

УДК 631.465

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ЭЛЬБРУССКОГО ВАРИАНТА ПОЯСНОСТИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

© 2011 Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов

Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, г. Нальчик

Поступила в редакцию 19.05.2011

Определена ферментативная активность (инвертаза, фосфатаза, каталаза) черноземных почв степной зоны и пояса луговых степей эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии. Изученные почвы проявляют среднюю ферментативную активность. Максимальная активность ферментов, содержание гумуса и гигроскопическая влажность отмечена в черноземах обыкновенном и типичном. Выявлены сопряженные изменения активности ферментов между собой, с содержанием гумуса и гигроскопической влажностью.

Ключевые слова: *Кабардино-Балкария, черноземы, ферментативная активность*

К числу наиболее информативных показателей биологической активности почвы относятся такие биохимические показатели как содержание гумуса в почве и ферментативная активность – в первую очередь активность оксидоредуктаз и гидролаз как наиболее чувствительные и в то же время значительно менее варьирующие по сравнению с микробиологическими и зоологическими показателями [1, 2]. Вопрос об использовании показателей ферментативной активности в качестве дополнительного диагностического показателя для разных типов почв, в частности, почв Северного Кавказа, наиболее полно раскрыт в работах Валькова, Колесникова, Казеева [1-4]. До настоящего времени изучение ферментативной активности почв в биогеоценозах Кабардино-Балкарии, расположенной в центральной части северных склонов Большого Кавказа, предгорьях и равнинах, не проводилось. Большое разнообразие почв, отличающихся морфологическими признаками, механическим составом, химическими и водно-физическими свойствами, обусловлено смешанной зональностью, присущей Северному Кавказу [1] равно как и Центральному. Многообразие типов почв Кабардино-Балкарии делает весьма актуальным в теоретическом и практическом отношении изучение вопросов, связанных с определением ферментативной активности почв в различных природно-климатических условиях в зависимости от широтной зональности и высотной поясности Центрального Кавказа. Следует отметить, что особенности ферментативной активности различных подтипов почв равнинной и предгорной

территорий терского варианта поясности Кабардино-Балкарии авторами данной работы изучены ранее [5, 6].

**Цель исследования:** определение каталазной, инвертазной и фосфатазной активностей черноземов эльбрусского варианта поясности республики (по типизации Соколова, Темботова, 1989 [7]) в комплексе с содержанием гумуса, гигроскопической влажностью и реакцией почвенной среды.

**Краткая характеристика района исследования.** Исследуемые черноземы, относящиеся к черноземам южно-европейской фации, распространены в степной зоне и поясе луговых степей (лесостепья) эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии. 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. Лесостепья расположены в предгорной полосе Зольского района республики в пределах от 400-500 до 700-800 м над ур. м. и характеризуются слабовсхолмленной поверхностью с наклоном к северо-востоку, расчлененную глубокими балками [8]. Почвообразующие породы – карбонатные глины, лессовидные суглинки и древние аллювиальные отложения [9, 10]. Все подтипы черноземов обладают зернистой структурой. Мощность почвенного горизонта достигает 120-150 см.

Черноземы получили развитие под степной и лугово-степной многолетней травянистой растительностью в условиях мягкого, несколько засушливого климата со слабым зимним промерзанием и летним высыханием почв. Они представлены рядом подтипов, родов, видов и разновидностей, распространенных в степной зоне и поясе луговых степей [11]. Соответствующие фитоценозы (разнотравно-злаковые, злаково-разнотравные, злаковые и разнотравные) несколько варьируют по видовому составу. Из разнотравья

*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. E-mail: him\_lab@mail.ru*  
*Темботов Рустам Хасанбиевич, инженер-исследователь лаборатории почвенно-экологических исследований. E-mail: him\_lab@mail.ru*

преобладают полынью обыкновенная, зверобой пронзенный, тысячелистник обыкновенный, бодяк полевой, подорожник и др. Из злаков многочисленны мятлик луговой, пырей ползучий, овсяница луговая, тимopheевка луговая, костер полевой и др.

**Материал и методы исследования.** При выполнении работы сбор и анализ почвенных образцов на ферментативную активность осуществляли по общепринятым в экологии и почвоведении методам [2, 3, 12, 13]. Пробы почв отбирались с поверхностного слоя (0-10 см) методом конверта в естественных биоценозах в летний период 2010 г. (высотные пределы точек отбора проб 181-762 м над ур. м., координаты N 43°35'720" - 43°93'810", E 43°08'741" - 44°10'612", рис. 1). Подтипы почв определялись по почвенной карте [14]. В лабораторных условиях почвы подвергались тщательной очистке, сушке до воздушно-сухого состояния, измельчению. Контролем служили стерилизованные почвы (180°, 3 час). Всего проанализировано 33 почвенных образца, относящиеся к 4 подтипам (обыкновенный, типичный, южный и выщелоченный). Повторность в опыте трехкратная.

О ферментативной активности почв судили по активности ферментов разных классов: окислительно-восстановительных – каталаза и гидролитических – инвертаза и фосфатаза, которые оценивались по шкале Э.И. Гапонюк, С.В. Малахова [15]. Исследуемые ферменты представляют особый интерес при изучении процессов первичного почвообразования. Каталаза разрушает ядовитую для растений перекись водорода, образующуюся в процессе их дыхания и в результате биохимических реакций окисления органических веществ. Инвертаза осуществляет гидролитическое и трансферазное расщепление сахарозы и ее производных. Фосфатаза катализирует гидролиз фосфорорганических соединений по фосфорно-эфирным связям [4]. В комплексе с активностью ферментов определялись рН [16], гигроскопическая влажность [17] и процентное содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Никитина [2], а также корреляционные связи (по Пирсону) между ними. Статистическая обработка полученных данных осуществлена с помощью программ «Excel» и «Statistica-6».

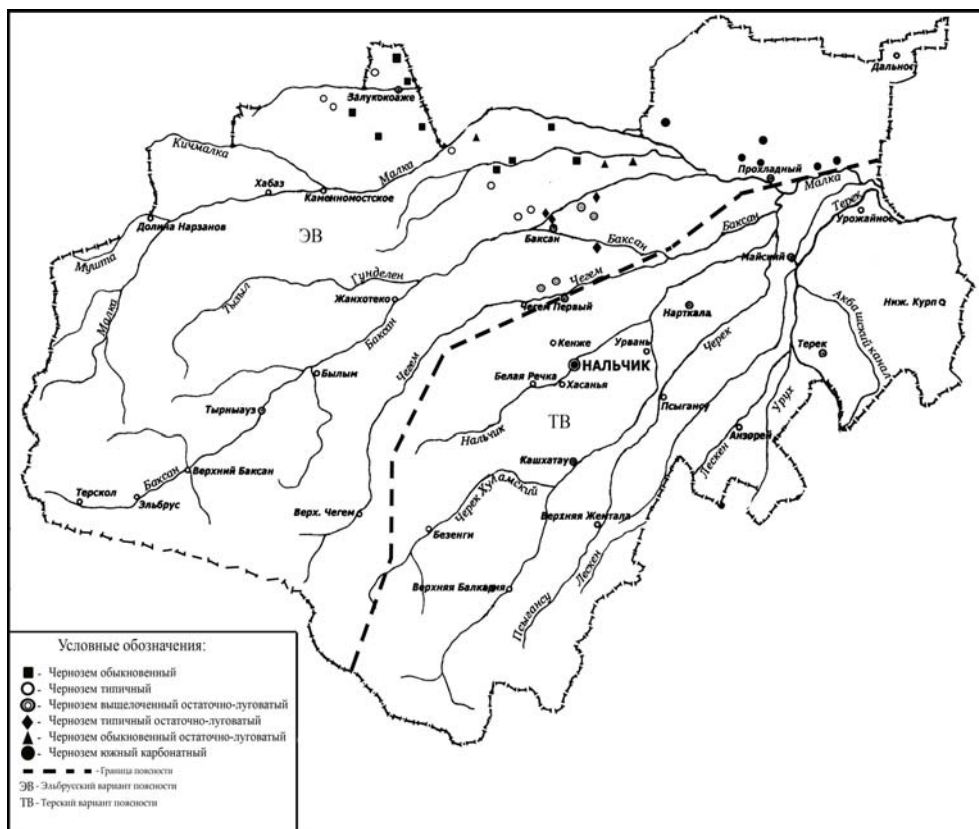


Рис. 1. Места отбора почвенных образцов

**Результаты и их обсуждение.** Поскольку уровень активности ферментов в почве определяется ее химическими и физико-механическими свойствами, содержанием органического вещества, механическим составом, реакцией среды и т.д. [12], представлялось важным определение,

наряду с активностью ферментов, содержания гумуса, гигроскопической влажности и рН среды. Результаты проведенных исследований поверхностного слоя черноземов эльбрусского варианта пояса Кабардино-Балкарии представлены в таблице.

**Таблица.** Средние значения некоторых характеристик различных подтипов черноземов степной зоны и пояса луговых степей эльбрусского варианта поясности

Подтипы почвы	pH	Влажность, %	Гумус, %	Инвертаза, мг глюкозы /1г/24часа	Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100г/1час	Каталаза, мл O <sub>2</sub> /1г /1мин
чернозем обыкновенный	7,9	4,64±0,35	6,16±0,42	22,86±2,53	31,65±3,92	6,40±0,40
чернозем типичный	7,6	4,60±0,25	6,85±0,49	23,50±2,61	29,89±2,43	7,58±0,58
чернозем выщелоченный остаточно- луговатый	7,4	3,09±0,30	4,17±0,51	13,09±3,16	16,99±2,71	4,85±0,42
чернозем типичный остаточно- луговатый	7,9	2,90±0,33	4,41±0,69	5,92±2,83	16,17±3,55	4,11±0,66
чернозем обыкновенный остаточно- луговатый	8,1	3,84±0,34	4,33±0,38	12,14±1,32	16,78±2,39	7,48±0,58
чернозем южный карбонатный	8,1	3,08±0,17	4,00±0,38	15,37±2,32	18,02±1,90	ч,62±0,51

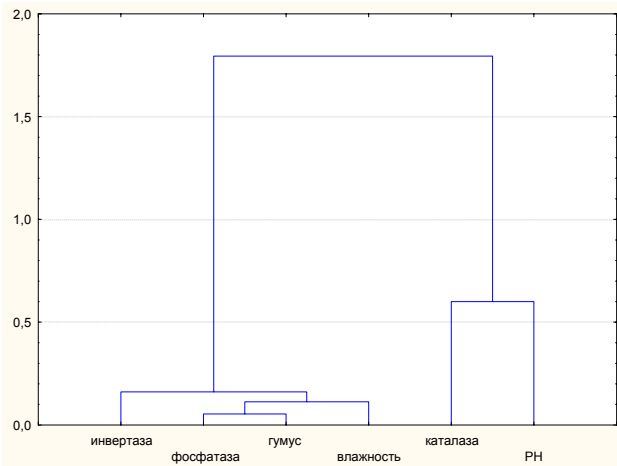
Изученные почвы характеризуются слабощелочными условиями, обеспечивающими оптимальный уровень ферментативной активности почв. Ферментативные реакции всегда протекают в водной среде, а в реакциях с участием гидролитических ферментов вода принимает непосредственное участие и в самой реакции [12]. Отмечено, что при высоком уровне гигроскопической влажности проявляется наибольшая активность гидролитических ферментов – инвертазы и фосфатазы почвы (см. табл.), что характеризует почвенную влагу как один из важнейших экологических параметров, формирующих ферментный пул почвы. Гигроскопическая влажность в изученных черноземах находится в средних пределах. При максимальном уровне влажности в почве отмечается наиболее высокий уровень активности гидролитических ферментов у черноземов обыкновенного и типичного. Минимальной влажностью из изученного ряда черноземов характеризуется чернозем типичный остаточно-луговатый, имеющий самый низкий уровень активности всех трех ферментов.

Основу формирования почвы и ее плодородия составляет сложный процесс гумусообразования с участием разнообразных ферментов [3]. Черноземы эльбрусского варианта поясности относятся к среднегумусным и высокогумусным почвам (см. табл.). Поверхностный слой гумусирован в большей степени у черноземов обыкновенного и типичного, характеризующихся и максимальным уровнем активности гидролитических ферментов. Содержание органического вещества минимально у чернозема южного карбонатного, для которого проявляется максимальная активность почвенной оксидоредуктазы – каталазы. Уровень активности (относительный) исследуемых ферментов в черноземах обыкновенном, типичном, выщелоченном остаточно-луговатом, обыкновенном остаточно-луговатом находится в тесной зависимости от содержания органического вещества. Однако не во всех исследованных черноземах (типичных остаточно-луговатых и южных карбонатных) наблюдается четкая зависимость ферментативной активности от содержания гумуса в почве, что согласуется с исследованиями ряда авторов [2-4].

Корреляционный анализ показал сильную положительную сопряженную связь активности гидролитических ферментов с содержанием гумуса ( $r=0,89-0,96$ ) и влажностью ( $r=0,86-0,91$ ). Каталаза как представитель оксидоредуктаз проявляет среднюю сопряженную связь с содержанием гумуса ( $r=0,41$ ) и влажностью ( $r=0,54$ ). Для инвертазы и фосфатазы с реакцией почвенной среды отмечена отрицательная слабая связь ( $r=-0,2$ ), тогда как для каталазы – средняя положительная ( $r=0,4$ ). Пределы колебания активности инвертазы находятся в интервале от 3,1 до 38 мг глюкозы. Показатели фосфатазной активности варьируют от 8,8 до 49 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Активность каталазы в черноземах колеблется в пределах 3,1-9,4 мл O<sub>2</sub>. В целом, согласно шкале Э.И. Гаполюк, С.В. Малахова [13] черноземы эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии характеризуются средней ферментативной активностью поверхностных горизонтов.

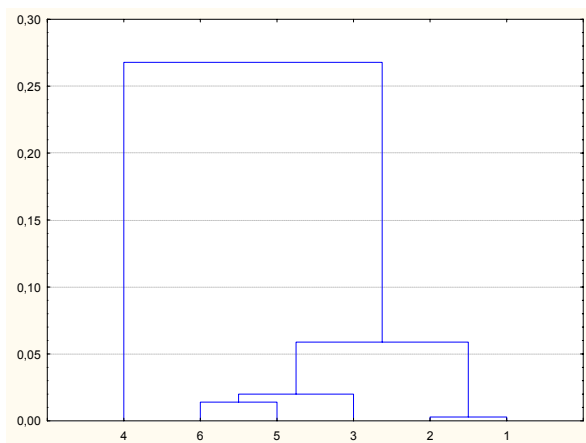
По показателям суммарной относительной ферментативной активности, полученным в результате суммирования данных, пересчитанных в относительных величинах (процентах), черноземы располагаются в следующий ряд в порядке убывания: типичный > обыкновенный > южный карбонатный > обыкновенный остаточно-луговатый > выщелоченный остаточно-луговатый > типичный остаточно-луговатый. Проведенный корреляционный анализ ферментативной активности почв показал, что черноземы – типичный ( $r=0,80-0,85$ ), типичный остаточно-луговатый ( $r=0,77-0,95$ ), обыкновенный остаточно-луговатый ( $r=0,77-0,95$ ) и южный карбонатный ( $r=0,23-0,76$ ) характеризуются положительной коррелированностью активности изученных ферментов. В черноземе выщелоченном остаточно-луговатом выявлены минимальные коэффициенты корреляции между активностью каталазы с инвертазой ( $r=-0,28$ ) и фосфатазой ( $r=-0,45$ ). Сильная положительная сопряженная связь отмечена между активностью гидролитических ферментов в остальных подтипах черноземов (0,73-0,99). Максимальная положительная корреляционная связь между всеми изученными ферментами проявляется в черноземе типичном и типичном остаточно-луговатом (0,77-0,95).

Наибольшая взаимозависимость из изученных показателей, также по данным кластерного анализа (рис. 2), наблюдается между активностью гидролитических ферментов (инвертаза и фосфатаза). Активность данных ферментов тесно связана с содержанием гумуса и гигроскопической влажностью. Активность каталазы в большей степени зависит от реакции почвенной среды и в меньшей – от содержания гумуса и влажности.



**Рис. 2.** Кластерный анализ (Ward's method, 1-Pearson – r) по 6 разновидностям почв. Достоверность  $P \leq 0,6$

По совокупности изученных признаков отмечено сходство между черноземами типичным и обыкновенным, характеризующиеся, как указано выше, наиболее высокими показателями ферментативной активности, гумуса и гигроскопической влажности (рис. 3). Несколько уступают предыдущей группе черноземы южный карбонатный, обыкновенный остаточно-луговатый и выщелоченный остаточно-луговатый. К почве с наиболее низкими показателями относится чернозем типичный остаточно-луговатый.



**Рис. 3.** Кластерный анализ (Ward's method, 1-Pearson – r) по шести показателям. Достоверность  $P \leq 0,06$ :

1 – чернозем обыкновенный; 2 – чернозем типичный; 3 – чернозем типичный остаточно-луговатый; 4 – чернозем выщелоченный остаточно-луговатый; 5 – чернозем обыкновенный остаточно-луговатый; 6 – чернозем южный карбонатный

**Выводы:** в результате проведенных исследований впервые определена активность таких важнейших почвенных ферментов как инвертаза, фосфатаза, каталаза в черноземах Центрального Кавказа (в пределах степной зоны и пояса луговых степей эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии). Изученные черноземы проявляют среднюю ферментативную активность. Максимальная активность ферментов, содержание гумуса гигроскопическая влажность отмечена в черноземах обыкновенном и типичном. Минимальная активность ферментов – в черноземе типичном остаточно-луговатом при самой низкой гигроскопической влажности и средним содержанием гумуса. Выявлены сопряженные изменения активности ферментов между собой, с содержанием гумуса и гигроскопической влажностью. Полученные данные по ферментативной активности могут служить одним из показателей биологической активности изученных черноземов и быть использованы при биодиагностике и биомониторинге состояния почв.

*Авторы признательны сотруднику ИЭГТ КБНЦ РАН к.б.н. Цепковой Н.Л. за помощь в определении видовой принадлежности растений.*

#### 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 / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – 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. Хежева, Ф.В. Ферментативная активность черноземов Центрального Кавказа / Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова // Труды международной конференции «Горные экосистемы и их компоненты (Почвы и растительный мир горных территорий: почвы)». – М.: Т-во научных изданий КМК. 2009. С. 69-73.
6. Хежева, Ф.В. Оценка ферментативной активности черноземов естественных биоценозов степной зоны и лесостепного пояса Центрального Кавказа / Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1 (4). С. 1075-1078.
7. Соколов, В.Е. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные / В.Е. Соколов, А.К. Темботов. – М., 1989. 547 с.
8. Темботов, А.К. Животный мир Кабардино-Балкарии / А.К. Темботов, Х.Х. Шхашаишиев. – Нальчик: Эльбрус, 1984. 192 с.
9. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и рекомендации по их использованию. Нальчик. Государственный проектный институт по землеустройству СевКавНИИгипрозем. – Нальчик, 1984. 201 с.

10. Атлас Кабардино-Балкарской Республики. – М., 1997.
11. *Кумахов, В.И.* Почвы Центрального Кавказа. – Нальчик, 2007. 125 с.
12. *Хазиев, Ф.Х.* Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. 180 с.
13. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Госкомстандарт. 1985. С. 1-6.
14. *Молчанов, Э.Н.* Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР / *Э.Н. Молчанов, В.Д. Калмаков, А.К. Романова* и др. – Новосибирск: Роскартография, 1984.
15. *Гапонюк, Э.И.* Комплексная система показателей экологического мониторинга почв / *Э.И. Гапонюк, С.В. Малахов* // Труды 4-го Всесоюзного совещания. Обнинск, июнь 1983. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. С. 3-10.
16. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО. – М.: Госком СССР по стандартам. 1985. С. 3-6.
17. *Добровольский, В.В.* Практикум по географии почв. – М.: Владос, 2001. 143 с.

## **ENZYMATIC ACTIVITY OF BLACK SOILS IN ELBRUS ZONATION VARIANT AT KABARDINO-BALKARIA**

© 2011 F.V. Hezheva, T.S. Uligova, R.H. Tembotov

Institute of Mountain Territories Ecology KBSC RAS, Nalchik

It is defined the enzymatic activity (invertase, phosphotase, catalase) of black soils at a steppe zone and belt of meadow steppes of Elbrus zonation variant in Kabardino-Balkaria. The studied soils show average enzymatic activity. The maximum activity of enzymes, the maintenance of humus and hygroscopic humidity is noted in ordinary and typical black soils. The interfaced changes of enzymes activity among themselves, with the maintenance of humus and hygroscopic humidity are revealed.

Key words: *Kabardino-Balkaria, black soils, enzymatic activity*

---

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

*Tatiana Uligova, Senior Research Fellow at the Soil-ecological Research Laboratory Улигова. E-mail: him\_lab@mail.ru*

*Rustam Tembotov, Engineer-researcher at the Soil-ecological Research Laboratory Темботов. E-mail: him\_lab@mail.ru*