



УДК 502.211+591.5+592

© 2011

Ю. Л. Кульбачко, А. Е. Пахомов, О. А. Дидур

**Изменчивость биомассы дождевых червей
(Lumbricidae) как отклик биоты на различные
экологические условия в модельных экспериментах**

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины А. З. Глуховым)

В експерименті вивчено вплив різних варіантів субстратів, які використовують у лісовій рекультивациі, підстилок із листя деревних порід та зволоження на представників ґрунтових сапрофагів (Lumbricidae). Встановлено достовірний вплив субстратів, підстилок та зволоження на збільшення біомаси дощових черв'яків.

Добыча природных ископаемых, и в частности каменного угля, имеет важное значение для интенсивного развития высокоиндустриальных промышленных регионов Украины, среди которых можно отметить Донецкий, Криворожский и Днепропетровский. Вместе с тем конусовидные терриконы горной породы, являющиеся побочным продуктом добычи каменного угля, оказывают негативное воздействие на окружающую среду, изымая из природопользования земли, которые могут быть использованы человеком в сельскохозяйственной деятельности.

Наряду с решением фундаментальных вопросов взаимоотношения человека и окружающей среды неотложной является разработка научных основ создания новых оптимальных антропогенных ландшафтов [1]. Особый интерес представляет лесная рекультивация нарушенных земель [2, 3], основной задачей которой является создание устойчивого культурбиогеноценоза, неотъемлемой составной частью которого можно считать зооценоз. Блок почвенных беспозвоночных присутствует практически на каждом участке лесной рекультивации. Его структурно-функциональный состав влияет не только на формирование фитоценоза, но и на устойчивость всего культурбиогеноценоза.

В стабилизации и возобновлении органических соединений, структурного и химического состава почв ведущая роль принадлежит почвенным сапрофагам, среди которых особое место занимают дождевые черви [4–8]. Высокая пластичность этой группы беспозвоночных, ее трофическая активность в почвообразовательной деятельности нередко играет решающее значение в сохранении и функционировании почв. Особенно это касается искусственных почвогрунтов.

Среди абиотических факторов как в естественных, так и культурбиогенозах на существование дождевых червей значительное влияние оказывают температура и влажность. К определяющим экологическим факторам жизни олигохет следует отнести наличие в почве воды. Вода влияет на газообмен у этих животных, содержание ее в клетках способствует поддержанию всех жизненно важных функций организма, его биомассы [9, 10].

В естественных условиях зачастую не всегда удается выявить зависимость изменения биомассы дождевых червей как показателя состояния популяции от степени увлажнения различных вариантов насыпки искусственных почвогрунтов на рекультивированных участках. Поэтому с целью изучения отклика (реагирования) дождевых червей на факторы внешней среды использовались методы математической теории планирования и моделирования сложных систем, позволяющие ясно и точно “видеть” особенности изучаемого биологического явления.

Работа проводилась на кафедре зоологии и экологии биологического факультета Днепропетровского национального университета (ДНУ), а также в рамках госбюджетной темы № 3-122-06 НИИ биологии ДНУ “Зооценоз як компонент екосистемних процесів саморегуляції в умовах трансформації довкілля”.

Объектом исследования служили представители почвенных сапрофагов — дождевые черви (Lumbricidae).

Цель исследования — установить изменение биомассы первичных деструкторов растительного опада на различных вариантах подстилок из листьев древесных пород, насыпных субстратов как среды обитания, а также в зависимости от степени их увлажнения.

Материал и методы исследования. При выборе структуры эксперимента мы воспользовались методами математического планирования эксперимента [11]. Выбранный план эксперимента представляет собой стандартный латинский квадрат. Латинским квадратом называется квадратная таблица из элементов (чисел или букв) такая, что каждый элемент встречается один и только один раз в каждой строке и в каждом столбце [12]. Латинский квадрат, у которого буквы в первой строке и первом столбце расположены в алфавитном порядке, называется стандартным.

При закладке опытов на дно каждого вегетационного сосуда ($S = 201 \text{ см}^2$) помещали субстрат, служащий местом существования объекта исследования. Масса субстратов в опытах была одинакова (по 700 г). Сверху субстрат покрывали подстилкой из листьев определенной древесной породы (по 50 г на сосуд). Затем в опыты вносили по 10 дождевых червей. Первоначальная масса каждого червя фиксировалась. Длительность эксперимента составила 30 сут (с 10.10.07 по 10.11.07).

Для создания в опытах оптимальных гидротермических условий обитания животных в лаборатории поддерживали температуру в пределах 20–22 °С и имитировали выпадение различного количества осадков. Для полива использовали дистиллированную воду. Чтобы избежать возможного накопления излишка воды, в вегетационных сосудах были сделаны специальные отверстия для отвода влаги.

Каждую независимую переменную (фактор) в эксперименте изменяли на следующих трех уровнях, обеспечивающих определенные условия при проведении опытов:

вид насыщенного субстрата:

- 1 — шахтная порода ($\text{pH}_{\text{водн}} = 3,5$; сухой остаток — 0,60%),
- 2 — чернозем ($\text{pH}_{\text{водн}} = 7,0$; сухой остаток — 0,05%),
- 3 — суглинок легкий ($\text{pH}_{\text{водн}} = 7,5$; сухой остаток — 0,065%);

видовая принадлежность подстилки:

1 — можжевельник виргинский ($\text{pH}_{\text{водн}(1:10)} = 7,2$),

2 — клен остролистный ($\text{pH}_{\text{водн}(1:10)} = 5,9$),

3 — робиния псевдоакация ($\text{pH}_{\text{водн}(1:10)} = 6,95$);

увлажнение:

1 — избыточное (40 мм/мес.),

2 — умеренное (30 мм/мес.),

3 — слабое (20 мм/мес.).

В качестве плана эксперимента был выбран 3×3 латинский квадрат. Его детализированная схема приведена в табл. 1.

Большое значение при изучении реакции почвенных животных на условия обитания имеют физико-химические характеристики используемых субстратов и подстилок. Поэтому остановимся на их основных свойствах.

Шахтная порода серого цвета, при увлажнении приобретающая свойства бесструктурной замазкоподобной массы и содержащая мелкие включения каменного угля и изредка пирита. По гранулометрическому составу она относится к тяжелым иловато-пылеватым суглинкам. Для нее характерно отсутствие двухвалентных катионов. По своим физико-химическим, водно-воздушным и механическим свойствам шахтная порода непригодна для произрастания растений [3, 13, 14].

Образцы чернозема обыкновенного представлены суглинками средними и тяжелыми иловато-пылеватыми с насыщенностью основаниями до 97%. В составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает Ca^{2+} (до 90%) и Mg^{2+} (до 10%). Доля Na^+ и K^+ незначительна. Содержание гумуса — до 4,0%.

Лессовидный суглинок палевого окраски по содержанию физической глины (до 33%) относится к легким, а по преобладающей фракции — к иловато-песчаным суглинкам [15]. Количество гумуса — от следовых значений до 0,9%. Вскипание от 10% раствора HCl отсутствует.

Результаты и их обсуждение. Результаты измерения биомассы животных приведены в табл. 2. В крайней правой графе таблицы указаны средние значения прибавки биомассы животных, найденные как разница между биомассой до начала эксперимента и после его окончания (Δ).

Для установления общего направления сдвига исследуемого признака воспользовались критерием знаков. (Сдвиг — это разность между вторым и первым замерами.) Типичный сдвиг — положительный. Гипотеза о том, что прибавка биомассы одинакова как до начала

Таблица 1. План эксперимента, основанный на схеме латинского квадрата с тремя фиксированными уровнями

Номер опыта	Градации фактора		
	Субстрат	Подстилка	Увлажнение
1	Шахтная порода	Можжевеловая	Избыточное
2	Чернозем	Можжевеловая	Умеренное
3	Суглинок	Можжевеловая	Слабое
4	Шахтная порода	Кленовая	Умеренное
5	Чернозем	Кленовая	Слабое
6	Суглинок	Кленовая	Избыточное
7	Шахтная порода	Робиниевая	Слабое
8	Чернозем	Робиниевая	Избыточное
9	Суглинок	Робиниевая	Умеренное

эксперимента, так и после отвергается на уровне значимости, превышающем 5%-й барьер ($\alpha = 0,0004$). Смело можно утверждать, что наблюдается статистически достоверный “типичный” сдвиг в сторону увеличения биомассы животных.

Статистическая оценка постоянных эффектов, проведенная с использованием дисперсионного анализа, показала, что существует значимое их влияние на изменение биомассы представителей Lumbricidae. Так, уровень значимости влияния субстрата составил 0,022, подстилки — 0,008, увлажнения — 0,017.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что можжевельная подстилка, слабое увлажнение и шахтная порода в наименьшей мере способствуют увеличению биомассы дождевых червей. Наибольшие изменения биомассы характерны для обработок с кленовой подстилкой, избыточным увлажнением и черноземом (табл. 3). Напомним, что способом обработки называют совокупность уровней качественных факторов (воздействий), которыми определяется отдельный опыт.

Задачи для качественных факторов в большинстве случаев формулируются как задачи сравнения тех или иных способов обработки, и соответствующие эксперименты часто называют сравнительными. Результаты попарного сравнения (по множественному ранговому критерию Дункана) всех способов обработки представлены в табл. 4. В таблице в приведенных контрастах знак “<” показывает, что среднее значение биомассы червей при

Таблица 2. Условия планирования и изменение (Δ) биомассы дождевых червей ($n = 10$ экз.) в течение одного месяца

Номер опыта	Градации фактора			Δ , г	
	Субстрат	Подстилка	Увлажнение		
1	1	1	1	1,38	1,25
2	2	1	2	2,42	3,22
3	3	1	3	0,61	1,98
4	1	2	2	4,17	4,91
5	2	2	3	4,36	4,26
6	3	2	1	5,84	5,48
7	1	3	3	-0,77	0,71
8	2	3	1	7,48	3,83
9	3	3	2	3,29	7,02

Таблица 3. Средние значения прибавки биомассы дождевых червей в зависимости от уровней факторов, г

Градация фактора	Кол-во опытов	Среднее арифметическое изменения массы червей	Доверительный 95% интервал	
			нижний предел	верхний предел
Подстилка				
Можжевельная	6	1,81	0,61	3,01
Кленовая	6	4,84	3,63	6,04
Робиниевая	6	3,59	2,39	4,80
Увлажнение				
Избыточное	6	4,21	3,01	5,41
Умеренное	6	4,17	2,97	5,37
Слабое	6	1,86	0,66	3,06
Субстрат				
Шахтная порода	6	1,94	0,74	3,14
Чернозем	6	4,26	3,06	5,46
Суглинок	6	4,04	2,83	5,24

Таблица 4. Парные сравнения способов обработок в эксперименте

Контраст		Статистические различия эффектов	
Первый способ обработки	Второй способ обработки		
Субстрат			
Шахтная порода	<	Чернозем	≤0,05
Шахтная порода	<	Суглинок	≤0,05
Чернозем	<	Суглинок	Отсутствуют
Подстилка			
Можжевеловая	<	Кленовая	≤0,05
Можжевеловая	<	Робиниевая	≤0,05
Кленовая	<	Робиниевая	Отсутствуют
Увлажнение			
Избыточное	<	Умеренное	Отсутствуют
Слабое	<	Избыточное	≤0,05
Слабое	<	Умеренное	≤0,05

первом способе обработки в эксперименте меньше, чем среднее значение биомассы при втором.

Установлено, что существует статистически значимая разница средней биомассы дождевых червей в следующих парах способов обработок: шахтная порода — суглинок; шахтная порода — чернозем; можжевеловая — кленовая подстилки; можжевеловая — робиниевая подстилки. Для них характерны меньшие значения биомассы при первом указанном способе обработки в сравниваемой паре.

Таким образом, важным фактором при ремедиации нарушенных земель является создание необходимых условий для почвенной биоты, которая участвует в процессах оптимизации экосистем, повышая их устойчивость и продуктивность.

В результате проведенных экспериментов доказано, что изменение биомассы дождевых червей (*Lumbricidae*) зависит от вида субстрата, используемого в качестве среды обитания, а также подстилки из листьев древесных пород, наносимой сверху на субстрат, и уровня увлажнения.

Обработка данных эксперимента позволила выявить статистически достоверное снижение биомассы представителей *Lumbricidae* в присутствии шахтной породы, можжевеловой подстилки и слабого увлажнения. Напротив, изучаемая характеристика увеличивается, если используются такие субстраты, как суглинок и чернозем, привносятся кленовая и робиниевая подстилки, а также осуществляется умеренное увлажнение. Изменение изученного показателя у дождевых червей имеет важное приспособительное значение для обеспечения нормального протекания физиологических и популяционных процессов в экологически различных условиях существования.

1. Зонн С. В., Травлев А. П. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв. — Киев: Наук. думка, 1989. — 216 с.
2. Кондратюк Е. Н. Промышленная ботаника. — Киев: Наук. думка, 1980. — 254 с.
3. Биогеоэкологический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация: Учеб. пособие / А. П. Травлев, В. А. Овчинников, В. Н. Зверковский и др. — Днепропетровск: ДГУ, 1988. — 72 с.
4. Зражевский А. И. Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв. — Киев: Изд-во АН УССР, 1957. — 271 с.
5. Edwards C. A., Baker J. E. The use of earthworms in environmental management // Soil Biol. Biochem. — 1992. — 24. — P. 1683–1689.

6. *Гильяров М. С., Стриганова Б. Р.* Роль почвенных беспозвоночных в разложении растительных остатков и круговороте веществ // Итоги науки. Зоология беспозвоночных (почвенная зоология). – Москва: ВИНТИ, 1978. – Т. 5. – С. 8–69.
7. *Makeschin F.* Earthworms (*Lumbricidae: Oligochaeta*): important promoters of soil development and soil fertility // *Fauna in Soil Ecosystems* / Ed. G. Benckiser. – New York; Basel: Marcel Dekker Inc., 1997. – P. 173–223.
8. *Іванців В. В., Бусленко Л. В., Щенка Л. В.* Вплив ґрунтових олігохет на реструктурування ущільнених ґрунтів Західних областей України // *Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки*. – 2002. – № 6. – С. 87–90.
9. *Атлашините О. П.* Экология дождевых червей и их влияние на плодородие почв в Литовской ССР. – Вильнюс: Макскас, 1975. – 201 с.
10. *Abrahamsen G., Hovland J., Hagvar S.* Effects of artificial acid rain and liming on soil organisms and the decomposition of organic matter // *Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems* / Eds. T. C. Hutchinson, M. Navas. – New York: Plenum, 1980. – P. 341–362.
11. *Налимов В. В.* Теория эксперимента. – Москва: Наука, 1971. – 207 с.
12. *Афифи А., Эйзен С.* Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. – Москва: Мир, 1982. – 488 с.
13. *Масюк А. Н.* Акация белая на рекультивированных землях Западного Донбасса // *Биогеоэкологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной Украины*. – Днепропетровск: ДГУ, 1989. – С. 139–151.
14. *Травлев А. П., Белова Н. А., Зверковський В. М.* Теоретичні основи лісової рекультивації порушених земель у Західному Донбасі на Дніпропетровщині // *Ґрунтознавство*. – 2005. – **16**, № 1–2. – С. 19–29.
15. *Масюк А. Н.* Продуктивность лесных культур на рекультивированных землях Западного Донбасса // *Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование*. – Днепропетровск: ДГУ, 1988. – С. 109–117.

*Днепропетровский национальный университет
им. Олесь Гончара*

Поступило в редакцию 28.07.2010

Yu. L. Kulbachko, A. E. Pakhomov, O. A. Didur

Variability of earthworms' (*Lumbricidae*) biomass as a response to different ecological conditions in model experiments

*Influence of various soil blends used in forest rehabilitation, leaf litters of trees, and humidity levels on soil saprophages (*Lumbricidae*) is experimentally studied. Significant influence of substrates, litters, and humidity levels on the increase of earthworms' biomass has been determined.*