

УДК [631.445.4:631.418](470.6)

ББК 40.3

У - 48

Улигова Татьяна Сахатгериевна, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований Учреждения Российской академии наук. Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН (ИЭГТ КБНЦ РАН), e-mail: iemt@mail.ru;

Хежева Фатима Владимировна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований ИЭГТ КБНЦ РАН, т.: (8662)422497, e-mail: him_lab@mail.ru;

Тих Ирина Петровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований ИЭГТ КБНЦ РАН, т.: 89284317425, e-mail: irina_tah@mail.ru.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Проведен сравнительный анализ активности инвертазы, дегидрогеназы, фосфатазы, уреазы и каталазы выщелоченных черноземов степной зоны и лесостепного пояса Северо-Западного (кубанский вариант поясности) и Центрального (терский вариант поясности) Кавказа. Выявлена более высокая активность ферментов в почвах кубанского варианта поясности.

Ключевые слова: выщелоченные черноземы, активность ферментов, степная зона, лесостепной пояс, Кабардино-Балкария, Адыгея.

Uligova Tatiana Sakhatgerievna, Senior Researcher of the Laboratory of Soil and Environmental Research of the Institution of the Russian Academy of Sciences. Institute of Ecology of Mountain Territories KBSC Russian Academy of Sciences (RAS IEGT KBSC), e-mail: iemt@mail.ru;

Hezheva Fatima Vladimirovna, Candidate of Chemical Sciences, senior researcher of the Laboratory of Soil and Environmental Studies of IEGT KBSC RAS, tel.: (8662) 422497, e-mail: him_lab@mail.ru;

Takh Irina Petrovna, Candidate of Biology, senior researcher of the Laboratory of Soil and Environmental Studies of IEGT KBSC RAS, tel.: 89284317425, e-mail: irina_tah@mail.ru.

ENZYMATIC ACTIVITY OF LEACHED BLACK EARTH IN THE NORTHWEST AND CENTRAL CAUCASUS

A comparative analysis of the activity of invertase, dehydrogenase, phosphatase, urease and catalase of leached black earth of the steppe and forest-steppe zones of North-West (Kuban option belts) and Central (Terek option belts) Caucasus has been made. Higher enzyme activity in soils of the Kuban option belt has been revealed.

Keywords: leached black earth, enzyme activity, the steppe zone, forest-steppe zone, Kabardino-Balkaria, Adyghea.

Активность ферментов широко используется при определении биологической активности почв, в качестве индикаторов экологического состояния среды [13]. Биологические свойства почв в различных природных зонах Северного Кавказа имеют специфические особенности, отражающие неоднородность рельефа, почвообразующих пород, климата, почвенно-растительного покрова и т.д. [6]. Представляет интерес исследование географической изменчивости ферментативной активности выщелоченных черноземов, сформированных в условиях Северо-Западного (Адыгея) и Центрального Кавказа (Кабардино-Балкария), различающихся по типу (соответственно степной и полупустынный) и варианту (кубанский и терский) поясности [8, 12]. Природные условия кубанского варианта характеризуются мягким климатом, равнинным рельефом и периодически промывным водным режимом почв. В терском варианте отмечается нарастание континентальности климата, преобладание склонового рельефа и промывной водный режим.

Плодородные выщелоченные черноземы в кубанском варианте поясности распространены в степной зоне, к югу переходят в менее плодородные слитые и уплотненные черноземы и связаны с луговыми процессами почвообразования в прошлом [8]. Основные массивы выщелоченных черноземов в терском варианте поясности распространены в степной зоне и лесостепном поясе, имеют послелесное происхождение [11].

При переходе от Северо-Западного Кавказа к Центральному Кавказу отмечается уменьшение мощности гумусовых горизонтов (соответственно в среднем 80 - 154 см и 60 - 120 см) и общего запаса органического вещества (550 - 730 т/га и 400 - 520 т/га) выщелоченных черноземов. В кубанском варианте встречаются мощные и сверхмощные черноземы, тогда как в терском варианте преобладают среднемощные черноземы [1, 8, 9].

Совокупное влияние указанных факторов, очевидно, определяет уровни ферментативной активности выщелоченных черноземов, обуславливая их географическую изменчивость в зависимости от типа и варианта поясности.

Целью настоящей работы явилось проведение сравнительного анализа ферментативной активности (инвертаза, дегидрогеназа, фосфатаза, уреазы, каталаза) выщелоченных черноземов степной зоны и лесостепного пояса в условиях Северо-

Западного (кубанский вариант поясности) и Центрального (терский вариант поясности) Кавказа.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования взяты: в кубанском варианте поясности - чернозем выщелоченный, чернозем выщелоченный слитой, чернозем выщелоченный уплотненный, распространенные в Гиагинском, Шовгеновском и Кошехабльском районах Адыгеи (степная зона, высотные пределы 86 – 254 м над ур. м., координаты N 44°37' – 45°08', E 39°77' – 40°60'), сформированы на карбонатных глинах, уплотненных глинах, бурых четвертичных глинах. В терском варианте - чернозем выщелоченный и чернозем выщелоченный остаточно-луговатый, распространенные на пологих склонах лесостепного пояса (Чегемский и Урванский районы) и на наклонной Кабардинской равнине (степная зона) в Терском районе Кабардино-Балкарии, развиты на желто-бурых карбонатных суглинках и глинах, а также аллювиальных отложениях. Высотные пределы 349 – 550 м над ур. м., координаты N 43°19' – 43° 34', E 43° 31' – 44° 19'.

При умеренно континентальном мягком климате исследуемые районы Адыгеи и Кабардино-Балкарии различаются по среднегодовой температуре - в степной зоне составляет соответственно 10,0 - 10,5°C и 9,3 - 10,2°C, в лесостепном поясе 9,8-10,6°C и 8 - 8,5 °C. Годовое количество осадков в степной зоне кубанского варианта достигает до 500 мм, терского 350 - 433 мм, в лесостепном поясе соответственно 600 - 750 мм и 550 - 600 мм. Сумма летних осадков в степной зоне до 300 мм и 180 - 200 мм, в лесостепном поясе 220 - 250 мм [2, 10].

Исследуемые черноземы сформировались под степной и лугово-степной травянистой растительностью. Как показано в таблице 1, типы фитоценозов рассматриваемых экотопов в целом сходны.

Таблица 1 - Исследуемые почвы

вариант	№ пробы	почва	пункты отбора проб почвы	фитоценоз
кубанский вариант поясности	1	Чернозем выщелоченный	п. Новый, за ст. Дондуковская, за п. Кармалино-Гидроицкий, п. Зарево, п. Дорошенко	Разнотравно-злаковый, злаково-разнотравный, древесно-кустарниковая растительность

	2	Чернозем выщелоченный уплотненный	ст. Гиагинская, п. Образцова а. Блечепсин левобережье р. Чехрак	Злаково-разнотравный, степное разнотравье, древесно- кустарниковая растительность
	3	Чернозем выщелоченный слитой	ст. Келермесская, х. Владимирский	Сорное разнотравье, преобладают бобовые
терский вариант поясности (в пределах КБР)	4	Чернозем выщелоченный	с. Псыгансу, с. Старый Лескен	Разнотравно-злаковый, разнотравно-бобово- злаковый, разнотравный
	5	Чернозем выщелоченный остаточно- луговатый	западнее г. Чегем, с. Яникой, с. Старый Урух, южнее с. Плановское	Разнотравный злаково-разнотравный

При выполнении работы сбор и анализ почвенных образцов на ферментативную активность осуществляли по общепринятым в экологии и почвоведении методам [3-5, 7]. Пробы почв отбирались в природных фитоценозах методом конверта в летний период 2008 - 2009 г. г. ($t = 22 - 25^{\circ} \text{C}$) с поверхностного слоя (0 - 10 см), при этом удаляли верхний прикорневой слой. Пробы подвергались тщательной очистке, сушке до воздушно-сухого состояния, измельчению. Контролем служили стерилизованные почвы (180° , 3 час). Ферментативная активность почв оценивалась по шкале Гапонюк, Малахова [7]. Одновременно осуществлялся сбор образцов растений для характеристики фитоценозов.

Сопряженно с активностью ферментов определялись процентное содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Никитина [7], рН [4] и гигроскопическая влажность [5].

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты проведенных исследований ферментативной активности, содержания гумуса, гигроскопической влажности и рН выщелоченных черноземов степной зоны и лесостепного пояса кубанского и терского вариантов поясности отражены на рис. 1.

Для исследуемых выщелоченных черноземов в кубанском варианте поясности характерна нейтральная реакция почвенной среды (пределы рН 6,19 – 7,50),

гумусность 3,81 - 8,63 %, влажность 2,5 - 11,8 %. В терском варианте соответствующие показатели составляют 6,33 - 7,74; 4,33 - 7,0 %; 2,33 - 4,44 %. При сходстве показателей рН разновидности выщелоченных черноземов кубанского варианта отличаются большей увлажненностью и более высоким содержанием гумуса. Это создает благоприятные условия для развития растительности, жизнедеятельности микробных форм микроорганизмов, что, очевидно, способствует большей ферментативной активности почв.

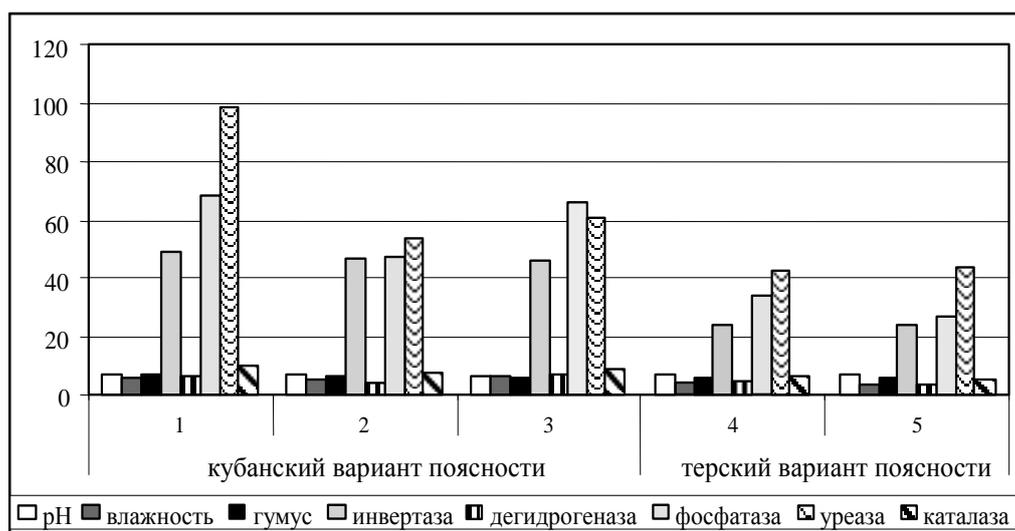


Рис. 1. Средние значения некоторых характеристик выщелоченных черноземов кубанского (степная зона) и терского (степная зона, лесостепной пояс) вариантов поясности (%): 1. чернозем выщелоченный 2. чернозем выщелоченный уплотненный 3. чернозем выщелоченный слитой 4. чернозем выщелоченный 5. чернозем выщелоченный остаточно-луговой

Активность инвертазы исследованных почв характеризуется как средняя, варьирует в пределах 19,43 - 75,7 мг глюкозы (кубанский вариант поясности) и 12,6 - 34,95 мг глюкозы (терский вариант). Вариабельность составляет 10,8 - 38,5 %. Средние показатели инвертазной активности разновидностей почв из кубанского варианта существенно превосходят таковые из терского варианта, при этом различие аналогов почв - выщелоченных черноземов из сравниваемых вариантов высоко достоверно ($t=5,55$). В пределах варианта поясности характеризуемые почвы мало различаются ($t \leq 0,8$) между собой по уровню активности фермента.

Из всех изученных ферментов наиболее низкие показатели отмечены для активности дегидрогеназы. В кубанском варианте поясности исследуемые почвы имеют слабую (пределы 2,04 - 9,27 мг ТФФ), в терском варианте - очень слабую (в основном) и слабую (1,75 - 6,6 мг ТФФ) активность фермента. Вариабельность колеблется в пределах 27,4 - 38,8 %. Средние показатели активности дегидрогеназы в

выщелоченных черноземах из сравниваемых вариантов достоверно не различаются ($t=1,74$). Почвы терского варианта имеют сопоставимые уровни ($t=1,65$) активности дегидрогеназы. В кубанском варианте чернозем выщелоченный и чернозем выщелоченный слитой (почвы с наибольшей ферментативной активностью) в некоторых точках приближаются к среднему уровню (соответственно 9,27 мг и 9,12 мг ТФФ) и заметно превосходят чернозем выщелоченный уплотненный (соответственно $t=2,88$, $t=2,41$) по средним показателям активности фермента.

Фосфатазная активность исследованных почв в целом характеризуется как высокая в кубанском (пределы 33,73 - 99,81 мг P_2O_5) и средняя в терском варианте поясности (14,64 - 43,86 мг P_2O_5). Вариабельность составляет 16,1 - 34,8 %. Средние величины активности фосфатазы в выщелоченных черноземах из сравниваемых вариантов высоко достоверно различаются ($t=5,68$). В кубанском варианте чернозем выщелоченный уплотненный по активности фосфатазы (аналогично дегидрогеназе) значительно уступает чернозему выщелоченному ($t=4,51$) и чернозему выщелоченному слитому ($t=2,57$), имеющим между собой сходные уровни активности. В терском варианте выщелоченные и выщелоченные остаточно-луговые черноземы имеют близкие показатели активности фермента.

Активность уреазы в исследованных черноземах обоих вариантов поясности высокая, варьирует в пределах 22,5 - 140,4 мг NH_3 (кубанский) и 22,2 - 80,6 мг NH_3 (терский вариант). Вариабельность составляет 10,9 - 42,3 %. При сравнении аналогов почв отмечена значительно более высокая активность фермента в выщелоченном черноземе из кубанского варианта ($t=7,42$) поясности. В терском варианте разновидности выщелоченных черноземов практически не отличаются по активности фермента ($t=0,17$), тогда как в кубанском варианте уреазная активность чернозема выщелоченного существенно отличается от уплотненного ($t=5,14$) и слитого ($t=4,04$), имеющих между собой равную активность.

Активность каталазы в целом характеризуется как средняя, при этом почвы в кубанском варианте поясности проявляют (пределы 3,9 - 14,05 мл O_2) более высокую активность, чем в терском (2,65 - 8,25 мл O_2). Вариабельность активности фермента составляет 11,5 % - 38,3 %. Отмечено достоверное различие средних значений каталазной активности чернозема выщелоченного из сравниваемых вариантов ($t=5,30$). Чернозем выщелоченный проявляет более высокую активность фермента по

сравнению с другими почвами как в терском, так и в кубанском варианте (достоверное отличие от выщелоченного уплотненного, $t=2,46$).

Корреляционный анализ выявил в целом среднюю и сильную сопряженную связь активности исследованных ферментов с содержанием гумуса и влажностью (0,53 - 0,99).

Сравнительный анализ показал, что разновидности выщелоченных черноземов кубанского варианта пояности, отличающиеся большей гигроскопической влажностью и гумусностью (при сходстве рН), характеризуются более высокой ферментативной активностью. В этих почвах выявлена высокая активность уреазы и фосфатазы (свидетельство интенсивного азотного и фосфорного обмена), средняя - инвертазы и каталазы, слабая – дегидрогеназы, тогда как в почвах терского варианта отмечена высокая активность уреазы, средняя - инвертазы, фосфатазы и каталазы, очень слабая (в основном) и слабая – дегидрогеназы. При сравнении наиболее распространенных и активных почв в исследуемых регионах - мощного выщелоченного чернозема из кубанского варианта и его аналога из терского варианта выявлены достоверные ($t=5,3 - 7,42$) различия в ферментативной активности (за исключением дегидрогеназы).

По активности ферментов исследованные почвы располагаются в следующий ряд: кубанский вариант - чернозем выщелоченный > чернозем выщелоченный слитой > чернозем выщелоченный уплотненный; терский вариант - чернозем выщелоченный > чернозем выщелоченный остаточно-луговатый. В отличие от более однородных почв терского варианта ($t \leq 1,65$), уровни активности ферментов разновидностей выщелоченных черноземов кубанского варианта достоверно ($t \leq 4,51$) различаются между собой (за исключением инвертазы), что, возможно, связано с дифференциацией этих почв по содержанию гумуса, влажности, а также с наличием слитости и уплотненности. Выщелоченный чернозем превосходит слитой чернозем по активности уреазы, а уплотненный чернозем - по активности всех ферментов, за исключением инвертазы. Последний уступает слитому по активности дегидрогеназы и фосфатазы.

Максимальная активность изученных ферментов выявлена в черноземе выщелоченном из Гиагинского района Адыгеи (лесополоса), наиболее гумусированной и увлажненной почве (соответственно 11,22 % и 11,8 %) из всех

изученных, минимальная – в черноземе выщелоченном остаточно-луговатом (Терский район Кабардино-Балкарии) с средним содержанием гумуса и влаги (5,12 %, 3,18 %).

По суммарной относительной активности ферментов исследованные почвы располагаются в ряд, аналогичный активности отдельных ферментов (рис.2): (кубанский вариант) чернозем выщелоченный > чернозем выщелоченный слитой > чернозем выщелоченный уплотненный > (терский вариант) чернозем выщелоченный > чернозем выщелоченный остаточно-луговатый.

Как видно из диаграммы, относительно суммарной ферментативной активности чернозема выщелоченного из кубанского варианта (принятой за 100%) почвы терского варианта имеют почти наполовину меньшую активность (менее 56%).

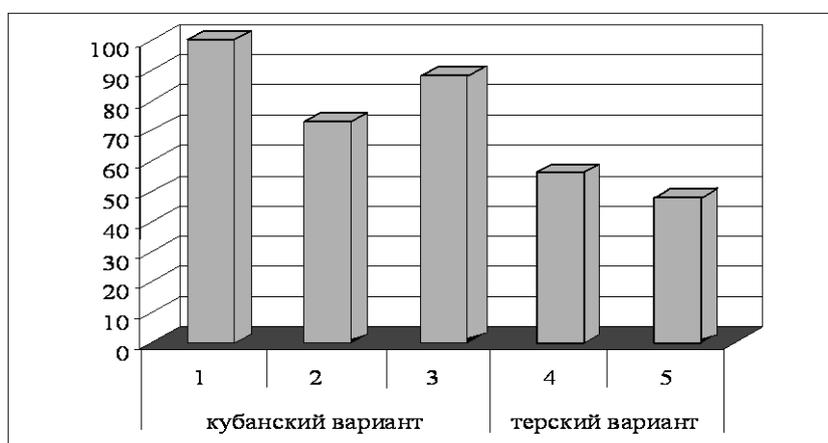


Рис. 2. Суммарная ферментативная активность выщелоченных черноземов кубанского и терского вариантов поясности (%):

1. чернозем выщелоченный
2. чернозем выщелоченный уплотненный
3. чернозем выщелоченный слитой
4. чернозем выщелоченный
5. чернозем выщелоченный остаточно-луговатый

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены уровни активности важнейших ферментов (инвертаза, дегидрогеназа, фосфатаза, уреазы, каталаза) в выщелоченных черноземах степной зоны и лесостепного пояса Северо-Западного (кубанский вариант поясности) и Центрального Кавказа (терский вариант). Отмечается высокая активность фосфатазы (кубанский вариант) и уреазы, средняя – фосфатазы (терский вариант), инвертазы и каталазы, очень слабая – дегидрогеназы. Отличаясь от почв терского варианта большей увлажненностью и более высоким содержанием гумуса (при сходстве показателей pH), мощные выщелоченные черноземы степной зоны кубанского варианта характеризуются более высокой ферментативной активностью.

Литература:

1. Атлас Республики Адыгея. Майкоп: Адыгея, 2001. 80 с.
2. География Республики Адыгея / [А.Ш. Бузаров и др.]. Майкоп: Адыг. респ. кн. изд-во, 2001. 200 с.
3. 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.
4. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. М.: Госком СССР по стандартам, 1985. С. 3 - 6.
5. Добровольский В.В. Практикум по географии почв. М.: Владос, 2001. 143 с.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 2003. 204 с.
8. Кириченко К.С. Почвы Краснодарского края. Краснодар: Крайгосиздат, 1952. 242 с.
9. Кумахов В.И. Почвы Центрального Кавказа. Нальчик, 2007. 125 с.
10. Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР / Молчанов Э.Н. и др. Новосибирск: Роскартография, 1984.
11. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и рекомендации по их использованию. Нальчик: Гос. проект. ин-т по землеустройству СевКавНИИгипрозем, 1984. 201 с.
12. Проблемы экологии горных территорий / [Темботов А.К. и др.]. Майкоп, 2001. 186 с.
13. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.