

ПОЧВЕННЫЕ ЖИВОТНЫЕ КАК БИОИНЖЕНЕРЫ ЭКОСИСТЕМ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ И КРУГОВОРОТ ЭЛЕМЕНТОВ

Горина Анна Анатольевна, студентка 1 курса института Агробιοтехнологий
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, gorina.anna.v@gmail.com

Травкина Мария Антоновна, студентка 1 курса института
Агробιοтехнологий ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,
mash.travkina@gmail.com

(Научный руководитель – **Мартынова Полина Николаевна**, ассистент
кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ МСХА
имени К.А. Тимирязева, lina.martynova25@mail.ru)

Аннотация: В докладе исследуется ключевая роль почвенных животных как биоиндикаторов и инженеров экосистем. Основное внимание уделяется их влиянию на структуру почвы и биогеохимические циклы. На примере различных групп организмов подробно разбираются такие фундаментальные процессы, как биотурбация, гумификация и минерализация органического вещества.

Ключевые слова: почвенные животные, почвенная структура, круговорот элементов, биотурбация, гумус, почвенная микробиота, биоиндикаторы.

Значительный вклад в становление почвенной зоологии внес В.В. Докучаев, который в числе первых исследователей не только обратил внимание на животных, населяющих почву, но и научно обосновал их ключевую роль в процессах почвообразования [1]. Ч. Дарвин впервые детально проанализировал важность деятельности дождевых червей для формирования почвенного плодородия. Впоследствии рядом ученых было экспериментально подтверждено, что именно почвенная фауна обеспечивает трансформацию опадающей листвы в аморфный гумус. Без участия почвенных беспозвоночных растительный опад может сохранять свою структуру на протяжении многих лет, поскольку деятельность только бактерий и грибов оказывается недостаточной для его полного разрушения.

Фундаментальный вклад в изучение почвенной фауны принадлежит академику М.С. Гилярову [5], работы которого были посвящены анализу влияния различных таксономических групп животных на стадии гумификации и минерализации органического вещества. Основанная под его руководством первая в мировой практике лаборатория почвенной зоологии продолжает разрабатывать актуальные проблемы, имеющие как теоретическое значение, так и практическое применение в сельском хозяйстве. В настоящее время комплексные исследования сообществ почвенных беспозвоночных активно ведутся в многочисленных университетах и научно-исследовательских центрах.

Почва представляет собой среду обитания для значительного числа беспозвоночных животных. Согласно современным оценкам, на долю обитателей почвенного яруса приходится до 90% общей биомассы животных, населяющих сушу. Почва служит не только местообитанием, но и ареной разнообразных процессов, включая биохимический круговорот веществ [2].

Почвенная микробиота является ведущим деструктором в почвенно-растительной системе. Она может существенно изменять характер трансформации питательных веществ удобрений, что влияет на плодородие почвы и её экологическое состояние [4]. Микроорганизмы принимают участие не только в процессах формирования и очищения почвы, а также в процессах круговорота веществ в природе. Они являются редуцентами, но в некоторых экосистемах они – единственные производители биомассы, т. е. продуценты. Их деятельность направлена на создание и поддержание среды, необходимой для жизни растений и других организмов. Даже в таких экстремальных условиях, как засоленные почвы, формируется специфическая, хотя и ограниченная по видовому составу, фауна.

Специализированные группы организмов обеспечивают постепенную деструкцию органических соединений до простых минеральных форм, тем самым возвращая в почву элементы, необходимые для нового синтеза. Распределение животных в почвенном профиле отличается гетерогенностью. Максимальное видовое богатство и плотность населения приурочены к подстилочному и верхним почвенным горизонтам (глубина 5 – 10 см, реже 15 см). С увеличением глубины наблюдается резкое сокращение обилия и разнообразия видов, однако на больших глубинах появляются специфические виды, адаптированные к условиям дефицита кислорода и органического вещества [2].

По критерию степени связи групп животных с почвой их принято классифицировать на экологические группы: геобионты (постоянные обитатели почвы), геофилы (животные, у которых одна из фаз жизненного цикла неизбежно проходит в почве), геоксены (животные, использующие почву как временное укрытие) [1].

Почвенные животные играют важную роль в процессах физического и химического преобразования почвы. Они осуществляют горизонтальную и вертикальную миграцию почвенных частиц, способствуя более равномерному распределению химических элементов в почвенном профиле. Кроме того, педобионты принимают активное участие на различных стадиях химической трансформации разлагающихся органических веществ, оказывая влияние даже на формирование типа гумуса [5].

Как было сказано ранее, микробиота населяет различные горизонты почвы, а также её поверхность. По размерам особей её представителей можно разделить на 4 группы:

1. *Мегафауна* – животные крупнее 80 мм. Например, крупные насекомые, скорпионы, кроты, змеи.
2. *Макрофауна* – животные от 4 до 80 мм. Например, земляные черви, муравьи, термиты, моллюски.
3. *Мезофауна* – животные от 0,2 до 4 мм. Например, мельчайшие насекомые, специфические черви.
4. *Микрофауна* – организмы менее 0,2 мм. Например, нематоды и простейшие [3].

Макрофауна представлена в почве дождевыми червями, многоножками, мокрицами, личинками насекомых. Эти животные обитают в плотной части почвы, роют норки, ходы или продвигаются по естественным скважинам, при этом расширяя их. Их дыхание происходит как через покровы тела, так и с участием специализированных дыхательных органов. При неблагоприятных условиях они мигрируют в более глубокие слои почвы, где переживают засуху и зимние холода.

Дождевые черви (*Lumbricidae*) составляют 3 экологические группы: подстилочные, почвенно-подстилочные и норники. Подстилочные не проникают в минеральные горизонты, в отличие от норников, которые прокладывают глубокие ходы. Люмбрициды плохо переносят засуху, не приспособлены к высоким или низким температурам. Не много видов обитают в кислых почвах, больше всего населяют известкованные. Дождевыми червями питаются кроты, землеройки, хищные многоножки и птицы [3].

Люмбрициды своими ходами улучшают скважность почвы, а также перемешивают почву, тем самым улучшая её химический состав. Их железы выделяют углекислый кальций, нейтрализующий кислую реакцию среды. Копролиты червей всегда имеют щелочную реакцию среды и в них активно развиваются бактерии.

Особую роль в почве играют муравьи и термиты, что обусловлено их высокой численностью и плотностью гнёзд, а также глубиной рытья. Под муравейниками наблюдается увеличение прослойки гумуса и накопление доступных форм элементов. Материал, из которого строится наземная часть термитника, обогащен углеродом, азотом, обменными основаниями [5].

Термиты имеют очень важное значение в процессах разложения растительных остатков. Они способны перерабатывать большую массу органического материала. Поедая опад и свои же экскременты, термиты участвуют в процессах гумификации. В их пищеварительном тракте происходит разложение клетчатки и частично лигнина за счет микроорганизмов-симбионтов, среди которых есть бактерии и жгутиковые простейшие.

Деятельность дождевых червей, личинок насекомых, муравьев и термитов приводит к созданию системы ходов и пор, которые улучшают аэрацию, водопроницаемость и устойчивость почвы к эрозии.

Мезофауна объединяет разнообразную и многочисленную часть почвенного животного населения. В основном это мелкие насекомые, некоторые многоножки, мокрицы, пауки [3].

Панцирные клещи орибатида – одна из древнейших групп членистоногих. Главная особенность – наличие твердого панциря у взрослых особей. Орибатида совершают миграционные перемещения по вертикали в почве, способствуя обогащению органическими веществами и продуктами их распада глубоких слоев почвы. Клещи потребляют в пищу хвойный и лиственный опад, отмершую кору деревьев, отмершие корни, а также бактерии, избирательно грибы и водоросли. Клещи и ногохвостки составляют аэробную микрофауну почв и являются микроартроподами.

Ногохвостки обитают в почве, подстилке, могут подниматься в травяной ярус. Также они заселяют разлагающиеся пни, колоды деревьев, полости, под отставшей корой моховые и лишайниковые местообитания, а также на скальных почвы. Все ногохвостки потребляют как мертвые органические остатки, так и почвенные микроорганизмы, некоторые едят живые зеленые водоросли, пыльцу и нектар. Они играют большую роль в формировании гумусового слоя подстилки.

Микрофауна включает многоклеточных микроскопических животных. Их распределение в почве зависит от мёртвых растительных остатков гумуса, а некоторые связаны с живыми корнями растений [3].

Простейшие – микроскопические одноклеточные животные. Для их активной жизни важнейшее значение имеет наличие воды в почвенных порах. Они питаются бактериями, клетками грибов, дрожжей и водорослей. Примеры простейших: жгутиконосцы, саркодовые, инфузории. Основная роль простейших в почве – участие в разложении органического вещества и выедание клеток микроорганизмов.

Нематоды – круглые черви считаются господствующей группой среди многоклеточных почвенных беспозвоночных животных. Нематоды-хищники питаются простейшими, тихоходками, коловратками, ногохвостками и другими нематодами. Благодаря тому, что они потребляют в пищу микробную биомассу с высоким содержанием белка, их выделения богаты азотом [3].

Деятельность почвенных животных, в частности формирование ими системы ходов и полостей, существенно повышает пористость почвенной массы. Под влиянием почвенной микробиоты происходит трансформация почвенной структуры. Это приводит к улучшению почвенной аэрации, водопроницаемости. Слизь дождевых червей и грибной мицелий способствуют формированию водопропрочных агрегатов. Копролиты (экскременты дождевых червей) важны для плодородия почвы благодаря тому, что содержат питательные вещества в легкодоступной форме. Они обогащают почву

питательными элементами, улучшают её структуры, образуют благоприятную среду для роста корней [5].

Одним из важнейших процессов является биотурбация – активное перемешивание почвенных горизонтов. Биотурбация обогащает гумусом глубинные слои почвы, вынося органическое вещество вглубь и поднимая минеральные частицы к поверхности, что смягчает почвенный профиль и повышает его плодородие [4].

Почвенные животные являются «воротами» разложения, запуская биохимические процессы. Различные функциональные группы вносят свой вклад: сапрофаги, хищники и фитофаги участвуют в разложении органического вещества, способствуя высвобождению азота, фосфора и калия в доступной для растений форме. Поедая органику и микроорганизмы, они ускоряют минерализацию, действуя как «микробная печка». Их влияние на цикл углерода двойственно: с одной стороны, они стимулируют выделение CO_2 при разложении, а с другой – способствуют стабилизации углерода в почвенных агрегатах, таких как копролиты червей [2].

Значение почвенной микробиоты для сельского хозяйства очень высоко. Она служит индикатором здоровья почвы и альтернативой интенсивным методам обработки. Однако хозяйственная деятельность человека представляет для нее серьезную угрозу. Интенсивная обработка почвы и применение пестицидов оказывают негативное воздействие на почвенную фауну, разрушая их среду обитания и вызывая прямое токсическое воздействие. Использование синтетических удобрений и пестицидов может нарушить баланс микрофлоры, снизив её биоразнообразие и эффективность.

Почвенные животные служат эффективными биоиндикаторами загрязнения почв. Они накапливают вредные вещества и чутко реагируют на изменение окружающей среды, что позволяет оценивать антропопрессию по состоянию почвенной фауны. Наиболее достоверными критериями являются не видовое разнообразие (поскольку возможна замена чувствительных видов – устойчивыми), а биомасса животных и функциональные показатели.

Таким образом, почвенные животные являются незаменимыми биоинженерами, которые: формируют физическую структуру почвы, регулируют гидрологический режим, обеспечивают интенсивный круговорот элементов и поддерживают плодородие. Для повышения эффективности минеральных удобрений необходимо сочетать их с рациональным использованием органического вещества почвы. Это поможет поддерживать биоразнообразие почвенных организмов. Экстремальные условия негативно влияют на почвенную биоту, что требует особых подходов к землепользованию.

Сохранение биоразнообразия почвенных животных — это не просто вопрос защиты отдельных видов, а фундаментальная основа для устойчивого функционирования наземных экосистем и благополучия человечества.

Список литературы

1. Бабенко А. С. Экология почвенных беспозвоночных: учебное пособие / А.С. Бабенко / Томский государственный университет. – Томск : Издательство научно-технической литературы, 2006. – 104 с.
2. Добровольский Г.В. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г.В. Добровольский, И.П. Бабьева, Л.Г. Богатырев и др. / Отв. ред. Г.В. Добровольский. - М.: Наука, 2003. – 364 с.
3. Звягинцев А. Б. Биология почв / Звягинцев А. Б., Бабьева И. П., Зенова Г. М. // Издательство Московского университета. 2005. С. 38 – 63.
4. Мосина Л. В. Экологическая оценка влияния органических и минеральных удобрений на микрофлору дерново-подзолистой почвы и продуктивность агроценозов в экстремальных погодных условиях / Мосина Л. В., Мёрзлая Е. Е. // Известия ТСХА, выпуск 5. 2013. С. 5 – 16.
5. Соколова Т.А. Роль биоты в создании почвенного профиля и функционировании почвы: новые материалы и интерпретация известных фактов и существующих концепций // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 105. С. 208 – 225.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГАЗОННОГО ПОКРЫТИЯ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Емельянов Александр Юрьевич, студент 1 курса института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, sanya.yemelyanov.06@bk.ru

Медведь Николай Николаевич, студент 1 курса института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, medvednik408@gmail.com

(Научный руководитель: **Ефимов Олег Евгеньевич**, к.с.-х.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, efimov@rgau-msha.ru)

Аннотация Статья посвящена оценке качества проведения работ по замене газонного покрытия Лиственничной аллеи Тимирязевской академии. В результате исследования определены показатели вариации однородности мощности почвогрунта газонного покрытия.

Ключевые слова: почвогрунт, плотность почвы, газон, пенетрометр, сопротивление грунтов.

Актуальность: газон является важным компонентом локальных селитебных пространств, определяющий эстетические, санитарно-эпидемиологические, экологические и микроклиматические факторы. Многие исследователи в своих работах свидетельствуют, что газон способствует