

# ECOLOGY AND NOOSPHEROLOGY

ISSN 1726-1112 (Print)  
ISSN 2310-4309 (Online)  
Ecol. Noospher., 29(2), 125–130  
doi: 10.15421/031820

## Analysis of morphological features connections in representatives of saprophages (case study *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927))

A. P. Pokhylenko, O. O. Didur

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

### Article info

Received 18.10.2018  
Received in revised form  
25.10.2018  
Accepted 29.10.2018

Oles Honchar Dnipro  
National University,  
Gagarin Ave., 72, Dnipro,  
49010, Ukraine.  
Tel.: +38-096-389-78-75  
E-mail: vivtash@ukr.net

**Pokhylenko, A. P., & Didur, O. O. (2018). Analysis of morphological features connections in representatives of saprophages (case study *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927)). *Ecology and Noospherology*, 29(2), 125–130. doi:10.15421/031820**

Among the natural mechanisms that positively influence on the optimization of anthropogenically transformed soils, on sustainability of natural soils, there is saprophages' pertinent activity. Typical representatives of saprophages within such functional group as «ecosystem engineers» are diplopoda. Their trophometabolic (excretory) function is a significant factor in the fertility soil rising. The object of the study – *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927), the representative of *Diplopoda* (*Julidae*). The aim of the paper is studying the interdependence morphological features among *R. kessleri* individuals from different forest ecosystems (natural ash-maple oakery within subwatershed-ravine landscape, natural maple-aspen oakery within terrace flood plain, maple standing forest within subwatershed-ravine landscape) within the steppe zone of Ukraine. Statistical analysis, on the criterion of multiple comparison of averages (test Tukey) for females from three forest types, revealed statistically significant ( $P \leq 0,05$ ) differences in average width and length of it's body, and in the length of the collum. For males from three forest types, significant differences ( $P \leq 0,05$ ) was found in width and length of the antennae, meanwhile for lingular plates' length and width, and for length and width of the gnathochilarium, differences was not established. Analysis of morphological features connections was carried out using multiple regression methods, which allowed to develop mathematical models with high predictive power. It is established that morphological changes of some diplopoda's structural features are correlated with one or several other ones. Multiple regression methods showed standing assemblages of quantitative characteristics that might be predicted by certain morphometric features both for males and females (for example by linear size of its body, or size of gnathochilarium elements). It is shown that antennae's length and width, correlate with body length (for females) and body width (for males) respectively. As for gnathochilarium elements, for females a great number of features were determined as remained in mathematical models after statistical processing. Thus, lingular plates' length and width might be predicted by additive (total) contribution of body's length and width, and gnathochilarium length for females, and for males, respectively, only the by gnathochilarium width and by body's length. The identified features are elements of morphological integration, which makes structural and functional integrity of organisms as a system.

**Keywords:** ecosystem engineers; ecosystem services; saprophages; millipede (*Rossiulus kessleri*); morphometric characteristics and connections; forest ecosystems

## Дослідження залежностей морфологічних ознак у представників сапрофагів (на прикладі *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927))

А. П. Похиленко, О. О. Дідур

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

Одним із природних механізмів, який позитивно впливає на оптимізацію антропогенно порушених ґрунтів, підтримання і поліпшення властивостей природних ґрунтів, є пертинентна активність сапрофагів, зокрема таких типових представників функціональної групи «екосистемних інженерів», як двопарноногі багатоніжки. Їх трофометаболічна (екскреторна) функція – істотний чинник родючості ґрунту. Об'єкт дослідження – представники *Diplopoda* (*Julidae*)

*Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) – сірого ківсяка. Мета – вивчити взаємозалежності морфологічних ознак у представників *R. kessleri* із різних лісових екосистем в умовах степової зони України. Статистичний аналіз, здійснений за критерієм множинного порівняння середніх (тест Тьюкі), виявив для самиць сірого ківсяка, відібраних у трьох типах лісу (ясенево-пакленова байрачна діброва, кленово-ясенева заплавна діброва, штучне кленове насадження на водорозділі), існування статистично достовірних ( $P \leq 0,05$ ) розбіжностей за середньою шириною та довжиною тіла, а також довжиною коллума, для самців – за шириною та довжиною вусика. Для середньої довжини та ширини язичкових пластин, довжини та ширини гнатохілярія розбіжностей для самців з різних типів лісу не встановлено. Розгляд зв'язку і взаємодії між кількома морфометричними характеристиками здійснювали з використанням методів множинної регресії, які дозволили побудувати математичні моделі з високою прогнозною здатністю. Установлено, що морфологічні зміни одних структурних ознак особин сірого ківсяка корелюють з одним або декількома іншими ознаками. Методами множинної регресії виявлені стійкі сукупності кількісних ознак, які можна прогнозувати для самиць і самців ківсяка сірого за певними морфометричними характеристиками – загальними розмірами його тіла, розмірами органів почуття, розмірами елементів гнатохілярія. Установлено, що довжина та ширина вусиків ківсяка сірого відповідно корелюють з довжиною (для самиць) та шириною (для самців) тіла. Стосовно елементів гнатохілярія, то для самиць визначено більший спектр ознак, які після статистичного опрацювання залишились у складі математичних моделей. Так, довжину та ширину язичкових пластин можна прогнозувати за аддитивним (сумарним) вкладом довжини та ширини тіла, довжини гнатохілярія для самиць, для самців – відповідно за вкладом тільки ширини гнатохілярія та довжини тіла. Визначені особливості є елементами морфологічної інтеграції, від якої залежить структурна та функціональна цілісність організмів як системи.

**Ключові слова:** екосистемні інженери; екосистемні послуги; сапрофаги; ківсяк (*Rossiulus kessleri*); морфометричні характеристики та залежності; лісові екосистеми

## Вступ

У зв'язку з антропогенним впливом людини на природні угруповання питання збереження біорізноманіття, запобігання десертифікації, деградації ґрунтів набрали чинності в останні роки (Клуменко et al., 2017). Для такого індустріалізованого регіону України, як Степове Придніпров'я, зазначені явища особливо характерні. Тому постає питання ґрунтової плодючості й зростає значущість ґрунтових безхребетних середовищеперетворювачів в оптимізації оточуючого середовища (Jones et al., 1994, 1997; Timonov, 2007; Eisenhauer, 2010; Bulakhov and Pakhomov, 2011; Kul'bachko et al., 2015). Типовими представниками «екосистемних інженерів» є ґрунтово-підстилкові сапрофаги, і такі екосистемні функції, як стабілізація клімату, очищення повітря, формування плодючих ґрунтів, їх захист від ерозії, залежать від біологічного різноманіття підстилкових безхребетних (Kadem et al., 2004). Формуючи піонерні співтовариства, їх представники першими серед ґрунтових безхребетних починають біологічне освоєння субстратів природного та антропогенного походження, впливаючи на хід первинних етапів (Tarashchuk and Bezkravna, 2000), вступають у складні взаємодії з ґрунтовою мікрофлорою (Stebaev, 1984; Vyzov, 2005), формують структуру ґрунту, запобігають незворотній втраті гумусу та повній деградації ґрунту. Вони беруть безпосередню участь не тільки в механічному руйнуванні відмерлої органічної речовини рослинного походження, її змішуванні з мінеральною частиною ґрунту (Striganova, 1980), прискорюючи таким чином поступ елементів до ґрунту, а й у вторинному перерозподілі хімічних елементів у лісових екосистемах (Krivoluckij, 1982), крім цього в її подальшій біохімічній трансформації – гуміфікації, яка є основою ґрунтоутворення процесу (Striganova, 1980, 2000). Ця функція ґрунтових сапрофагів не дублюється ніякими іншими групами живих організмів і важлива з точки зору збереження і підвищення родючості ґрунтів (Kurcheva, 1960; Gulyarov, 1970; Pylypenko et al., 1973; Chernova, 1977; Griffiths, 2001). Відомості про ґрунтових безхребетних використовували для діагностики та характеристики ґрунтів (Solov'ev and Brygadyrenko, 2003). Щоб застосовувати зоологічну характеристику як критерій визначення типу ґрунтоутворення процесу, важливо проводити облік тих груп тварин, від яких безпосередньо залежить хід цього процесу (Pylypenko and Smirnov, 1989).

Об'єкт дослідження – представники *Diplopoda* (*Julidae*) *Rossiulus kessleri* (Lohm.) – сірого ківсяка. Це еврибіонт, звичайний для лісів, південних дібров, лісополос помірних широт. Бере активну участь у деградації опалого

рослинного матеріалу та, як результат, забезпеченні ґрунту родючістю. Вид екологічно пластичний, світлолюбний.

Мета – вивчити взаємозалежності морфологічних ознак у представників *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) із різних лісових екосистем в умовах степової зони України.

## Матеріали та методи досліджень

Полігон дослідження охоплює в адміністративному відношенні Новомосковський, Павлоградський і Юр'ївський райони Дніпропетровської області (рис. 1). Згідно з фізико-географічним районуванням три вказані райони відповідають степовій зоні, північно-степовій підзоні, Лівобережно-Дніпровській північно-степовій провінції. Кліматичні умови цієї території, порівняно з фізико-географічними областями Правобережно-Дніпровської північно-степової провінції, відрізняються помітним збільшенням континентальності. Вона відрізняється значним розвитком долинних-заплавних, надзаплавних терасових піщано-борових і надзаплавних терасових лесово-степових типів місцевості.

Представників *Diplopoda* відбирали навесні 2018 року в трьох лісових насадженнях: у природній ясенево-пакленовій діброві (розташована у межах приводороздільно-балкового ландшафту); природній кленово-ясеневій діброві (розташована у межах долинно-терасового ландшафту); штучному кленовому лісовому насадженні (у межах приводороздільно-балкового ландшафту).

*Байрачна ясенево-пакленова діброва на водорозділі* (Новомосковський район). Основні деревні породи – дуб звичайний, ясен звичайний, клен польовий. Ґрунт – Calcic chernozem (за класифікацією WRB). Лісова підстилка потужністю 3 см, складається з напіврозкладеного листя.

*Короткозаплавна кленово-ясенева діброва* (Павлоградський район). Основу деревостану складають клен польовий, ясен звичайний. Ґрунт – Phaeozem (за класифікацією WRB). Потужність лісової підстилки 1 см, цільна, щільна.

*Штучне кленове насадження на водорозділі* (Юр'ївський район). Основні деревні породи – клен гостролистий, клен польовий, клен татарський. Ґрунт – Calcic chernozem (за класифікацією WRB). Лісова підстилка фрагментована, малопотужна (до 1,5 см).

Відомо, що цілісність організму забезпечується структурною та функціональною інтеграцією всіх його частин. З метою вивчення взаємозалежностей морфологічних показників ківсяка сірого обрано 14 характеристик (за Prishutova, 2001), які відображають: 1) *загальні розміри тіла*: довжина ( $L$ ) та ширина ( $I$ ) 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 гнатохілярія* – частини ротового апарату: довжина ( $G$ ) та ширина ( $g$ ) гнатохілярія, довжина ( $E$ ) та ширина ( $e$ ) язичкових пластин, довжина ( $U$ ) та ширина ( $u$ ) проментума. Гнатохілярій являє собою складну нижню губу (елемент злиття другої пари максилл), функція якої – підтримування харчових шматочків.

Розгляд зв'язку і взаємодії між кількома морфометричними характеристиками здійснювали з використанням методів множинної регресії, які дозволили побудову математичної моделі з високою прогнозною здатністю. Найбільш простою формою зв'язку в таких ситуаціях є лінійна. Випадком лінійної множинної кореляції може бути модель, в якій одна зі змінних являє собою функцію (залежна змінна), а інші виступають як аргумент (незалежні змінні). Для мінімізації кількості незалежних змінних, що входять до запропонованої моделі, можна скористатися покроковою множинною

регресією. Така процедура покрокового відбору є одним з критеріїв вибору «найкращої» моделі, а також інструментом для відсіву незначущих ознак (характеристик). В основу вибору тієї або іншої моделі покладено одержання працездатної моделі (в її простій формі) з найменшим числом коефіцієнтів і високим ступенем апроксимації даних. Якщо всі змінні в моделі виражені в порівнянних (безрозмірних) одиницях (стандартизованому виді), то їх коефіцієнти показують «вплив» обраних незалежних змінних на залежну змінну.

Для порівняння середніх значень морфологічних ознак самиць і самців ківсяка застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі (Honestly Significant Difference test, або Tukey's HSD test) (McDonald, 2014). Цей критерій дозволяє коректно здійснювати множинні парні порівняння середніх. Різниця середніх визнана статистично значущою за довірчою ймовірністю  $P \geq 95\%$ . Розрахунок апостеріорного множинного парного критерію Тьюкі та побудова рівнянь регресії здійснено у комп'ютерному пакеті прикладних статистичних програм Statgraphics Centurion XV Version 15.1.02.

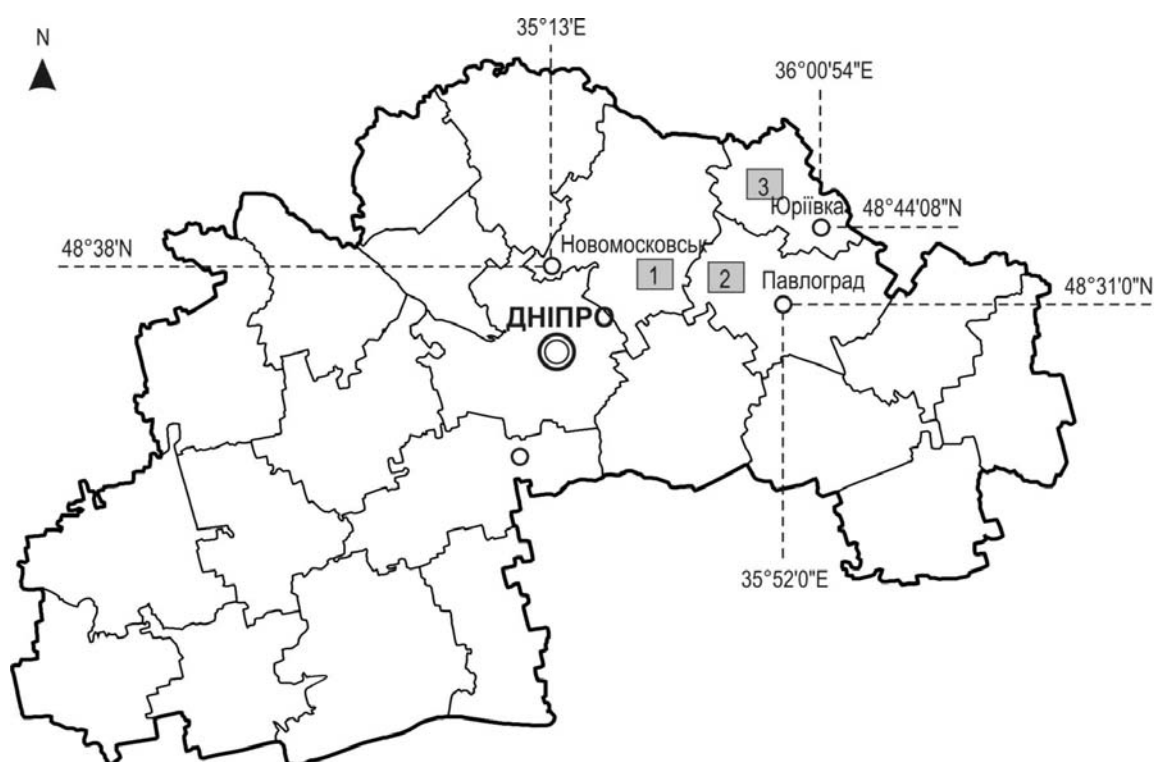


Рис. 1. Карта району досліджень: 1 – ясенєво-пакленова байрачна діброва (Новомосковський район); 2 – кленово-ясенєва заплавна діброва (Павлоградський район); 3 – штучне кленове насадження на водорозділі (Юрївський район)

## Результати та їх обговорення

За результатами дослідження самиць сірого ківсяка, відібраних у трьох типах лісу, були визначені статистично достовірні розбіжності за шириною ( $I$ ) та довжиною тіла ( $L$ ), а також довжиною коллума ( $C$ ) (табл. 1). Особини з штучного кленового насадження на водорозділі (Юрївський район) статистично достовірно відрізняються більшою середньою довжиною тіла порівняно з самицями з інших типів лісу. Тільки для такого морфологічного показника, як довжина проментума ( $U$ ), встановлено відсутність статистичної розбіжності середніх для самок ківсяка з досліджених біотопів.

Для самців ківсяка, відібраних у трьох типах лісу, статистична достовірна розбіжність середніх визначена за шириною ( $a$ ) та довжиною ( $A$ ) вусика (табл. 2). Відмітимо, що серед характеристик елементів гнатохілярія (довжина та ширина гнатохілярія, довжина та ширина язичкових пластин, довжина та ширина проментума) для самців з різних досліджених

лісових екосистем статистично достовірної розбіжності середніх довжини ( $E$ ) та ширини ( $e$ ) язичкових пластин, довжини ( $G$ ) та ширини ( $g$ ) гнатохілярія не встановлено.

Дослідження складних динамічних систем, якими є біологічні системи, пов'язані з необхідністю описання та врахування не лише особливостей окремих елементів систем (частин, ознак), а й залежностей між ними. До найпоширеніших методів вивчення таких залежностей відносять кореляційно-регресійний, а також заснований на ньому факторний і (або) компонентний аналіз.

Розглянемо результати множинної регресії на прикладі морфологічних показників, встановлених для самиць і самців з об'єднаної вибірки ківсяків, зібраних з досліджених трьох типів лісу (табл. 3).

З'ясовано, що для самиць ківсяків довжину вусика ( $A$ ) серед таких показників, як довжина тіла ( $L$ ), ширина тіла ( $I$ ), довжина гнатохілярія ( $G$ ) та довжина коллума ( $C$ ), визначають довжина тіла ( $L$ ) та довжина гнатохілярія ( $G$ ).

Таблиця 1

Статистичні відмінності середніх серед самиць сірого ківсяка із різних типів лісу (за тестом Тьюкі,  $n = 25$ ,  $P \leq 0,05$ )

Показник, мм	Тип лісу		
	ясенєво-пакленова байрачна діброва	кленово-ясенєва заплавна діброва	штучне клєнове насадження на водорозділі
Довжина тіла ( $L$ )	31,16 ± 5,129 <sup>a</sup>	32,00 ± 2,598 <sup>ab</sup>	42,84 ± 2,641 <sup>c</sup>
Ширина тіла ( $l$ )	3,22 ± 0,181 <sup>a</sup>	2,81 ± 0,375 <sup>b</sup>	3,74 ± 0,300 <sup>c</sup>
Кількість сегментів ( $S$ )	49,04 ± 1,645 <sup>a</sup>	48,72 ± 1,137 <sup>ab</sup>	51,44 ± 2,858 <sup>c</sup>
Довжина задньої кінцівки ( $F$ )	1,23 ± 0,305 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,081 <sup>ab</sup>	1,32 ± 0,128 <sup>ac</sup>
Довжина тельсона ( $T$ )	1,32 ± 0,129 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,104 <sup>ab</sup>	1,60 ± 0,204 <sup>c</sup>
Довжина вусика ( $A$ )	2,052 ± 0,286 <sup>a</sup>	1,82 ± 0,128 <sup>ab</sup>	2,85 ± 0,455 <sup>c</sup>
Ширина вусика ( $a$ )	0,20 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,30 ± 0,058 <sup>bc</sup>
Довжина гнатохілярія ( $G$ )	1,20 ± 0,086 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,069 <sup>ab</sup>	1,33 ± 0,09 <sup>c</sup>
Ширина гнатохілярія ( $g$ )	1,21 ± 0,112 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,049 <sup>ab</sup>	1,4 ± 0,008 <sup>c</sup>
Довжина язичкових пластин ( $E$ )	0,32 ± 0,067 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,041 <sup>b</sup>	0,47 ± 0,041 <sup>bc</sup>
Ширина язичкових пластин ( $e$ )	0,16 ± 0,035 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,020 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,024 <sup>bc</sup>
Довжина проментума ( $U$ )	0,33 ± 0,046 <sup>abc</sup>	0,34 ± 0,044 <sup>abc</sup>	0,35 ± 0,028 <sup>abc</sup>
Ширина проментума ( $u$ )	0,23 ± 0,036 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,035 <sup>ab</sup>	0,25 ± 0,036 <sup>ac</sup>
Довжина коллума ( $C$ )	1,49 ± 0,13 <sup>a</sup>	1,39 ± 0,094 <sup>b</sup>	1,61 ± 0,216 <sup>c</sup>

Примітка. Для показників наведено середнє арифметичнє та стандартнє відхилення.

Таблиця 2

Статистичні відмінності середніх серед самців сірого ківсяка із різних типів лісу (за тестом Тьюкі,  $n = 25$ ,  $P \leq 0,05$ )

Показник, мм	Тип лісу		
	ясенєво-пакленова байрачна діброва	кленово-ясенєва заплавна діброва	штучнє клєнове насадження на водорозділі
Довжина тіла ( $L$ )	34,32 ± 1,930 <sup>a</sup>	31,24 ± 2,350 <sup>b</sup>	32,64 ± 2,325 <sup>bc</sup>
Ширина тіла ( $l$ )	2,78 ± 0,279 <sup>a</sup>	2,38 ± 0,180 <sup>b</sup>	2,90 ± 0,280 <sup>ac</sup>
Кількість сегментів ( $S$ )	48,24 ± 2,046 <sup>a</sup>	47,92 ± 1,222 <sup>ab</sup>	49,88 ± 1,235 <sup>c</sup>
Довжина задньої кінцівки ( $F$ )	1,28 ± 0,122 <sup>a</sup>	1,14 ± 0,093 <sup>bc</sup>	1,20 ± 0,117 <sup>c</sup>
Довжина тельсона ( $T$ )	1,19 ± 0,121 <sup>a</sup>	1,14 ± 0,101 <sup>ab</sup>	1,27 ± 0,104 <sup>c</sup>
Довжина вусика ( $A$ )	2,33 ± 0,279 <sup>a</sup>	1,98 ± 0,211 <sup>b</sup>	2,63 ± 0,429 <sup>c</sup>
Ширина вусика ( $a$ )	0,21 ± 0,031 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,023 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,047 <sup>c</sup>
Довжина гнатохілярія ( $G$ )	1,10 ± 0,082 <sup>ac</sup>	1,04 ± 0,099 <sup>ab</sup>	1,07 ± 0,114 <sup>abc</sup>
Ширина гнатохілярія ( $g$ )	1,12 ± 0,113 <sup>ac</sup>	1,09 ± 0,081 <sup>ab</sup>	1,08 ± 0,097 <sup>abc</sup>
Довжина язичкових пластин ( $E$ )	0,39 ± 0,045 <sup>ac</sup>	0,40 ± 0,039 <sup>ab</sup>	0,37 ± 0,027 <sup>abc</sup>
Ширина язичкових пластин ( $e$ )	0,20 ± 0,041 <sup>ac</sup>	0,21 ± 0,030 <sup>ab</sup>	0,20 ± 0,031 <sup>abc</sup>
Довжина проментума ( $U$ )	0,31 ± 0,045 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,046 <sup>ab</sup>	0,27 ± 0,020 <sup>c</sup>
Ширина проментума ( $u$ )	0,21 ± 0,046 <sup>ac</sup>	0,20 ± 0,042 <sup>bc</sup>	0,19 ± 0,022 <sup>abc</sup>
Довжина коллума ( $C$ )	1,28 ± 0,093 <sup>ac</sup>	1,24 ± 0,093 <sup>bc</sup>	1,25 ± 0,060 <sup>abc</sup>

Примітка. Для показників наведено середнє арифметичнє та стандартнє відхилення.

Таблиця 3

Регресійні рівняння залежностей морфометричних ознак представників ківсяка сірого

Показник	Самиці	Самці
Довжина вусика ( $A$ )	$A = f(L, l, G, C)$ $A = 0,060 * L (R^2 = 97,7 \%)$	$A = f(L, l, a, C)$ $A = 0,886 * l (R^2 = 98,9 \%)$
Ширина вусика ( $a$ )	$a = f(L, l, A, C)$ $a = 0,007 * L (R^2 = 74,9 \%)$	$a = f(L, l, A, C)$ $a = 0,090 * l (R^2 = 96,7 \%)$
Довжина гнатохілярія ( $G$ )	$G = f(L, l, U, E, C)$ $G = 0,133 * l + 1,518 * U + 0,667 * E (R^2 = 99,6 \%)$	$G = f(L, l, U, E, C)$ $G = 0,098 * l + 0,635 * C (R^2 = 99,5 \%)$
Ширина гнатохілярія ( $g$ )	$g = f(L, l, u, e, C)$ $g = 0,092 * l + 0,950 * u + 1,090 * e + 0,346 * C (R^2 = 99,7 \%)$	$g = f(L, l, u, e, C)$ $g = 0,016 * L + 0,428 * C (R^2 = 99,7 \%)$
Довжина язичкових пластин ( $E$ )	$E = f(G, g, L, l)$ $E = 0,350 * G + 0,010 * L - 0,117 * l (R^2 = 98,1 \%)$	$E = f(G, g, L, l)$ $E = 0,362 * g (R^2 = 99,1 \%)$
Ширина язичкових пластин ( $e$ )	$e = f(G, g, L, l)$ $e = 0,174 * G + 0,005 * L - 0,058 * l (R^2 = 98,3 \%)$	$e = f(G, g, L, l)$ $e = 0,006 * L (R^2 = 98,2 \%)$
Довжина проментума ( $U$ )	$U = f(G, g, L, l)$ $U = 0,445 * g - 0,006 * L (R^2 = 99,1 \%)$	$U = f(G, g, L, l)$ $U = 0,261 * g (R^2 = 98,7 \%)$
Ширина проментума ( $u$ )	$u = f(G, g, L, l)$ $u = -0,153 * G + 0,332 * g (R^2 = 98,4 \%)$	$u = f(G, g, L, l)$ $u = 0,194 * g (R^2 = 97,4 \%)$
Довжина коллума ( $C$ )	$C = f(L, l, G, A)$ $C = 0,023 * L + 0,558 * G (R^2 = 99,4 \%)$	$C = f(L, l, G, A)$ $C = 0,025 * L + 0,391 * G (R^2 = 99,7 \%)$

Примітка. Коефіцієнти детермінації наведено з урахуванням ступенів свободи.

При цьому сила вкладу довжини гнатохілярія ( $G$ ) більша, ніж сила вкладу довжини тіла ( $L$ ). Звернемо увагу, що розміри вусика (його довжину та ширину) не визначають показники, що належать до елементів гнатохілярія. Для довжини гнатохілярія ( $G$ ) у самиць визначальними характеристиками є ширина тіла ( $I$ ), довжина проментума ( $U$ ) та довжина язичкових пластин ( $E$ ); для ширини гнатохілярія ( $g$ ) – ширина тіла ( $I$ ), ширина проментума ( $u$ ), ширина язичкових пластин ( $e$ ), довжина коллума ( $C$ ). Установлено, що ширина гнатохілярія ( $g$ ) важлива у прогнозуванні розміру проментума.

Між самицями та самцями встановлена така особливість: визначальним показником для ширини вусика у самиць виявлена довжина тіла ( $L$ ), у той час як для самців це ширина тіла ( $I$ ). Довжину та ширину гнатохілярія самиць можна прогнозувати за довжиною коллума  $i$ , відповідно, за шириною тіла ( $I$ ) та довжиною тіла ( $L$ ). Розміри таких елементів гнатохілярія, як довжина язичкових пластин ( $E$ ), довжина ( $U$ ) та ширина ( $u$ ) проментума, можна описати зміною ширини гнатохілярія ( $g$ ). Довжину коллума ( $C$ ) самців, як і у випадку із самицями, можна добре передбачити за довжиною тіла ( $L$ ) та довжиною гнатохілярія ( $G$ ).

## Висновки

Отже, ґрунтові тварини, зокрема сапрофаги, займають особливе місце в процесах ґрунтоутворення та трансформації органічної речовини ґрунтів. Сапрофаги є головними механічними руйнівниками рослинного відмерлого листяного опадку, беруть участь у гуміфікації рослинних залишків, а також у мінералізації і виділенні біогенних хімічних елементів. Крім того, досить значуща їх структуроутворювальна діяльність. У цілому ці функції сапрофагів забезпечують таку екосистемну послугу, як підвищення родючості ґрунтів і участь у круговороті живильних речовин. Вигода, яку отримує від таких послуг не тільки ґрунт, але й лісова екосистема в цілому, визначає значущість цієї групи тварин.

Статистичне множинне порівняння середніх аналізу (за критерієм Тьюкі) виявило, що для самиць сірого ківсяка, відібраних у ясенево-пакленовій байрачній діброві, кленово-ясеневій заплавної діброві, штучному кленовому насадженні на плакорі в умовах степової зони, спостерігаються статистично достовірні розбіжності за середньою шириною та довжиною тіла, а також довжиною коллума, для самців – за шириною та довжиною вусика. Для середньої довжини та ширини язичкових пластин, довжини та ширини гнатохілярія розбіжностей між самцями з різних типів лісу не встановлено.

Результати досліджень основних морфометричних показників представників ківсяка сірого дозволили з'ясувати статистичні взаємозалежності середнього значення певної розмірної характеристики у такому комплексі ознак, як загальні розміри тіла, розміри органів почуття і розміри елементів гнатохілярія, та представити для них математичні моделі з високим ступенем працездатності та величиною рівня апроксимації даних. Установлено, що довжина та ширина вусиків ківсяка сірого відповідно корелюють з довжиною (для самиць) та шириною (для самців) тіла. Стосовно елементів гнатохілярія, то для самиць визначено більший спектр ознак, який входить до математичних моделей. Так, довжину та ширину їх язичкових пластин можна розрахувати за адитивним (сумарним) ефектом довжини та ширини тіла, довжини гнатохілярія, для самців – відповідно за вкладом тільки ширини гнатохілярія та довжини тіла. Визначені особливості є елементами морфологічної інтеграції, від якої залежить структурна (та функціональна) цілісність організмів як системи.

## Подяка

Представлені матеріали – частина науково-дослідної роботи «Екологічні основи зоопертинентного впливу тварин на процеси оптимізації природних і порушених екосистем в умовах сучасного природокористування» (номер держреєстрації 0117U001207). Дослідження виконано завдяки фінансовій підтримці Міністерства освіти і науки України.

## References

- Adler, Yu. P., Markova, E. V., Granovskij, Yu. V. (1976). *Planirovanie ehksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovi [Planning an experiment when searching for optimal conditions]*. Nauka, Moscow (in Russian).
- Bonkowski, M., Scheu, S., Schaefer, M. (1998). Interactions of earthworms (*Octolasion lacteum*), millipedes (*Glomeris marginata*) and plants (*Hordelymus europaeus*) in a beechwood on a basalt hill: implications for litter decomposition and soil formation. *Appl. Soil Ecology*, 9, 161–166.
- Bulakhov, V. L., Pakhomov, O. Ye. (2011). *Funktional'na zoologiya: Pidruchnik. [Functional Zoology: Textbook]*. DNU, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Byzov, B. A., 2005. *Zoomikrobnye vzaimodejstviya v pochve [Zoomicrobial interactions in the soil]*. Geos, Moscow (in Russian).
- Chernova, N. M. (1977). *Ekologicheskie sukcesii pri razlozhenii rastitel'nyh ostatkov [Ecological successions in the decomposition of plant residues]*. Nauka, Moscow (in Russian).
- Dymond, P., Scheu, S., Parkinson, D. (1997) Density and distribution of *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae) in aspen and pine forests in the Canadian Rocky Mountains (Alberta). *Soil Biol. Biochem.*, 29(3/4), 265–273.
- Eisenhauer, N. (2010). The action of an animal ecosystem engineer: Identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods. *Pedobiologia*, 53(6), 343–352.
- Gilyarov, M. S. (1970). *Bespozvonochnye – razrushiteli podstilki i puti povysheniya ih poleznoj deyatel'nosti [Invertebrates as litter destroyers and ways of increasing their beneficial activity]*. *Ekologiya*, 2, 8–21 (in Russian).
- Griffiths, B. S., Bonkowski, M., Roy, J., Ritz, K. (2001) Functional stability, substrate utilization and biological indicators of soils following environmental impacts. *Appl. Soil Ecology*, 16, 49–61. PII: S0929-1393(00)00081-0
- Jones, C. G., Lawton, J. H., Shachak, M. (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373–386.
- Jones, C. G., Lawton, J. H., Shachak, M. (1997) Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, 78 (7), 1946–1957.
- Kadem, D. E. D., Rached, O., Krika, A., Gheribi-Aoulmi, Z. (2004) Statistical analysis of vegetation incidence on contamination of soils by heavy metals (Pb, Ni and Zn) in the vicinity of an iron steel industrial plant in Algeria. *Environmetrics*, 15(5), 447–462.
- Klymenko, G. Kovalenko, I., Lykholat, Yu., Khromykh, N., Didur, O. & Alekseeva, A. The integral assessment of the rare plant populations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017, 7(2), 201–209.
- Krivoluckij, D. A., Pokarzhevskij, A. D., Mihal'cova, Z. A. (1982). *Roľ nazemnyh i pochvennyh bespozvonochnyh v biogennoj migracii zol'nyh ehlementov i ee osobennosti v Podmoskov'e [The role of terrestrial and soil invertebrates in the biogenic migration of ash constituents, and its features in the Moscow region]*. *Bioindikaciya sostoyaniya okruzhayushchej srede Moskvy i Podmoskov'ya*, Nauka, Moscow, 82–92 (in Russian).

- Kul'bachko, Y. L., Didur, O. O., Loza, I. M., Pakhomov, O. E. & Bezrodnova, O. V. (2015). Environmental aspects of the effect of earthworm (Lumbricidae, Oligochaeta) tropho-metabolic activity on the pH buffering capacity of remediated soil (steppe zone, Ukraine). *Biology Bulletin*, 42(10), 899–904.
- Kurcheva, G. F. (1960). Rol' bespozvonochnyh zhyvotnyh v razlozhenii dubovogo opada [The role of invertebrates in the decomposition of oak litter]. *Pochvovedenie*, 4, 20–23 (in Russian).
- McDonald, J. H. (2014). *Handbook of biological statistics*, 3rd edn. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.
- Prishutova, Z. G. (2001). Morfometricheskij analiz chastej tela i mezhpopyulacionnaya izmenchivost' u kivsyaka *Rossiulus kessleri* (Julidae) [Morphometric analysis of the body parts and interpopulation variability in the diplopoda *Rossiulus kessleri* (Julidae)]. *Zoologicheskij zhurnal*, 80(7), 789–796 (in Russian).
- Pylypenko, A. F., Ganin, G. N., Smirnov, Yu. B. (1983). O polozhite'lnom vozdeystvii dvuparnonogih i litobiomorfnyh mnogonozhek na processy transformacii mikroelementov v sisteme opad – podstilka – pochva [About positive effect of diplopoda and centipedes on the transformation of trace elements in the litter – soil system]. *Ischezayushchie i redkie rasteniya, zhyvotnye i landshafty*. Dnepropetrovshchiny, DGU, Dnepropetrovsk, 97–102 (in Russian).
- Pylypenko, A. F., Smirnov, Yu. B. (1989). Ekologicheskij monitoring pochvoobitayushchih bespozvonochnyh stepnogo Pridneprov'ya [Ecological monitoring of soil dwelling invertebrates of the steppe Dnieper region]. *Vsesoyuznoe soveshchanie po probleme kadastra i ucheta zhyvotnogo mira*. V 5-ti ch., 4, Ufa, 223–224 (in Russian).
- Solov'ev, S. V., Brygadyrenko, V. V. (2003). Zoologicheskaya indikaciya pojmenogo pochvoobrazovaniya v usloviyah Dneprovsko-Orel'skogo zapovednika [Zoological indication of floodplain soil formation in the conditions of the Dnieper-Orel reserve]. *Rol' prirodno-zapovidnih teritorij u pidtrimanni bioriznomanitya*. Kaniv, 332–333 (in Russian).
- Stebaev, I. V. (1984). Zoomikrobioticheskie komplekxy v bioegocenzah (osnovnye itogi i perspektivy izucheniya) [Zoomicrobiotic complexes in bioeceneses (main results and prospects for further researching)]. *Pochvennye organizmy kak komponenty biogeocenoza*, Nauka, Moscow, 40–53 (in Russian).
- Striganova, B. R. (1980). Pitanie pochvennyh saproflagov [The feeding of soil saprophages]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Striganova, B. R. (2000). Lokomotornaya i troficheskaya aktivnost' bespozvonochnyh kak faktor formirovaniya pochvennoj struktury [Locomotor and trophic activity of invertebrates as a factor of the soil structure formation]. *Pochvovedenie*, 10, 1247–1254 (in Russian).
- Tarashchuk, M. V., Bezkravna, O. V. (2000). Viktoristannya sinekologichnih pokaznikov kolembol (Collembola, Entognatha) dlya ocinki effektivnosti rekultivacii runtu [Use of cynecological indicators of colembollans (Collembola, Entognatha) to evaluate the efficiency of soil remediation]. *Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriya Biologiya. Ekologiya*. 1(8), DDU, Dnipropetrovsk, 49–58 (in Ukrainian).
- Tiunov, A. V. (2007). *Metabioz v pochvennoj sisteme: vliyanie dozhdevykh chervej na strukturu i funkcionirovanie pochvennoj bioty* [Metabiosis in the soil system: the effect of earthworms on the structure and functioning of soil biota]. Avtoref. dissert. Moscow (in Russian).