

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

Похиленко Алевтина Павлівна

УДК 595.61:595.5

**КОНСОРТИВНІ ЗВ'ЯЗКИ
ROSSIULUS KESSLERI (DIPLOPODA, JULIDA)
В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я**

03.00.16 – екологія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Пахомов Олександр Євгенійович,
Дніпропетровський національний
університет імені Олеся Гончара,
кафедра зоології та екології, завідувач

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Гарбар Олександр Васильович,
Житомирський державний
університет імені Івана Франка,
кафедра екології та географії, завідувач;

доктор біологічних наук, професор
Мальцева Ірина Андріївна,
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, професор, перший проректор

Захист відбудеться «22» вересня 2021 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72, корпус 17, біолого-екологічний факультет, ауд. 711.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий «20» серпня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент

А. О. Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Від активності такого функціонального компонента біоценозу, як сапрофаги, залежить не тільки характер руйнування підстилки, але й її структура. Поняття процесів деструкції листяної підстилки неповне без з'ясування трофокоосортивних зв'язків, топічних особливостей елементів герпетобію (Zhou et al., 2020). Відомості відносно участі таких екосистемних інженерів, як Diploroda, у формуванні та підтриманні властивостей різних ґрунтів (урбаноземів, природних) майже відсутні, а сучасні наукові джерела (Lavelle et al., 2016; Jaffuel et al., 2018) дають змогу розширити підхід дослідження ґрунту через зоогенну (топокоосортивну) функцію, котру можна вивчати в системі «зовнішній вплив – рослини, тварини – ґрунт». З'ясування екосистемної ефективності вкладу двопарноногих багатоніжок у таких регуляційних екосистемних сервісах, як підтримання регіонального та місцевого клімату, участь у підтриманні стійкості ґрунту, відтворення біоресурсів, дає можливість детального аналізу біології видів та системного підходу до вивчення біогеоценозів. Тому дослідження консортивних зв'язків для розробки ефективних заходів охорони природи є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами Робота виконана згідно з науковими програмами «Функціональна роль тварин в утворенні механізмів гомеостазу в екосистемах промислових регіонів» (№ 0103U000555, замовник – МОН України, 2006–2008 рр.), «Екологічні основи зоопертинентного впливу тварин на процеси оптимізації природних і порушених екосистем в умовах сучасного природокористування» (№ 0117U001207, замовник – МОН України, 2017–2019 рр.), «Біоіндикація як основа оптимізації та охорони долинно-терасових ландшафтів степової зони України за умов антропогенно-кліматичних змін» (№ 0118U003303, замовник – МОН України, 2018–2020 рр.).

Мета та завдання досліджень.

Мета роботи – охарактеризувати консортивні зв'язки (топічні, форичні, трофічні) *Rossiulus kessleri* в лісових екосистемах степового Придніпров'я.

Виходячи з поставленої мети визначені *завдання роботи*:

- установити особливості розповсюдження диплопод у природних лісах і лісових насадженнях;
- охарактеризувати екологічні особливості двопарноногих багатоніжок на урбанізованих територіях;
- виявити особливості трофічних зв'язків *R. kessleri* в умовах степового Придніпров'я;
- дослідити особливості накопичення цинку *R. kessleri* за умов хімічного навантаження;
- визначити склад бактерій, грибів та протистів кишківника у особин *R. kessleri* за умов споживання опадів різних видів деревних рослин;
- показати участь *R. kessleri* в розповсюдженні ґрунтових водоростей (форичний зв'язок).

Об'єкт дослідження – ценопопуляції *R. kessleri*, як елемент консорції деревних порід степового Придніпров'я.

Предмет дослідження – трофічні, топічні, форичні зв'язки *R. kessleri* в лісових екосистемах і насадженнях степового Придніпров'я.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше встановлено особливості розповсюдження *R. kessleri* в урбоекосистемах м. Дніпро (штучних паркових насадженнях, поблизу підприємств). Диплоподи не зареєстровані на ділянках, що знаходяться за дією промислових підприємств (коксхімічне підприємство, завод з виготовлення шинної продукції) та в рекреаційних зонах міста (Севастопольський парк, парк імені Писаржевського), але поодинокі екземпляри відмічені поблизу Придніпровської ТЕС у межах житлового масиву у фітоценозі з домінуванням тополі білої *Populus alba* L. Це свідчить про чутливість *R. kessleri* до антропогенного пресу в умовах міста;

- за умов моделювання хімічного навантаження (у лінійці концентрацій $ZnSO_4 - 0,006, 0,030, 0,150$ г на 1 л розчину) на представників двопарногих багатоніжок встановлено, що в екскреціях *R. kessleri* спостерігається в 1,5 разу менший уміст цинку, ніж у тілі *R. kessleri*, а видова належність запропонованого листяного опадів статистично не впливає на акумуляцію цинку. У разі посилення хімічного навантаження вміст цинку в тілі *R. kessleri* та його екскреціях статистично достовірно збільшується. Таким чином, здатність *R. kessleri* до накопичення цинку може бути використана в зоодіагностиці, відображаючи топоконсортивну особливість диплоподи;

- запропоновано лінійну регресійну модель, що описує залежність споживання групою сапрофагів (*R. kessleri*, *Megaphyllum rossicum*, *Porcellio scaber*, *Dendrobaena octaedra*) п'ятикомпонентної суміші опадів (*Acer campestre* L., *Ulmus laevis* Pall., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus lanceolata* (Borkh.)). Порівняння коефіцієнтів регресії показує, що листяний опад клена гостролистого та в'яза гладкого споживається в більшій кількості (відповідні коефіцієнти регресії дорівнюють +2,40 і +1,77), ніж опади липи серцелистої, дуба звичайного та ясена звичайного. Зазначені преференції відображають трофоконсортивні особливості сапрофагів, зокрема *R. kessleri*, що може бути використане в зоодіагностиці;

- встановлено, що при споживанні диплоподами листя верби (*S. alba* L.) у кишківнику спостерігається переважання кишкової палички (99,7 % від загальної кількості колоній), при цьому кількість грибів є мінімальною, а чисельність найпростіших – найвищою (0,14 % та 0,60 % від загальної чисельності клітин відповідно). Максимальну кількість колонієутворюючих одиниць Enterobacteriaceae sp. (37,0 %) виявлено в кишковій рідині диплопод, які споживали кленову підстилку (*A. platanoides* L.);

- проведено спільні зооальгологічні дослідження парків м. Дніпро, результати яких свідчать про сприяння *R. kessleri* в перерозподілі представників ґрунтової альгофлори та їх подальшому розселенні. У кишківнику *R. kessleri* знайдено 7 видів свритопних ґрунтових водоростей (*Stichococcus bacillaris*,

Mychonastes homosphaera, *Chlorella vulgaris*, *Desmococcus olivaceus*, *Bracteaecoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Eustigmatos magnus*) з 14 визначених у змивах з листяного опаду, представлених здебільшого Ch життєвими формами;

- уперше із залученням системи морфометричних ознак (загальні розміри тіла: довжина та ширина тіла, кількість сегментів, довжина тельсона, довжина коллума, довжина задньої кінцівки; розміри органів дотику: особливості головної капсули – довжина та ширина вусика; розміри елементів гнатохілярію – частини ротового апарату: довжина та ширина гнатохілярію, довжина та ширина язичкових пластин, довжина та ширина проментума) ценопопуляцій *R. kessleri* та *M. sjaelandicum* (Mein.), побудовані кореляційні плеяди, за якими було ідентифіковано рівень силватизації досліджених лісових екосистем. Потужність плеяд морфометричних ознак диплопод з природних лісових екосистем вища порівняно з диплоподами зі штучних лісових екосистем (0,64–0,93 та 0,07 відповідно).

Набули подальшого розвитку принципи функціональної зоології професорів В. Л. Булахова, О. Є. Пахомова, зокрема консортивні зв'язки в системі «грунтові безхребетні – альгоценоз».

Практичне значення отриманих результатів. Матеріали дисертації ввійшли до складу освітніх програм й використовуються в освітньому процесі при викладанні спецкурсів ДНУ: «Екологічна токсикологія», «Техноекологія». Дані, які отримані в результаті виконання дисертаційної роботи, використано при підготовці проектів створення 7 об'єктів природно-заповідного фонду (заказники державного та місцевого значення «Сухий Бичок», «Крутоярівський», «Долина р. Бик», «Балка Сухарева», «Балка Лозова», «Іванівський», «Балка Горіхова») Дніпропетровської області. Отримані дані дозволяють оцінити екологічну роль сапрофагів у природі та в урбоекосистемах та є основою для біомоніторингу.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є особистою науковою працею, яку виконано автором протягом 2005–2020 рр. у складі Комплексної експедиції з вивчення лісів степової зони України (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара). Автор особисто збирала польовий матеріал, проводила його камеральну обробку, виконувала лабораторні дослідження, здійснювала статистичне опрацювання даних, готувала наукові публікації, узагальнювала одержані результати та пропонувала висновки.

Особистий внесок у написання кожної наукової роботи зазначений у «Переліку основних наукових публікацій за темою дисертації».

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації пройшли апробацію на 14 міжнародних наукових конференціях, а саме: VII міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2004), наукова ентомологічна конференція «Загальна і прикладна ентомологія в Україні» (Львів, 2005), III міжнародній конференції «Біорізноманіття та роль зооценозу в природних та антропогенних екосистемах» (Дніпропетровськ,

2005), VIII міжнародній науково-практичній конференції «Наука і освіта» (Дніпропетровськ, 2005), міжнародній науково-практичній конференції «Современное состояние растительного и животного мира стран евросейского региона «Днепр» их охрана и рациональное использование» (Гомель, 2007), VII міжнародній конференції «Биоразнообразия и роль животных в экосистемах» (Дніпропетровськ, 2007), III Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (Йошкар-Ола, Пушино. – 2008), а IX Международна научна практична конференция (Софія, 2013), Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science (Budapest, 2013), VIII з'їзді Українського ентомологічного товариства (Київ, 2013), Міжнародній науковій конференції, присвяченій 60-річчю функціонування високогірного біологічного стаціонару «Пожижевська» імені Костянтина Малиновського (Львів, 2018), Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва (Дніпро, 2019).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 30 наукових робіт, з яких: дві монографії, одна іноземною мовою (англійською) видана в зарубіжному видавництві, чотири статті в журналах, що належать до наукометричної бази даних Scopus та Web of Science, десять статей у фахових виданнях України та 14 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури (340 джерел, з яких 119 іноземною мовою). Повний обсяг дисертації складає 202 сторінки, із них основного тексту – 131 сторінка. Робота містить 19 таблиць, 36 рисунків та додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Роль *R.kessleri* в консорціях мезофауни. Проаналізовано вплив на швидкість розкладання опалого листя ґрунтово-підстилкових тварин, зокрема багатоніжок *R.kessleri* (Ремезов, 1961; Чернова, 1977; Чернобай, 2000; Farfan, 2010; Isidorov, 2016; Brygadyrenko, 2016; Oliveira et al., 2019; Lui et al., 2019; Rossi et al, 2019). Показано важливу роль у поліпшенні екологічних властивостей ґрунту екосистемними інженерами, до яких належить і диплопода *R.kessleri*, через педурбаніційну та трофічну діяльність (Карпачевский, Перель, 1966; Курчева, 1966а, 1966б; Стриганова, 1975; Злотин, 1975; Курчева, 1975; Бызов, 1987; Ганин, 1987; Lavelle et al., 2007; Berke, 2010; Жуков, Кисенко, 2000; Sjursen et al., 2005; Eisenhauer, 2010; Kul'bachko et al., 2011, 2015; Brygadyrenko, 2015; Decomposition of oak..., 2015; Kitz et al., 2015; Grimaldi et al., 2016; Fontana, 2019; Mezherin, et al., 2021). Представники екосистемних інженерів першими серед ґрунтових безхребетних починають біологічне освоєння субстратів природного та антропогенного походження, впливаючи на хід первинних етапів ґрунтоутворення (Таращук, 2000; Пахомов и др., 2008; Кульбачко та ін., 2014b), вступають у складні взаємозв'язки з ґрунтовою мікрофлорою (Посредникова и др., 2009; Kulbachko et al., 2014a).

Розглянуто трофічні відношення ґрунтових тварин та їхні зонально-ландшафтні особливості (Локшина, 1966, 1969; Бызова, 1969; Тарасевич, 1987; Жулидов, Дубова, 1988; Стриганова, Чернова, 1980; Чорний, 1993; Fontanetti, 2004; Мороз та ін., 2011; Svyrydchenko, Brygadurenko, 2014; Кульбачко та ін., 2019). Розглянуто результати антропогенної дигресії на лісові ландшафти, зокрема на території Присамар'я (Пилипенко, Смирнов, 1984; 1989; Кульбачко та ін., 2014b; Klumenko et al., 2017).

Охарактеризовано консортивні зв'язки безхребетних тварин (Вакаренко, Карнюшин, 2002; Жуков, 2009; Spiridonov, Schmatko, 2013; Kitagami et al., 2019; Ильина и др., 2019). Але гетеротрофно детерміновані консорції безхребетних та сапротрофні консорції вивчені недостатньо.

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розділ присвячено опису особливостей геоморфологічної та гідрологічної структури (Бельгард, 1971; Травлєєв, 1977; Пасічний, 1992; Белова, Травлєєв 1999; Котович, 2002). Північне степове Придніпров'я розташоване в північній степовій підзоні степової зони в межах басейну Дніпра. Охарактеризовано кліматичні умови регіону досліджень (Чугай, 1975; Грицан, 2000). Північне степове Придніпров'я належить до північного вологого помірно холодного кліматичного району (територія рівнин басейну р. Дніпра та його притоків – Орілі та Самари). Розглянуто особливості складу рослинного покриву (Бельгард, 1950, 1958, 1960; Бекаревич та ін., 1996; Новосад, 2001) та тваринного населення (Булахов, 2000; Пилипенко, 2001; Новицкий и др., 2005; Біологічне різноманіття..., 2009; Червона книга..., 2011). Подано детальну характеристику пробних ділянок, ґрунтово-рослинних умов і особливостей антропогенного навантаження. Досліджено короткозаплавні, байрачні діброви, гігрофільні вільшаники, аренні типи лісу, ділянки, трансформовані за впливом підприємств, та міські парки. Усього досліджено 27 ділянок.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Збір для експерименту підстилкових сапрофагів проводили за допомогою пасток Барбера. У лабораторних умовах визначення *Diplopoda* проводили за роботами І. Є. Локшиної (1969), Н. Г. Чорного, С. І. Головача (1993). Облік безхребетних проводили за допомогою ручного розбирання підстилки. Запаси підстилки визначалися за методикою Н. І. Базилевич і Л. Є. Родіна (1965). Пробні ділянки описували згідно з принципами типологічної схеми лісорослинних умов О. Л. Бельгарда (1971). Досліджено ділянки трьох із п'яти ландшафтів степового Придніпров'я, характерних для степової зони: приводороздільно-балочного, долинно-терасового, придолинно-балочного. З метою встановлення особливостей розподілу сапрофагів досліджували хімічні характеристики ґрунту. Для хімічного аналізу проб ґрунту застосовували методи колориметрії (визначення фосфору за І. М. Гриндель (1982) та азоту), по-

лум'яної фотометрії (визначення калію та натрію), комплексонометричний (визначення кальцію та магнію) і титриметричний методи з використанням мокрого спалювання для визначення гумусу за С. В. Аринушкою (1970). У лабораторно-польових умовах особин *Diploroda* утримували в мікрокосмах, базуючись на методиках Б. Р. Стриганової (1980). Використовувалися методи прямого мікроскопіювання фіксованих препаратів рідини кишкової порожнини, фарбованих фуксином та за Грамом. Проводилося безпосереднє спостереження *in vivo* на препараті «висяча крапля». Кількісний підрахунок бактерій кишківника проводився за методом Коха. Виділення чистих культур відбувалося шляхом висіву рідини кишківника на універсальні поживні середовища МПА та МПБ (Himedia, India). Ідентифікація функціональних груп бактерій проводилась шляхом пересіву чистих культур на диференціально-діагностичні середовища Імшенецького (Зенова и др., 2002), ендо (Himedia, India), Гетчинсона (Сеги, 1983). Визначення бактерій проводилося за Берджі (1980). Визначення видів раковинних амеб проводився за Ю. Г. Гельцер із співавторами (Гельцер и др., 1995).

Видовий склад водоростей визначений на основі методів роботи з культурами – використовували модифіковане середовище Болда (BBM) (Гайсина и др., 2008). Визначення водоростей проводили за допомогою оптичного мікроскопу «XSP – 128B» зі збільшенням $\times 1000$ разів із використанням масляного занурення. Уміст цинку (валова форма) визначали в ківсяках та їх екскрементах атомно-адсорбційним методом на спектрофотометрії ААС-30 (Karl Zeiss, Jena, Germany). Зразки спочатку висушували до постійної ваги за температури $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ і спалювали (сухе озолення), потім аналізували на вміст цинку (Хавезов, Цалев, 1983).

Для порівняння морфометричних параметрів обраних представників *Julidae* за статтю та ценопопуляцій між собою обрано мінімальний комплекс ознак за З. Г. Приштуговою (2001). Розміри особин визначали за допомогою окуляр-мікромметра біокуляра МБС-9. Для порівняння середніх значень застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі. Статистичне опрацювання даних здійснювали в пакеті програм Microsoft Excell 2000, Statistica 6.0 та Statgraphics Centurion XV Version 15.1.02 (методи дисперсійного, факторного, регресійного аналізу).

СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ ДІПЛОРОДА У ПРИРОДНИХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ І ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕННЯХ

Диплоподи відіграють значну роль у початковій переробці рослинних залишків. Щорічно в лісосмугах східної України багатоніжки *Diploroda* дають до 2,5 т екскрецій на 1 га при заселеності близько 400 екземплярів на 1 м^2 (Гиляров, 1965; Дубина, 1975; Жуков, 1996). *R. kessleri* – один із масових видів у різних типах біогеоценозів Самарського лісу.

Julida переважають на ділянках (рис. 1) із ксеромезо-, мезофільним типом зволоження, а максимальну чисельність становлять у ксеромезофільному бору

з куничником наземним (ПД6) – 88 екз./м². Максимальну чисельність *R. kessleri* (175 екз./м²) відмічено в мезофільній паклено-ясеневій байрачній діброві (ПД9). У мезогідрофільних пробних ділянках (ПД12-16) юліди не зареєстровані. У гідрофільних короткозаплавних вільшаниках (ПД17-18) динамічна щільність юлід становить 0,26–0,66 екз./10 пастко-діб за рахунок *Mega-phyllum sjaelandicum* (Meinert, 1868). Мінімальна чисельність *R. kessleri* спостерігається в акацієвому насадженні з тонконогом вузьколистим на плакорі (ПД2). Загалом доля юлід коливається від 2,6 % до 40,7 % від загальної чисельності (у бересто-ясеневій мертвопокровній діброві – ПД8 та в ксеромезофільному бору з куничником наземним – ПД6).

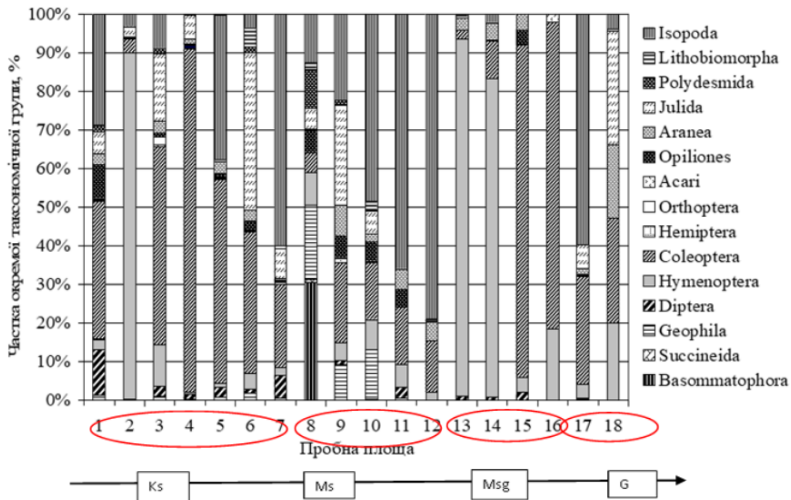


Рис. 1. Таксономічна структура герпетобію лісових біогеоценозів

Досліджено чотири пробні ділянки в околицях міста протягом польових сезонів 2007 та 2018 рр. Максимальна чисельність сапрофагів спостерігається на фонівій території ТЕС у межах ж/м «Придніпровськ» за рахунок представників Isopoda (*Porcellio scaber* (Latreille, 1804), *Armadillidium pulchellum* (Brandt, 1833) та Julida (86 % – *M. sjaelandicum* (Meinert, 1868) та поодиноких екземплярів *R. kessleri*). На ділянках поблизу заводу з коксохімічного виробництва, в рекреаційних зонах м. Дніпро (Севастопольський парк, зона відпочинку в межах ж/м «Західний») диплоподи не виявлені.

Дані з морфометрії диплопод нечисленні (Локшина, 1969; Пришутова, 1988а, б; 2001а, б; Enghoff et al., 1993) і супроводжують визначні таблиці: для представників Julida виявлено видоспецифічні особливості будови гоноподій (Tadler, 1996); майже повністю відсутні дані щодо функціональної ролі окремих частин ротового апарату диплопод, хоча деякі морфологічні відмінності жувальних частин мандибул для окремих видів виявлено (Semenyuk

et al., 2011). Обрані ділянки віддалені одна від одної (Новомосковський, Павлоградський, Юріївський райони). З метою вивчення взаємозалежностей морфологічних показників ківняка сірого обрано мінімальний комплекс ознак 14 характеристик (Пришутова, 2001а), які відображають: 1) загальні розміри тіла: довжина (L) та ширина (l) тіла, кількість сегментів (S), довжина тельсона (T), довжина коллума (C), довжина задньої кінцівки (F); 2) розміри органів дотику: особливості головної капсули – довжина (A) та ширина вусика (a); 3) розміри елементів гнатохілярію – частини ротового апарату: довжина (G) та ширина (g) гнатохілярію, довжина (E) та ширина (e) язичкових пластин, довжина (U) та ширина (u) проментума. Гнатохілярій являє собою складну нижню губу (елемент злиття другої пари максил). Статевий диморфізм відмічений на трьох ділянках за більшістю лінійних промірів (ширина тіла, довжина тельсона, довжина та ширина гнатохілярію, довжина та ширина язичкових пластин, довжина проментума, довжина коллума), що підтверджується статистичними оцінками. Мінімальні відмінності між статями виявлені у байрачній діброві, максимальний рівень диморфізму спостерігається в кленовому насадженні.

Структурограма ознак *R. kessleri* із досліджених лісових деревних насаджень побудована за методом кореляційних плеяд Терентьєва П. В. (1977) та наочно показує рівень зв'язків між вивченими параметрами (рис. 2).

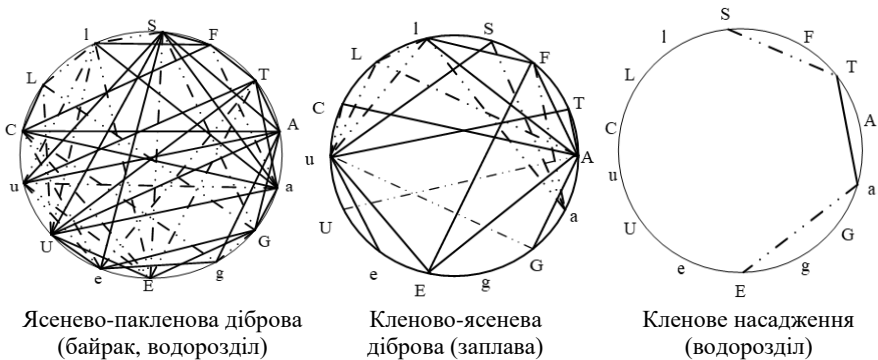


Рис. 2. Кореляційні відносини морфометричних ознак особин *R. kessleri*: L – довжина тіла, l – ширина тіла, S – кількість сегментів, T – довжина тельсона, F – довжина задньої кінцівки, A – довжина вусика, a – ширина вусика, G – довжина гнатохілярію, g – ширина гнатохілярію, E – довжина язичкових пластин, e – ширина язичкових пластин, U – довжина проментума, u – ширина проментума, C – довжина коллума; - - - зв'язок середньої сили взаємодії ($r = 0,4-0,7$); — сильна взаємодія ($r = 0,7-1,0$)

Взаємозалежні ознаки формують плеяди, всередині яких виявляють ознаку-індикатор (за найвищим кореляційним індексом). Установлено, що довжина та ширина вусиків ківсяка сірого відповідно корелюють з довжиною (для самиць) та шириною (для самців) тіла. Стосовно елементів гнатохілярію, то для самиць визначено більший спектр ознак, який входить до математичних моделей. Довжину та ширину їх язичкових пластин можна розрахувати за сумарним ефектом довжини та ширини тіла, довжини гнатохілярію, для самців – відповідно за вкладом тільки ширини гнатохілярію та довжини тіла.

Природні лісові екосистеми мають потужні плеяди, що виявляє ступінь сільватизації. Таким чином, спряженість морфологічних параметрів представників двопарноногих багатоніжок послаблена в штучному лісі й у більшій мірі проявляється в природному лісі. Величину відносної потужності кореляційної плеяди можна використовувати для діагностики натуралізації штучних насаджень в умовах степової України.

ДЕСТРУКЦІЯ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ *R. KESSLERI*

Дослідження проводилися на території Присамарського Міжнародного біосферного стаціонару імені О. Л. Бельгарда (с. Андріївка Новомосковського р-ну Дніпропетровської обл.) у підзоні різнотравно-типчачово-ковилового степу. Досліджували ділянки: короткозаплавну мезофільну паклено-ясеневу байрачну діброву із дібровним різнотрав'ям (Dn2), короткозаплавну мезофільну заплавну паклено-ясеневу діброву з бугилою (Dn'2), короткозаплавну мезогігрофільну мертвопокровну паклено-ясеневу заплавну діброву (Dn3). Установлено, що темпи розкладання підстилки максимальні в умовах достатнього зволоження та помірного впливу сонячної радіації (схил північної експозиції та нижня третина схилу південної експозиції). Порівнюючи чисельність *R. kessleri* у байрачних та заплавних дібровах, зазначимо, що в заплавних екосистемах вона достовірно нижча (у 1,3–2,7 разу). При цьому частка підстилки, що розклася в заплавних дібровах становить у середньому $55,6 \pm 3,6$ % (проти $62,2 \pm 7,3$ % у байрачній діброві).

Для виявлення екологічної ролі ківсяків як первинних деструкторів листяного опаду нами проведено польовий експеримент стосовно вивчення їх трофічних переваг із застосуванням мікрокосмів. Мікрокосм (лізіметр) – ємність, яку заповнювали ґрунтом, вільним від безхребетних тварин, сумішшю листяного опаду (клен польовий (*Acer campestre* L.), липа сердцелиста (*Tilia cordata* Mill.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), в'яз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) і додавали представників сапрофагів.

Результати дослідження показують (рис. 3), що в першому варіанті експерименту (50 екз./м²) диплоподи стимулюють розкладання підстилки (3,7 г) за весь час експерименту на 16,0 % (у контролі цей показник становить 3,1 г). З наближенням чисельності до максимальної, яка може спостерігатися у приро-

дних умовах – 400 екз./м², трофічна активність особин знижується на 8,5 % порівняно з чисельністю 200 екз./м².

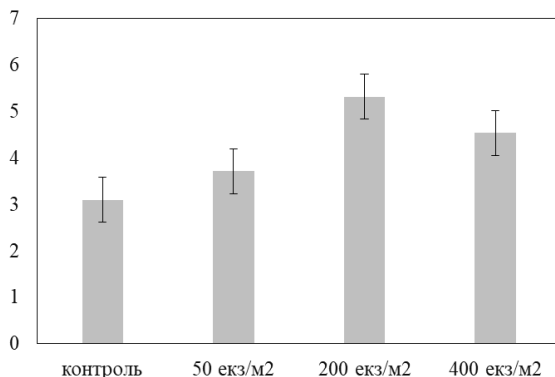


Рис. 3. Споживання опад *R. kessleri*: за віссю абсцис – кількість особин *R. kessleri*, екз./м², за віссю ординат – кількість спожитого опад (г, $x \pm SD$)

Факторний експеримент, проведений у лабораторних умовах, виявив споживну вибірковість масового виду *Diplopoda R. kessleri* до запропонованих видів опад. За зменшенням ряд харчових переваг має такий вигляд: береза – осика; клен – дуб – хвоя сосни (від 73 до 13 %). Засвоюваність рахували за формулою Г. Г. Вінберга: *Betula pendula* Roth > *Q. robur* L. >> *Pinus sylvestris* L. > *B. pendula* Roth >> *B. pendula* Roth > *A. campestre* L. >> *Populus tremula* L. > *A. platanoides* L. (від 67 до 13 %). Найефективніше в умовах експерименту *R. kessleri* розкладав листя клена гостролистого (X_5) та суміші: (X_2X_3) ясен ланцетолістий та липа серцелиста; (X_3X_5) липа серцелиста та клен гостролистий (рис. 4).

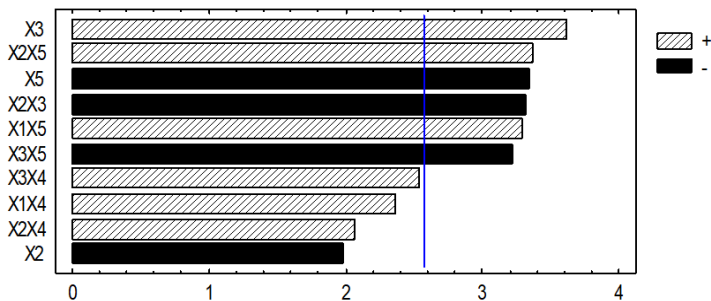


Рис. 4. Трофічні пріоритети *R. kessleri* при споживанні листяного опад різних порід дерев: «+» неефективне розкладання; «-» ефективне розкладання; фактори (опад): X_1 – дуб звичайний (*Q. robur* L.); X_2 – ясен ланцетолістий (*Fraxinus lanceolata* Borch.); X_3 – липа серцелиста (*T. cordata* Mill.); X_4 – клен польовий (*A. campestre* L.); X_5 – клен гостролистий (*A. platanoides* L.)

Результати споживання *R. kessleri* різних видів опаду можна представити таким рівнянням регресії ($p < 0,05$):

$$Y = 4,02 + 0,96 * X_3 - 0,89 * X_5 + 0,87 * X_1 X_5 - 0,88 * X_2 X_3 + 0,89 * X_2 X_5 - 0,85 * X_3 X_5$$

$$(R^2 = 0,839)$$

Таким чином, підводячи підсумок проведеного експерименту, з великою долею впевненості можна сказати, що ефективне споживання підстилки залежить від наявності у складі листового опаду дерев – липи серцелистої та клена гостролистого.

Побудовано тернарну діаграму (рис. 5) і запропоновано регресійну модель, яка відображає трофічну вибірковість сапрофагів (*R. kessleri* і *P. scaber*) до компонентів суміші:

$$Y = 2,40 Acer + 1,67 Tilia + 1,64 Quercus + 1,77 Ulmus + 1,42 Fraxinus -$$

$$- 2,12 AcerTilia + 17,31 AcerQuercus + 7,63 TiliaUlmus -$$

$$- 49,41 AcerQuercusUlmus - - 54,57 AcerQuercusFraxinus -$$

$$52,46 TiliaUlmusFraxinus$$

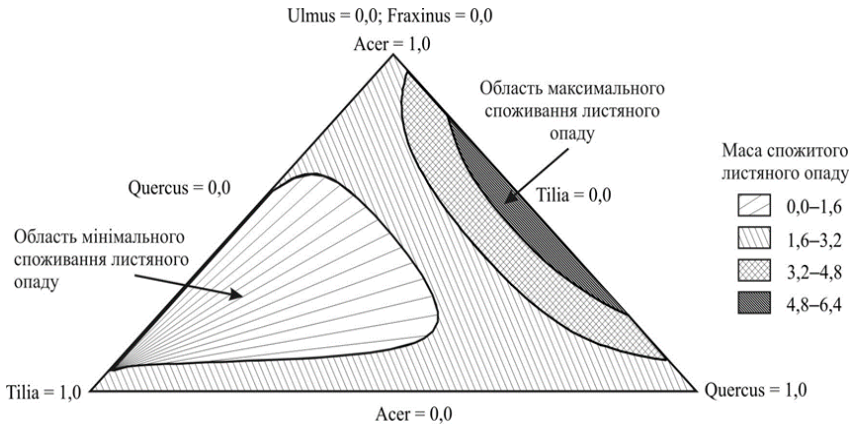


Рис. 5. Трофічні пріоритети *R. kessleri* і *P. scaber* під час споживання листового опаду п'яти запропонованих порід дерев

З'ясовано, що листовий опад клена польового та в'яза гладкого споживається групою сапрофагів (*R. kessleri* і *P. scaber*) у більшій кількості, ніж опади липи серцелистої, дуба звичайного та ясена звичайного, про що свідчать їх коефіцієнти основних ефектів у рівнянні регресії. Таким чином, доведено трофічну вибірковість у сапрофагів у природних лісах в умовах степової зони. Отже, трофічна активність сапрофагів збільшується за присутності у природних лісах клена польового та в'яза гладкого, що робить доцільним використання цих деревних порід, зокрема, у конструюванні штучних лісових екосистем.

При проведенні дробного факторного експерименту 2^{4-1} з групою сапрофагів використовували такі види: *R. kessleri*, *M. rossicum*, *D. octaedra*, *P. scaber*. У наших експериментах варіювались такі фактори: маса спожитої підстилки та маса тіла (рис. 6).

Результати експерименту можна подати у вигляді математичної моделі:

$$Y = 14,7 - 2,6 X_3 + 3,9 (X_1 X_2 + X_3 X_4) - 3,8 (X_1 X_3 + X_2 X_4) \\ (R^2 = 0,991)$$

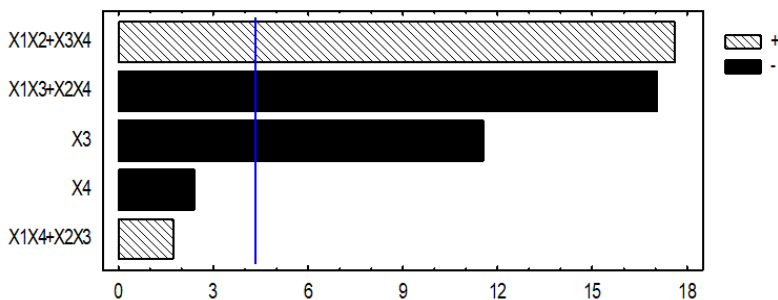


Рис. 6. Значущість факторів та їх взаємодія: «+» ефективне розкладання; «-» неефективне розкладання; X_1 – *R. kessleri*, X_2 – *M. rossicum*, X_3 – *D. octaedra*, X_4 – *P. scaber*

Підприємства кольорової металургії, агротехнічна діяльність є джерелом штучного забруднення навколишнього середовища цинком. Сполуки такого високотоксичного металу як цинк не руйнуються, вони мігрують і накопичуються у верхньому шарі ґрунту різних територій, в тканинах тварин, а за певних умов передаються по ланках трофічного ланцюга (Біологічне різноманіття..., 2016). *R. kessleri* накопичують цинк пропорційно до посилення хімічного навантаження в середовищі існування (табл. 1).

Таблиця 1

Результати багатфакторного дисперсійного аналізу впливу хімічного навантаження на особин *R. kessleri*

Джерело дисперсії	Сума квадратів відхилень	Df	Середньо-квдратичне відхилення	F _{0.05}	P
<i>Основні ефекти</i>					
Хімічне навантаження	267191.	3	89063.7	18.76	0.0002
Кормова база	11610.1	1	11610.1	2.45	0.1489
Об'єкт дослідження	71888.3	1	71888.3	15.14	0.0030
Остаточна дисперсія	47473.7	10	4747.4		
Загальне (скориговане)	398163.0	15			

Особини *R. kessleri* накопичують цинк пропорційно до посилення хімічного навантаження в середовищі існування. В організмах диплопод акумулюється статистично достовірно більше цинку (в 1,5 разу), ніж його вміст в екскреціях (табл. 2, 3). Таке накопичення не залежить від трофічної бази (підстилка з клену гостролистого, робінії псевдоакації)

Таблиця 2

Оцінка впливу різної за видовим складом листяної підстилки на вміст цинку в *R. kessleri* під час їх живлення в умовах хімічного навантаження

Хімічне навантаження $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	Кількість дослідів	Середній вміст цинку, мг/кг	Однорідність груп ¹		
Контроль	4	174.36	X		
0.006 г/л	4	259.89	X	X	
0.030 г/л	4	398.08		X	X
0.150 г/л	4	512.14			X

Примітка: 1 – у стовпчику показники, які відмічені символом X, утворюють статистично однорідну групу, у межах якої значуща різниця середніх відсутня (за результатами тесту Тьюкі).

Таблиця 3

Оцінка впливу різної за видовим складом листяної підстилки на вміст цинку в ківсяках у ході їх живлення в умовах хімічного навантаження

Параметр	Кількість дослідів	Середній вміст цинку, мг/кг	Однорідність груп ¹	
<i>Кормова база</i>				
Підстилка з листя <i>A.campestre</i>	8	309.18	X	
Підстилка з листя <i>R.pseudoacacia</i>	8	363.06	X	
<i>Об'єкт дослідження</i>				
Екскременти <i>R. kessleri</i>	8	269.09	X	
<i>R. kessleri</i>	8	403.15		X

Примітка: 1 – у стовпчику показники, які відмічені символом X, утворюють статистично однорідну групу, у межах якої статистично значуща різниця середніх відсутня (за результатами тесту Тьюкі).

Таким чином, результати проведеного експерименту свідчать, що за наявності хімічного стресу саме трофічна база не стане безпосереднім джерелом, який посилюватиме накопичення вмісту цинку в ківсяках та їх екскрементах.

БІОТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ *R. KESSLERI*

У досліді з вивчення мікробного складу кишківника використовувалися диплоподи після живлення однокомпонентною стерильною підстилкою типових для Самарського лісу видів дерев: *P. sylvestris* L., *T. cordata* Mill., *Salix alba* L., *Ulmus campestris* L., *A. platanoides* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Q. robur* L.

При мікроскопічних дослідженнях вмісту кишківників ківсяків, що харчувалися звичайною підстилкою були виявлені чисельні представники черепашкових амеб: *Arcella arenaria* Decloitre, 1972, *A. multilobata* Golemansky, 1964; *Diffflugia longum* Chardez, 1987, *D. lucida* Penard, 1890, *D. obonga* Ehrenberg, 1838, *D. serrata* Ogden et Zivkovik, 1983; *Nebela dentistoma* Wailes, 1913; *Trinema complanatum* Penard, 1890, *T. lineare* Penard, 1890; *Cyclopyxis arcelloides* Penard, 1902; бактерії та рештки грибного міцелію *Aspergillus*. При дослідженні рідини кишківника ківсяків, що харчувалися стерильною монокомпонентною підстилкою відмічено, що переважну більшість мікрофлори складає кишкова паличка *Escherichia coli* (рис. 7). У деяких зразках зустрічалися колонії *Micrococcus luteus* та гриби роду *Aspergillum*. За літературними даними, найбагатша на вітаміни хвоя *P. sylvestris*: А, D, Е, К, С, В1 (Растительные ресурсы..., 1990), найбільшій – листя ясеня та липи (вітамін С). У той же час максимальна кількість дубильних речовин міститься в листі клена гостролистого (у середньому 10 %), мінімальна – у листі в'яза гладкого (у середньому 5,2 %).

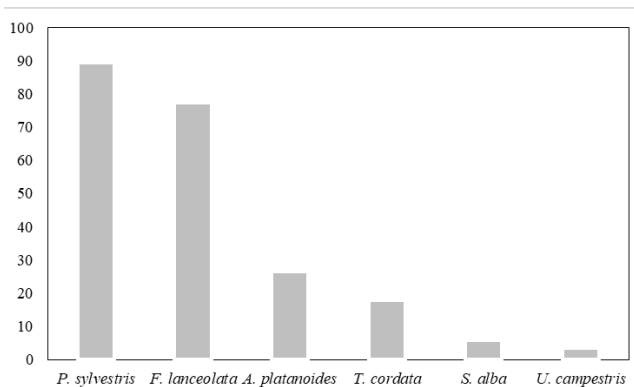


Рис. 7. Кількість (%) колонієутворюючих одиниць *E. coli* у кишківнику ківсяків *R. kessleri* залежно від виду спожитого опаду деревних рослин різних порід

Мікроскопічні водорості та ціанопротокариоти, населяючи різні ґрунти, формують різноманітні за складом угруповання. Наприклад, за даними деяких досліджень у лісових екосистемах показники їх продукції лежать у діапазоні

100–2500 кг/га, зменшуючись у посушливих місцях та збільшуючись, відповідно, у місцях зі значним рівнем зволоження (Мальцева, 2009). Таксономічний склад водоростей визначено в особинах *R. kessleri* з поверхні тіла, виділено з кишківника диплопод, виявлено в екскреціях (табл. 4).

Таблиця 4

Ґрунтові водорості, виявлені з різних частин тіла та екскрецій диплоподи *R. kessleri*

Варіант досліджу	1	2	3	4
Змиви з поверхні тіла	<i>Stichococcus bacillaris</i> Nägeli	Не виявлено	<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punčoch.	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.
Змиви з кишківника	<i>Eustigmatos magnus</i> (J. B. Petersen) Hibberd, <i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrová, <i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	<i>Eustigmatos magnus</i> (J. B. Petersen) Hibberd, <i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) P. C. Silva et al.	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij., <i>Desmococcus olivaceus</i> (Pers. ex Ach.) I. R. Laundon, <i>Stichococcus bacillaris</i> Nägeli	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrová, <i>Chlorella vulgaris</i> Beij., <i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punčoch.
Наявність в екскреціях	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij., <i>Eustigmatos magnus</i> (J. B. Petersen) Hibberd	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij., <i>Desmococcus olivaceus</i> (Pers. ex Ach.) I. R. Laundon	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij., <i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punčoch.

Примітка: 1 – трофічна база – листяна підстилка *A. campestre* L. (відібрано в парку імені Юрія Гагаріна); 2 – трофічна база – суміш листяної підстилки *A. campestre*, *Populus nigra*, *R. pseudoacacia* (відібрано в парку імені Юрія Гагаріна); 3 – трофічна база – листяна підстилка *A. campestre* L. (відібрано в парку на території Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна); 4 – трофічна база – плоди *Ulmus laevis* Pall. (відібрано в парку на території Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна).

З-поміж визначених у змивах із кишківника та екскреціях видів переважають представники відділу Chlorophyta, Ch-форма екобіоморф – едафофільні тіньовитривалі види (71,0 % проти 14,0 %). Згідно з отриманими даними, 3 види водоростей (*Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Stichococcus bacillaris*) зафіксовано на змивах з кишківника *R. kessleri*, але не виявлені в

екскреціях. У такий спосіб ківсяки слугують провайдерами підтримувальних екосистемних послуг та утримують форичні консортивні зв'язки.

ВИСНОВКИ

1. Максимальна щільність підстилкової мезофауни спостерігається в короткозаплавній мезофілній паклено-ясеневій діброві із різнотрав'ям (11,1 особини /10 пастко-діб), мінімум (0,41–0,55 особини /10 пастко-діб) зафіксовано на ділянках короткозаплавного мезогірофільного вербняку із кропивою дводомною, ксеромезофільного акацієвого насадження з тонконогом вузьколистим на плакорі. У герпетобії біогеоценозів в околицях м. Дніпро серед сапрофагів переважають *Isopoda* та *Julida* (29,0 % та 30,0 % відповідно). Топічно збільшення динамічної щільності *R. kessleri* пов'язане зі зростанням індексу зволоження для природних екосистем (0,3 особини/10 пастко-діб для ксеромезофільного акацієвого насадження, 34,5 особини/10 пастко-діб для мезофільної байрачної діброви).

2. Вивчення морфометричних показників *R. kessleri* дозволило з'ясувати статистичні залежності певних розмірних характеристик (визначальним показником для ширини вусика у самиць виявлено довжину тіла, у той час як для самців це ширина тіла) у комплексі ознак та представити для них математичні моделі з високим ступенем адекватності. Одним із показників морфологічної інтегрованості ознак є міць кореляційної плеяди. Установлено, що 14 морфологічних показників, що досліджені, створюють міцніші плеяди (відносна міць складає 0,64 та 0,93 одиниці) для умов природного лісу (заплавні та байрачні діброви відповідно), а для умов штучного лісу – слабку кореляційну плеяду з відносною міццю 0,07 одиниці. Таким чином, величину відносної міці кореляційної плеяди можна використовувати для діагностики натуралізації штучних насаджень в умовах степового Придніпров'я.

3. Трофічна активність *R. kessleri* знижується на 8,5 % за наближення чисельності до максимальної, що може спостерігатися у природних умовах (400 екз./м²). Листяний опад клена гостролистого та в'яза гладкого з п'ятикомпонентної суміші листяного опадку з листя клену польового (*Acer campestre*), липи серцелистої (*Tilia cordata*), дуба звичайного (*Quercus robur*), в'яза гладкого (*Ulmus laevis*), ясена звичайного (*Fraxinus excelsior*) споживається групою сапрофагів (*R. kessleri*, *P. scaber*) у більшій кількості, ніж листяні опади липи серцелистої, дуба звичайного та ясена звичайного.

4. За умов моделювання хімічного навантаження (на прикладі Zn) на *R. kessleri* встановлено, що в екскреціях ківсяка спостерігається в середньому в 1,5 разу менший уміст цинку, ніж у самому ківсяку. Видова належність запропонованого листяного опадку (*Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*) статистично не впливає на акумуляцію цинку. У разі посилення хімічного навантаження уміст цинку в тілі *R. kessleri* статистично достовірно збільшується (у 2,9 разу відносно контролю).

5. Установлено, що переважання *E. coli* (99,70 % від загальної чисельності колоній бактерій), мінімальна кількість грибів (0,14 % від загальної кількості клітин) та найвища чисельність протистів (0,60 % від загальної кількості клітин) у кишковій рідині *R. kessleri*. спостерігається за умов живлення диплопод листям верби (*Salix alba*). Максимальну кількість колонієутворюючих одиниць Enterobacteriaceae sp. (37,0 % від загальної чисельності колоній бактерій) виявлено в кишковій рідині диплопод, які споживали кленову підстилку (*Acer platanoides*);

6. У кишківнику *R. kessleri* знайдено 7 видів (з 14 виявлених зі змивів опад) ґрунтових водоростей (*Stichococcus bacillaris* Nägeli, *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punčoch., *Chlorella vulgaris* Beij., *Desmococcus olivaceus* (Pers. ex Ach.) I. R. Laundon, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrová, *Klebsormidium flaccidum* (Kutz) Silva et all, *Eustigmatos magnus* (J. V. Petersen) Hibberd), представлених здебільшого Ch життєвими формами. Три види водоростей (*Stichococcus bacillaris*, *Chlorella vulgaris*, *Mychonastes homosphaera*) зафіксовано на змивах із кишківника *R. kessleri*, але не виявлені в екскреціях цього виду. Таким чином форичний консортивний зв'язок *R. kessleri* сприяє перерозподілу представників ґрунтової альгофлори та їх подальшому розселенню.

СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮДИСЕРТАЦІЇ

У виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Kulbachko, Y., Didur, O., Khromykh, N., **Pokhylenko, A.**, Lykholat, T., Levchenko, B. (2019). Morpho-ecological structure of oribatid mite (Acariformes, Oribatida) communities in the forest litter of recultivated areas. *Biosystems Diversity*, 27(4), 334–341. doi:10.15421/011944 (**Web of Science, Scopus; особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті**).

2. **Pokhylenko, A.**, Lykholat, O., Didur, O., Kulbachko, Y., Lykholat, T. (2019). Morphological variability of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida) from different biotopes within steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 176–182. doi.org/10.15421/2019_24 (**Web of Science; особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті**).

3. Didur, O., Kulbachko, Y., Ovchynnykova, Y., **Pokhylenko, A.**, Lykholat, T. (2019). Zoogenic mechanisms of ecological rehabilitation of urban soils of the park zone of megapolis: Earthworms and Soil Buffer Capacity. *Environmental Research, Engineering and Management*, 75. 10.5755/j01.erem.75.1.21121 (**Scopus; особистий внесок: опрацювання літератури, написання статті**).

4. **Pokhylenko, A. P.**, Didur, O. O., Kulbachko, Y. L., Bandura, L. P., Chernykh, S. A. (2020). Influence of saprophages (Isopoda, Diplopoda) on leaf litter

decomposition under different levels of humidification and chemical loading. *Bio-systems Diversity*, 28(4), 384–389. doi.org/10.15421/012049 (**Web of Science, Scopus**; особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

Публікації в наукових фахових виданнях України

5. **Похиленко, А. П.**, Дідур, О. О., Кульбачко, Ю. Л., Овчинникова Ю. Ю. (2019). Трофічна вибірковість підстилкових сапрофагів (Diploroda, Isopoda) у природних лісах в умовах степу. *Екологія та ноосферологія*, 30(1), 24–28. doi:10.15421/031904 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

6. **Похиленко, А. П.**, Дідур, О. А. (2018). Дослідження залежностей морфологічних ознак у представників сапрофагів (на прикладі *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927)). *Екологія та ноосферологія*, 29(2), 43–46. doi.org/10.15421/031820 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

7. **Похиленко, А. П.**, Дідур, О. А., Кульбачко, Ю. Л., Федоров, П. Р. (2019). Аккумуляція цинка представителями сапрофагів (Diploroda, Julidae, *Rossiulus kessleri*) в умовах хімічної навантаження. *Екологічні науки*, 2(25), 177–181. doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-29 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

8. **Похиленко, А. П.** (2014). Оцінка морфологічної мінливості популяцій *Rossiulus kessleri* (Diploroda, Julida). *Вісник Дніпропетровського університету, Біологія, екологія*, 22(1), 88–95 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

9. **Похиленко, А. П.** (2012). Оцінка морфологічної мінливості популяцій *Megaphyllium sjaelandicum* (Diploroda, Julida). *Екологія та ноосферологія*, 20(3-4), 49–56 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

10. Корольов, О. В., **Похиленко, А. П.** (2009). Трофічні зв'язки *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) із домінуючими видами Diploroda та Isopoda Самарського лісу. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивативації земель*, 38, 124–129 (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

11. **Похиленко А. П.**, Корольов О. В., Шульман М. В. (2009). Особливості формування угруповань нагрунтових безхребетних урбанізованих територій на прикладі м. Дніпропетровськ. *Питання біоіндикації та екології*, 14(1), 121–134. (особистий внесок: опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті).

12. **Похиленко, А. П.**, Редько, В. В. (2008). Склад мікрофлори кишкової порожнини ківсяка *Rossilus kessleri* (Diplopoda) в залежності від виду спожитого опаду. Науковий вісник Чернівецького університету, 373, 141–149. (особистий внесок: *опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті*).

13. **Похиленко, А. П.** (2007). Аналіз впливу чисельності підстилкових сапрофагів на процеси розкладення підстилки. Питання біоіндикації та екології, 12(2), 101–107 (особистий внесок: *опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті*).

14. Пахомов, О. Є., **Похиленко, А. П.**, Фали, Л. І., Гірна, А. Я. (2008). Різноманіття угруповань нагрунтових безхребетних лісових екосистем Присамар'я Дніпровського. Науковий вісник Ужгородського університету, 24, 40–47 (особистий внесок: *опрацювання літератури, збирання та часткова обробка фактичного матеріалу, написання статті*).

Публікації в інших наукових виданнях

15. Кульбачко, Ю. Л., Дідур, О. О., **Похиленко, А. П.** (2019). *Екологічні аспекти зоопертинентної функції ґрунтових сапрофагів: монографія*. Д.: РВВ ДНУ.

16. Kulbachko, Y., Didur, O., **Pokhylenko, A.**, Lykholat, T. (2019). *Zoopertinent function of soil saprophages in current environment management: monogr.* «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

17. **Похиленко, А. П.** (2004). Двопарноногі багатоніжки (Diplopoda) лісових екосистем Присамар'я Дніпровського. *Екологія. Людина. Суспільство*: VII Міжнародна науково-практична конференція. (С. 56). Київ: НТУУ “КПІ”.

18. **Похиленко, А. П.** (2005). Характеристика підстилкових сапрофагів у заплавних біогеоценозах Присамар'я Дніпровського. *Наука і освіта – 2005*: Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції. (С. 49–50). Дніпропетровськ: Наука і освіта.

19. **Похиленко, А. П.** (2005). Залежність розподілу сапрофагів від хімічних характеристик ґрунту. *Типологія лісів степової зони, їх біорізноманіття та охорона*: Тези доповідей міжнародної конференції. (С. 165–167). Дніпропетровськ: ДНУ.

20. **Похиленко, А. П.** (2005). Роль Diplopoda в розложенні лесного опаду в умовах долинно-терасового ландшафту Присамар'я Дніпровського. *Біорізноманіття та роль зооценозу в природних та антропогенних екосистемах*: III Міжнародна конференція. (С. 208). Дніпропетровськ: Адверта.

21. **Похиленко, А. П.** (2005). Підстилкові сапрофаги лісових екосистем придолинно-терасового ландшафту в умовах Присамар'я Дніпровського. *Загальна і прикладна ентомологія в Україні*: Тези доповідей наукової ентомологічної конференції. (С. 171–172). Львів.

22. Brygadyrenko, V., **Pokhylenko, A.** (2007). Features of leaf-litter decomposition in conditions of steppe Prydneprov'ye Region. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution*. Proceedings of the III international young scientists' conference. (P. 106). Odesa: Pechatnyi Dom.

23. **Похиленко, А. П.** (2007). Изменение кишечной микрофлоры *Rossiulus kessleri* (Diplopoda) после питания на мхе *Polytrichium* sp. *Современное состояние растительного и животного мира стран евروهгиона "Днепр", их охрана и рациональное использование*: Международная научно-практическая конференция. (С. 235–239). Гомель: [б. и.].

24. Королёв А. В., Шульман М. В., **Похиленко А. П.** (2008). Особенности пищевых предпочтений *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) в лабораторных условиях. *Принципы и способы сохранения биоразнообразия*: Материалы III Всероссийской научной конференции. (С. 161–162). Йошкар-Ола, Пущино.

25. **Pokhylenko, A. P., Korolev, A. V.** (2013). Importance of Julida (Diplopoda) tropical and biotropical 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, P. 18–21). Budapest.

26. **Похиленко, А. П.,** Королёв, А. В. (2013). Морфологическая изменчивость популяций в условиях естественных лесных экосистем Приднепровья. *Найновите постиження на европейската наука – 2013*: Материали за IX Международна научна практична конференция. (15, С. 73–77). София: Бял ГРАД-БГ.

27. Королев, А. В., **Похиленко, А. П.** (2013). Оценка влияния *Pterostichus melanarius* (Coleoptera, Carabidae) на численность популяций многоножек семейства Julidae. *Материали VIII з'їзду Українського ентомологічного товариства*. (С. 75–76). Київ: НУБП.

28. Дідур, О. О., Кульбачко, Ю. Л., **Похиленко, А. П.,** Левченко, Б. В. (2018). Зоогенні тенденції буферної здатності ґрунтів паркової зони мегаполісу. *Значення та перспективи стаціонарних досліджень для вивчення і збереження біорізноманіття*: Материали Міжнародної наукової конференції. (С. 44–46). Львів: Простір-"М".

29. Kulbachko, Y., Didur, O., Ovchynnykova, Y., **Pokhylenko, A.** (2018). Zoogenic tendencies of buffer capacity of urban soils in boundaries of the park zone of industrial megapolis (city Dnipro, Ukraine). *Smart Bio: 2nd International Conference. Abstract Book*. (P. 376). Kaunas, Lithuania.

30. **Похиленко, А. П.,** Дідур, О. О., Кульбачко, Ю. Л., Левченко, Б. В. (2019). Морфологічна інтегрованість *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) із різних лісових біотопів в умовах семиаридного клімату степової зони України. *Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи*: Материали Міжнародної науково-практичної конференції. (С. 56–58). Дніпро: Ліра.

АННОТАЦІЯ

Похиленко А. П. Консортивні зв'язки *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida) в лісових екосистемах степового Придніпров'я. – Кваліфікаційна наукова праця. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 «Екологія». – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара МОН України, Дніпро, 2021.

У дисертації охарактеризовано консортивні зв'язки (топічні, форичні, трофічні) *R. kessleri* в лісових екосистемах степового Придніпров'я. Проаналізовано особливості розповсюдження диплопод у природних і штучних лісових екосистемах та трофічної спеціалізації *R. kessleri* в умовах степового Придніпров'я. Досліджено особливості накопичення цинку за умов хімічного навантаження (на прикладі *R. kessleri*). Установлено, що в екскреціях ківсяка спостерігається в середньому в 1,5 разу менший уміст цинку, ніж у самому ківсяку. Видова належність запропонованого листяного опаду (*Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*) статистично не впливає на акумуляцію цинку. Визначено склад мікробіоценозу *R. kessleri* при споживанні різних видів опаду та показана участь *R. kessleri* у (екто- та ендо-) розповсюдженні ґрунтових водоростей. Установлено, що переважання *E. coli*, мінімальна кількість грибів та найвища чисельність найпростіших у кишковій рідині *R. kessleri* спостерігається за умов живлення диплопод листям верби (*Salix alba*). У кишківнику *R. kessleri* виявлено 7 видів (з 14 виявлених зі змивів опаду) ґрунтових водоростей (*Stichococcus bacillaris*, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorella vulgaris*, *Desmococcus olivaceus*, *Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Eustigmatos magnus*).

Ключові слова: диплоподи, *Rossiulus kessleri*, консортивний зв'язок, морфологічна мінливість, лісові екосистеми, ґрунтові водорості.

АННОТАЦИЯ

Похиленко А. П. Консортивные связи *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida) в лесных экосистемах степного Приднепровья. – Квалификационная научная работа. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 «Экология». – Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара МОН Украины, Днепропетровск, 2021.

В диссертации охарактеризованы консортивные связи (топические, форические, трофические) *R. kessleri* в лесных экосистемах степного Приднепровья. Проанализированы особенности распространения диплопод в естественных и искусственных лесных экосистемах и установлены трофические предпочтения *R. kessleri* в условиях степного Приднепровья. Определены особенности накопления цинка в условиях химического пресса (на примере *R. kessleri*). Установлено, что в экскрециях кивсяка наблюдается в среднем в 1,5 раза меньшее содержание цинка, чем в самом кивсяке. Видовая принадле-

жность предлагаемой листовой подстилки (*Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*) статистически не влияет на аккумуляцию цинка. Определен состав микробоценоза кишківника *R. kessleri* при потреблении различных видов опада и показано участие *R. kessleri* в распространении почвенных водорослей (форическая консортивная связь). Установлено, что преобладание *E. coli*, минимальная численность грибов и максимальная численность простейших в кишечной жидкости у *R. kessleri* наблюдается при потреблении диплоподой листьев вербы (*Salix alba*). В кишківнику *R. kessleri* обнаружено 7 видов (из 14 со смывов опада) почвенных водорослей (*Stichococcus bacillaris*, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorella vulgaris*, *Desmococcus olivaceus*, *Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Eustigmatos magnus*).

Ключевые слова: диплоподы, *Rossiulus kessleri*, консортивные связи, морфологическая изменчивость, лесные экосистемы, почвенные водоросли.

ABSTRACT

Pokhylenko A. P Consortium connections of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida) in forest ecosystems of the steppe Prydniprovie region. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation on the competition of graduate degree of candidate of biological sciences on specialty 03.00.16 «Ecology». – Oles Honchar Dnipro National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2021.

The dissertation describes the consortium connections (topical, phoric connections, trophic preferences) of *R. kessleri* in forest ecosystems of the steppe Prydniprovie region. The features of the distribution of diplopods in natural and artificial forest ecosystems are analyzed, and trophic preferences of *R. kessleri* in conditions of the steppe Prydniprovie region are established. For the first time with the involvement of a morphometric features system (linear characteristics: length and width of the body, number of segments, length of the telson, length of the collum, length of the limb; tactile organs: features of the head capsule – length and width of antennae, characteristics of gnathochilarium elements: length and width of gnathochilarium, length and the width of the promentum) of coenopopulations of *R. kessleri* and *M. sjalenticum*, correlation pleiades are constructed. Thus, it is possible to identify the level of silvatization of the studied forest ecosystems. The parameter power of pleiades determined from natural forest ecosystems is higher compared to such one from artificial forest ecosystems (0,64–0,93 and 0,07, respectively). According to the results of measurements of individuals from the ash-maple oak-grove from Novomoskovskyyi forestry sexual dimorphism is observed by body width, length of antennae, length of gnathochilarium, length of lingular plates. Sexual dimorphism is observed in the size of gnathochilarium – in females, it is 8,8 % wider and 6,3% longer. In individuals from the maple-ash flood plain of Kocherezhsky forestry, significant differences are observed in the length of antennas at almost the same width (males antennas are 7,6 % longer). No differences by sex are observed on such characteristics as body length, limb length, promentum width. In the maple stand sexual dimorphism (females are 23,8 % shorter than

males and 22,5 % wider) at the highest level of significance ($P < 0,001$) is observed in both length and width of the body, while for individuals of *R. kessleri* from an ash-maple oak-grove and a maple-ash flood plain, sexual dimorphism is observed for body width ($P < 0,001$) only.

The principles of functional zoology formulated by Professors V. L. Bulakhov, O. E. Pakhomov, in particular consortium relations in the system “soil invertebrates – algocenosis”, were taken further.

The materials of the dissertation were introduced into the educational process of Oles Honchar Dnipro National University during the teaching of subjects: “Ecological toxicology”, “Technoecology”. The results of dissertation were used to create new 7 objects of nature reserves of Dnipropetrovsk region.

The specificity of zinc bioaccumulation under conditions of a chemical load is determined (*R. kessleri* case). Thus it is found out that the diplopoda excretion contains, on average, 1,5 times less zinc than diplopoda itself. Affiliation with species of the proposed leaf litter (*Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*) does not statistically affect zinc accumulation. The composition of the intestinal biocenosis of *R. kessleri* when consuming various types of leaf litter and the participation of *R. kessleri* in the distribution of soil algae was determined (an example of phoric consortium connection). We found that the prevalence of *E. coli*, the minimum number of fungi, and the maximum number of protozoa in the intestinal fluid in specimen of *R. kessleri* is observed when the diplopoda consume willow leaves (*Salix alba* (L.)). Zooalgological analysis of Dnipro parks showed that *R. kessleri* promotes the redistribution of soil algae flora and its further resettlement. In the intestine of *R. kessleri*, 7 species (out of 14 from litter elution) of soil algae (*Stichococcus bacillaris*, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorella vulgaris*, *Desmococcus olivaceus*, *Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Eustigmatos magnus*) were found.

Keywords: Diplopoda, *Rossiulus kessleri*, consortium connection, morphological variability, forest ecosystems, soil algae.

Підписано до друку 16.08.2021. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 0,7. Обл.-вид. арк. 0,9. Зам. № . Наклад 100 прим.

Відруковано в Поліграфцентрі ФОП Кучугурний Ю.М.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
№ 2224000000073863 49000, м. Дніпро, вул. Воскресенська, 11
Тел.: (096)423-60-71