



Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія.
Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriâ Biologiâ, ekologîâ

Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology.
2013. 21(1)

ISSN 2310-0842

www.ecology.dp.ua

УДК 631.4:634.9

Пространственная организация экологической ниши почвенной мезофауны урбозема

А.Е. Пахомов¹, О.Н. Кунах¹, А.В. Жуков², Ю.А. Балюк¹

¹Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск, Украина

²Днепропетровский государственный аграрный университет, Днепропетровск, Украина

Методами ОМІ-анализа изучена пространственная структура почвенной фауны урбозема ботанического сада Днепропетровского университета. Экологические условия в месте расположения полигона являются типично лесными, имеют мезотрофный и мезофильный облик, что способствует высокому уровню обилия почвенной мезофауны (341,6 экз./м²). Дождевые черви являются многочисленной и разнообразной группой сапрофагов в пределах полигона и представлены 5 видами. Доминантом является *Aporrectodea caliginosa trapezoides* (Duges, 1828). К экологической группе эндогеичных червей относятся *A. rosea rosea* (Savigny, 1826) и *Octolasion lacteum* (Oerley, 1885), к эпигейным – *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843, к норным – *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884). В экологической структуре животного населения почвы преобладают пратанты, гигрофилы, мезотрофоценоморфы, эндогеичные топоморфы, сапрофаги. Твердость почвы в диапазоне 0–50 см, электропроводность, мощность подстилки и высота травостоя играют важную роль в структурировании экологической ниши сообщества мезопедобионтов. Основными трендами структуры животного населения почвенной мезофауны являются экотонный эффект и вариабельность эдафических свойств, обусловленная особенностями растительного покрова.

Ключевые слова: почвенная мезофауна; экологическая ниша; пространственная экология

Spatial organisation of an ecological niche of the urbozem mesofauna

A.E. Pakhomov¹, O.M. Kunakh¹, A.V. Zhukov², Y.A. Baliuk¹

¹Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

²Dnipropetrovsk State Agrarian University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Study results of the spatial organisation of urbozem mesofauna are presented. We used the OMI-analysis methods. Field research was made in June, 1st, 2011 in the Botanical Garden of Dnipropetrovsk National University (DNU) (earlier – the territory of Y. Gagarin park, Dnipropetrovsk). The studied plot is situated at a distance of 220 m from the Building 1 of DNU and at a distance of 60 m from Y. Gagarin Avenue (the Southeast direction). The plot consists of 15 transects directed in a perpendicular manner in relation to the Avenue. Each transect is made of seven sample points. The distance between points is 2 m. The coordinates of lower left point have been taken as (0; 0). The plot represents artificial forest-park planting. The vegetation has typically wood mesotrophic mesophilic character (93.3% – silvants, 90.0% – mesotrophes, 81.7% – mesophiles). In each point the soil mesofauna was studied; temperature, electrical conductivity and soil penetration resistance, dead leaves layer and herbage height were measured. Soil-zoological test area had a size of 25 × 25 cm. We found that earthworms are numerous and saprohages are presented by 5 species. The *Aporrectodea caliginosa trapezoides* (Duges, 1828) is a dominant species. Along with that species an ecological group of endogeic earthworms is presented by *A. rosea rosea* (Savigny, 1826) and *Octolasion*

¹Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, 49000, Украина.
Тел.: +38095-477-09-11. E-mail: bja@ua.fm

²Днепропетровский государственный аграрный университет, ул. Ворошилова, 25, Днепропетровск, 49000, Украина.
E-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

¹Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin ave, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38095-477-09-11. E-mail: bja@ua.fm

²Dnipropetrovsk State Agrarian University, vul. Voroshilova, 25, Dnipropetrovsk, 49000, Ukraine.
E-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

lacteum (Oerley, 1885). An ecological diversity of earthworms is supplemented by epigeic *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 and anecic *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884). The hygromorphs of earthworms range from ultrahygrophiles to mesophiles. The coenomorphic spectrum of earthworms is also rather wide and presented by “pratants”, “stepants”, “palludants” and “silvants”. The complex of earthworms in studied area is taxonomically and ecologically diverse. The ecological structure of soil animal community is presented by such dominant ecological groups as saprohages, pratants, hygrophiles, mesotrophocoenomorphs, and endogeic topomorphs. The measured soil characteristics have been shown to play an important role in structuring an ecological niche of mesopedobionts community. The basic trends in structure transformation of the soil mesofauna community are ecotone effect and edaphic properties determined by a vegetation cover.

Keywords: soil mesofauna; ecological niche; spatial ecology

Введение

Среди техник многомерной обработки экологических данных анализ соответствий (Correspondence Analysis – CA; (Hill, 1974)), который также известен как реципрокное усреднение (Reciprocal Averaging – RA (Hill, 1973)), является методом ординации сообществ для исследования разделения ниш видов или экологической амплитуды видов (Chessel et al., 1982; Doledec et al., 2000). Развитие этого анализа привело к созданию канонического анализа соответствий (Canonical Correspondence Analysis – CCA, ter Braak, 1986), который предназначен для изучения дифференциации ниш видов вдоль градиентов окружающей среды. Канонический анализ соответствий в наибольшей степени подходит для тех случаев, когда реакция видов на факторы окружающей среды имеет характер унимодальной кривой (Palmer, 1993). Анализ избыточности (Redundancy analysis – RDA) предполагает линейный ответ видов на действие факторов окружающей среды (Doledec et al., 2000).

Анализ с помощью индекса средней удаленности (Outlying Mean Index – OMI (Doledec et al., 2000)) позволяет обрабатывать данные, которые отражают как линейный, так и унимодальный ответ видов на окружающую среду. В концепции OMI-анализа экологическая ниша вида может быть представлена как композиция маргинальности, толерантности и остаточной толерантности. Маргинальность является мерой отличия условий обитания вида от типичных условий для данной территории и указывает, таким образом, на специализацию вида. Толерантность указывает вариабельность ниши вида вдоль оси, соединяющей центр масс экологических условий территории и центр масс участков территории, где встречен данный вид. Этот показатель указывает на ширину экологической ниши. Вариабельность ниши в плоскости, ортогональной направлению, связывающей центры масс территории и вида, является остаточной толерантностью (Doledec et al., 2000). Цель данной работы – оценить пространственную структуру экологической ниши почвенной мезофауны модельного полигона в пределах урбанизированной территории.

Материал и методы исследований

Исследования проведены 1 июня 2011 г. в ботаническом саду Днепропетровского университета (ранее – территория парка им. Ю. Гагарина). Исследуемый полигон находится на расстоянии 220 м от корпуса № 1 ДНУ в юго-восточном направлении и на расстоянии 60 м от проспекта Ю. Гагарина. Полигон состоит из 15 трансект, направленных перпендикулярно от проспекта. Каждая трансекта составлена из 7 пробных точек. Расстояние

между рядами в полигоне составляет 2 м.левой нижней точке даны координаты (0; 0).

Участок представляет собой искусственное лесопарковое насаждение. Древостой представлен кленом остролистным (*Acer platanoides* L.) и ясенелистным (*Acer negundo* L.), акацией белой (*Robinia pseudoacacia* L.) и дубом (*Quercus robur* L.). В травостое обилие чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), встречается лопух малый (*Arctium minus* (Hill) Bernh.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.). Растительность имеет типично лесной мезотрофный мезофильный облик (93,3% – сивланты, 90,0% – мезотрофы, 81,6% – мезофилы).

В каждой точке отобраны почвенно-зоологические пробы для сбора мезофауны, измерена температура, электропроводность и твердость почвы, мощность подстилки и высота травостоя. Почвенно-зоологические пробы имели размер 25 × 25 см. Твердость почвы оценивали в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет 8%. Измерения производили конусом (поперечное сечение 2 см²). В пределах каждой точки измерения твердости почвы проводили в однократной повторности. Для проведения измерения электропроводности почвы *in situ* использовали сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R. I.). Этот сенсор работает совместно с портативным прибором HI 993310. Тестер оценивает общую электропроводность почвы (объединенную проводимость почвенного воздуха, воды и частиц). Результаты измерений прибора представлены в единицах насыщенности почвенного раствора солями (г/л). Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м = 155 мг/л (Pennisi and van Iersel, 2002). Почвенную температуру измеряли с 13 до 14 часов цифровыми термометрами WT-1 (ПАО «Стеклоприбор», <http://bit.steklopribor.com>, точность – 0,1 °С) на глубине 5–7 см. Мощность подстилки измеряли линейкой, высоту травостоя – мерной рулеткой. Измерения электропроводности, температуры, высоты травостоя и мощности подстилки сделаны в трехкратной повторности в каждой пробной точке. Характеристика экоморф почвенных животных приведена по работе А.В. Zhukov (2009).

Результаты и их обсуждение

Эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества мезопедобиянтов (табл. 1).

Для твердости почвы изучаемого участка характерен локальный максимум на глубине 5–15 см и локальный минимум 25–35 см. Максимальное значение твердости составляет 2,16 МПа, а минимальное – 1,74 МПа.

Если принять в качестве граничного значения твердости почвы для роста корней растений 3 МПа (Medvedev, 2009), по этому критерию почвенные условия можно признать как удовлетворительные. Коэффициент вариации

твердости наименьший в слое почвы 0–5 см (25,0%). С увеличением глубины вариабельность твердости также возрастает вплоть до слоя 40–45 см (53,1%), после чего коэффициент вариации несколько уменьшается.

Таблица 1

Детерминанты экологического пространства почвенной мезофауны

Параметры среды	Среднее	Доверительный интервал		CV, %
		– 95 %	+ 95 %	
<i>Твердость почвы на глубине, МПа</i>				
0–5 см	1,99	1,90	2,09	25,00
5–10 см	2,16	2,05	2,27	27,10
10–15 см	2,16	2,04	2,28	29,66
15–20 см	2,09	1,94	2,24	36,82
20–25 см	1,88	1,72	2,04	44,92
25–30 см	1,76	1,60	1,93	48,05
30–35 см	1,74	1,57	1,91	50,43
35–40 см	1,85	1,66	2,04	53,09
40–45 см	1,91	1,72	2,10	50,79
45–50 см	2,02	1,84	2,20	46,32
<i>Физические свойства</i>				
Электропроводность, дСм/см	0,30	0,27	0,32	44,14
Температура слоя почвы 5–7 см, °С:				
– 30.08.2011	18,27	18,19	18,34	2,13
– 15.09.2011	17,76	17,73	17,80	1,07
– 25.10.2011	8,09	8,05	8,13	2,60
– 31.08.2012	18,33	18,26	18,40	2,04
<i>Высота травостоя и мощность подстилки</i>				
Мощность подстилки, см	1,10	0,98	1,22	55,89
Высота травостоя, см	32,80	30,80	34,81	31,58

Электропроводность почвы в среднем составляет 0,30 дСм/см и характеризуется коэффициентом вариации 44,1%. Основным модулятором электропроводности можно признать влажность почвы.

При измерении температуры мы в большей степени преследовали цель изучить пространственный аспект этого экологического показателя. Измерение температуры в одно время с интервалом в год дает практически одинаковые результаты. Температура почвы 30 августа 2011 г. в данном полигоне была 18,27 °С, а 31 августа 2012 – 18,33 °С. Коэффициент вариации температуры очень низок (1,07–2,13% за разные периоды измерений). Температура под пологом лесного насаждения очень равномерно изменяется в пределах такого относительно мало протяженного участка, как данный модельный полигон.

Мощность подстилки в среднем составляет 1,10 см и варьирует в широких пределах (коэффициент вариации 55,8%). Несколько ниже коэффициент вариации для высоты травостоя (31,5%) при среднем уровне этого показателя 32,8 см.

Общее обилие почвенной мезофауны изученного полигона составляет 341,64 экз./м². Дождевые черви являются многочисленной и разнообразной группой сапрофагов в пределах полигона и представлены пятью видами (табл. 2). Доминирует пашенный червь *Aporrectodea caliginosa trapezoides* (Duges, 1828) – 210,59 экз./м². Наряду с указанным видом к экологической группе эндогеиных червей относятся *Aporrectodea rosea rosea* (Savigny, 1826) и *Octolasion lacteum* (Oerley, 1885). Экологическое разнообразие дождевых червей дополняет эпигейный *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 и норный *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884). Диапазон

гигроморф дождевых червей находится в пределах от ультрагигрофилов до мезофилов. Ценоморфический спектр также весьма широк: среди дождевых червей представлены пратанты, степанты, паллюданты и сильванты. Таким образом, комплекс дождевых червей изучаемого полигона обилен и разнообразен как в таксономическом, так и в экологическом аспектах.

Помимо дождевых червей к трофической группе сапрофагов принадлежит мокрица *Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833) – 1,83 экз./м². Мокрица, моллюск *Chondrula tridens* (Mull.) и дождевой червь *Octolasion lacteum* (Oerley, 1885) формируют комплекс кальцефилов.

Хищные губоногие многоножки представлены эпигейной косянкой *Lithobius curtipes* C.L. Koch 1847 и эндогеиной землянкой *Geophilus proximus* C.L.Koch, 1847. Численность косянок практически в два раза ниже, чем землянок (4,11 против 9,14 экз./м²). Хищники также представлены личинками шелкунов *Athous haemorrhoidalis* (Fabricius 1801), имаго жуков и коротконожчатых жуков. Доминирующей группой среди фитофагов являются почвообитающие личинки подгрызающих совок (Lepidoptera). Также эта трофическая группа представлена личинками пластинчатоусых жуков (*Amphimallon assimilis* (Herbst, 1790)), личинками чернотелок (*Cylindronotus brevicollis* Kuster, 1850) и моллюсками.

Основу экологической структуры мезофауны составляют пратанты (63,8% по численности), несколько ниже в сообществе паллюдантов (17,3%) и степантов (15,1%) и существенно меньше – сильвантов (3,7%) (рис. 1). Такой результат находится в противоречии с экологической структурой растительности, для которой характерно очевидное преобладание сильвантов.

Видовой состав и обилие почвенной мезофауны экспериментального полигона

Класс	Семейство	Вид	Ценоморфа	Гигроморфа	Центрофоморфа	Топоморфа	Трофоморфы	Плотность, экз./м ²
<i>Tun Annelida</i>								
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Aporrectodea caliginosa trapezoides</i> (Duges, 1828)	Pr	Hg	MsTr	End	SF	210,59
		<i>A. rosea rosea</i> (Savigny, 1826)	St	Ms	MgTr	End	SF	21,94
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	Pal	UHg	MsTr	Ep	SF	59,28
		<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	St	Hg	MgTr	Anec	SF	13,26
		<i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1885)	Sil	Ms	MsTr	End	SF	8,08
<i>Tun Arthropoda</i>								
Arachnida	Aranei	<i>Aranea spp.</i>	St	Ks	MsTr	Ep	ZF	0,61
Chilopoda	Geophilidae	<i>Geophilus proximus</i> C.L.Koch, 1847	St	Ms	MsTr	Anec	ZF	9,14
	Lithobiidae	<i>Lithobius curtipes</i> C.L. Koch, 1847	Pr	Hg	MgTr	Ep	ZF	4,11
Insecta	Carabidae	<i>Badister bullatus</i> (Schrank, 1798)	Sil	Ks	UMgTr	Ep	ZF	2,90
	Chrysomelidae	<i>Chrysomelidae spp.</i> (larv.)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,61
	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	St	Ms	MgTr	Ep	ZF	0,61
	Elateridae	<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801) (larv.)	Pr	Ms	MsTr	End	ZF	1,37
	Noctuidae	<i>Lepidoptera spp.</i> (larv.)	St	Ms	MsTr	End	FF	2,29
	Scarabaeidae	<i>Amphimallon assimilis</i> (Herbst, 1790) (larv.)	Sil	Ms	MgTr	End	FF	0,61
	Staphilinidae	<i>Staphilinus sp.</i>	Sil	Hg	MsTr	Ep	ZF	0,91
	Tenebrionidae	<i>Cylindronotus brevicollis</i> Kuster, 1850 (larv.)	St	Ks	UMgTr	End	FF	0,30
Malacostraca	Trachelipodidae	<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	Pr	UHg	MgTr	Ep	SF	1,83
<i>Tun Mollusca</i>								
Gastropoda	Enidae	<i>Chondrula tridens</i> (O.F. Muller, 1774)	St	Ms	MgTr	Ep	FF	2,90
	Limacidae	<i>Limax sp.</i>	Pr	Hg	MgTr	Ep	FF	0,30

Примечания: St – степанты, Pr – пратанты, Pal – паллюданты, Sil – сильванты; Ks – ксерофилы, Ms – мезофиллы, Hg – гигрофилы, UHg – ультрагигрофилы; MsTr – мезотрофоценоморфы, MgTr – мегатрофоценоморфы, UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы; End – эндогейные, Ep – эпигейные, Anec – норники; SF – сапрофаги, FF – фитофаги, ZF – зоофаги.

Среди гигроморф преобладают гигрофилы (67,1%), несколько меньше мезофилов (13,7%) и ультрагигрофилов (17,0%). Очень низкая доля в сообществе ксерофилов (1,3%). В случае гигропреферендума также наблюдается несоответствие экологической структуры растительности и животного населения. Растительность имеет мезофильный облик, а животное население – гигрофильный.

Доминирование мезотрофоценоморф (85,5%) подтверждает мезотрофный характер местообитания, установленный по фитоиндикационным оценкам.

В структуре топоморф очевидным является преобладание собственно почвенных обитателей (71,9%) над подстилочными (21,5%). Следует отметить топоморфу норников. Несмотря на относительно небольшую долю в структуре по численности (6,6%), эти животные играют важную роль в функционировании сообщества и его средообразующей активности, так как норники отличаются крупными размерами и биомассой.

В трофической структуре безусловными доминантами являются сапрофаги (92,2%). Доля зоофагов составляет 5,8%, а фитофагов – 2,1%.

Совместное измерение эдафических характеристик и особенностей структуры животного населения позволило оценить свойства экологической ниши почвенной мезофауны. Общая инерция, которая может быть вычислена в результате ОМІ-анализа, пропорциональна средней маргинальности видов сообщества и представляет

собой количественную оценку влияния факторов окружающей среды на сепарацию видов. В результате проведенного анализа установлено, что общая инерция составляет 0,48. Первая ось, полученная в результате ОМІ-анализа, описывает 58,9%, вторая – 16,6% инерции. Таким образом, первые две оси описывают 75,6% инерции, что вполне достаточно для того, чтобы описание дифференциации экологических ниш мезофауны на изучаемом полигоне проводить в пространстве первых двух осей. Для среднего значения маргинальности сообщества (ОМІ = 4,54) уровень значимости составляет $P = 0,05$, что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны.

Маргинальность, которая статистически достоверно отличается от случайной альтернативы, характерна для 8 видов из 17, для которых проведен ОМІ-анализ (табл. 3). Немаргинальной является экологическая ниша *Geophilus proximus* и *Octodrilus transpadanus*, которые относятся к экологической группе норников. Для этих животных условия в пределах полигона являются однородно благоприятными. Также немаргинальной нишей является для *B. bullatus* и личинок *Lepidoptera*. Для личинок *Chrysomelidae*, *C. septempunctata*, *Limax spp.*, *A. assimile* очевидно, что низкая плотность популяций не позволяет сделать статистически обоснованный вывод о характере экологической ниши в пределах изучаемого полигона.

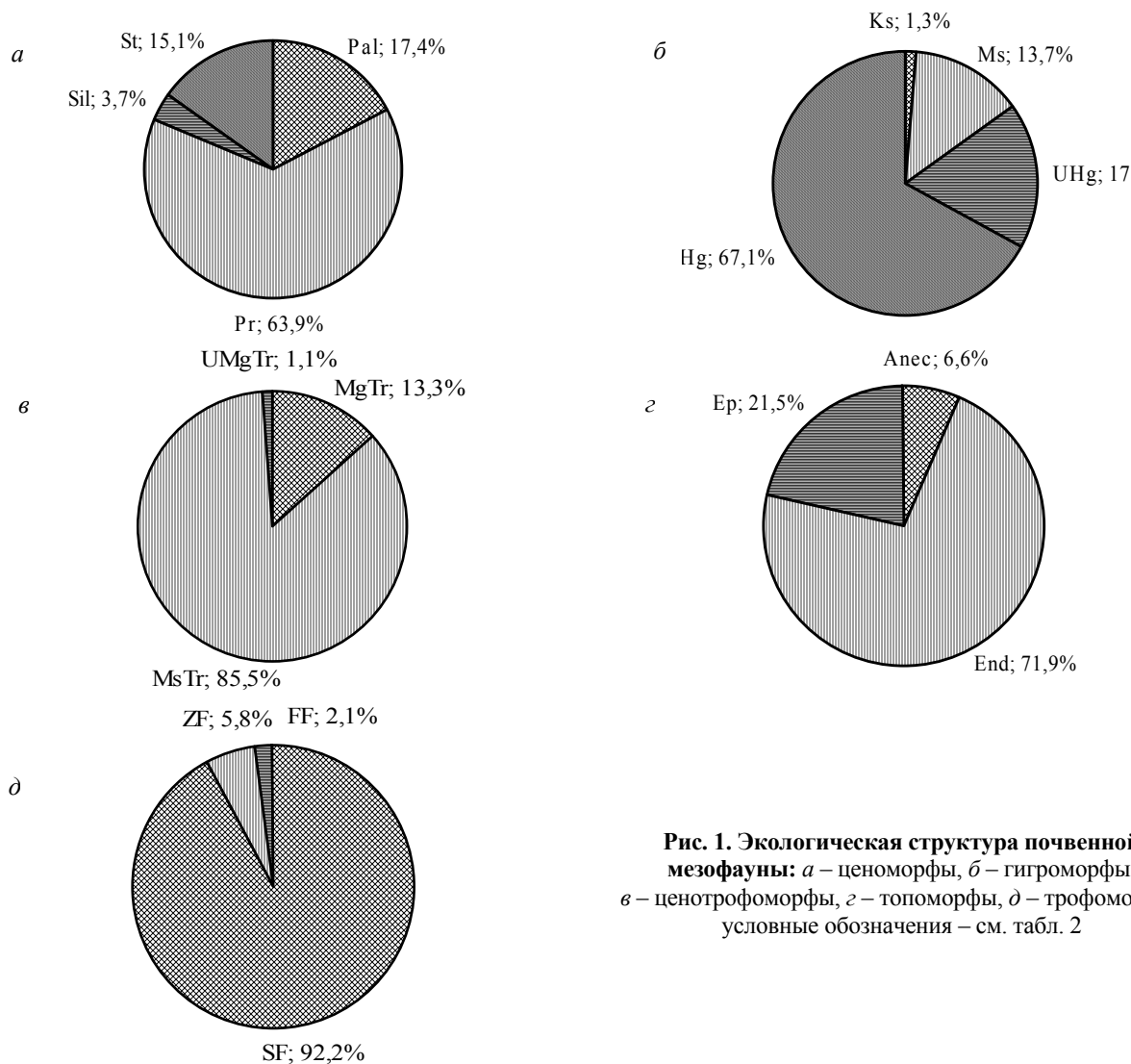


Рис. 1. Экологическая структура почвенной мезофауны: а – ценорморфы, б – гигроморфы, в – ценотрофоморфы, г – топоморфы, д – трофоморфы; условные обозначения – см. табл. 2

Для экологических ниш всех видов мезопедобионтов характерна высокая доля остаточной толерантности. Это предположительно свидетельствует о наличии других факторов среды, не учтенных в исследовании, либо о том, что нейтральный характер распределения сообщества почвенной мезофауны составляет важную компоненту его изменчивости.

Толерантность – характеристика экологической ниши, обратная специализации. В целом, толерантность видов почвенных животных достаточно высока. Низкой толерантностью и высокой специализацией выделяются *L. curtipes* (C.L. Koch), *Staphilinus sp.* и *T. rathkii* (Brandt). Все указанные виды являются подстилочными. Очевидно, что условия верхнего почвенного горизонта и подстилки требуют от обитателей большей специализации.

Площадь эллипсоидов (рис. 2) пропорциональна инерции (табл. 1). Удаление центра экологической ниши животного (центр масс, взвешенный по числу встреч животного) от начала координат (центр масс признакового пространства), пропорционально индексу маргинальности ОМІ. Мезопедобионты изучаемого полигона толерантны к почвенным условиям, которые маркируются электропроводностью и твердостью на больших глубинах (50–100 см). Об этом свидетельствует вытянутость эллипсов экологических ниш вдоль указан-

ных осей экологических факторов. Специализирующим комплексом факторов, которые в наибольшей степени структурируют сообщество почвенных обитателей, являются температурные вариации, а также твердость почвы в верхних слоях (0–20 см).

Анализ соответствия между главными компонентами, полученными при анализе переменных среды, и осями маргинальности свидетельствует о том, что первая ось маргинальности интегрирует воздействие переменных среды, описываемых осями 1 и 2 (рис. 3). Вторая ось маргинальности является результатом противоположной динамики осей главных компонент 1 и 2.

Высокие значения оси 1 сосредоточены в правой части полигона (рис. 4), а более низкие, соответственно, в левой. Левая часть полигона примыкает к асфальтной дорожке в парке. Поэтому ось 1 можно рассматривать как маркер экотонного эффекта на уровне почвенной мезофауны. Эдафическими медиаторами экотонного эффекта, вызывающими трансформацию животного населения почвы, являются твердость почвы на всех изученных глубинах и ее электропроводность. Ближе к границе участка с асфальтной дорожкой наблюдается большая твердость почвы. По мере удаления от границы твердость снижается, а электропроводность и, вероятно, влияющая на электропроводность влажность увеличиваются.

Анализ маргинальности видов сообщества

Виды	Сокращение	Инерция	ОМІ	Tol	Rtol	<i>omi</i>	<i>tol</i>	<i>rtol</i>	<i>P</i>
<i>A. c. trapezoides</i>	A_trapezoides	16,33	0,08	4,70	11,56	0,50	28,70	70,80	0,01
<i>L. rubellus</i>	L_rubellus	18,26	0,13	2,48	15,66	0,70	13,60	85,70	0,04
<i>A. r. rosea</i>	A_rosea	20,22	0,64	2,99	16,59	3,20	14,80	82,00	0,02
<i>O. transpadanus</i>	O_transpadanus	20,33	0,32	2,59	17,41	1,60	12,70	85,70	0,61
<i>G. proximus</i>	G_proximus	15,65	0,37	2,74	12,54	2,40	17,50	80,10	0,18
<i>O. lacteum</i>	O_lacteum	22,94	0,98	6,01	15,94	4,30	26,20	69,50	0,05
<i>L. curtipes</i>	M_curtipes	17,43	3,93	1,99	11,51	22,50	11,40	66,00	0,02
<i>Ch. tridens</i>	Ch_tridens	14,62	5,46	2,98	6,18	37,40	20,40	42,30	0,01
<i>B. bullatus</i>	B_bipustulatus	19,57	0,45	2,83	16,29	2,30	14,40	83,20	0,79
<i>Lepidoptera spp. (larv.)</i>	Lepidoptera	9,21	2,06	1,50	5,65	22,40	16,30	61,30	0,22
<i>T. rathkii</i>	T_rathkii	10,67	3,03	1,08	6,56	28,40	10,10	61,50	0,04
<i>A. haemorrhoidalis</i>	A_haemorrhoidalis	54,89	25,52	16,72	12,66	46,50	30,50	23,10	0,01
<i>Staphilinus sp.</i>	Staphilinus	19,14	5,49	0,49	13,15	28,70	2,60	68,70	0,06
<i>Chrysomelidae spp. (larv.)</i>	Chrysomelidae	24,52	9,60	2,77	12,15	39,10	11,30	49,50	0,11
<i>C. septempunctata</i>	Coccinellidae	15,28	4,29	0,31	10,68	28,10	2,00	69,90	0,30
<i>Limax spp.</i>	Limax	9,64	3,76	0,01	5,87	39,00	0,10	60,90	0,87
<i>A. assimile (larv.)</i>	A_assimilis larv	18,45	13,69	0,19	4,56	74,20	1,00	24,70	0,16
ОМІ		–	4,54	–	–	–	–	–	0,05

Примечания: ОМІ – индекс средней удаленности (маргинальности) для каждого вида, Tol – толерантность, Rtol – остаточная толерантность; курсивом представлены данные индексов (% суммарной вариабельности); *P* – *P*-уровень по методу Монте-Карло после 25 итераций.

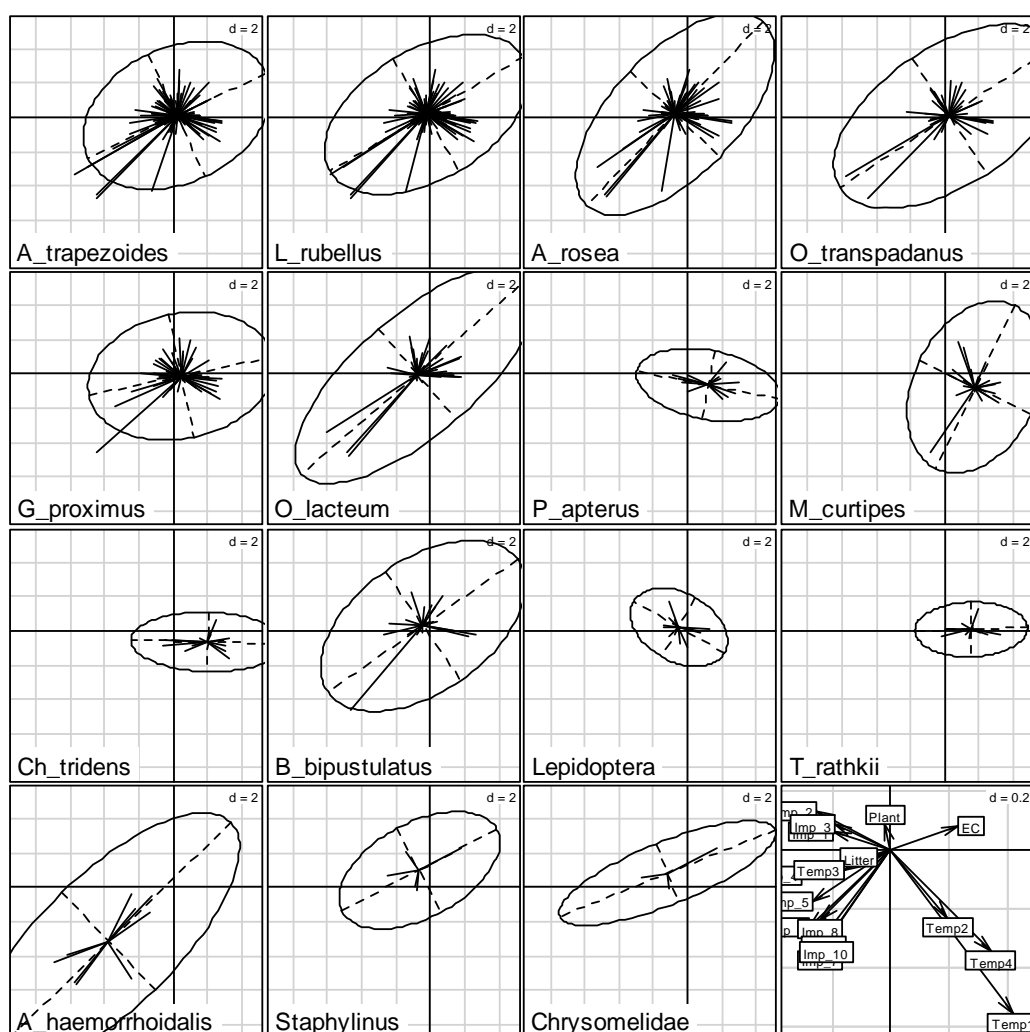


Рис. 2. Экологические ниши видов почвенной мезофауны: координатные оси заданы компонентами маргинальности, начало координат – нулевая маргинальность; эллипс обозначает инерцию экологической ниши; лучи связывают центроид экологической ниши с сайтами встречи вида в пространстве маргинальности сообщества; в правом нижнем углу – нормированные веса экологических переменных; сокращение названия видов – см. табл. 3

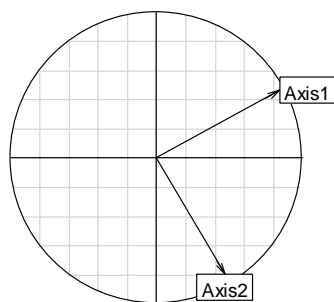


Рис. 3. Связь между осями первых двух главных компонент, полученных при анализе экологических переменных (координатные оси) и осями маргинальности сообщества орибатид (Axis 1 и Axis 2)

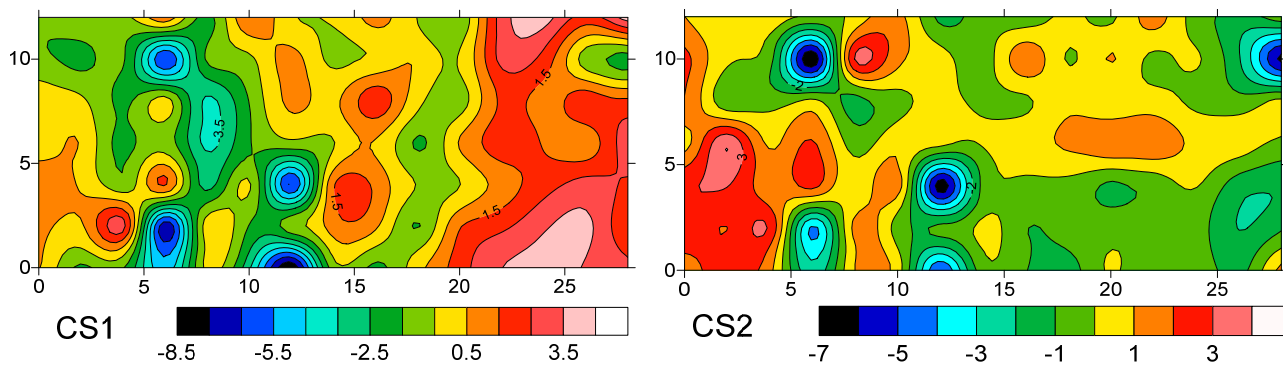


Рис. 4. Пространственная изменчивость осей маргинальности

Для конфигурации оси маргинальности 2 характерна более сложная структура, которая включает локусы разной протяженности и формы с высокими и низкими значениями этого показателя. Из экологических факторов важными детерминантами оси 2 являются температура и твердость верхнего почвенного горизонта, что позволяет идентифицировать структуру растительности как причину дифференциации животного населения почвы. Высота и густота древесных, кустарниковых и травянистых растений могут создавать покров различной тенистости, которая значительно определяет температурный режим верхнего почвенного слоя.

Выводы

Отбор почвенно-зоологических проб по регулярной сетке в пределах полигона, заложенного на территории парка имени Юрия Гагарина, позволил изучить структуру животного населения урбозема и пространственной организации его экологической ниши. Биогеоценотические условия в месте расположения полигона являются типично лесными и имеют мезотрофный и мезофильный облик, что способствует высокому уровню обилия почвенной мезофауны (341,64 экз./м²). В экологической структуре животного населения почвы преобладают протанты, гигрофилы, мезотрофоценоморфы, эндогеинные топоморфы, сапрофаги. Твердость почвы в диапазоне 0–50 см, электропроводность, мощность подстилки и высота травостоя играют важную роль в структурировании экологической ниши сообщества мезопедобионтов. Основными трендами пространственной экологиче-

ской ниши животного населения урбозема являются экотонный эффект и вариабельность эдафических свойств, обусловленная особенностями структуры растительного покрова.

Библиографические ссылки

- Zhukov, A.V., 2009. The ecomorphic analysis of the soil animal consortia [Ecomorfichnyy analiz konsorty gruntovih tvarin]. Dnipropetrovsk, Svidler (in Ukrainian).
- Medvedev, V.V., 2009. Soil penetration resistance [Tverdost pochvy]. Harkov, Gorodskaya typografiya (in Russian)
- Chessel, D., Lebreton, J.D., Prodon, R., 1982. Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés: Cas d'un gradient simple. *Compte Rendu Hebdo-Madaire des Séances de l'Académie des Sciences. Paris*, D. III, 295, 83–88.
- Doledec, S., Chessel, D., Gimaret-Carpentier, C., 2000. Niche separation in community analysis: A new method. *Ecology* 81, 2914–2927.
- Hill, M.O., 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61, 237–249.
- Hill, M.O., 1974. Correspondence analysis: A neglected multivariate Method. *J. Roy. Stat. Soc.* 23C, 340–354.
- Palmer, M.W., van Iersel, M., 1993. Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74, 2215–2230.
- Pennisi, B.V., 2002. 3 ways to measure medium EC. *GMPPro* 22(1), 46–48.
- Ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67, 1167–1179.

Надійшла до редколегії 14.03.2013