

УДК 631.445.41(470.6)

ББК 40.3

У-48

Улигова Татьяна Сахатгиреевна, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований учреждения Российской академии наук Института экологии горных территорий Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, тел.: (88662)422497.

Хежева Фатима Владимировна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований учреждения Российской академии наук Института экологии горных территорий Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, him_lab@mail.ru.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ И ЛЕСОСТЕПНОГО ПОЯСА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Исследована ферментативная активность (инвертаза, каталаза, фосфатаза) основных типов и подтипов почв степной зоны и лесостепного пояса терского и эльбрусского вариантов поясности Кабардино-Балкарии. Наибольшей активностью по изученным ферментам в терском варианте поясности характеризуется чернозем обыкновенный, в эльбрусском по активности инвертазы и каталазы – чернозем типичный остаточно-луговой, по активности фосфатазы – темно-каштановая карбонатная почва.

Ключевые слова: почва, ферментативная активность (инвертаза, каталаза, фосфатаза), Центральный Кавказ, степная зона, лесостепной пояс, Кабардино-Балкария.

Ulygova Tat'yana Sakhatgireevna, senior research worker of the laboratory of soil-ecological researches at the organization of Russian Academy of Sciences, Institute of ecology of mountain territories, Kabardino-Balkarian centre of science of Russian Academy of Sciences, Tel.: (88662 422497.

Khezheva Fatima Vladimirovna, Cand.Chem.Sci., senior research worker of the laboratory of soil-ecological researches at the organization of Russian Academy of Sciences, Institute of ecology of mountain territories, Kabardino-Balkarian centre of science of Russian Academy of Sciences, e-mail.: him_lab@mail.ru.

FERMENTATIVE ACTIVITY OF DIFFERENT SOIL TYPES OF STEPPE AND FOREST-STEPPE ZONES IN THE CENTRAL CAUCASUS

Fermentative activity (invertase, catalase, phosphatase) of basic types and subtypes of steppe zone and forest-steppe zone soils, both Terek and Elbrus alternative zones in Kabardino-Balkariya is investigated. The black-earth (chernozem) is characterized by extreme activity in Terek forest-steppe zone. As for Elbrus zone, interfases and catalases form chernozem typical residually-meadow, according to its activity. Phosphatase, according to its activity form dark-chestnut calcimorphic earth.

Keywords: soil, fermentative activity (invertase, catalase, phosphatase), Central Caucasus, steppe zone, forest-steppe zone, Kabardino-Balkariya.

Из многочисленных показателей биологической активности почвы огромное значение имеют почвенные ферменты. Являясь катализаторами, ферменты осуществляют главнейшую экологическую функцию, участвуя в биохимических процессах, связанных с превращением веществ и энергии, – разложение и синтез органического вещества, мобилизация элементов питания растений, взаимодействие органической и неорганической частей по генетическим горизонтам, формирование гумусового состояния почв как интегрального показателя плодородия земель. Изучению ферментативной активности почв посвящено большое количество исследований [1-7].

До настоящего времени изучение ферментативной активности почв Кабардино-Балкарии не проводилось. Природно-климатические зоны небольшой по территории республики, расположенной в центральной части северных склонов Большого Кавказа и предгорных равнинах, из-за сложного рельефа характеризуются большим многообразием в климатическом отношении (колебание среднегодовой температуры от – 10,2° до 9,6°, осадков – 480 мм – 1221 мм в равнинной и высокогорной части соответственно). Большое разнообразие почв, отличающихся

морфологическими признаками, механическим составом, химическими и гидрологическими свойствами, обусловлено смешанной зональностью, присущей Северному Кавказу – в нижней части гор определяющую роль в почвообразовании играет увлажнение, а в верхней термические факторы [8]. В равнинной части преобладают луговые карбонатные (гидроморфные) почвы и черноземы обыкновенные, сформировавшиеся под разнотравно-злаковой степью и лесостепью в условиях непромытого водного режима. Для предгорной зоны с грабо-дубовыми и буковыми лесами характерны серые и темно-серые лесные почвы, а также бурые лесные глеевые почвы под широколиственными и кустарничковыми лесами в условиях периодически промытого режима. В горах с альпийскими и субальпийскими лугами преобладают горно-луговые и горные лугово-степные черноземные почвы [9,10].

Исследование ферментативной активности почв различного генезиса из различных природно-климатических зон в зависимости от широтной зональности и высотной поясности в условиях Центрального Кавказа имеет важное теоретическое (изучение процессов почвообразования) и практическое значение (для диагностики и мониторинга почв).

В связи с изложенным, целью настоящего исследования явилось изучение ферментативной активности (инвертаза, каталаза, фосфатаза) основных типов и подтипов почв степной зоны и лесостепного пояса терского и эльбрусского вариантов поясности Кабардино-Балкарии (по типизации Соколова, Темботова, 1989) [11]. Наряду с ферментативной активностью в почвах определялись содержание гумуса, влажность и реакция почвенной среды.

Исследуемые ферменты, относящиеся к классу гидролаз и оксидоредуктаз, играют существенную роль в важнейших биохимических процессах: инвертаза и фосфатаза в гидролитическом расщеплении органических веществ, каталаза – в окислительно-восстановительных реакциях.

Материал и методы исследования

Исследуемые почвы степной зоны и лесостепного пояса в пределах терского и эльбрусского вариантов поясности Кабардино-Балкарии (высотные пределы 179 – 654 м над ур. м., координаты N 43°25'098" – 43°50'847", E 43°24'948" – 44°25'325") расположены в условиях умеренно континентального (засушливые степи Кабардинской наклонной равнины), континентального сухого жаркого (хребты Арик и Терский) и умеренно теплого (предгорные лесостепи) климата. Соответствующие гидротермические коэффициенты колеблются в пределах 0,5-0,7; 0,3-0,5; 0,9-1,1 [12].

На повышенных частях равнины распространены черноземы, сформировавшиеся под разнотравно-злаковой степью, – выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные, на отрицательных элементах – луговые и лугово-черноземные почвы. На надпойменных террасах формируются преимущественно лугово-черноземные и остаточнo-луговатые почвы. Для лесостепного пояса с грабо-дубовыми и буковыми лесами характерны серые и темно-серые лесные почвы [12].

Пробы почв отбирались в природных биоценозах в летний период 2008 г. ($t = 22-25^{\circ}\text{C}$) в 15 точках (табл. 1) с поверхностного слоя (0-10 см), удалив верхний прикорневой слой, подвергались тщательной очистке, сушке до воздушно-сухого состояния, измельчению. Всего проанализировано 90 почвенных проб по общепринятым в экологии и почвоведении методам [4, 7, 13]. Контролем служили стерилизованные почвы (180° , 3 час). Ферментативная активность почв оценивалась по шкале [7].

Сопряжено с активностью ферментов определялись процентное содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Никитина [7], рН [14], гигроскопическая влажность [15], а также корреляционные связи между ними.

Таблица 1 - Места сбора материала

№ пробы	Тип и подтип почвы (по Молчанову и др., 1984)	Пункты отбора проб почвы
	Терский вариант поясности, степная зона и лесостепной пояс	
1	Луговая карбонатная	с. Черная Речка, опушка леса
2	Чернозем южный карбонатный остаточнo-луговатый	с. Урожайное, луг
3	Чернозем обыкновенный карбонатный	с. Ново-Хамидие, лесополоса
4	Чернозем обыкновенный засоленный	с. Н. Курп, пойменный луг
5	Чернозем обыкновенный	с. Н. Курп, луг

6	Чернозем типичный	с. В. Курп, роща вблизи пашни
7	Лугово-черноземная карбонатная	с. Дейское, лес
8	Серая лесная	окрестности г. Нальчик, Хасанья, луг
9	Темно-серая лесная	Окрестности г. Нальчик, парк Долинск
	Эльбрусский вариант поясности, степная зона	
10	Чернозем выщелоченный	Окрестности г. Чегем 1, луг
11	Чернозем типичный остаточно-луговатый	с. Псычих, лесополоса
12	Чернозем типичный	с. Куба-Таба, лесополоса
13	Чернозем обыкновенный	с. Карагач, луг
14	Чернозем южный карбонатный	с. Солдатское, лесополоса
15	Темно-каштановая карбонатная	с. Пролетарское, лесополоса

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2. Исследуемые почвы характеризуются либо нейтральной реакцией среды, либо слабощелочными условиями, обеспечивающими оптимальный уровень ферментативной активности почв.

Таблица 2 - Средние значения активности инвертазы, каталазы и фосфатазы почв степной зоны и лесостепного пояса Кабардино-Балкарии

№ пробы	pH	Влажность, %	Гумус, %	Инвертаза, мг глюкозы /1г/24часа	Каталаза, мл O ₂ /1г/1мин	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /100г/1час
1	7,64	2,23±0,21	4,86±0,89	19,88±1,84	2,17±0,54	36,70±3,11
2	7,74	2,23±0,10	3,69±0,40	19,8±2,44	3,43±0,23	35,51±2,27
3	7,50	6,11±0,05	8,65±0,62	19,7±2,83	7,47±0,74	53,14±5,83
4	7,51	3,82±0,02	5,44±0,51	18,1±0,88	6,2±0,28	53,49±2,85
5	7,51	4,57±0,02	7,17±0,10	22,75±0,34	10,7±1,14	59,75±1,77
6	7,53	4,62±0,10	4,01±0,67	15,55±4,03	8,93±1,58	39,04±3,00
7	7,74	3,22±0,10	6,29±0,08	15,60±1,13	8,0±1,06	55,23±2,71
8	7,39	5,57±0,12	6,64±0,10	17,49±0,55	12,52±1,17	22,05±4,64
9	7,42	2,39±0,41	5,06±0,18	17,40±1,42	3,56±0,10	23,79±2,27
10	6,74	2,44±0,16	4,89±0,39	30,45±0,77	3,82±0,36	43,86±8,83
11	7,16	5,47±0,22	7,80±0,15	36,05±5,46	10,10±0,64	46,09±5,52
12	6,77	5,37±0,14	8,53±0,11	29,3±0,88	9,10±0,22	32,41±2,40
13	7,63	4,01±0,40	4,92±0,16	17,8±0,78	5,24±0,33	40,45±9,04
14	7,59	3,79±0,12	5,55±0,41	20,05±3,32	8,67±0,67	45,17±4,82
15	7,81	2,92±0,32	4,45±0,35	-	3,5±0,19	58,88±3,32

В целом это среднегумусные и высокогумусные типы почв. Величины pH для всех почв отличаются наименьшей вариабельностью, которая не превышает 4%. Варьирование содержания гумуса и гигроскопической влажности невысокое (1-26 %).

Инвертазная активность исследованных типов почв характеризуется как средняя (табл. 2). Пределы колебания активности данного фермента в почвах степной зоны эльбрусского варианта поясности – от 16,7 мг до 43 мг глюкозы, терского 12,7 – 23,2 мг глюкозы. В лесостепном поясе терского варианта инвертазная активность почв варьирует от 12,7 мг до 19,35 мг глюкозы. Вариабельность активности фермента составляет 7,25-31,0 %.

В эльбрусском варианте поясности по уровню активности инвертазы заметно выделяются чернозем типичный остаточно-луговатый, чернозем типичный и чернозем выщелоченный, расположенный на пограничной зоне между двумя вариантами поясности. Эти почвы относятся к наиболее гумусированным из рассматриваемых почв, что, по-видимому, обуславливает их более высокую инвертазную активность по сравнению с другими типами почв. Средние величины активности гидролитического фермента инвертазы у основных типов почв терского варианта поясности в сравнении с эльбрусским в целом более низкие, что, очевидно, связано с более сухим жарким климатом в этом районе. Сравнительный анализ выявил существенные различия: активность инвертазы чернозема типичного из терского варианта достоверно ($t = 3,37$) ниже, а чернозема обыкновенного, наоборот, выше ($t = 5,81$) аналогов из эльбрусского варианта. Данный факт подтверждает сложную зависимость активности фермента от множества факторов (материнские породы, содержание гумуса, гидротермические условия, растительный покров и т.д.). Максимальная активность инвертазы в терском районе выявлена для чернозема обыкновенного с высоким содержанием гумуса (7,17%).

Практически совпадает инвертазная активность следующих граничащих друг с другом почв: луговая карбонатная, чернозем южный карбонатный и чернозем обыкновенный карбонат-

ный. Также на одном уровне по активности инвертазы находятся близкие по распространению чернозем типичный и лугово-черноземная карбонатная почва. Некоторое понижение активности инвертазы у чернозема обыкновенного засоленного по сравнению с черноземом обыкновенным, по-видимому, связано с ингибирующим действием солей в гидроморфных условиях.

В лесостепном поясе серая лесная и темно-серая лесная почвы с сходным типом растительного покрова характеризуются практически одинаковой инвертазной активностью, хотя по содержанию гумуса и влажности несколько различаются. По уровню активности данного фермента эти почвы уступают основным типам почв степной зоны. Особенно резкий скачок активности инвертазы наблюдается при переходе от темно-серой лесной почвы (17,4 мг глюкозы) к расположенному рядом чернозему выщелоченному (30,45 мг глюкозы).

Активность каталазы исследованных типов и подтипов почв неодинакова и характеризуется как слабая, средняя и высокая (несколько выше средней) (табл. 2). Различие между слабой активностью и высокой составляет 3-5 раз. Пределы колебания активности каталазы в почвах степной зоны эльбрусского варианта – от 3,3 мл O_2 до 10,55 мл O_2 терского 1,5 – 12,55 мл O_2 . Активность каталазы почв лесостепного пояса варьирует от 3,1 мл O_2 до 14,1 мл O_2 . Вариабельность активности фермента невысокая и составляет 3-25 %. Максимальную (высокую) каталазную активность (среднее 12,52 мл O_2) из всех изученных почв проявляет серая лесная почва из лесостепного пояса, что свидетельствует об энергичных окислительно-восстановительных процессах, происходящих в данной почве. Минимальная активность наблюдается у луговой карбонатной почвы (среднее 2,17 мл O_2).

Средние величины активности каталазы почв степной зоны эльбрусского и терского вариантов поясности в целом сравнимы. У наиболее гумусированных почв в эльбрусском варианте – чернозема типичного остаточно-лугового и чернозема типичного выявлены соответственно высокая и средняя активность данного фермента. Как отмечено выше, эти почвы отличаются также повышенной активностью инвертазы. Аналогичная картина наблюдается в терском варианте: по уровню активности каталазы выделяются те типы почв, у которых отмечена большая инвертазная активность – чернозем обыкновенный (высокая активность), чернозем типичный и лугово-черноземная карбонатная почва (средняя активность).

Чернозем обыкновенный (гумус 7,17 %) высоко достоверно ($t = 4,60$) превосходит по уровню каталазной активности аналог из эльбрусского варианта с меньшим содержанием гумуса (4,92 %). В то же время черноземы типичные из сравниваемых вариантов поясности, сильно различаясь по содержанию гумуса, практически не различаются по активности данного фермента ($t = 0,11$). У чернозема обыкновенного засоленного в пойменном лугу отмечено некоторое снижение активности каталазы (аналогично инвертазе) по сравнению с обыкновенным черноземом.

Серая лесная почва из лесостепного пояса по активности каталазы более чем в 3 раза превосходит темно-серую лесную почву, что, по-видимому, связано с более высокими показателями гумуса и гигроскопической влажности.

Активность фосфатазы исследованных типов и подтипов почв в основном характеризуется как средняя и высокая (табл. 2), различие между ними составляет 1,7-2,7 раз. Пределы колебания активности данного фермента в почвах степной зоны терского (31,89 – 62,58 мг P_2O_5) и эльбрусского (29,28 мг – 63,18 мг P_2O_5) вариантов поясности сходны. Для почв лесостепного пояса пределы варьирования фосфатазной активности значительно ниже и составляют 18,77-26,52 мг P_2O_5 . Изменчивость фосфатазной активности исследованных типов почв составляет 4,20-38,73 %. Обращает на себя внимание, что черноземы типичные из эльбрусского варианта поясности с высокими показателями гумуса, влажности, активности инвертазы и каталазы характеризуются средней активностью фосфатазы и уступают по данному ферменту темно-каштановой карбонатной почве с более низким содержанием гумуса и влажности. В терском варианте поясности аналогичные высокие уровни фосфатазной активности имеют лугово-черноземная карбонатная почва и три разновидности чернозема обыкновенного, отличающиеся высоким содержанием гумуса. При сравнении почв по уровню активности фосфатазы установлено, что средние показатели активности фермента у чернозема обыкновенного ($t = 2,10$) и чернозема типичного ($t = 1,73$, недостоверно) из терского варианта превышают аналогичные данные из эльбрусского.

Почвы лесостепного пояса (серая лесная и темно-серая лесная) по активности фосфатазы имеют наиболее низкие показатели из всех изученных почв (аналогично активности инвертазы). При этом следует отметить активность фосфатазы серой лесной почвы (отличающейся самой высокой каталазной активностью) как самую минимальную.

Проведенный корреляционный анализ выявил зависимость ферментативной активности почв от содержания гумуса и влажности. Установлены средняя и сильная корреляционная связь

с содержанием гумуса активности инвертазы ($r = 0,57-0,99$), каталазы ($r = 0,68-0,99$), фосфатазы ($0,60-0,99$). Коррелированность изученных показателей максимальна у черноземов - южного карбонатного, обыкновенного и типичного. Аналогичная сопряженная связь ферментативной активности отмечена с влажностью (соответственно $r = 0,47-0,99$; $r = 0,67-0,87$; $r = 0,43-0,99$) с максимумом для луговой карбонатной почвы и чернозема южного карбонатного.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Впервые определена активность важнейших почвенных ферментов – инвертазы, каталазы и фосфатазы различных типов и подтипов почв степной зоны и лесостепного пояса Кабардино-Балкарии. Инвертаза проявляет среднюю активность, фосфатаза – среднюю и высокую. Наиболее контрастны почвы по активности каталазы, которая варьирует от слабой до высокой.

2. В степной зоне терского варианта наибольшей активностью по изученным ферментам характеризуется чернозем обыкновенный, а в эльбрусском по активности инвертазы и каталазы – чернозем типичный остаточно-луговатый, по активности фосфатазы – темно-каштановая карбонатная почва. Более низкая в целом активность инвертазы в почвах терского варианта, по видимому, связана с жарким сухим климатом.

3. Сравнительный анализ выявил достоверные различия в активности ферментов между аналогами почв (чернозем обыкновенный и чернозем типичный) из двух вариантов поясности. Чернозем обыкновенный (по всем изученным ферментам) и чернозем типичный (по активности фосфатазы) из терского варианта превосходят таковые из эльбрусского.

4. Серая лесная почва из лесостепного пояса характеризуется максимальной (из изученных почв) активностью каталазы, проявляя при этом минимальную активность фосфатазы и пониженную – инвертазы.

5. Выявлены средняя и сильная корреляционная связи активности изученных ферментов с содержанием гумуса и гигроскопической влажностью. Высокогумусные почвы обладают более высокой ферментативной активностью.

Литература:

1. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск: Наука и техника, 1966. 275 с.
2. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.
3. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. М., 1976. 180 с.
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189 с.
5. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых её показателей // Почвоведение. 1978. №6. С. 48-54.
6. Биологическая характеристика чернозема обыкновенного / Вальков В.Ф. [и др.] // Почвоведение. 1989. №7. С. 67-74.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
8. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга России: классификация и диагностика. Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2002. 349 с.
9. Кереев К.Н., Фиашев Б.Х. Природные зоны и пояса Кабардино-Балкарской АССР. Нальчик, 1977. 69 с.
10. Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР / Молчанов Э.Н. [и др.]. Нальчик, 1984.
11. Соколов В.Е., Темботов А.К. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные. М., 1989. 547 с.
12. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и рекомендации по их использованию / Государственный проектный институт по землеустройству СевКавНИИгипрозем. Нальчик, 1984.
13. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Госком СССР по стандартам, 1985.
14. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. М.: Госком СССР по стандартам, 1985.
15. Добровольский В.В. Практикум по географии почв. М.: Владос, 2001. 143 с.