



УДК 574.24:595.6

Оцінка морфологічної мінливості популяцій *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida)

А.П. Похиленко

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна

За умов антропогенного навантаження ґрунтова біота однією з перших реагує на зміни середовища існування. Оскільки природний відбір відбувається за фенотипами, важливо, що на урбанізованих територіях адаптації організмів до змін природних факторів можуть бути виявлені фенетичними дослідженнями. Взаємозв'язки між морфометричними характеристиками *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) виявлено із застосуванням факторного аналізу. Обрано 14 лінійних промірів тіла (а також їх співвідношень) і частин ротового апарату диплопод. Проаналізовано екологічну мінливість популяцій в умовах байрачних і заплавної екосистем Самарського лісу (територія Новомосковського та Кочерезького лісництва) і заказника «Волошанська дача» (урочище «Затишне») Дніпропетровської області. Виявлено морфометричні характеристики, за якими спостерігається статевий диморфізм і максимальна мінливість між популяціями. За результатами більшості промірів особини з популяції Новомосковського лісництва не характеризуються статевим диморфізмом. В умовах заказника «Волошанська дача» статевий диморфізм виявлено за більшістю лінійних промірів ($P < 0,001$). Під час дослідження популяції Кочерезького лісництва визначено, що самки на 14% ширші за самців (за лінійними промірами тіла) та мають довші антени. Для популяцій Новомосковського та Кочерезького лісництва майже за всіма значеними співвідношеннями виявлено статевий диморфізм. Найнижчий рівень морфологічної мінливості зафіксовано в популяції з Новомосковського лісництва. Результати факторного аналізу масиву даних показали наявність двох груп *R. kessleri*.

Ключові слова: диплоподи; факторний аналіз; статевий диморфізм; лісові екосистеми

Estimation of the morphological variability of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julida) populations

A.P. Pokhylenko

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

On condition of anthropogenic pressure soil biota is one of the first reacting on environment changes. As long as natural selection occurs by phenotypes, it is important that on the urban land the organisms' adaptations to changes in natural factors can be revealed with phenetic methods. The paper analyzes the ecological modification of the diplopoda *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) in the Samarskyi Forest region environment (Novomoskovskiy forestry is the ravine ecosystem, and Kocherezhskiy forestry is short-term-flooded ecosystem) and State Reservation "Voloshanskaya Dacha" ("Zatishnoye"). Such investigation for this region is conducted for the first time. Space samples consisted of 30 individuals (males and females, proportionally) for each plot. Among others, 14 basic morphometric in-line parameters and its relation were chosen: length/width of the body, amount of segments, length of hindleg, length of telson, length/width of antenna, length/width of gnathochilarium, length/width of semiflosculous blades, length/width of promentum, length of collum. Morphometric interconnections within the given populations were established with the help of the factor analysis. The most changeable morphometric characteristics between populations and sexes were revealed. For all the given populations sex dimorphism is pointed out for the size of gnathochilarium and the length of collum. Basing on obtained results from specimen measuring from Novomoskovsky forestry district we pointed out that both the majority of the given in-line parameters and its relation had no sex dimorphism. It also shows the stability of the environment. It is estimated that females from Kocherezhskiy forestry population have longer antennae (males have 10,2% less) and body width (females are on 14,0% wider). Body width is stable characteristic for many Diplopoda species. With high signification level for both basic in-line characters (length and width), sex dimorphism is observed in the conditions of the State Reservation "Voloshanskaya Dacha" ("Zatishnoye" stow). ANOVA-test of the given data showed that two different groups existed. Specific characters for individuals with disper-

sal index 19,2% are extensive body parameters. Spatial population structure clearly distinguishes males from the general sample. Data obtained illustrates the anthropogenic pressure and can be used to monitor populations.

Keywords: diplopoda; factor analysis; sex dimorphism; ravine ecosystem; forest ecosystem

Вступ

Ґрунтова біота однією з перших реагує на зміни середовища існування (Pylypenko, 1977; Griffiths et al., 2001; Wolters, 2001). Тому на урбанізованих територіях важливо визначити «здоров'я ґрунту» за видами-індикаторами (Doran and Zeiss, 2000; Pylypenko and Zhukov, 2001; Nahmani et al., 2006; Bobyliv et al., 2014) і адаптацій організмів до змін природних факторів фенетичними дослідженнями (Didukh, 1998; Hedde et al., 2013), оскільки дослідження генотипу потребує спеціального обладнання. Населення ґрунту може бути використане як індикатор (Rayne et al., 2012; Caporn et al., 2014) будь-якого виду забруднення, зокрема диплоподи (Silva Souza et al., 2014) здатні до накопичення важких металів. Вплив людини на функціонування природних екосистем потребує детального екологічного аналізу наслідків цього процесу (Pokarzhevskij et al., 1989; Baker, 1998; Kalisz and Powell, 2003; Aurambout et al., 2005; Zaitsev et al., 2014). Індикаторами стійкості популяції в умовах навколишнього середовища вважають морфологічну мінливість, генетичну мінливість, чисельність, щільність населення, температуру, вологість, інші біотичні та абіотичні фактори (Нулягов, 1990; Bulakhov and Pakhomov, 2010). Дані з морфометрії диплопод нечисленні (Lokshina, 1969; Prishutova, 1988a, b; 2001a, b; Enghoff et al., 1993) і супроводжують визначні таблиці: для представників Julida виявлено видоспецифічні особливості будови гоноподій (Tadler, 1996), оцінено вплив ізоляції на фенотипічні особливості популяцій *Parafontaria tonominea* (Polydesmida) і будову гоноподій (Tanabe et al., 2001); 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).

Мета роботи – оцінити морфологічну мінливість популяцій у природних умовах у межах Дніпропетровської області (байрачних екосистем Самарського лісу Новомосковського лісництва, заплавних лісових екосистем Кочерезького лісництва та урочища «Затишне» заказника «Волошанська дача»), виявивши ознаки, за якими спостерігається максимальна мінливість, і морфометричні характеристики, що описують статевий диморфізм популяцій *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927).

Матеріал і методи досліджень

Матеріал збирали у трьох екосистемах.

Діброва Новомосковського лісництва на схилі північної експозиції байраку «Глибокий». Зімкненість крон – 75%. Ґрунт – чорнозем лісовий, байрачний, вилужений, багатогумусний, суглинистий на лесоподібних суглинках. Основні деревні породи – дуб звичайний, ясен звичайний, клен польовий. Крім основних порід присутні також клен гостролистий, в'яз. У трав'яному

ярусі панують зірочник лісовий, буги́ла лісова, розхідник площовидний, фіалка запашна, гравілат міський. Травостій нерівномірний, загальне покриття – 50%. Лісова підстилка потужністю 3 см складається з напіврозкладеного листя, гілочок дуба, ясена, клена.

На території урочища «Затишне» заказника «Волошанська дача» матеріал знаходили у штучному кленовому насадженні (клен гостролистий, клен польовий, клен татарський із загальною зімкненістю 60%).

На ділянці Кочерезького лісництва основні деревні породи – клен польовий, ясен звичайний. Зімкненість крон – 60%. У трав'яному ярусі із загальним покриттям 80% домінують буги́ла лісова, підмаренник чіпкий, яглиця звичайна, купина багатоквіткова. Підстилка потужністю 1 см, суцільна, щільна. Досліджена ділянка розташована на III терасі долинно-терасового ландшафту. Засоленість вод і ґрунтів є визначною рисою даної тераси. Тут є ряд дрібних озер і значна площа солончаків, що впливають на загальний режим мінералізації всіх ґрунтів долини р. Самара (Travleev, 1977). Таким чином, у ґрунтовому покриві спостерігається взаємодія чорноземного, лучного, болотного процесів утворення ґрунтів і явищ осолонцювання та осолодіння (Belova and Travleev, 1999). Слід відзначити, що басейн Самари відрізняється високим рівнем розораності ґрунтів, що у поєднанні зі значними відстанями між дослідними ділянками (понад 20 км) унеможливило міграцію диплопод між ними.

Для порівняння параметрів обраного представника Julidae за статтю та популяцій між собою (Prishutova, 2001a) обрано мінімальний комплекс ознак (14 лінійних параметрів): L (довжина тіла), l (ширина тіла), S (кількість сегментів), F (довжина задньої кінцівки), T (довжина тельсона), A (довжина вусика), a (ширина вусика), G (довжина гнатохілярія), g (ширина гнатохілярія), E (довжина язичкових пластин), e (ширина язичкових пластин), U (довжина проментума), u (ширина проментума), C (довжина колума) (табл. 1). Визначені такі співвідношення обраних ознак: L/S , L/l , l/A , l/F , l/C , A/F . Таким чином, промірено 90 екземплярів (по 30 у кожній популяції). Для вимірювання відбирали статевозрілих особин. Розміри особин визначали за допомогою окуляр-мікрометра бінокуляра МБС-9.

Для виявлення достовірності відмінностей між статтями та популяціями застосовували однофакторний дисперсійний аналіз і методи факторного аналізу (Kogosov, 1996). Морфометричні проміри популяцій *R. kessleri* на території Дніпропетровської області (Самарського лісу та заказника «Волошанська дача») проведено уперше.

Результати та їх обговорення

R. kessleri – еврибіонт, екологічно досить пластичний вид, світлолюбний, приурочений до екотонів «ліс – поле», «ліс – степ». Сірий ківсяк – модельний вид, найдетальніше досліджені популяції цього виду у біотопах Центрально-Чорноземного заповідника (моніторинг ве-

деться з 1957 року співробітниками Інституту еволюційної морфології та екології ім. Северцева) (Pokarzhevskij, 1983). Оскільки обрані ділянки практично ізолювані одна від одної та від території міста, врахо-

вуючи міграційну здатність диплопод (Wytwer and Zalewski, 2005; Baker et al., 2013), можна вважати, що особини *R. kessleri*, які існують у межах окремих ділянок, належать до різних популяцій.

Таблиця 1

Мінливість основних морфометричних характеристик *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) в умовах Самарського лісу Новомосковського лісництва

Характеристика	Стать	Середнє значення та похибка, $M \pm mt_{0,05}$	Діапазон коливань, $Min-Max$	Екссес, Ex	Асиметричність, As	Достовірність відмінності за статтю, $F_{0,05} = 4,19$	
						F	P
Довжина тіла (L), мм	♀	31,70 ± 3,43	22,00–44,00	-0,30	0,80	0,13	> 0,05
	♂	32,30 ± 5,17	28,00–36,00	-0,90	-0,20		
Ширина тіла (I), мм	♀	3,27 ± 2,50	2,38–7,75	13,10***	3,53 ***	2,31	> 0,05
	♂	2,76 ± 0,56	2,25–3,38	0,70	0,31		
Кількість сегментів (S)	♀	49,50 ± 3,54	47–54	1,42	0,07	3,04	> 0,05
	♂	48,10 ± 4,96	42–51	2,19	-1,60		
Довжина задньої кінцівки (F), мм	♀	1,21 ± 0,76	0,93–2,55	12,20 ***	3,37 ***	0,12	> 0,05
	♂	1,25 ± 0,24	0,92–1,42	2,28	-1,27		
Довжина тельсона (T), мм	♀	1,38 ± 1,02	1,03–3,20	12,90 ***	3,47***	0,18	> 0,05
	♂	1,33 ± 0,24	1,15–1,55	-1,14	0,24		
Довжина вусика (A), мм	♀	1,95 ± 0,58	1,55–2,50	-1,07	0,48	4,17	0,05
	♂	2,20 ± 0,50	1,70–2,80	1,60	0,50		
Ширина вусика (a), мм	♀	0,22 ± 0,07	0,15–0,28	-0,40	-0,60	0,02	> 0,05
	♂	0,22 ± 0,06	0,15–0,27	-0,21	-0,54		
Довжина гнатохілярія (G), мм	♀	1,12 ± 0,18	0,98–1,25	-0,79	-0,08	7,44	< 0,05
	♂	1,05 ± 0,10	0,97–1,15	-0,67	0,58		
Ширина гнатохілярія (g), мм	♀	1,14 ± 0,19	0,95–1,35	0,76	0,28	9,96	< 0,01
	♂	1,04 ± 0,14	0,90–1,18	0,46	-0,50		
Довжина язичкових пластин (E), мм	♀	0,39 ± 0,09	0,32–0,47	-0,63	0,53	0,56	> 0,05
	♂	0,37 ± 0,10	0,27–0,45	0,12	-0,54		
Ширина язичкових пластин (e), мм	♀	0,18 ± 0,06	0,12–0,25	0,33	0,37	0,26	> 0,05
	♂	0,19 ± 0,04	0,15–0,22	-0,22	-0,30		
Довжина проментума (U), мм	♀	0,29 ± 0,06	0,25–0,35	0,16	0,48	5,60	< 0,05
	♂	0,26 ± 0,09	0,17–0,32	-0,09	-0,75		
Ширина проментума (u), мм	♀	0,19 ± 0,08	0,12–0,25	-0,94	0,27	0,44	> 0,05
	♂	0,18 ± 0,06	0,12–0,22	-0,44	-0,59		
Довжина колума (C), мм	♀	1,31 ± 0,31	1,02–1,60	-0,45	-0,16	5,80	< 0,05
	♂	1,19 ± 0,22	0,67–1,42	0,52	-0,003		
L/S	♀	0,67 ± 0,09	0,58–0,75	-0,44	-0,52	-6,22	> 0,05
	♂	0,67 ± 0,09	0,58–0,75	-0,44	-0,52		
L/I	♀	11,76 ± 2,09	9,92–13,33	-0,93	-0,28	-3,14	> 0,05
	♂	11,76 ± 2,09	9,92–13,33	-0,93	-0,28		
I/A	♀	1,28 ± 0,25	1,08–1,49	-0,92	0,22	0	1
	♂	1,28 ± 0,25	1,08–1,49	-0,92	0,22		
I/F	♀	2,23 ± 0,69	1,80–3,14	2,18	1,46	-2,11	> 0,05
	♂	2,23 ± 0,69	1,80–3,14	2,18	1,46		
I/C	♀	2,31 ± 0,37	2,02–2,71	0,20	0,58	0,01	> 0,05
	♂	2,31 ± 0,37	2,02–2,71	0,20	0,58		
A/F	♀	1,76 ± 0,73	1,34–2,62	2,23	1,63	-1,27	> 0,05
	♂	1,76 ± 0,73	1,34–2,62	2,23	1,63		

Примітки: ♀ – самки ($n = 15$), ♂ – самці ($n = 15$); $S_{Ex} = 1,09$, $S_{As} = 0,80$; * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За результатами більшості промірів особини з популяції Самарського лісу Новомосковського лісництва не відрізняються статевим диморфізмом (табл. 1). Виняток становить розмір гнатохілярія (у самок він на 8,8% ширший ($1,14 \pm 0,19$ для самок і $1,04 \pm 0,14$ мм для самців) і на 6,3% довший ($1,12 \pm 0,18$ для самок і $1,05 \pm 0,10$ мм для самців). Зауважимо, що в цій популяції самці довші за меншої кількості сегментів.

Взаємодії лінійних промірів у популяції можна проаналізувати за допомогою факторного аналізу. Для

визначення факторів, що впливають на популяцію, застосовано нормалізацію даних шляхом віднімання середнього значення для популяції та поділу отриманих значень на середньоквадратичне відхилення (Kogorov, 1996). Дисперсію особин за промірами всередині популяції виявили шляхом транспонування вихідної матриці. Це дозволило показати положення окремої особини у популяції та проаналізувати різні групи особин за сукупністю ознак. Результати факторного аналізу показали наявність двох різних груп *R. kessleri* за лінійними

показниками (рис. 1) в умовах байрачної екосистеми. Фактор 2 у даній вибірці описує максимальну дисперсію (45,5 %) і відображає «довжину тельсона». Крім довгого тельсона особини характеризуються меншими розмірами гнатохілярія (на 2,5% по довжині, на 8,0% по ширині) та ширшими (на 5,3%) язичковими пластинами. Для вимірювання відбирали статевозрілих особин. Постембріональний розвиток сірого ківсяка вивчено детально (Prishutova 1988a, b, 2001a, b). Для даної популяції незалежно від статі не характерне збереження близького до нормального розподілу основних характеристик тіла. Виняток становлять деякі лінійні проміри тіла самок (довжина тіла, довжина задньої кінцівки,

довжина тельсона; $t_{As} > 2,5$). За всіма зазначеними співвідношеннями для популяції байрачної екосистеми статевий диморфізм не характерний, тобто пропорції тіла залишаються незмінними.

Під час дослідження популяції Кочерезького лісництва (табл. 2) визначено, що самки за лінійними промірами більші за самців. Суттєві відмінності спостерігаються по довжині вусиків: у самок вони на 10,2% менші ($1,9 \pm 0,4$ у самок та $2,2 \pm 0,4$ мм у самців) за майже однакової ширини ($0,2 \pm 0,04$ для самок і $0,2 \pm 0,03$ мм для самців). Тіло самки на 14% ширше ($3,0 \pm 0,4$ у самок та $2,6 \pm 0,4$ мм у самців).

Таблиця 2

Мінливість основних морфометричних характеристик *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) Самарського лісу в умовах Кочерезького лісництва Павлоградського району

Характеристика	Стать	Середнє значення та похибка, $M \pm mt_{0,05}$	Діапазон коливань, $Min-Max$	Екссес, Ex	Асиметричність, As	Достовірність відмінності за статтю, $F_{0,05} = 4,19$	
						F	P
Довжина тіла (L), мм	♀	$31,53 \pm 5,58$	27,00–35,00	-1,53	-0,31	0,69	> 0,05
	♂	$30,67 \pm 5,57$	25,00–37,00	1,20	0,41		
Ширина тіла (l), мм	♀	$3,00 \pm 0,38$	2,62–3,25	-0,64	-0,42	33,78	< 0,001
	♂	$2,58 \pm 0,40$	2,25–3,12	2,68	1,12		
Кількість сегментів (S)	♀	$50,20 \pm 3,49$	48,00–54,00	0,12	0,70	5,06	< 0,05
	♂	$48,73 \pm 3,51$	47,00–54,00	1,84 ***	7,00		
Довжина задньої кінцівки (F), мм	♀	$1,12 \pm 0,14$	1,02–1,27	0,25	0,90	0,18	> 0,05
	♂	$1,11 \pm 0,15$	1,00–1,25	-0,10	0,65		
Довжина тельсона (T), мм	♀	$1,29 \pm 0,23$	1,07–1,50	-0,31	0,22	14,70	< 0,001
	♂	$1,13 \pm 0,22$	1,00–1,45	4,35 *	1,96 *		
Довжина вусика (A), мм	♀	$1,93 \pm 0,35$	1,70–2,32	-0,15	0,74	8,35	< 0,01
	♂	$2,15 \pm 0,44$	1,75–2,50	-0,78	-0,06		
Ширина вусика (a), мм	♀	$0,23 \pm 0,04$	0,20–0,25	-1,54	-0,43	3,37	> 0,05
	♂	$0,22 \pm 0,03$	0,17–0,25	0,95	-0,68		
Довжина гнатохілярія (G), мм	♀	$1,21 \pm 0,16$	1,07–1,35	-0,96	0,09	43,31	< 0,001
	♂	$1,00 \pm 0,17$	0,87–1,35	3,73	1,52		
Ширина гнатохілярія (g), мм	♀	$1,22 \pm 0,10$	1,15–1,32	-0,34	0,35	30,89	< 0,001
	♂	$1,07 \pm 0,18$	0,90–1,27	0,97	0,49		
Довжина язичкових пластин (E), мм	♀	$0,46 \pm 0,08$	0,35–0,50	2,54	-1,51	47,92	< 0,001
	♂	$0,38 \pm 0,05$	0,35–0,42	-0,75	0,41		
Ширина язичкових пластин (e), мм	♀	$0,20 \pm 0,05$	0,17–0,25	-0,85	0,14	6,11	< 0,05
	♂	$0,18 \pm 0,04$	0,15–0,20	-0,78	-0,94		
Довжина проментума (U), мм	♀	$0,30 \pm 0,10$	0,22–0,42	0,97	0,86	1,88	> 0,05
	♂	$0,27 \pm 0,12$	0,17–0,45	4,54	1,48		
Ширина проментума (u), мм	♀	$0,19 \pm 0,06$	0,15–0,25	-0,92	0,54	5,28	< 0,05
	♂	$0,17 \pm 0,05$	0,12–0,22	1,00	0,15		
Довжина колума (C), мм	♀	$1,35 \pm 0,16$	1,25–1,50	-0,77	0,37	28,01	< 0,001
	♂	$1,18 \pm 0,18$	1,00–1,37	0,37	-0,03		
L/S	♀	$0,63 \pm 0,10$	0,54–0,71	-1,19	-0,15	0,002	> 0,05
	♂	$0,63 \pm 0,09$	0,53–0,72	0,47	0,12		
L/l	♀	$0,26 \pm 0,05$	0,21–0,31	-0,03	-0,28	19,23	< 0,001
	♂	$0,29 \pm 0,03$	0,27–0,32	-0,74	-0,48		
l/A	♀	$1,57 \pm 0,35$	1,29–1,91	-0,78	0,17	44,38	< 0,001
	♂	$1,21 \pm 0,21$	1,02–1,47	1,09	0,72		
l/F	♀	$2,69 \pm 0,35$	2,39–3,02	-0,69	0,12	35,74	< 0,001
	♂	$2,33 \pm 0,29$	2,04–2,62	0,23	-0,14		
l/C	♀	$2,23 \pm 0,38$	1,93–2,54	-1,45	0,05	0,45	> 0,05
	♂	$2,19 \pm 0,30$	2,00–2,62	3,49	1,53		
A/F	♀	$1,73 \pm 0,42$	1,44–2,27	1,75	1,26	7,55	0,01
	♂	$1,94 \pm 0,04$	1,59–2,37	0,52	0,39		

Примітки: див табл. 1.

В особин із заплавної лісової екосистеми майже за всіма співвідношеннями виявлено статевий диморфізм. Хоча по довжині вусиків і ширині проментума спостерігається статевий диморфізм, для зворотних промірів зазначених органів відмінності відсутні. Відмінностей за статтю не зареєстровано по довжині тіла, довжині задньої кінцівки, ширині вусика, довжині проментума, але за результатами факторного аналізу промірів тіла (рис. 2) для популяції *R. kessleri* із заплавної екосистем Кочерезького лісництва чітко відокремлюється група особин за фактором 1 (15,6% загальної дисперсії) – «ширина вусика».

Менш варіабельним за довжину, тому більш об'єктивним показником розмірів тіла сірого ківсяка, як і для багатьох інших видів диплопод (Latrou and Stamou, 1988; Enghoff, 1992: цит. за Prishutova, 2001a), є ширина. В умовах заказника «Волошанська дача» спостерігається статевий диморфізм за обома основними лінійними

промірами тіла на вищому рівні значимості ($P < 0,001$), у той час як для популяції *R. kessleri* з Новомосковського лісництва статевий диморфізм за обома показниками не характерний ($P > 0,05$).

Для популяції в умовах заказника статевий диморфізм виявлено за розміром голови та, відповідно, за всіма лінійними промірами частин гнатохілярія ($P < 0,001$): його шириною та довжиною, шириною та довжиною язичкових пластин, шириною та довжиною проментума, довжиною колума. Слід зазначити, що в інших популяціях статевий диморфізм за розмірами проментума виявлено за низьких рівнів значимості (в умовах Новомосковського лісництва – по довжині за $P < 0,05$; для умов Кочерезького лісництва – по ширині за $P < 0,05$). У популяції заплавної екосистеми та штучного насадження заказника для співвідношення l/C статевий диморфізм не відмічений, хоча, за обома параметрами окремо (l , C), відмінності зареєстровано ($P < 0,001$).

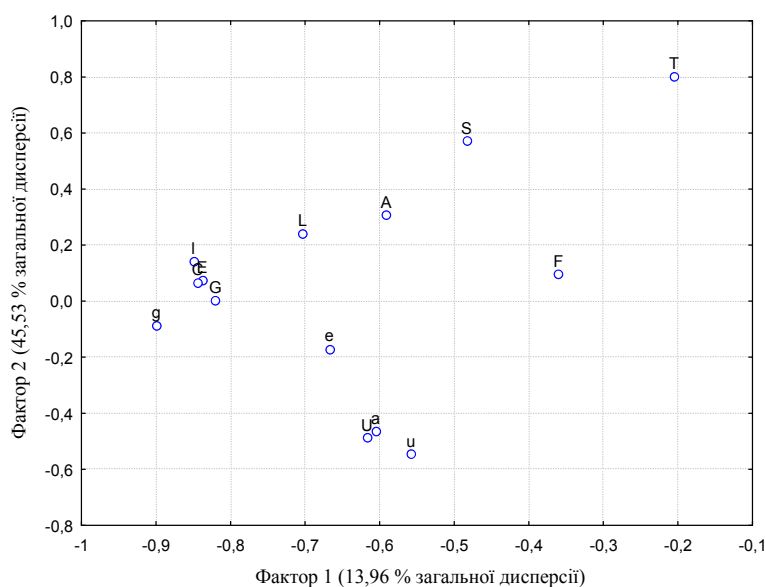


Рис. 1. Взаємне розташування морфометричних характеристик особин *R. kessleri* в ортогональних факторах: фактор 1 – «розмір гнатохілярія», фактор 2 – «довжина тельсона»; позначення характеристик – див. табл. 1

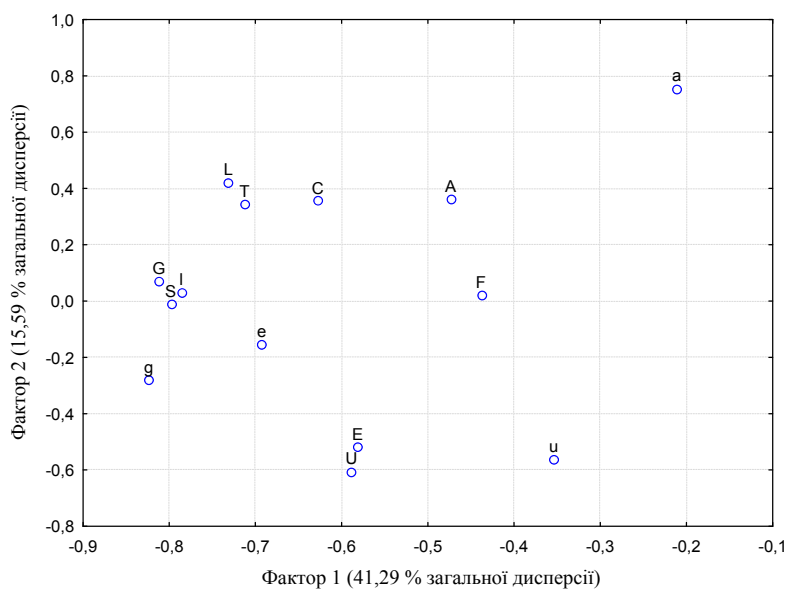


Рис. 2. Взаємне розташування морфометричних характеристик особин *R. kessleri* в ортогональних факторах: фактор 1 – «ширина вусика», фактор 2 – «розмір гнатохілярія»; позначення характеристик див. табл. 2

Мінливість основних морфометричних характеристик *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927) в умовах заказника «Волошанська дача» Юріївського району Дніпропетровської області

Характеристика	Стать	Середнє значення та похибка, $M \pm m_{0,05}$	Діапазон коливань, $Min-Max$	Експес, $Ex \pm S_{ex0,05}$	Асиметричність, $As \pm S_{as0,05}$	Достовірність відмінності за статтою, $F_{0,05} = 4,19$	
						F	P
Довжина тіла (L), мм	♀	41,00 ± 2,27	32,00–51,00	1,26	0,005	38,02	< 0,001
	♂	31,13 ± 2,16	21,00–39,00	1,60	-0,71		
Ширина тіла (l), мм	♀	3,65 ± 0,19	3,15–4,37	-0,15	0,64	54,13	< 0,001
	♂	2,79 ± 0,13	2,25–3,37	1,52	0,45		
Кількість сегментів (S)	♀	50,87 ± 1,86	47–63	9,40 **	2,78 **	2,79	> 0,05
	♂	49,13 ± 0,81	46–52	-0,13	-0,13		
Довжина задньої кінцівки (F), мм	♀	1,29 ± 0,07	1,07–1,50	-1,05	0,11	3,00	> 0,05
	♂	1,19 ± 0,07	0,75–1,37	6,86 *	-2,31 *		
Довжина тельсона (T), мм	♀	1,57 ± 0,12	1,22–1,90	-1,53	-0,17	24,55	< 0,001
	♂	1,22 ± 0,07	1,02–1,50	-0,64	0,38		
Довжина вусика (A), мм	♀	2,74 ± 0,25	2,00–3,62	-0,81	0,38	3,37	> 0,05
	♂	2,44 ± 0,19	1,87–3,37	1,19	0,74		
Ширина вусика (a), мм	♀	0,29 ± 0,03	0,22–0,42	0,06	1,15	2,79	> 0,05
	♂	0,26 ± 0,02	0,17–0,35	1,33	0,28		
Довжина гнатохілярія (G), мм	♀	1,31 ± 0,06	1,12–1,47	-1,05	-0,54	47,12	< 0,001
	♂	1,03 ± 0,05	0,90–1,25	-0,75	0,39		
Ширина гнатохілярія (g), мм	♀	1,39 ± 0,05	1,20–1,55	-0,88	-0,25	79,78	< 0,001
	♂	1,05 ± 0,05	0,87–1,30	1,33	0,61		
Довжина язичкових пластин (E), мм	♀	0,47 ± 0,02	0,37–0,52	-0,51	-0,50	51,02	< 0,001
	♂	0,37 ± 0,01	0,32–0,40	-0,18	-0,62		
Ширина язичкових пластин (e), мм	♀	0,23 ± 0,01	0,17–0,27	0,32	-0,61	13,55	0,001
	♂	0,19 ± 0,01	0,15–0,22	-1,51	-0,21		
Довжина проментума (U), мм	♀	0,35 ± 0,02	0,27–0,40	-0,47	-0,47	61,30	< 0,001
	♂	0,26 ± 0,01	0,22–0,30	-0,22	0,07		
Ширина проментума (u), мм	♀	0,24 ± 0,02	0,17–0,30	-1,02	0,12	25,67	< 0,001
	♂	0,18 ± 0,01	0,12–0,20	1,82	-1,32		
Довжина колума (C), мм	♀	1,57 ± 0,13	1,17–2,25	2,31	0,93	24,65	< 0,001
	♂	1,22 ± 0,04	1,00–1,35	1,54	-1,15		
L/S	♀	0,81 ± 0,04	0,65–0,89	-0,53	-0,75	36,43	< 0,001
	♂	0,63 ± 0,04	0,45–0,75	0,76	-0,69		
L/l	♀	11,27 ± 0,65	9,37–13,33	-1,12	0,31	0,07	> 0,05
	♂	11,19 ± 0,57	7,64–12,57	7,18	-2,29		
l/A	♀	1,37 ± 0,13	0,90–1,87	-0,15	-0,13	7,99	< 0,01
	♂	1,16 ± 0,07	0,95–1,48	0,56	0,73		
l/F	♀	2,86 ± 0,17	2,23–3,37	-0,50	-0,39	13,57	< 0,001
	♂	2,36 ± 0,20	2,00–3,67	8,76	2,68		
l/C	♀	2,37 ± 0,22	1,78–3,21	-0,75	0,36	0,48	> 0,05
	♂	2,29 ± 0,10	1,96–2,60	-1,22	0,13		
A/F	♀	2,12 ± 0,14	1,60–2,64	0,13	0,39	0,62	> 0,05
	♂	2,06 ± 0,19	1,50–2,83	-0,07	0,72		

Примітки: див. табл. 1.

За результатами однофакторного дисперсійного аналізу (рис. 3) максимальну загальну дисперсію (41,6%) визначено за фактором I – «ширина проментума». Спостерігається це за рахунок самок, які в умовах заказника більші за самців. Самки двох інших популяцій значно менші за популяцію в умовах заказника ($P < 0,001$).

Результати факторного аналізу трьох популяцій показали наявність двох груп *R. kessleri* (рис. 4). Для особин із додатними значеннями за фактором 1 (19,2% загальної дисперсії) характерні довші розміри тіла, більший тельсон. Особини з додатними значеннями за фактором 2 (12,2% загальної дисперсії) виділяються довшими вусиками (на 4,7%), вужчим гнатохілярієм (на 0,9%), більшими розмірами язичкових пластин (на 10,5% довші та на 16,7% вужчі) і проментума (на 20,0% довший та на

40,0% ширший). Постембріональний розвиток *R. kessleri* вивчено детально, і відомо (Prishutova, 2001b), що ківсяки родини Julidae линяють до X–XV віку. Виявлено (Blower and Fairhurst, 1968; цит за Prishutova, 2001b), що між загальною кількістю років і числом сегментів для окремих видів (*Cylindroiulus punctatus*, *C. latestriatus*, *Brachyiulus calcivagus*, *Rossiulus kessleri* та ін.) кореляції не визначено.

Просторова структура популяцій чітко відокремлює самців із загальної вибірки (рис. 4). Відповідно до еволюційної теорії статі (Geodakyan, 1983) це свідчить про пристосування самців до поточних умов життя та ілюструє вищу мінливість самців порівняно із самицями, характерну для переважної більшості форм живих істот. Порівнюючи характеристики особин чоловічої та жіно-

чої статі, дослідники з'ясовують напрям еволюції виду. У стабільному середовищі існування рівень статевого диморфізму мінімальний (Geodakyun, 1983), найвищий

рівень спостерігається в умовах заказника. Якщо самки *R. kessleri* більші за самців – вид еволюціонує в напрямку зменшення розмірів тіла.

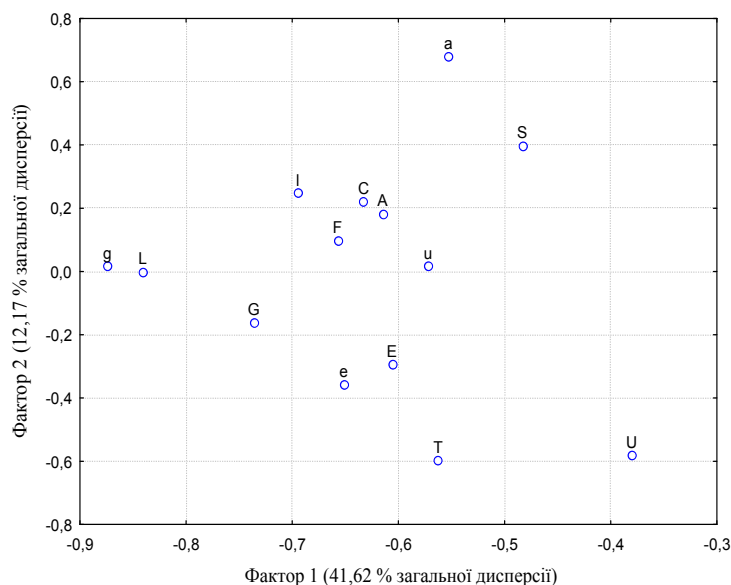


Рис. 3. Взаємне розташування морфометричних характеристик особин *R. kessleri* в ортогональних факторах: фактор 1 – «розмір гнатохілярія», фактор 2 – «ширина проментума»; позначення характеристик див. табл. 1

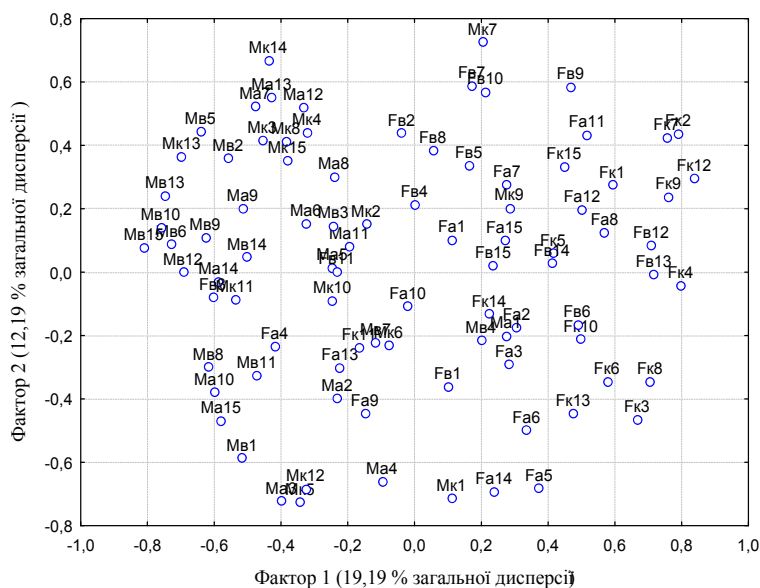


Рис. 4. Взаємне розташування особин *R. kessleri* в ортогональних факторах морфометричних характеристик: фактор 1 – «популяція», фактор 2 – «стать», *Ma, Fa* – самці та самки Самарського лісу Новомосковського лісництва; *Mk, Fk* – самці та самки Самарського лісу Кочерезького лісництва; *Mb, Fb* – самці та самки урочища «Затишне» заказника «Волошанська дача»; номери 1–15 відповідають дослідженим особинам

Висновки

Отримані дані, що відрізняються, дозволяють уявити населення виділених біотопів як окремі популяції. Максимальну дисперсію (19,2%) за результатами факторного аналізу даних трьох популяцій *R. kessleri* описує фактор «популяція», другорядну роль відіграє фактор «стать». Просторова структура популяцій чітко відокремлює самців із загальної вибірки. В умовах заказника «Волошанська дача» статевий диморфізм виявлено за більшіс-

тю лінійних промірів ($P < 0,001$). Для популяцій Новомосковського та Кочерезького лісництв майже за всіма зазначеними співвідношеннями виявлено статевий диморфізм. Найнижчий рівень морфологічної мінливості зафіксовано у популяції з Новомосковського лісництва. Зазначені дані на основі популяційно-фенетичного аналізу дозволяють проілюструвати антропогенний вплив на угруповання *Diploroda*. Отримані дані можна використати під час проведення багаторічного моніторингу популяції *R. kessleri*, а також для порівняння з популяціями за інших умов існування.

Бібліографічні посилання

- Aurambout, J.P., Endress, A.G., Deal, B.M., 2005. A spatial model to estimate habitat fragmentation and its consequences on long-term persistence of animal populations. *Environ. Monit. Assess.* 109, 199–225.
- Baker, G.H., 1998. Recognising and responding to the influence of agriculture and other land-use practices in Australia. *Appl. Soil Ecol.* 9, 303–310.
- Baker, G.H., Grevinga, L., Banks, L.N., 2013. Invasions of the portuguese millipede, *Ommatoiulus moreleti*, in southern Australia. *Pedobiologia* 56(4), 213–218.
- Belova, N.A., Travleev, A.P., 1999. Estestvennye lesa i stepnye pochvy [Natural forests and steppe soils]. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk (in Russian).
- Bobyliov, Y.P., Brygadyrenko, V.V., Bulakhov, V.L., Gaichenko, V.A., Gasso, V.Y., Didukh, Y.P., Ivashov, A.V., Kucheriavyi, V.P., Maliovanyi, M.S., Mytsyk, L.P., Pakhomov, O.Y., Tsaryk, I.V., Shabanov, D.A., 2014. Ecology. Folio, Kharkiv (in Ukrainian).
- Bulakhov, V.L., Pakhomov, O.Y., 2010. Funkcional'na zoologija [Functional zoology]. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Caporn, S.J.M., Carroll, J.A., Dise, N.B., Payne R.J., 2014. Impacts and indicators of nitrogen deposition in moorlands: Results from a national pollution gradient study. *Ecol. Indic.* 45, 227–234.
- Didukh, Y.P., 1998. Populacionnaja jekologija [Population ecology]. Fitosociocentr, Kiev (in Russian).
- Doran, J.W., Zeiss, N.R., 2000. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15, 3–11.
- Enghoff, H., Dohle, W., Blower, J.G., 1993. Anamorphosis in millipedes (Diplopoda) – the present state of knowledge with some developmental and phylogenetic considerations. *Zool. J. Linn. Soc.* 109(2), 103–234.
- Geodakyan, V.A., 1983. Jevoljucionnaja logika differenciacii polov [Evolutionary logic of sex differentiation]. *Priroda* 1, 70–80 (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 Ecol.* 16, 49–61.
- Hedde, M., Renouf, E., van Oort, F., Thénard, J., Lamy, I., 2013. Dynamics of soil fauna after plantation of perennial energy crops on polluted soils. *Appl. Soil Ecol.* 66, 29–39.
- Hylyarov, M.S., 1990. Populacionnaja jekologija [Population ecology]. MSU, Moscow (in Russian).
- Kalisz, P.J., Powell, J.E., 2003. Effect of calcareous road dust on land snails (Gastropoda: Pulmonata) and millipedes (Diplopoda) in acid forest soils of the Daniel Boone National Forest of Kentucky, USA. *Forest Ecol. Manag.* 186, 177–183.
- Korosov, A.V., 1996. Jekologicheskie prilozhenija komponentnogo analiza [Ecological appendices of component analysis]. PSU, Petrozavodsk (in Russian).
- Lokshina, I.Y., 1966. Charakter raspredelenija mnogozhek v predelah Russkoj ravniny [Principles of myriapods distribution (Diplopoda) within the bounds of Russian Plane]. *Problemy Pochvennoj Zoologii*, 82–83 (in Russian).
- Nahmani, J., Lavelle, P., Rossi, J.-P., 2006. Does changing the taxonomical resolution alter the value of soil macroinvertebrates as bioindicators of metal pollution? *Soil Biol. Biochem.* 38, 385–396.
- Payne, R.J., Thompson, A.M., Standen, V., Field, C.D., Caporn, S.J.M., 2012. Impact of simulated nitrogen pollution on heathland microfauna, mesofauna and plants. *Eur. J. Soil Biol.* 49, 73–79.
- Pokarzhevskij, A.D., 1983. Populjaccii kivsjaka *Sarmatiulus kessleri* Lohm. v lesostepnyh landshaftah Central'no-Chernozemnogo zapovednika [Populations of millipede *Sarmatiulus kessleri* Lohm. in Central'no-Chernozemnij Reservation forest-steppe landscapes]. *Vid i Ego Produktivnost' v Areale*. Nauka, Moscow, 104–115 (in Russian).
- Pokarzhevskij, A.D., Zabojev, D.P., Gordienko, S.A., Boháč, J., Gusev, A.A., 1989. Biogenic turnover of matter, soil biota and problems of agroecosystem development. *Agric. Ecosyst. Environ.* 27(1), 281–291.
- Prishutova, Z.G., 1988b. Nekotorye osobennosti jekologii kivsjaka *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) v stepnoj zone [Ecological peculiarities of millipede *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae) in the steppe zone]. *Zoologicheskij Zhurnal* 67(11), 1652–1660 (in Russian).
- Prishutova, Z.G., 1988a. Dinamika polovoj i vozrastnoj struktury populjaccij i zhiznennyj cikl *Rossiulus kessleri* (Diplopoda) [Dynamics of sex- and age-structure in population and life cycle of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda)]. *Zoologicheskij Zhurnal* 65(5), 691–697 (in Russian).
- Prishutova, Z.G., 2001a. Morfometricheskij analiz chastej tela i mezhpupuljacionnaja izmenchivost' u kivsjaka *Rossiulus kessleri* (Julidae) [Morphometric analysis and interpopulation variability of millipede *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae)]. *Zoologicheskij Zhurnal* 80(7), 789–796 (in Russian).
- Prishutova, Z.G., 2001b. Osobennosti postjembrional'nogo rosta kivsjaka *Rossiulus kessleri* (Julidae) [Peculiarities of millipede's *Rossiulus kessleri* (Julidae) postembryonic growth]. *Zoologicheskij Zhurnal* 80(8), 937–945 (in Russian).
- Pylypenko, A.F., Nadvornyj, V.G., 1977. Vlijanie antropogennyh faktorov na pochvennye bespozvonochnye pojmenyih biotopov nizhnego techenija reki Samary [Influence of anthropogenic factors on soil biota within bottomlands biotopes of the Samara River downstream]. *Voprosy Stepnogo Lesovedenija i Ohrany Prirody* 8, 166–173 (in Russian).
- Pylypenko, A.F., Zhukov, A.V., 2001. Rol' troficheskoj struktury pochvennoj mezofauny dlja zoologicheskij diagnostiki pochv [Significance of soil mesofauna trophic structure in zoological soil diagnostics]. *Struktura i Funkcional'naja Rol' Zhivotnogo Naselenija v Prirodnyh i Transformirovannyh Jekosistemah*. Dnipropetrovsk, 247 (in Russian).
- Semenyuk, I.I., Tiunov, A.V., Golovatch, S.I., 2011. Structure of mandibles in relation to trophic niche differentiation in a tropical millipede community. *Int. J. Myriapod.* 6, 37–49.
- Silva Souza, T., Christofoletti, C.A., Bozzatto, V., Fontanetti, C.S., 2014. The use of diplopods in soil ecotoxicology – A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 103, 68–73.
- Tadler, A., 1996. Functional morphology of genitalia of four species of julidan millipedes (Diplopoda: Nemasomatidae; Julidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 118(1), 83–97.
- Tanabe, T., Katakura, H., Mawatari, S.F., 2001. Morphological difference and reproductive isolation: Morphometrics in the millipede *Parafontaria tonominea* and its allied forms. *Biol. J. Linn. Soc.* 72(1), 249–264.
- Travleev, L.P., 1977. Uslovija formirovanija, glubina zaleganija i himizm gruntovyh vod Prisamar'ja [Conformation condition, depth and chemistry of groundwater]. *Voprosy Stepnogo Lesovedenija i Ohrany Prirody* 3, 54–63 (in Russian).
- Wolters, V., 2001. Biodiversity of soil animals and its function. *Eur. J. Soil Biol.* 37, 221–227.
- Wytwer, J., Zalewski, M., 2005. The role of island size and isolation in diversity of Myriapoda. *Peckiana* 4, 195–208.
- Zaitsev, A.S., Gongalsky, K.B., Nakamori, T., Kaneko, N., 2014. Ionizing radiation effects on soil biota: Application of lessons learned from Chernobyl accident for radioecological monitorin. *Pedobiologia* 57(1), 5–14.

Надійшла до редколегії 04.05.2014