

УДК 574.45

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ ПО ГРАДИЕНТУ ЗАСОЛЕНИЯ

С. М.-Х. Ахтаева, И. В. Ясулбутаева

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Приведены результаты сравнительной оценки показателей биологической активности почв разной степени засоления на основе анализа интенсивности разложения растительной органики и целлюлозы, а также потребления кислорода в верхнем гумусо-аккумулятивном горизонте в условиях Северо-Западного Прикаспия.

This work presents the results of comparative assessment of biological activity indicators of soils of different salinity degree based on the analysis of decomposition intensity of plant organic substances and cellulose as well as consumption of oxygen in the upper humus-accumulating horizon in the North-Western Caspian region.

Ключевые слова: засоленность почв; деструкция; потребление кислорода; растительная органика; целлюлоза.

Keywords: soil salinity; decomposition; oxygen consumption; organic plant; cellulose.

Засоленные почвы являются обязательными компонентами ландшафтов аридных земель. В Дагестане, согласно данным учета почвенных ресурсов, общая площадь засоленных почв достигает 1 млн 520 тыс. га [1]. Биологическая активность почв является интегральным показателем, и одними из основных ее составляющих являются дыхание почв и интенсивность процессов деструкции. Дыхание почв, оцениваемое как потребление кислорода, или продукция углекислого газа, является одним из лучших показателей процессов рециркуляции органического вещества или активности почв [2]. Декомпозиция рассматривается как закономерное свойство экосистем [3], процесс, чувствительный к изменениям в функционировании экосистемы и включающий в себя разрушение опада и перенос органического материала, питательных веществ в почву [4]. Это по существу биологический процесс [5], но в сильной степени подверженный воздействию абиотических факторов посредством их влияния на подстилочные и почвенные организмы, являющихся деструкторами.

Цель работы – сравнительная оценка биологической активности почв разной степени засоления на основе изучения интенсивности разложения растительной органики и целлюлозы, а также дыхания почв в верхнем (как наиболее активном) гумусо-аккумулятивном горизонте.

### Материал и методика

В качестве опытных нами были выбраны четыре участка на территории Присулакской равнины Дагестана с разной степенью засоления почв: 1) слабозасоленные, сульфатные (0.22% от массы почвы); 2) средnezасоленные, хлоридные (0.6%); 3) сильнозасоленные, сульфатные (2.17%); 4) очень сильнозасоленные, сульфатно-хлоридные (4.97%).

Участок со слабозасоленной почвой с луговой злаково-разнотравной растительностью расположен в пойме р. Кривая балка. Здесь же на средне- и сильнозасоленных участках характерна галлофитная растительность: полынно-эфемерно-злаковая и эфемерно-полынная соответственно. На участке с очень сильнозасоленной почвой растительность не образует сомкнутого покрова или практически отсутствует.

Согласно почвенному картированию [1] опытные участки расположены на луговых, луговых солончаковых в комплексе с солончаками почвах, глинистых и тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу.

Для оценки скорости декомпозиции использовалось два метода: экспозиции в почве проб фильтровальной бумаги и мешочков с сеном, которые довольно часто применяются в исследованиях для оценки почвенной активности, оборота веществ, потока энергии и т.д. [6–9]. Метод экспозиции в почве проб фильтровальной бумаги применяется для оценки скорости разложения чистой целлюлозы, содержащейся в больших количествах в любом растительном материале (в некоторых случаях до 50% [10]), и служит индикатором активности целлюлозолитических микроорганизмов. Деструкция стандартного, однородного материала позволяет сравнивать между собой способность утилизации растительного материала различными типами почв определенного состава и структуры.

Метод экспозиции проб мешков с сеном используется для оценки скорости декомпозиции растительной органики и позволяет оценить деструктивную активность всего почвенного эдафона. Метод основан на том, что мешки из нейлоновой сетки, в которые помещено определенное количество растительного материала, закладываются в почву на определенный период, после которого определяется убыток массы растительного материала за конкретный промежуток времени. От размера ячеек сетки зависит доступность растительного материала для почвенных организмов. Ячейки размером 2½ мм ограничивают доступ крупных видов почвенной фауны, а также предотвращают выпадение из мешков мелких фрагментов фитомассы [11]. Скорость разложения рассчитывалась как суточная потеря массы с одного грамма образца ( $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ ).

Дыхание почв оценивалось как количество потребляемого кислорода на грамм сухой массы почв в час ( $\text{мкл O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$ ). Наша цель в данной работе состояла в том, чтобы показать респираторный потенциал различных типов почв, а не измерить потребление кислорода в соответствующих естественных условиях. Измерения проводились в лабораторных условиях на волуметрическом респирометре с колбами объемом 25 мл согласно методике респирометрии [12] в трех температурных режимах: 6, 16 и 26°C при влажности 60% от полной влагоемкости почвы, общепринятой в подобного рода исследованиях [13–15]. Очищенная от корней и прочих растительных материалов почва была просеяна и находилась в морозильной камере. Впоследствии образцы почвы были акклиматизированы к соответствующей температуре и влажности в течение одного дня до фактических измерений. Статистическая обработка во всех случаях проведена в программе STATISTICA, версия 6.1.

Результативность измерения в значительной мере зависит от химических и физических особенностей почвы, поэтому их обязательно следует учитывать при выборе метода. Почвы, в которых производились измерения, были проанализированы на влажность, общую влагоемкость, содержание органики стандартными методами.

### Результаты и обсуждение

**Деструктивная активность почв.** Пробы сена и фильтровальной бумаги находились в почвах опытных участков в период с сентября по ноябрь 2012 г., продолжительность экспозиции всех образцов составила 71 сутки. Результаты исследований деструктивной активности почв представлены в табл. 1.

Полученные данные показали, что темпы разложения растительной органики в почвах каждого из четырех опытных участков были различны при  $p < 0.05$  для  $t$ -критерия (табл. 1). Скорость разложения фитоорганики была обратно пропорциональна уровню засоления, максимальное ее значение составило  $4.25 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$  для слабозасоленного участка, самая низкая скорость разложения была отмечена на очень сильнозасоленном участке –  $0.86 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$  (табл. 1).

**Таблица 1.** Интенсивность разложения растительной органики и целлюлозы в почвах опытных участков по градиенту засоления в естественных условиях степной зоны Дагестана

Почвы опытных участков	Сено			Фильтровальная бумага		
	Количество проб (шт.)	Средняя скорость разложения ( $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ ) $X \pm Sx$	Коэффициент вариации, V (%)	Количество проб (шт.)	Средняя скорость разложения ( $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ ) $X \pm Sx$	Коэффициент вариации, V (%)
1. Сульфатные, слабозасоленные	14	<b>4.25 ± 0.27</b>	24	29	<b>11.12 ± 0.22</b>	11
2. Хлоридные, средnezасоленные	19	<b>2.67 ± 0.26</b>	42,7	23	<b>0.22 ± 0.03</b>	77
3. Сульфатные, сильнозасоленные	20	<b>1.28 ± 0.13</b>	46	21	<b>0.16 ± 0.03</b>	63
4. Сульфатно-хлоридные, очень сильнозасоленные	19	<b>0.86 ± 0.07</b>	37	22	<b>0.10 ± 0.01</b>	80

Несколько иная картина получена по декомпозиции фильтровальной бумаги. Как видно из табл. 1, разложение целлюлозы на слабозасоленном участке протекало значительно интенсивнее, составив  $11.12 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$  ( $p < 0.05$  для  $t$ -критерия), тогда как уже при средней засоленности и выше скорость разложения фильтровальной бумаги была крайне незначительна.

Климатические условия в период экспозиции проб характерны для аридного климата и одинаковы для всех опытных участков, расположенные в непосредственной близости друг от друга. Все почвы опытных участков схожи по значениям общей влагоемкости и органики. Поэтому в данном случае возможно проследить характер влияния засоления на скорость разложения растительной органики при идентичности влияния других факторов на всех опытных участках, что отображено в табл. 1. Чем выше степень засоления почвы, тем ниже скорость деструкции фитоорганики.

Даже в сравнении с деструкцией фитоорганики скорость разложения целлюлозы была значительно ниже в средне-, сильно- и очень сильнозасоленных почвах (табл. 1), что, видимо, связано также с острой реакцией целлюлозолитических микроорганизмов на увеличение засоленности. Кроме того, при исследовании почв Прикаспийской низменности [16] отмечено, что микроскопические концентрации ионов, потенциально токсичных, таких как хлор и натрий, влияют положительно на витальность микробных сообществ. Однако характерные для солончаков их концентрации подавляют активность микробов [16], что также объясняет полученные данные по разложению сена и целлюлозы.

Полученные значения темпов разложения органики согласуются с аналогичными результатами по деструкции органики в степной почве в естественных условиях, которые были получены нами ранее [17–19].

**Дыхание почв.** Результаты респирометрии почв представлены в табл. 2. Данные в таблице приведены для температуры 26°C. Данное значение теплового режима является оптимальным для функционирования почв Северо-Западного Прикаспия, что отмечалось нами ранее [18], и является приближенным к естественному режиму вегетационного периода исследуемого района.

Темпы дыхания исследуемых почв достоверно различались по градиенту засоления (при  $p < 0.05$  для  $t$ -критерия) (табл. 2). Максимальная активность отмечена для средnezасоленной почвы, потребление кислорода составило  $3.586 \text{ O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$  (табл. 2), и была немного выше такового почвы слабозасоленного участка –  $3.025 \text{ мкл O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$  ( $p < 0.05$  для  $t$ -критерия) (табл. 2). На сильно- и очень сильнозасоленных почвах интенсивность дыхания не различалась ( $p < 0.05$  для  $t$ -критерия) и составила  $2.168$  и  $1.886 \text{ O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$  на 1 г сухой массы почвы соответственно (табл. 2).

**Таблица 2.** Интенсивность дыхания почв опытных участков при 60% относительной влажности (по влагоемкости) в температурном режиме 26°C

Почвы опытных участков	26°C		
	Количество проб (шт.)	Потребление $\text{O}_2$ (мкл $\text{O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$ (сухой массы)) $X \pm S_x$	Коэффициент вариации, V (%)
1. Сульфатные, слабозасоленные	30	<b>3.025 ± 0.126</b>	18.6
2. Хлоридные, средnezасоленные	30	<b>3,586 ± 0,173</b>	21.5
3. Сульфатные, сильнозасоленные	33	<b>2.168 ± 0.131</b>	30.7
4. Сульфатно-хлоридные, очень сильнозасоленные	31	<b>1.886 ± 0.096</b>	22.7

Как было отмечено выше, согласно исследованиям засоленных почв Прикаспийской низменности РД [16] микроскопические концентрации легкорастворимых солей положительно влияют на функционирование микробных сообществ, и чем выше их концентрация, тем выше витальность микроорганизмов. Очевидно, это и отразилось в высокой активности средnezасоленных почв, тогда как уровень засоленности 3-го и 4-го участков оказался угнетающим для микробного здоровья

Таким образом, различные по степени засоления почвы, находящиеся в одинаковых условиях гидротермального режима, показали разную активность в соответствии с уровнем их засоления. Почвы разного уровня засоления, схожие по содержанию органики и значениям общей влагоемкости, в целом показали убывающую активность по градиенту засоления.

Темпы потребления кислорода также снижаются с повышением уровня засоления. Однако согласно исследованиям засоленных почв Прикаспийской низменности [16] микроскопические концентрации потенциально токсичных ионов положительно влияют на функционирование микроорганизмов, что отразилось на более высоком уровне дыхания средnezасоленных почв сравнительно со слабозасоленными почвами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / М.А. Баламирзоев, Э.М.-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев. Махачкала, 2008. 336 с.
2. Gray T.R.G., Williams S.T. Microbial productivity in soil // *Microbes and biological productivity* / eds D.E. Hughes, A.H. Rose / Cambridge: University Publishing, 1971. P. 255–280.
3. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.
4. Mesquita R. de C.G., Workman S.W., Neely C.L. Slow litter decomposition in a Cecropia-dominated secondary forest of central Amazonia // *Soil Biol. Biochem.* 1998. Vol. 30. P. 167–175.
5. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics / P. Lavelle, E. Blanchart, A. Martin, S. Martin, A. Spain, F. Toutain, Barois I. and R. Schaefer // *Biotropica*. 1993. Vol. 26. P. 130–150.
6. Andreyashkina N.I., Peshova N.V. On assessing decomposition rates of plant debris and standard cellulose samples in Tundra communities // *Russian. J. Ecol.* 2001. Vol. 32, N 1. P. 52–55.
7. Jakubczyk H. Productivity investigation of two types of meadows in the Vistula valley. III. Decomposition rate of organic matter and microbiological activity // *Ecol. pol.* 1971. Vol. 19, N 9. P. 121–128.
8. Schädler M., Brandl R. Do invertebrate decomposers affect the disappearance rate of litter mixtures? // *Soil Biol. Biochem.* 2005. Vol. 37. P. 329–337.
9. Wiegert R.G., Evans F.C. Primary production and the disappearance of dead vegetation on a field in south-eastern Michigan // *Ecology*. 1964. Vol. 45. P. 49–63.
10. Копонова М. *Substancje organiczne gleby, ich budowa, właściwości i metody badań.* Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1968. 391 p.
11. Dziadowiec H. Rozkład ściyłki w wybranych ekosystemach leśnych (mineralizacja, uwalnianie składnikow pokarmowych, humifikacja) [Decomposition of litter, in chosen forest ecosystems (mineralization, relising nutrients, humification)] *Rozprawy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 1990.* 133 p.
12. Klekowski R.Z. Cartesian diver microrespirometry for terrestrial animals // *Grodzinski W., Klekowski R.Z., Duncan A.* (ed.). *Methods for ecological bioenergetics.* Oxford: Blackwell Sci. Publ. 1975. P. 201–211.
13. Dilly O. Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment in soils and litter // *Soil Biology and Biochemistry.* 2001. № 33. P. 117–127.
14. Ilstedt U., Nordgren A., Malmer A. Optimum soil water for soil respiration before and after amendment with glucose in humid tropical acrisols and a boreal mor layer // *Soil Biology and Biochemistry.* 2000. N 32. P. 1591–1599.
15. Vanhala P. Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils // *Soil Biology and Biochemistry.* 2002. N 34. P. 1375–1379.
16. Котенко М.Е., Гаджиева Э.М. Исследование зависимости состояния микробного сообщества от свойств засоленных почв // *Мониторинг: наука и технологии.* 2012. № 2 (11). С. 26–29.
17. Ясулбутаева И.В., Фишер З., Магомедов М.-Р.Д. Деструктивная активность различных типов почв Дагестана // *Проблемы региональной экологии.* 2007. № 6 (1). С. 68–74.
18. Ясулбутаева И.В., Магомедов М.М.-Р. Биологическая активность почв экотонных сообществ тамариковых зарослей Северо-Западного Прикаспия // *Юг России: экология, развитие.* 2011. № 2. С. 109–114.
19. Fischer Z., Niewinna M., Yasulbutaeva I. Intensity of organic matter decomposition in various landscapes of Caucasus (Daghestan) // *Pol. J. Ecol.* 2006. Vol. 54, N 1. P. 105–116.

Поступила в редакцию 14.01.2014 г.  
Принята к печати 14.03.2014 г.