

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ САЛАЙРСКОГО КРЯЖА

Из дерново-подзолистых сверхглубокоосветленных почв черневой тайги Салайрского кряжа, сформированных под разными типами растительности, выделены аммонификаторы, утилизаторы безазотистых органических соединений, олигонитрофилы и аэробные фиксаторы азота. В почвах осиново-пихтового леса выявлена более высокая численность микроорганизмов, среди которых многочисленны разрушители безазотистых органических веществ и более интенсивно протекают процессы минерализации. Микроорганизмы, разрушающие безазотистые органические вещества, представлены актиномицетами и микроскопическими грибами *Penicillium*, *Mucor* и др. В почве осиново-пихтового леса обнаружены также грибы родов *Trichoderma*, *Alternaria*. Аммонификаторы представлены микроорганизмами, относящимися к родам *Bacillus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Achromobacter*.

Ключевые слова: аммонификаторы; разрушители безазотистых органических веществ; олигонитрофилы; аэробные азотфиксаторы; численность микроорганизмов; состав микрофлоры.

Почва представляет собой исключительную ценность как для человека, так и для всех живущих на Земле организмов. Ценность почвы определяется не только ее значимостью для сельского, лесного и других отраслей народного хозяйства, она определяется также незаменимой экологической ролью почвы как важнейшего компонента биосферы. В настоящее время в связи с колоссальным антропогенным воздействием становятся все более актуальными сохранение, восстановление и изучение природных экосистем. Микроорганизмы почвы являются очень значимой и наиболее реактивной частью биогеоценозов, им принадлежит ведущая роль в процессах трансформации веществ и энергии [1, 2].

Внимание многих исследователей в течение длительного времени привлекает изучение природных особенностей Салаира. С одной стороны, здесь находится много полезных ископаемых, интенсивная разработка которых влечет за собой нарушение структуры и функционирования природных экосистем. Салайрский кряж сложен кристаллическими известняками, песчаниками, туфами, гранитами, отличается богатыми месторождениями каменного угля, полиметаллических руд, золота, серебра, ртути. С другой стороны, он является уникальной природной экологической системой [3, 4].

Зона черневой тайги Салайрского кряжа является уникальной и по своему строению, и по произрастающей на ней растительности. Из редких сообществ здесь находятся реликты широколиственных лесов третичного периода кайнозойской эры: экосистемы реликтовых рощ из липы сибирской и участков с сообществами зеленокорой осины. Черневая тайга Салайрского кряжа представляет собой особую ценность [5]. В настоящее время дерново-подзолистые почвы черневой тайги Салайрского кряжа и их микробиологический состав изучены недостаточно.

Материалы и методики исследования. Объектами нашего исследования являлись дерново-подзолистые сверхглубокоосветленные почвы, сформированные на Салайском кряже под пологом черневой тайги. Салайрский кряж занимает северо-западную окраину Алтайско-Саянской горной страны. В административном плане западная часть его относится к Новосибирской, а восточная – к Кемеровской

областям. На юге по широкой тектонической долине р. Кондомы Салаир граничит с Горной Шорией, к северо-западу и примерно на широте 55° входит в состав Салаиро-Кузнецкой горной области. Салайрский кряж протекает почти 300-километровой широкой, выпуклой к северо-востоку дугой от Алтая до нижнего течения р. Ини. Площадь, занимаемая им, составляет 22,5 тыс. км² [6].

Почвы Салайрского кряжа формируются в условиях резко континентального климата, характерными особенностями которого является среднегодовое количество осадков, равное 400–600 мм, продолжительность безморозного периода 110–115 дней и незначительное или отсутствующее промерзание почвы. Дерново-подзолистые почвы черневой тайги Салайрского кряжа привлекают внимание исследователей особенностями морфологических и аналитических свойств. С одной стороны, они четко дифференцированы на элювиальную и иллювиальную части профиля, имеют мощную (более 50 см) осветленную элювиальную часть и соответствуют подзолистым почвам. С другой стороны, в них высокое содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте и малое содержание обменного водорода, что противоречит природе подзолистых почв [7].

Авторами данной работы проведены исследования качественного и количественного состава микроорганизмов двух почвенных разрезов, заложенных под разными типами растительности: в осиново-пихтовом лесу (разрез P₁–C₁₀) и на безлесном участке под высокотравьем (разрез P₂–C₁₀). Местоположение разрезов – бассейн р. Мунгай (Кемеровская область, Промышленный район).

В целом почвы характеризуются типичными для данного типа почв физико-химическими свойствами. Они относятся к среднесуглинистой разновидности и характеризуются заметным утяжелением гранулометрического состава в иллювиальных горизонтах до средне- и тяжелосуглинистого, что обусловлено процессами оподзоливания и лессиважа. Преобладающими фракциями является, как правило, мелкая и крупная пыль, что подтверждает облессованность почвообразующих пород.

Наибольшие количества поглощенных оснований обнаруживаются в гумусово-аккумулятивном (АУ) и

текстурном (ВТ) горизонтах, обогащенных соответственно гумусом и илом. В составе обменных оснований преобладает кальций (11–23 мг-экв./100 г почвы) на фоне относительно высокого содержания магния в горизонте ВТ. Последнее, согласно В.М. Корсунову [3], объясняется присутствием в породе глинных минералов. В соответствии с распределением по профилю обменных катионов степень насыщенности оснований минимальна в элювиальной части профиля (горизонты АЕЛ, ЕЛ и БЕЛ), где составляет 65–74%, тогда как в горизонтах АУ и ВТ увеличивается до 80–82%. Особенностью почв является высокая гумусированность (в среднем 8–10%) верхнего горизонта АУ. Вниз по профилю содержание гумуса резко падает и в горизонте ЕЛ не превышает 2%, в нижней части профиля на фоне дальнейшего снижения отмечаются незначительные флуктуации в сторону увеличения [8]. Указанные характеристики дерново-подзолистых сверхглубокоосветленных почв, сформированных на Салаирском кряже под пологом черневой тайги, с одной стороны, определяют их своеобразие как среды обитания для микроорганизмов. С другой стороны, их состав и свойства во многом зависят от микроорганизмов. В частности, процесс гумусообразования связан с ферментативной деятельностью микрофлоры, в различных фракциях гумуса присутствуют компоненты микробных клеток, что подтверждено результатами многочисленных исследований [2].

Отбор проб для микробиологического анализа проводили из каждого генетического горизонта почвы

с соблюдением условий стерильности. Определение численности и состава микроорганизмов осуществляли с помощью метода посева на твердые питательные среды для выделения следующих физиологических групп: аммонификаторов (на мясопептонном агаре), актиномицетов и разрушителей безазотистых органических соединений (на крахмало-аммиачном агаре), олигонитрофилов и аэробных азотфиксаторов (на среде Эшби). Влажность почвы определяли воздушно-весовым методом [9]. Статистическая обработка данных проведена с использованием программ MS Excel 2010 и Statistica 6.0. Рассчитаны следующие статистические показатели: средняя, ошибка средней и нелинейный коэффициент корреляции, статистическую значимость которого оценивали с помощью критерия Спирмена.

Для определения выделенных микроорганизмов до рода высевали чистые культуры (по методу Коха). Их чистоту проверяли визуально, микроскопическим и бактериологическим методами. Выделенные штаммы на основании исследования морфологии колоний и клеток (в фиксированных и окрашенных по Граму препаратах) идентифицировали до рода [10–14].

Результаты исследования и обсуждение. С помощью микробиологического анализа из исследуемых почв были выделены аммонификаторы, утилизаторы безазотистых органических соединений, олигонитрофилы и аэробные фиксаторы азота. Численность различных физиологических групп микроорганизмов представлена на рис. 1 и 2.

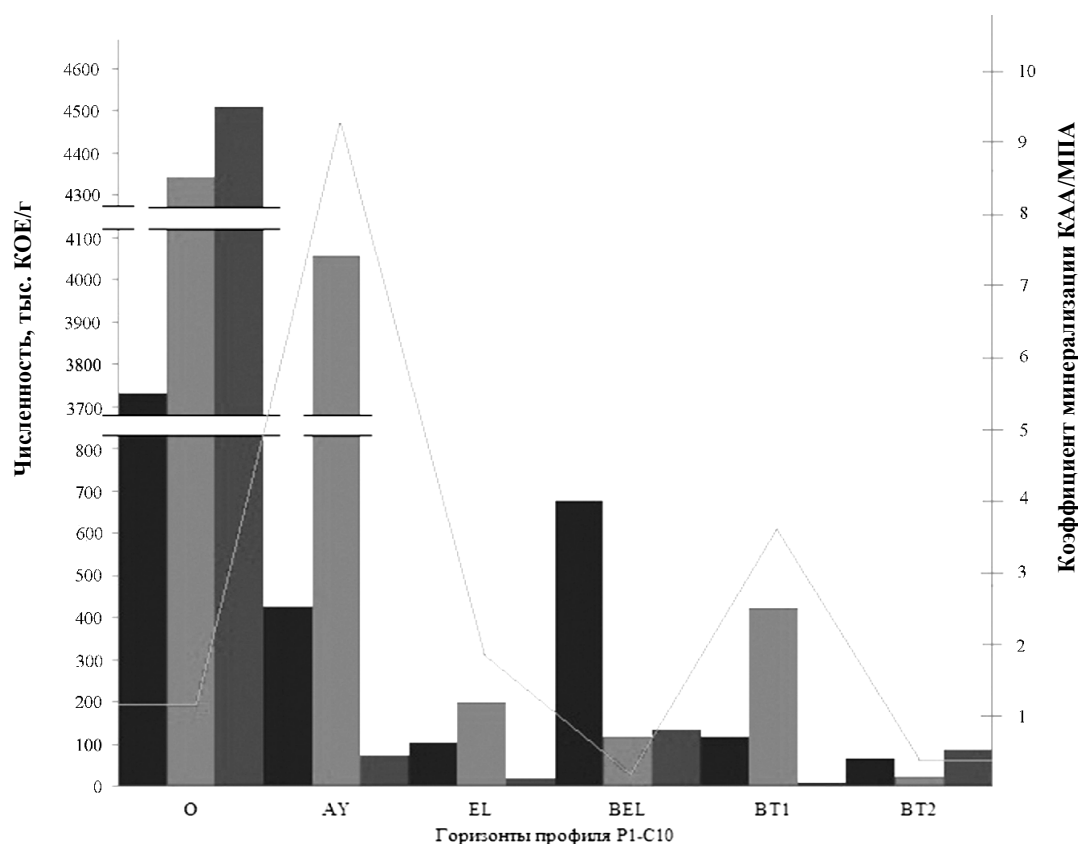


Рис. 1. Распределение численности микроорганизмов исследованных физиологических групп и значения коэффициента минерализации в профиле дерново-подзолистой почвы осиново-пихтового леса: ■ – аммонификаторы; ■ – утилизаторы безазотистой органики; ■ – олигонитрофилы и аэробные фиксаторы азота; — — — — коэффициент минерализации

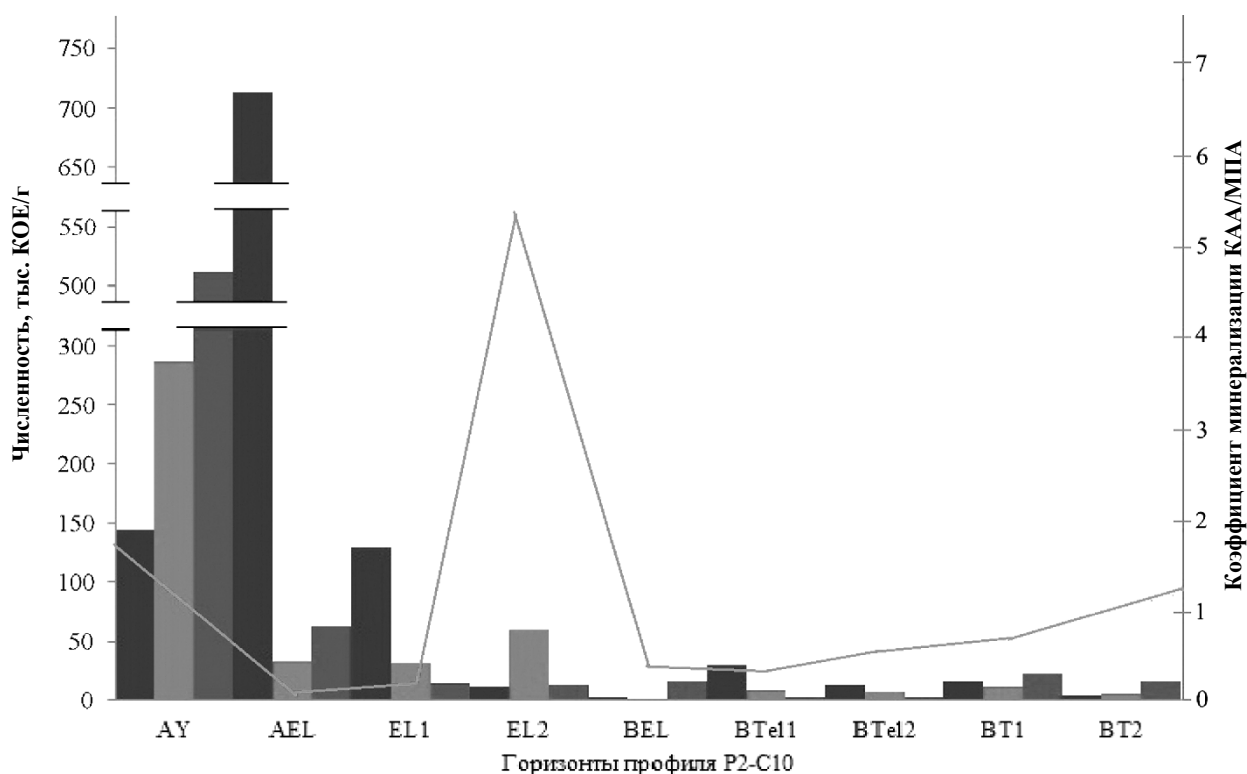


Рис. 2. Распределение численности микроорганизмов исследованных физиологических групп и значения коэффициента минерализации в профиле почвы безлесного участка: ■ – аммонификаторы; ■ – утилизаторы безазотистой органики; ■ – олигонитрофилы и аэробные фиксаторы азота, — — коэффициент минерализации

В дерново-подзолистой почве осиново-пихтового леса высока численность микроорганизмов, разрушающих безазотистые органические вещества, несколько ниже численность аммонификаторов и еще ниже – аэробных фиксаторов азота. Больше всего микроорганизмов в лесной подстилке и гумусово-аккумулятивном горизонте, обогащенных органическими остатками, с глубиной численность микроорганизмов уменьшается.

В почве разреза P_2-C_{10} , заложенного на безлесном участке под высокотравьем, численность исследуемых физиологических групп микроорганизмов практически в 10 раз ниже, наиболее богат ими также верхний почвенный горизонт, с глубиной их количество уменьшается и далее сохраняется примерно на одном уровне. В целом это согласуется с результатами исследований дерново-подзолистых почв Западной Сибири И.Л. Клевенской, Н.Н. Наплековой и Н.И. Галтимуровой [15]. Численность аммонификаторов и утилизаторов безазотистых органических веществ в почве осиново-пихтового леса намного выше, чем на безлесном участке. Численность олигонитрофилов и аэробных азотфиксаторов в почвах двух участков существенно не различается.

Очень неоднородные экологические условия отдельных генетических горизонтов подзолистых почв, обусловленные резкой трехчленной дифференциацией почвенного профиля, приводят к своеобразному расселению микроорганизмов в почвенной толще. Это своеобразие заключается, прежде всего, в том, что наибольшее число микроорганизмов содержится в подстилке и верхнем горизонте почвы [2].

Вслед за неравномерным уменьшением органического вещества и изменением химизма отдельных

генетических горизонтов дерново-подзолистых почв число микроорганизмов падает с глубиной не постепенно, а скачкообразно. Первый скачок приурочен к границе между дерновым (аккумулятивным) и подзолистым (элювиальным) горизонтами, а второй – к границе между подзолистым и иллювиальным горизонтами [16]. Микробиологическим процессам в дерново-подзолистых почвах свойственна чрезвычайная динамичность, обусловленная резкими колебаниями температуры, запасов органического вещества в почве, степени ее кислотности и другими факторами [2].

Коэффициенты минерализации органических веществ в исследованных почвах, отражающие интенсивность протекания процессов трансформации органических веществ растительного и животного происхождения, показали, что в почве осиново-пихтового леса (разрез P_1-C_{10}) преобладают процессы разложения азотсодержащих органических веществ (сахаров, клетчатки и т.д.). Это связано с высокой численностью утилизаторов безазотистой органики и их преобладанием над численностью аммонификаторов (коэффициенты минерализации в основном выше 1). Здесь процессы минерализации идут интенсивнее. В почве безлесного участка (разрез P_2-C_{10}), напротив, коэффициенты минерализации в основном меньше 1, более высока численность аммонификаторов и, следовательно, преобладают процессы разложения азотсодержащих органических веществ (см. рис. 1, 2).

Корреляционный анализ, проведенный для выявления зависимости численности различных физиологических групп микроорганизмов от содержания гумуса, нитратного азота и легкоподвижного фосфора,

позволил обнаружить достоверные положительные коррелятивные взаимосвязи между численностью утилизаторов безазотистых органических веществ и содержанием гумуса, нитратного азота и P_2O_5 в почве

под высокотравьем (таблица). В почве осиново-пихтового леса показана достоверная зависимость численности микроорганизмов этой физиологической группы от содержания легкоподвижного фосфора.

Коэффициенты корреляции между некоторыми химическими показателями почвы и численностью физиологических групп микроорганизмов

Физиологические группы микроорганизмов	Коэффициент корреляции		
	Гумус, %	Нитратный азот, мг/кг	Легкоподвижный фосфор, мг/кг
Разрез $P_1 - C_{10}$			
Аммонификаторы	0,500	-0,100	0,700
Утилизаторы безазотистой органики	0,700	0,300	0,900*
Аэробные фиксаторы азота	-0,100	0,100	-0,300
Разрез $P_2 - C_{10}$			
Аммонификаторы	0,535	0,535	0,642
Утилизаторы безазотистой органики	0,785*	0,785*	0,750
Аэробные фиксаторы азота	0,810*	0,810*	0,738

* Значимые по критерию Спирмена величины коэффициента корреляции, $p < 0,05$.

В составе микроорганизмов, разрушающих безазотистые органические вещества, были выделены актиномицеты. Это наиболее многочисленная группа, особенно в почве осиново-пихтового леса. Увеличение численности актиномицетов свидетельствует о глубоких и интенсивных процессах минерализации органических веществ, что отличает дерново-подзолистые почвы от подзолов по размаху биологического круговорота [15, 16].

Чаще всего встречались актиномицеты, образующие белые, серые и голубовато-серые колонии. Среди микроскопических грибов наиболее часто встречались представители родов *Penicillium*, *Mucor*. Также в дерново-подзолистой почве осиново-пихтового леса были обнаружены грибы родов *Trichoderma*, *Alternaria*. Это согласуется с литературными данными о широком распространении в подзолистых почвах *Penicillium*, *Mucor* [17], *Trichoderma* [18].

В составе аммонификаторов были обнаружены микроорганизмы, относящиеся к родам *Bacillus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Achromobacter*. Наиболее многочисленны среди них бациллы. Встречались различные виды данного рода, в том числе из почв обоих участков были выделены колонии *Bacillus mycoides*, образующие на мясопептонном агаре характерные колонии, напоминающие снежинку [11].

Состав аммонификаторов в почвах двух исследованных разрезов существенно различается по численности и распределению в профиле желтопигментных бактерий. На основании данных о морфологии колоний и клеток, типа скоплений, образуемого клетками, и их тинкториальных свойств среди желтопигментных бактерий были выделены представители рода *Sarcina*. Численность сарцин выше в почве безлесного участка, а распределение их в профиле относительно равномерное.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. В дерново-подзолистой почве осиново-пихтового леса высока численность микроорганизмов, разрушающих безазотистые органические вещества, несколько ниже численность аммонификаторов и еще ниже – олигонитрофилов и аэробных фиксаторов азота. Максимальное количество микроорганизмов отмечается в лесной подстилке и гумусово-аккумулятивном горизонте, обогащенных органическими веществами и растительными остатками, с глубиной численность микроорганизмов уменьшается.

2. Численность микроорганизмов в образцах почвы из осиново-пихтового леса намного выше, чем на безлесном участке. Здесь наиболее многочисленны разрушители безазотистых органических веществ и более интенсивно протекают процессы минерализации, о чем свидетельствуют коэффициенты минерализации. Численность олигонитрофилов и аэробных азотфиксаторов в почвах двух участков существенно не различается.

3. В почве разреза $P_2 - C_{10}$, заложенного под высокотравной растительностью, численность всех исследуемых физиологических групп микроорганизмов практически в 10 раз ниже, чем в почве осиново-пихтового леса. Характер распределения в почвенном профиле аналогичен, наиболее богат ими также верхний почвенный горизонт, с глубиной численность уменьшается и далее сохраняется примерно на одном уровне. В почве безлесного участка наиболее многочисленны аммонификаторы.

4. В составе микроорганизмов, разрушающих безазотистые органические вещества, выделены актиномицеты, среди микроскопических грибов наиболее часто встречались представители родов *Penicillium*, *Mucor*. В почве осиново-пихтового леса были обнаружены также грибы родов *Trichoderma*, *Alternaria*. Аммонификаторы представлены микроорганизмами, относящимися к родам *Bacillus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Achromobacter*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987. 256 с.
2. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л. : Наука, 1980. 188 с.

3. Корсунов В.М. Генетические особенности глубокоподзоленных почв черневой тайги Салаира и некоторые элементы современного почвообразования в них // Лесные почвы горного окаймления юго-востока Западной Сибири (Восточный Алтай, Горная Шория, Салаир). Новосибирск, 1974. С. 133–197.
4. Усов М.А. Геология рудных месторождений Западно-Сибирского края. Томск : Зап.-Сиб. ГГГТ, 1935. 86 с.
5. Лашинский Н.Н. Растительность Салайского края. Новосибирск : Гео, 2009. 263 с.
6. Винокуров Ю.И., Платонова С.Г., Скрипко В.В. Природно-ресурсный потенциал Алтайского региона // Природно-ресурсный потенциал Уральского и Западно-Сибирского приграничья. Новосибирск : Сиб. науч. изд-во, 2010. С. 85–106.
7. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 487 с.
8. Лаврентьева Л.В., Никитич П.А., Разина М.А. Дерново-подзолистые почвы Салайского края: состав, свойства и микробиологическая характеристика // Современные проблемы генезиса, географии и картографии почв. Томск : Изд-во ООО Копи-М, 2011. С. 85–87.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1980. 223 с.
10. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. М. : Изд-во МГУ, 1995. 222 с.
11. Практикум по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. М. : Изд-во МГУ, 1976. 308 с.
12. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига и др. М. : Мир, 1997. Т. 1–2. 800 с.
13. Лименова М.Н., Гречушкина Н.Н., Азова Л.Г. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М. : Изд-во МГУ, 1971. 216 с.
14. Бранцевич Л.Г., Лысенко Л.Н., Овод В.В. и др. Микробиология. Киев : Изд-во Вища школа, 1987. 200 с.
15. Клевенская И.Л., Напиевская Н.Н., Галтимурова Н.И. Микрофлора почв Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1970. 222 с.
16. Головаченко А.В., Полянская Л.М. Сезонная динамика численности и биомассы микроорганизмов по профилю почвы // Почвоведение. 1996. № 10. С. 1227–1233.
17. Мишустина Е.Н. Географический фактор, почвенные типы и их микробное население // Микрофлора почв северной и средней части СССР. М. : Наука, 1966. С. 3–23.
18. Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв. М. ; Л. : Наука, 1965. 186 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 15 июня 2014 г.

MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF THE SODDY-PODZOLIC SOILS LOCATED IN BLACK TAIGA OF THE SALAIR RIDGE

Tomsk State University Journal. No. 387 (2014), 271-276. DOI: 10.17223/15617793/387/40

Lavrenteva Larisa V., Nikitich Polina A., Karlyukova Mariya A. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

E-mail: lavr61@mail.ru, polinkanick@mail.ru, razinama@mail.ru

Keywords: ammonifiers; destructors of nitrogen-free organic compounds; nitrogen fixers; population of microorganisms; quality content of micro-flora.

The authors of this study conducted research regarding the qualitative and quantitative composition of microorganisms in two soil profiles, pledged under different types of vegetation in the aspen-fir forest (section P1-C10) and in the forestless area under the tall grass (section P2-C10). Location included: Basin Mungai (Kemerovo Region, Industrial area). From the deeply bleached soddy-podzolic soils located under the black taiga of the Salair ridge and formed under different types of vegetation, there were extracted ammonifiers, utilizers of nitrogen-free organic compounds and oligonitrophilics. In sod-podzolic soil of aspen-fir forest there is a high number of microorganisms that destroy nitrogen-free organic matter, a slightly lower number of ammonificators and an even lower number of oligonitrophilics. The maximum number of organisms is observed in the forest litter and humus-accumulative horizon enriched with organic residues, with increase of depth the number of microorganisms reduces. The numbers of microorganisms in soil samples from the aspen-fir forest is much higher than from the non-forested land. Here are the most numerous destroyers of nitrogen-free organic compounds and processes of mineralization run more intensely, as it is evidenced by the coefficients of mineralization. The number of oligonitrophilic and aerobic nitrogen fixers in soils of two plots was not significantly different. In the soil located under tall vegetation, the number of the studied physiological groups of microorganisms is almost 10 times lower, the richest is the upper soil horizon, with the increase of depth the number microorganisms decreases and further remains at about the same level. The most numerous are ammonifiers. From the composition of microorganisms that destroy the nitrogen-free organic compounds there were extracted actinomycetes, among the microscopic fungi the most frequently are met representatives of the genera *Penicillium*, *Mucor*. In soil of aspen-fir forests there were also found fungi of the genera *Trichoderma*, *Alternaria*. Among ammonificators there were discovered microorganisms belonging to the genera: *Bacillus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Achromobacter*. Most numerous among them were bacilli. There were different types of this kind, also form the soils of both plots there were extracted colonies of *Bacillus mycoides*, forming specific colonies resembling the shape of a snowflake on the beef-extract agar. Composition ammonificators in the studied two sections of soil differ significantly in number and distribution over the profile of the yellow-pigment bacteria. On the basis of information on the colony and cell morphology, types of cell clusters and its tinctorial properties among the yellow pigment-forming bacteria there were extracted the members of the genus *Sarcina*. Number of sarcins is higher in the soil of treeless area, and their distribution in the profile is relatively equal.

REFERENCES

1. Zvyagintsev D.G. *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and microorganisms]. Moscow: MSU Publ., 1987. 256 p.
2. Aristovskaya T.V. *Mikrobiologiya protsessov pochvoobrazovaniya* [Microbiology of soil-forming processes]. Leningrad: Nauka Publ., 1980. 188 p.
3. Korsunov V.M. *Geneticheskie osobennosti glubokoopodzolennykh pochv chernvoy taygi Salaira i nekotorye elementy sovremennogo pochvoobrazovaniya v nikh* [Genetic features of deeply podzolic black taiga soils of Salair and some elements of modern soil in them]. In: Kovalev R.V. (ed.) *Lesnye pochvy gornogo okaymieniya yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri (Vostochnyy Altay, Gornaya Shoriya, Salair)* [Forest soils of the mountain bordering of the south-east of Western Siberia (Eastern Altai, Mountain Shoria, Salair)]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1974, pp. 133-197.
4. Usov M.A. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy Zapadno-Sibirskogo kraya* [Geology of ore deposits of the West Siberian region]. Tomsk: Zap.-Sib. GGGT Publ., 1935. 86 p.
5. Lashchinskiy N.N. *Rastitel'nost' Salairskogo kryazha* [Vegetation of the Salair Ridge]. Novosibirsk: Geo Publ., 2009. 263 p.
6. Vinokurov Yu.I., Platonova S.G., Skripko V.V. *Prirodno-resursnyy potentsial Altayskogo regiona* [Natural resource potential of the Altai region]. In: *Prirodno-resursnyy potentsial Ural'skogo i Zapadno-Sibirskogo prigranich'ya* [Natural resource potential of the Urals and West Siberian borderlands]. Novosibirsk: Sibirskoye nauchnoye izdatel'stvo Publ., 2010, pp. 85-106.

7. *Prirodnye usloviya i estestvennye resursy SSSR. Zapadnaya Sibir'* [Natural conditions and natural resources of the USSR. Western Siberia]. Moscow: USSR AS Publ., 1963. 487 p.
8. Lavrent'eva L.V., Nikitich P.A., Razina M.A. *Dernovo-podzolistye pochvy Salairskogo kryazha: sostav, svoystva i mikrobiologicheskaya kharakteristika* [Sod-podzolic soils of the Salair Ridge: composition, properties and microbiological characteristics]. In: Kulizhskiy S.P. (ed.) *Sovremennye problemy genezisa, geografii i kartografii pochv* [Modern problems of genesis, geography and cartography of soils]. Tomsk: Kপি- M Publ., 2011, pp. 85-87.
9. Zvyagintsev D.G. (ed.) *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moscow: MSU Publ., 1980. 223 p.
10. Egorov N.S. (ed.) *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii* [Guide to practical training in microbiology]. Moscow: MSU Publ., 1995. 222 p.
11. Egorov N.S. (ed.) *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow: MSU Publ., 1976. 308 p.
12. Krieg N.R., Holt J.G. (eds.) *Opredelitel' bakteriy Berdzhii* [Bergey's manual of systematic bacteriology]. Translated from English. Moscow: Mir Publ., 1997, vol. 1-2. 800 p.
13. Pimenova M.N., Grechushkina N.N., Azova L.G. *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii* [Guide to practical training in microbiology]. Moscow: MSU Publ., 1971. 216 p.
14. Brantsevich L.G., Lysenko L.N., Ovod V.V. et al. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. Kyiv: Vishcha shkola Publ., 1987. 200 p.
15. Klevenskaya I.L., Naplekova N. N., Galtimurova N.I. *Mikroflora pochv Zapadnoy Sibiri* [Soil microflora in Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1970. 222 p.
16. Golovchenko A.V. Polyanskaya L.M. Sezonnaya dinamika chislennosti i biomassy mikroorganizmov po profilu pochvy [Seasonal dynamics of number and biomass of microorganisms in the soil profile]. *Pochvovedenie – Eurasian Soil Science*, 1996, no. 10, pp. 1227-1233.
17. Mishustin E.N. *Mikroflora pochv severnoy i sredney chasti SSSR* [Microflora of the northern and middle parts of the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 1966, pp. 3-23.
18. Aristovskaya T.V. *Mikrobiologiya podzolistykh pochv* [Microbiology of podzolic soils]. Moscow; Leningrad: Nauka Publ., 1965. 186 p.

Received: 15 June 2014