



УДК 631.467

И.Н. Безкоровайная, М.Н. Егунова

ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОАРТРОПОД  
В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ С ПОМОЩЬЮ BAIT-LAMINA ТЕСТА

Статья посвящена использованию *bait-lamina* теста в исследованиях трофической активности почвенных микроартропод в 40-летних лесных культурах основных лесообразующих пород Сибири: кедра (*Pinus sibirica*), ели (*Picea abies*), лиственницы (*Larix sibirica*), сосны (*Pinus silvestris*), бересклета (*Betula fruticosa*) и осины (*Populus tremula*). Эдификаторная роль хвойных и лиственных культур в формировании структуры и трофической активности микроартропод проявляется через влияние подстилок на данные показатели.

**Ключевые слова:** культуры, подстилка, почва, микроартроподы, трофическая активность, байт-ламина тест.

*I.N. Bezkorovaynaya, M. N. Egunova*

TROPHIC ACTIVITY ASSESSMENT OF MICRO-ARTHROPODS  
IN FOREST CULTURES WITH THE HELP OF BAIT-LAMINA TEST

*The article is devoted to the use of bait-lamina test in studies of soil micro-arthropods trophic activity in the 40-year-old forest cultures of the main Siberian forest-forming species: cedar (*Pinus sibirica*), spruce (*Picea abies*), larch (*Larix sibirica*), pine (*Pinus silvestris*), birch (*Betula fruticosa*), and aspen (*Populus tremula*). The edificatory role of coniferous and deciduous cultures in shaping the structure and trophic activity of micro-arthropods reveals through the influence of underlayers on these parameters.*

**Key words:** cultures, underlayer, soil, micro-arthropods, trophic activity, bait-lamina test.

**Введение.** В наземных экосистемах нет яруса, сравнимого с почвой, возможности которого соответствовали бы столь большому числу экологических требований различных групп животных, где бы произошло постоянное возобновление ресурсов первичной и вторичной продукции. Многообразие размерных и эколого-трофических групп почвенных животных обуславливает разнообразие экологических функций, которые они выполняют в почве и экосистеме в целом.

В научной литературе достаточно хорошо рассмотрен вопрос участия почвенных беспозвоночных – сапрофагов в разложении растительных остатков [2, 4, 5, 7, 11, 15–17, 20]. Показано, что их деструкционная активность складывается из собственно трофической активности (ассимиляция, минерализация) и косвенного участия в преобразовании органического вещества (измельчение и фрагментирование, перенос и перемешивание непереваренных органических остатков, стимуляция и ингибирование почвенной микрофлоры и т.п.). В то же время оценок трофической активности сапротрофного комплекса, основанных на наблюдениях *in vivo*, недостаточно, но именно они способствуют более адекватной оценке роли беспозвоночных в экосистемных процессах. Получение данных оценок особенно актуально при изучении лесовосстановительных сукцессий. Соотношение процессов поступления органического вещества на поверхность почвы и его минерализации является одной из основных характеристик становления лесного сообщества и его устойчивости.

В связи с этим для оценки трофической активности почвенных микроартропод одной из основных групп сапротрофного комплекса предлагается экспресс-метод с использованием приманочных пластинок (*bait-lamina*). Этот метод впервые был представлен von Torne (1990) для измерения биологической активности почвы. Метод Torne, названный *bait-lamina* тест, имеет преимущества показательного метода, который является быстрым и недорогим для оценки биологической активности почв и позволяет оценить активность почвенной биоты *in vivo* [21]. Тест-система нашла свое применение в основном в Германии, а также в Португалии, Швейцарии и Нидерландах – в лабораториях экологии почв и общей экотоксикологии. Метод позволяет оценить трофическую активность организмов, участвующих в большей степени в почвенных метаболических процессах, – микрофлоры, представителей нано- и микрофауны.

**Цель работы.** Оценить трофическую активность почвенных микроарктропод в 40-летних лесных культурах с помощью bait-lamina теста.

**Объекты и методы исследований.** Для оценки роли различных древесных пород в почвообразовании, формировании структурной организации и функционирования биогеоценозов в одинаковых почвенно-климатических условиях в 1968 г. сотрудниками Института леса на территории Кемчугской возвышенности был заложен уникальный опыт по моделированию развития искусственных лесных биогеоценозов [13]. Опыт представляет собой окультуренный участок старопахотной серой почвы, на которую после предварительного плантажа было высажено шесть основных пород Сибири: кедр (*Pinus sibirica*), ель (*Picea abies*), лиственница (*Larix sibirica*), сосна (*Pinus silvestris*), береза (*Betula fruticosa*) и осина (*Populus tremula*). В последующие годы проводились наблюдения за формированием лесных фитоценозов разного типа и их отдельных компонентов.

Оценку трофической активности почвенных микроарктропод проводили под 40-летними лесными культурами. В качестве начальной стадии лесовосстановительного процесса использована 5-летняя разнотравно-злаковая залежь, в качестве конечной стадии – естественные лесные сообщества: сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет).

Все исследуемые участки расположены в долине р. Кача на восточной окраине Кемчугской возвышенности. Фитоценозы представлены хвойными и мелколиственными лесами приграничных ландшафтов «южная тайга – лесостепь». Почва на всех участках серая среднеглинистая на коричнево-бурых глинах и характеризуется четкой дифференциацией почвенного профиля. Гумусово-аккумулятивный горизонт небольшой мощности, оподзоленный горизонт самостоятельно не выделяется, иллювиальный хорошо выражен и имеет ореховатую структуру. В нижней части профиля имеются следы временного переувлажнения в виде ржавых и сизых пятен. Органогенный и аккумулятивный горизонты характеризуются слабокислой реакцией среды (рНвод 5,6-6,2), высоким содержанием органического вещества (гумус 7,9 %).

В процессе произрастания лесных культур наблюдалась дифференциация напочвенного покрова, обусловленная воздействием древесного полога [14]. Травянистый покров проходил несколько фаз развития. В настоящее время в культурах ярко выражена неоднородность распределения травянистой растительности под пологом. Напочвенный покров в культурах кедра, сосны и частично лиственницы характеризуется как мертвопокровный, в культурах ели – 90 % проектного покрытия приходится на мох.

Под всеми культурами оформился равномерно распределенный по поверхности органогенный горизонт с четко выраженной стратиграфией из подгоризонтов L, F и H, а гомогенный пахотный слой (РУ-горизонт) стал дифференцированным (О-AY1-AY2).

В 40-летних лесных культурах запасы подстилки близки к таковым в естественных лесных сообществах (рис. 1). В культурах хвойных пород запасы подстилки составляют 2348–3870 г/м<sup>2</sup> [10]. В культурах березы и осины они в 2–3 раза ниже, что отражает высокую степень биологической трансформации растительного вещества в лиственных сообществах.

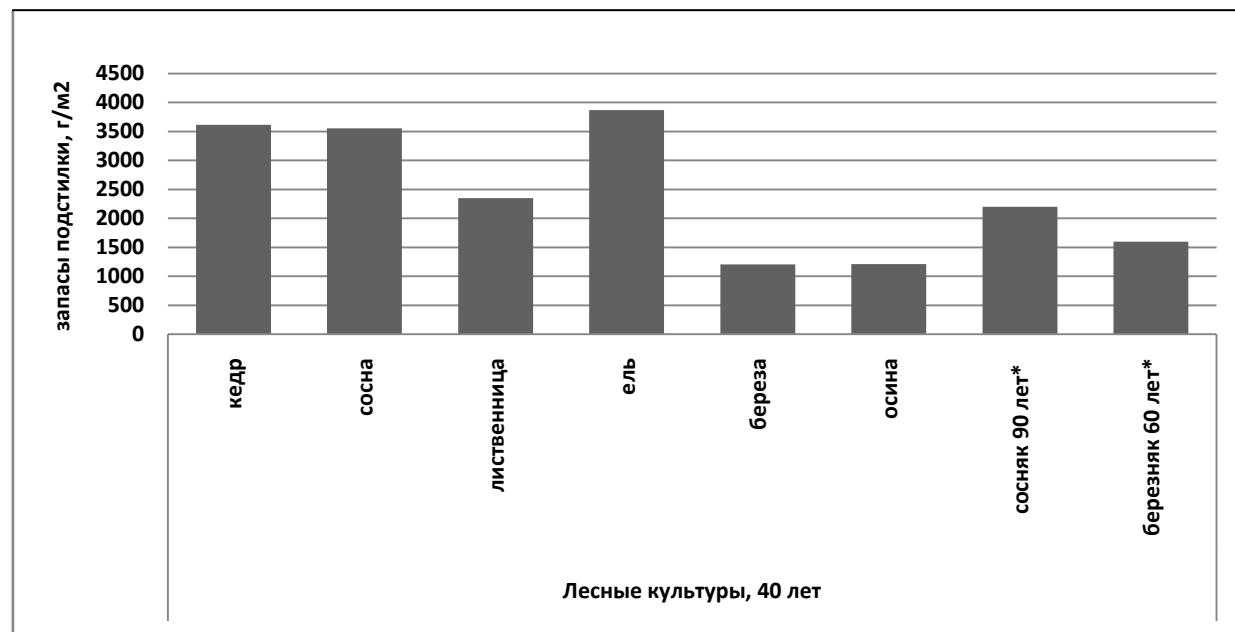


Рис. 1. Запасы подстилки в 40-летних лесных культурах и естественных лесных экосистемах:  
\* – сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет)

На каждом экспериментальном участке определяли плотность основных групп почвенных микроартропод – клещей (Acari) и коллембол (Collembola) в подстилках и верхнем минеральном слое почвы 0-5 см. Образцы отбирались с помощью металлического цилиндра (d=5 см) в 10-кратной повторности. Микроартропод выделяли из почвенных образцов методом Тульгрена-Берлезе без принудительного подогрева, до полного высушивания образца [3].

Для оценки трофической активности почвенных микроартропод использован метод приманочных пластинок (bait-lamina test) [9]. Пластинка длиной 10 см имеет 16 отверстий, которые заполняются пищевым субстратом (смесь микрокристаллической целлюлозы (70%) и отрубей (30%). Пластинку при помощи ножа вертикально погружают в почву до верхнего края верхнего отверстия. Под каждой культурой, на залежи и в естественных экосистемах было установлено по 30 пластинок – три группы по 10 штук пластинок. Через 14 дней пластинки были извлечены из почвы. Трофическая активность определяется процентным отношением количества перфорированных отверстий от общего числа отверстий на пластинке.

В работе представлены данные двух лет наблюдений.

**Результаты и обсуждение.** Анализ плотности почвенных микроартропод показал, что минимальной плотностью беспозвоночных (4 тыс.экз/м<sup>2</sup>) характеризуется 5-летняя разнотравно-злаковая залежь (табл.), что может быть обусловлено прежде всего отсутствием подстилки, повышенной инсолиацией открытого местообитания по сравнению с лесным сообществом, недостатком влаги и переуплотнением верхнего слоя почвы. Под 40-летними лесными культурами плотность в 2–4 раза выше. Среди культур максимальной плотностью беспозвоночных характеризуются культуры сосны и березы, минимальной – культуры лиственницы. 60–85 % от общей численности микроартропод сосредоточено в подстилках. Как известно, в лесных сообществах для большинства беспозвоночных он является не только основным местообитанием, но и источником пищи. Плотность в минеральном слое почвы 0-5 см соответствует таковой на залежи.

В естественных биогеоценозах плотность микроартропод несколько выше и составляет в сосняке и березняке соответственно 25 и 16,3 тыс.экз/м<sup>2</sup>. Более высокие значения плотности, как и в культурах, характерны для подстильного горизонта.

**Плотность микроартропод под 40-летними лесными культурами и на контрольных участках, тыс.экз/м<sup>2</sup>**

Микроартроподы	Слой, см	Залежь	Кедр	Лиственница	Осина	Сосна	Береза	Ель	Сосняк	Березняк
Клещи	АО	-	6,1±1,2	4,1±1,0	4,0±1,0	7,1±2,4	6,0±1,9	4,6±1,2	16,1±4,4	7,8±1,5
	0-5 см	3,3±0,9	0,9±0,3	1,3±0,4	2,1±0,6	1,8±0,8	5,6±2,4	2,0±0,8	3,3±1,6	1,3±0,3
Коллемболы	АО	-	1,8±0,4	1,9±0,5	1,9±0,4	4,2±0,9	2,4±0,7	0,9±0,2	4,3±0,6	4,9±0,9
	0-5 см	0,7±0,2	0,3±0,1	0,5±0,2	1,6±0,5	1,4±0,5	1,0±0,3	0,3±0,1	1,3±0,3	2,3±0,5
Сумма		4,0	9,1	7,8	9,6	14,5	15,0	7,8	25,0	16,3

Среди микроартропод доминируют клещи (56–86 %), коллемболы составляют 14–44 % от общей плотности. Доминирование клещей характерно для большинства лесных экосистем boreального пояса [1]. Минимальная численность коллембол отмечена в культурах ели и на залежи. Неблагоприятность условий в данных сообществах для этой группы беспозвоночных может быть связана с недостатком влаги и повышенной инсолиацией на залежи и особенностью напочвенного покрова под елью – мох образует плотный слой (1,5–2 см) на поверхности, задерживая влагу и снижая аэрацию верхних слоев почвы. Как известно, многие коллемболы обладают широкой экологической валентностью (особенно по отношению к температурному режиму почвы и пище) и в то же время высокой чувствительностью к влажности местообитания. Именно этот фактор, по мнению Н.А. Кузнецовой (2003), должен дифференцировать распределение коллембол в пространстве.

Активность организма, его способность модифицировать окружающую среду напрямую связана с его размерами [18]. Для почвенных микроартропод основным пищевым ресурсом является смесь органического детрита и клеток микроорганизмов [2, 11]. Питаясь бактериями, гифами и спорами грибов, они не только стимулируют их рост и размножение, но и способствуют расселению микрофлоры в растительном опаде и почве. Доступность грибного мицелия для клещей и коллембол регулируется физической структурой растительного опада, в который он проникает [19].

Использованный метод приманочных пластинок можно отнести к методам интегральной оценки биологической активности почв. Вероятнее всего, почвенных клещей и коллемболов привлекает не столько пищевой субстрат, сколько микроорганизмы, поселяющиеся на нем.

Как известно, подстилки лесных экосистем отличаются высокой плотностью почвенной биоты, здесь идут основные процессы трансформации растительного вещества [12, 22]. Bait-lamina тест выявил максимальную трофическую активность почвенных микроартропод в подстилках под культурами сосны и лиственницы – 67 и 48 % перфорированных отверстий за 14 дней экспозиции соответственно (рис. 2). Для подстилок осины и березы она в 1,5–2 раза ниже. Под культурами кедра и ели трофическая активность в подстилках минимальна и не превышает 15 %. Трофическая активность микроартропод в подстилках лесных культур близка к таковой в зрелых лесных сообществах – в подстилках березняка и сосняка она составила 55 и 41% соответственно.

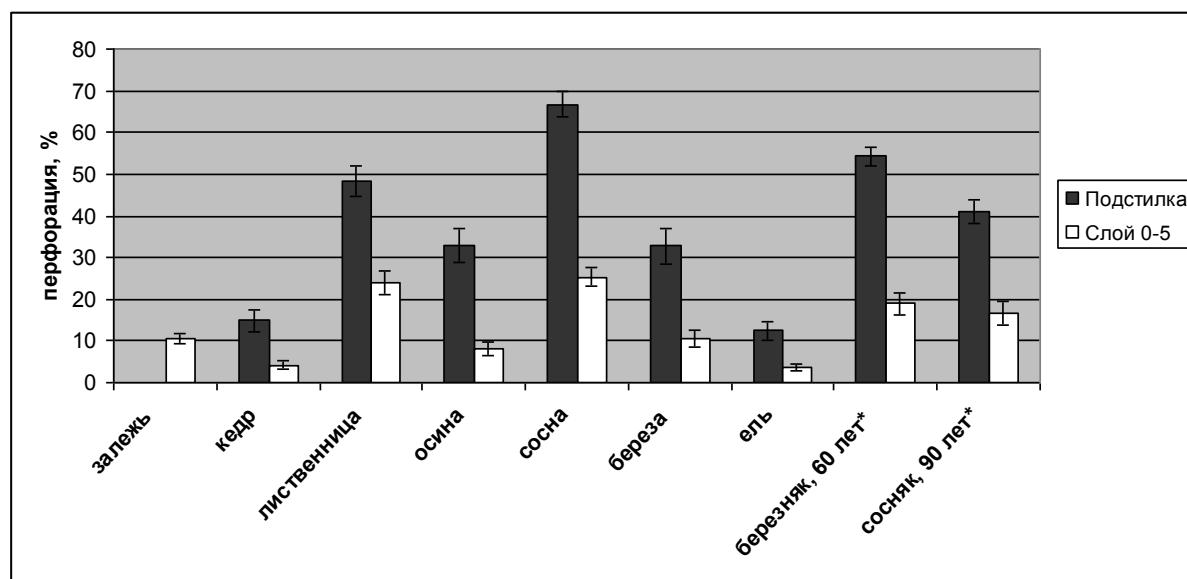


Рис. 2. Трофическая активность почвенных микроартропод в 40-летних лесных культурах и естественных лесных экосистемах: \* – сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет). Планки погрешности отображают ошибку средней

Трофическая активность микроартропод в минеральном слое почвы 0-5 см под культурами близка к активности на залежи и составляет 4–25%, что в 2–4 раза ниже, чем в подстилках. Активность минерального слоя почвы 0-5 см в березняке и сосняке не превышает 20 %.

В целом полученные данные согласуются с литературными: в разных природных зонах трофическая активность почвенных микроартропод варьирует от 14 до 65 % [8, 18].

Данные по плотности почвенных микроартропод и их трофической активности верхнего минерального слоя 0-5 см свидетельствуют о том, что в исследуемых лесных культурах серая почва сохраняет биологические свойства первоначального субстрата – пашни. Лесные подстилки формируют комплексы микроартропод лесного типа и способствуют активизации биологических процессов. Трофическая активность почвенных микроартропод в 40-летних культурах лиственницы, сосны, осины и березы близка к таковой в естественных зрелых лесных экосистемах. Низкая активность под культурами кедра и ели может быть обусловлена особенностями физических свойств подстилок, их фракционного и химического состава. Влагоемкость и плотность, содержание танинов, смол, дубильных веществ, а также соотношение С:N могут лимитировать биологическую активность.

### Заключение

Наибольшая плотность микроартропод отмечена в естественных биогеоценозах (16,3–25 тыс. экз/м<sup>2</sup>), наименьшая – на залежи (4 тыс. экз/м<sup>2</sup>). На всех исследуемых площадях доминируют клещи, их доля составляет 56–86 % от общей плотности. Основная плотность сосредоточена в подстилках всех исследуемых площадей – 60–85 %.

Трофическая активность также выше в подстилках. Максимальное значение отмечено в подстилках под культурами сосны и лиственницы – 67 и 48 % перфорированных отверстий за 14 дней экспозиции соответственно. Это близко к активности в естественных биогеоценозах. Под культурами кедра и ели трофическая активность в подстилках минимальна и не превышает 15 %. Трофическая активность в минеральном слое в 2–4 раза ниже, чем в подстилке, и не превышает 25 %.

Средообразующая функция культур заключается в формировании подстилочного горизонта и создании определенного почвенного микроклимата в верхних слоях почвы, что в свою очередь отражается на функционировании почвенных микроархтропод.

Использованный метод приманочных пластинок (*bait lamina* тест) может быть рекомендован в качестве метода интегральной оценки биологической активности почв.

### **Литература**

1. Андриевский В.С. Панцирные клещи в почвах Сибири // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 84–89.
2. Бызов Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве. – М.: ГЕОС, 2005. – 212 с.
3. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 287 с.
4. Курчева Г.Ф. Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков. – М.: Наука, 1971. – 156 с.
5. Козловская Л.С. Роль почвенных беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. – Л.: Наука, 1976. – 212 с.
6. Кузнецова Н.А. Влажность и распределение коллембол // Зоологический журнал. – 2003. – Т.82, № 2. – С. 239–247.
7. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. – М.: Наука, 1985. – 300 с.
8. Покаржевский А.Д., Гонгальский К.Б. Геостатистический анализ сообществ почвенных животных на границе двух растительных ассоциаций в степи Центрально-Черноземного заповедника // Аридные экосистемы. – 2007. – № 13. – С. 32–35.
9. Пространственное распределение почвенных животных / А.Д. Прокаржевский, К.Б. Гонгальский, А.С. Зайцев [и др.]. – М.: КМК, 2007. – 176 с.
10. Решетникова Т.В. Лесные подстилки как депо биогенных элементов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 74–81.
11. Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. – М.: Наука, 1980. – 243 с.
12. Чернова Н.М., Кротова С.Ю., Надточий С.Э. Распределение микроархтропод по генетическим слоям почвенного профиля // Фауна и экология беспозвоночных животных: сб. науч. тр. – М.: Изд-во МГИИ им. В.Н. Ленина, 1983. – С. 3–9.
13. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов / Л.С. Шугалей, М.Г. Семечкина, Г.И. Яшихин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1984. – 152 с.
14. Шугалей Л.С. Влияние лесных культур на свойства плантажированной почвы // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С. 345–354.
15. Anderson J.M. Food web functioning and ecosystem processes: problems and perceptions of scaling. – NY: CABI Publishing, 2000. – P. 3–24.
16. Anderson J.M. Faunal biomass: A key component of a general model of nitrogen mineralization // Soil Biology. – 1985. – № 17. – P. 735–737.
17. Colleman D.C., Crossley D.A. Fundamentals of Soil Ecology // Academic Press, Elsevier Science (USA). – 2003. – 206 p.
18. Stratification and dynamics of bait-lamina perforation in three forest soils along a North–South gradient in Russia / K.B. Gongalsky, A.D. Pokarzhevskii, Z.V. Filimonova [et al.] // Applied Soil Ecology. – 2004. – Vol. 25. – P. 111–122.
19. Leonard M.A., Anderson J.M. Growth dynamic of Collembola (*Folsomia candida*) and fungus (*Mucor plumbeus*) in relation to nitrogen availability in spatially simple and complex systems // Pedobiologia. – 1978. – Vol.18. – P. 153–157.
20. Schadler M., Brandl R. Do invertebrate decomposers affect the disappearance rate of litter mixtures? // Soil Biology and Biochemistry. – 2005. – № 37. – P. 329–337.
21. Kratz W. The bait-lamina test. General aspects, applications and perspectives // Soil sciences. – 1998. – P. 94–96.

