

ПРОДУКЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕДОБИОНТОВ В БИОДЕСТРУКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ ПОЧВ

П. Г. Витион

*Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Кишинэу, Республика Молдова,*

Министерство Образования, Культуры и Исследований Республики Молдова

Аннотация: Приведены результаты исследования участия почвенных беспозвоночных животных сапрофагов в почвенных продукционно-биологических процессах.

PRODUCTION AND BIOLOGICAL IMPORTANCE OF PEDOBIONTS IN BIODESTRUCTION OF VARIOUS ORGANIC SOIL RESIDUES

Vition Pntelei

*Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection,
Chisinau, Republic of Moldova, Ministry of Education,
Culture and Research of the Republic of Moldova*

Abstract: The results of a study of the participation of soil invertebrate animals of saprophages in production and biological processes of soils are presented.

Введение

Гелиоавтотрофы – зелёные растения, синезелёные водоросли – это продуценты, которые создают органические вещества из неорганических, а гетеротрофные организмы поглощают эти вещества (как консументы), преобразуя их и разлагая (как редуценты) на более простые составные части, которые снова доступны для зеленых растений. По отношению к звеньям этой цепи питания, было бы неправильно рассматривать животных лишь как консументов, а бактерий – как редуцентов, так как все гетеротрофные организмы используют потребляемые ими вещества для построения собственного организма и для поддержания жизненных процессов, разлагая их снова в CO_2 , NH_3 , $\text{CO}(\text{NH}_2)$ и т.д. Органическое вещество является важнейшим компонентом, выполняющим многочисленные эколого-биосферные и биогеоценотические функции в формировании почв и регулировании уровня плодородия [3]. Травянистые растения подвержены максимальному разложению под влиянием различных факторов окружающей среды [2]. Степень разложения осоки, хвоща, рогозы, папоротника, листовного опада составляет 56.2% (в среднем, в течение

пяти лет) [2]. Мхи, лишайники, древесные растения относятся к группе трудно разлагающихся. [2].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению участия почвенных беспозвоночных животных сапрофагов в почвенных продукционно-биологических процессах проводились в течение 1992–2017 гг. в различных географических зонах на территории Республики Молдова во всех экосистемах с разными типами почв: 1. Северная зона – лесной природный заповедник (Пэдуреа Домнеаскэ), 2. Центральная зона – заповедники (Кодры и Плаюл Фагулуй), 3. Южная зона – (Прутул де жос) и дополнительно в различных типах лесов и пойменных лугов малых рек. Параллельно проводились исследования в других экосистемах: степь, луг, низовые пойменные луга на р. Днестр и р. Прут, в дельте р. Дунай. Педозоологические обследования почв проводились в 1990 г. В длительных стационарах полевых и природных условиях схема опытов имела следующие варианты: 1. Серая лесная почва (Заповедник Кодры) с лесными биотопами род *Quercus* (биомасса подстилки род *Quercus*); 2. Бурая лесная почва (Заповедник Кодры) с лесными биотопами род *Fagus* (биомасса подстилки род *Fagus*); 3. Чернозем карбонатный, степь с разными видами спонтанной флоры злаковых и бобовых растений, (биомасса подстилки из злаковых и бобовых растений); 4. Чернозем луговой с разными видами луговых растений (биомасса подстилки с растительными остатками луговых растений) и пойменно-луговые почвы; 5. Чернозем обыкновенный с посевом пшеницы. Для определения численности эдафической фауны пробы отбирали с 2-х слоев почвы: на глубине 0–25 см и 25–50 см [1].

Для изучения распределения микрофауны, и отдельных фаз мезофауны эдафических насекомых в почве, а также для выяснения некоторых особенностей фенологии массовых видов был использован метод анализа почвенных проб [1]. Почвенные разрезы готовили по стандартной методике площадью 0,5 м² [1], образцы разбирали послойно вручную. Проводились и визуальные обследования на поверхности почвы для определения состава мезофауны и макрофауны

почвенных насекомых [4]. Извлечение микроартропод из почвенных проб проводили при помощи термоэктектора Берлезе-Тюльгрена [5]. В экстракции энхитреид из почвы использовали гидротермоэктекторы по методу Nilson – Connor, нематод по методом Berman и Ovegor-Nilsen. [5]. Учет проводился в 1992–2017 гг. с марта по ноябрь.

Цель работы – определить функциональное значение почвенных беспозвоночных животных сапрофагов как продуцентов гумуса в процессах деструкции различных видов растительных остатков для разных типов почв.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В географических зонах на территории Республики Молдова с различными типами почв и экосистемами эдафический зоокомплекс формируют представители следующих таксономических групп почвенных беспозвоночных животных: Nematoda, Enchytrieidae, Lumbricidae, Chilopoda, Diplopoda, Symphyla, Pauropoda, Isopoda, Collembola, Oribatida, Carabidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Elateridae, Tenebrionidae, Tardigrada, которые участвуют в продукционно-биологических процессах деструкции различных видов растительных остатков в разных типах почв.

Таблица 1. Средняя динамика численности (особь/м²) педобионтов в различных горизонтах почв

Тип почвы	Глубина, (см)	Биомасса, (г/м ²)	Числен. Мезофауны, (экз/м ²)	Числен. сем. Lumbricidae, (экз/м ²)	Кол-во копролитов, (г/м ²)	Кол-во ходов, (1м ²)
Буряя лесная почва (Заповедник Кодры)	Ad (0-10)	19.7	78	67	228-254	778
	A1(10-25)	6.6	52	19		
	A2(25-35)	3.2	8	10		
Серая лесная почва (Заповедник Кодры)	Ad(0-11)	28.6	97	82	286-300	987
	A1(11-28)	7.8	64	26		
	A2(28-38)	4.3	12	10		
Чернозем карбонатный	Ad (0-8)	14.9	175	37	157-166	690
	A1(8-25)	13.0	126	69		
	B(23-30)	3.9	12	19		
Чернозем обыкновенный	Ad (0-10)	20.9	164	73	133-145	586
	A1(10-21)	11.8	72	40		
	A2(21-47)	3.7	22	18		
	B1(47-65)	1.2	3.6	3.9		
Чернозем типичный	Ad (0-22)	19.8	352	224	120-123	430
	A1 (22-45)	11.0	14	6		

Исследуя динамику численности беспозвоночных животных в зависимости от типа почвы, можно отметить, что наибольшее количество беспозвоночных животных наблюдается в черноземах типичных, обыкновенных и карбонатных (табл. 2). В лесных экосистемах численность педобионтов характеризуется высокими показателями (численность, биомасса, количество копролитов и ходов) мезофауны, включая сем. Lumbricidae, в серых лесных (Заповедник Кодры) и бурых лесных почвах (Заповедник Кодры) (табл. 2). Эдафические сапрофаги беспозвоночных животных, включая почвенных олигохет, поглощают частицы почвы вместе с пищей, и выделяют переработанный материал в виде экскрементов (копролитов), активно участвуя в минерализации и гумификации растительных остатков. В организме дождевых червей происходит ускоренное разложение ингибиторных веществ из растительных остатков [7].

Экскременты олигохет и почвенных насекомых являются одним из субстратов целлюлозо-разрушающих микроорганизмов, 12 мг экскрементов обеспечивают активность 7.8 млн деструкторов. Копролиты удерживают больше воды, чем другие компоненты почвы. В суглинистых почвах содержание воды оказалось на 44% больше, чем в других типах почв. У представителей вида *Lumbricus terrestris*, более крупных форм дождевого червя, количество копролитов в почве составляет – 2000–3000 мкм, а у вида *Allobophora rosea* – 1200–1700 мкм.

Количество ходов зависит от экологических показателей, таких как плотность, численность и диаметр дождевых червей. Некоторые виды из рода *Allobophora* и *Lumbricus* – являются довольно крупными червями, до 1 см толщиной, и отличаются расширенным и уплощенным задним концом тела. В тёплый вегетационный период популяция из 25 особей на 1 м² проделывает в почве 800 ходов/м² с диаметром 7–8 мм, что создает благоприятный воздушный и водный режим почвы. Скорость разложения растительных остатков зависит от комплекса факторов, как биотических (педобиота и микробиота (эдафон), так и абиотических (географическая зона, характер рельефа, микроклимат, количество

и продолжительность солнечных дней, максимальные и минимальные температуры, влажность воздуха, запасы почвенной влаги, направление и скорость ветра, физико-химические свойства почв, содержание гумуса, биоразнообразие флористического состава, структура севооборота, частота обработки почвы).

Таблица 2. Средние продукционно-биологические показатели педобионтов сапрофагов в разных типов почв (на 1 га, глубина 0–50 см)

Типы почв в экосистемах	Количественные показатели сапробионтных педобионтов (особей/га)	Вес биомассы подстилки (кг/га)	Период времени разложения биотомассы (годы, месяцы)	Содержание гумуса с учётом разложившегося органического вещества (%)
Лесные почвы (Заповедник Кодры)	1.986000	4897	2,8-3,2	3,8
Чернозем карбонатный (степь)	265000	2200	1,3-1,6	4,0
Чернозем поймено-луговой	1.678000	3000	2,2-2,6	4,4
Чернозем обкновённый-поле пшеницы	869000	900–1140	1,0-1,2	2,1

По многолетним наблюдениям, за период 1992–2017 гг., можно отметить, что повышенная активность педобионтов, включая и сем. *Lumbricidae*, в лесных почвах природных экосистем (Заповедник Кодры) способствует процессам полной трансформации органических веществ растительной биомассы в течении 2.8–3.0 лет (табл. 2). Дождевые черви за сутки перерабатывают в среднем 10 мг сухой массы почвы, смешанной с растительными остатками, на 1 г массы тела. Во влажной бурой лесной почве при $t\ 17^{\circ}\text{C}$ (в термостате) представители вида *Lumbricus rubellus* потребляли до 200 мг сухой массы в сутки на 1г собственного веса.

В течение вегетационного периода (216 дней), разные эколого-таксономические группы почвенных животных, включая и сем. *Lumbricidae*, за сутки перерабатывают 905.84 г почвы вместе с растительными остатками, общей

биомассы – 217.4 г/м² (площади) почвы для серых и бурых лесных почв, что в пересчёте на всю площадь Заповедника «Кодры» составляет 906 тонн почвы в сутки или 195662 тонн почвы с растительными остатками за год.

Для педобионтов сапрофагов биологическим показателем продуктивности является количество переработанной ими биомассы листовного покрова и растительных остатков. Период времени и скорость разложения растительных остатков зависит от характера ландшафта, времени года и от типа почвы [7]. В разных экосистемах (лес, луг, степь, агробиоценоз), проводились исследования по изучению скорости разложения зелёной биомассы растений (зелёных листьев различных видов деревьев). На экспериментальных площадках (S – 1 м²) зелёные листья размещали в почве на глубине до 30 см при отсутствии почвенных беспозвоночных животных. Максимальное число особей почвенных беспозвоночных животных, зафиксированных на экспериментальных площадках с полуразложившимися листьями, наблюдалось на луговых почвах, далее на лесных и степных почвах, и минимальное количество – на пашне, время года влияло незначительно. В зависимости от глубины почвы, начиная с 50 см и до 80 см происходило уменьшение числа педобионтов и одновременно наблюдалось замедление процесса минерализации. Наибольшая численность и видовой состав педобионтов и одновременно максимальная интенсивность процесса разложения зелёной биомассы наблюдались во всех экосистемах (лес, луг, степь, агробиоценоз) на глубине почвы 0–25 см.

Таблица 3. Относительная экстраполяция (%) использования питательных веществ (П), поглощенных с пищей в период роста и развития некоторых видов педобионтов

Виды педобионтов	Доля расхода пищи в течение жизни	Доля пищи, поглощенной педобионтом	Доля пищи, использованной на рост и развитие	Доля пищи, выделенная с экскрементами	Доля пищи, израсходованная на жизненные процессы
Nematoda <i>Rhabdti tisteres</i>	12,0	13,6	8,7	68,7	9,8
Enchytrieidae <i>Fridericia bisetosa</i>	13,3	15,7	11,0	79,0	10,4
Lumbricidae <i>Eisenia foetida</i>	17,4	19,0	12,0	88,0	13,8
Isopoda <i>Trachllines rathrei</i>	12,7	14,0	10,4	80,0	8,7
Diplopoda <i>Blaniulus guattulatus</i>	14,0	15,0	11,2	83,0	12,0
Collembola <i>Isotoma notabilis</i>	12,7	14,0	9,8	75,0	10,6
Oribatida <i>Oppia minus</i>	13,5	17,8	10,3	76,8	11,2
Tardigrada	14,0	15,4	8,8	73,0	9,7

Во время роста и развития педобионтов максимальная доля пищи, выделяемая с экскрементами, составляет – 88,0% у вида *Eisenia foetida* из сем. Lumbricidae, минимальная – 68,7% у вида *Rhabdti tisteres* из сем. Nematoda (табл. 4). Сапрофаги получают органические вещества из отмерших растительных остатков, лиственной подстилки, и органических удобрений. Если экстраполировать энергию (Э), получаемую и расходуемую в течение жизнедеятельности у некоторых видов педобионтов (в %), то у вида *Rhabdti tisteres* из сем. Nematoda расход энергии составляет 10,9%, количество энергии поглощённой с пищей – 12,8%, количество энергии, использованной на построение организма – 7,7%, количество энергии, выделенной с экскрементами – 65%, количество энергии, израсходованной на жизненные процессы – 8,6%.

Таблица 4. Определение показателей pH копролитов дождевых червей (вид *Allobophora rosea*) и pH почвы

н/	Тип почвы	pH копролитов	pH почвы
I	Серая лесная	7.3	5.5-6.9
II	Бурая лесная	6.6	5.2-5.7
III	Чернозем	7.9	6.7-7.0

ВЫВОДЫ

Функциональное значение деятельности почвенных беспозвоночных животных заключается в разложении растительных остатков в эдафической среде разных типов почв естественных биомов и агроэкосистем, что поддерживает высокий биоэнергетический потенциал круговорота веществ и энергии в природе и в почвах.

Увеличение биоразнообразия таксономического комплекса экологических трофических групп педобионтов зависит от качества и количества аккумулированных растительных остатков, поступающих в почву, который имеет положительный биоэкологический тренд для блока сапрофагов из зоокомплекса педобионтов в разных типах экосистем.

Тренд качественных и количественных биологических показателей в почвах природных биогеоценозов характеризуются значительным обилием и биоразнообразием почвенных беспозвоночных животных, по сравнению с агроэкосистемами, где динамика численности и разнообразие снижены.

В природных экосистемах при высоком уровне таксономического состава разнообразных трофических групп педобионтов наблюдается максимальная скорость интенсивности разложения растительных остатков и подстилок для разных типов почв, по сравнению с почвами сельскохозяйственного использования.

Ежегодное поступление растительного и листового опада от 3–5 т/г в почву и высокая активность почвенных беспозвоночных животных обеспечивает накопление от 1.0 до 1.5% гумуса.

Почвенная биота участвует в продукционно-биологических процессах, особенно в процессах разложения органического материала растительного и

животного происхождения, обогащая почву макро- и микроэлементами, гумусом, улучшая структуру и повышая плодородие почв.

В период роста и развития почвенные беспозвоночные животные с относительно большими размерами тела используют для построения организма меньше энергии, поступающей с пищей, по сравнению с беспозвоночными педобионтами с относительно небольшими размерами тела, но у организмов с большими размерами тела расходуется больше энергии для поддержания жизненных процессов.

Список литературы

1. Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1987. С. 287.
2. Уланов А. Н. Экологические аспекты восстановления болотных агроэкосистем на отработанных торфяных месторождениях южной тайги Кировской области // Сборник научных трудов. Выпуск 18(66). М., 2018. С. 61–70.
3. Яшин М.А., Авдеева Т.Н., Когут Б.М., Маркина Л.К., Семенов В.М., Тарасов С.И., Фрид А.С. Агрогенная трансформация лабильных гумусовых веществ и структуры дерново-подзолистой супесчаной почвы // Агрохимия. 2015. №9. С. 3–13.
4. Gller P. The distribution of insects, spiders, and mites in the air // USDA.Techn. Bull, 673. 1939. P. 1–150.
5. Nielsen C.O. Oiros, 12, 17-35, 1961.
6. Odum E. Ecology 41, 34–49, 1960.
7. Vition P., Reciclarea deșeurilor organice și biocultivarea biotei edafice., Revista științifică Noosfera. ISSN 1857-3517. 2016. № 16. P. 104–110.
8. Nielsen C. O. Christensen, 1959.