УДК 631.416:574.4(470.67)

ФОСФАТАЗНАЯ И УРЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ГОРНЫХ И РАВНИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ДАГЕСТАНА

З. Н. Ахмедова, Н. И. Рамазанова, Г. Н. Гасанов

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Исследована фосфатазная и уреазная активность почв Терско-Сулакской и Среднегорной подпровинций Дагестана и выявлены сопряженные изменения активности ферментов с содержанием гумуса и рН почвы.

The phosphatase and urease activity of soils in the Terek-Sulak and mid-mountain sub-provinces of Daghestan has been studied and the associated changes in the activity of enzymes in connection with the content of humus and soil moisture have been determined.

Ключевые слова: тип почвы; гумус; рН; фосфатазная активность; уреазная активность; сезонная динамика.

Keywords: type soil; humus; pH; phosphatase activity; urease activity; seasonal dynamics.

Одним из важных показателей, характеризующих продуктивность почв, является ее ферментативная активность. Исследования в этой области проводились многими учеными [1–5], которые установили высокую эффективность использования этого показателя для диагностики динамики плодородия почв при различных антропогенных и естественных воздействиях на экосистемы. Преимуществом использования этого метода является возможность быстрого определения изменений, происходящих в экосистемах на самых ранних стадиях развития деградационных процессов, прогноз их направленности и степени проявления. Исследуемые нами ферменты относятся к классу гидролаз, играют существенную роль в гидролитическом расщеплении органических веществ, обогащая почву доступными для растений питательными элементами. Уреаза, в частности, катализирует гидролиз мочевины до углекислого газа и аммиака. Образовавшийся аммиак служит источником азотного питания растений. Фосфатаза участвует в разложении фосфорной кислоты и мобилизации доступного растением фосфора [4].

Такие исследования в Дагестане ранее не проводились. Поэтому изучение вопросов, связанных с определением ферментативной активности различных типов почв, показателей их плодородия, ее сезонной динамики, является актуальным в теоретическом и практическом отношении.

В этой связи целью данного исследования является установление уровней фосфатазной и уреазной активности основных типов почв равнинной и среднегорной подпровинций Дагестана, их сезонной динамики, определение закономерностей проявления активности в зависимости рН почвенного раствора и содержания органического вещества в почве.

Методика и материалы

Отбор и анализ образцов проводили по общепринятым в экологии методам. Пробы почв отбирались в весенний и летний периоды с поверхностного слоя почвы (0–10 см). Контролем служила почва, стерилизованная при температуре 180°C в течение 3 часов. Фосфатазная и уреазная активность оценивалась по шкале Гапонюк, Малахова [6] в мг $P_2O_5/10$ г/1 ч и в мг $NH_3/10$ г/24 ч соответственно.

Корреляционные связи ферментативной активности определялись с показателями плодородия почв: содержанием гумуса [7] и рН водной вытяжки [8]. Статистическая обработка результатов лабораторных анализов проведена с помощью пакета Microsoft Office Excel, 2007.

Исследования проводились на территории Терско-Сулакской (Тарумовский, Хасавюртовский, Кизилюртовский районы) и Среднегорной (Левашинский, Гунибский районы) подпровинций Дагестана.

Результаты исследований

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что минимальной фосфатазной и уреазной активностью среди исследуемых нами типов обладают светло-каштановая почва и солончак типичный Терско-Сулакской низменности (табл. 1). Эти показатели на каштановой

почве увеличиваются соответственно в 1.9–1.8 и 1.7–1.8 раза по сравнению с названными выше типами почв. Тем не менее все три типа укладываются в одну и ту же среднюю шкалу оценки [6]. Такое повышение активности ферментов происходит на фоне увеличения содержания гумуса от 1.32–1.87% в светло-каштановой почве и солончаке до 2.40% в каштановой и снижения щелочности почвы (рН) соответственно с 8.1 и 7.8 до 7.3.

Таблица 1. Уровень фосфатазной и уреазной активности различных типов почв Дагестана

Почва	Гумус, %	рН	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /10 г/ч		Уреаза, мг NH ₃ /10 г/24 ч	
			показатель активности	шкала оценки	показатель активности	шкала оценки
Светло-каштановая	1.32	8.1	1.9±0.1	средняя	11.0±1.4	средняя
Солончак типичный	1.87	7.8	1.8±0.4	средняя	10.4±1.0	средняя
Каштановая	2.40	7.3	3.4±0.3	средняя	18.8±0.6	средняя
Горно-луговая	6.80	6.4	6.5±1.1	высокая	27.8±0.5	средняя

Наибольшей ферментативной активностью среди исследуемых почв обладает горно-луговой тип Среднегорной подпровинции. По сравнению с каштановой почвой Терско-Сулакской низменности она повышается по фосфатазе в 1.9 раза, и по данному показателю почва может быть отнесена к высокой степени ферментативной активности. Активность уреазы в этой же почве, хотя и повышается в 1.5 раза по сравнению с каштановой, но по шкале оценки остается в среднем диапазоне (как и на всех других исследуемых почвах). Очевидно, из-за высокого содержания гумуса нивелируется возможное отрицательное влияние слабокислой реакции почвенного раствора горно-луговой почвы (рН = 6.4) и достигается высокий уровень фосфатазной и средний – уреазной активности этого типа почвы. На высокую активность гидролаз в горно-луговых почвах Кавказа, где гидролитические процессы протекают интенсивнее, чем окислительно-восстановительные, указывает и Д.Г. Звягинцев [6].

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что повышение ферментативной активности горно-луговой почвы происходит на фоне многократного (в 2.8–5.2 раза) увеличения содержания гумуса в почве по сравнению с каштановой, светло-каштановой почвами и солончаком типичным, что свидетельствует о наличии прямой коррелятивной зависимости между названными показателями. Эти зависимости выражаются уравнениями регрессии, приведенными в табл. 2.

Таблица 2. Математические зависимости между содержанием гумуса (%) в почве, реакцией почвенного раствора и активностью фосфатазы (мг P₂O₅/10 г/ч) и уреазы (мг NH₃ /10 г/24 ч) в различных типах почв Дагестана

Тип почвы	Содержание гумуса (x)		рН почвенного раствора (x)	
	ферментативная активность (Y)			
	фосфатазы	уреазы	фосфатазы	уреазы
Каштановая	$Y = -0.4128x + 4.4714;$ $r = 0.57$	$Y = 1.9266x + 12.247;$ $r = 0.63$	$Y = 5.9167x - 42.917;$ $r = 0.58$	$Y = -84.167x + 673.87;$ $r = 0.57$
Светло-каштановая	$Y = -0.4342x + 2.0158;$ $r = 0.30$	$Y = 4.7237x + 1.9737;$ $r = 0.86$	$Y = -1.125x + 11.025;$ $r = 0.60$	$Y = -5.125x + 53.292;$ $r = 0.74$
Солончак типичный	$Y = 0.25x + 1.45;$ $r = 0.36$	$Y = -2.8278x + 15.158;$ $r = 0.82$	$Y = -1.0714x + 10.879;$ $r = 0.46$	$Y = 9.4x - 68.83;$ $r = 0.80$
Горно-луговая	$Y = -0.0513x + 6.7769;$ $r = 0.57$	$Y = 2.0513x + 15.056;$ $r = 0.64$	$Y = -0.6667x + 10.967;$ $r = 0.57$	$Y = 26.667x - 152.38;$ $r = 0.64$

Пользуясь приведенными уравнениями, можно установить фосфатазную или уреазную активность почвы по данным содержания гумуса и рН в почве. Эти расчеты показывают также среднюю степень коррелятивной зависимости между показателями ферментативной активности, содержанием гумуса и рН во всех четырех типах почв ($r = 0.3-0.7$) и высокой степени – по показателям рН на светло-каштановой почве и солончаке типичном ($r = 0.74-0.86$).

Основным фактором увеличения гумуса в почве является количество и состав поступающего в нее органического вещества. В наших исследованиях на 1 га горно-луговой почвы поступило в среднем 22.6 ц/га воздушно-сухой массы растений, в то время как на такую же площадь каштановой почвы – 16.5, светло-каштановой – 10.8, солончака типичного – 12.1 ц/га. Формированию такого количества биомассы в Среднегорной подпровинции способствовало выпадение в среднем за год 573 мм осадков, в том числе за теплый период года (апрель – октябрь) 491.7 мм, что позволяло поддерживать влажность почвы в слое 0–60 см не ниже 70–75% от наименьшей влагоемкости (НВ). Термические условия также были благоприятны для роста и развития растений (среднемесячная температура воздуха за апрель – октябрь 16.2°C, за год 10.2°C). Такие гидротермические показатели являются оптимальными для прохождения биологических и биохимических, а также физико-химических и окислительно-восстановительных процессов и для гумификации органического вещества фитомассы. Поэтому горно-луговые почвы среднегорья, хотя и имеют слабокислую реакцию почвенного раствора, благодаря более высокому содержанию гумуса (6.8%) и гидротермическим показателям отличаются более высокой ферментативной активностью.

В Терско-Сулакской низменности за год выпадает 307–430 мм осадков, в том числе за апрель – октябрь – 267 мм при среднемесячной температура воздуха 17.6–18.0°C; гидротермический коэффициент по различным пунктам колеблется от 0.5 до 1.0. Такие условия не способствуют накоплению большой вегетативной массы, прохождению физико-химических и окислительно-восстановительных процессов в благоприятном для накопления гумуса в почве направлении. Поэтому каштановая, светло-каштановая почвы и солончак типичный имеют относительно низкую, по сравнению с горно-луговой почвой, ферментативную активность.

Проведенные нами исследования показали, что активность рассматриваемых ферментов мало зависит от конкретного периода года – весны или лета. Так, в среднем по исследуемым почвам этот показатель при весеннем сроке определения фосфатазы составил 3.2 мг P₂O₅/10 г/ч, при летнем – 3.6 мг P₂O₅/10 г/ч, уреазы – соответственно 15.8 и 15.7 мг NH₃ /10 г/24 ч (табл. 3).

Таблица 3. Влияние гидротермических условий на сезонную динамику фосфатазной (мг P₂O₅/10 г/ч) и уреазной (мг NH₃ /10 г/24 ч) активности различных типов почв

Тип почвы	Срок определения	Влажность почвы, % НВ	Температура воздуха, °С	Активность	
				фосфатазная	уреазная
Светло-каштановая	весна	73.3	18.2	1.6 ± 0.10	9.55 ± 0.22
	лето	64.6	26.1	1.3 ± 0.09	9.01 ± 0.10
Солончак типичный	весна	75.6	18.9	1.8 ± 0.16	9.92 ± 1.14
	лето	54.2	28.4	2.2 ± 0.22	9.16 ± 1.58
Каштановая	весна	66.2	17.3	3.1 ± 0.19	17.00 ± 0.55
	лето	65.2	24.2	4.2 ± 0.35	17.10 ± 0.64
Горно-луговая	весна	78.3	16.6	6.5 ± 0.28	26.93 ± 1.42
	лето	72.3	18.3	6.6 ± 0.11	27.64 ± 1.17

Если рассмотреть полученные показатели по каждому типу почвы, то уреазная активность светло-каштанового типа весной (в мае) оказалась на 0.54 мг NH₃ /10 г/24 ч выше, чем летом (в июле), а каштанового и горно-луговой почв – практически одинаковой. Фосфатазная активность солончака типичного и каштановой почвы в летний срок повышается соответственно на 12.2 и 13.5%, горно-луговой остается на том же уровне, а светло-каштановой почвы, наоборот, снижается на 23.1% по сравнению с весенним сроком определения. Поэтому мы считаем, что невозможно выявить определенную закономерность ферментативной активности исследуемых типов почв по сезонам года, она больше зависит от сочетания температуры воздуха и влажности почвы в каждый конкретный период года и активизации гидролитических процессов в указанные периоды [10].

Приведенные в статье данные по ферментативной активности почв могут быть использованы природоохранными и научными организациями в качестве отправных данных при биодиагностике и биомониторинге плодородия почв Дагестана.

Выводы

1. Почвы Терско-Сулакской низменности и Среднегорной подпровинции Дагестана по активности фосфатазы и уреазы соответствуют средним показателям оценочной шкалы. Только горно-луговая почва среднегорий имеет показатель (6.5 мг $P_2O_5/10$ г/ч), характерный для высокого уровня шкалы ферментативной активности.

2. Минимальная активность фосфатазы (1.9–1.8 мг $P_2O_5/10$ г/ч) и уреазы (мг NH_3 10 г/24 ч) наблюдается в светло-каштановой почве и солончаке типичном, где гумуса содержится 1.32–1.87%, показатель рН равен 8.1–7.8. В каштановой почве с содержанием гумуса 2.40%, показателем рН 7.3 активность фосфатазы повышается в 1.8–1.9 раза, уреазы – в 1.7–1.8 раза.

3. Выявлена средняя степень коррелятивной зависимости между показателями ферментативной активности и содержанием гумуса во всех четырех типах почв ($r = 0.3–0.7$), высокой степени – по показателям рН на светло-каштановой почве и солончаке типичном ($r = 0.74–0.86$).

4. Установить определенную закономерность динамики ферментативной активности исследуемых типов почв по сезонам года, судя по полученным нами данным, не представляется возможным, она больше зависит от сочетания температуры воздуха и влажности почвы в каждый конкретный период года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М., 1990. 189 с.
2. Галстян А.Ш. Об устойчивости ферментов почв // Почвоведение. 1982. № 4. С. 108–110.
3. Гончарова Л.Ю. Ферментативная активность основных типов почв Ростовской области в связи с их сельскохозяйственным использованием : автореф. дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 1991. 22 с.
4. Даденко С.В., Казеев К.Ш. Изменение ферментативной активности образцов почв при их длительном хранении // Биология грунтов. 2006. Т. 7, № 1–2. 80 с.
5. Ахмедова З.Н., Рамазанова Н.И. Диагностика состояния почв Дагестана по уровню гидролитических процессов // Вестн. ДГУ. 2013. Вып. 6. С. 172–175.
6. Звягинцев О.Г. Биологическая активность почв и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
7. Тюрин И.В. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 56–62.
8. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Госком. СССР по стандартам, 1985.
9. Даденко Е.В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ростов н/Д, 2004. 24 с.
10. Даденко Е.В. Сезонная динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного карбонатного // Тез. докл. Междунар. конф. «Ломоносов-2004». М., 2004. С. 43–44.

Поступила в редакцию 14.01.2013 г.
Принята к печати 18.03.2014 г.