

УДК 574.42

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАПЕЧАТАННОЙ ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Забелина О.Н., Злывко А.С.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: plehanovaolga999@mail.ru

Проведено исследование почвы запечатанных искусственными покрытиями территорий в пределах города. Установлены существенные отличия в свойствах и биологической активности исследованных почв и естественных ненарушенных почв региона. Выявлено, что азотфиксатор *Azotobacter chroococcum* захватывает доминирующие позиции в микробном пуле загрязненных слабоаэрируемых почв. Уреазная активность в запечатанных почвах полностью подавлена, отмечена низкая активность процессов цикла азота (интенсивность нитрификации, денитрификации).

Ключевые слова: запечатанные почвы, загрязнение, биологическая активность

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SEALED SOILS IN URBAN AREAS

Zabelina O.N., Zlyvko A.S.

Vladimir State University n.a. A.G. and N.G.Stoletovs, Vladimir, e-mail: plehanovaolga999@mail.ru

A study of soil in areas, sealed with artificial surfaces, within the city was conducted. Substantial differences in the properties and biological activity of the investigated soil and the natural undisturbed one were revealed. It was found that the nitrogen-fixing *Azotobacter chroococcum* captures a dominant position in the microbial pool of poorly aerated contaminated soils. Urease activity in sealed soils is completely suppressed, low activity of the nitrogen cycle processes (nitrification rate, denitrification) was marked.

Keywords: sealed soils, pollution, biological activity

В современных условиях изучение почв городов немислимо без учета запечатанных почв, определения их состояния и роли в почвенном покрове городов. Особенности функционирования почв под твердыми дорожными покрытиями городских территорий выражаются не только в изменении водно-воздушного режима, морфологических свойств, профиля почвы, но в том числе в изменении их биологической активности и напряженности биогенных процессов в них. Микробиота, биохимические параметры почвы, ее биологическая активность под влиянием смены условий окружающей среды изменяются в первую очередь, поэтому считаются многими исследователями наиболее чувствительными к антропогенному и техногенному влиянию показателями состояния почвенного покрова [7]. Отсюда необходимость исследования интенсивности биологических и биохимических процессов в запечатанных почвах.

Цель исследования – изучить биохимические и биологические свойства «запечатанных» почв урбанизированной территории, основываясь на интегральных показателях азотного цикла почвенных микробценозов, а также на показателях ферментативной активности.

Материалы и методы исследования

Работу проводили на территории г. Владимира. Объектами исследования служили почвы города, запечатанные искусственными покрытиями, на участ-

ках урбанизированной территории с разным типом хозяйственного назначения. Пробные площадки были заложены в зоне жилой застройки, в частности, на запечатанной асфальтобетоном и бетоном придомовой и дворовой территориях, а также в зоне расположения автодорог. В связи с нарушением профиля «запечатанных» почв вследствие антропогенной деятельности отбор образцов для исследования осуществлялся не по горизонтам, а с фиксированной глубины на всех пробных площадках. Пробы почвы были отобраны с глубины 20 см, 30–40 см, 40–60 см, а также 60–90 см для отдельных площадок. Исходные исторические почвы, подвергшиеся запечатыванию дорожным покрытием, а также в результате застройки зданиями и сооружениями, – это серые лесные легко- и среднесуглинистые почвы.

Биологическую активность исследованных почв оценивали по содержанию представителей р. *Azotobacter* (безазотистая среда Эшби, метод почвенных комочков), интенсивности процесса нитрификации (по концентрации нитрат-ионов в почве после 30-дневной экспозиции, концентрацию нитратов определяли потенциметрически по ГОСТ 26951-86), интенсивности процесса денитрификации (среда Гильтая в модификации Березовой, получение накопительной культуры денитрифицирующих бактерий) [6] и активности фермента уреазы на фоне изменяющегося показателя активной кислотности (экспресс-метод по Аристовской) [1]. Отбор проб почвы проводили в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02.84. Актуальную кислотность почвы определяли методом потенциометрии на универсальном иономере «Электрон-001».

Результаты исследования и их обсуждение

Бактерии *Azotobacter chroococcum* считаются многими исследователями индикатором

торными на урбаногенез, так как в городских почвах складывается соответствие биологических потребностей *Azotobacter chroococcum* комплексу урбаногенных свойств, таких как увеличение рН, обогащение урбаноземов органическим веществом, элементами питания, поэтому в почвенном покрове урбанизированных территорий, как правило, наблюдается достаточно активный рост указанного азотфиксатора.

В исследованных почвах, запечатанных искусственными покрытиями, на различной глубине степень обрастания почвенных комочков бактериями азотобактера составляла 100%. *Azotobacter chroococcum* обнаруживает существенно меньшую чувствительность к загрязнению по сравнению с другими бактериями почвы, что, видимо, позволяет ему занять экологическую нишу, освободившуюся вследствие снижения общего количества бактерий в запечатанных почвах. Высокой активности азотобактера способствует также ограниченный доступ кислорода, создающийся при запечатывании почвы, так как *Azotobacter chroococcum* лучше развивается при некотором недостатке кислорода. Постоянное наличие в запечатанных почвах азотобактера может быть также связано со способностью данного микроорганизма образовывать цисты [8]. Таким образом, следует предположить, что *Azotobacter chroococcum* захватывает доминирующие позиции в микробном пуле загрязненных слабоаэрируемых почв.

Уреазная активность рассматривается многими исследователями как диагностический критерий экологического состояния почвы. С одной стороны, это обусловлено легкостью и надежностью определения активности уреазы в лабораторных условиях, а с другой, тем, что данный фермент чутко реагирует на изменение внешних условий. Уреаза обладает строгой специфичностью действия: расщепляет только мочевины и не воздействует на ее производные соединения. По степени активности фермента уреазы можно судить об общей почвенно-биохимической обстановке, данный показатель выступает в качестве надежного индикатора условий среды [4]. В исследованных запечатанных почвах уреазная активность вообще не проявлялась, рН паров над почвой во всех образцах оставалось равным 6 на протяжении всего опыта. Возможно, плохая аэрация запечатанной почвы, недостаток необходимых микроэлементов и органики подавляет функции фермента, что может свидетельствовать о консервации состоя-

ния запечатанных почв и отсутствии в них процессов самоочищения.

Процесс нитрификации в антропогенно загрязненных почвах является показателем их санитарного состояния и степени самоочищения. В загрязненных почвах скорость образования нитратов может служить важным показателем биологической активности и плодородия почвы: подавление нитрификации может свидетельствовать о развитии сапрофитных микробов, осуществляющих распад гнилостных продуктов. Важнейшими природными факторами нитрифицирующей активности являются органическое вещество, водно-воздушный и температурный режим, обусловленный гранулометрическим и агрегатным составом, реакция почвенной среды, запас азотистых соединений [2]. По перечисленным параметрам запечатанные почвы являются неблагоприятными с точки зрения интенсивности протекания процесса нитрификации, так как характеризуются невысоким содержанием органического вещества, плохой аэрацией, нарушенным водным режимом, запечатанные почвы в значительной мере уплотнены. Кроме того, в них обнаружено наличие нефтепродуктов и тяжелых металлов, около половины исследованных образцов запечатанной почвы г. Владимира (53%) характеризуется содержанием нефтепродуктов в пределах 0,56–0,91 мг/г, что можно определить как умеренный уровень загрязнения нефтепродуктами [5]. Большая часть образцов с умеренным уровнем загрязнения была отобрана в верхних слоях «запечатанной» почвы. В образцах почвы, отобранных с большей глубины, отмечается уровень содержания нефтепродуктов 0,06–0,48 мг/г, что сравнимо с уровнями, определяемыми Ю.И. Пиковским как фоновый и повышенный фон. В то время как, по данным ряда исследователей нитрификация является наиболее чувствительным процессом на «нефтяное» загрязнение почвы и подавляется присутствием нефтепродуктов в любой концентрации. Многими исследователями установлено ингибирование нитрифицирующей активности в почвах, загрязненных нефтепродуктами и тяжелыми металлами [3].

Вероятно, действием перечисленных факторов объясняется низкая интенсивность процесса нитрификации во всех исследованных образцах запечатанной почвы (таблица). Отмечено снижение интенсивности нитрификации по профилю, что может быть связано со снижением содержания органического вещества, ухудшением аэрации, изменением механического состава почвы вниз по профилю.

Динамика показателей биологической активности запечатанных почв (г. Владимир)

Место отбора	Глубина отбора проб, см	pH	Кол-во нитратов после 30-дн. экспозиции, мг/100 г почвы	Газовыделение (объем газа в поплавке, мл)
1	2	3	4	5
Ул. Студенческая	20	8,13	0,80 ± 0,01	0,4
	30–40	7,84	0,70 ± 0,02	0,7
	40–60	7,8	0,79 ± 0,01	0,8
Ул. Токарева	20	8,83	1,53 ± 0,02	1,5
	30–40	8,65	0,69 ± 0,02	1,0
	40–60	8,65	0,40 ± 0,03	0,2
Ул. Луначарского	20	8,61	0,83 ± 0,02	0,9
	30–40	8,44	0,97 ± 0,01	1,1
	40–60	8,21	0,79 ± 0,01	0,9
Ул. Погодина	20	8,23	1,71 ± 0,02	1,3
	30–40	7,81	0,51 ± 0,02	0,7
	40–60	7,76	0,35 ± 0,01	0,3
Ул. Куйбышева	20	8,62	0,71 ± 0,01	0,8
	30–40	8,32	0,53 ± 0,01	0,8
	40–60	8,23	0,33 ± 0,02	0,2
	60–90	7,8	0,24 ± 0,01	0,3

Окончание таблицы

Место отбора	Глубина отбора проб, см	pH	Кол-во нитратов после 30-дн. экспозиции, мг/100 г почвы	Газовыделение (объем газа в поплавке, мл)
6	7	8	9	10
Ул. Егорова	20	8,22	1,12 ± 0,02	1,0
	30–40	7,91	0,29 ± 0,03	0,3
	40–60	7,9	0,23 ± 0,02	0,2
Ул. Комиссарова	20	8,31	0,97 ± 0,02	0,9
	30–40	7,95	0,54 ± 0,02	0,5
	40–60	7,9	0,41 ± 0,01	0,4
Ул. Добросельская	20	8,43	0,87 ± 0,02	0,9
	30–40	8,13	0,73 ± 0,01	0,8
	40–60	8,12	0,67 ± 0,01	0,8
Ул. Юбилейная	20	8,3	1,27 ± 0,01	1,2
	30–40	8,1	0,84 ± 0,02	0,9
	40–60	8,1	0,75 ± 0,01	0,7
Ул. Жуковского	20	7,92	1,21 ± 0,01	1,3
	30–40	7,81	0,68 ± 0,02	0,6
	40–60	7,8	0,83 ± 0,01	0,8
	60–90	7,4	0,12 ± 0,01	0,5

Процесс денитрификации в природе имеет широкие масштабы, на его интенсивность оказывают существенное влияние аэрация почвы и реакция среды, наиболее благоприятными условиями для функционирования денитрифицирующих бактерий являются анаэробная среда и нейтральный pH. В ходе исследования запечатанных почв было обнаружено, что денитрификация в них проис-

ходит относительно активно (таблица), что, вероятно, связано с изменением реакции среды в запечатанных почвах на нейтральную и слабощелочную вместо слабокислой, характерной для естественных почв Владимирской области, а также с анаэробными условиями, складывающимися в почве при ее запечатывании искусственными покрытиями, ограничивающими доступ кислорода.

Интенсивность денитрификации уменьшалась с глубиной в большинстве исследованных почв, что связано как с естественным для всех почв снижением биологической активности вниз по профилю, так и со снижением с глубиной количества доступных для жизнедеятельности денитрификаторов нитратов.

Выводы

Запечатанные почвы по своим свойствам в значительной мере отличаются от естественных серых лесных и дерново-подзолистых почв Владимирской области, а также от открытых почв незапечатанных территорий г. Владимира. Актуальная кислотность городских почв, запечатанных искусственными покрытиями, на участках урбанизированной территории низкая; повсеместно выявлено отклонение значений актуальной кислотности почвы от фоновых значений в сторону подщелачивания. Биологическая активность запечатанных почв низкая, наблюдаются изменения в микробиологической обстановке исследованных почв, проявляющиеся в смене состава микроорганизмов. Содержание азотфиксирующего микроорганизма *Azotobacter chroococcum* может служить показателем загрязнения, азотобактер даже в условиях запечатывания почвы способен сохранять жизнеспособность длительное время.

Основываясь на значениях нитрифицирующей активности, экологическое состояние запечатанных почв города можно характеризовать как неудовлетворительное, подавленные процессы нитрификации в почвах запечатанных территорий свидетельствует об их низкой потенциальной самоочищающей способности. Уреазная активность в запечатанных почвах полностью подавлена, что также характеризует их способность к самоочищению как низкую.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-31231 мол_а.

Список литературы

1. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. Гутина В.Н. Физиология нитрифицирующих бактерий. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 505 с.
3. Киреева Н.А., Рафикова Г.Ф., Кузьяметов Г.Г. Микробиологическая активность загрязненных нефтепродуктами лесных почв // Лесоведение. – 2009. – № 3. – С. 52–58.
4. Напрасникова Е.В. Уреазная активность и pH как показатели состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1345–1352.
5. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеродов в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 208 с.
6. Практикум по микробиологии / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: АСАДЕМА, 2005. – 267 с.
7. Evans C.V. Human-influenced soils / C.V. Evans, D.S. Fanning, J.R. Short // Agron. Monogr. – 2000. – Vol. 39. – P. 33–67.
8. Lewis I.M. Cell Inclusions and the Life Cycle of *Azotobacter* // J. Bacteriol. – 2005. – Vol. 34, № 2. – P. 55–59.