УДК 574.42: 631.484

**Сукцессии микробиотических сообществ песчаных почв в
разновозрастных сосновых насаждениях лесостепной зоны**

Неведров Н.П., Кузнецова Е.А., Байдак Е.А., Попова Г.И.

Курский государственный университет

Аннотация

Учет особенностей трансформационных процессов в почвах необходим при разработке стратегий их рационального использования и оптимизации их функций. Цель работы состояла в исследовании сукцессий почвенных микробиотических сообществ азональных альфегумусовых песчаных почв разновозрастных сосновых лесонасаждений городов Курской области. В работе использовались традиционные и инновационные методы исследования микробиологической активности почв. Альфегумусовые песчаные почвы лесостепи покрытые 100-летними насаждениями сосны обыкновенной эмитируют в 2,1 – 2,3 раза больше CO₂, чем альфегумусовые песчаные почвы под 25- и 70-летними насаждениями сосны и 1,5 раза больше, чем аналогичные почвы под травянистыми фитоценозами. Установлено, что насаждения сосны обыкновенной в ходе 100 лет вегетации приводят к значительным изменениям базовых свойств почв, изменению реакции среды, усилению подзолистого процесса, к смене гидротермических условий, а также к росту биомассы основных группировок почвенных микроорганизмов. (до 38,1 раза).

Ключевые слова: МИКРОМИЦЕТЫ, АКТИНОМИЦЕТЫ, ПОДЗОЛЫ ПЕСЧАНЫЕ, СЕРОГУМУСОВЫЕ (ДЕРНОВЫЕ), ЭМИССИЯ CO₂, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Введение

Тренды устойчивого развития стран европейского союза на период с 2020 по 2030 годы базируются на принципах программы Green deal, которые заключаются в сокращении негативного воздействия человека на окружающую природную среду и развитие устойчивых экосистем. В планах Green deal значится важнейшая из целей

современной эколого-экономической политики – достижение в Европе углеродной нейтральности к 2050 году, то есть достижение способности зеленой растительности поглощать весь выделяемый природными и антропогенными экосистемами CO₂. Выполнение принципов Green deal осуществляется через реализацию целого ряда стратегий. Одна из таких стратегий – EU Biodiversity Strategy for 2030. Центральная задача этой стратегии - организация взаимодействия сообществ в рамках укрепления и развития природных экосистем. Важным аспектом является процесс замещения монодоминантных лесных сообществ на лесные экосистемы с богатым видовым разнообразием.

Устойчивое развитие Российской Федерации сопровождается разработкой и реализацией стратегий, направленных на снижение техногенного пресса на окружающую среду, сохранение и развитие природных экосистем, сохранение биологического многообразия, переход экономики страны на низкоуглеродную траекторию [1, 2].

Важнейшую роль в фиксации углерода атмосферы играют лесные экосистемы [1-3]. Многогранная хозяйственная деятельность приводит к их трансформациям. Эти изменения затрагивают все без исключения компоненты лесных экосистем [4, 5]. Весьма важным является изучение процессов, происходящих в почвах лесов, так как именно почвы являются базовым компонентом, депонирующим техногенные поллютанты, запасующим и перерабатывающим значительные объемы органического углерода, служащим средой обитания для большого числа видов живых организмов [6, 7].

Антропогенные лесонасаждения создаются с целью выполнения ряда экологических функций. Возраст и качественный состав насаждений – фактор, запускающий процессы трансформации физических, химических, физико-химических и биологических свойств почв [8, 9], которые в свою очередь влияют на остальные компоненты окружающей среды. Микробиотический комплекс почв динамичен и отзывчив к изменениям окружающей среды, вызванным, как природными, так и антропогенными факторами [10]. В целом, преобразования природных и природно-антропогенных ландшафтов впоследствии сказываются на качестве окружающей среды и хозяйственной деятельности человека, поэтому направленность и скорость почвенных сукцессий в условиях повышенной пространственной неоднородности и временной изменчивости среды требует детального изучения. [11-13].

Материалы и методы

Исследование проводилось на территории городов Курск и Курчатова, которые расположены на Среднерусской возвышенности в пределах лесостепной зоны. Объектом исследования являлись сосновые лесонасаждения, функционирующие в надпойменных террасах реки Сейм, сложенных древнеаллювиальными и флювиогляциальными песками.

Цель работы состояла в исследовании сукцессий почвенных микробиотических сообществ азональных альфегумусовых песчаных почв разновозрастных сосновых лесонасаждений городов Курской области.

Исследовательская задача состояла в оценке многолетней динамики микробиологической активности в рамках микропериода эволюции песчаных почв при функционировании сосновых насаждений в городах Курск и Курчатова, высаженных в ландшафты с травянистыми фитоценозами в различные годы. Исследовался хроноряд – 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений. В типичных условиях исследуемых лесных экосистем закладывались по два почвенных разреза и по три прикопки. Отбор проб осуществлялся из поверхностных генетических горизонтов (серогумусового и органогенного) с глубины 0–5 см. Диагностику и классификацию почв проводили согласно современным представлениям о классификации почв [9, 14].

Пробоотбор проводился в соответствии с ГОСТ 17.14.3.01-83, ГОСТ 28168-89 и ГОСТ 14.4.4.02-84. С применением стандартных методик определялись базовые химические и физико-химические свойства: органическое вещество по Тюрину (ГОСТ 26213-91), pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85), легкогидролизуемый азот (по Корнфилду), подвижный фосфор (ГОСТ 26204-91), обменный калий (ГОСТ 26204-91). Отбор проб почв для химического и микробиологического анализа проводился в первой декаде мая. Микробиологическая активность почв определялась путем выращивания группировок почвенных микроорганизмов (бактерии, грибы, актиномицеты) на питательных средах (ГМФ-агар, среда Чапека, среда Гаузе I), а также путем замеров почвенных потоков CO_2 камерным методом (в третьей декаде июня). Прямое измерение потоков CO_2 осуществлялось *in situ* с помощью портативного инфракрасного газоанализатора. Измерения проводились в первой декаде мая с 9.00 до 13.00 ч. при одновременной фиксации температуры почвы и воздуха, а также влажности почвы. Повторность опыта – десятикратная. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием

средств стандартного пакета Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Эволюционные изменения почв лесостепной зоны на легких флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях под действием антропогенных насаждений сосны обыкновенной носили довольно стремительный характер. Так за микропериод в 100 лет наблюдалась сукцессия от серогумусовой (дерновой) песчаной почвы до подзола песчаного, что подтверждает как морфология почв (рис. 1), так и индикативные физико-химические и химические свойства почв (табл. 1).

0-момент	25 лет	70 лет	100 лет
Серогумусовая (дерновая) иллювиально- ожелезненная песчаная почва	Серогумусовая (дерновая) иллювиально- ожелезненная песчаная почва	Подзол иллювиально- железистый песчаный	Подзол иллювиально- железистый песчаный

Рис.1. Микроэволюция почв на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях надпойменных террас р. Сейм при функционировании антропогенных насаждений сосны обыкновенной

Почвы исследуемой хроносерии практически не имели существенных различий в содержании органического вещества в верхней части профиля. После 25 лет вегетации сосны обыкновенной отмечалось заметное подкисление AY горизонта серогумусовой почвы на 16,6%. В дальнейшем, на протяжении 100 лет вегетации сосновых насаждений, показатель продолжал снижаться и был в подзоле песчаном на 48,8% ниже, чем в серогумусовой почве в 0-момент сукцессии. Развитие подзолистого процесса приводило к снижению обеспеченности обменным калием верхних горизонтов почв, что отчетливо заметно во временном отрезке почвенной сукцессии «0 – 25 лет», где содержание K_2O

снижается на 54%, что очевидно объясняется активным лессивированием тонкодисперсных илистых и глинистых частиц за счет более провальной водопроницаемости, вызванной сменой структуры фитоценоза. Содержание подвижного фосфора заметно снижалось в период от 25 до 100 лет. Содержание легкогидролизуемых форм азота в почвах исследуемого хроноряда возрастало от 0-момента сукцессии до 100 лет вегетации сосны.

Таблица 1. Базовые свойства почв на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях надпойменных террас р. Сейм в сукцессионном ряду 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений

Участок*	Тип почвы / Генетический горизонт	Органическое вещество, %	pH _{KCl}	K ₂ O, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	N _{ш.г.}
0 - момент	Серогумусовая (дерновая) иллювиально- ожеженная песчаная почва / АУ	0,8±0,1	7,8±0,1	87±4	276±11	20±2,2
25 лет	Серогумусовая (дерновая) иллювиально- ожеженная песчаная почва / АУ	0,9±0,1	6,5±0,1	47±4	310±12	41±3,2
70 лет	Подзол иллювиально- железистый песчаный / О	0,8±0,2	5,2±0,2	25±1	28±2	38±1
100 лет	Подзол иллювиально- железистый песчаный / О	1,1±0,2	4,0±0,1	42±3	128±4	45±1

Примечания: *Участки в сукцессионном ряду 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений

Гидротермические условия исследуемых почв отличались сильной вариабельностью. Влажность песчаных почв под сосновыми насаждениями ниже, чем под травянистыми фитоценозами, что обусловлено более высоким уровнем транспирации древесными растениями. Различия во влажности почв под сосновыми насаждениями можно объяснить площадью транспирирующей поверхности. В то же время почвы, покрытые травянистой растительностью, лучше нагревались и отличались более высокой температурой (рис. 2).

Рис. 2. Гидротермические свойства альфегумусовых песчаных почв на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях надпойменных террас р. Сейм в сукцессионном ряду 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений

Температура почв под сосновыми насаждениями была выше на участке «25 лет», чем на участках «70 лет» и «100 лет», что объясняется разной степенью сомкнутости крон. Существенных различий в температуре почв на участках 70 и 100 лет не установлено.

Численность бактерий в почвах исследуемой хроносерии характеризовалась значительными колебаниями. Первые 25 лет вегетации сосновых насаждений происходило снижение бактериальной активности, что, скорее всего, связано с достаточно резким изменением кислотно-основного режима почвы, изменением состава органического опада и гидротермических условий. В последующие периоды (25–70 лет и 70 – 100 лет) численность бактериальной флоры возрастала на 103,3% и 62,7% соответственно. Активность микромицетов в разрезе столетней динамики характеризовалась аналогичной изменчивостью – снижение численности в период 0–25 лет вегетации сосны обыкновенной и рост численности микромицетов в последующие периоды. Стоит отметить количественные показатели активности микромицетов. Так, в период 25–70 лет их количество возросло в 38,1 раза, а в период с 70 до 100 лет еще в 2,03 раза. Общее количество актиномицетов увеличивалось на протяжении периода 0–70 лет (в 2,9 раза) и затем значимо снижалось в период 70–100 лет (на 32,5%), что можно объяснить снижением влажности почв, подкислением и увеличением количества азотсодержащих и безазотистых органических веществ (табл. 2) [10].

Таблица 2. Многолетняя динамика микробиологической активности альфегумусовых песчаных почв на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях надпойменных террас р. Сейм в сукцессионном ряду 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений

№п/п	Возраст сосны обыкновенной / горизонт	Бактерии	Грибы	Актиномицеты
1	0 лет / АУ	$2,7 \times 10^8 \pm 0,1$	$1,4 \times 10^2 \pm 0,1$	$12,6 \times 10^8 \pm 0,8$
2	25 лет / АУ	$2,1 \times 10^8 \pm 0,2$	$0,4 \times 10^2 \pm 0,03$	$26,9 \times 10^8 \pm 3,7$
3	70 лет / О	$4,2 \times 10^8 \pm 0,3$	$16,0 \times 10^2 \pm 3,3$	$37,3 \times 10^8 \pm 1,0$
4	100 лет / О	$6,8 \times 10^8 \pm 0,7$	$32,5 \times 10^2 \pm 2,0$	$25,1 \times 10^8 \pm 0,8$

В целом микробиологическая активность была значительно выше в почвах участка «100 лет», что обусловлено более оптимальным сочетанием теплового и водного режимов (рис. 2, табл. 1). Об этом также свидетельствуют данные потоков диоксида углерода из исследуемых почв (рис. 3).

Рис. 3. Эмиссия CO₂ из альфегумусовых песчаных почв на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях надпойменных террас р. Сейм в сукцессионном ряду 0 – 25 – 70 – 100 лет вегетации сосновых насаждений

Максимальная скорость потока CO₂ отмечалась из почв участка «100 лет», которая составляла 13,5 г CO₂ м²/сутки, что в 2,1–2,3 раза выше, чем из почв под 25- и 70-летними насаждениями сосны и 1,5 раза выше, чем из почв под травянистыми фитоценозами. Более высокая скорость почвенного дыхания на участке «100 лет», очевидно, достигается за счет большей биомассы микробного сообщества. Скорость потока CO₂ из почв участка «0-момент», несмотря на меньшую биомассу микробного сообщества, выше, чем из почв

участков «25 лет» и «70 лет», что, по-видимому, связано с более интенсивным корневым дыханием травянистых растений.

Выводы

1. За 100 лет вегетации насаждений сосны обыкновенной песчаные почвы надпойменных террас лесостепной зоны могут претерпевать трансформации на уровне типа, где серогумусовые (дерновые) иллювиально-ожелезненные песчаные почвы преобразуются в подзолы иллювиально-железистые песчаные.

2. Сосновые насаждения в ходе 100-летней вегетации приводят к значительному подкислению почв (в 1,95 раза) и усилению подзолистого процесса, а также к смене гидротермических условий.

3. В сукцессионной почвенной серии «0 – 25 – 70 – 100 лет» вегетации сосны обыкновенной последовательно изменяется микробиологическая активность почв с общим трендом, направленным на увеличение биомассы в почвах с более возрастными сосновыми насаждениями.

4. Скорость потока CO₂ из почв участка «100 лет» была в 2,1 – 2,3 раза выше, чем из почв под 25- и 70-летними насаждениями сосны и в 1,5 раза выше, чем из почв под травянистыми фитоценозами.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (проект - МК-416.2021.1.4).

Список использованных источников

1. Bekku Y., Oizumi H., Oikawa T., Iwaki H. Examination of four methods for measuring soil respiration // Soil Ecology. – 1997 - Vol. 5. - № 3. - P. 247-254.
2. Yuste J.C., Nagy M., Janssens I.A., Carrara A., Ceulemans R. Soil respiration in a mixed temperate forest and its contribution to total ecosystem respiration // Tree physiology. – 2005. - №25 (5). – P. 609-619.
3. Bouwmann A., Germon J. Special issue: soils and climate change: introduction // Biology and Fertility of Soils. – 1998. – № 27. – P. 219–219.
4. Аристовская Т.В. Микробиологические аспекты плодородия почв //

Почвоведение. - 1988. - № 9. - С. 53–63.

5. Соляников А.В., Сочинская О.Н. Микроорганизмы в почве // Молодой ученый. – 2018. – № 50 (236). – С. 75.

6. Неведров Н.П., Саржанов Д.А., Проценко Е.П., Васенев И.И. Сезонная динамика эмиссии CO₂ из почв города Курска // Почвоведение. – 2021. - № 1. - С. 70–79.

7. Ларионова А.А., Розонова Л.Н. Суточная, сезонная и годовая динамика выделения CO₂ из почвы. Дыхание почвы. // сборник научных трудов под ред. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. – Пущино: Пущинский научный центр, 1993. - С. 59–75.

8. Докучаев В.В. Избранные сочинения / под. ред. проф. С.С. Соболева. М.: Изд-во с-х. литературы, 1954. – 708 с.

9. Ремезов Н.П. Роль биологического круговорота элементов в почвообразовании под пологом леса // Почвоведение. - 1956. - № 7 - С. 68-79.

10. Мосина Л.В., Довлетярова Э.А. Эколого-микробиологическая характеристика почв европейской части России. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. – 203 с.

11. Васенев И.И. Почвенные сукцессии. - М.: ЛКИ, 2008. – 395 с.

12. Неведров Н.П., Проценко Е.П., Иванова Е.В. Фитоценоотические и антропогенные аспекты почвенных сукцессий присеймья г. Курска [Электрон. ресурс] // AUDITORIUM. Электронный научный журнал Курского государственного университета. - 2016. - № 4 (12). – Режим доступа: https://api-mag.kursksu.ru/api/v1/get_pdf/1145/

13. Почва, город, экология / Под общей редакцией акад. РАН Г.В. Добровольского. – Москва: Ленинские Горы, 1997. – 320 с.

14. Евдокимова Г.А. Почвенная микробиота как фактор устойчивости почв к загрязнению // Теоретическая и прикладная экология – 2014. - №2. - С. 17.

Цитирование:

Неведров Н.П., Кузнецова Е.А., Байдак Е.А., Попова Г.И. Сукцессии микробиотических сообществ песчаных почв в разновозрастных сосновых насаждениях лесостепной зоны [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_615.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20216615>.