

УДК 631.461

## ОСОБЕННОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЭЛЬБРУССКОГО ВАРИАНТА ПОЯСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© 2012 Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов

Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, г. Нальчик

Поступила в редакцию 19.04.2012

Определена ферментативная активность (инвертаза, фосфатаза, каталаза) в почвах степной зоны эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии. Максимальные показатели активности ферментов и содержания гумуса отмечены во влажно-луговой карбонатной почве, темно-каштановой карбонатной почве и черноземе обыкновенном. Выявлены сопряженные изменения активности ферментов между собой, с содержанием гумуса и pH почвенной среды.

Ключевые слова: *Центральный Кавказ, Кабардино-Балкария, степная зона, ферментативная активность почв*

В настоящее время в почвенно-экологических исследованиях довольно широко используется такой доступный и информативный показатель биологической активности почв как ферментативная активность [1-4]. Изучение активности ферментов, наряду с другими характеристиками, позволяет определить направленность и интенсивность процессов, протекающих в почве, и на основании этого предлагать пути и способы их регуляции для оптимизации ее экологического состояния [5]. Несмотря на то, что использование показателей активности ферментов при оценке общей биологической активности и плодородия почвы является общепринятым [3, 4], в научной литературе данные по биологическим характеристикам почв Центрального Кавказа, в частности Кабардино-Балкарии, нам не известны. Поэтому получение, накопление и изучение данных по ферментативной активности, как важнейшего показателя биологических свойств почвы, является необходимой составляющей почвенно-экологических исследований республики. Следует отметить, что особенности активности некоторых ферментов в различных подтипах почв равнинной и предгорной территорий эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии авторами данной работы изучены ранее [6, 7].

*Хежева Фатима Владимировна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований. E-mail: him\_lab@mail.ru*

*Улигова Татьяна Сахатгериевна, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований*

*Темботов Рустам Хасанбиевич, инженер-исследователь лаборатории почвенно-экологических исследований*

**Цель исследования:** изучение активности ряда важнейших почвенных ферментов – каталазы, инвертазы, фосфатазы сопряженно с содержанием гумуса и реакцией почвенной среды в почвах степной зоны эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии.

**Материал и методы исследования.** Исследованию были подвергнуты различные подтипы почв, представленные 10 разновидностями, распространенные в степной зоне эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии (по типизации Соколова, Темботова, 1989) [8]. Степные ландшафты занимают северо-восточную часть республики в пределах от 170 до 400 м над ур.м. на равнинной территории Чегемского, Прохладненского и Баксанского районов [9]. Почвообразующие породы – карбонатные глины, лессовидные суглинки и древние аллювиальные отложения [10, 11]. Наиболее распространенные почвы – темно-каштановая карбонатная и чернозем южный карбонатный.

При выполнении работы сбор и анализ почвенных образцов на ферментативную активность осуществляли по общепринятым в экологии и почвоведении методам [2, 3, 12]. Пробы почв отбирались с поверхностного слоя (0-10 см) методом конверта в естественных биоценозах в летний период 2010 г. (высотные пределы точек отбора проб 181-400 м над ур.м., координаты N 43°39'164" - 43°55'898", E 43°38'734" - 44°10'612", рис. 1). Для определения мест отбора образцов использовали почвенную карту [13]. В лабораторных условиях почвы подвергались тщательной очистке, сушке до воздушно-сухого состояния, измельчению.

Контролем служили стерилизованные почвы (180°, 3 час). Всего проанализировано 37 почвенных образцов; повторность в опыте трехкратная.

О ферментативной активности почв судили по активности ферментов разных классов: гидролитических – инвертаза и фосфатаза и окислительно-восстановительных – каталаза, которые оценивались по шкале Гапонюк,

Малахова [14]. Активность этих ферментов – существенный показатель, отражающий уровень плодородия и биологическую активность почв [1-4]. В комплексе с активностью ферментов определялись pH [15] и процентное содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Никитина [3]. Корреляционный (по Пирсону) и кластерный анализы выполнены с использованием программы «Statistica-7».

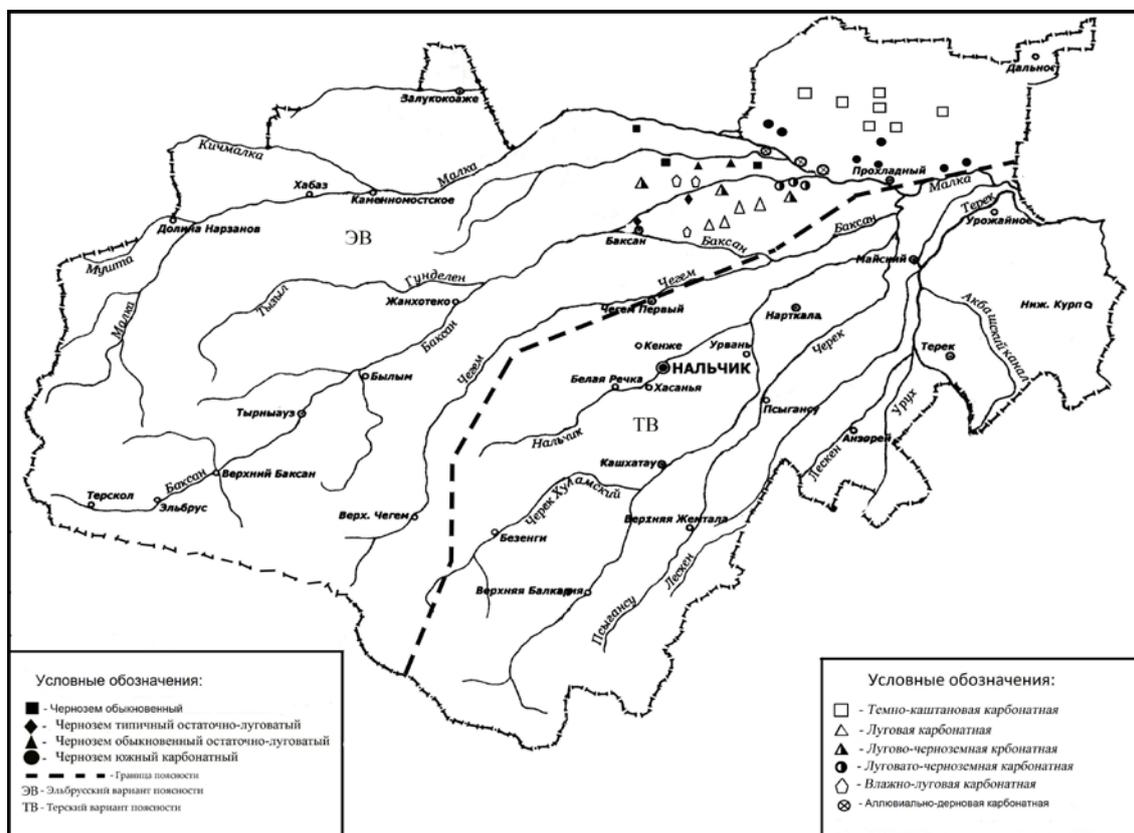


Рис. 1. Места отбора почвенных образцов

**Результаты и их обсуждение.** Учитывая, что одними из природных факторов, влияющих на ферментативную активность, являются генетически устойчивые характеристики почв – содержание гумуса и реакция почвенного раствора, представлялось важным изучение этих свойств и выявление сопряженной связи с уровнем активности ферментов. В таблице представлен исследуемый почвенный ряд эльбрусского варианта поясов, который разделен на три группы – почвы, развивающиеся в автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных условиях.

Результаты проведенных исследований поверхностного слоя почв выявили, что изученные почвы характеризуются слабощелочными условиями (табл.), хотя большинство ферментов наиболее активны при нейтральной pH среды [4]. Как показали данные корреляционного анализа, для представленного ряда

почв отмечены отрицательные средняя ( $r = -0,44-0,63$ ) и сильная ( $r = -0,76-0,99$ ) сопряженные связи между реакцией почвенной среды и активностью изученных ферментов. Представленные данные (табл.) позволили установить, что изученные почвы, в основном, по содержанию гумуса относятся к среднегумусным почвам, за исключением аллювиально-дерновой карбонатной почвы, характеризующейся низкими показателями. Максимальное содержание гумуса наблюдается во влажно-луговой карбонатной почве и в черноземе обыкновенном. Наименее гумусированы такие почвы, как чернозем типичный остаточно-луговой и луговая карбонатная. Остальные почвы занимают промежуточное положение. При этом достоверные отличия по исследуемому признаку обнаружены только в группе автоморфных ( $t = 2,1-2,7$ ) и гидроморфных ( $t = 2,7-3,4$ ) почв.

**Таблица.** Активность ферментов и некоторые характеристики различных подтипов почв степной зоны эльбрусского варианта поясности (в пределах Кабардино-Балкарии)

№ пр о-бы	Подтипы почвы	pH	Гумус, %	Инвертаза, мг глюкозы /1г/24часа	Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100г/1 час	Каталаза, мл O <sub>2</sub> /1г /1мин	Суммарная относительная ФА, %
автоморфные почвы							
1	темно-каштановая карбонатная	8,1	4,30±0,23	22,74±3,27	23,89±1,39	6,44±1,02	81
2	чернозем южный карбонатный	8,1	3,95±0,44	15,37±2,32	18,02±1,90	7,62±0,51	71
3	чернозем обыкновенный	7,9	5,02±0,13	15,83±1,71	26,60±12,29	5,73±1,10	88
4	чернозем обыкновенный остаточнo-луговатый	8,1	4,33±0,38	12,14±1,32	16,78±2,39	7,48±0,58	65
5	чернозем типичный остаточнo-луговатый	7,7	3,51±0,72	3,53±0,74	11,62±4,43	3,58±0,74	41
полугидроморфные почвы							
6	луговато-черноземная карбонатная	8,1	5,21±0,74	13,21±0,98	18,84±3,61	5,08±0,71	58
7	лугово-черноземная карбонатная	8,1	3,86±0,12	16,73±4,69	22,62±2,10	5,43±0,08	67
гидроморфные почвы							
8	луговая карбонатная	7,9	3,48±0,38	8,12±2,53	15,77±1,89	1,87±0,23	34
9	влажно-луговая карбонатная	7,9	6,69±1,11	26,28±5,87	37,67±10,97	6,82±0,69	100
10	аллювиально-дерновая карбонатная	8,3	2,22±0,74	3,46±0,73	12,31±0,93	2,22±0,64	26

Сравнительный анализ полученных данных с показателями шкалы Гапонюк, Малахова [14] выявил слабый и средний уровень активности инвертазы в поверхностном слое изученного ряда почв (табл.). Активность фермента максимальна у такого представителя автоморфных почв как темно-каштановая карбонатная почва, достоверно отличающаяся от почв с низкими показателями фермента ( $t=3,0-5,7$ ). Наибольшей инвертазной активностью характеризуется влажно-луговая карбонатная почва, достоверно превышающая данный показатель в группе гидроморфных почв ( $t=2,8-3,9$ ). Для изученных разновидностей почв отмечена тесная положительная корреляционная связь содержания гумуса с активностью инвертазы ( $r=0,73-0,99$ ), за исключением аллювиально-дерновой карбонатной почвы, имеющей отрицательную сопряженную связь ( $r=-0,96$ ).

Проведенный анализ представленных величин фосфатазной активности показывает (табл.), что исследуемые подтипы почв по существующей классификации [14] относятся к категории со средним уровнем активности, за исключением аллювиально-дерновой карбонатной

почвы. Максимальная активность фосфатазы отмечена для влажно-луговой карбонатной почвы и чернозема обыкновенного, характеризующихся и наибольшей гумусированностью. Только в группе гидроморфных почв между влажно-луговой и аллювиально-дерновой карбонатной почвами выявлено достоверное отличие показателей активности изученного фермента ( $t=2,3$ ). Согласно данным корреляционного анализа прослеживается положительная сопряженная связь между активностью фосфатазы и содержанием гумуса ( $r=0,61-0,99$ ).

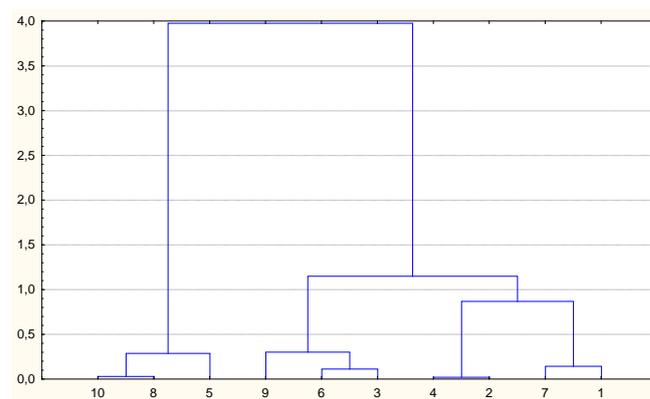
Полученные данные по активности каталазы позволили установить, что автоморфные и полугидроморфные почвы согласно оценочной шкалы [14] относятся к почвам со средней активностью данного фермента (табл.). При этом следует отметить, что наибольшая каталазная активность выявлена для автоморфных почв (черноземы южный карбонатный и обыкновенный остаточнo-луговатый). Гидроморфные почвы характеризуются очень низкой каталазной активностью за исключением влажно-луговой карбонатной почвы, имеющей

максимальную активность фермента, достоверно ( $t=4,9-6,8$ ) превышающую аналогичные показатели в данной группе почв (табл.). Полугидроморфные почвы занимают промежуточное положение по величине активности изученного фермента. Корреляционный анализ позволяет отметить как положительную ( $r=0,42-0,99$ ), так и отрицательную ( $r=-0,40-0,97$ ) зависимости между содержанием гумуса в почвенных образцах и уровнем активности каталазы.

По показателям суммарной относительной ферментативной активности, полученным в результате суммирования данных, пересчитанных в относительных величинах (процентах) [4], наибольшими величинами активности из изученного ряда почв характеризуются влажно-луговая карбонатная (100%), темно-каштановая карбонатная почва (81%) и чернозем обыкновенный (71%), обладающие и более высоким содержанием органического вещества (табл.). Минимальную активность проявляют чернозем типичный остаточно-луговатый (32%), луговая карбонатная (34%) и аллювиально-дерновая карбонатная (26%) почвы, характеризующиеся слабой гумусированностью. Проведенный корреляционный анализ уровней ферментативной активности показал, что изученные почвы, в основном, характеризуются положительной коррелированностью активности ферментов ( $r=0,3-0,99$ ). Сильная положительная связь отмечена между активностью гидролитических ферментов ( $r=0,73-0,99$ ). Отрицательные коэффициенты корреляции выявлены между активностью каталазы и инвертазы ( $r=-0,96$ ), каталазы и фосфатазы ( $r=-0,15$ ) для лугово-черноземной карбонатной почвы. В аллювиально-дерновой карбонатной почве между всеми изученными ферментами выявлена сильная отрицательная связь ( $r=-0,91-1$ ).

По совокупности пяти изученных признаков кластерный анализ разделяет изученные почвы на три класса (рис. 2). В один класс объединены почвы с более высоким содержанием гумуса (почвы под номерами 3, 6, 9). В следующий класс входят почвы со средними показателями изученных свойств (1, 2, 4, 7). Эти два класса почв сходны по изученным свойствам. Обособленно от них сгруппированы в третий класс почвенные разновидности (5, 8, 10), характеризующиеся минимальным содержанием органического вещества и уровнем активности почвенных ферментов среди всех классов. Каждый из трех классов сформирован из различных по генезису почв, которые идентичны по содержанию гумуса, величине pH и уровню активности изученных ферментов. Генетически однородные почвы вошли в разные кластеры, очевидно, в силу мозаичности и

полидисперсности почвы как среды протекания энзиматических реакций и мозаичности ферментного пула почвы [5]. Следует отметить, что представленные результаты исследований, в том числе и кластерный анализ, отражают особенности почвенных свойств поверхностного горизонта почв. Учитывая, что почва – это сложный набор генетических горизонтов или слоев различного генезиса и свойств, имеющих свои биологические особенности, не совпадающие со свойствами верхних горизонтов [1], представляется важным проведение дальнейших исследований с использованием профильно-генетического метода оценки биологической активности почв.



*Примечание:* 1 – темно-каштановая карбонатная, 2 – чернозем южный карбонатный, 3 – чернозем обыкновенный, 4 – чернозем обыкновенный остаточно-луговатый, 5 – чернозем типичный остаточно-луговатый, 6 – луговато-черноземная карбонатная, 7 – лугово-черноземная карбонатная, 8 – луговая карбонатная, 9 – влажно-луговая карбонатная, 10 – аллювиально-дерновая карбонатная

**Рис. 2.** Кластерный анализ (Ward's method, 1 – Pearson – r) по 10 разновидностям почв. Достоверность  $P \leq 0,9$

**Выводы:** впервые изучены особенности ферментативной активности различных почв равнинной территории эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии. Проведенные исследования позволяют заключить, что по совокупности изученных свойств наибольшей биологической активностью характеризуется влажно-луговая карбонатная почва, за которой следуют темно-каштановая карбонатная почва и чернозем обыкновенный. С помощью кластерного анализа изученные подтипы почв разделены на три класса почв с однородными свойствами. По значимости, изученные почвенные свойства, влияющие на формирование каждого класса, располагаются в следующей последовательности в порядке убывания: содержание гумуса > уровень активности ферментов > pH. Установленные тесные коррелятивные связи уровней активности ферментов с

генетически устойчивыми характеристиками почв делают возможным использование ферментативной активности в почвенно-экологических и диагностических целях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вальков, В.Ф. Методология исследования биологической активности почв. (На примере Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Научная мысль Кавказа. 1999. №1. С. 32-37.
2. Вальков, В.Ф. Почвы юга России: классификация и диагностика / В.Ф. Вальков, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2002. 349 с.
3. Казеев, К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / В.Ф. Вальков, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
4. Казеев, К.Ш. Биология почв Юга России / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
5. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. 189 с.
6. Хежева, Ф.В. Ферментативная активность черноземов эльбрусского варианта пояности Кабардино-Балкарии / Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 1 (5). С. 1236-1240.
7. Улигова, Т.С. Активность дегидрогеназы и уреазы равнинных и предгорных почв эльбрусского варианта пояности Центрального Кавказа / Т.С. Улигова, Ф.В. Хежева, Р.Х. Темботов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 6 (44). С. 41-49.
8. Соколов, В.Е. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные / В.Е. Соколов, А.К. Темботов. – М.: 1989. 547 с.
9. Темботов, А.К. Животный мир Кабардино-Балкарии / А.К. Темботов, Х.Х. Шхашамишев. – Нальчик: Эльбрус, 1984. 192 с.
10. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и рекомендации по их использованию. Нальчик. Государственный проектный институт по землеустройству СевКавНИИгипрозем. – Нальчик, 1984. 201 с.
11. Атлас Кабардино-Балкарской Республики. – М., 1997.
12. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Госком СССР по стандартам, 1985. С. 1-6.
13. Молчанов, Э.Н. Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР / Э.Н. Молчанов, В.Д. Калмаков, А.К. Романова и др. – Новосибирск: Роскартография, 1984.
14. Гапонюк, Э.И. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв / Э.И. Гапонюк, С.В. Малахов // Труды 4-го Всесоюзного совещания. Обнинск, июнь 1983. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. С. 3-10.
15. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО. – М.: Госкомстандарт СССР, 1985. С. 3-6.

## FEATURES OF STEPPE ZONE SOILS ENZYMATIC ACTIVITY OF ELBRUS VERTICAL ZONATION VARIANT AT CENTRAL CAUCASUS

© 2012 F.V. Khezheva, T.S. Uligova, R.Kh. Tembotov

Institute of Mountain Territories Ecology of KBSC of RAS, Nalchik

Enzymatic activity (invertase, phosphatase, catalase) in steppe zone soils of Elbrus vertical zonation variant at Kabardino-Balkaria is defined. The maximal indexes of activity of enzymes and the maintenance of humus are marked out in the wet and meadow carbonaceous soil, the dark-chestnut carbonaceous soil and chernozem ordinary. The conjugate changes of enzymes activity among themselves, with the maintenance of humus and soils pH are revealed.

Key words: *Central Caucasus, Kabardino-Balkaria, steppe zone, soils enzymatic activity*

*Fatima Khezheva, Candidate of Chemistry, Senior Research Fellow at the Laboratory of Soil and Ecological Researches. E-mail: him\_lab@mail.ru*

*Tatiana Uligova, Senior Research Fellow at the Laboratory of Soil and Ecological Researches*

*Rustam Tembotov, Engineer-Researcher at the Laboratory of Soil and Ecological Researches*