.2019.06.012
- Knight, K. M., Brier, H. B., Lucy, M. J., & Kopittke, R. A. (2007). Impact of mirid (*Creontiades* spp.) (Hemiptera: Miridae) pest management on *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) outbreaks: The case for conserving natural enemies. *Pest Management Science*, 63(5), 447–452. doi:10.1002/ps.1354
- Lambin, M., Armengaud, C., Ramond, S., & Gauthier, M. (2001). Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 48(3), 129–134. doi:10.1002/arch.1065
- Lazarević, M., Kavallieratos, N. G., Nika, E. P., Boukouvala, M. C., Skourti, A., Žikić, V., & Papanikolaou, N. E. (2019). Does the exposure of parental female



- adults of the invasive *Trogoderma granarium* Everts to pirimiphos-methyl on concrete affect the morphology of their adult progeny? A geometric morphometric approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(34), 35061–35070. doi:10.1007/s11356-019-06120-y
- Leskey, T. C., Lee, D.-H., Short, B. D., & Wright, S. E. (2012). Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of insecticide lethality. *Journal of Economic Entomology*, 105(5), 1726–1735. doi:10.1603/ec12096
- Li, W., Lu, Z., Li, L., Yu, Y., Dong, S., Men, X., & Ye, B. (2018). Sublethal effects of imidacloprid on the performance of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi*. *PLoS One*, 13(9), e0204097. doi:10.1371/journal.pone.0204097
- Lira, A. C., Zanardi, O. Z., Beloti, V. H., Bordini, G. P., Yamamoto, P. T., Parra, J. R., & Carvalho, G. A. (2015). Lethal and sublethal impacts of acaricides on *Tamarixia radiata* (Hemiptera: Eulophidae), an important ectoparasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(5), 2278–2288. doi:10.1093/jee/fov189
- Lunardi, J. S., Zaluski, R., & Orsi, R. D. O. (2017). Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides fipronil and imidacloprid in africanized Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 64(1), 50–56. doi:10.13102/sociobiology.v64i1.1190
- Machado, A. V. A., Potin, D. M., Torres, J. B., & Torres, C. S. A. (2019). Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 184, 109669. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.109669
- Marshall, D. B., & Pree, D. J. (1991). Effects of miticides on the life stages of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *The Canadian Entomologist*, 123(1), 77–87. doi:10.4039/ent12377-1
- Matsuda, K., Shimomura, M., Ihara, M., Akamatsu, M., & Sattelle, D. B. (2005). Neonicotinoids show selective and diverse actions on their nicotinic receptor targets: electrophysiology, molecular biology, and receptor modeling studies.

- Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 69(8), 1442–1452. doi:10.1271/bbb.69.1442
- Matsumura, M., Sanada-Morimura, S., Otuka, A., Ohtsu, R., Sakumoto, S., Takeuchi, H., & Satoh, M. (2013). Insecticide susceptibilities in populations of two rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*, immigrating into Japan in the period 2005–2012. *Pest Management Science*, 70(4), 615–622. doi:10.1002/ps.3590
- Mazzuferi, V., Novo, R., & Argüello, J. A. (2004). Efficiency of organophosphorus and pyrethroids insecticides for *Scutobrachus ceratioborus* (Philippi) (Coleoptera: Bruchidae) control in *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz seeds. *Seed Science and Technology*, 32(1), 171–176. doi:10.15258/sst.2004.32.1.17
- Milenković, S. N., & Marcic, D. (2012). Raspberry leaf and bud mite (*Phyllocoptes gracilis*) in Serbia: The pest status and control options. *Acta Horticulturae*, 946, 253–256. doi:10.17660/ActaHortic.2012.946.40
- Nix, K., Coots, C., Lambdin, P., Grant, J., Paulsen, D., Wiggins, G., & Merten, P. (2014). Concentrations of imidacloprid and olefin-imidacloprid metabolite in the walnut husk maggot (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 97(4), 1848–1851. doi:10.1653/024.097.0465
- Padmasheela, N. C., & Delvi, M. R. (2004). Effect of Dimethoate (Rogor 30% EC) on the brain neurosecretory cells of third instar grubs of *Oryctes rhinoceros* L. (Coleopter: Scarabaeidae). *Journal of Environmental Biology*, 25(4), 451–455.
- Pashte, V., & Patil Shivshankar, C. (2018). Toxicity and poisoning symptoms of selected insecticides to honey bees (*Apis mellifera mellifera* L.). *Arhiv Za Bioloske Nauke*, 70(1), 5–12. doi:10.2298/abs170131020p
- Pereira, C. M. S., Novais, S. C., Soares, A. M. V. M., & Amorim, M. J. B. (2013). Dimethoate affects cholinesterases in *Folsomia candida* and their locomotion – False negative results of an avoidance behaviour test. *Science of the Total Environment*, 443, 821–827. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.11.044
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey,

- C. A., Noome, D. A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J. D., Van der Sluijs, J. P., Van Dyck, H., & Wiemers, M. (2014). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 68–102. doi:10.1007/s11356-014-3471-x
- Pridgeon, J. W., Pereira, R. M., Becnel, J. J., Allan, S. A., Clark, G. G., & Linthicum, K. J. (2008). Susceptibility of *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* Say, and *Anopheles quadrimaculatus* Say to 19 pesticides with different modes of action. *Journal of Medical Entomology*, 45(1), 82–87. doi:10.1603/0022-2585(2008)45[82:soaacq]2.0.co;2
- Rao, C. N., George, A., & Rahangadale, S. (2018). Monitoring of resistance in field populations of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) to commonly used insecticides in *Citrus* in Central India. *Journal of Economic Entomology*, 112(1), 324–328. doi:10.1093/jee/toy311
- Rasuli, F., Rafie, J. & Sadeghi, A. (2015). The acute oral toxicity of commonly used pesticides in Iran, to honeybees (*Apis Mellifera* Meda). *Journal of Apicultural Science*, 59(1) 17–26. doi:10.1515/jas-2015-0007
- Raymann, K., Motta, E. V. S., Girard, C., Riddington, I. M., Dinser, J. A., & Moran, N. A. (2018). Imidacloprid decreases honey bee survival rates but does not affect the gut microbiome. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(13), e00545-18. doi:10.1128/aem.00545-18
- Rethwisch, M. D., Natwick, E. T., Tickes, B. R., Meadows, M., & Wright, D. (1995). Impact of insect and economics of selected insecticides on early summer bermudagrass seed production in the desert southwest. *Southwestern Entomologist*, 20(2), 187–201.
- Řezáč, M., Řezáčová, V., & Heneberg, P. (2019). Contact application of neonicotinoids suppresses the predation rate in different densities of prey and induces paralysis of common farmland spiders. *Scientific Reports*, 9(1), 5724. doi:10.1038/s41598-019-42258-y
- Riaz, M. A., Chandor-Proust, A., Dauphin-Villemant, C., Poupardin, R., Jones, C. M., Strode, C., Régent-Kloeckner, M., Jean-Philippe D., & Reynaud, S. (2013).

- Molecular mechanisms associated with increased tolerance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in the dengue vector *Aedes aegypti*. *Aquatic Toxicology*, 126, 326–337. doi:10.1016/j.aquatox.2012.09.010
- Rigterink, R. H. (1966). O-pyridyl phosphates and phosphor-othoates (Patent U.S. No. 3,244,586). United States Patent Office.
- Rumbos, C. I., Dutton, A. C., & Athanassiou, C. G. (2013). Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species. *Journal of Stored Products Research*, 55, 106–115. doi:10.1016/j.jspr.2013.08.003
- Rumbos, C. I., Dutton, A. C., Tsiropoulos, N. G., & Athanassiou, C. G. (2018). Persistence and residual toxicity of two pirimiphos-methyl formulations on wheat against three stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 76, 14–21. doi:10.1016/j.jspr.2017.10.011
- Sa Kshi, S., Singh, D., kumar, R., & Kumar, A. (2020). Comparative assessment of bacterial population of gut and cast of *pheretima posthuma* exposed to imidacloprid and pendimethalin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 1218–1223. doi:10.20546/ijcmas.2020.910.146
- Scoullou, M. J., Vonkeman, G. H., Thornton, I., & Makuch, Z. (2001). *Mercury – Cadmium – Lead Handbook for Sustainable Heavy Metals Policy and Regulation* (M. J. Scoullou Ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Sérandour, J., Ravanel, P., Tissut, M., Lempérière, G., & Raveton, M. (2011). Experimental bases for a chemical control of *Coquillettidia* mosquito populations. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 101(2), 65–70. doi:10.1016/j.pestbp.2011.08.001
- Sheets, L. P. (2001). Imidacloprid: A neonicotinoid insecticide. In: K. Robert. (Ed.). *Handbook of pesticide toxicology*. (pp. 1123–1130). San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo: Academic Press is an imprint of Elsevier. doi:10.1016/b978-012426260-7.50057-4
- Sheets, L. P. (2014). Imidacloprid. In: P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of toxicology. Third Edition*. (pp. 1000–1003). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore,

- Sydney, Tokyo: Academic Press is an imprint of Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-386454-3.00153-6
- Siegfried, B. D. (1993). Comparative toxicity of pyrethroid insecticides to terrestrial and aquatic insects. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(9), 1683–1689. doi:10.1002/etc.5620120917
- Singh, H., Cheema, H. K., & Singh, R. (2020). Field evaluation of horticultural mineral oils and botanicals against bean thrips, *Megalurothrips distalis* (Karny) (Thysanoptera: Thripidae), in summer mung bean. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 124. doi:10.1186/s41938-020-00321-1
- Skourti, A., Kavallieratos, N. G., & Papanikolaou, N. E. (2020). Exposure of *Tribolium castaneum* (Herbst) females to pirimiphos-methyl alters the fitness of their progeny. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 7893–7900. doi:10.1007/s11356-020-11048-9
- Souza, D., Vieira, B. C., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., Peterson, J. A., Kruger, G. R., & Meinke, L. J. (2019). Western corn rootworm pyrethroid resistance confirmed by aerial application simulations of commercial insecticides. *Scientific Reports*, 9, 6713. doi:10.1038/s41598-019-43202-w
- Stara, J., Nesvorna, M., & Hubert, J. (2013). Comparison of the effect of insecticides on three strains of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Astigmata) using an impregnated filter paper test and a growth test. *Pest Management Science*, 70(7), 1138–1144. doi:10.1002/ps.3659
- Suchail, S., Guez, D., & Belzunces, L. P. (2000). Characteristics of imidacloprid toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, 1901–1905. doi:10.1002/etc.5620190726
- Suchail, S., Guez, D., & Belzunces, L. P. (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(11), 2482–2486. doi:10.1002/ETC.5620201113

- Tillman, P. G. (1995). Susceptibility of *Microplitis croceipes* and *Cardiochiles nigriceps* (Hymenoptera: Braconidae) to field rates of selected cotton insecticides. *Journal of Entomological Science*, 30(3), 390–396. doi:10.18474/0749-8004-30.3.390
- Vanaclocha, P., Vidal-Quist, C., Oheix, S., Montón, H., Planes, L., Catalán, J., Tena, A., Verdú, M. J., & Urbaneja, A. (2013). Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in *Citrus* on the parasitoid *Aphytis melinus*. *Journal of Pest Science*, 86(2), 329–336. doi:10.1007/s10340-012-0448-8
- Velki, M., Plavšin, I., Dragojević, J., & Hackenberger, B. K. (2014). Toxicity and repellency of dimethoate, pirimiphos-methyl and deltamethrin against *Tribolium castaneum* (Herbst) using different exposure methods. *Journal of Stored Products Research*, 59, 36–41. doi:10.1016/j.jspr.2014.04.005
- Vostrel, J. (2009). Propargite resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on czech hops. *Acta Horticulturae*, 848, 165–170. doi:10.17660/ActaHortic.2009.848.18
- Wang, Z., Cang, T., Wu, S., Wang, X., Qi, P., Wang, X., & Zhao, X. (2018). Screening for suitable chemical acaricides against two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, on greenhouse strawberries in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163, 63–68. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.07.058
- Williamson, S. M., & Wright, G. A. (2013). Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *Journal of Experimental Biology*, 216(10), 1799–1807. doi:10.1242/jeb.083931
- Yadav, S. R., Kumawat, K. C., & Khinchi, S. K. (2015). Efficacy of new insecticide molecules and bioagents against sucking insect pests of cluster bean, *Cyamopsis tetragonoloba* (Linn.) Taub. *Legume Research*, 38(3), 407–410. doi:10.5958/0976-0571.2015.00125.3
- Yarpuz-Bozdogan, N. (2016). Buffer zone assessment for aquatic organisms of pesticide application against red spider mites (*Tetranychus cinnabarinus* B.) in cotton. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 183–190.

## РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ ФУНГІЦИДІВ РИДОМІЛ ГОЛД, ТІОВІТ ДЖЕТ, ПЕНКОЦЕБ, ФАЛЬКОН, ТІЛТ, ХОРУС НА *R. KESSLERI*

### 6.1. Токсикологічні властивості препарату Пенкоцеб

**6.1.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Пенкоцеб.** Манкоцеб цинк; марганець(2+);N-[2-(сульфідокарботіоіламіно)етил]карбамодитіоат – комбінація двох дитіокарбаматів: манебу та цинебу. Це контактний фунгіцид, що застосовується у сільському господарстві для контролю багатьох грибкових захворювань на широкому спектрі польових культур, овочів, фруктів і декоративних рослин (Gullino et al., 2010; Runkle et al., 2017).

Результати оцінювання екологічного ризику показали, що манкоцеб може чинити найвищу хронічну негативну дію на бджіл і нецільові групи наземних членистоногих (Onwona-Kwakye et al., 2020). Фактичне використання фермерами манкоцебу, що у 1,3–13,0 разів перевищує рекомендовані дози, вказані в інструкції, свідчить про поширеність практики передозування фунгіцидів (Onwona-Kwakye et al., 2020). Концентрації фунгіциду манкоцеб, що у чотири рази перевищують вказану виробником норму, не чинять токсичної дії на імаго та личинок *Capsus vitripennis* Say, 1832 (Hemiptera, Miridae) (Bostanian et al., 2021). Дослідження Stanley et al. (2015) вказують, що манкоцеб безпечніший порівняно з іншими сімома досліджуваними пестицидами для *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 та *A. cerana* Fabricius, 1793 (Hymenoptera, Apidae) за прямого (обприскування рослин гірчиці у горщиках) та опосередкованого (забруднення фільтрувального паперу) впливу на бджіл.

Манкоцеб токсичний для личинок та імаго *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae), спричиняє зниження виживання, порушення та вади розвитку, зміну активності окремих ферментів (Adamski & Ziemnicki, 2004). Saraiva et al. (2021) виявили, що живлення *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera, Drosophilidae) кормом зі вмістом манкоцебу (5 та 10 мг/мл) протягом 15 діб зменшує споживання кисню та гальмує

мітохондріальні процеси у цих комах. Установлено, що концентрації манкоцебу (рекомендовані виробником) скорочують середню тривалість життя імаго *D. melanogaster* на 50 %. Дози препарату в діапазоні від 400 до 700 ppm спричиняють 50 % загибель личинок цих комах (Marchal-Ségault et al., 1985). Під час тримісячного польового експерименту Gospodarek et al. (2020) виявили, що манкоцеб значно небезпечний для ґрунтових кліщів. Arora et al. (2019) встановили, що він (75 WP за 1,25 кг/га) згубно діє на членистоногих паразитоїдів.

Манкоцеб токсичний для водних ракоподібних. Цей препарат знижує темпи живлення, швидкість збільшення популяції та розмноження *Daphnia similis* Claus, 1876 і *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera, Daphniidae) (Araujo et al., 2019). Фунгіцид підвищує активність AChE в цид двох видів і збільшує споживання кисню у *D. magna* (Araujo et al., 2019).

Застосування трьох досліджених концентрацій фунгіциду манкоцеб спричиняє смертність (< 50 %) дорослих та ювенільних особин *Typhlodromus pyri* Scheuten, 1857 (Mesostigmata, Phytoseiidae) через 7 днів після обробки. За дії фунгіциду відносний відсоток зниження плодючості для дорослих та ювенільних кліщів цього виду становить > 70 % і > 15 %, відповідно (Gadino et al., 2011). Ditillo et al. (2016) свідчать про вплив цього препарату на плодючість *Tetranychus urticae* C. L. Koch, 1836 (Trombidiformes, Tetranychidae).

Отже, токсичність манкоцебу для членистоногих вивчена фрагментарно, а даних стосовно дії цього фунгіциду на організми диплопод у світовій лутературі не виявлено.

**6.1.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Пенкоцеб на *R. kessleri*.** За результатами лабораторного експерименту *R. kessleri* переставали споживати корм вже за середньої концентрації фунгіциду Пенкоцеб –  $4,8 \cdot 10^{-2}$  мг манкоцебу/г підстилки (рис. 6.1а). За впливу манкоцебу достовірних змін маси тіла багатоніжок порівняно з контролем не спостерігали (рис. 6.1б), проте темпи утворення екскрементів знизилися приблизно удвічі порівняно з контролем вже за концентрації манкоцебу  $4,8 \cdot 10^{-2}$  мг/г підстилки (рис. 6.1в).



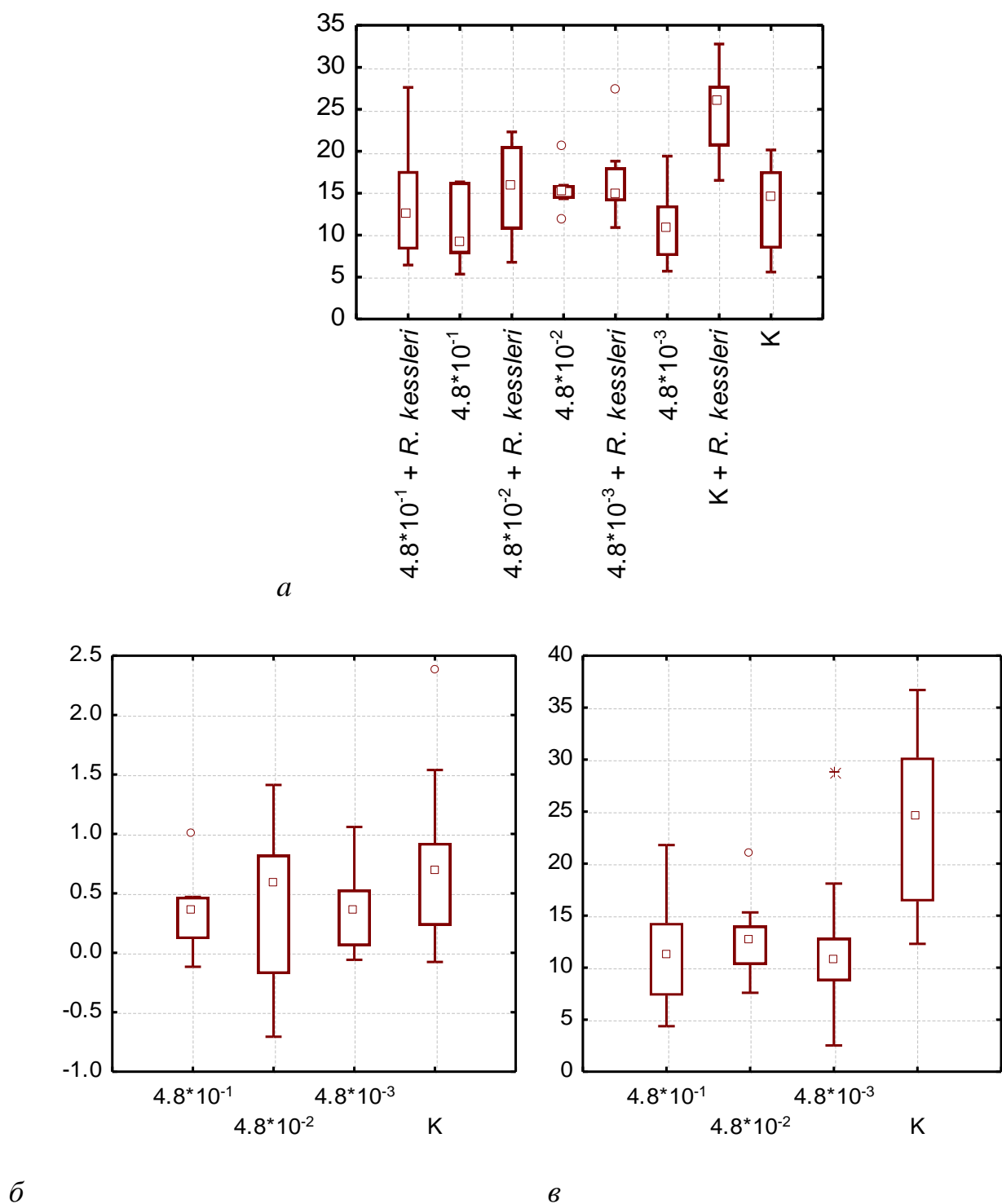


Рис. 6.1. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярів *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту у градієнті концентрації препарату Пенкоцеб: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Пенкоцеб (манкоцеб, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Пенкоцеб); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10

## 6.2. Токсикологічні властивості препарату Ридоміл Голд

**6.2.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Ридоміл Голд.** Мефеноксам (металаксил) [Метил-N-(метоксиацетил)-N-(2,6-ксилил)-D-аланінат] – системний фунгіцид, що захищає понад 100 сільськогосподарських культур від грибкових захворювань. В основному його використовують для картоплі, citrusових, бавовнику, цибулі, кабачків, томатів, тютюну, дерену та сої під час оброблення насіння (Попов и др., 2003). Мефеноксам застосовують також як позакореневий спрей для сільськогосподарських культур і для лікування оомікотичних інфекцій (White et al., 2020).

Цим фунгіцидом обприскують ґрунт для боротьби з мікопатогенами (*Pythium*, *Phytophthora* sp., *Peronospora*, тощо). Мефеноксам у концентраціях 0,24 та 0,47 % (Ridomil® Gold 4 EC, Ciba-Geigy Corporation) не має очевидних шкідливих наслідків як для імаго, так і для виживання личинок *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) та *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) (Michaud, 2001).

Інсектицидно-фунгіцидну суміш тіаметоксаму з мефеноксамом часто використовують для оброблення сої, тому її залишки можуть бути присутніми у вегетативній та квітковій тканинах рослин і потенційно впливати на корисних комах (Camargo, 2016). Значних відмінностей чисельності *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Heteroptera, Anthocoridae) та *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839) (Neuroptera, Chrysopidae) на посівах сої, оброблених тіаметоксамом з мефеноксамом, не відмічено (Camargo, 2016).

Концентрації виявлених залишків пестицидів у пилку *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) викликають занепокоєння (Tosi et al., 2018). Із 554 зібраних протягом трьох років зразків пилку з 53 італійських пасік залишки металаксилу виявлено у 16% цих проб (Tosi et al., 2018).

Вплив протягом 72-годин мефеноксаму спричинив смертність (27,5 %) *Stratiolaelaps scimitus* Berlese, 1892 (Acari, Laelapidae) (Cabrera et al., 2004).

Цей препарат збільшив тривалість протонімфальної стадії кліщів у 1,2–1,8 раза. Мефеноксам не впливає на тривалість наступних стадій життя, попереднього визрівання яєць, яйцекладки та періоду постембріонального розвитку *S. scimitus* (Cabrera et al., 2004).

Мефеноксам має *in vitro* ефективність проти ооміцету *Pythium insidiosum* De Cock, L.Mend., A.A.Padhye, Ajello & Kaufman. Cridge et al. (2020) вказують, що одночасне застосування мефеноксаму з ітраконазолом та тербінафіном через 189–193 доби зумовлює загибель *P. insidiosum* у шлунково-кишковому тракті собак (Cridge et al., 2020). Niekerk et al. (2019) зауважують, що 86 % ізолятів *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan, (1896) та *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian, (1906) (Peronosporales, Peronosporaceae) чутливі до мефеноксаму EC<sub>50</sub> (0,04 ppm). Проте ізоляти *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & De Toni, (1888) (Peronosporales, Peronosporaceae), зібрані з різних регіонів Угорщини, стійкі до мефеноксаму (Körösi et al., 2020).

Отже, токсичність мефеноксаму відносно членистоногих вивчена фрагментарно, а стосовно диплопод інформація про токсичність у світовій літературі зовсім відсутня.

**6.2.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Ридоміл Голд на *R. kessleri*.** За впливу концентрації  $4 \cdot 10^{-3}$  мг/г препарату Ридоміл Голд особини *R. kessleri* продовжують споживати корм тими самими темпами, що й у варіанті досліду без дії пестициду (рис. 6.2а). Збільшення концентрації цього пестициду до  $4 \cdot 10^{-2}$  мг/г і вище припиняє живлення багатоніжок. Маса тіла досліджуваних особин достовірно не змінюється (рис. 6.2б), а інтенсивність дефекації достовірно знижується (рис. 6.2в) вже за мінімальної із досліджених концентрацій препарату Ридоміл Голд. Таким чином, вже в мінімальній дослідженій концентрації ( $4 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки) препарат Ридоміл Голд чинить достовірну негативну дію на обмін речовин *R. kessleri*.

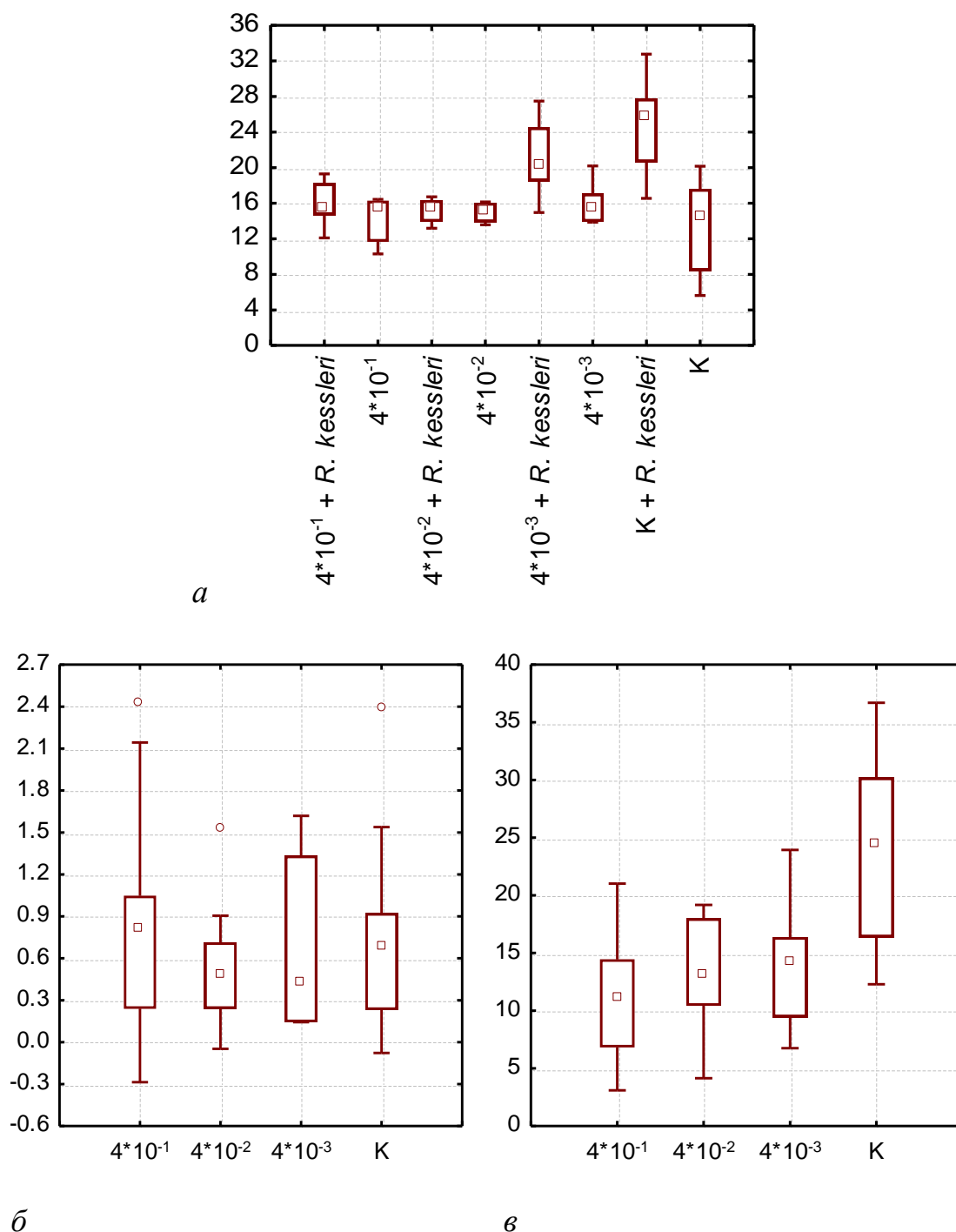


Рис. 6.2. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Ридоміл Голд: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Ридоміл Голд (суміш мефеноксаму, 640 г/кг, і манкоцебу, 40 г/кг препарату; дозування вказане за мефеноксамом, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Ридоміл Голд); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$

### 6.3. Токсикологічні властивості препарату Хорус

**6.3.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Хорус.** Ципродиніл, 4-циклопропіл-6-метил-N-фенілпіримідин-2-амін – системний фунгіцид для контролю широкого спектра патогенних мікроорганізмів (Waechter et al., 2010) застосовують у сільському господарстві для захисту злаків, винограду, ягідних культур, кісточкових фруктів та овочів (Waechter, et al., 2001). За даними компанії Syngenta AG ([www.syngenta.com](http://www.syngenta.com)), фунгіцид Хорус (діюча речовина ципродиніл) – малотоксичний препарат  $LD_{50} > 2\ 000$  мг/кг. Проте дослідження Zubrod et al. (2014) вказують на смертельну ( $< 20\ %$ ) дію цього фунгіциду  $EC_{50}$  стосовно *Gammarus fossarum* Koch, 1836 (Crustacea, Amphipoda).

Ципродиніл підвищив концентрацію холестерину та фосфоліпідів у крові щурів після 90 діб його застосування (Waechter et al., 2010). Він генотоксичний для клітинної лінії печінки людини HepG2 у концентраціях 4 та 20 мкМ, відповідно (Graillet et al., 2012). Концентрації 10, 50, 100, 250 та 500 ppm ципродинілу спричиняють зменшення відсотка активності ферменту каталази печінки (45,4, 68,0, 73,0, 77,8 та 77,4 % відповідно) великої рогатої худоби (Karadag & Ozhan, 2015).

Ципродиніл шкідливий для риб. Цей фунгіцид токсично діє на розвиток мальків *Danio rerio* (Hamilton, 1822) (Cypriniformes, Cyprinidae), достовірно змінює рівні експресії генів, пов'язані з розвитком серця (*tbx5*, *nkx2.5*, *gata4* та *tnnt2*) (Tang et al., 2020). Концентрація 0,31 мг/л ципродинілу пошкоджує ДНК *D. rerio* (Toğay et al., 2020). Wang et al. (2018) вказують, що  $LC_{50}$  ципродинілу змінює активність карбоксилестерази та цитохрому P<sub>450</sub> у рибок даніо.

Результати ґрунтового аналізу зразків диких бджіл різних видів, а також медоносних бджіл із пасік у 23 штатах США та однієї провінції Канади протягом цілого вегетаційного періоду (Mullin et al., 2010) свідчать про відносно слабкий вплив ципродинілу на цих комах. Бджоли піддаються дії засобів захисту рослин із перших днів личинкового розвитку. Після оброблення малини сорту Лашка

ципродинілом його сліди знайдено у листі ( $0,001 \text{ мкг/см}^2$  листя) та квітках ( $0,022 \text{ мкг/квітку}$ ). У зразках бджіл, розплоді та меді знайдено залишки цієї речовини, що в жодному з досліджень не перевищує ГДК (Piechowicz et al., 2018).

Отже, токсичність ципродинілу стосовно членистоногих вивчена фрагментарно, а даних щодо впливу препарату Хорус на диплопод у світовій літературі не виявлено.

**6.3.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Хорус на *R. kessleri*.** Препарат Хорус не чинив достовірного впливу на споживання корму *R. kessleri* навіть за максимальної випробуваної концентрації –  $4,5 \cdot 10^{-1} \text{ мг ципродинілу/г підстилки}$  (рис. 6.3а). Цікаво, що мінімальна з випробуваних концентрацій ( $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ мг ципродинілу/г підстилки}$ ) викликала максимальне збільшення маси тіла багатоніжок: з 0,7 до 1,9 мг/добу (рис. 6.3б). Темпи утворення екскрементів достовірно не змінюються за збільшення концентрації ципродинілу в кормі багатоніжок (рис. 6.3в).

## 6.4. Токсикологічні властивості препарату Тіовіт Джет

**6.4.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Тіовіт Джет.** Сірка (S) – діюча речовина препарату Тіовіт Джет; один із найважливіших елементів для життя, фармацевтичної промисловості та сільського господарства. Сполуки сірки – складові всіх організмів (Steudel, 2020). Її використовують як компонент добрив (Vieira et al., 2018). Сірка – найдавніший фунгіцид, який застосовують під час оброблення винограду, полуниці, багатьох овочів і деяких інших культур для боротьби із широким спектром борошнисторосяних грибків, а також збудників чорної плямистості рослин (Costello, 2007). Порошок елементарної сірки використовують проти кліщів, а розведений розчин «вапняної сірки» застосовують на домашніх тваринах для знищення збудників дерматофітозу волосяної частини голови (грибів родів *Trichophyton*, *Microsporum* і *Epidermophyton*), корости (*Sarcoptes scabiei* (Linnaeus, 1758)) тощо (Alipour & Goldust, 2015; Moriello, 2017; Salavastu et al., 2017).

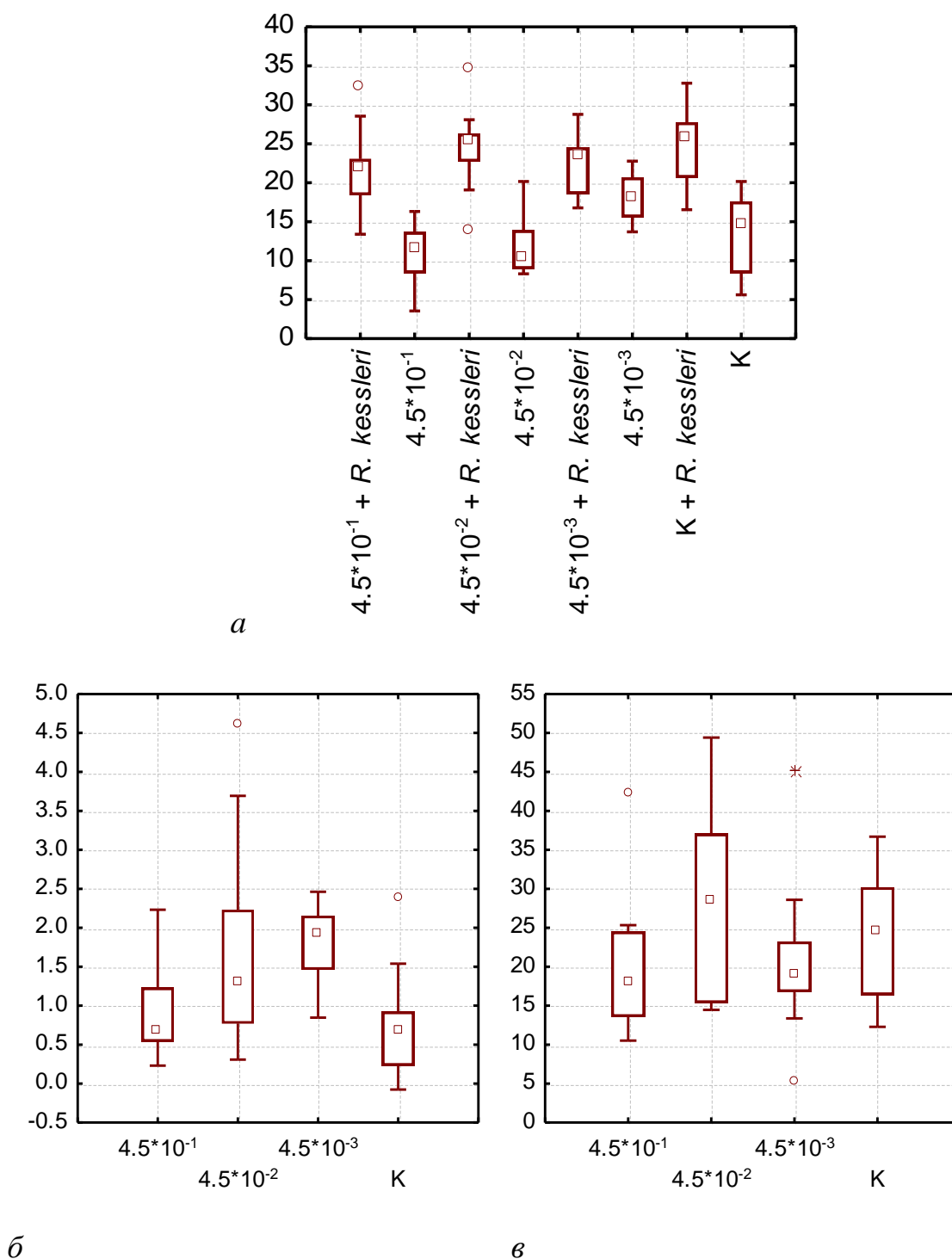


Рис. 6.3. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Хорус: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Хорус (ципродиніл, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Хорус); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10

У теплиці розсаду евкаліпта підживлюють індивідуально калієм, кальцієм, магнієм, азотом, фосфором і сірчаним поживним розчином. Дефіцит у рослинах сірки негативно позначився на розвитку хижака *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera, Pentatomidae), подовжуючи тривалість його личинкових стадій (Vieira et al., 2018). Santos et al. (2017) виявили, що підживлення сіркою рослин капусти (*Brassica oleracea* var. *capitata*) може знизити їх стійкість проти комах *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Plutellidae).

Змочена сірка стає ефективною за  $t^{\circ}$  27,5  $^{\circ}$ C та 75 % вологості (Auger et al., 2003). Акарицидний ефект посилюється з підвищенням температури або вологості (за 35  $^{\circ}$ C та 90 % вологості спостерігається максимальна ефективність цього препарату). У діапазоні температур 20–35  $^{\circ}$ C і вологості 30–90 % Auger et al. (2003) спостерігали максимальну смертність протонімф і телеохризалисів *Tetranychus urticae* C. L. Koch, 1836 (Trombidiformes, Tetranychidae). У таких умовах самки цього виду кліщів зазвичай гинули ще до завершення експерименту (Auger et al., 2003). Teodoro et al. (2005) установили, що хижий вид кліщів *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, 1972 (Mesostigmata, Phytoseiidae) у 17,20 разів стійкіший до сірки, ніж рослиноїдний південний червоний кліщ *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Trombidiformes, Tetranychidae). Зростання концентрації цього акарициду зменшує темп приросту популяцій обох видів кліщів. Препарат у рекомендованій концентрації забезпечує ефективний контроль *O. ilicis* (Teodoro et al., 2005). Полісульфід кальцію (вапняна сірка) та тіосульфат амонію протягом 48 годин спричиняють загибель (58–100%) таких кліщів: *Galandromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari, Phytoseiidae), *T. urticae* і *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Trombidiformes, Tetranychidae) (Beers et al., 2009).

De Barros et al. (2019) вказують, що сірка токсична для комах. Препарат «Sulfur 12cH» зумовлює 94,6 % загибель мух *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera, Calliphoridae). Вапняна сірка спричиняє загибель імаго *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera, Drosophilidae) та зменшує



кількість яєць, відкладених на рослинах полуниці, оброблених цим фунгіцидом ( $LC_{50} = 26,6$  мл) (Andreazza et al., 2018). Менш токсичну дію сірки (38 % загибель) Neung et al. (2014) установили на личинок *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Plutellidae). Amarasekare et al. (2013) свідчать, що дві дози сірки (рекомендована виробником і в 10 разів менша) токсичні для німф і впливають на появу у дорослих клопів *Deraeocoris brevis* (Uhler, 1904) (Hemiptera, Miridae).

Розчин сірки з вапном, який використовують у садах під час проріджування квітів, токсичний для медоносних бджіл. Обробка 1 % розчином збільшує смертність *A. mellifera* (Son et al., 2020). Застосування Liu (2018) діоксиду сірки ( $SO_2$ ) 100 ppm протягом трьох і чотирьох діб за умов низької концентрації кисню у лабораторії спричиняє 100 % загибель яєць і німф, а також імаго *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn, 1900) та *Planococcus ficus* Signoret, 1875 (Hemiptera, Pseudococcidae).

Сірка (шляхом розміщення смуги матеріалу навколо тканин рослини або шляхом безпосереднього нанесення на листя) ефективно запобігає пошкодженню вегетативних частин автотрофного організму равликами *Leidyula floridana* (Leidy, 1851) (Gastropoda, Veronicellidae). Сірчана принада сприяє зменшенню рослиноїдності у цього виду равликів (Capinera, 2018). Дані щодо впливу сірки на організм двопарноногих багатоніжок у світовій літературі відсутні.

**6.4.2. Результати лабораторних досліджень впливу препарату Тіовіт Джет на *R. kessleri*.** Внесення у підстилку препарату Тіовіт Джет, навіть у найвищих концентраціях, не знижувало споживання корму *R. kessleri* (рис. 6.4а). Цікаво, що додавання сірки до підстилки достовірно збільшило масу тіла багатоніжок: медіана надбавки маси тіла зростала з 0,7 мг/добу в контролі до 1,5–1,7 мг/добу за концентрації сульфуру  $4,8 \cdot 10^{-3} - 4,8 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки (рис. 6.4б). Достовірних змін інтенсивності продукції екскрементів багатоніжками у градієнті концентрації препарату Тіовіт Джет не зареєстровано (рис. 6.4в).

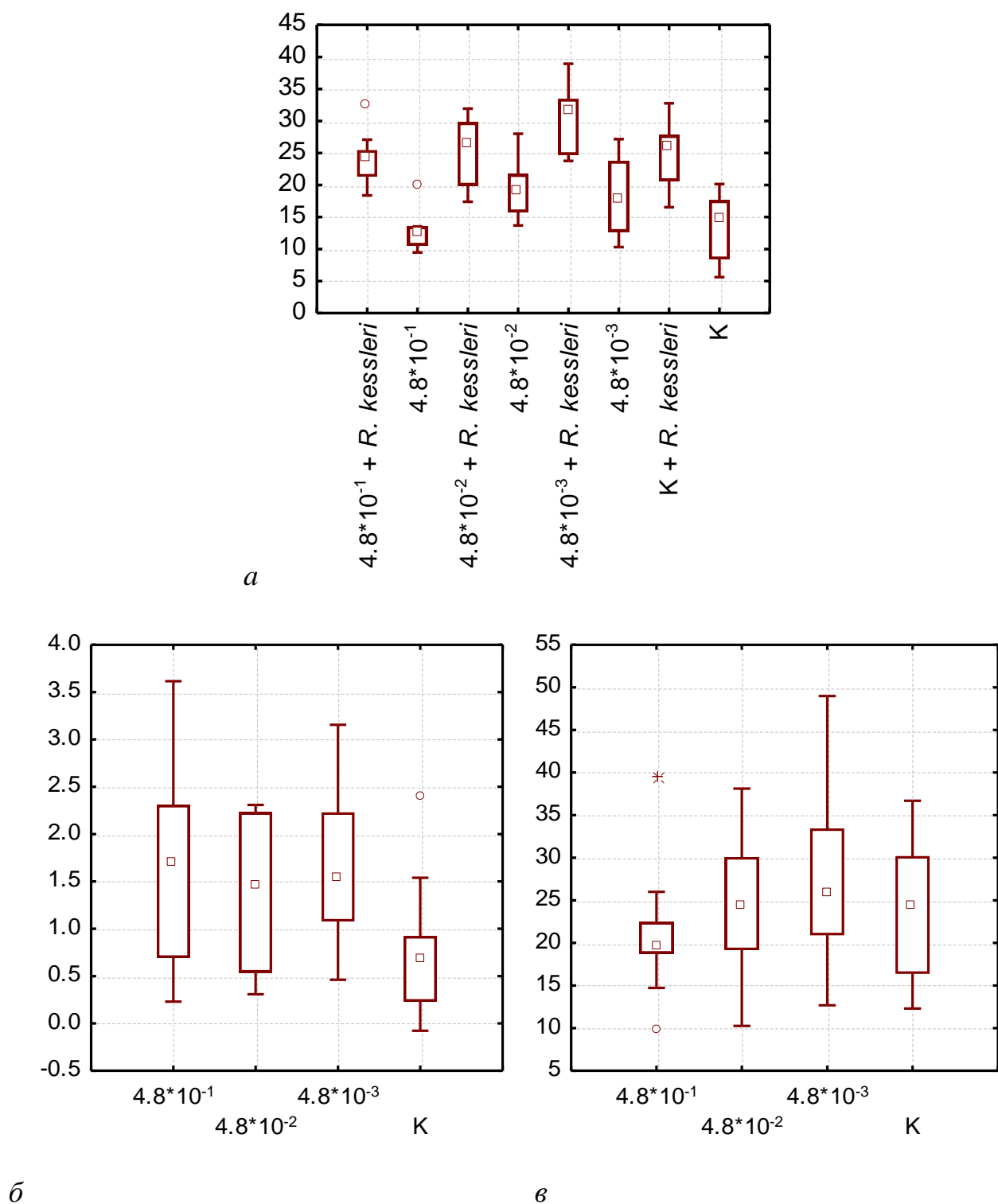


Рис. 6.4. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Тіовіт Джет: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Тіовіт Джет (сульфур, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Тіовіт Джет); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10

## 6.5. Токсикологічні властивості препарату Фалькон

**6.5.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Фалькон.** Цей системний суперфунгіцид складається із трьох діючих речовин: тебуконазол, триадименол і спіроксамін із різними структурними формулами (рис. 6.5).

Тебуконазол, 1-(4-хлорфеніл)-4,4-диметил-3-(1,2,4-триазол-1-ілметил)пентан-3-ол – триазольний фунгіцид широкого спектра дії, що використовується у сільському господарстві для боротьби з патогенними для рослин грибами. Ця речовина характеризується захисними, лікувальними та фунгіцидними властивостями (Белов, 2003).

Триадименол, 1(4-хлорфенокси)-3,3-диметил-1-(1,2,4-триазол-1-іл)бутан-2-ол – системний фунгіцид із класу триазолів, легко проникає з обробленого насіння в проростки та протягом тижнів може захищати рослини від ураження борошнистою росою і, частково, іржею (Попов и др., 2003).

Спіроксамін, N-[(8-тре-бутил-1,4-діоксаспіро[4,5]декан-3-іл)метил]-N-етилпропан-1-аміну – сполука групи кетоамінів, що пригнічує біосинтез стеринів у грибах. Він використовується для боротьби з борошнистою росою на зернових та овочевих культурах (Liskovskyi et al., 2021).

За даними компанії Bayer AG ([www.bayer.com](http://www.bayer.com)), препарати на основі тебуконазолу, триадименолу та спіроксаміну застосовують проти таких захворювань:

- озимого жита, озимої та ярої пшениці, озимого та ярого ячменю (гельмінтоспоріозу, фузаріозу колоса, септоріозу, ринхоспоріозу, ламкості стебел, різних видів іржі, плямистості листя та борошнистої роси);
- цукрового буряку (борошнистої роси, церкоспорозу, фомозу).

З економічного погляду, Фалькон – ефективний засіб для боротьби зі шкідниками більшості сільськогосподарських культур, але надмірне використання цього препарату може чинити негативний вплив на природне середовище (Белов, 2003; Акименко и др., 2016). Крім свого призначення, цей

препарат також може токсично впливати на нецільові організми, включаючи мікроорганізми, які живуть у ґрунті. Внесення у ґрунт препарату «Falcon 460 ЕС» у дозах, що у 30, 150 і 300 разів перевищують рекомендовану, зменшує біологічне різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Це, у свою чергу, може викликати зміни біологічної активності ґрунту (Ва́смага et al., 2016).

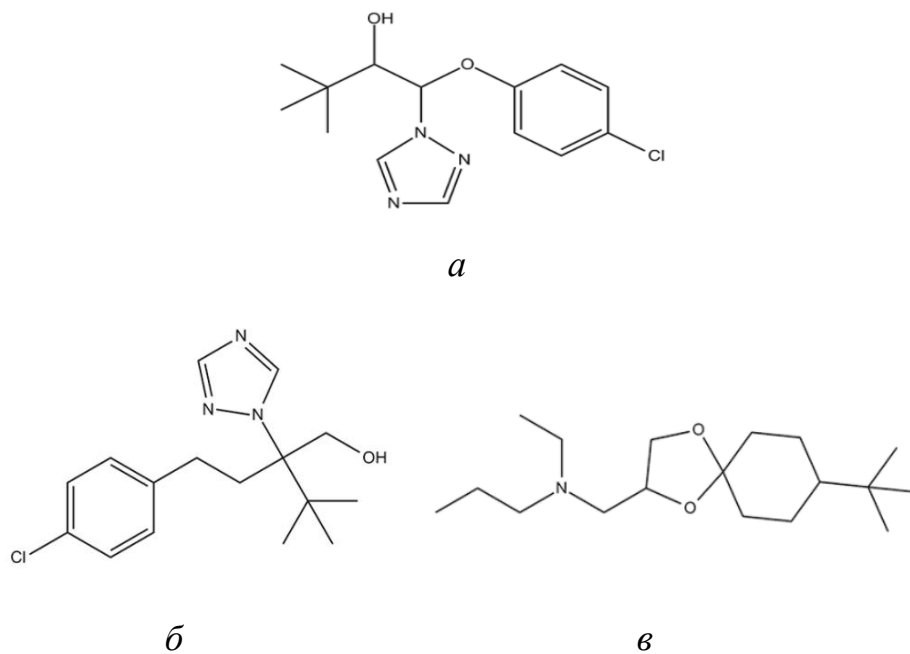


Рис. 6.5. Структурні формули тебуконазолу (а), тріадіменолу (б) та спіроксаміну (в)

Тебуконазол токсичний для членостоногих. Концентрація 0,40 мг/л тебуконазолу зменшує масу кокона, масу оболонки кокона та швидкість утворення оболонки кокона гусеницями *Bombyx mori* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera, Bombycidae) на 6,8, 11,8 та 4,4 %, відповідно (Li et al., 2019). Цей препарат пошкоджує слинні залози шовковичного шовкопряда, знижує регуляцію транскрипції генів (*Fibh*, *Fibl*, *P25*, *Ser2*, *Ser3*), які беруть участь у синтезі білка у слинних залозах (Li et al., 2019).

Шукаючи корм (в міському середовищі та на сільськогосподарських територіях), джмелі *Bombus pratorum* Linnaeus, 1761, *B. lapidarius* (Linnaeus, 1758), *B. terrestris* (Linnaeus, 1758), *B. pascuorum* (Scopoli, 1763) і *B. hortorum* Linnaeus, 1761 (Hymenoptera, Apidae) зазнають впливу фунгіцидів (Botías et al., 2017). Із 150 зібраних екземплярів джмелів у 27,5 % особин виявлено

тебуконазол, а у 18,7 % – спіроксамін. Концентрації та частота виявлення фунгіцидів вищі в екземплярів комах, зібраних з агроландшафтів, порівняно з міськими ділянками (Botías et al., 2017). Експериментально показано наявність залишків тебуконазолу в концентраціях від 0,80 до 30 нг/г в організмі джмелів *B. terrestris* (David et al., 2015).

Концентрації тебуконазолу 0,52, 0,71 та 1,14 мг/л зменшують кількість новонароджених рачків на одну самицю та змінюють розмір тіла *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera, Daphniidae) під час 21-добового експерименту (Sancho et al., 2016). Цей фунгіцид у концентрації 1,14 мг/л знижує виживання дафній, а за дії 0,52, 0,71 та 1,14 мг/л – зменшує внутрішню швидкість приросту популяції на 30 %. Аналогічні результати досліджень (Qi et al., 2015) вказують, що концентрація 0,05 мг/л або вища тебуконазолу достовірно знижує розмноження та впливає на розвиток *D. magna*.

Тебуконазол залежно від дози інгібував активність ферменту карбоангідрази *A. mellifera in vitro* за дії низьких мікромольних концентрацій. Значення  $IC_{50}$  для тебуконазолу становили 0,0030–0,0165 мкМ (Soydan et al., 2017). Tosi et al. (2018) виявили тебуконазол у 15 % пилку, зібраного з *A. mellifera* протягом вегетаційних сезонів 2012–2014 років із італійських пасік. Дослідження щодо впливу препарату Фалькон на організм двопарноногих багатоніжок у світовій літературі відсутні.

**6.5.2 Результати лабораторних досліджень впливу фунгіциду Фалькон на *R. kessleri*.** Для фунгіциду Фалькон достовірні відмінності маси підстилки між варіантами досліду з *R. kessleri* і без них зберігаються у концентраціях  $1,1 \cdot 10^{-3}$  та  $1,1 \cdot 10^{-2}$  мг тебуконазолу/г підстилки (рис. 6.6а). За максимальної концентрації Фалькону споживання корму багатоніжками припиняється. Маса тіла *R. kessleri* в усіх варіантах досліду із цим пестицидом достовірно не відрізняється від контрольної групи багатоніжок (рис. 6.6б). Темпи утворення екскрементів знижуються більше ніж удвічі за концентрації  $1,1 \cdot 10^{-3}$  мг тебуконазолу/г підстилки цього пестициду (рис. 6.6в).

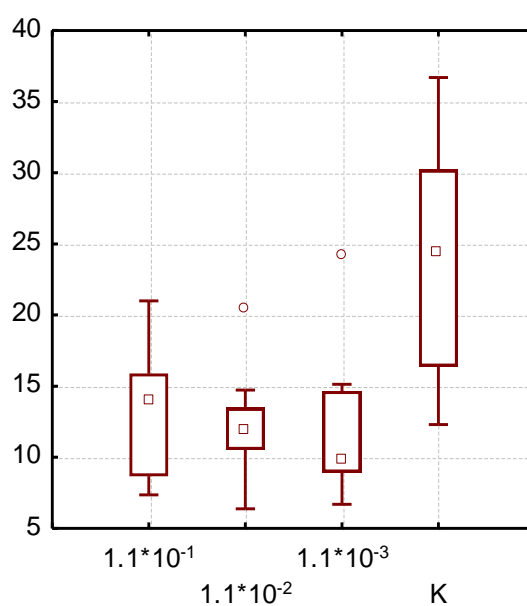
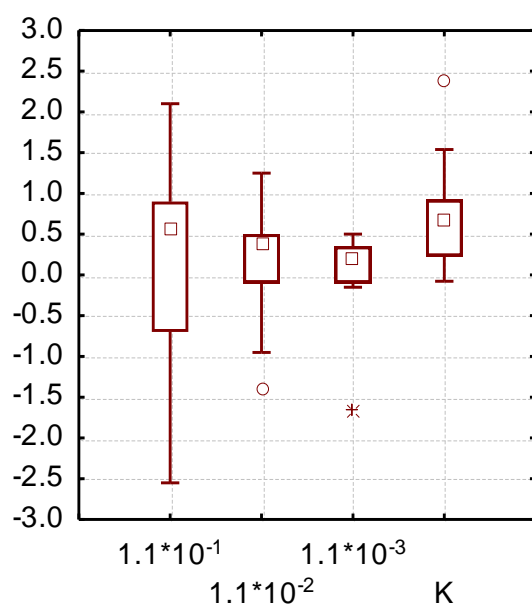
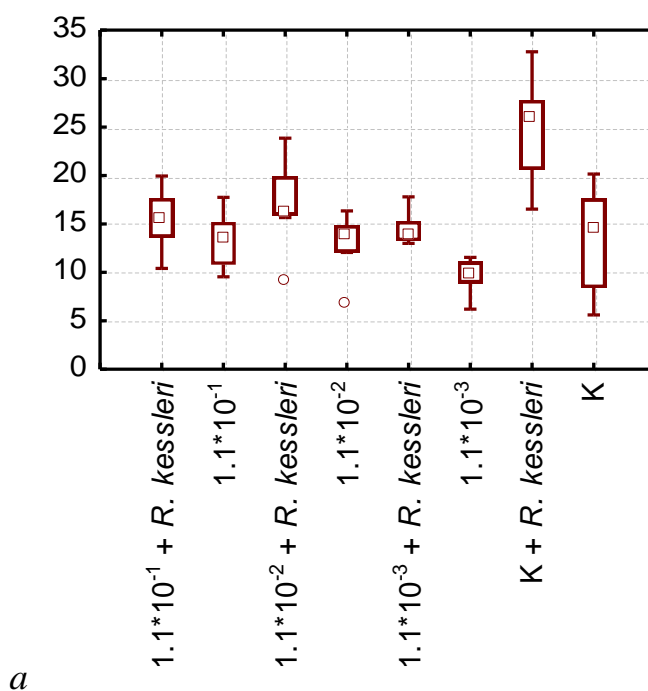


Рис. 6.6. Зміна маси корму (*a*), маси тіла (*б*), продукції фекалій (*в*) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Фалькон: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Фалькон (суміш тебуконозолу, 167 г/л, триадименолу, 43 г/л, і спіроксаміну, 250 г/л, концентрація указана за тебуконозолом, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Фалькон); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно;  $n = 10$

## 6.6. Токсикологічні властивості препарату Тілт

**6.6.1. Аналіз літературних відомостей про біологічну активність фунгіциду Тілт.** Пропіконазол 1-[[2-(2,4-дихлорфеніл)-4-пропіл-1,3-діоксолан-2-іл]метил]-1,2,4-триазол – фунгіцид із класу триазолів, що являє собою суміш чотирьох стереоізомерів; протимікробний засіб, зареєстрований у 1981 році (Hadjidemetriou & Loeffler, 1992; Gad & Pham, 2014). Цей препарат застосовується у сільському господарстві для боротьби із хворобами винограду та зернових культур (Patterson, 1982; Aguin et al., 2006).

В експериментах із дослідження гострої (стандарт LC<sub>50</sub>, 4 доби) або імпульсної токсичності (тривалість 10 діб) пропіконазолу на *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) (Malacostraca, Amphipoda) Nyman et al. (2012) встановили, що 4-добова дія вбиває більше організмів, ніж 10-добова. Летальні та сублетальні концентрації пропіконазолу протягом різних сезонів стосовно робочих бджіл *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) продемонстрували у комах погіршення координації рухів, гіперактивність та апатію. Робочі бджоли – кормозбирачі сприйнятливіші до пестицидів: зареєстровано учетверо інтенсивнішу дію на них, ніж на бджіл у вулику (Tosi & Nieh, 2019).

Сублетальні концентрації пропіконазолу у польових умовах значно зменшують споживання пилку в родини *A. mellifera*, збільшують втрати репродуктивних маток і зумовлюють виникнення канібалізму (Traunor et al., 2021).

Дослідження впливу цього фунгіциду на *A. mellifera* також проводили Liao et al. (2020). Доведено, що навіть низькі концентрації пропіконазолу (додавали у раціон у цукровому розчині) в полі значно знижують тривалість життя дорослих особин *A. mellifera* (Liao et al., 2020). Експериментально показано, що пропіконазол токсичний для личинок і дорослих особин медоносних бджіл (Wade et al., 2019). Wang et al. (2019) вказують, що комбінована дія ацетаміприду та пропіконазолу викликає високу смертність як молодих бджіл (50 % смертності за 7,2 доби), так і старих (50 % за 4,8 доби). Споживання

корму, забрудненого польовими концентраціями цих речовин протягом 10 діб, зменшує масу тіла бджіл (Wang et al., 2019).

Пропіконазол – ефективний засіб для боротьби зі шкідником хутряних виробів австралійським килимовим жуком *Anthrenocerus australis* (Hope, 1843) (Coleoptera, Dermestidae) (Sunderland et al., 2014). Цей препарат у концентрації 0,4 % від маси хутра спричиняє повну загибель личинок *A. australis* (Sunderland et al., 2014).

Пропіконазол також токсичний для нецільових організмів – *Danio rerio* (F. Hamilton, 1822) (Cypriniformes, Cyprinidae) (Valadas et al., 2019): 96-годинний вплив різних концентрацій пропіконазолу (425, 850, 1 700, 8 500 нг/л) змінює поведінку *D. rerio* та порушує окисний статус тварини. Концентрації пропіконазолу 1 700 та 8 500 нг/л зменшують кількість переходів, входів та час, проведений у верхній частині, збільшують час перебування в нижній частині резервуара (Valadas et al., 2019). Доведено, що пропіконазол значно гальмує розвиток ембріонів та личинок, знижує рухову активність *D. rerio* (Teng et al., 2019). Цей фунгіцид у концентрації 0,1 мкг/мл знижує швидкість метаболізму у *Deuterodon iguape* С. Н. Eigenmann, 1907 (Characiformes, Characidae) і *D. rerio* на 71 і 40 %, відповідно (Henriques et al., 2021).

Дані щодо впливу пропіконазолу на представників класу *Diplopoda* у світовій літературі відсутні.

**6.6.2. Результати лабораторних досліджень впливу фунгіциду Тілт на *R. kessleri*.** Дія препарату Тілт зумовлювала припинення споживання багатоніжками підстилки вже в мінімальній дослідженій концентрації пропіконазолу –  $1,5 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки (рис. 6.7а). *R. kessleri* достовірно не змінював масу тіла за впливу препарату Тілт порівняно з контролем (рис. 6.7б), проте відмічено тенденцію до зниження маси тіла за мінімальної дослідженої концентрації пестициду. Можливо, за цієї концентрації багатоніжки ще продовжували споживати корм. Темпи утворення екскрементів за умов зростання концентрації препарату Тілт також достовірно не змінювалися (рис. 6.7в).



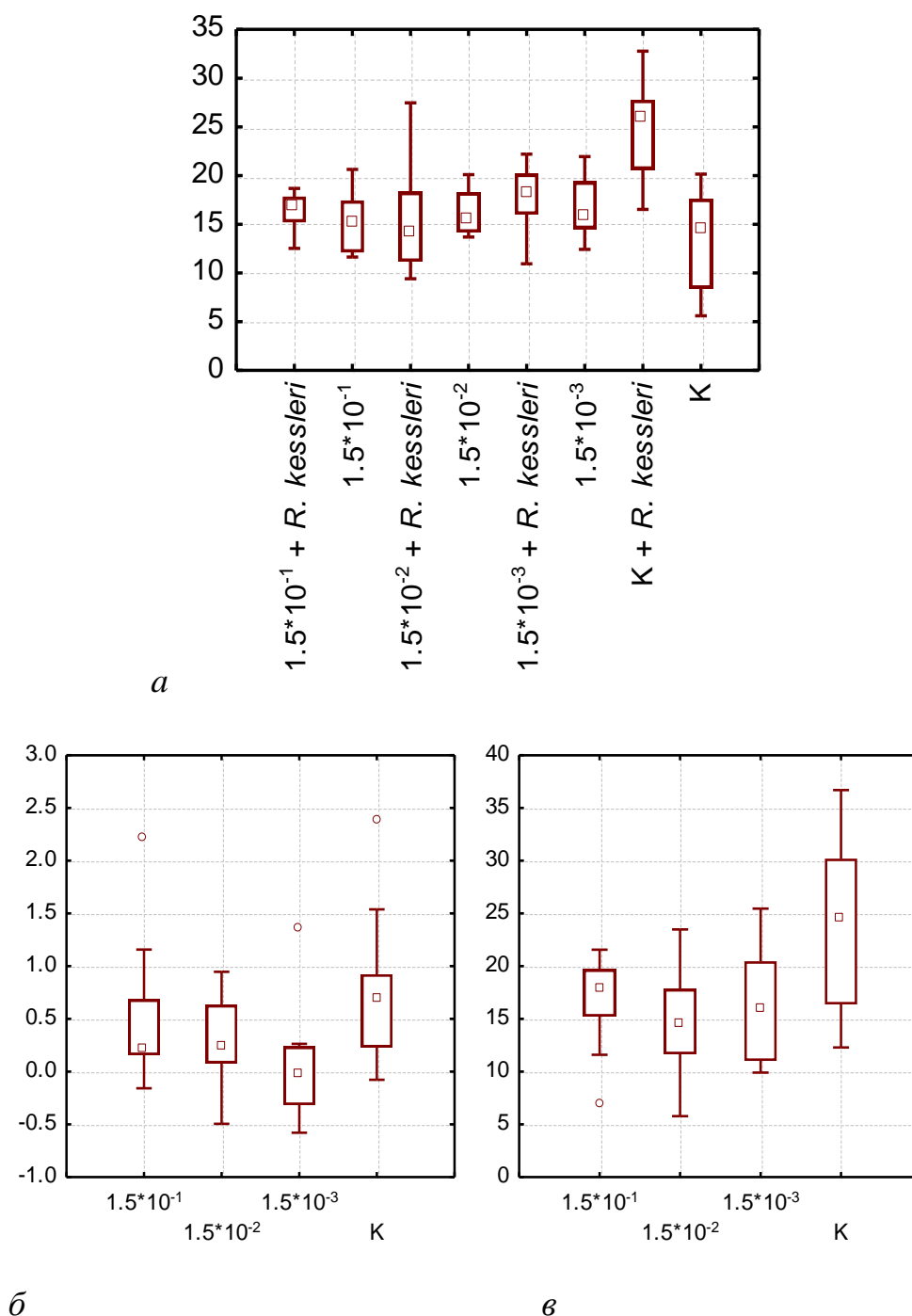


Рис. 6.7. Зміна маси корму (а), маси тіла (б), продукції фекалій (в) екземплярами *Rossiulus kessleri* (Lohm.) упродовж 20-добового експерименту в градієнті концентрації препарату Тілт: по осі абсцис – концентрація діючої речовини препарату Тілт (пропіконазол, мг/г підстилки), К – контроль (без впливу препарату Тілт); по осі ординат – середньодобова зміна маси тіла, корму або фекалій (мг/добу), відповідно; n = 10

### Висновки за розділом

1. Незважаючи на протигрибкову цільову активність фунгіцидів, вони здатні згубно впливати на фізіологічну активність багатьох видів членистоногих (ракоподібних, кліщів, комах тощо). Фізіологічна активність шести досліджених у цій дисертаційній роботі фунгіцидів стосовно двопарноногих багатоніжок у світовій літературі не висвітлена.
2. Середня концентрація ( $4,8 \cdot 10^{-2}$  мг манкоцебу/г підстилки) препарату Пенкоцеб спричиняє припинення споживання корму особинами *R. kessleri* та майже удвічі знижує темпи продукування екскрементів багатоніжками.
3. Ридоміл Голд негативно впливає на фізіологічні процеси у багатоніжок уже за дії мінімальної дослідженої концентрації ( $4 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки). За вищої концентрації у кормі цього фунгіциду припиняється живлення та знижується інтенсивність вироблення екскрементів в особин *R. kessleri*. Маса тіла багатоніжок протягом експерименту достовірно не змінюється.
4. Досліджені концентрації препарату Хорус не впливають на темпи споживання корму та інтенсивність утворення екскрементів диплоподами, а мінімальна концентрація цього препарату ( $4,5 \cdot 10^{-3}$  мг ципродинілу/г підстилки) збільшує масу тіла багатоніжок із 0,7 до 1,9 мг/добу.
5. Концентрації препарату Тіовіт Джет ( $4,8 \cdot 10^{-1}$  –  $4,8 \cdot 10^{-3}$  мг/г підстилки) збільшують масу тіла *R. kessleri* з 0,7 мг/добу в контролі до 1,5–1,7 мг/добу, відповідно, але вони не знижують темпи споживання корму та достовірно не змінюють інтенсивність утворення екскрементів багатоніжками.
6. Фунгіцид Фалькон достовірно припиняє споживання корму особинами *R. kessleri* у максимальній дослідженій концентрації ( $1,1 \cdot 10^{-1}$  мг тебуконазолу/г підстилки) і більше ніж удвічі знижує темпи утворення екскрементів вже за мінімальної дослідженої концентрації ( $1,1 \cdot 10^{-2}$  мг тебуконазолу/г підстилки).
7. Досліджені концентрації ( $1,5 \cdot 10^{-3}$  –  $1,5 \cdot 10^{-1}$ ) препарату Тілт достовірно гальмують темпи споживання корму особинами *R. kessleri*, а інтенсивність

дефекації за збільшення концентрації цього препарату у підстилці достовірно не змінюється.

*Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:*

- Kozak, V. M., Romanenko, E. R., & Brygadyrenko V. V. (2020). Influence of herbicides, insecticides and fungicides on food consumption and body weight of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Biosystems Diversity*, 28(3), 272–280. doi:10.15421/012036
- Козак, В. М. (2017). Вплив фунгіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. *Zoocenosis – 2017. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали IX Міжнародної наукової конференції*. (С. 56–57). Дніпро: ДНУ.

*Перелік посилань:*

- Акименко, Ю. В., Казеев, К. Ш., Колесников, С. И., Козунь, Ю. С., Мясникова, М. А. (2016). Изменение биологических свойств чернозема обыкновенного североприазовского при загрязнении современными биоцидами. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 18 (2–2), 276–279.
- Белов, Д. А. (2003). Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении. *Учебное пособие для студентов специальностей 260400, 260500*. Москва: МГУЛ.
- Adamski, Z., & Ziemnicki, K. (2004). Side-effects of mancozeb on *Spodoptera exigua* (Hübner) larvae. *Journal of Applied Entomology*, 128(3), 212–217. doi:10.1111/j.1439-0418.2004.00840.x
- Aguín, O., Mansilla, J. P., & Sainz, M. J. (2006). In vitro selection of an effective fungicide against *Armillaria mellea* and control of white root rot of grapevine in the field. *Pest Management Science*, 62(3), 223–228. doi:10.1002/ps.1149
- Alipour, H., & Goldust, M. (2015). The efficacy of oral ivermectin vs. sulfur 10% ointment for the treatment of scabies. *Annals of Parasitology*, 61(2), 79–84.

- Amarasekare, K. G., & Shearer, P. W. (2013). Laboratory bioassays to estimate the lethal and sublethal effects of various insecticides and fungicides on *Deraeocoris brevis* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 776–785. doi:10.1603/ec12432
- Andreazza, F., Vacacela Ajila, H. E., Haddi, K., Colares, F., Pallini, A., & Oliveira, E. E. (2018). Toxicity to and egg-laying avoidance of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) caused by an old alternative inorganic insecticide preparation. *Pest Management Science*, 74(4), 861–867. doi:10.1002/ps.4772
- Araujo, G. S., Pinheiro, C., Pestana, J., Soares, A., Abessa, D., & Loureiro, S. (2019). Toxicity of lead and mancozeb differs in two monophyletic *Daphnia* species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 178, 230–238. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.03.095
- Arora, S., Sehgal, M., Srivastava, D. S., Arora, S., & Sarkar, S. K. (2019). Rice pest management with reduced risk pesticides in India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(4), 214. doi:10.1007/s10661-019-7384-5
- Auger, P., Guichou, S., & Kreiter, S. (2003). Variations in acaricidal effect of wettable sulfur on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of temperature, humidity and life stage. *Pest Management Science*, 59(5), 559–565. doi:10.1002/ps.665
- Baćmaga, M., Wyszowska, J., & Kucharski, J. (2016). The effect of the Falcon 460 EC fungicide on soil microbial communities, enzyme activities and plant growth. *Ecotoxicology*, 25(8), 1575–1587.
- Beers, E. H., Martinez-Rocha, L., Talley, R. R., & Dunley, J. E. (2009). Lethal, sublethal, and behavioral effects of sulfur-containing products in bioassays of three species of orchard mites. *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 324–335. doi:10.1603/029.102.0143
- Bostanian, N. J., Larocque, N., Chouinard, G., & Coderre, D. (2001). Baseline toxicity of several pesticides to *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Hemiptera: Miridae). *Pest Management Science*, 57(11), 1007–1010. doi:10.1002/ps.374

- Botías, C., David, A., Hill, E. M., & Goulson, D. (2017). Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environmental Pollution*, 222, 73–82. doi:10.1016/j.envpol.2017.01.001
- Cabrera, A. R., Cloyd, R. A., & Zaborski, E. R. (2004). Effects of greenhouse pesticides on the soil-dwelling predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Mesostigmata: Laelapidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 97(3), 793–799. doi:10.1093/jee/97.3.793
- Camargo, C. (2016). Ecological risks of the conventional insecticide/fungicide seed treatment mixture of thiamethoxam and mefenoxam in soybean on beneficial insects. Ph.D. Diss. Department of Entomology, University of Nebraska-Lincoln.
- Capinera, J. L. (2018). Assessment of barrier materials to protect plants from *Florida leatherleaf* Slug (Mollusca: Gastropoda: Veronicellidae). *Florida Entomologist*, 101(3), 373–381. doi:10.1653/024.101.0327
- Costello, M. J. (2007). Impact of sulfur on density of *Tetranychus pacificus* (Acari: Tetranychidae) and *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) in a central California vineyard. *Experimental and Applied Acarology*, 42(3), 197–208. doi:10.1007/s10493-007-9087-9
- Cridge, H., Hughes, S., Langston, V., & Mackin, A. (2020). Mefenoxam, itraconazole, and terbinafine combination therapy for management of pythiosis in dogs (six cases). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 56(6), 307. doi:10.5326/JAAHA-MS-7039
- David, A., Botías, C., Abdul-Sada, A., Goulson, D., & Hill, E. M. (2015). Sensitive determination of mixtures of neonicotinoid and fungicide residues in pollen and single bumblebees using a scaled down QuEChERS method for exposure assessment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(26), 8151–8162. doi:10.1007/s00216-015-8986-6
- De Barros, G. P., Seugling, J., & Bricarello, P. A. (2019). Effect of homeopathic medicines and a nosode on larvae of *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). *Homeopathy*, 108(03), 177–182. doi:10.1055/s-0038-1677479

- Ditillo, J. L., Kennedy, G. G., & Walgenbach, J. F. (2016). Effects of insecticides and fungicides commonly used in tomato production on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*, 109(6), 2298–2308. doi:10.1093/jee/tow234
- Gadino, A. N., Walton, V. M., & Dreves, A. J. (2011). Impact of vineyard pesticides on a beneficial arthropod, *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae), in laboratory bioassays. *Journal of Economic Entomology*, 104(3), 970–977. doi:10.1603/ec10330
- Gospodarek, J., Boligłowa, E., & Gleń-Karolczyk, K. (2020). Impact of nonchemical protection of broad bean on epigeic and soil arthropodofauna – analysis in field-realistic conditions. *Agronomy*, 10(2), 211. doi:10.3390/agronomy10020211
- Graillot, V., Takakura, N., Hegarat, L. L., Fessard, V., Audebert, M., & Cravedi, J. P. (2012). Genotoxicity of pesticide mixtures present in the diet of the French population. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 53(3), 173–184. doi:10.1002/em.21676
- Gullino, M. L., Tinivella, F., Garibaldi, A., Kemmitt, G. M., Bacci, L., & Sheppard, B. (2010). Mancozeb: Past, Present, and Future. *Plant Disease*, 94(9), 1076–1087. doi:10.1094/PDIS-94-9-1076
- Hadjidemetriou, D., & Loeffler, R. T. (1992). Synthesis of [triazole-3(5)-<sup>14</sup>C]-propiconazole stereoisomers. *Label Compd Radiopharm*, 31, 545–551. doi:10.1002/jlcr.2580310706
- Henriques, M. B., Rezende, K. F. O., Castilho-Barros, L., & Barbieri, E. (2021). Sublethal effects of propiconazole on the metabolism of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907), a native species from Brazil. *Fish Physiol Biochem*, 47, 1165–1177. doi:10.1007/s10695-021-00968-z
- Karadag, H., & Ozhan, F. (2015). Effect of cyprodinil and fludioxonil pesticides on bovine liver catalase activity. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(1), 40–44. doi:10.1080/13102818.2014.992740
- Körösi, K., Kovács, A., Nisha, N., Bóta, I., Perczel, M., Alrashid Yousif, A. I., Kiss, J., & Bán, R. (2020). New data on pathotype distribution and mefenoxam tolerance of

- Plasmopara halstedii in Hungary. *Plant Protect Science*, 57, 31–37. doi:10.17221/73/2020-PPS
- Li, S., Jiang, H., Qiao, K., Gui, W., & Zhu, G. (2019). Insights into the effect on silkworm (*Bombyx mori*) cocooning and its potential mechanisms following non-lethal dose tebuconazole exposure. *Chemosphere*, 234, 338–345. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.06.105
- Liao, L. H., Pearlstein, D. J., Wu, W. Y., Kelley, A. G., Montag, W. M., Hsieh, E. M., & Berenbaum, M. R. (2020). Increase in longevity and amelioration of pesticide toxicity by natural levels of dietary phytochemicals in the honey bee, *Apis mellifera*. *PloS One*, 15(12), e0243364. doi:10.1371/journal.pone.0243364
- Liskovskyi, S., Demydov, O., Siroshstan, A., Kavunets, V., Zaima, O., & Shevchenko, T. (2021). Influence of plant protection products on yield and sowing qualities of spring wheat seeds. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (65–1), 3–9. doi:10.24412/3453-9875-2021-65-1-3-9
- Liu, Y.-B. (2018). Sulfur dioxide fumigation for postharvest control of mealybugs on harvested table grapes. *Journal of Economic Entomology*, 112(2), 597–602. doi:10.1093/jee/toy373
- Marchal-Ségault, D., Seugé, J., & Laugé, G. (1985). Studies on the toxicity of some carbamate fungicides in *Drosophila melanogaster* Meig. (Insecta, Diptera). *Environmental research*, 37(1), 26–32. doi:10.1016/0013-9351(85)90046-5
- Michaud, J. P. (2001). Responses of two ladybeetles to eight fungicides used in Florida citrus: Implications for biological control. *Journal of Insect Science*, 1, 6. doi:10.1093/jis/1.1.6
- Moriello, K. A. (2017). In vitro efficacy of shampoos containing miconazole, ketoconazole, climbazole or accelerated hydrogen peroxide against *Microsporum canis* and *Trichophyton species*. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19(4), 370–374. doi:10.1177/1098612X15626197
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., Vanengelsdorp, D., & Pettis, J. S. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North

- American apiaries: Implications for honey bee health. *PloS One*, 5(3), e9754. doi:10.1371/journal.pone.0009754
- Neung, S., Nguyen, X. H., Naing, K. W., Lee, Y. S., & Kim, K. Y. (2014). Insecticidal potential of *Paenibacillus elgii* HOA73 and its combination with organic sulfur pesticide on diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 57(2), 181–186. doi:10.1007/s13765-013-4273-4
- Niekerk, J., Basson, E., Olivier, C., Carelse, G.-L., & Guarnaccia, V. (2019). Chlorine and mefenoxam sensitivity of *Phytophthora nicotianae* and *Phytophthora citrophthora* from South African *Citrus* nurseries. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(3), 629–638. doi:10.14601/Phyto-10973
- Nyman, A. M., Schirmer, K., & Ashauer, R. (2012). Toxicokinetic-toxicodynamic modelling of survival of *Gammarus pulex* in multiple pulse exposures to propiconazole: model assumptions, calibration data requirements and predictive power. *Ecotoxicology* (London, England), 21(7), 1828–1840. doi:10.1007/s10646-012-0917-0
- Onwona-Kwakye, M., Hogarh, J. N., & Van den Brink, P. J. (2020). Environmental risk assessment of pesticides currently applied in Ghana. *Chemosphere*, 254, 126845. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.126845
- Patterson, T. M. (1982). Propiconazole – a new systemic fungicide for disease control in cereals. *Proceedings of the New Zealand Weed and Pest Control Conference*, 35, 196–198. doi:10.30843/nzpp.1982.35.10590
- Piechowicz, B., Mróz, K., Szpyrka, E., Zwolak, A., & Grodzicki, P. (2018). Transfer of plant protection products from raspberry crops of Laszka and Seedling varieties to beehives. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(3), 135. doi:10.1007/s10661-018-6491-z
- Runkle, J., Flocks, J., Economos, J., & Dunlop, A. L. (2017). A systematic review of Mancozeb as a reproductive and developmental hazard. *Environment International*, 99, 29–42. doi:10.1016/j.envint.2016.11.006



- Salavastru, C. M., Chosidow, O., Boffa, M. J., Janier, M., & Tiplica, G. S. (2017). European guideline for the management of scabies. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*, 31(8), 1248–1253. doi:10.1111/jdv.14351
- Sancho, E., Villarroel, M. J., & Ferrando, M. D. (2016). Assessment of chronic effects of tebuconazole on survival, reproduction and growth of *Daphnia magna* after different exposure times. *Ecotoxicology and Environmental Eafety*, 124, 10–17. doi:10.1016/j.ecoenv.2015.09.034
- Santos, N. A., Teixeira, N. C., Valim, J. O. S., Almeida, E. F. A., Oliveira, M. G. A., & Campos, W. G. (2017). Sulfur fertilization increases defense metabolites and nitrogen but decreases plant resistance against a host-specific insect. *Bulletin of Entomological Research*, 108(4), 479–486. doi:10.1017/s0007485317001018
- Saraiva, M. A., de Carvalho, N. R., Martins, I. K., Macedo, G. E., Rodrigues, N. R., de Brum Vieira, P., Prigol, M., Gomes K. K., Ziech, C. C., Franco, J. L., & Posser, T. (2021). Mancozeb impairs mitochondrial and bioenergetic activity in *Drosophila melanogaster*. *Heliyon*, 7(1), e06007. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06007
- Son, T., Hwang, H., Mostafiz, Md., Ozaki, Y., & Lee, K. (2020). Effects of eco-friendly flower thinning formulations on a pollination insect, *Apis mellifera*. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 65(2), 233–236. doi:10.5109/4103696
- Soydan, E., Güler, A., Bıyık, S., Şentürk, M., Supuran, C. T., & Ekinci, D. (2017). Carbonic anhydrase from *Apis mellifera*: purification and inhibition by pesticides. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 32(1), 47–50. doi:10.1080/14756366.2016.1232255
- Stanley, J., Sah, K., Jain, S. K., Bhatt, J. C., & Sushil, S. N. (2015). Evaluation of pesticide toxicity at their field recommended doses to honeybees, *Apis cerana* and *A. mellifera* through laboratory, semi-field and field studies. *Chemosphere*, 119, 668–674. doi:10.1016/j.chemosphere.2014.07.039

- Steudel, R. (2020). The chemical sulfur cycle. In: P. Lens & L. H. Pol (Eds.), *Environmental technologies to treat sulphur pollution: principles and engineering* (pp. 11–53). London: IWA Publishing. doi:10.2166/9781789060966\_0011
- Sunderland, M. R., Cruickshank, R. H., & Leighs, S. J. (2014). The efficacy of antifungal azole and antiprotozoal compounds in protection of wool from keratin-digesting insect larvae. *Textile Research Journal*, 84(9), 924–931. doi:10.1177/0040517513515312
- Tang, C., Shen, C., Zhu, K., Zhou, Y., Chuang, Y.-J. & He, C., & Zuo, Z. (2020). Exposure to the AhR agonist cyprodinil impacts the cardiac development and function of zebrafish larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201, 110808. doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110808
- Teng, M., Zhao, F., Zhou, Y., Yan, S., Tian, S., Yan, J., Meng, Z., Bi, S., & Wang, C. (2019). Effect of Propiconazole on the lipid metabolism of zebrafish embryos (*Danio rerio*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(16), 4623–4631. doi:10.1021/acs.jafc.9b00449
- Teodoro, A. V., Fadini, M. A. M., Lemos, W. P., Guedes, R. N. C., & Pallini, A. (2005). Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. *Experimental and Applied Acarology*, 36(1–2), 61–70. doi:10.1007/s10493-005-0507-4
- Toğay, V. A., Yavuz Türel, G., Aşçı Çelik, D., Özgöçmen, M., Evgen Tülüceoğlu, E., Şen, İ., & Ayvaz, Y. (2020). DNA damage effect of cyprodinil and thiacloprid in adult zebrafish gills. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(12), 1–6. doi:10.1007/s11356-020-11668-1
- Tosi, S., & Nieh, J. C. (2019). Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto®), on honeybees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286(1900), 20190433. doi:10.1098/rspb.2019.0433
- Tosi, S., Costa, C., Vesco, U., Quaglia, G., & Guido, G. (2018). A 3-year survey of Italian honey bee-collected pollen reveals widespread contamination by

- agricultural pesticides. *Science of The Total Environment*, 615, 208–218. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.09.226
- Traynor, K. S., vanEngelsdorp, D., & Lamas, Z. S. (2021). Social disruption: sublethal pesticides in pollen lead to *Apis mellifera* queen events and brood loss. bioRxiv. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 214, 112105. doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112105
- Valadas, J., Mocelin, R., Sachett, A., Marcon, M., Zanette, R. A., Dallegrave, E., Herrmann, A. P., & Piato, A. (2019). Propiconazole induces abnormal behavior and oxidative stress in zebrafish. *Environmental Science and Pollution Research International*, 26(27), 27808–27815. doi:10.1007/s11356-019-05977-3
- Vieira, E. R. D., Silva, E. de B., Soares, M. A., Júnior, S. L. A., Barroso, G. A., & Lemes, P. G. (2018). Lack of macronutrients in *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Myrtaceae) seedlings affects feed and development of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: pentatomidae). *Bioscience Journal*, 34(1), 42–48. doi:10.14393/bj-v34n1a2018-34484
- Wade, A., Lin, C. H., Kurkul, C., Regan, E. R., & Johnson, R. M. (2019). Combined toxicity of insecticides and fungicides applied to California almond orchards to honey bee larvae and adults. *Insects*, 10(1), 20. doi:10.3390/insects10010020
- Waechter, F., Weber, E., & Hertner, T. (2001). Cyprodinil: a fungicide of the anilinopyrimidine class. In: R. I. Krieger (Ed.), *Handbook of Pesticide Toxicology (Second Edition)*, (pp. 1701–1710). San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo: Academic Press. doi:10.1016/b978-012426260-7.50081-1
- Waechter, F., Weber, E., Hertner, T., & May-Hertl, U. (2010). Chapter 89 – Cyprodinil: A fungicide of the anilinopyrimidine class. In: R. Krieger (Ed.), *Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition)*, (pp. 1903–1913), USA (San Diego): Academic Press is an imprint of Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-374367-1.00089-6
- Wang, S., Zhao, S., & Zhong, Y. (2019). Chronic toxicity and biochemical response of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) exposed to acetamiprid and

- propiconazole alone or combined. *Ecotoxicology (London, England)*, 28(4), 399–411. doi:10.1007/s10646-019-02030-4
- Wang, Y., Dai, D., Yu, Y., Yang, G., Weifeng, S., Wang, Q., Weng, H., & Zhao, X. (2018). Evaluation of joint effects of cyprodinil and kresoxim-methyl on zebrafish, *Danio rerio*. *Journal of Hazardous Materials*. 352, 80–91. doi:10.1016/j.jhazmat.2018.03.023
- White, A., Smart, K., Hathcock, T., Tillson, D., Poudel, A., Rynders, P., & Wang, C. (2020). Successful management of cutaneous paralagenidiosis in a dog treated with mefenoxam, minocycline, prednisone, and hyperbaric oxygen therapy. *Medical Mycology Case Reports*, 29, 38–42. doi:10.1016/j.mmcr.2020.07.003
- Zubrod, J. P., Baudy, P., Schulz, R., & Bundschuh, M. (2014). Effects of current-use fungicides and their mixtures on the feeding and survival of the key shredder *Gammarus fossarum*. *Aquatic Toxicology (Amsterdam, Netherlands)*, 150, 133–143. doi:10.1016/j.aquatox.2014.03.002

## ВИСНОВКИ

1. *Rossiulus kessleri* – найчисленніший представник класу Diplopoda степової зони України, який мешкає у підстилці та у верхніх горизонтах ґрунту, сапрофаг калько-ксерофіл, переважно лісовий, меншою мірою – степовий або лучний вид. *Megaphyllum kievense* – європейський вид, субендемів Руської рівнини, ксеромезофіл, рідше зустрічається у степовій зоні України, лісовий вид. Ці види відіграють важливу роль у ґрунтоутворенні, вони чутливі до впливу різних антропогенних полютантів.

2. *Megaphyllum kievense* достовірно знижує масу тіла на 69,8 % у варіанті досліду з 0,1 мг міді/г підстилки. Збільшення концентрації міді у кормі *M. kievense* гальмує збільшення маси тіла багатоніжок. *M. kievense* змінює фракційний склад підстилки (частка фракції 0,70–1,55 мм збільшується в садках, а понад 2 мм – зменшується), що пов'язано з накопиченням екскрементів Julidae та фрагментів подрібненого листя під час мацерації рослинних залишків.

3. Маса тіла *M. kievense* у градієнті досліджених концентрацій заліза не змінюється. Внесення у підстилку в лабораторному дослідженні солей заліза збільшує темпи споживання корму цими багатоніжками. У процесі живлення особини цього виду вплинули на фракційний склад підстилки: зменшили відсоток частинок розміром понад 2 мм і збільшили фракцію підстилки з розмірами (0,70–1,55 мм) за рахунок процесу дефекації та поїдання крупніших частинок листків.

4. Максимальна концентрація кадмію в кормовому субстраті зумовлює 100 % загибель *M. kievense*. Маса тіла цього виду багатоніжок перестає зростати за дії високого вмісту кадмію. За максимальних концентрацій кадмію та свинцю відбувається 3–8-разове уповільнення розкладання підстилки.

5. Гербіциди Раундап та Ураган Форте достовірно не змінюють масу тіла багатоніжок *R. kessleri*. За дії цих двох препаратів зростає споживання кормового субстрату та утворення екскрементів диплоподами. Корм, який обробляють середніми концентраціями цих гербіцидів, не перетравлюється в

кишечнику багатоніжок, але вони в лабораторному експерименті протягом 20 діб не гинуть.

6. За дії на підстилку інсектицидів Актеллік, Бі-58, Біотлін, Омайт і Нурелл Д у більшості випадків кількість спожитого корму особинами *R. kessleri* достовірно не змінюється. Бі-58 і Біотлін у досліджених концентраціях знижують темпи утворення екскрементів диплоподами *R. kessleri*. Два інсектициди (Актеллік і Нурелл Д) спричинили загибель багатоніжок у концентраціях  $3 \cdot 10^{-2}$  і  $3 \cdot 10^{-1}$  і  $3 \cdot 10^{-1}$  мг/г підстилки).

7. За дії фунгіцидів Ридоміл Голд, Тіовіт Джет, Пенкоцеб, Фалькон, Тілт, Хорус кількість екскрементів в особин *R. kessleri* достовірно зменшується або залишається незмінною. Маса тіла багатоніжок у лабораторному експерименті збільшується або залишається без змін. Досліджені фунгіциди по-різному впливають на тварин залежно від концентрації пестицидів у підстилці.

8. Із досліджених у дисертаційній роботі пестицидів і важких металів для диплопод найтоксичніші Актеллік, Нурелл Д, кадмій і плюмбум; менш токсичні (у порядку зменшення токсичності) – Тілт, Пенкоцеб, Омайт, Ридоміл Голд, Фалькон, Бі-58, Біотлін, Раундап, Ураган Форте, Тіовіт Джет, Хорус, купрум і ферум. Тому під час застосування пестицидів в агроценозах і лісових господарствах необхідно враховувати згубну дію цих речовин стосовно підстилкових груп сапрофагів, зокрема, диплопод.

## ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А – ПЕРЕЛІК ПРЕДСТАВНИКІВ КЛАСУ DIPLOPODA,  
ЯКІ ЗАРЕЄСТРОВАНІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ  
ЗА ДАНИМИ БАЗИ ДАНИХ «FAUNA EUROPAEA»**

№	Назва виду	Поширення на території країн
1	<i>Polyzonium transsilvanicum</i> Verhoeff, 1898	Молдова, Румунія, Словаччина, Україна
2	<i>Polyzonium germanicum</i> Brandt, 1837	Албанія, Австрія, Республіка Білорусь, Боснія і Герцеговина, Велика Британія, Болгарія, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Республіка Північна Македонія, Росія, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Швеція, Україна, Югославія
3	<i>Archiboreoiulus pallidus</i> (Brade-Birks, 1920)	Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Росія, Данія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Ірландія, Люксембург, Норвегія, Польща, Румунія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
4	<i>Blaniulus guttulatus</i> (Fabricius, 1798)	Австралія, Австрія, Португалія, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Іспанія, Росія, Чехія, Данія, Східна Палеарктика, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
5	<i>Noroiulus kochii</i> (Gervais, 1847)	Албанія, Австралія, Австрія, Португалія, Республіка Білорусь, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Велика Британія, Болгарія, Росія, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Туреччина, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Республіка Північна Македонія, Югославія, Мадейра, Молдова, Ірландія, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
6	<i>Proteroiulus fuscus</i> (Am Stein, 1857)	Австрія, Португалія, Республіка Білорусь, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Росія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Ісландія, Іспанія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Ірландія, Норвегія, Польща, Словаччина, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
7	<i>Brachyiulus jawlowskii</i> Lohmander, 1928	Молдова, Румунія, Росія, Україна
8	<i>Cylindroiulus arborum</i> Verhoeff, 1928	Австрія, Бельгія, Болгарія, Чехія, Німеччина, Греція, Угорщина, Литва, Республіка Північна Македонія, Югославія, Росія, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
9	<i>Cylindroiulus boleti</i> (C. L.Koch, 1847)	Албанія, Австрія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Італія, Республіка Північна Македонія, Росія, Молдова, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна, Югославія
10	<i>Cylindroiulus britannicus</i> (Verhoeff, 1891)	Афро-тропічний регіон, Австралія, Австрія, Велика Британія, Чехія, Данія, Фінляндія, Німеччина, Ісландія, Ірландія, Литва, Росія, Норвегія, Східний регіон, Польща, Португалія, Румунія, Іспанія, Швеція, Нідерланди, Україна



№	Назва виду	Поширення на території країн
11	<i>Cylindroiulus burzenlandicus</i> Verhoeff, 1907	Польща, Румунія, Словаччина, Україна
12	<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood, 1864)	Австрія, Бельгія, Велика Британія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Італія, Росія, Латвія, Литва, Люксембург, Ірландія, Норвегія, Польща, Португалія, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
13	<i>Cylindroiulus horvathi</i> (Verhoeff, 1897)	Болгарія, Угорщина, Польща, Румунія, Україна
14	<i>Cylindroiulus latestriatus</i> (Curtis, 1845)	Афро-тропічний регіон, Австралія, Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Велика Британія, Росія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Латвія, Литва, Ірландія, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
15	<i>Cylindroiulus parisiorum</i> (Brolemann & Verhoeff, 1896)	Австрія, Бельгія, Велика Британія, Хорватія, Чехія, Данія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Польща, Швейцарія, Нідерланди, Україна
16	<i>Cylindroiulus truncorum</i> (Silvestri, 1896)	Австрія, Бельгія, Велика Британія, Іспанія, Данія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Литва, Люксембург, Північна Африка, Ірландія, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
17	<i>Enantiulus nanus</i> (Latzel, 1884)	Австрія, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Чехія, Данія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Литва, Люксембург, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна, Югославія
18	<i>Enantiulus transsilvanicus</i> (Verhoeff, 1899)	Австрія, Польща, Румунія, Словенія, Україна
19	<i>Haplophyllum mehelyi</i> (Verhoeff, 1897)	Румунія, Україна
20	<i>Julus terrestris</i> Linnaeus, 1758	Австрія, Республіка Білорусь, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Німеччина, Угорщина, Росія, Латвія, Литва, Польща, Румунія, Словаччина, Швеція, Україна, Югославія
21	<i>Kryphioiulus occultus</i> (C. L. Koch, 1847)	Австрія, Росія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Литва, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Швеція, Україна
22	<i>Leptoiulus baconyensis</i> (Verhoeff, 1899)	Хорватія, Угорщина, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
23	<i>Leptoiulus czarnohoricus</i> Jawlowski, 1928	Україна
24	<i>Leptoiulus deubeli</i> (Verhoeff, 1897)	Румунія, Україна
25	<i>Leptoiulus korongsius</i> (Attems, 1904)	Польща, Румунія, Україна
25	<i>Leptoiulus polonicus</i> Jawlowski, 1930	Польща, Україна
27	<i>Leptoiulus proximus</i>	Австрія, Республіка Білорусь, Росія, Хорватія, Чехія, Данія,

№	Назва виду	Поширення на території країн
	(Nemes, 1896)	Фінляндія, Німеччина, Угорщина, Латвія, Литва, Молдова, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Нідерланди, Україна
28	<i>Leptoiulus roszkowskii</i> Jawlowski, 1930	Румунія, Україна
29	<i>Leptoiulus semenkevitchi</i> Lohmander, 1928	Україна
30	<i>Leptoiulus trilobatus</i> (Verhoeff, 1894)	Австрія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
31	<i>Leptoiulus tussilaginis</i> (Verhoeff, 1907)	сумнівно присутній в Україні, Угорщина, Польща, Словаччина, Україна
32	<i>Megaphyllum hercules</i> (Verhoeff, 1900)	Албанія, Болгарія, Греція, Республіка Північна Македонія, Росія, Україна, Югославія
33	<i>Megaphyllum kievense</i> (Lohmander, 1928)	Росія, Молдова, Румунія, Україна
34	<i>Megaphyllum projectum</i> Verhoeff, 1894	Австрія, Республіка Білорусь, Хорватія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Росія, Литва, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Нідерланди, Україна
35	<i>Megaphyllum rosenauense</i> (Verhoeff, 1897)	Молдова, Румунія, Україна
36	<i>Megaphyllum rossicum</i> (Timotheew, 1897)	Болгарія, Росія, Греція, Україна
37	<i>Megaphyllum silvaticum</i> (Verhoeff, 1898)	Австрія, Хорватія, Італія, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна
38	<i>Megaphyllum sjaelandicum</i> (Meinert, 1868)	Республіка Білорусь, Росія, Данія, Естонія, Фінляндія, Німеччина, Латвія, Литва, Польща, Швеція, Україна
39	<i>Megaphyllum transsylvanicum</i> (Verhoeff, 1897)	Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Туреччина, Греція, Угорщина, Республіка Північна Македонія, Росія, Молдова, Румунія, Югославія, Україна
40	<i>Ommatoiulus sabulosus</i> (Linnaeus, 1758)	Албанія, Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Велика Британія, Болгарія, Хорватія, Чехія, Данія, Росія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Республіка Північна Македонія, Югославія, Молдова, Монако, Ірландія, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
41	<i>Pachyiulus varius</i> (Fabricius, 1781)	Албанія, Іспанія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Туреччина, Франція, Греція, Італія, Республіка Північна Македонія, Росія, Мальта, Румунія, Словенія, Україна, Вореїон Айяйон, Югославія
42	<i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927)	Республіка Білорусь, Росія, Україна
43	<i>Unciger foetidus</i> (C. L. Koch, 1838)	Австрія, Республіка Білорусь, Боснія і Герцеговина, Велика Британія, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Німеччина, Угорщина, Італія, Росія, Литва, Республіка Північна Македонія, Югославія, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія

№	Назва виду	Поширення на території країн
44	<i>Unciger transsilvanicus</i> (Verhoeff, 1899)	Австрія, Болгарія, Чехія, Угорщина, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Росія, Україна, Югославія
45	<i>Xestoiulus imbecillus</i> (Latzel, 1884)	Австрія, Боснія і Герцеговина, Хорватія, Угорщина, Італія, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна, Югославія
46	<i>Xestoiulus laeticollis</i> (Porat, 1889)	Республіка Білорусь, Росія, Данія, Естонія, Німеччина, Угорщина, Латвія, Литва, Польща, Румунія, Швеція, Нідерланди, Україна
47	<i>Nemasoma varicorne</i> C. L. Koch, 1847	Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Велика Британія, Болгарія, Росія, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Латвія, Литва Люксембург, Республіка Північна Македонія, Молдова, Ірландія, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна, Югославія
48	<i>Oxidus gracilis</i> (C. L. Koch, 1847)	Афро-тропічний регіон, Австралія, Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Чехія, Данія, Східна Палеарктика, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Ісландія, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Республіка Північна Македонія, Югославія, Португалія, Мальта, Молдова, Монако, Іспанія, Росія, Норвегія, Східний регіон, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
49	<i>Strongylosoma jaqueti</i> Verhoeff, 1898	Болгарія, Румунія, Україна
50	<i>Strongylosoma stigmatosum</i> (Eichwald, 1830)	Албанія, Австрія, Республіка Білорусь, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Росія, Хорватія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Республіка Північна Македонія, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна, Югославія
51	<i>Brachydesmus jubatus</i> Attems, 1907	Близький Схід, Румунія, Україна
52	<i>Polydesmus burzenlandicus</i> Verhoeff, 1925	Польща, Румунія, Україна
53	<i>Polydesmus complanatus</i> (Linnaeus, 1761)	Албанія, Австрія, Республіка Білорусь, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Росія, Хорватія, Чехія, Данія, Естонія, Туреччина, Фінляндія, Німеччина, Греція, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Республіка Північна Македонія, Молдова, Близький Схід, Неарктичний регіон, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Швейцарія, Україна, Югославія
54	<i>Polydesmus dadayi</i> Silvestri, 1895	Румунія, Україна
55	<i>Polydesmus denticulatus</i> C. L. Koch, 1847	Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Хорватія, Чехія, Данія, Росія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Ірландія, Норвегія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна, Югославія
56	<i>Polydesmus escherichii</i>	Туреччина, Близький Схід, Україна

№	Назва виду	Поширення на території країн
	Verhoeff, 1896	
57	<i>Polydesmus geminidentatus</i> Loksa, 1954	Україна
58	<i>Polydesmus inconstans</i> Latzel, 1884	Австрія, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Росія, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Ісландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Ірландія, Норвегія, Польща, Португалія, Словаччина, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна
59	<i>Polydesmus komareki</i> Lozek & Gulicka, 1962	Польща, Словаччина, Україна
60	<i>Polydesmus komareki</i> Lozek & Gulicka, 1962	Україна, Словаччина, Польща
61	<i>Polydesmus mediterraneus</i> Daday, 1889	Албанія, Болгарія, Хорватія, Туреччина, Греція, Республіка Північна Македонія, Росія, Мальта, Близький Схід, Румунія, Україна, Югославія
62	<i>Polydesmus montanus</i> Daday, 1889	Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
63	<i>Polydesmus polonicus</i> Latzel, 1884	Угорщина, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
64	<i>Polydesmus schaessburgensis</i> Verhoeff, 1898	Угорщина, Молдова, Республіка, Румунія, Україна, Югославія
65	<i>Polydesmus stuxbergi</i> Attems, 1907	Україна
66	<i>Polydesmus tatranus</i> Latzel, 1884	Польща, Румунія, Словаччина, Україна
67	<i>Schizoturanus dmitrievi</i> (Timotheew, 1899)	Росія, Східна Палеарктика, Україна
68	<i>Ochogona jankowskii</i> (Jawlowski, 1938)	Польща, Україна
69	<i>Karpatophyllon polinskii</i> Jawlowski, 1928	Польща, Румунія, Україна
70	<i>Mastigona bosniensis</i> (Verhoeff, 1897)	Австрія, Республіка Білорусь, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Чехія, Німеччина, Угорщина, Італія, Росія, Молдова, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна, Югославія
71	<i>Mastigophorophyllon crinitum</i> Attems, 1926	Румунія, Україна
72	<i>Mastigophorophyllon serrulatum</i> Attems, 1926	Польща, Румунія, Україна
73	<i>Glomeris connexa</i> C. L. Koch, 1847	Австрія, Росія, Чехія, Франція, Німеччина, Італія, Польща, Швейцарія, Україна
74	<i>Glomeris hexasticha</i> Brandt, 1833	Албанія, Австрія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Чехія, Туреччина, Німеччина, Угорщина, Італія, Республіка Північна Македонія, Росія, Молдова, Близький Схід, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швейцарія, Україна, Югославія
75	<i>Glomeris tetrasticha</i> Brandt, 1833	Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Росія, Чехія, Франція, Німеччина, Угорщина, Італія, Польща, Румунія,

№	Назва виду	Поширення на території країн
		Словаччина, Швейцарія, Україна
76	<i>Glomeris transversestriata</i> Sidoriak, 1899	Румунія, Україна
77	<i>Trachysphaera acutula</i> (Latzel, 1884)	Австрія, Польща, Румунія, Словаччина, Україна
78	<i>Trachysphaera costata</i> (Waga, 1857)	Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Чехія, Туреччина, Німеччина, Греція, Угорщина, Литва, Республіка Північна Македонія, Росія, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Україна, Югославія, Албанія
79	<i>Lophoproctus lucidus</i> (Chalande, 1888)	Франція, Італія, Північна Африка, Україна, Румунія
80	<i>Polyxenus argentifer</i> Verhoeff, 1921	Хорватія, Східна Палеарктика, Румунія, Україна
81	<i>Polyxenus lagurus</i> (Linnaeus, 1758)	Албанія, Регіон Австралії, Австрія, Республіка Білорусь, Бельгія, Велика Британія, Болгарія, Росія, Італія, Греція, Латвія, Литва, Люксембург, Республіка Північна Македонія, Молдова, Близький Схід, Північна Африка, Ірландія, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди, Україна, Югославія

## ДОДАТОК Б – ВИДИ КЛАСУ DIPLOPODA СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>Polydesmus inconstans</i> Latzel, 1884	1,98 екз./м <sup>2</sup>	мезофільний свіжий в'язо-дубняк з розхідником De <sup>2</sup> , тип біотопу – заплашний дубовий ліс	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський», (48°29'24" N, 34°46'37" E)	Жуков и др. (2017)
<i>P. inconstans</i>	2,96 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина, степова цілінка ( <i>F<sub>1</sub></i> )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>P. inconstans</i>	0,74 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, нижня третина, в'язово-ясеневі діброва з тонконогим дібровним ( <i>D<sub>n2</sub></i> )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>Schisoturanium dmitriewi</i> (Timotheew, 1897)	1,07 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами, рослинність має лучно-степовий вигляд, ґрунт – урботехнозем	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський», (48°29'24" N, 34°46'37" E)	Йоркіна та ін. (2019)
<i>Sch. dmitriewi</i>	1,83 екз./м <sup>2</sup>	галявина з ізольованими насадженими деревами, рослинність виглядає лучно-степовою	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Kunah (2016)
<i>Sch. dmitriewi</i>	12,65 екз./м <sup>2</sup>	штучні пасовища з одним деревом, рослинність має типово лісовий мегамезотрофний ксеромезофільний характер	ботанічний сад ДНУ (48°25'56,76" N, 35°2'18,74" E)	Кунах и др. (2014в)
<i>Sch. dmitriewi</i>	3,96 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами	ботанічний сад ДНУ (48°25'57.43" N, 35°2'16.52" E)	Кунах и др. (2014а)
<i>Sch. dmitriewi</i>	1,07 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами, рослинність має лучно-лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ, (48°25'58.29" N, 35°2'17.89" E)	Кунах и др. (2014б)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>Sch. dmitriewi</i>	2,74 екз./м <sup>2</sup>	лісопаркове насадження, що створене на основі природного лісу, рослинність має лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ (48°25'53.37" N, 35°2'23.30" E)	Жуков та ін. (2014)
<i>Sch. dmitriewi</i>	3,66 екз./м <sup>2</sup>	лісопаркове насадження, рослинність має лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ, (48°25'53.37" N, 35°2'18.74" E)	Кунах и др. (2013г)
<i>Sch. dmitriewi</i>	4,27 екз./м <sup>2</sup>	лісопаркове насадження, рослинність має лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ (48°25'53.88" N, та 35°2'23.30" E)	Кунах и др. (2013г)
<i>Sch. dmitriewi</i>	11,2 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р., 1,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	середня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>Sch. dmitriewi</i>	6,10 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження, рослинність має лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ, досліджуваний полігон № 2 знаходиться на відстані 220 м від корпусу № 1 ДНУ в південно-східному напрямку і на відстані 5 м від проспекту Ю. Гагаріна	Кунах и др. (2013а)
<i>Sch. dmitriewi</i>	2,23 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина, степова цілинка ( $F_1$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>Sch. dmitriewi</i>	1,48 екз./100 пастко-діб	тальвег байрака, пакленова діброва з яглицею ( $D_{n3}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>Sch. dmitriewi</i>	2,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1996 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>Sch. dmitriewi</i>	6–8 екз./м <sup>2</sup>	арена степових річок, березово- осикові колки у міждюнних пониженнях	Новомосковський район	Кисенко и Жуков (1998)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>Sch. dmitriewi</i>	2,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1996 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>Sch. dmitriewi</i>	56,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р., 12,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р. 1,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>Brachyiulus jawlowskii</i> Lohmander, 1928	107 екз./пастко- діб	луки з тонконогом лучним	природний заповідник «Дніпровсько- Орільський», (48°31'29" N, 34°48'56" E)	Жуков та ін. (2017)
<i>B. jawlowskii</i>	14,44 екз./100 пастко-діб	болотний біотоп	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	3,80 екз./100 пастко-діб	широколистяний біотоп	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	6,71 екз./100 пастко-діб	лучний біотоп	Арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	0,18 екз./100 пастко-діб	псамофітний степ, верхні частини дюн	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	0,71 екз./100 пастко-діб	псамофітний степ, міждюнні пониження	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)



Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>B. jawlowskii</i>	0,48 екз./100 пастко-діб	сосняки, соснові насадження	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	0,04 екз./100 пастко-діб	чорнокленовники у псамофітному степу	арена р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько- Орільський»)	Гудим (2016)
<i>B. jawlowskii</i>	0,15 екз./м <sup>2</sup>	дубняк зі свіжим різнотрав'ям	природний заповідник «Дніпровсько- Орільський», ділянка в зоні переходу арени р. Дніпро в притерасну заплаву р. Протіч	Жуков и др. (20156)
<i>B. jawlowskii</i>	4,7 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>B. jawlowskii</i>	3,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>B. jawlowskii</i>	3 екз./м <sup>2</sup> травень, 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>B. jawlowskii</i>	41 екз./м <sup>2</sup> червень, 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>B. jawlowskii</i>	44 екз./м <sup>2</sup> вересень, 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>B. jawlowskii</i>	чисельність не вказано	берестова діброва з кропивою, чорнокленова діброва з тонконогом, ясенева діброва з тонконогом, субір із чистотілом	Павлоградський район, Дніпропетровська область	Бригадирен- ко і Слинько (2005)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>B. jawlowskii</i>	2 екз./м <sup>2</sup> травень 1991 р.	акацієве насадження	степова зона України	Жуков (2005)
<i>Enantiulus nanus</i> Latzel, 1884	11 екз./пастко-діб	луки з тонконогом лучним	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський», (48°31'29" N, 34°48'56" E)	Жуков та ін. (2017)
<i>E. nanus</i>	чисельність не вказано	липо-ясенева діброва в середній і нижній частинах схилу бравого берегу рік	присамарський регіон	Кисенко и Жуков (1998)
<i>Megaphyllum kievense</i> (Lohmander, 1928)	0,3 екз./10 пастко-діб	суміш червоно-бурих глин і суглинків, стоколос безостий	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>M. kievense</i>	0,4 екз./10 пастко-діб	педозем, буркун лікарський	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Проко-пенко и Жуков (2011)
<i>M. kievense</i>	1,1 екз./10 пастко-діб	верхня третина схилу, педозем лісопокращений, акацієві насадження і ліщина	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>M. kievense</i>	0,7 екз./10 пастко-діб	середня третина схилу, педозем лісопокращений, акацієві насадження і ліщина	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>M. kievense</i>	4 екз./10 пастко-діб	нижня третина схилу, педозем лісопокращений, акацієві насадження і ліщина	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>M. kievense</i>	11,11 екз./100 пастко-діб	пічна експозиція, верхня третина схилу, в'язово-пакленова діброва з грястицею ( $D_{n2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>M. kievense</i>	10,37 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина схилу, степова цілинка ( $F_1$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	2,22 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, середня третина схилу, липо-ясенева діброва із зірочником ( $D_{ac 2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	4 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р.	акацієве насадження	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. kievense</i>	0,74 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, нижня третина схилу, липо-ясенева діброва з широкотрав'ям ( $D_{ac 2-3}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	0,74 екз./100 пастко-діб	тальвег байрака, пакленова діброва з яглицею ( $D_{n 3}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	2,22 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, нижня третина схилу, в'язово-ясенева діброва з тонконогом дібровним ( $D_{n 2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	5,18 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, середня третина схилу, степова цілинка ( $F_2$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. kievense</i>	12 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	середня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. kievense</i>	5 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. kievense</i>	7,3 екз./100 пастко-діб	старий в'язоосичник з ожиною	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»	Бригадиренко і Соловйов (2007)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>Megaphyllum rossicum</i> (Timotheew, 1897)	0,15 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами, рослинність має лучно-степовий вигляд, ґрунт – урботехнозем	ботанічний сад ДНУ (раніше – територія парку ім. Ю. Гагаріна, м. Дніпро), тальвег відрога балки Довга (48°25'55.24" N, 35°2'20.27" E)	Йоркіна та ін. (2019)
<i>M. rossicum</i>	0,91 екз./м <sup>2</sup>	галявина з ізолюваними насадженими деревами, рослинність виглядає лучно-степовою	ботанічний сад ДНУ (48°25'55,24" N, 35°02'20,27" E)	Kunah (2016)
<i>M. rossicum</i>	2,29 екз./м <sup>2</sup>	лучно-степовий амфіценоз з рудеральним компонентом з освітленим світловим режимом	ботанічний сад ДНУ (48°25'55,87" N, 35°2'20,33" E)	Жуков и др. (2015а)
<i>M. rossicum</i>	1,37 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами	ботанічний сад ДНУ ім. О. Гончара, (48°25'57.43" N, 35°2'16.52" E)	Кунах и др. (2014а)
<i>M. rossicum</i>	1,22 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження з окремими деревами, рослинність має лучно-лісовий вигляд	ботанічний сад ДНУ ім. О. Гончара, (48°25'58.29" N, 35°2'17.89" E)	Кунах и др. (2014б)
<i>M. rossicum</i>	0,3 екз./м <sup>2</sup>	газонне насадження, рослинність має луговий вигляд	ботанічний сад ДНУ, тальвег відрога балки Червоноповстанської (48°25'58,68" N, 35°2'20,44" E)	Кунах и др. (2013б)
<i>M. rossicum</i>	1,83 екз./м <sup>2</sup>	ділянка представляє штучні пасовища з одним деревом, рослинність має типово лісовий мегамезотрофний ксеромезофільний характер	ботанічний сад ДНУ. Досліджувана ділянка розташована на схилі долини Червоноповстанської балки (48°25'56,76" N, 35°2'18,74" E)	Кунах и др. (2014в)
<i>M. rossicum</i>	212 екз./100 пастко-діб	старий в'язоосокорник з ожиною	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»	Бригадиренко і Соловйов (2007)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>M. rossicum</i>	2,3 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р. 5,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1996 р. 7,3 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р. 19,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. rossicum</i>	19,2 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	15 екз./м <sup>2</sup> травень 1995 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	8,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р. 8,0 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р. 8,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	середня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. rossicum</i>	6,4 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р. 12,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р. 16,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. rossicum</i>	9 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	19 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	50 екз./м <sup>2</sup> вересень 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>M. rossicum</i>	3 екз./м <sup>2</sup> червень, 1991 р.	акацієве насадження	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	3 екз./м <sup>2</sup> червень, 1991 р.	акацієве насадження	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	3 екз./м <sup>2</sup> травень, 1995 р.	акацієве насадження	степова зона України	Жуков (2005)
<i>M. rossicum</i>	чисельність не вказано	берестова діброва з кропивою, чорнокленова діброва з тонконогом, ясенева діброва з тонконогом, субір з чистотілом	Павлоградський район, Дніпропетровська область	Бригадиренко і Слинько (2005)
<i>Megaphyllum sjaelandicum</i> (Meinert, 1868)	6,70 екз./м <sup>2</sup>	мезофільний свіжий в'язо-дубняк з розхідником De"2, тип біотопу – заплавний дубовий ліс	природний заповідник «Дніпровсько-Орільський», приуслова заплава р. Дніпро (48°29'24" N, 34°46'37" E)	Жуков и др. (2017)
<i>M. sjaelandicum</i>	4,4 екз./м <sup>2</sup>	короткозаплавна мезофільна липо-ясенева діброва із зірочником ланцетолистим (Dac'2)	Присамарський міжнародний біосферний стаціонар ім. О. Л. Бельгарда (Новомосковський район, с. Андріївка)	Похиленко (2012)
<i>M. sjaelandicum</i>	1,2 екз./м <sup>2</sup>	ділянка поблизу приватного сектору та головної автомагістралі масиву	ділянка II тераси (арена) р. Дніпро (BC"5), що знаходиться поблизу Придніпровської теплоенергетичної станції, у межах житлового масиву «Придніпровськ»	Похиленко (2012)
<i>M. sjaelandicum</i>	1,48 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина схилу, степова цілінка ( <i>F</i> <sub>1</sub> )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	2,96 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, нижня третина, липо-ясенева діброва з широкотрав'ям ( <i>D</i> <sub>ac 2-3</sub> )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>M. sjaelandicum</i>	3,70 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, нижня третина схилу, в'язо-ясенева діброва з тонконогом дібровним ( $D_{n2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	3,70 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, середня третина схилу, степова цілінка ( $F_2$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	0,4 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	12,8 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р. 19,0 екз./м <sup>2</sup> травень 1995 р. 6,0 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р.	середня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	28,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р. 5,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>M. sjaelandicum</i>	14,9 екз./100 пастко-діб	асоціація старого в'язоосокорника з ожиною	природний заповідник «Дніпровсько- Орільський»	Бригадиренко і Соловійов (2007)
<i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927)	58,97 екз./м <sup>2</sup> 2012 р.; 72,69 екз./м <sup>2</sup> 2013 р.	досліджуваний полігон закладений на ділянці, представлений педоземами	стаціонар Дніпропетровського державного аграрно- економічного університету з вивчення сільськогосподарської рекультивациі земель	Андрусевич и др. (2014)
<i>R. kessleri</i>	чисельність не вказано	вітрозахисна лісосмуга	5 км на південь від м. Дніпро	Faly & Brygadyren- ko (2014)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко- діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>R. kessleri</i>	2,2 екз./10 пастко-діб	лесовидний суглинок, угруповання буркуну лікарського	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	3,2 екз./10 пастко-діб	лесовидний суглинок, угруповання стоколосу безостого	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	2,4 екз./10 пастко-діб	сіро-зелені мергелісті глини, асоціація буркуну лікарського	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	9,5 екз./10 пастко-діб	сіро-зелені мергелісті глини, асоціація стоколосу безостого	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	17,4 екз./10 пастко-діб	суміш червоно- бурих глин і суглинків, угруповання буркуну лікарського	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	14,2 екз./10 пастко-діб	суміш червоно- бурих глин і суглинків, асоціація стоколосу безостого	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	4,4 екз./10 пастко-діб	педозем, угруповання буркуну лікарського	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	2,6 екз./10 пастко-діб	педозем, асоціація стоколосу безостого	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)



Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>R. kessleri</i>	1,1 екз./10 пастко-діб	верхня третина схилу, педозем лісопокращений, асоціація акації та ліщини	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	0,7 екз./10 пастко-діб	середня третина схилу, педозем лісопокращений, асоціація акації та ліщини	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	9,6 екз./10 пастко-діб	нижня третина схилу, педозем лісопокращений, асоціація акації та ліщини	науково-дослідний стаціонар Дніпропетровського державного аграрного університету в м. Орджонікідзе	Прокопенко и Жуков (2011)
<i>R. kessleri</i>	12,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р. 6,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1996 р. 6,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	верхня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>R. kessleri</i>	3,0 екз./м <sup>2</sup> травень 1997 р.	середня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>R. kessleri</i>	22,00 екз./м <sup>2</sup> червень 1995 р. 4,0 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	нижня третина схилу правого берега р. Самара	схил правого берега р. Самара, Новомосковський район, Дніпропетровська область, с. Андріївка	Кунах и Жуков (2008)
<i>R. kessleri</i>	0,74 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина схилу, в'язо-пакленова діброва з грястицею ( $D_{ac\ 1-2}$ )	байрак Яців Яр,	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	74,0 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, верхня третина, степова цілінка ( $F_1$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)

Назва виду	Чисельність екз./м <sup>2</sup> , екз./пастко-діб	Тип екосистеми	Географічні координати	Джерела
<i>R. kessleri</i>	2,22 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, середня третина схилу, липо-ясенєва діброва із зірочником ( $D_{ac2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	1,48 екз./100 пастко-діб	північна експозиція, нижня третина схилу, липо-ясенєва діброва з широкотрав'ям ( $D_{ac2-3}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	1,48 екз./100 пастко-діб	тальвег байрака, пакленова діброва з яглицею ( $D_{n3}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	3,70 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, нижня третина схилу, в'язо-ясенєва діброва з тонконогом дібровним ( $D_{n2}$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	2,96 екз./100 пастко-діб	південна експозиція, середня третина схилу, степова цілинка ( $F_2$ )	байрак Яців Яр, м. Дніпро	Кунах и др. (2008)
<i>R. kessleri</i>	112 екз./м <sup>2</sup> червень 1997 р.	степова цілинна ділянка	Новомосковський район	Жуков (2005)
<i>R. kessleri</i>	112 екз./м <sup>2</sup> вересень 1997 р.	степова цілинна ділянка	степова зона України	Жуков (2005)
<i>R. kessleri</i>	6 екз./м <sup>2</sup> червень 1991 р.	штучне акацієве угруповання	степова зона України	Жуков (2005)
<i>R. kessleri</i>	чисельність не вказано	берестова діброва з кропивою, чорнокленова діброва з тонконогом, ясенєва діброва з тонконогом, субір з чистотілом	с. Кочережки Павлоградський район, Дніпропетровська область	Бригадинко і Слинько (2005)
<i>R. kessleri</i>	39,2 екз./м <sup>2</sup>	ясенє-дубняки на плакорі	присамарський регіон	Кисенко и Жуков (1998)

**Примітки:** наведено не вичерпний перелік видів диплопод. Джерела наведено в розділі I

## ДОДАТОК В – АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

ПОГОДЖУЮ

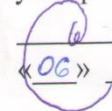
Проректор з наукової роботи  
Дніпровського державного аграрно-  
Економічного університету

 Грицан Ю.І.  
«02» 09 2021 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор – проректор з  
навчальної роботи Дніпровського  
державного аграрно-економічного  
університету

 Онопрієнко Д.М.  
«06» 09 2021 р.

### АКТ

**про впровадження результатів наукових досліджень,  
викладених в інформаційному листі, у навчальний процес**

Цим актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Трофічна активність лісових видів диплопод *Rossiulus kessleri* та *Megaphyllum kievense* за впливу важких металів і пестицидів у лабораторному експерименті», що подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 Екологія, виконана Козак Василюною Михайлівною, впроваджено в навчальний процес під час викладання дисциплін «Екологія у ветеринарній медицині» ОС «Магістр» за спеціальністю 211 «Ветеринарна медицина», «Санітарна екологія» ОС «Магістр» за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» на кафедрі паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Завідувач кафедри паразитології  
та ветеринарно-санітарної експертизи,  
кандидат ветеринарних наук, доцент



Н. М. Зажарська

Декан факультету ветеринарної медицини,  
кандидат ветеринарних наук, доцент



І. А. Бібен

ПОГОДЖЕНО

В.о. проректора з наукової роботи  
Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара

Олег МАРЕНКОВ

"14" вересня 2022 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної  
роботи Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара

Дмитро СВИНАРЕНКО

"16" вересня 2022 р.

## АКТ

впровадження результатів роботи, поданої на здобуття наукового ступеня  
доктора філософії Козак В. М. «Трофічна активність лісових видів диплопод  
*Rossius kessleri* та *Megaphyllum kievense* за впливу важких металів  
і пестицидів у лабораторному експерименті» в освітній процес  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

1 "13" вересня 2021 р. вчена рада біолого-екологічного факультету у складі 14 осіб заслухала  
повідомлення аспірантки Василюк КОЗАК про результати виконання наукового дослідження.

2 Стисла характеристика результатів дослідження:

Дослідження трофічної активності багатоніжок *R. kessleri* та *M. kievense* за впливу важких металів і пестицидів дозволили визначити в умовах лабораторного експерименту зміну маси тіла та інтенсивність споживання корму *M. kievense* у градієнті концентрацій заліза, міді, кадмію та свинцю у підстилці; дослідити вплив різних концентрацій гербіцидів Раундап, Ураган Форте на зміну маси тіла, кількість споживаного корму *R. kessleri*; виявити концентрації інсектицидів Омайт, БІ 58, Біотлін, Актеллік, Нуррел Д, за яких змінюється маса тіла та кількість спожитого корму та продукція екскрементів *R. kessleri*; встановити вплив фунгіцидів Рідоміл Голд, Тіовіт Джет, Паннкоцеб 80ВП, Фалькон, Тілт, Хорус на масу тіла, кількість спожитого корму та продукцію екскрементів диплопод; узагальнити вплив найпоширеніших у степовій зоні поллютантів – важких металів і пестицидів – на організми модельних видів диплопод.

3. Використання в освітньому процесі

Використано під час викладання дисциплін: «Біологічні методи захисту рослин», «Захист рослин», «Еволюційна екологія», «Популяційна екологія» та «Техноекологія».

4. Відомості про впроваджені об'єкти права інтелектуальної власності

Brygadyrenko, V., & Ivanyshyn, V. (2015). Changes in the body mass of *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*, 369–376; Kozak, V. M., & Brygadyrenko, V. V. (2018). Impact of cadmium and lead on *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) in a laboratory experiment. *Biosystems Diversity*, 26(2), 128–131; Kozak, V. M., Romanenko, E. R., & Brygadyrenko V. V. (2020). Influence of herbicides, insecticides and fungicides on food consumption and body weight of *Rossius kessleri* (Diplopoda, Julidae). *Biosystems Diversity*, 28(3), 272–280; Бригадиренко, В. В., Іваньшин, В. М. (2014). Влияние соли железа на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) и гранулометрический состав подстилки в

23  
14.2



лабораторном експерименте. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія, 22(1), 83–87; Козак, В. М. (2020). Оцінка впливу гербіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. (С. 6–7). Львів: Львівський науковий форум; Козак, В. М. (2020). Токсичний вплив кадмію на *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) північної частини степової зони Придніпров'я. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених. (С. 54–55). Маріуполь: МДУ; Козак, В. М. (2019). Вплив різних концентрацій інсектицидів на *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. Сьогодення біологічної науки: Матеріали III Міжнародної наукової конференції (С. 152–154). Суми: ФОП Цьома С. П.; Yermolenko, S., Huslysty, A., Gasso, V., Kolombar, T., Nahut, A., & Kozak, V. (2018). Ecological role of forest shelter belts in agrolandscapes. Smart Bio: Тези доповідей Міжнародної конференції 2D. (С. 317); Козак, В. М. (2017). Вплив фунгіцидів на активність *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. Zoocenosis – 2017. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали IX Міжнародної наукової конференції. (С. 56–57). Дніпро: ДНУ; Козак, В. М. (2016). Вплив купруму на *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) в умовах лабораторного експерименту. Всеукраїнський конкурс наукових робіт з біологічних наук: Доповіді Підсумкової Науково-практичної Конференції (С. 51–52). Чернівці: ЧНУ; Бригадиренко, В. В., Іваньшин, В. М. (2014). Влияние меди на рост массы тела у *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). Проблемы почвенной зоологии: Материалы XVII Всероссийского Сопещения по почвенной зоологии, посвященного 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволуцкого под ред. Б. Р. Стригановой. (С. 105–106). Москва: Т-во научных изданий КМК; Іваньшин, В. М. (2014). Оценка токсического воздействия тяжелых металлов на массу тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae). Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции Часть 14. (С. 62–64). Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком»; Іваньшин, В. М. (2014). Изменения массы тела *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) в условиях загрязнения экосистем солями железа. Proceedings of the 1 st European Conference on Biology and Medical Sciences (May 22, 2014). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. (P. 14–19). Vienna; Іваньшин, В. М., Коломбар Т. М. (2013). Пространственная структура порохов слепыша (*Spalax microphthalmus*) в условиях водораздельно-балочного ландшафта. Zoocenosis – 2013. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали VII Міжнародної наукової конференції. (С. 218–219); Козак, В. М. (2021). Вплив на організм диплопод інсектицидів Нуррел Д і Актеллік. Актуальні питання природничих наук: теоретичні та прикладні дослідження: Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. (С. 30–32). Київ: Оупенсилаб; Коломбар, Т. М., Козак, В. М., Іванець, К. Т. (2020). Методичні рекомендації щодо виконання практичних та науково-дослідницьких робіт зі шкідниками пшениці та продуктів її переробки. Дніпро: ДВ МАН; Коломбар, Т. М., Козак, В. М. (2020). Рекомендації щодо виконання науково-дослідних робіт зі шкідниками пшениці та продуктів її переробки. Дніпро: Ліра 27 с.

##### 5. Пропозиції ради

Запропоновано впровадити результати дисертаційної роботи Василя КОЗАК «Трофічна активність лісових видів диплопод *Rossiulus kessleri* та *Megaphyllum kievense* за впливу важких металів і пестицидів у лабораторному експерименті» в освітній процес.

Голова вченої ради  
біолого-екологічного факультету,  
д.б.н., проф.



Олена СЕВЕРИНОВСЬКА



МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
(МІНДОВКІЛЛЯ)

**ПРИРОДНИЙ ЗАПОВІДНИК «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»**

52030, Дніпропетровська область, Дніпровський район, територія Обухівської селищної ради,  
комплекс будівель та споруд №1, e-mail: dorpz@ukr.net

Віл 29.092021 № 150  
№ \_\_\_\_\_

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

у виробництво результатів дисертаційної роботи аспірантки кафедри зоології  
та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

В. М. Козак на тему «Трофічна активність лісових видів диплопод *Rossiuskessleri* та  
*Megaphylliumkievense* за впливу важких металів і пестицидів у лабораторному експерименті»

Результати науково-дослідної роботи аспірантки кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара В. М. Козак впроваджено під час моніторингових досліджень стану фауни безхребетних тварин на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Під час досліджень В. М. Козак проведено детальний опис угруповань підстилкових безхребетних тварин екосистем заповідника, виявлено види ківежків (*Diplopoda*, *Julidae*). Дисертанткою проаналізовано розподіл домінантного виду класу *Diplopoda* – *Rossiuskessleri* за типами лісових екосистем. Встановлено, що за розмірно-ваговою структурою популяції цього виду на території заповідника можна оцінити як відносно стабільні. Рекомендовано обмежити використання на ділянках, що межують із територією заповідника, інсектицидних препаратів «Нуррел Д» і «Актеллік» та інших. Дисертанткою запропоновано заборонити використання на відстані до 1000 м від території заповідника всіх фунгіцидних, гербіцидних і акарицидних препаратів через їх інтенсивний вплив на популяції сапрофагів. Особливу увагу до цілісності підстилки на територіях заповідника, що використовують для господарських потреб, рекомендовано приділяти наприкінці весни та на початку літа, коли диплоподи розмножуються та перебувають на перших личинкових етапах розвитку.

Матеріали дисертаційної роботи В. М. Козак використано для підготовки «Літопису природи» та оптимізації охоронного режиму природного заповідника «Дніпровсько-Орільський».

В. о. директора природного заповідника  
«Дніпровсько-Орільський»

М. В. Трифанова

**ДОДАТОК Г – Препаративні форми, наведені у державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів (2020–2021 рр.),  
досліджених у цій дисертаційній роботі та дозволених для використання в Україні**

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Гліфоголд, РК, гербіцид	ТОВ «Адама Україна», Україна	1) Адама Аган Лтд., Ізраїль; 2) Байер Агрікалче БВБА, Бельгія	1) Адама Аган Лтд., Ізраїль; 2) Байер Агрікалче БВБА, Бельгія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Гліацинт, РК, гербіцид	Шарда Кропхем Лімітед, Індія	Шарда Кропхем Лімітед, Індія	Шарда Кропхем Лімітед, Індія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	АП-Ізогліф, РК, гербіцид	ТОВ «Аграпрофі», Україна	Jiangsu Good Harvest-Weien Agrochemical Co., Ltd, Китай	Superus Co. Ltd., Китай
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 607,5 г/л, у кислотному еквіваленті 450 г/л	Екстраклін 607 РК, гербіцид та десикант	ТОВ «Агрофлекс», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о. Польща, на заводі в КНР	Шанхай МІО Кемікалз Ко. Лтд., КНР
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Barbarian Super 360, РК, гербіцид	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Суперклін 480 РК, десикант та гербіцид	ТОВ «Агрофлекс», Україна	1) Сімоніс Б.В., Нідерланди; 2) Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща на заводах Німеччини, Польщі та КНР	Сімоніс Б.В., Нідерланди

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Gallup Super 360, РК, гербіцид, десикант	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті – 360 г/л	Буран, РК, гербіцид	ТОВ «Астра Технолоджі», Україна	1) Kingtai Chemicals Co., Ltd., P.R. China; 2) Jingma Chemicals Co Ltd., P.R. China; 3) ТОВ «Агробізнеспром», Україна; 4) ТОВ Науково-виробнича компанія «Квадрат», Україна; 5) ТОВ «Інноваційна Компанія «Агро Протекши», Україна	Jingma Chemicals Co Ltd., P.R. China
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті, 360 г/л	Чистопол, РК, гербіцид, десикант	1) ТОВ «Бадваси», Україна; 2) ТОВ «Лабораторія насіння», Україна	1) Hubei Xianlong Chemical Industry Co., Ltd., P.R. China; 2) Tongzhou Zhengda Pesticides & Chemical Co., Ltd., P.R. China; 3) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., P.R. China; 4) Zhejiang Jinfanda Biochemical Co., Ltd., P.R. China; 5) Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China	Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Гліфоган РК, гербіцид	ТОВ «Адама Україна», Україна	1) Адама Аган Лтд., Ізраїль; 2) Байер Агрікалче БВ, Бельгія	1) Адама Аган Лтд., Ізраїль; 2) Байер Агрікалче БВ, Бельгія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Ardee Super 360, РК, гербіцид, десикант	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія	Barclay Chemicals (R&D) Ltd, Ірландія



Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, в кислотному еквіваленті 360 г/л	Клінік, РК, гербіцид	1) ТОВ «Нуфарм Україна», Україна; 2) Нуфарм ГмбХ енд Ко КГ, Австрія	1) Нуфарм ГмбХ енд Ко КГ, Австрія; 2) Нуфарм С.А.С., Франція; 3) Нуфарм С.А.С., Франція; 4) Нуфарм ЮК Лтд., Великобританія	Нуфарм ГмбХ енд Ко КГ, Австрія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Кулак, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) ТОВ «Харків Хімпром», Україна; 3) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) Suno Biotech Co., Ltd., China; 3) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті, 360 г/л	Баклер, РК, гербіцид	1) ТОВ Група компаній «Вітагро», Україна; 2) ТОВ «Вітагро партнер», Україна; 3) Bayton Company, LP. Канада	1) ТОВ «Агрохім технології», Україна, 2) ТОВ «Фабрика Агрохімікатів», Україна, 3) «Нанджінг Ессене Файн-Кемікал Ко., Лтд, Китай, 4) «Аньхой Чжуншань Кемікал Індастрі Груп Ко, Лтд», Китай, 5) «Цзянсу Субін Агрокемікал Ко., Лтд», Китай, 6. «Чжецзян ЦзіньФаньда Біокемікал Ко., Лтд», Китай, 7) «Траст кроп протекшн технолоджі Ко., Лтд», Китай, 8) «Ханчжоу Цінфен Імпорт та Експорт Ко., Лтд», Китай	1) «Нанджінг Ессене Файн-Кемікал Ко., Лтд», КНР; 2) «Ексель Кроп Каре Лімітед», Індія

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 675 г/л, у кислотному еквіваленті – 500 г/л	Торнадо 500, РК, гербіцид, десикант	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	1) Jiangsu Institute of Ecomones Co. Ltd., China; 2) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd. (Hubei Avgust Pesticides Co., Ltd.), China; 3) Zhejiang Jinfanda Biochemical Co., Ltd., China; 4) Sichuan Leshan Fuhua Tongda Agro-Chemical Technology Co., Ltd., China; 5) Bayer CropScience Schweiz AG, Schweiz; 6) Nantong Jiangshan Agrochemical & Chemicals Limited Liability Co., Ltd., China; 7) Zhejuang Xinan Chemical Industrial Group Co., Ltd., China; 8) Jiangsu Good Harvest-Weien Agrochemical Co., Ltd., China
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Кемастра-АП 480 SL (Chemastra-UP 480SL), РК, гербіцид	ТОВ «Астракем-Україна», Україна	1) AstraNova Tarım Ticaret ve Sanayi AŞ, Туреччина; 2) Astra Industrial Complex Co Ltd., for Fertilizer and micals “ASTRACHEM”, Королівство Саудівська Аравія; 3) Jiangsu High Hope Int'l Group Medicines and Health Products Imp. & Exp. Corp. ltd, Китай	1) AstraNova Tarım Ticaret ve Sanayi AŞ, Туреччина; 2) Astra Industrial Complex Co Ltd., for Fertilizer and micals “ASTRACHEM”, Королівство Саудівська Аравія; 3) Jiangsu High Hope Int'l Group Medicines and Health Products Imp. & Exp. Corp. ltd, Китай

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, в кислотному еквіваленті, 360 г/л	Юні-Глі 360, РК, гербіцид, десикант	Усі ЮнітКем Ко., Лтд., КНР	Wuxi UnitChem Co., Ltd., КНР	Wuxi UnitChem Co., Ltd., КНР
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 9,6 г/л, у кислотному еквіваленті – 7,2 г/л	Раундап Експрес 6Г, РК, гербіцид	Евергрін Гарден Кеар Поленд Сп. з о.о., Польща	Байер Агрікалче БВБА, Бельгія	Байер Агрікалче БВБА, Бельгія
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Аргумент, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	Peters & Burg Kft., Hungary	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) Suno (Guangde) Biotech Co., Ltd., China
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л	Тотал, РК/ Total, SL, гербіцид, десикант	ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна	1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., Китай; 2) U'Like Chemical Co., Ltd, Китай; 3) Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd, Китай	Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd, Китай
Ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті 360 г/л	Рауль, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Jadesheen Chemical Co., Ltd., China; 2) ТОВ «Харків Хімпром», Україна; 3) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Калійна сіль гліфосату, 614 г/л, у кислотному еквіваленті – 500 г/л	Рауль Форте, РК, гербіцид	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Weihai Hanfu Biochemical Medicine Co., Ltd., China 2) ТОВ «Харків Хімпром», Україна	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) Suno (Guangde) Biotech Co., Ltd., China
Калійна сіль гліфосату, 663 г/л, в кислотному еквіваленті – 540 г/л	Раундап Екстра, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Крузо, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Дефендер, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 588 г/л, в кислотному еквіваленті – 480 г/л	Раундап Флекс, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	1) Monsanto do Brazil Ltda, Brazil; 2) Monsanto Zarate Plant, Argentina; 3) Bayer Agriculture BV, Belgium	1) Monsanto do Brazil Ltda, Brazil; 2) Monsanto Zarate Plant, Argentina; 3) Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Яструб XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Калійна сіль гліфосату, 662 г/л, в кислотному еквіваленті – 540 г/л	Торнадо 540, РК, гербіцид, десикант	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	1) Jiangsu Institute of Ecomones Co., China; 2) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 3) Zhejiang Jinfanda Biochemical Co., Ltd., China; 4) Sichuan Leshan Fuhua Tongda Agro-Chemical Technology Co., Ltd., China; 5) Bayer CropScience Schweiz AG, Швейцарія; 6) Nantong Jiangshan Agrochemical & Chemicals Limited Liability Co., China; 7) Zhejuang Xinan Chemical Industrial Group Co., Ltd., China; 8) Jiangsu Good Harvest-Weien Agrochemical Co., Ltd, China
Калійна сіль гліфосату, 614 г/л, у кислотному еквіваленті – 500 г/л	Силач, РК, гербіцид	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Weihai Hanfu Biochemical Medicine Co., Ltd., China; 2) ТОВ «Харків Хімпром», Україна; 3) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China	1) Weihai Hanfu Biochemical Medicine Co., Ltd., China; 2) ТОВ «Харків Хімпром», Україна; 3) Hubei Trisun Chemicals Co., Ltd., China
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Ковбой XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Калійна сіль гліфосату, 614 г/л, у кислотному еквіваленті 500 г/л	Гліфомакс, РК, гербіцид	ТОВ «Ранголі», Україна	1) Anhui Guangxin Agrochemical Co Ltd., КНР; 2) Hemani Industries Limited, Індія; 3) Zhejiang Xinan Chemical Industrial Group Co. Ltd., КНР; 4) Jiangsu Good Harvest-Weien Agrochemical Co Ltd., КНР	1) Янгжоу Нешинел Кемікал Вестжонг Кампані, КНР; 2) Суно (Гуангдє) Біотех Ко., Лтд, КНР
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Гліпрофі XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Дефендер XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Крузо XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 663 г/л у кислотному еквіваленті, 540 г/л	Отаман Екстра, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Альфа Сمارт Агро», Україна	1) «Wuxi Longbang Chemical & Industrial Co.,LTD», China; 2) ТОВ «Білоцерківський завод препаративних форм», Україна; 3) «Excel Crop Care Limited», India	«Ексель Кроп Кере (Юереп) НВ», Бельгія

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Калійна сіль гліфосату, 625 г/л або у вигляді кислоти, 500 г/л	Тотал К, РК / Total K, SL, гербіцид	ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна	1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd, Китай; 2) U'Like Chemical Co., Ltd, Китай; 3) Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd, Китай	Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd, Китай
Калійна сіль гліфосату, 614 г/л, у кислотному еквіваленті, 500 г/л	Аргумент Форте 500 SL, РК, гербіцид	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	1) Peters & Burg Kft., Budapest, Hungary; 2) Weihai Hanfu Biochemical Medicine Co., Ltd., China; 3) ТОВ «Харків Хімпром», Україна	1) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 2) Suno (Guangde) Biotech Co., Ltd., China
Калійна сіль гліфосату, 551 г/л, в кислотному еквіваленті – 450 г/л	Раундап Макс, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Ковбой, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 441 г/л, в кислотному еквіваленті – 360 г/л	Аверс XL, РК, гербіцид, десикант	ТОВ «Монсанто Україна», Україна	Bayer Agriculture BV, Belgium	Bayer Agriculture BV, Belgium
Калійна сіль гліфосату, 551 г/л у кислотному еквіваленті – 450 г/л	Раундап Сильний, РК, гербіцид	Evergreen Garden Care Poland Sp. z o.o., Poland	Байер Агрікалче БВБА, Бельгія	Байер Агрікалче БВБА, Бельгія
Калійна сіль гліфосату, 663 г/л	СА Гліфоклін, РК, гербіцид	ТОВ «Спектр-Агро», Україна	Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd, Китай	Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd, Китай

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Диметоат, 400 г/л	Дімі 58, КЕ, інсектицид	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Jadesheen Chemical Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., China	1) Jadesheen Chemical Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., China
Диметоат, 400 г/л	Біммер, КЕ, інсектицид	ТОВ «Нертус Лтд», Україна	1) Peters & Burg Kft. Budapest, Hungary; 2) Yangzhou National Chemical Westzhong Company, China; 3) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., China	1) Hunan Haili Chemical Industry Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd. No. 1, China
Диметоат, 400 г/л	СуперБізон, КЕ, інсектицид	ТОВ «Альфа Смарт Агро», Україна	1) ТОВ «Білоцерківський Завод Препаративних форм», Україна; 2) «Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd.», China	«Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd.», China
Диметоат, 400 г/л	Сірокко, КЕ, інсектицид	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	1) Shanghai Tenglong Agrochem Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., China; 3) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China
Диметоат, 400 г/л	Святогор, КЕ, інсектицид	1) ТОВ «Бадваси», Україна; 2) ТОВ «Лабораторія насіння», Україна	1) Jiangsu Tenglong Biological & Medicinal Co., Ltd., P.R. China, 2) Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China	Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China
Імідаклоприд, 600 г/л	Mider Pro, FS, інсектицидний протруйник	Шарда Кропхем Лімітед, Індія	1) Шарда Кропхем Лімітед, Індія; 2) АТ Чех Сажина, Польща; 3) Сінтос Агро, Польща	Шарда Кропхем Лімітед, Індія



Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 500 г/л	Імісід БТ, ТН, інсектицидний протруйник	ТОВ «Океан Інвест», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., КНР; 2) Shanghai Bioagriland Crop Care Co., КНР; 3) Shandong Sino-Agri United Biotechnology Co., КНР	Shandong Sino-Agri United Biotechnology Co., Китай
Імідаклоприд, 200 г/л	Імідор ПРО, КС, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан	1) ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан; 2) ТОВ «Прогрес-СельхозХім», РК, Республіка Сербія; 3) «Уго-Хем», Республіка Сербія; 4) ТОВ «Франдеса», Республіка Білорусь	Shanghai Shengnong Pesticide Co., Ltd., P.R. China
Імідаклоприд, 200 г/л	Імідон Флоу, РК, інсектицид	ТОВ «Ранголі», Україна	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd, Китай	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd., Китай
Імідаклоприд, 200 г/л	Ратибор, РК, інсектицид	1) ТОВ «Бадваси», Україна; 2) ТОВ «Лабораторія насіння», Україна	1) Jiangsu Jianshen Biology Agrochemical Co., Ltd., P.R. China; 2) Jiangsu Kesheng Group Co., Ltd., P.R. China; 3) Tongzhou Zhengda Pesticides & Chemical Co., Ltd., P.R. China; 4) Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China	Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China
Імідаклоприд, 200 г/л	Ратибор Біо, РК, інсектицид	1) ТОВ «Бадваси», Україна; 2) ТОВ «Лабораторія насіння», Україна	1) Jiangsu Jianshen Biology Agrochemical Co., Ltd., P.R. China; 2) Jiangsu Kesheng Group Co., Ltd., P.R. China; 3) Tongzhou Zhengda Pesticides & Chemical Co., Ltd., P.R. China; 4) Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China	Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 600 г/л	Інітер 600 ТН, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «ТерраВіта Україна», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о. Польща на заводах Німеччини, Польщі, Румунія та КНР	Сімоніс Б.В., Нідерланди
Імідаклоприд, 600 г/л	АП-Імідон Про, ТН, протруйник насіння інсектицидної дії	ТОВ «Аграрпрофі», Україна	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd., Китай	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd., Китай
Імідаклоприд, 200 г/л	Зеніт, РК, інсектицид	ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна	1) «Нанжинг Ред Сан Ко., Лтд», Китай; 2) «Жеджианг Хісун Кемікал Ко., Лтд», Китай	«Нанжинг Ред Сан Ко., Лтд», Китай
Імідаклоприд, 600 г/л	Фавіприд Ектив 600 ТН, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «ТерраВіта Україна», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о. Польща на заводах Німеччини, Польщі, Румунії та КНР	Сімоніс Б.В., Нідерланди
Імідаклоприд, 200 г/л	Нупрід 200, КС, інсектицид	1) ТОВ «НУФАРМ Україна», Україна; 2) ф. Нуфарм ГмбХ енд Ко КГ, Австрія	1) Нуфарм Австралія Лтд., Австралія; 2) Нуфарм С.А.С., Франція; 3) Нуфарм Нова Зеландія, Нова Зеландія; 4) Сафак Лтд., Великобританія; 5) Алкімекс, Румунія; 6) Нуфарм С.А.С., Франція	Нуфарм Австралія Лтд., Австралія
Імідаклоприд, 600 г/л	Даліла 600 ТН, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «ТерраВіта Україна», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о. Польща на заводах Німеччини, Польщі, Румунія та КНР	Сімоніс Б.В., Нідерланди

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 700 г/кг	Графіс, ВГ, інсектицид	1) ТОВ «Торговий Дім «Дісвес-Агро»», Україна; 2) L.L.C. Disves, Czech Republic	1) DISVES L.L.C., Czech Republic; 2) Agro Life Science Corporation, Індія; 3) Shandong Binnong Technology Co. Ltd. КНР; 4) Three Delta International Company, Ltd., КНР	1) Agro Life Science Corporation, Індія; Shandong Binnong Technology Co. Ltd. КНР; 2) Three Delta International Company, Ltd., КНР
Імідаклоприд, 600 г/л	Мідер Про, ТН, інсектицидний протруйник	Шарда Кропхем Лімітед, Індія	1) Шарда Кропхем Лімітед, Індія; 2) АТ Чех Сажина, Польща; 3) ТОВ Сінтос Агро, Польща; 4) Нінбо Санджой Агросайнс Ко. Лтд, Китай; 5) Шаньдун Юнайтед Пестісайд Індастрі Ко. Лтд, Китай	Шарда Кропхем Лімітед, Індія
Імідаклоприд, 200 г/л	Вектор, РК, інсектицид	ТОВ «Астра Технолоджі», Україна	1) Sharda Cropchem Limited, India; 2) Kingtai Chemicals Co., Ltd., China; 3) ТОВ «Агробізнеспром», Україна; 4) ТОВ Науково-виробнича компанія «Квадрат», Україна; 5) ТОВ «Інноваційна Компанія «Агро Протекши», Україна	Ningbo Segal Chemical Company Limited, P.R. China
Імідаклоприд, 600 г/л	Командор Екстра, ТН, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «Альфа Смарт Агро», Україна	1) ТОВ «Білоцерківський Завод Препаративних Форм», Україна; 2) «Nanjing Red Sun Co., Ltd», China	1) «Nanjing Red Sun Co., Ltd», China; 2) «Yangzhou Pioneer Chemical Co.,Ltd», China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 200 г/л	Імідаголд, РК, інсектицид	Холдінг Кооператів Ю.А., Нідерланди	1) ЮПЛ Лімітед, Індія; 2) Йолоо (Лаотінг) Біо-Технології Ко. Лтд, КНР	ЮПЛ Лімітед, Індія
Імідаклоприд, 700 г/кг	Канонір, ВГ - інсектицид	ТОВ «Компанія Агрохімічні Технології», Україна	1) Jiangsu Institute of Ecomones co., Ltd., China; 2) Synwill Co., Ltd., China; 3) Nanjing Red Sun Co., Ltd. China	Jiangsu Institute of Ecomones co., Ltd.Add., China
Імідаклоприд, 600 г/л	Тетрао, ТН, протруйник насіння інсектицидної дії	ТОВ «Ранголі», Україна	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd, Китай	Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd, Китай
Імідаклоприд, 200 г/л	Контадор, РК, інсектицид	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	Peters & Burg Kft., Hungary	Jiangsu Yangnong Chemical Group, China
Імідаклоприд, 600 г/л	Альфазол SL, РК, інсектицид	1) ТОВ «Клов», Україна; 2) ТОВ «Грін Експрес», Україна	1) Clov (Shanghai) Co., Ltd., P.R. China; 2) Nanjing No.1 Pesticide Factory of Red Sun Group Co., Ltd., P.R. China	Nanjing Red Sun Group Co., Ltd., P.R. China
Імідаклоприд, 700 г/кг	Команч WG, ВГ, інсектицидний протруйник	1) ТОВ «Клов», Україна; 2) ТОВ «Грін Експрес», Україна	1) Clov (Shanghai) Co., Ltd., P.R. China; 2) Red Sun Group Co., P.R. China	Nanjing Red Sun Group Co., Ltd., P.R. China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 300 г/л	Вітакс, ТН/ Vitax, FS, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China; 2) Nanjing Huazhou Pharmaceuticals Co., Ltd., China; 3) Synwill Co., Ltd., China; 4) Nanjing Essence Fine-Chemical Co., Ltd., China; 5) Nanjing Peters Farm Bio-technology Co., Ltd., China	Nanjing Red Sun Co., Ltd., China
Імідаклоприд, 200 г/л	Зеніт, РК/ Zenit, SL, інсектицид	ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China; 2) Nanjing Huazhou Pharmaceuticals Co., Ltd., China; 3) Synwill Co., Ltd., China; 4) Nanjing Essence Fine-Chemical Co., Ltd., China; 5) Nanjing Peters Farm Bio-technology Co., Ltd., China	Nanjing Red Sun Co., Ltd., China
Імідаклоприд, 500 г/л	АгроЗахист, КС, інсектицид	1) ТОВ «АгроМаксі», Україна; 2) ТОВ «Фанронг-Україна», Україна	1) Trustchem Co., Ltd., P.R. China; 2) Shanghai MIO Chemical CO., Ltd., China	Jiangsu Kesheng Crop Science and Technology Co., Ltd., China
Імідаклоприд, 600 г/л	Контадор Макси, ТН, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	Peters & Burg Kft., Hungary	Jiangsu Yangnong Chemical Group, China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 200 г/л	Імідор 200 SL/Кемастра прид 200 SL, РК, інсектицид	ТОВ «Астракем-Україна», Україна	1) Astranova Tarım Ticaret ve Sanayi A.Ş., Туреччина; 2) Astra Industrial Complex Co. For Fertilizers & Agrochemicals “Astrachem”, Королівство Саудівська Аравія; 3) Jiangsu High Hope Int’l Group Medicines and Health Products Imp. & Exp. Corp. Ltd., Китай	1) Astranova Tarım Ticaret ve Sanayi A.Ş., Туреччина; 2) Astra Industrial Complex Co. For Fertilizers & Agrochemicals “Astrachem”, Королівство Саудівська Аравія; 3) Jiangsu High Hope Int’l Group Medicines and Health Products Imp. & Exp. Corp. Ltd., Китай
Імідаклоприд, 500 г/л	Табу, КС, інсектицид для протруювання насіння	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	1) Jiangsu Institute of Ecomones Co. Ltd., China; 2) Shandong Sino-Agri United Biotechnology Co., Ltd., China; 3) Hebei Bestar Commerce and Trade Co., Ltd., China; 4) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 5) Anhui Jukai Agrochemical Co., Ltd., China; 6) Jiangsu Changqing Agrochemical Co., Ltd., China
Імідаклоприд, 200 г/л	Імідор ПРО, КС, інсектицид для протруювання насіння	ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан	1) ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан; 2) ТОВ «Прогрес-СельхозХім», Китай; 3) «Уго-Хем», Республіка Сербія; 4) ТОВ «Франдеса», Республіка Білорусь	Shanghai Shengnong Pesticide Co., Ltd, P.R. China, KHP

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Імідаклоприд, 700 г/кг	Еней, ЗП, інсектицид	1) ТОВ «Бадваси», Україна; 2) ТОВ «Лабораторія насіння», Україна	1) Jiangsu Kesheng Group Co., Ltd., P.R. China; 2) Jiangsu Subin Agrochemical Co., Ltd., P.R. China; 3) Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China	Zhenjiang Agreeen Co., Ltd., P.R. China
Піриміфос-метил, 500 г/л	Інтерн, КЕ, інсектицид	ТОВ «Нертус Лтд», Україна	1) Peters & Burg Kft., Hungary; 2) Hunan Haili Chemical Industry Co., Ltd., China	Hunan Haili Chemical Industry Co., Ltd., China
Піриміфос-метил, 500 г/л	Актеллік 500 ЕС, КЕ, інсектицид	Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Кемінова», Данія; 2) «Сингента Сауз Африка Лімітед», Південно-Африканська республіка; 3) «Пі.Ті. Сингента Індонезія», Індонезія; 4) «Мен'юфекчерінг Планта Джей Ел», Індонезія	1) «Кемінова», Данія; 2) «Хунан Хайлі Кемікал Індастрі Ко. Лтд.», КНР
Піриміфос-метил, 500 г/л	Актеллік 500 ЕС, КЕ, інсектицид	Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Кемінова А/С», Данія; 2) «Сингента Саут Африка», Південно-Африканська республіка; 3) «Пі.Ті. Сингента Індонезія», Індонезія; 4) «Мен'юфекчерінг Планта Джей Ел», Індонезія; 5) «Кемарк ЗРТ», Угорщина	1) «Кемінова А/С», Данія; 2) «Хунан Хайлі Кемікал Індастрі Ко. Лтд.», КНР
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Нурік, КЕ, інсектицид	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Jadesheen Chemical Co., Ltd., China; 2) Nanjing Red Sun Co., China; 3) Gharda Chemicals Limited 48 India	1) JSI Group Ltd., Hong Kong 2) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Нурел Д, КЕ, інсектицид	Доу АгроСайенсіс ВмбХ, Австрія	1) Доу Агросайенсіс Лтд., Великобританія; 2) Доу Агросайенсіс де Колумбія С.А., Колумбія	Хлорпірифос: Доу Агросайенсіс Лтд, Великобританія. Циперметрин: 1) Шелл Лтд., Нідерланди; 2) Баєр, Вапі Прайват, Лтд, Індія
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Денді, КЕ, інсектицид	Globachem nv. Brustem industriepark, Бельгія	1) Globachem nv. Brustem industriepark, Бельгія; 2) Agro-Chemie Kft., Угорщина	Agro-Chemie Kft., Угорщина
Хлорпірифос, 500 г/л+ циперметрин, 50 г/л	Залп, КЕ, інсектицид	ТОВ «Альфа Сمارт Агро», Україна	1) ТОВ «Білоцерківський завод препаративних форм», Україна; 2) «Nanjing Red Sun Co., Ltd.», China; 3) «Nemani Industries Limited», India	«Nanjing Red Sun Co., Ltd», China
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Шаман, КЕ, інсектицид	ТОВ «Нертус Лтд», Україна	1) Peters & Burg Kft., Hungary; 2) Agrohao Company Ltd., China; 3) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China; 4) Gharda Chemicals Limited 48, India	Хлорпірифос: 1) JSI Group Ltd., Hong Kong; 2) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China. Циперметрин: JSI Group Ltd., Hong Kong
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Нобль, КЕ, інсектицид	1) ТОВ «Торговий Дім «Дісвес-Агро»», Україна; 2) ТОВ Дісвес, Чеська Республіка	1) Дісвес Л.Л.К., Чеська Республіка; 2) Agrow Allied Ventures Private Limited, Індія; 3) Weihai Hanfu Biochemical Medicine Co., Ltd, КНР; 4) Agro Life Science Corporation, Індія; 5) Three Delta International Company, Ltd., КНР	1) Agrow Allied Ventures Private Limited, Індія; 2) Three Delta International Company, Ltd., КНР



Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	ДиХлор БТ, КЕ,інсектицид	ТОВ «Океан Інвест», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., КНР; 2) ТОВ «Спільне підприємство «Агробіосинтез», Україна; 3) Shandong Sino-Agri United Biotechnology Co., КНР	1) Nanjing Red Sun Co., Китай; 2) Shandong Sino-Agri United Biotechnology Co., Китай
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Суфрон, КЕ, інсектицид	1) ТОВ Група компаній «Вітагро», Україна; 2) ТОВ «Вітагро пертнер», Україна; 3) Bayton Company, LP. Канада	1) ТОВ «Агрохім технології», Україна; 2) ТОВ «Фабрика Агрохімікатів», Україна; 3) «Нанджінг Ессене Файн-Кемікал Ко., Лтд», КНР; 4) «Чжецзян Чжуншань Кемікал Індастрі Груп Ко, Лтд», КНР; 5) «Цзянсу Субін Агрокемікал Ко., Лтд», КНР; 6) «Траст кроп протекшн технолоджі Ко., Лтд», КНР	«Нанджінг Ессене Файн-Кемікал Ко., Лтд», КНР
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Шаман, КЕ, інсектицид	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	1) Peters & Burg Kft., Hungary; 2) Agrohaio Company Ltd., China; 3) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China; 4) Gharda Chemicals Limited 48, India	1) Nanjing Red Sun Co., Ltd.,China – хлорпірифос; 2) JSI Group Ltd., China – циперметрин
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Норіл, КЕ, інсектицид	ТОВ «Ранголі», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., Ltd, КНР; 2) Pariiat Industries (India) Pvt. Ltd, Індія; 3) Hemani Industries Limited, Індія; 4) Inpest India Pvt. Ltd, Індія	Superus Co. Ltd., КНР

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Нурік, КЕ, інсектицид	ТОВ «Акваріус і К», Україна	1) Jadesheen Chemical Co., Ltd., China; 2) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China; 3) Gharda Chemicals Limited, India	1) JSI Group Ltd., China; 2) Nanjing Red Sun Co., Ltd., China
Хлорпірифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Бурунг, КЕ, інсектицид	ТОВ «Ранголі», Україна	1) Nanjing Red Sun Co., Ltd, KHP; 2) Pariiat Industries (India) Pvt. Ltd, Індія; 3) Hemani Industries Limited, Індія; 4) Inpest India Pvt. Ltd, Індія	Superus Co. Ltd., KHP
Циперметрин, 40 г/л + хлорпірифос 400 г/л	Суперкіл 440 КЕ, інсектицид	ТОВ «Агрофлекс», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща на заводах Бельгії, Німеччини, Польщі та Індії	Циперметрин: Агріфар С.А., Бельгія. Хлорпірифос: 1) Доу АгроСайенсіс, Великобританія; 2) Гарда Кемікалз Лтд, Індія
Циперметрин, 50 г/л + хлорпірифос 500 г/л	Суперкіл Форте 550 КЕ, інсектицид	ТОВ «Агрофлекс», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща на заводах Індії, Німеччини, Польщі та КНР	Циперметрин: Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща. Хлорпірифос: Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща
Сірка, 80 % w/w	Тіовіт Джет 80 WG, ВГ, фунгіцид	СИНГЕНТА Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	«Сингента Продакшн Франс САС», Франція	1) «Сітіс Формінг», Франція; 2) «Ессо Раффінаж САС», Франція; 3) «Тотал Раффінаж Франс», Франція; 4) «Тотал Раффінаж Франс», Франція
Сірка, 800 г/кг	Кумулюс ДФ, ВГ, фунгіцид	БАСФ СЕ, Німеччина	БАСФ СЕ, Німеччина	БАСФ СЕ, Німеччина
Сірка, 800 г/кг	Лайфсул, ВГ, фунгіцид-акарицид	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Сірка, 800 г/кг	Агрісул, ВГ, фунгіцид-акарицид	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія	Агро Лайф Сайнс Корпорейшн, Індія
Манкоцеб, 750 г/кг	Манзат, ВГ, фунгіцид	UPL Europe Ltd., Великобританія	1) UPL Limited, Індія; 2) Cerexagri B.V., Netherlands	UPL Limited, Індія
Манкоцеб, 800 г/кг	Дітан М-45, ЗП, фунгіцид	Dow AgroSciences VmbX, Австрія	1) Дау АгроСайенсіс Агрикультурал Інвестмент Холдинг Со, Лтд., КНР; 2) Dow AgroSciences (Jiangsu) Co., Ltd., China, 3) Доу АгроСайенсіс де Колумбія С.А., Колумбія	1) Дау АгроСайенсіс Агрікалтурал Інвестмент Холдинг Со, Лтд., КНР; 2) Дау АгроСайенсіс Кемікал Ко. Лтд., КНР
Манкоцеб, 800 г/кг	Дітан М-45, ЗП, фунгіцид	ТОВ «Кортева Агрісаєнс Україна», Україна	Кортева Агрісаєнс ЛЛС (Corteva Agriscience LLC) на потужностях: 1) Кортева Агрісаєнс ЛЛС, США (Corteva Agriscience LLC, USA); 2) Кортева Агрісаєнс Франція С.А.С., Франція (Corteva Agriscience France S.A.S., France); 3) Доу АгроСайенсіс (Джангсу) Ко., Лтд., КНР; 4) Corteva Agriscience de Colombia S.A.S., Colombia	1) Доу АгроСайенсіс Індастріал Лтда., Бразилія; 2) Доу АгроСайенсіс (Джангсу) Ко., Лтд., КНР
Металаксил-М 40 г/кг + манкоцеб 640 г/кг	Синекура 680 ЗП, фунгіцид	ТОВ «Агрофлекс», Україна	1) Сімоніс Б.В., Нідерланди; 2) Фадер Альянс Польска Сп. з о.о., Польща на заводах Індії, Німеччини, Польщі та КНР	Сімоніс Б.В., Нідерланди

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Манкоцеб, 640 г/кг + металаксил-М, 40 г/кг	Ремонталь, ВГ, фунгіцид	ТОВ «Сімейний Сад», Україна	1) Хангжоу Руїджіанг Кемікал Ко., Лтд., КНР; 2) Іпрохем Компані Лімітед, КНР	Хангжоу Руїджіанг Кемікал Ко., Лтд., КНР
Металаксил, 80 г/кг + манкоцеб, 640 г/кг	Голд-М, ЗП, фунгіцид	ТОВ «Ранголі», Україна	1) Nailir Pesticides and Chemicals Group Co.,Ltd., КНР; 2) Hemani Industries Limited, Індія; 3) Zhejiang Heben Pesticide & Chemicals Co., Ltd., КНР	Yangzhou Chemical Import & Export Co. Ltd., КНР
Металаксил, 80 г/кг + манкоцеб, 640 г/кг	Рінкоцеб, ЗП, фунгіцид	ТОВ «Торговий Дім «Нертус», Україна	1) Peters & Burg Kft., Hungary; 2) Hebei Shuangji Chemical Co., Ltd., China	1) Yangzhou Chemical Import & Export Co. Ltd., China; 2) Nailir Pesticides & Chemicals Group Co., Ltd., China
Металаксил-М, 40 г/кг + манкоцеб, 640 г/кг	Ридоміл Голд MZ 68 WG, ВГ, фунгіцид	Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «Ексволд Текнолоджи Лімітед», Тофтс Фарм Іст Індастріал Істейт, Великобританія; 3) «Ес.Ті.Ай. Солфотекніка Італіана Ес.пі.Ей», Італія	1) Індифіл Індастріс Лімітед (Дахей), Індія; 2) «Церексагрі БіВі», Роттердам, Нідерланди

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Пропіконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л	Артеа 330 ЕС, КЕ, фунгіцид	СИНГЕНТА Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Сингента Кемікалз Бі.Ві.» (Сенефе), Бельгія; 2) «Кемарк Зет Ер Ті», Угорщина; 3) «Шірім ГмбХ», Німеччина	Ципроконазол: «Сальтіго ГмбХ», Німеччина. Пропіконазол: 1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «НАКЛ Індастріз Лімітед», Індія; 3) «Джіангсу Севенконтінент Грін Кемікал Ко., ЛТД», Китай, 4) Юджіа Кроп Протекшн Ко., ЛТД Китай
Пропіконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л	Альто Док 330 ЕС, КЕ, фунгіцид	Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «Шірім ГмбХ», Німеччина; 3) «Кемарк Кей Еф Ті», Угорщина; 4) «Сингента Продакшн Франс С.А.С», (Аг-Вів) Франція; 5) «Фітеуроп», Франція; 6) «Ес Бі Ем Форм'юлейшн», Франція; 7) «Сингента Саус Африка (Рту) Лімітед», Південно-африканська республіка	Ципроконазол: 1) «Сальтіго ГмбХ», Німеччина; 2) Баєр, Німеччина. Пропіконазол: 1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «ВіТіЕй ГмбХ», Німеччина; 3) «Джіангсу Севенконтінент Грін Кемікал Ко., ЛТД», Китай; 4) «НАКЛ Індастріз Лімітед», Індія

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Пропіконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л	Альто Кьюр 330 ЕС, КЕ, фунгіцид	Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «Шіrm ГмбХ», Німеччина; 3) «Кемарк Кей Еф Ті», Угорщина; 4) «Сингента Продакшн Франс С.А.С», (Аг-Вів) Франція; 5) «Фітеуроп», Франція; 6) «Ес Бі Ем Форм'юлейшн», Франція; 7) «Сингента Саус Африка (Pty) Лімітед», Південно-африканська республіка	Ципроконазол: 1) «Сальтіго ГмбХ», Німеччина; 2) Баєр, Німеччина. Пропіконазол: 1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «ВіТіЕй ГмбХ», Німеччина; 3) «Джіангсу Севенконтінент Грін Кемікал Ко., ЛТД», Китай; 4) «НАКЛ Індастріз Лімітед», Індія
Пропіконазол, 300 г/л + тебуконазол, 200 г/л	Колосаль Про, МЕ, фунгіцид	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	Тебуконазол: 1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Sevencontinent Green Chemical Co., Ltd., China; 3)Shangyu Nutrichem Company Limited, China; 4) Jiangsu Sword Agrochemicals Co., Ltd., China. Пропіконазол: 1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 2)Jiangsu Sevencontinent Green Chemical Co., Ltd., China; 3) Zhejiang Heben Pesticide & Chemicals Co.,Ltd., China; 4) Jiangsu Institute of Ecomones Co. Ltd., China

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Пропіконазол, 300 г/л + тебуконазол, 200 г/л	Лазер Про, МЕ, фунгіцид	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	ЗАТ «Август-Бєл», Республіка Білорусь	Тебуконазол: 1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Sevencontinent Green Chemical Co., Ltd., China; 3) Shangyu Nutrichem Company Limited, China; 4) Jiangsu Sword Agrochemicals Co., Ltd., China. Пропіконазол: 1) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China; 2) Jiangsu Sevencontinent Green Chemical Co., Ltd., China; 3) Zhejiang Heben Pesticide & Chemicals Co., Ltd., China; 4) Jiangsu Institute of Ecomones Co. Ltd., China
Пропіконазол, 300 г/л + тебуконазол 200 г/л	Стайєр 500 КЕ, фунгіцид	ТОВ «Агрофлекс», Україна	Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща на заводах Індії, Італії, Іспанії, Німеччини, Польщі, КНР	Пропіконазол: Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща. Тебуконазол: 1) Фадер Альянс Польска Сп. з. о.о., Польща; 2) Сімоніс Б.В., Нідерланди

Найменування та вміст діючої речовини	Торгова назва препарату та позначення його препаративної форми	Найменування заявника та його країна	Найменування виробника препарату та його країна	Виробник діючої речовини препарату
Ципродиніл, 750 г/кг	Хорус 75 WG, ВГ, фунгіцид	СИНГЕНТА Кроп Протекшн АГ, Швейцарія	1) «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія; 2) «Ексволд Текнолоджи Лімітед», Виликобританія; 3) «Кемарк Кей Еф Ті», Угорщина; 4) «Ес.Ті.Ай. Солфотекніка Італіана Ес.Пі.Ей.», Італія	Ципродиніл: «Сингента Кроп Протекшн Монтей СА», Швейцарія
Ципродиніл, 200 г/л	Кантор, ККР, фунгіцид	ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан	1) ТОВ «Щелково Агрохім-KZ», Республіка Казахстан; 2) ТОВ «Прогрес-СельхозХім», РК, Республіка Білорусь	Shanghai MIO Chemical Co.,Ltd., China
Ципродиніл, 250 г/л	Пріам, КЕ, фунгіцид	ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь	1) ЗАТ «Август-Бел», Республіка Білорусь; 2) Чанчжоу Август Агрокем Компані Лімітед», КНР	1) Shaanxi Hengrun Chemical Industry Co., Ltd., China; 2) Zhejiang Heben Pesticide & Chemicals Co.,Ltd., China; 3) Jiangsu Agrochem Laboratory Co., Ltd., China
Тебуконазол, 167 г/л + триадіменол, 43 г/л + спіроксамін, 250 г/л	Конвой, КЕ, фунгіцид	Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd., China	1) Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd., Китай; 2) Rainbow Agrosiences (Panamá) S.A., Панама	1) Shandong Weifang Rainbow Chemical Co., Ltd., Китай

**Примітки:** відомості з державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні (2020–2021 рр.)