

УДК 631.46

СТРУКТУРА БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА П-ВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО

© 2007 г. **Г.В. Ковалева¹, Т.Г. Добровольская², А.В. Головченко³**¹ Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН, 690022, Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159² Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119992, М., Ленинские горы

Поступила в редакцию 17.02.2006 г.

Впервые дана микробиологическая характеристика бурых лесных почв Южного Приморья, расположенных на территории Ботанического сада-института ДВО РАН. Показано, что высокое содержание гумуса в этих почвах и слабокислая реакция среды обеспечивают оптимальные условия для развития в них бактерий. Для бактериальных сообществ изученных бурых лесных почв, различающихся по мощности гумусового горизонта, характерно высокое разнообразие и присутствие всех эколого-трофических групп бактерий. Структура бактериальных сообществ практически не меняется по профилю (в пределах исследованных органо-минеральных горизонтов почв), но варьирует по сезонам. Установлено, что в антропогенно-нарушенных почвах и грунтах увеличиваются доля кориннеплодных бактерий, устойчивых к стрессам и способных к деструкции ксенобиотиков.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексные исследования почв полуострова Муравьева-Амурского проведены Г.И. Ивановым в 1969 г. Этим почвоведом даны морфологические и физико-химические характеристики всех типов почв, сформированных на разных элементах рельефа [7]. Микробиологический анализ этих почв был осуществлен лишь микологами. Так, определение почвенных микроскопических грибов в почвах на территории Ботанического сада-института ДВО РАН регулярно проводилось с 1968 по 1979 гг. [3]. Микромицеты под посевами сои на территории ВИРА изучались Жуковской [4]. Данных по численности бактерий и их таксономическому составу в почвах полуострова Муравьева-Амурского не имеется, что и определило цель настоящего исследования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

П-ов Муравьева-Амурского расположен в южной части Приморского края, его общая площадь составляет примерно 480 км². Здесь находится город-порт Владивосток с населением более 800 тыс. человек, в центральной части полуострова располагается Ботанический сад-институт ДВО РАН и Дальневосточная опытная станция Всероссийского института растениеводства. Ботанический сад занимает площадь 178 га, где 98% – это естественные лесные насаждения, являющиеся эталоном природы Южного Приморья. Климатические условия данной территории характеризуются следующим образом: среднего-

довая температура 3.0–4.8°C, самый холодный месяц – январь, самый теплый – август, летом очень высокая относительная влажность воздуха (80–90%). Среднегодовое количество осадков составляет 742 мм. Основная масса их выпадает в летне-осенний период, дожди носят ливневый характер. Большую часть территории Ботанического сада (150 га) занимают бурые лесные типичные почвы, сформировавшиеся под широколиственным лесом. По содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта они подразделяются на мощные, среднемощные и маломощные. Бурые лесные оподзоленные почвы под хвойно-широколиственным лесом занимают 28 га площади. Описание мест отбора почвенных образцов дано в табл. 1.

Образцы отбирались весной и осенью 2003 г. Для учета бактерий использовали глюкозо-пептонно-дрожжевую среду [8]. Для ингибирования роста грибов в эту среду вносили нистатин (100 мг/л). Посев проводили в 5-кратной повторности из экспериментально подбираемых разведений. Посевы инкубировали при 20°C в течение 2–3 недель. Подсчитывали суммарное число колоний, выросших на данной среде: проводили дифференцированный учет колоний бактерий разных таксономических групп. Для этого на каждой чашке выделяли макроморфологические типы колоний и подсчитывали количество колоний каждого типа. По 3–5 представителей из каждого типа колоний выделяли в чистую культуру. Идентификацию выделенных штаммов до рода проводили на основании морфологических, куль-

Таблица 1. Характеристика мест отбора образцов почв и грунтов

№ разреза	Положение в рельефе	Тип фитоценоза	Почва
1	Вершина водораздела (150 м над уровнем моря)	Широколиственный лес (дуб, ясень)	Бурая лесная среднемощная
2	Верхняя часть северо-западного склона	То же	Бурая лесная мощная
3	Средняя часть северо-западного склона	»	Бурая лесная маломощная
4	Нижняя часть северо-западного склона	Хвойно-широколиственный лес (пихта, кедр, ясень, клен)	Бурая лесная оподзоленная
5	Лужайка рядом с экологической тропой на территории Ботанического сада	Злаково-разнотравный луг	Бурая лесная оподзоленная с урбано-антропогенными включениями в виде гравия и строительного-бытового мусора в верхнем горизонте
6	Участок леса вблизи автостреды за территорией Ботанического сада	Широколиственный лес	Бурая лесная оподзоленная с урбано-антропогенными включениями в виде гравия и строительного-бытового мусора в верхнем горизонте
7	Обочина автотрассы	Разнотравье	Насыпной грунт: I слой – красно-коричневого цвета, суглинистый, мелко-комковатый, каменистый; II – слой – темно-серый, супесчаный, с инородными включениями в виде светло-бурых пятен
8	2 м от автотрассы	Растительности нет	Насыпной грунт: I слой – пыль и песок серо-черного цвета, бесструктурный; II – слой – туф кирпичного цвета, древесно-каменистый, легкоуглинистый

туральных и хемотаксономических признаков, используя определитель Берджи [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для всех исследованных разновидностей бурых лесных почв, как естественных, так и антропогенно-нарушенных, характерно высокое содержание гумуса, варьирующее от 8.5 до 21.6% в верхних горизонтах почв и слабокислая реакция среды. В антропогенно нарушенной оподзоленной бурой лесной почве, расположенной вблизи автостреды (раз. 6), и насыпных грунтах значения рН приближаются к нейтральным (табл. 2).

Распределение бактерий по профилю бурых лесных почв равномерное. Такая закономерность наблюдалась как весной, так и осенью (рис. 1). В

отличие от почв, в грунтах наблюдали резкие изменения в численности бактерий по слоям (в пределах 1–1.5 порядка), особенно в осенний сезон. Плотность бактериальных популяций в ненарушенных почвах увеличивалась от 10^6 в оподзоленной до 10^7 КОЕ/г в типичной бурой лесной почве. В антропогенно-нарушенных почвах численность бактерий была несколько выше – она колебалась от 10^7 в почве под лесом вблизи автостреды (раз. 5) до 10^8 в почве, расположенной рядом с экологической тропой (раз. 6). В грунтах, расположенных на обочинах автотрассы, плотность бактериальных популяций была еще выше, достигая 10^9 КОЕ/г. Проведенный факторный анализ позволил выявить достоверное превышение численности бактерий в целом в антропогенно-нарушенных почвах и грунтах, по сравнению

с естественными почвами (критерий Фишера $F = 129.80$ при уровне значимости $p < 0.001$). Возможно, что это увеличение численности связано с подщелачиванием среды в антропогенно-нарушенных биотопах, где значения рН близки к нейтральным, что благоприятно для развития бактерий (табл. 2).

Распределение бактерий разных таксонов по профилю бурых лесных почв (кроме оподзоленной) было относительно равномерным, с незначительным изменением их относительного обилия с глубиной (рис. 3). Весной в бактериальном комплексе доминировали бациллы и миксобактерии, (бактерии гидролитического комплекса), осенью – миксобактерии и спириллы. Спириллы являются индикаторами повышенной влажности почв, поэтому они появляются в период максимального выпадения осадков, приходящийся в исследуемом районе на осень. Бактерии, относительное обилие которых составляет 10–20%, были представлены цитофагами и артробактером. В качестве минорных компонентов выделялись пигментные коринепобные бактерии. Таким образом, бактериальные сообщества исследованных бурых лесных почв под широколиственными лесами характеризуются достаточно высоким разнообразием и выравненностью. В них обнаружены представители всех эколого-трофических групп бактерий, участвующих в деструкции растительных остатков.

В оподзоленной бурой лесной почве под хвойно-широколиственным лесом бактериальное разнообразие было ниже, чем в бурой типичной лесной почве, особенно в весенний сезон (рис. 4). Это связано как с кислой реакцией среды, так и более низким содержанием гумуса в оподзоленной почве (табл. 2). В верхних гумусированных горизонтах было обнаружено только 3 таксона, причем в бактериальном сообществе 60–90% составляли бациллы. В подзолистом горизонте весной доминировали миксобактерии, осенью – спириллы. Таксономическая структура бактериальных комплексов в этой почве изменялась, т.е. наблюдали смену доминантов по почвенному профилю (рис. 4). В антропогенно нарушенной бурой лесной оподзоленной почве доминирующее положение в бактериальном комплексе (в отличие от естественных почв) занимали бактерии рода *Arthrobacter* (рис. 5). Доля артробактера в горизонтах АВ и ВС этой почвы составила в весенний сезон более 60%. Процентное содержание миксобактерий и спирилл было примерно таким же, как и в ненарушенных почвах. Следует отметить увеличение относительного обилия пигментных коринеподобных бактерий, представленных родами: *Cellulomonas*, *Curtobacterium*, *Clavibacter*, *Rhodococcus*, *Micrococcus*. В дерновом горизонте их содержание превышало (весной) 20%, т.е. они

Таблица 2. Содержание гумуса и значения рН в бурых лесных почвах и грунтах

№ разреза, почва	Горизонт, (-)глубина, см	Гумус, %	рН водный
1, бурая лесная сред- немощная	(A1) ₁ , (-)3–5	21.6	5.6
	(A1) ₂ , (-)5–13	14.7	5.2
	AB, (-)13–35	6.7	5.3
2, бурая лесная мощ- ная	(A1) ₁ , (-)3–5	18.1	5.5
	(A1) ₂ , (-)5–13	11.8	5.2
	AB, (-)13–35	5.4	5.2
3, бурая лесная мало- мощная	(A1) ₁ , (-)3–6	14.0	5.2
	(A1) ₂ , (-)6–12	6.5	4.8
	AB, (-)12–26	2.6	4.9
4, бурая лесная опод- золенная	(A1) ₁ , (-)1–7	8.5	4.4
	A1A2, (-)7–13	2	4.2
	A2Bg, (-)13–29	1.2	4.1
5, бурая лесная опод- золенная антропоген- но нарушенная	A1, (-)0–7	16.4	4.5
	AB/BC, (-)7–23	4.4	4.5
6, бурая лесная опод- золенная антропоген- но нарушенная	A1, (-)0–7	10.7	6.2
	AB/BC, (-)7–23	2.2	6.4
	BC, (-)23–42	4.7	6.4
7, насыпной грунт	I, (-)0–25	1.9	6.7
	II, (-)25–52	8.5	7.3
8, насыпной грунт	I, (-)0–2	3.7	6.9
	II, (-)2–5	0.8	6.8

переходили из группы минорных компонентов в разряд субдоминантов.

В насыпных грунтах, взятых с обочин авто-
страды, констатировали еще большее (по сравне-
нию с антропогенно нарушенными почвами) уве-
личение доли артробактера в бактериальном
комплексе, достигающее почти 90% в нижних
слоях грунта (рис. 6). Иными словами формирует-
ся монодоминантная структура бактериального
сообщества, являющаяся результатом несбалан-
сированного развития микробных популяций в
сообществе, что характерно для антропогенно
нарушенных почв, в том числе урбаноземов [10].
Доминирование бактерий рода *Arthrobacter* в ис-

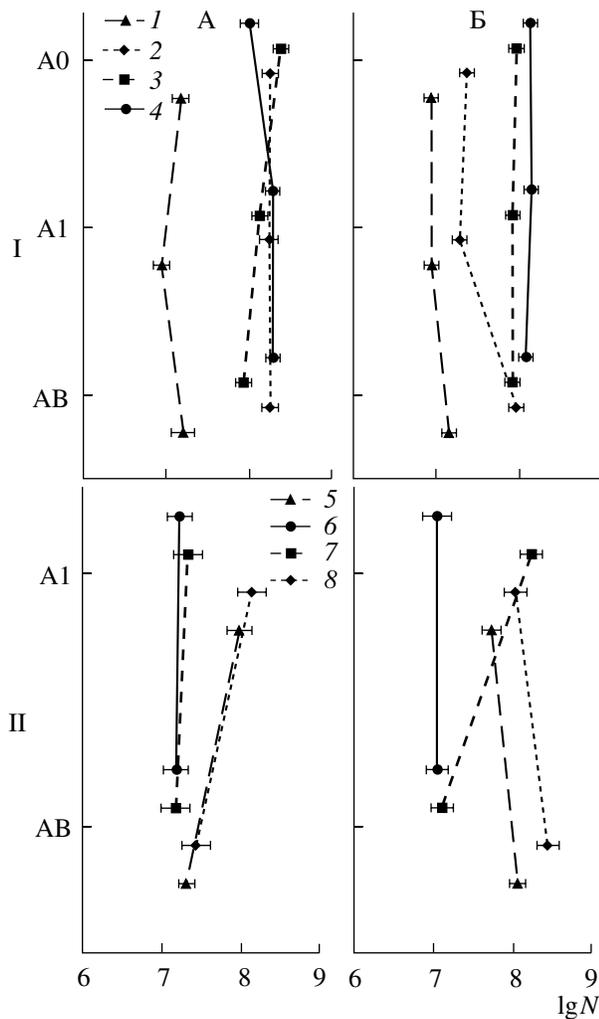


Рис. 1. Численность бактерий в ненарушенных (I) и нарушенных бурых лесных почвах и техногенных грунтах (II) в весенний (а) и осенний (б) периоды исследования 1–8 – разрезы.

следованных антропогенно нарушенных почвах и грунтах не случайно. Известно, что бактерии этого рода относятся к группе олиготрофов, стратегия которых определяется как выживание в неблагоприятных условиях (К-стратегия), они устойчивы к голоданию, высушиванию, способны расти при низких температурах [11, 12]. С другой стороны, артробактер не может расти в кислой среде, поэтому повышение значений рН от 4 в естественной оподзоленной почве до 6–7 в антропогенно нарушенной почве и грунтах (табл. 2) так же способствует его размножению в этих биотопах.

Кроме артробактера, в исследуемых насыпных грунтах одновременно регистрировали и повышение обилия пигментных коринеподобных бактерий, предпочитающих, как и артробактер, нейтральную реакцию среды. Этот факт отме-

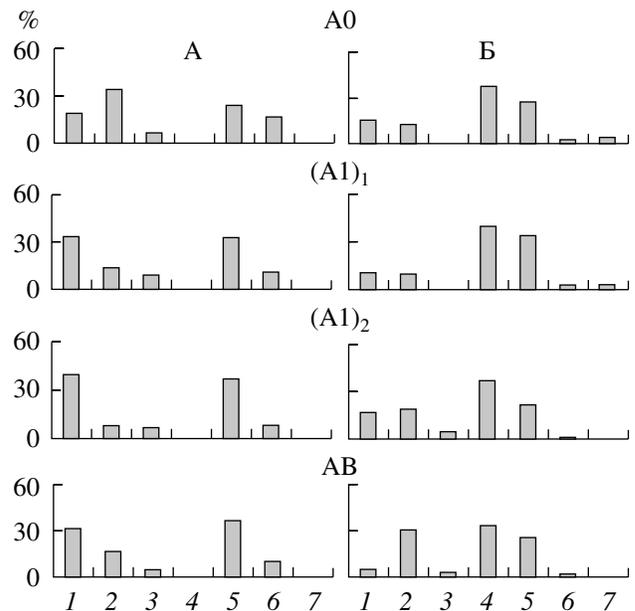


Рис. 2. Таксономическая структура бактериальных сообществ ненарушенных бурых лесных почв в весенний (А) и осенний (Б) периоды исследования. Таксономические группы здесь и далее: 1 – бациллы, 2 – артробактер; 3 – пигментные коринеподобные бактерии; 4 – спириллы, 5 – миксобактерии, 6 – группа цитофаги-флавобактерии, 7 – другие грамотрицательные бактерии.

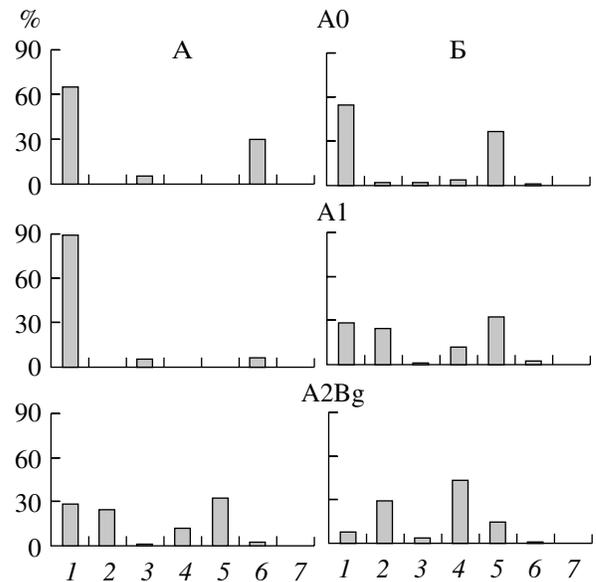


Рис. 3. Таксономическая структура бактериальных сообществ бурой лесной оподзоленной почвы в весенний (А) и осенний (Б) периоды исследования.

чался многими исследователями, изучавшими естественные и загрязненные ксенобиотиками почвы. Так, в городских местообитаниях, при высоком уровне промышленного загрязнения существенно возрастало относительное обилие актинобактерий (корине- и нокардиоформных бакте-

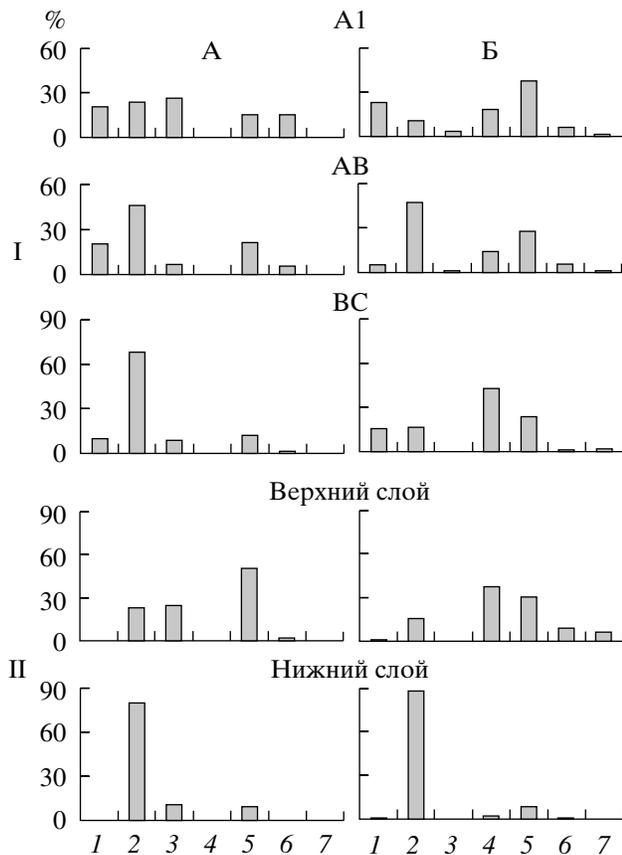


Рис. 4. Таксономическая структура бактериальных сообществ в нарушенных бурых лесных почвах (I) и техногенных грунтах (II) в весенний (А) и осенний (Б) периоды исследования.

рий), являющихся наиболее устойчивыми к стрессам и способными к разложению различных ксенобиотиков, но чувствительными к низким значениям рН [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные нами бурые почвы под широколиственными лесами, судя по высокой общей численности бактерий, их равномерному распределению по профилю, достаточно высокому разнообразию, включающему бактерии разных экологотрофических групп, относятся к почвам, в которых складываются благоприятные условия для развития в них бактерий. Этому способствует, по-видимому, высокое содержание гумуса в профиле почв и слабо кислая реакция среды. В оподзоленной бурой почве под хвойно-широколиственным

лесом бактериальному разнообразию было значительно ниже, чем в бурых типичных почвах, что связано с меньшим содержанием гумуса и более кислой реакцией среды в этой почве. Заслуживает внимание тот факт доминирования в бурых лесных почвах спирилл (индикаторов повышенной влажности) в осенний сезон, характеризующийся в исследуемом районе максимальным выпадением осадков. Что касается влияния антропогенной нагрузки на бактериальные сообщества исследуемых бурых лесных почв, то пока оно проявилось, в основном, в увеличении доли артробактера и других коринеподобных бактерий, устойчивых к различным стрессам. Грунты вдоль автострады отличаются от лесных почв как естественных, так и антропогенно нарушенных, более высокой численностью бактерий, их неравномерным распределением по профилю, монодоминантной структурой. По этим показателям они близки к урбаноземам, загрязненным промышленными отходами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока (гифомицеты). Л.: Наука, 1986. 191 с.
2. Жуковская С.А. Почвенные микромицеты и их роль в развитии болезней сои в Приморском крае. Автореф. дис.... к. б. н. Владивосток. 1972. 23 с.
3. Звягинцев Д.Г., Умаров М.М., Чернов И.Ю. и др. Микробные сообщества и их функционирование в процессах деградации и самовосстановления почв // Деградация и охрана почв. М.: Из-во Моск. ун-та, 2002. С. 401–448.
4. Иванов Г.И., Журавков А.Ф., Хохлюк А.П. Лесорастительные свойства почв лесопарковой зоны Владивостокского лесхоза // Уч. зап. (серия почвенно-ботаническая). Владивосток. 1969. Т. XXV. С. 99–120.
5. Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. М.: МАКС Пресс, 2003. 120 с.
6. Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997. 800 с.
7. Скворцова И.Н. Микробиологические и некоторые санитарно-гигиенические свойства городских почв // Почва, город, экология. М.: Фонд "За экологическую грамотность", 1997. С. 125–140.
8. Boylen C.W. Survival of *Arthrobacter crystallopoietes* during prolonged periods of extreme desiccation // J. Bacteriol. 1973. V. 113. № 1. P. 33–37.
9. Boylen C.W., Mulks M.H. The survival of coryneform bacteria during periods of prolonged nutrient starvation // J. Gen. Microbiol. 1978. V. 105. № 2. P. 323–334.

@@@@@