МРНТИ: 34.01.45 DOI: 10.52301/1684-940X-2024-1-27-32

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВЫХ И ЛУГОВО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ

***Ц.Д.-Ц. Корсунова[1], Н.Д. Балданов[2]**
[1]Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
[2]Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Россия
**zinakor23@yandex.ru*

Аннотация

В работе рассмотрены микробиологическая активность и структурные особенности гуминовых кислот почв дельты реки Селенги, являющейся главной водной артерией озера Байкал. Объектами исследования стали аллювиальные луговые и лугово-болотные почвы, формирующиеся в различных условиях увлажнения и растительного покрова. Изучены физико-химические свойства почв, состав гумуса и гуминовых кислот, а также их микробиологические характеристики. Установлено, что гумус аллювиальных луговых почв отличается высокой степенью гумификации и преобладанием ароматических структур в гуминовых кислотах, что связано с активной деятельностью микроорганизмов. В лугово-болотных почвах избыточное увлажнение подавляет микробиологические процессы, снижая темпы разложения органического вещества. Спектроскопические и элементные исследования гуминовых кислот подтвердили их высокую консервативность, что обеспечивает устойчивость почв к внешним воздействиям и их адсорбционную способность. Результаты важны для оценки способности почв дельты реки Селенги выполнять биогеохимические и водоохранные функции.

Каждый тип почвы характеризуется определенными параметрами содержания и состава гумуса, которые зависят от зональных особенностей почвообразования. В пахотных почвах отмечается существенное изменение содержания гумуса и его качественного состава, оказывающее значительное влияние на ход почвенных процессов, в первую очередь, на гумусообразование и микробиологическую активность.

Устойчивость гумуса аллювиальной луговой и лугово-болотной почв дельты р. Селенги обусловлена структурно-функциональными параметрами гуминовых кислот. Выявлено высокое содержание ароматических фрагментов в составе молекул. Значительная доля реакционно-способных функциональных групп ГК определяет высокую адсорбционную емкость почв. Установлена численность и состав микробоценозов, дана оценка насыщенности почв микроорганизмами.

Ключевые слова: *микробиологическая активность, микробоценоз, численность и состав микроорганизмов, аллювиальные почвы, устойчивость гумуса, гуминовые кислоты, функциональные группы, адсорбционная способность.*

Введение. Микробиологическая активность – важное генетическое состояние почвы и их роль в почвообразовании определяется экологическими условиями. Поэтому имеется прямая связь биологической активности с факторами почвообразования. Оценка биологической активности почв, состав микробоценозов позволяют системный подход к разработке способов повышения плодородия агрофитоценозов и сохранению биопродуктивности аллювиальных луговых и лугово-болотных почв. Плодородие и экологическая устойчивость почв зависят не столько от количественного содержания органического вещества,

сколько от его качественных характеристик. Поэтому вопрос изучения микробиологической активности почв и физико-химических параметров гумусовых веществ в почвах дельты р. Селенги, главной водной артерии оз. Байкал, имеет особую актуальность для оценки их способности к выполнению водоохранных функций.

В связи с этим цель нашего исследования – дать оценку микробиологической активности почв и выявить структурные особенности гуминовых кислот почв дельты р. Селенги, используя современные не деструктивные методы.

Материалы и методы. Поскольку значительные площади дельты р. Селенги заняты аллювиальными луговыми и лугово-болотными почвами, эти типы почв выбраны в качестве объектов исследований. Аллювиальные луговые почвы расположены преимущественно в центральной части поймы р. Селенги и развиваются при нормальном атмосферно-грунтовом увлажнении под луговыми растительными ассоциациями. Почвообразование совершается в основном под влиянием оптимальных для данного района климатических и биологических факторов и не осложняется отложением свежего аллювия.

Лугово-болотные почвы формируются на периферической периодически затапливаемой части дельты в условиях длительного поверхностного и грунтового увлажнения под мезофильной злаковой-осоковой растительностью. Застойное переувлажнение вызвано сезонной мерзлотой, которая является водоупором и существенно снижает температурные показатели.

Основные физико-химические свойства почв изучены общепринятыми методами. Содержание органического углерода – методом Тюрина в модификации Никитина, азот общий – колориметрическим методом в модификации Соловьевой – Рихтер, групповой и фракционный состав гумуса - методом Тюрина в модификации Пономаревой - Плотниковой.

Препараты гуминовых кислот (ГК) выделены из гумусовых горизонтов исследуемых почв (слой 0-20см) экстракцией 0,1 н. NaOH по методике Д.С. Орлова – Л.А. Гришиной [1]. Элементный состав ГК исследовали на автоматическом элементном анализаторе CHNS/O PerkinElmer 2400 Series II, содержание кислорода рассчитано по разности. Содержание кислых функциональных групп определяли методом А.Ф. Драгуновой. Спектры ядерно-магнитного резонанса 13С-ЯМР были сняты на спектрометре Brucker AM-400 с частотой 100,614 МГц.

Микробиологические исследования проводились по общепринятым методам Звягинцева и др. [2]. Использовали следующие питательные среды: общее микробное число – МПА; актиномицеты – КАА; грибы – среда Чапека. Интенсивность разложения целлюлозы в природных условиях определялась опликационным методом.

Результаты и обсуждение. Аллювиальные луговые почвы характеризуются средне- и легкосуглинистым гранулометрическим составом, реакция среды слабощелочная. Содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 7,0 %, азота - 0,33, емкость поглощения - 48,1 мг-экв/100г почвы, с глубиной эти показатели существенно снижаются. Тип гумуса гуматный, степень гумификации высокая, в составе гуминовых кислот преобладают фракции, связанные с кальцием.

Лугово-болотные почвы супесчаные, реакция среды слабощелочная, емкость поглощения составляет 25,9 мг-экв/100г почвы. Гумусовый горизонт хорошо развит, содержание гумуса низкое – 4,2 %, азота – 0,36, тип гумуса фульватно-гуматный, степень гумификации высокая. Гуминовые кислоты представлены в основном фракциями ГК-2 и ГК-3.

Общее количество фитомассы, ежегодно поступающей в аллювиальную луговую почву, составляет 66,4 ц/га, а коэффициент минерализации составляет 1,32, что указывает на активную деятельность микроорганизмов. Продуктивность лугово-болотных почв значительно выше–166 ц/га, причем 90 %

приходится на корневую массу, но активность микрофлоры в этих почвах угнетена избыточным увлажнением, что определяет низкие темпы разложения растительных остатков и величину коэффициента минерализации (0,77) [3]. Микробиологические и биохимические показатели почв, лежащие в основе их потенциального плодородия, значительно ниже, а параметры их колебаний выше по сравнению с аналогичными типами почв других территорий, что предопределяет нестабильный уровень потенциального плодородия. Наряду с общими микробиологическими показателями почв отличия и контрасты параметров почвенного климата отдельных типов почв накладывают специфические особенности на микробиологические процессы, протекающие в этих почвах [4].

Несмотря на разные показатели общей численности микроорганизмов, группового состава и содержания их в гумусе изученных автоморфных и гидроморфных почв, обогащенность их микроорганизмами, по градации Звягинцева [5], на органических источниках питания оценивается как средняя, на минеральных источниках питания преимущественно бедная и очень бедная (Таблица 1).

Высокое содержание углерода (в пересчете на атомные проценты) и узкое отношением H:C (<1) в полученных препаратах свидетельствует о значительной доле ароматических фрагментов ядра в молекулах ГК исследуемых почв.

Это отношение уменьшается с усилением степени гумификации. Расчетная величина степени бензоидности средняя и составляет 37 и 28 % в ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных почв соответственно. Более низкие значения этого показателя в последних объясняется тем, что при неустойчивом гидротермическом режиме и низких темпах минерализации легкогидролизуемые компоненты, составляющие периферические алифатические цепи, накапливаются в большей степени, что приводит к относительному снижению доли углерода в составе ГК.

Таблица 1. Численность и состав микробоценозов в почвах, слой 0-20 см, (усредненные данные за 3 вегетационных периода).

Почва	**Общее число, КОЕ, n˙10^{n}, 1г почвы**	**Бактерии**	**Актиномицеты**	**Грибы**	**КАА МПА**	**Содержание микроорганизмов в гумусе, млн/г**
		% от общего числа				
Аллювиальная луговая	8,1	46,6	52,7	0,6	1,1	115,7
Лугово-болотная	6,6	55,8	43,7	0,5	0,8	157,1

Таблица 2. Элементный состав гуминовых кислот (среднее при n=3).

Почва	**Содержание, % ***				**Атомные отношения**			**Степень бензоидности**
	C	**H**	**N**	**O**	**H:C**	**O:C**	**C:N**	
Аллювиальная луговая	56,2 43,9	3,5 32,4	3,6 2,5	36,7 21,2	0,73	0,49	17,5	37
Лугово-болотная	53,6 41,2	3,7 33,9	3,4 2,2	39,3 22,7	0,82	0,54	18,7	28

* над чертой – содержание элементов в массовых %, под чертой – в атомных %.

В исследуемых препаратах доля атомов азота незначительная – 2,2-2,5%, как и в растительных остатках [6]. По содержанию кислорода четких особенностей не выявлено.

Таким образом, микробиологическая трансформация органического вещества в исследуемых почвах протекает с разной интенсивностью, что отражается на составе и структурных особенностях гуминовых кислот.

При анализе параметров гуминовых кислот на основе данных элементного состава наиболее информативными показателями являются содержание углерода и величина отношения Н: С, по которым можно судить об интенсивности и глубине процесса гумификации и, как следствие, степени конденсированности молекул ГК (таблица 2).

Высокое содержание углерода (в пересчете на атомные проценты) и узкое отношением Н:С (<1) в полученных препаратах свидетельствует о значительной доле ароматических фрагментов ядра в молекулах ГК исследуемых почв. Это отношение уменьшается с усилением степени гумификации. Расчетная величина степени бензоидности средняя и составляет 37 и 28 % в ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных почв соответственно. Более низкие значения этого показателя в последних объясняется тем, что при неустойчивом гидротермическом режиме и низких темпах минерализации легкогидролизуемые компоненты, составляющие периферические алифатические цепи, накапливаются в большей степени, что приводит к относительному снижению доли углерода в составе ГК.

В исследуемых препаратах доля атомов азота незначительная – 2,2-2,5%, как и в растительных остатках [6]. По содержанию кислорода четких особенностей не выявлено.

Таким образом, гуминовые кислоты исследуемых почв придельтовой части р. Селенги по элементному составу сходны с ГК аналогичных почв Западной Сибири [7].

Количество кислых функциональных групп отражает степень реакционной способности и адсорбционных свойств ГК. Гуминовые кислоты аллювиальной луговой и лугово-болотной почв характеризуются высоким общим содержанием этих групп, которое составляет 775 и 828 мг-экв/100 г соответственно. Значительная часть (504 и 435 мг-экв/100 г соответственно) приходится на карбоксильные группы, что, по данным Л.Н. Александровой, Чимитдоржиевой [8,9], характерно для наиболее зрелых ГК черноземов (375-530 мг-экв/100 г).

По результатам 13С-ЯМР-спектроскопии ГК аллювиальной луговой и лугово-болотной почв выявлено, что в спектрах доминирует сигнал в области химического сдвига 95-160 ppm, характерный для ароматических структур [3], причем в первом случае его интегральная интенсивность выше. Наряду с этим присутствуют сигналы алифатического углерода в виде менее интенсивных и узких пиков, а также сильные сигналы, относимые за счет углерода карбоксильных групп. Полученные данные хорошо согласуются с элементным составом и величинами отношений Н/С.

Заключение. Выявлено, что показатели общей численности микроорганизмов, группового состава и содержания их в гумусе изученных автоморфных и гидроморфных почв, обогащенность их микроорганизмами, по градации Звягинцева [5], на органических источниках питания оценивается как средняя, на минеральных источниках питания преимущественно бедная и очень бедная

Данные элементного состава и спектроскопии С13 ЯМР гуминовых кислот аллювиальных луговых и лугово-болотных почв свидетельствуют о высокой консервативности гумуса, и, следовательно, устойчивости почвенного покрова к различным воздействиям. Значительная доля реакционно-способных функциональных групп в составе ГК придает почвам высокую адсорбционную способность и является определяющим фактором при рассмотрении их в качестве биогеохимических природных дренов в дельте озера Байкал.

Список использованных источников

1.Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.

2. Гузев В.С., Бондаренко Н.Г., Бызов Б.А., Мирчинк Т.Г., Звягинцев Д.Г. Структура инициированного микробного сообщества как интегральный метод оценки микробиологического состояния почв // Журнал Микробиология. 2000. Т. 49, № 1. С. 134-139.

3.Калабин, Г.А., Канцкая Л.В., Кушнарев Д.В. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. – М.: Химия, 2000. – 498 с.

4.Кленов, Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 380 с.

5.Корсунова Ц.Д-Ц. Групповой состав микробного ценоза луговых почв дельты реки Селенга // Плодородие. 2011. № 6. С. 28-29.

6.Кожевин П.А., Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Динамика развития различных микроорганизмов в почве // Журнал Микробиология. 2000. Т. 48, № 4. С. 490-494.

7.Орлов, Д.С. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 156 с.

8.Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 286 с.

9.Чимитдоржиева, Г.Д. Гумус холодных почв: Экологические аспекты. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 145 с.

References

1.Orlov, D.S. Gumusovye kisloty i obshchaya teoriya gumifikatsii. – M.: Izd-vo MGU, 1990. – 325 s.

2.Guzev V.S., Bondarenko N.G., Byzov B.A., Mirchink T.G., Zvyagintsev D.G. Struktura initsiirovannogo mikrobnogo soobshchestva kak integral'nyy metod otsenki mikrobiologicheskogo sostoyaniya pochv // Zhurnal Mikrobiologiya. 2000. T. 49, № 1. S. 134-139.

3.Kalabin, G.A., Kanitskaya L.V., Kushnarev D.V. Kolichestvennaya spektroskopiya YaMR prirodnogo organicheskogo syr'ya i produktov ego pererabotki. – M.: Khimiya, 2000. – 498 s.

4.Klenov, B.M. Ustoichivost' gumusa avtomorfnykh pochv Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2000. – 380 s.

5.Korsunova Ts.D.-Ts. Gruppovoy sostav mikrobnogo tsenoza lugovykh pochv del'ty reki Selenga // Plodorodie. 2011. № 6. S. 28-29.

6.Kozhevin P.A., Polyanskaya L.M., Zvyagintsev D.G. Dinamika razvitiya razlichnykh mikroorganizmov v pochve // Zhurnal Mikrobiologiya. 2000. T. 48, № 4. S. 490-494.

7.Orlov, D.S. Praktikum po khimii gumusa. – M.: Izd-vo MGU, 1981. – 156 s.

8.Aleksandrova, L.N. Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii. – L.: Nauka, 1980. – 286 s.

9. Chimitdorzhieva, G.D. Gumus kholodnykh pochv: Ekologicheskie aspekty. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1990. – 145 s.

Материал поступил в редакцию 26.02.2024

Селенга өзенінің сағасындағы аллювиальды жайылымдық және жайылымдық-батпақтық топырақтардың микробиологиялық көрсеткіштері мен гумин қышқылдары

Аңдатпа

Жұмыста Байкал көлінің негізгі су артериясы болып табылатын Селенга өзенінің атырауы топырағының гумин қышқылдарының микробиологиялық белсенділігі мен құрылымдық ерекшеліктері қарастырылған. Зерттеу нысандары әртүрлі ылғалдылық пен өсімдік жамылғысында пайда болатын аллювиалды шалғынды және шалғынды-батпақты топырақтар болды. Топырақтың физика -химиялық қасиеттері, гумустың және гумин қышқылдарының құрамы, сондай-ақ олардың микробиологиялық сипаттамалары зерттелді. Аллювиалды шалғынды Топырақтардың гумусы гумификацияның жоғары деңгейімен және микроорганизмдердің белсенді белсенділігімен байланысты гумин қышқылдарындағы хош иісті құрылымдардың басым болуымен сипатталады. Шалғынды-батпақты топырақтарда артық ылғал микробиологиялық процестерді тежейді, Органикалық заттардың ыдырау қарқынын төмендетеді. Гумин қышқылдарының спектро-

скопиялық және элементтік зерттеулері олардың жоғары консервативтілігін растады, бұл топырақтың сыртқы әсерлерге төзімділігі мен адсорбциялық қабілетін қамтамасыз етеді. Нәтижелер Селенги өзенінің атырауы топырақтарының биогеохимиялық және суды қорғау функцияларын орындау қабілетін бағалау үшін маңызды.

Топырақтың әрбір типі топырақ түзілудің зоналық ерекшеліктерінен тәуелді болатын гумустың болуы мен құрамының белгілі бір параметрлерінмен сипатталады. Егістік топырақтарда топырақ процессінің жүруіне, ең алдымен, гумус түзілуіне және микробиологиялық белсенділікке маңызды әсер ететін гумустың болуы мен оның сапалық құрамындағы айтарлықтай өзгерістер белгіленеді.

Селенга өзенінің сағасындағы аллювиальды жайылымдық және жайылымдық-батпақтық топырақтардың гумусының тұрақтылығы гумин қышқылдарының құрылымдық-функционалдық параметрлеріне тәуелді болады. Молекулалардың құрамында ароматтық фрагменттердің жоғары болуы анықталды. Гумин қышқылдарының рекциялық-қабілетті функционалдық топтарының басым бөлігі топырақтардың жоғары адсорбциялық көлемін анықтайды. Микробиоценоздар құрамы мен саны анықталып, топырақта микроағзалар бар болуы мөлшері анықталды.

Түйінді сөздер: *микробиологиялық белсенділік, микробоценоз, микроағзалардың саны мен құрамы, аллювиальды топырақ, гумустың тұрақтылығы, гумин қышқылдары, функционалды топтар, адсорбциялық қабілет.*

Материал баспаға 26.01.24 түсті

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Microbiological indicators and humic acids of alluvial meadow and meadow-marsh soils of the Selenga River delta

Summary

The paper examines the microbiological activity and structural features of humic acids in soils of the Selenga River delta, the main waterway of Lake Baikal. The objects of the study were alluvial meadow and meadow-bog soils formed under various moisture and vegetation conditions. The physicochemical properties of soils, the composition of humus and humic acids, and their microbiological characteristics were studied. It was found that humus of alluvial meadow soils is characterized by a high degree of humification and a predominance of aromatic structures in humic acids, which is associated with the vigorous activity of microorganisms. In meadow-bog soils, excess moisture suppresses microbiological processes, reducing the rate of decomposition of organic matter. Spectroscopic and elemental studies of humic acids confirmed their high conservatism, which ensures soil resistance to external influences and their adsorption capacity. The results are important for assessing the ability of soils in the Selenga River delta to perform biogeochemical and water protection functions.

Each soil type is characterized by certain parameters of the content and composition of humus, which depend on the zonal features of soil formation. There is a significant change in the content of humus and its qualitative composition in arable soils, it has a significant influence on the course of soil processes and, above all, on the humification and microbiological activity.

Humus stability in alluvial meadow and meadow-marshy soils of the Selenga river delta is caused by structural and functional parameters of humic acids. High amount of aromatic fragments as a part of molecules is revealed. The considerable share of reactionary-capable functional groups defines high adsorption capacity of the soils.

Keywords: *alluvial soils, humus stability, humic acids, functional groups, adsorption capacity*

Material received on 26.02.24