

УДК 631.461 (470.64)

ББК 40.3 (2Рос.Каб)

Т 32

Темботов Р.Х.

Младший научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, тел. (8662) 42-24-97, e-mail: tembotov.rustam@mail.ru

Биохимические свойства гидроморфных почв Центрального Кавказа (в пределах терского варианта поясности Кабардино-Балкарии)

(Рецензирована)

Аннотация. Проведены изучение и сравнительный анализ биохимических свойств (дыхание почвы, содержание гумуса, активность ферментов – каталазы, дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы, уреазы) гидроморфных почв агроценозов и естественных биогеоценозов равнинных территорий в условиях терского варианта поясности в пределах Кабардино-Балкарии. Выявлены различия изученных показателей между почвами агроценозов и биогеоценозов. Изученные характеристики объединены в общий интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБСП). Снижение ИПБСП на 39-40% свидетельствует о нарушении физико-химических, биологических и целостных функций изученных почв.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, Кабардино-Балкария, терский вариант поясности, биохимические свойства, полугидроморфные почвы, гидроморфные почвы, агроценозы, биогеоценозы.

Tembotov R.Kh.

Junior Researcher of Laboratory of Soil and Ecological Researches, Institute of Ecology of Mountain Territories named after A.K. Tembotov of the Kabardino-Balkarian Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nalchik, ph. (8662) 42-24-97, e-mail: tembotov.rustam@mail.ru

Biochemical characters of hydromorphic soils in the Central Caucasus (within the Terskiy variant of vertical zonation in Kabardino-Balkaria)

Abstract. The studies and comparative analysis are conducted to define biochemical characters, including soil respiration, humus contents, enzymatic activity – catalase, dehydrogenase, invertase, phosphatase and urease, of hydromorphic soils in agrocenoses and natural biogeocenoses of plains within the Terskiy variant of vertical zonation in Kabardino-Balkaria. The differences of the studied parameters between the soils of agrocenoses and biogeocenoses are revealed. The studied characteristics are pooled to form the overall integral parameter of biological state of soil (IPBSS). A 39-40% reduction of IPBSS points to disturbance of physico-chemical, biological and total functions of the studied soils.

Keywords: the Central Caucasus, Kabardino-Balkaria, Terskiy variant of vertical zonation, biochemical characters, semihydromorphic soils, hydromorphic soils, agrocenoses, biogeocenoses.

Широкий спектр природно-климатических условий равнинной части Кабардино-Балкарии обуславливает весьма сложную структуру почвенного покрова этих территорий, а хорошо развитая гидрографическая сеть накладывает дополнительный отпечаток на формирование почв и увеличивает их разнообразие. В поймах и дельтах рек Терек, Черек, Баксан, Малка сформировались гидроморфные почвы, строение и свойства которых развиваются под воздействием периодических затоплений при паводке и близости грунтовых вод. Эти почвы расположены на обширных пространствах и занимают 41% от общей площади района исследований [1].

Особый режим увлажнения отличает гидроморфные почвы от автоморфных, которые представлены различными подтипами черноземов. Эти различия проявляются как в строении профиля [2-4], так и в биохимических показателях, которые позволяют судить о важнейших процессах, определяющих свойства и плодородие изучаемых почв.

В сельском хозяйстве республики гидроморфные почвы используются под все зерновые культуры, где на них получают высокие урожаи. В последнее время на территории Кабардино-Балкарии все более широкое распространение получает промышленное садоводство и виноградарство. Обширные пространства, которые занимают плодо-

вые насаждения республики, расположены на гидроморфных почвах, использование которых под эти культуры, по мнению различных авторов, является весьма перспективным [1, 5].

Под воздействием сельскохозяйственного производства свойства почв изменяются. Нередко это ведет к снижению уровня плодородия, а при интенсивной многолетней нагрузке нарушаются и экологические функции почвы. Определение степени изменения почвенных свойств весьма актуально, так как почвы исследуемых территорий почти полностью находятся в сельскохозяйственном использовании. Таким образом, гидроморфные почвы как обрабатываемые, так и естественные требуют особого внимания и специального исследования.

Целью данной работы явилась оценка состояния биохимических свойств гидроморфных почв агро- и биогеоценозов северного макросклона Центрального Кавказа (в пределах терского варианта поясности равнинной части Кабардино-Балкарии).

Материалы и методы исследования

Предметом изучения в данной работе являются полугидроморфные аналоги черноземов – лугово-черноземные почвы и гидроморфные – луговые карбонатные, распространенные в степной зоне и лесостепном поясе терского варианта поясности Кабардино-Балкарии (по типизации В.Е. Соколова, А.К. Темботова) [6].

Тип лугово-черноземных почв по степени гидроморфизма и типу водного питания подразделяют на 2 подтипа. Первый подтип – луговато-черноземные почвы формируются в результате влияние временного увеличенного увлажнения поверхностными водами или редкого затопления при паводке. Грунтовые воды расположены достаточно глубоко и пленочно-капиллярное поднятие воды не достигает профиля почвы. Формируются они в ложбинах, подсклоновых депрессиях, а также на надпойменных террасах и вершинах оврагов. Второй подтип – лугово-черноземные почвы образуются под влиянием постоянного грунтового и смешанного периодического поверхностного увлажнения. В отличие от луговато-черноземной почвы их профиль находится в зоне пленочно-капиллярного поднятия грунтовой влаги. Формируются эти почвы в основном в понижениях мезорельефа, но иногда образуют обширные контуры на некоторых элементах микрорельефа.

Луговые карбонатные почвы образуются в условиях повышенного поверхностного обводнения и постоянной связи с почвенно-грунтовыми водами. Формируются они по понижениям рельефа и на недренированных равнинах [7].

Район исследований (рис. 1) охватывает территории, относящиеся, в соответствии с классификацией А.К. Темботова [6], к зоне предгорной степи (170-400 м над ур.м.) и лесостепному поясу (300-700 м над ур.м.) терского варианта поясности Кабардино-Балкарии. Почвообразующими породами на данной территории являются современные и древние аллювиальные отложения четвертичного периода, представленные галечниками, песками, суглинками и глинами [5].

Отбор и подготовка почвенных образцов для определения биохимических свойств осуществляли по общепринятым в экологии и почвоведении методам [8, 9]. Сбор почв методом конверта, пахотного слоя (0-20 см) в агроценозах и поверхностного слоя (0-20 см) в естественных биогеоценозах проводили в 2011-2013 годах. Всего было отобрано 50 образцов рассматриваемых почв. Классификационная диагностика проведена в соответствии с генетической классификацией почв России 1997 г. [10].

При определении местоположения точек отбора использовались почвенная карта [1] и персональный навигатор GPSMAP 60 CEX, координаты мест исследования расположены в границах N 43°38'281"-43°65'657"; E 43°66'913"-44°20'380", высотные пределы – от 204 до 434 м над ур.м.

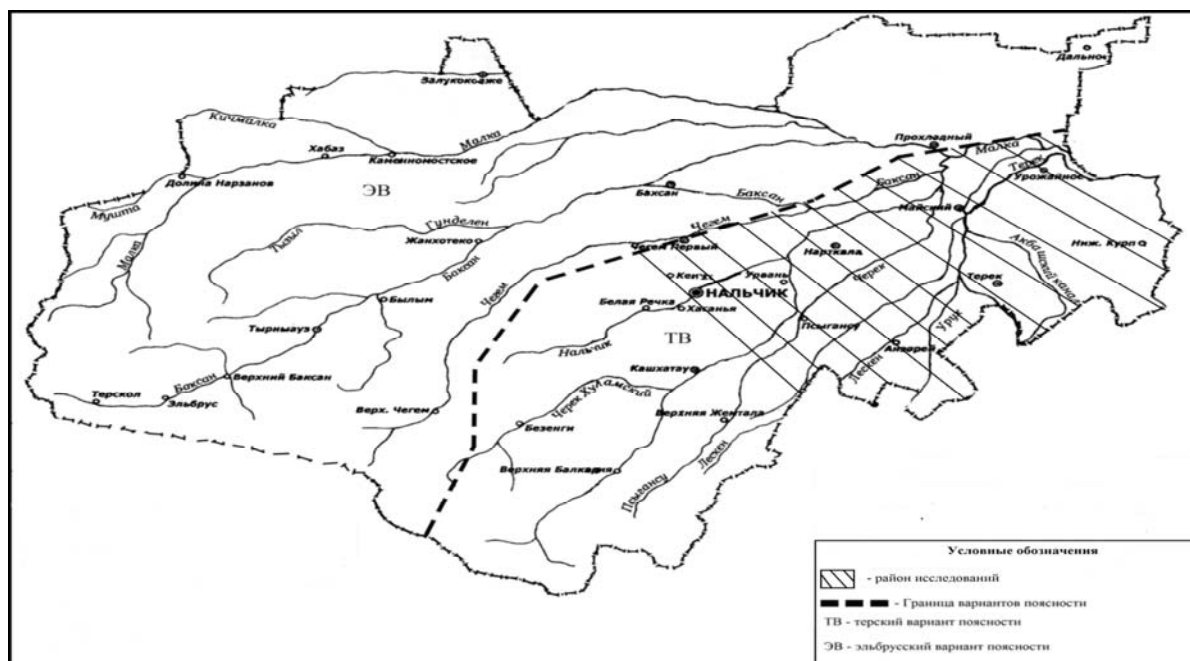


Рис. 1. Район исследований в границах терского варианта пояности

Лабораторные исследования по изучению биохимических свойств почв выполняли в 3-х кратной аналитической повторности. Интенсивность эмиссии диоксида углерода, характеризующая потенциальную активность почвенной микробной биомассы, определяли в соответствии с методикой А.Ш. Галстяна [11], основанной на адсорбции CO_2 гидроокисью натрия (0,1 н.) с последующим титрованием стандартным раствором соляной кислоты (0,05 н.). Определение содержания гумуса проводили по методу Тюрина в модификации Никитина. Активность каталазы определялась газометрически, остальных ферментов (дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы и уреазы) – колориметрическим методом [8]. Контролем при определении активности ферментов служили стерилизованные почвы (180°C , 3 часа).

Оценку полученных биологических показателей почв проводили по шкале Э.И. Гапонюк, С.В. Малахова [12]. Расчет суммарной относительной активности ферментов осуществлялся в соответствии с методикой, предложенной Д.Г. Звягинцевым [13]. Для объединения изученных показателей в индикатор общей биологической активности использовалась методика расчета ИПБСП [8, 14].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли в программе «Statistica-10.0». Достоверности различия изученных почвенных характеристик агро- и биоценозов оценивали с помощью t -критерия Стьюдента при уровне значимости $P \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Содержание гумуса – один из основных показателей биологической активности почвы, включающий в себя информацию о целом ряде ее важнейших свойств и потенциальном плодородии [14-17]. Изученные обрабатываемые почвы являются слабогумусированными (менее 4%) в отличие от естественных, являющихся малогумусными (4-6%) (табл. 1). Проведенные исследования показали, что сельскохозяйственное использование привело к снижению содержания гумуса в обрабатываемых почвах в среднем в 1,6 раза. Обнаруженные различия – статистически значимы ($t=2,33-3,69$; $P=0,004-0,03$). Уменьшение содержания гумуса в луговых карбонатных почвах на 27%, а лугово-черноземных и луговато-черноземных соответственно на 38% и 40% указывает на происходящие в пахотных почвах процессы дегумификации, которые обуславливают снижение биологической активности, а, в конечном счете, и плодородия почв.

Таблица 1

Биохимические свойства почв агро- и биогеоценозов равнинных территорий
терского варианта поясности Кабардино-Балкарии

Почвы	Содержание гумуса, %	Выделение CO ₂ , мг, CO ₂ /100 г/24 ч	Каталаза, O ₂ /1 г/1 мин	Дегидрогеназа, мг, ТФФ/10 г/24 ч	Инвертаза, мг, глюкозы/1 г/24 ч	Фосфатаза, мг, P ₂ O ₅ /100 г/1 ч	Уреаза, мг, NH ₃ /10 г/24 ч
АГРОЦЕНОЗЫ $(\bar{X} \pm m)$							
Луговые карбонатные	3,58±0,25	27,52±2,48	4,37±0,65	9,44±1,04	4,74±0,71	11,60±1,01	14,01±1,90
Лугово-черноземные	3,64±0,13	36,39±3,28	7,07±1,24	5,56±0,74	8,86±1,27	15,74±0,74	14,19±2,72
Луговато-черноземные	3,95±0,13	36,25±2,20	7,77±0,88	6,29±0,20	5,27±1,17	23,80±3,74	12,53±3,18
БИОГЕОЦЕНОЗЫ $(\bar{X} \pm m)$							
Луговые карбонатные	4,92±0,49	51,17±14,07	3,50±0,52	10,81±2,18	18,28±1,46	23,94±2,82	50,36±5,14
Лугово-черноземные	5,87±0,60	83,89±14,96	6,54±0,69	7,16±0,88	19,27±2,15	28,74±3,29	57,94±9,88
Луговато-черноземные	6,83±0,60	92,83±6,20	8,45±0,53	8,47±0,32	18,78±2,79	38,77±4,91	92,17±13,84

Интенсивность эмиссии диоксида углерода (почвенное дыхание) – важнейшая и наиболее общая характеристика биологической активности почв. Данный показатель обусловлен преимущественно деятельностью гетеротрофных микроорганизмов. Он отражает потенциальную активность метаболических процессов почвенной микрофлоры, участвующей в процессах разложения и трансформации органического вещества в почвах [17, 18].

В результате проведенных исследований установлено, что в обрабатываемых почвах интенсивность почвенного дыхания снижается в среднем в 2,3 раза. Выявленные различия статистически значимы ($t=2,68-6,75$; $P \leq 0,03-0,0002$) для всех изученных почв, что свидетельствует об ослаблении микробиологической активности в пахотных почвах. Вероятно, наблюдаемый процесс вызван уменьшением растительной биомассы, которая в биогеоценозах является питательной средой для микрофлоры, а в агроценозах – отторгается вместе с урожаем. Данное предположение согласуется и с выводами других авторов [19, 20].

Активность почвенных ферментов – обязательный компонент исследований биологических свойств почвы, которая, в сравнении с другими природными системами, обладает наиболее разнообразным ферментным пулом. В настоящее время известно более двух тысяч ферментов, катализирующих различные процессы в почвах. Чаще всего при характеристике ферментативной активности почв изучают деятельность ферментов, принадлежащих к классам оксидоредуктаз и гидролаз [13, 14].

Оксидоредуктазы катализируют окислительно-восстановительные процессы в почве. Окисление продуктов гидролитических реакций – важный этап превращения органических веществ и образования предгумусовых соединений. Для характеристики интенсивности указанных процессов чаще всего используют показатели уровня активности дегидрогеназы и каталазы. Почвы района исследований как агроценозов, так и биогеоценозов проявляют среднюю активность **каталазы** (табл. 1). Статистически значимых различий между пахотными и целинными почвами по активности данного фермента не обнаружено.

Дегидрогеназа проявляет среднюю активность во всех почвах биогеоценозов, в то время как в лугово- и луговато-черноземных почвах агроценозов уровень ее активности слабый. Однако статистически значимые различия обнаружены только для луговато-черноземных почв ($t=4,45$; $P=0,003$) (табл. 1).

На рисунке 2 представлено графическое изображение данных относительной **суммарной** активности ферментов класса оксидоредуктаз (каталазы и дегидрогеназы) в почвах агро- и биоценозов. Из диаграммы видно, что различия в проявлении суммарной активности окислительных ферментов незначительны. Причиной наблюдаемого явления служит изменение воздушного режима верхнего слоя пахотных почв. Обработка способствует улучшению аэрации почвы и активизации окислительных процессов [17].

Ферменты класса **гидролаз** участвуют в осуществлении гидролиза разнообразных органических соединений. Они катализируют реакции расщепления и синтеза таких сложных соединений, как белки, жиры и углеводы и выполняет важную роль в обогащении почвы подвижными и питательными веществами, доступными для растений и микроорганизмов. Для характеристики данного класса ферментов определяется активность инвертазы, фосфатазы и уреазы [13, 14].

Изученные почвы проявляют очень слабую (луговые карбонатные) и слабую (лугово- и луговато-черноземные) активность **инвертазы** в обрабатываемых почвах, а во всех естественных – среднюю. Полученные данные показали статистически значимое снижение инвертазной активности ($t=4,06-8,35$; $P=0,000001-0,005$) во всех изученных почвах агроценозов в сравнении с их естественными аналогами.

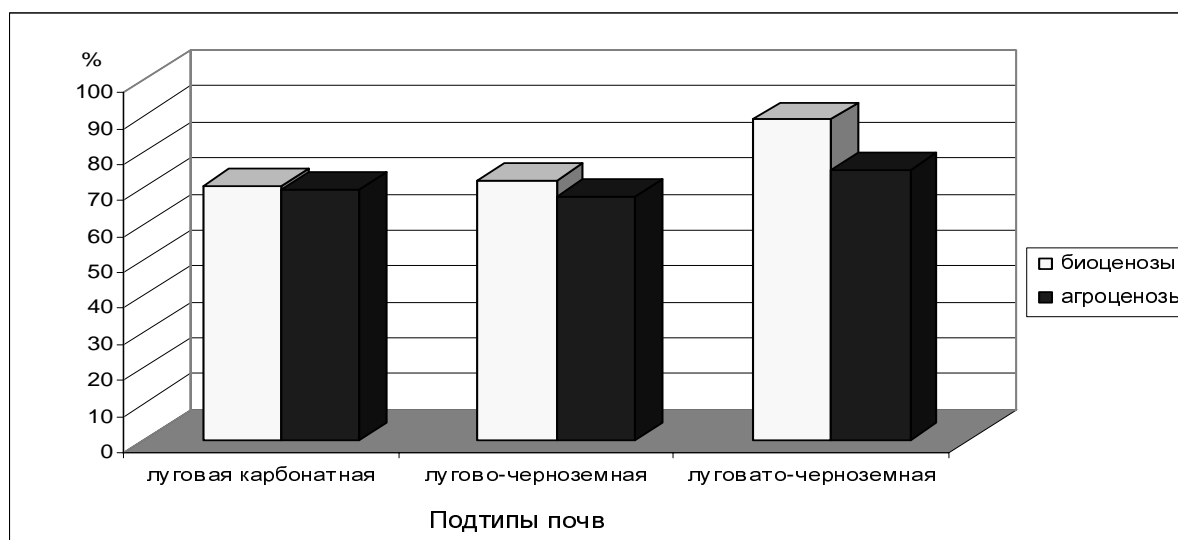


Рис. 2. Средние показатели относительной суммарной активности оксидоредуктаз (каталаза и дегидрогеназа) в слое (0-20 см) почв равнинной части агро- и биогеоценозов терского варианта пояности Кабардино-Балкарии

Активность **фосфатазы** в пахотных почвах находится как на слабом (луговые карбонатные), так и на среднем (лугово- и луговато-черноземные) уровне активности, тогда как в целинных почвах – исключительно на среднем. Сельскохозяйственное использование привело к статистически значимому снижению активности фермента в луговых карбонатных ($t=3,92$; $P=0,001$) и лугово-черноземных почвах ($t=3,50$; $P=0,003$).

Уреаза в почвах агроценозов имеет средний, а в биогеоценозах высокий уровень активности. Во всех изученных почвах наблюдается статистически значимое уменьшение активности фермента ($t=4,09-7,67$; $P=0,000004-0,002$) (табл. 1).

Диаграмма (рис. 3.) отображает соотношение относительной **суммарной** активности ферментов класса гидролаз (инвертаза, фосфатаза и уреазы) в обрабатываемых и естественных почвах. Полученные данные показывают, что активность ферментов класса гидролаз во всех изученных почвах агроценозов ниже, чем в биоценозах в среднем в 2,8 раза.

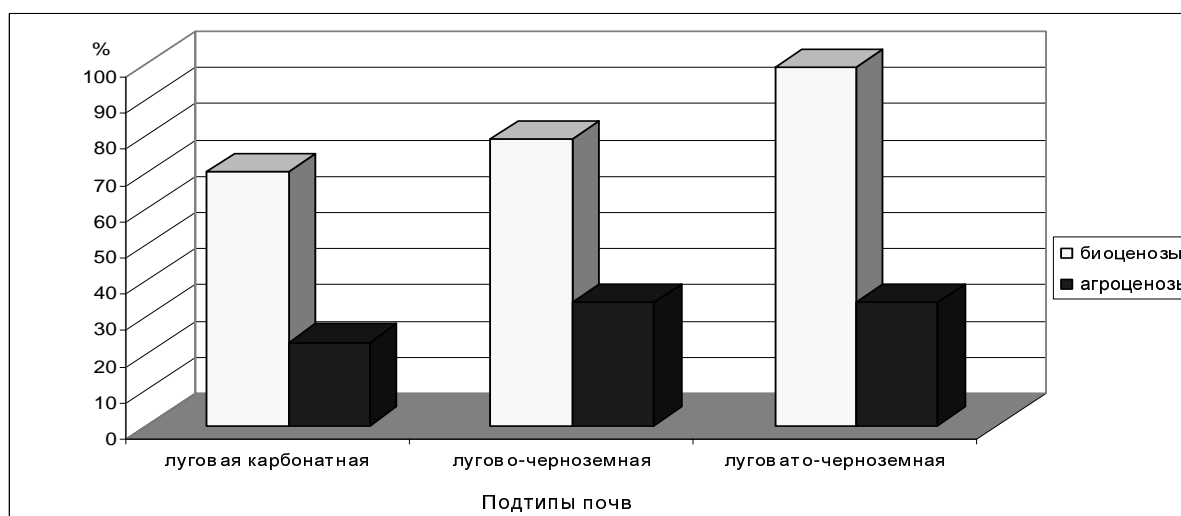


Рис. 3. Средние показатели относительной суммарной активности гидролаз (инвертаза, фосфатаза и уреазы) в слое (0-20 см) почв агро- и биогеоценозов равнинных территорий терского варианта пояности Кабардино-Балкарии

Для характеристики общей биологической активности почвы ведущими исследователями данной проблемы [8, 14] рекомендуется объединение различных почвенных характеристик в единый показатель, позволяющий сравнить и дать оценку степени изменения биологической активности почвы, произошедшего в результате антропогенного воздействия (техногенного загрязнения или агроиспользования). ИПБСП был рассчитан на основе совокупности всех полученных данных для почв агро- и биоценозов, результаты представлены в виде диаграммы (рис. 4).

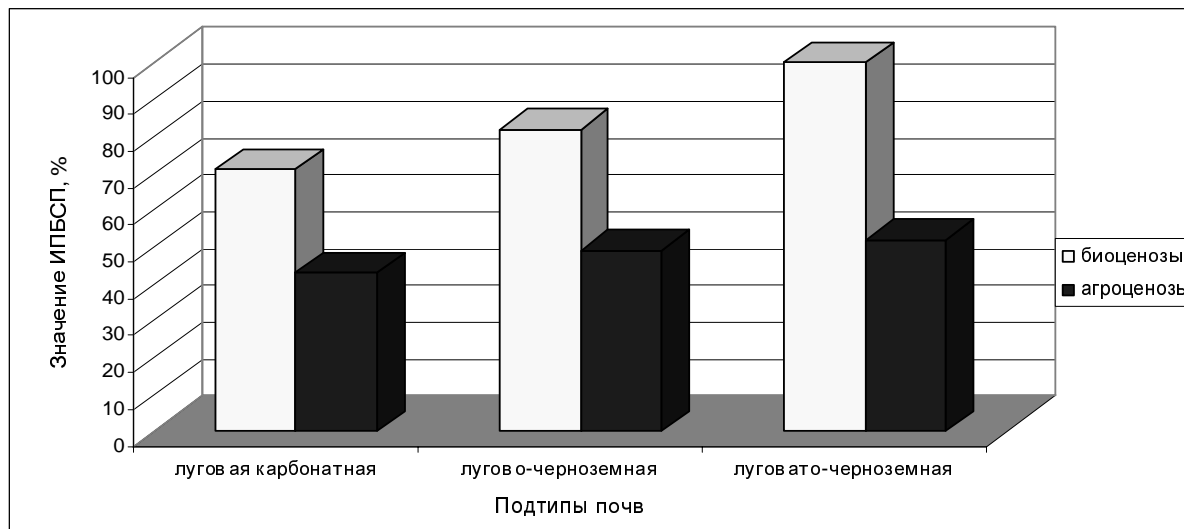


Рис. 4. Значение ИПБСП верхнего слоя (0-20 см) почв агро- и биогеоценозов равнинных территорий терского варианта пояности Кабардино-Балкарии

В целинных почвах, так же как и в пахотных, по уровню биологической активности лидируют лугово-черноземные, затем следуют лугово-черноземные и луговые карбонатные почвы. Следует отметить, что с возрастанием признаков гидроморфизма в исследуемых почвах их биологическая активность снижается. Расхождения по значениям ИПБСП в биоценозах находятся в пределах от 20 до 30%. Различия между почвами агроценозов нивелируются и составляют всего лишь от 3 до 9%. Разными авторами отмечалось [14, 15], что физико-химические показатели в различных типах обрабатываемых почв приближаются друг к другу. Пахотный горизонт генетически различных почв обладает свойствами, которые могут существенно отличаться от верхнего слоя аналогичной почвы, не испытывающей агрогенного воздействия. Полученные результаты исследования показывают, что и биологическая активность имеет близкий уровень значений в различных типах и подтипах обрабатываемых гидроморфных почвах.

При сравнении значений ИПБСП, характеризующих почвы агро- и биогеоценозов, наблюдается его снижение во всех пахотных почвах в сравнении с естественными. Наибольшее падение биологической активности произошло в лугово-черноземных почвах (48%), за ними следуют лугово-черноземные (40%) и луговые карбонатные (39%) почвы. По мнению авторов, предложивших методику расчета и область применения ИПБСП [14, 21-23], по изменению данного показателя можно оценить не только уровень общей биологической активности почвы, но и установить степень нарушения различных функций почвы. В соответствии с разработанной авторами шкалой [23], уменьшение ИПБСП до 5% не вызывает изменений в функционировании почвы как основы биоценоза. Превышение различий на 25% свидетельствует о нарушении физико-химических, биологических и целостных функций почвы.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено существенное изменение биологической активности гидроморфных почв агроценозов Центрального Кавказа (в пределах терского варианта Кабардино-Балкарии). Зафиксировано уменьшение значений ИПБСП для изученных пахотных почв в среднем на 42%. Полученные данные свидетельствуют, что снижение биологической активности рассматриваемых почв произошло, в первую очередь, из-за падения активности почвенных гидролитических ферментов (в 2,8 раза) и интенсивности почвенного микробного дыхания (в 2,3 раза). Негативные изменения биологического потенциала являются индикатором нарушения экологических функций агрогенных почв, снижения их устойчивости и способности к самовосстановлению. Оценка состояния и определение степени утраты почвой экологических функций может стать частью мониторинговой программы долгосрочных исследований почвенного покрова, а также применяться в практических целях при хозяйственной и кадастровой оценке почв.

Примечания:

1. Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР / Э.Н. Молчанов, В.Д. Калмаков, А.К. Романова и др. Новосибирск: Роскартография, 1984.
2. Биохимические свойства основных типов гидроморфных почв степной зоны Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарии), сформированных в различных вариантах поясности / О.Н. Горобцова, Ф.В. Хежева, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2012. № 6 (50). С. 69-76.
3. Профильно-генетические особенности ферментативной активности полугидроморфных почв степной зоны Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарии) / Т.С. Улигова, Ф.В. Хежева, О.Н. Горобцова, Р.Х. Темботов // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2012. Вып. 3 (106). С. 90-98. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
4. Хежева Ф.В., Улигова Т.С., Темботов Р.Х. Оценка ферментативной активности черноземов естественных биоценозов степной зоны и лесостепного пояса Центрального Кавказа // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12, № 1 (4). С. 1075-1078.
5. Кумахов В.И. Почвы Центрального Кавказа. Нальчик, 2007. 125 с.
6. Соколов В.Е., Темботов А.К. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные. М.: Наука, 1989. 548 с.
7. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 280 с.
8. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 204 с.
9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
10. Классификация почв России / под ред. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедев. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН.

References:

1. Soil map of the Kabardino-Balkarian ASSR / E.N. Molchanov, V.D. Kalmakov, A.K. Romanova, etc. Novosibirsk: Roskartografiya, 1984.
2. Biochemical properties of the main types of the hydromorphic soils of the steppe zone of the Central Caucasus (within Kabardino-Balkaria) created in various options of zonation / O.N. Gorobtsova, F.V. Khezheva, T.S. Uligova, R.Kh. Tembotov // News of the Kabardino-Balkarian RAS Scientific Center. 2012. No. 6 (50). P. 69-76.
3. Profile and genetic peculiarities of enzymatic activity in semi-hydromorphic soils of the steppe zone of the Central Caucasus (within the Kabardino-Balkaria) / T.S. Uligova, F.V. Khezheva, O.N. Gorobtsova, R.Kh. Tembotov // The Bulletin of the Adyge State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2012. Iss. 3 (106). P. 90-98. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
4. Khezheva F.V., Uligova T.S., Tembotov R.Kh. The assessment of enzymatic activity of chernozem soils of natural biocenoses of the steppe zone and forest-steppe zone of the Central Caucasus // News of the Samara RAS Scientific Center. 2010. Vol. 12, No. 1 (4). P. 1075-1078.
5. Kumakhov V.I. Soils of the Central Caucasus. Nalchik, 2007. 125 pp.
6. Sokolov V.E., Tembotov A.K. The vertebrata of the Caucasus. The insect-eating mammals. M.: Nauka, 1989. 548 pp.
7. Classification and diagnostics of soils of the USSR. M.: Kolos, 1977. 280 pp.
8. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and methods of researches. Rostov-on-Don: RGU Publishing House, 2003. 204 pp.
9. Khaziev F.Kh. Methods of soil enzymology. M.: Nauka, 2005. 252 pp.
10. Classification of soils of Russia / ed. by L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedev. M.: Soil In-te of V.V. Dokuchayev of RASKhN. 1997.

1997. 226 с.
11. Галстян А.Ш. Дыхание почвы как один из показателей ее биологической активности // Сообщение лаборатории агрохимии АН АрмССР. Биологические науки. 1961. № 5. С. 69-74.
12. Гапонюк Э.И., Малахов С.В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Труды 4-го Всесоюзного совещания. Обнинск, 1983. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 3-10.
13. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 10. С. 44-52.
14. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
15. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методология исследования биологической активности почв. (На примере Северного Кавказа) // Научная мысль Кавказа. 1999. № 1. С. 32-37.
16. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга России: классификация и диагностика. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. 349 с.
17. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.
18. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.
19. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 222 с.
20. Пространственное варьирование содержания углерода микробной биомассы и микробного дыхания южного подмосковья / Е.Г. Гавриленко, Е.А. Сусьян, Н.Д. Ананьева, О.А. Макаров // Почвоведение. 2011. С. 1231-1245.
21. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении / С.И. Колесников, З.Р. Тлехас, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1499-1505.
22. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Ростиздат, 2006. 385 с.
23. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1509-1514.
- 226 pp.
11. Galstyan A.Sh. Breath of the soil as one of indicators of its biological activity // Report of the laboratory of agrochemistry of the ArmSSR AS. Biological Sciences. 1961. No. 5. P. 69-74.
12. Gaponyuk E.I., Malakhov S.V. A complex system of indicators of environmental monitoring of soils // Works of the 4th All-Union meeting. Obninsk, 1983. L.: Gidrometeoizdat, 1985. P. 3-10.
13. Zvyagintsev D.G. Biologic activity of soils and scales of assessment of some indicators of it // Soil Science. 1978. No. 10. P. 44-52.
14. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biology of soils of the South of Russia. Rostov-on-Don: TsVVR Publishing House, 2004. 350 pp.
15. Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Methodology of research of biological activity of soils. (Based on the North Caucasus) // Scientific Thought of the Caucasus. 1999. No. 1. P. 32-37.
16. Valkov V.F., Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh. Soils of the South of Russia: classification and diagnostics. Rostov-on-Don: SKNTs VSh Publishing House, 2002. 349 pp.
17. Galstyan A.Sh. The enzymatic activity of soils of Armenia. Yerevan: Ayastan, 1974. 275 pp.
18. Khaziev F.Kh. System and ecological analysis of enzymatic activity of soils. M.: Nauka, 1982. 203 pp.
19. Ananyeva N.D. Microbiological aspects of auto-purification and stability of soils. M.: Nauka, 2003. 222 pp.
20. Spatial variation of the content of carbon of microbial biomass and microbial breath of the southern Moscow area / E.G. Gavrilenko, E.A. Susyan, N.D. Ananyeva, O.A. Makarov // Soil Science. 2011. P. 1231-1245.
21. Change of biological properties of soils of Adygea during chemical pollution / S.I. Kolesnikov, Z.R. Tlekhas, K.Sh. Kazeev, V.F. Valkov // Soil Science. 2009. No. 12. P. 1499-1505.
22. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. An ecological state and functions of soils in the conditions of chemical pollution. Rostov-on-Don: Rostizdat, 2006. 385 pp.
23. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. Ecological functions of soils and influence of heavy metals pollution on them // Soil Science. 2002. No. 12. P. 1509-1514.