

- С. 79–85.
14. Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – С. 606–612.
 15. Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П. Влияние свинца и кадмия на проростки ячменя // Физиология и биохимия культурных растений. – 2001. – Т. 33. – № 1. – С. 33–37.
 16. Ягодин Б.А., Виноградова С.Б., Говорина В.В. Кадмий в системе почва–удобрения–растения–животные организмы и человек // Агрехимия. – 1989. – № 5. – С. 118–129.
 17. Cadmium accumulation in crops /C.A. Grant, W.T. Buckley, L.D. Bailey [et al.] // Can. J. Plant Sci. – 1998. – Vol. 78. – P. 1–17.



УДК 631.47

И.С. Коротченко, Н.Н. Кириенко

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО МЕДЬЮ

В статье дана оценка ферментативной активности чернозема выщелоченного при модельном загрязнении медью. В результате проведенных исследований авторам удалось установить прямую зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью уменьшения активности ферментов – каталазы, уреазы, инвертазы, протеазы в почве.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, ферментативная активность почв, каталаза, инвертаза, уреазы, протеазы, тяжелые металлы, медь.

I.S. Korotchenko, N.N. Kiriyenko

THE ENZYMATIC ACTIVITY OF THE LEACHED CHERNOZEM POLLUTED BY COPPER

The assessment of the leached chernozem enzymatic activity in the model pollution by copper is given in the article. As a result of the conducted research the authors were able to establish the direct relationship between pollutant concentration and the degree of the enzyme activity reduction – catalase, urease, invertase, protease in the soil.

Key words: leached chernozem, soil enzymatic activity, catalase, invertase, urease, protease, heavy metals, copper.

Введение. Одной из важных проблем современной экологии является загрязнение почв тяжелыми металлами, которое отражается практически на всех компонентах биосферы. Тяжелые металлы, попав в атмосферу, почву или водоемы, включаются в природный круговорот веществ и удаляются очень медленно при выщелачивании, эрозии и дефляции, а также потреблении растениями.

Основными источниками загрязнения тяжелыми металлами являются предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, тепловые электростанции, транспорт. При оценке экологического состояния окружающей среды большую роль играет изучение почвенного покрова [8].

Проблема мониторинга почв актуальна в настоящее время, так как остро стоит вопрос о сохранении почвенного плодородия. Согласно литературным данным, наиболее информативными интегральными характеристиками биологической активности почвы, а следовательно, плодородия последней, является активность почвенных ферментов.

Ферментативный анализ почв широко использовался при изучении сильного промышленного загрязнения сосновых насаждений на территории Уральского региона и лесов Сибири, в зонах техногенного загрязнения в Украине, а также при определении плодородия пахотных почв в Белоруссии [1].

Однако в большинстве научных работ нет достоверных данных об изменении показателей нитрифицирующей активности, выделении углекислого газа, активности ряда ферментов даже при значительном содержании тяжелых металлов в почве [12].

Активность ферментов каталазы, инвертазы, протеазы, дегидрогеназы, полифенолоксидазы, сульфатредуктазы, уреазы, нитратредуктазы изучалась в работах ряда исследователей [1, 3, 6] и, по некоторым данным, является наиболее универсальным биоиндикатором состояния почвенных экосистем, поскольку

отражает специфический ответ (усиление, либо, напротив, снижение показателей) почвенной биоты на неспецифическое (техногенное либо другой природы) загрязнение.

Цель исследований. Изучение влияния уровня загрязнения чернозема выщелоченного ионами меди на активность почвенных ферментов.

Объекты и методы исследований. В лабораторно-вегетационных модельных опытах с выщелоченным черноземом изучали изменение биологической активности почв по каталазной, уреазной и инвертазной ферментативной активности почв под действием ионов меди при выращивании кресс-салата сорта Неделька, горчицы белой сорта Подольянка.

Растения выращивались в сосудах емкостью 1 кг в искусственно созданных условиях в теплице при температуре 22–25°C, относительной влажности воздуха 60–70 %. Для закладки опыта использовалась почва пахотного слоя, взятая с полей СПК «Зыковский», которая имела следующую характеристику: гумус – 7,7 %, pH – 7–8, подвижный фосфор – 300 мг/кг, обменный калий – 150 мг/кг. В качестве фона вносили $\text{NH}_3\text{NO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_3$, являющиеся в почвенных условиях физиологически нейтральными удобрениями [7]. Медь вносили в виде хорошо растворимой соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 1–5 и 10 ПДК. Варианты модельного загрязнения почвы: 0 – контроль; I (1 ПДК Cu); II (2 ПДК Cu); III (3 ПДК Cu); V (4 ПДК Cu); V (5 ПДК Cu); VI (10 ПДК Cu). Расчет концентраций тяжелых металлов производился согласно нормативам [2].

Для исследования влияния меди на ферментативную (энзиматическую) активность почвы было выбрано четыре фермента: уреазы, протеазы, каталазы, инвертазы. По мнению российских и зарубежных исследователей, данные ферменты наиболее чувствительны к высокому содержанию тяжелых металлов [4].

При изучении ферментативной активности почвы активность каталазы определялась перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле [10], уреазы – фотоколориметрическим методом, который основан на измерении количества аммиака, образующегося при гидролизе мочевины путем образования окрашенных компонентов с реактивом Несслера и фенолятами, а также остатка негидролизованной части субстрата – мочевины [10], инвертазы – по учету восстанавливающих сахаров, образующихся при расщеплении сахарозы, протеазы – фотоколориметрическим методом [5, 10].

Результаты исследований и их обсуждение. Под воздействием загрязнения чернозема выщелоченного солями меди с увеличением концентрации поллютанта происходило постепенное снижение каталазной активности (рис. 1).

Достоверное уменьшение ($P < 0,05 - 0,001$) каталазной активности почвы отмечалось при внесении меди в дозе 3 ПДК и выше. Так, разница с контролем при концентрации меди 3 ПДК составляла 5,5 %, при 4 ПДК – 11,3, при 5 ПДК – 13,4, при 10 ПДК Cu – 30,6 % (рис. 2).

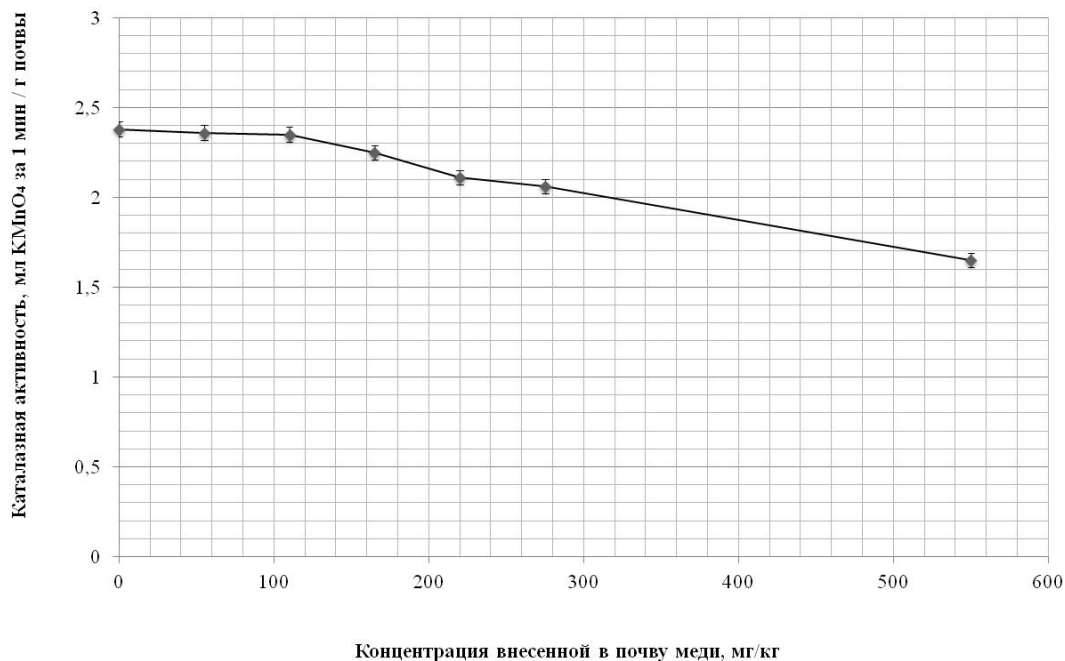


Рис. 1. Влияние различных концентраций меди на каталазную активность чернозема выщелоченного при модельном загрязнении

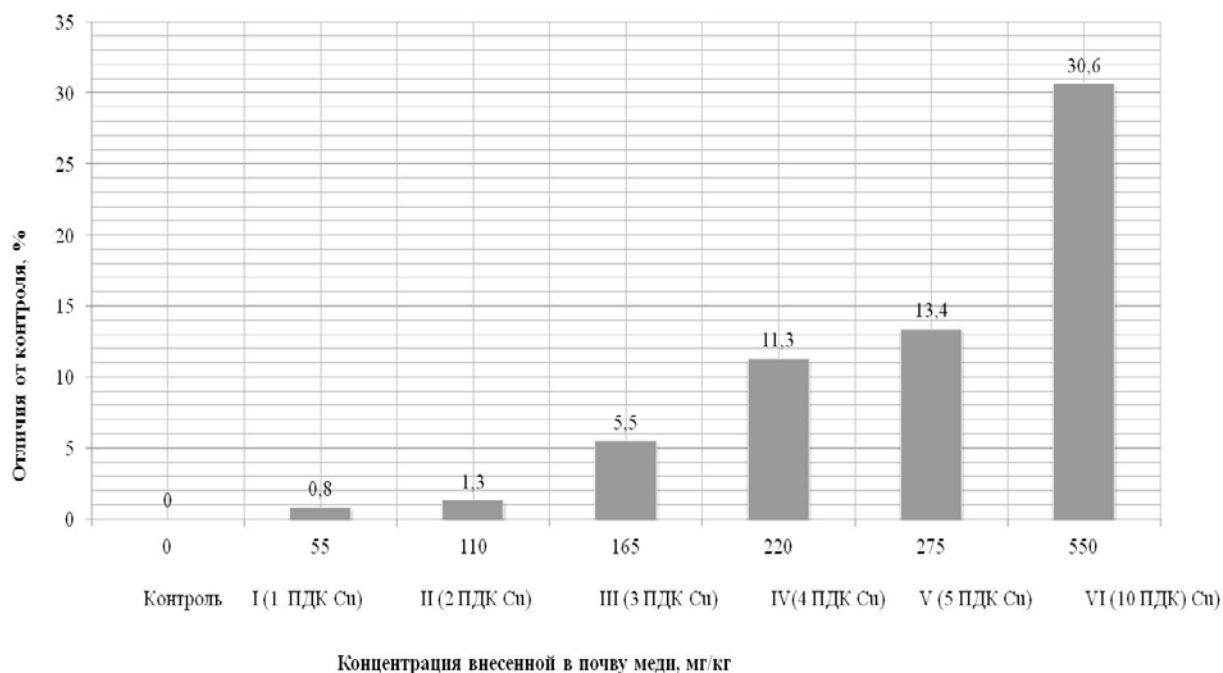


Рис. 2. Изменение каталазной активности почвы под воздействием ионов меди

При изучении влияния модельного загрязнения почвы на ее уреазную активность получены следующие результаты (рис. 3). Достоверное ($P < 0,05-0,001$) снижение активности фермента происходило при внесении меди в дозе, превышающей 4 ПДК. Разница с контролем при данной концентрации составляла 7,3 %, при 5 ПДК – 15,6, при 10 ПДК – 22,9 % (рис. 4).

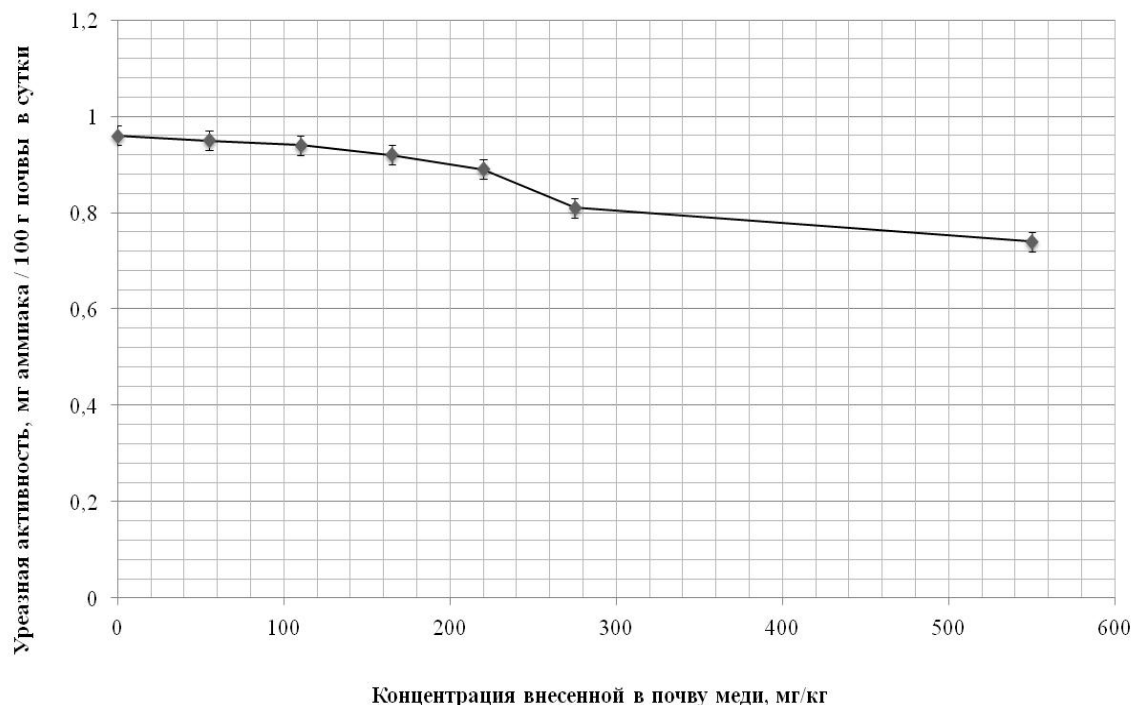


Рис. 3. Уреазная активность чернозема выщелоченного в зависимости от концентрации меди в почве

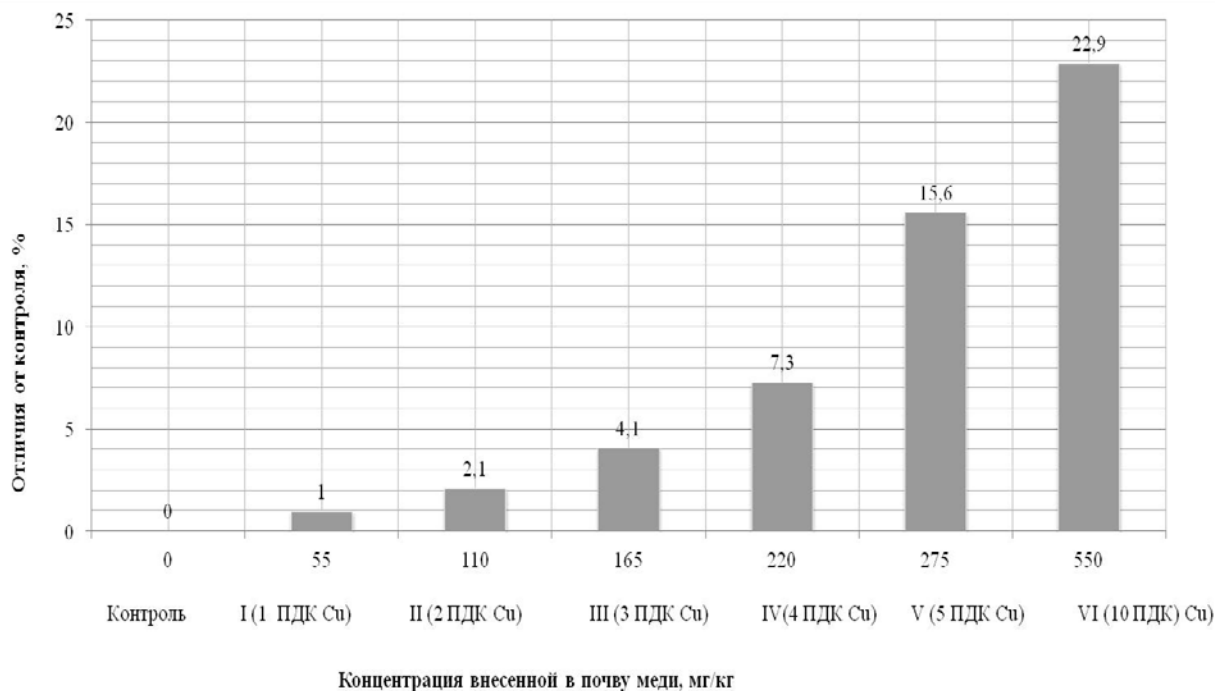


Рис. 4. Изменение уреазной активности почвы под воздействием ионов меди

Активность инвертазы – один из наиболее устойчивых показателей, обнаруживающий наиболее четкие коррелятивные связи с действующими факторами. В наших исследованиях достоверное различие с контролем наблюдалось при 3 ПДК меди (рис. 5), а при 10 ПДК разница уже составляла 32,4 %. Активность инвертазы на фоне составляет 10,12 мг глюкозы /г почвы. Установлено, что под влиянием токсиканта происходит достоверное ($P \leq 0,01$) снижение активности фермента (рис. 6).

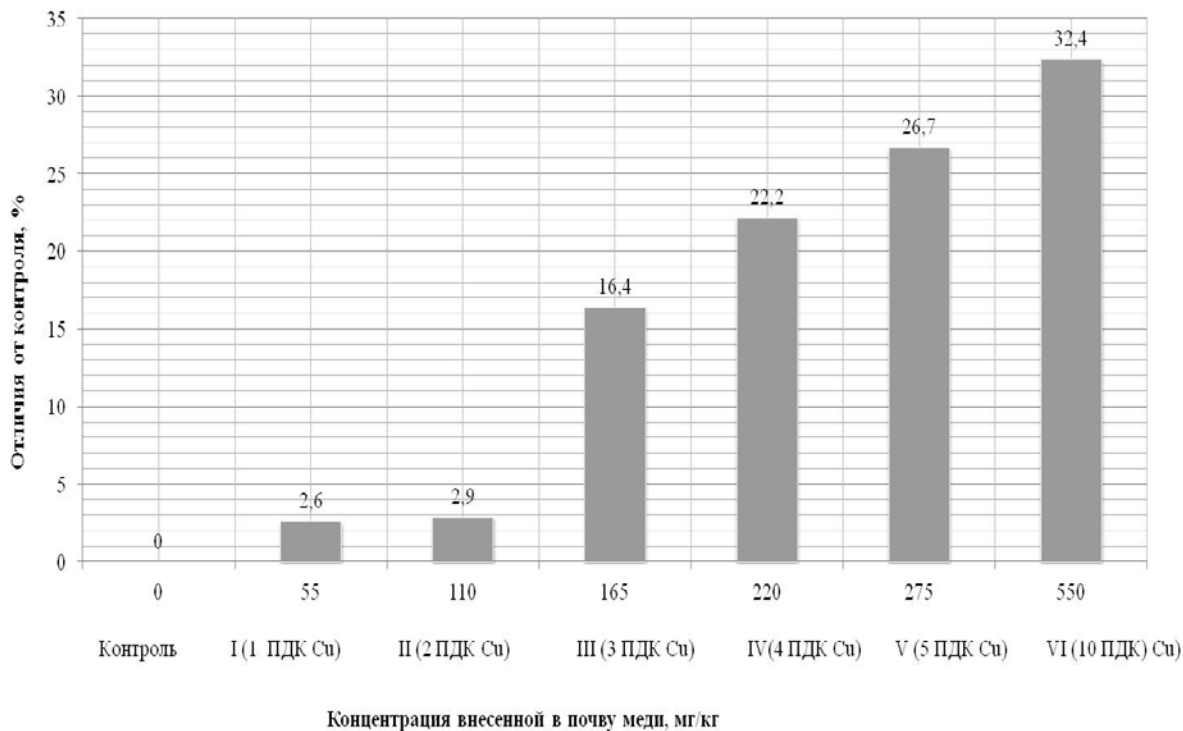


Рис. 5. Изменение инвертазной активности почвы под воздействием ионов меди

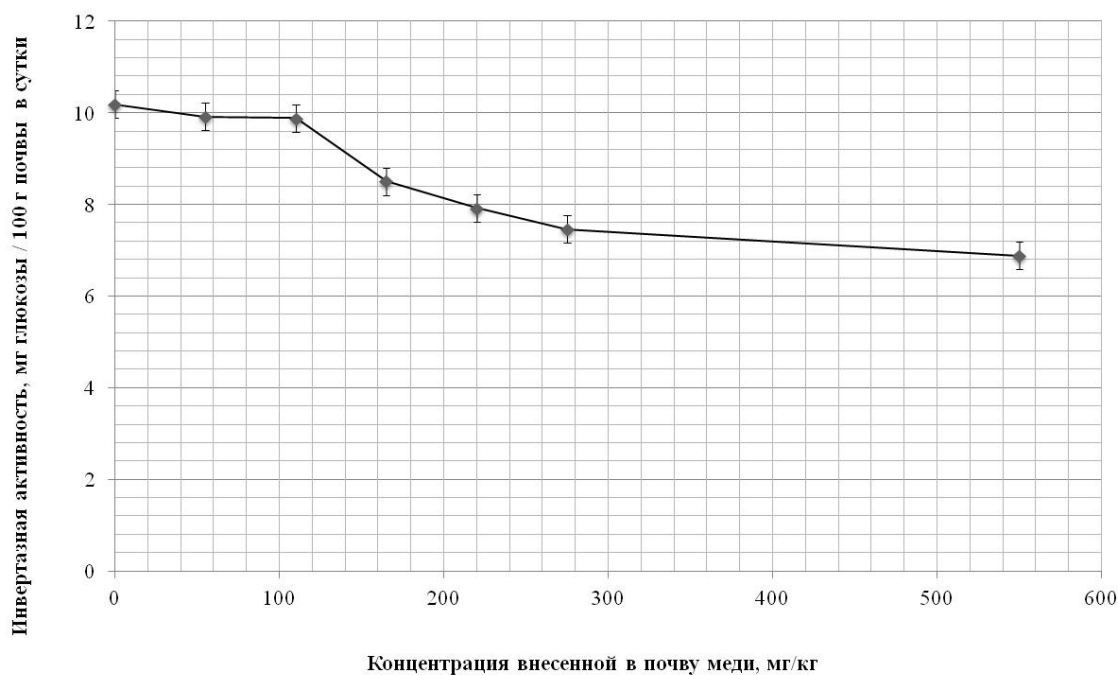


Рис. 6. Влияние модельного загрязнения почвы медью на ее инвертазную активность

Установлено, что протеазная активность на фоне составляла 0,5 мг глицина/100 г почвы. При загрязнении почвы солями меди происходило достоверное снижение активности фермента на 50,0 % при 5 ПДК и 58,0 % при 10 ПДК (рис. 7–8).

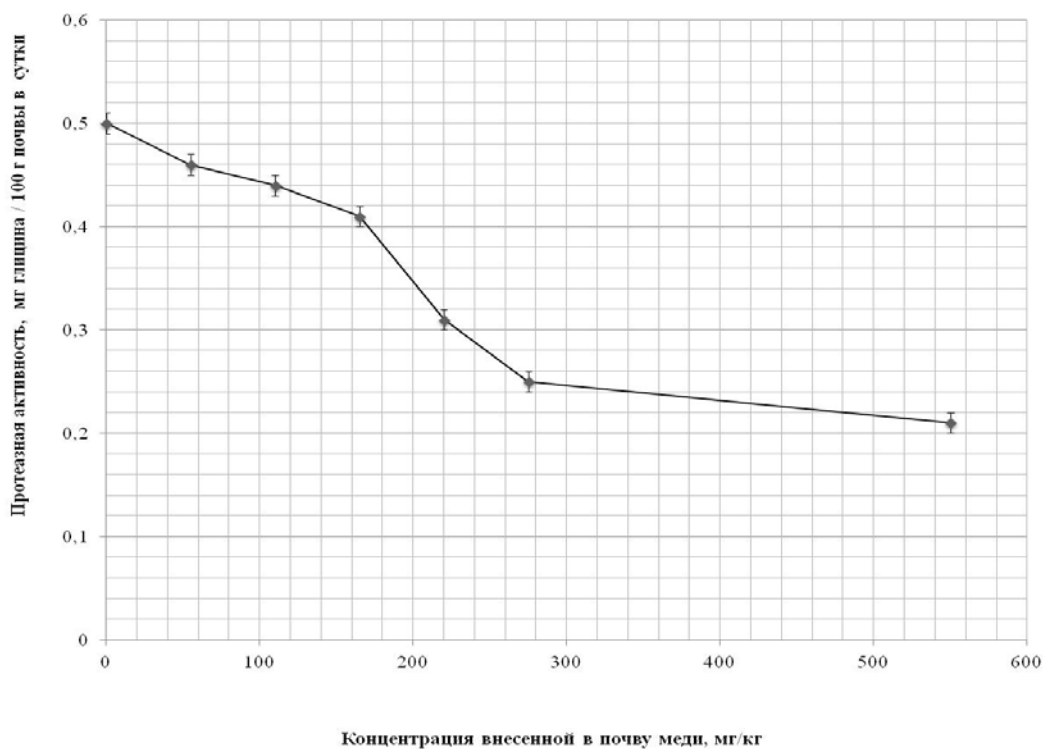


Рис. 7. Протеазная активность чернозема выщелоченного в зависимости от концентрации меди

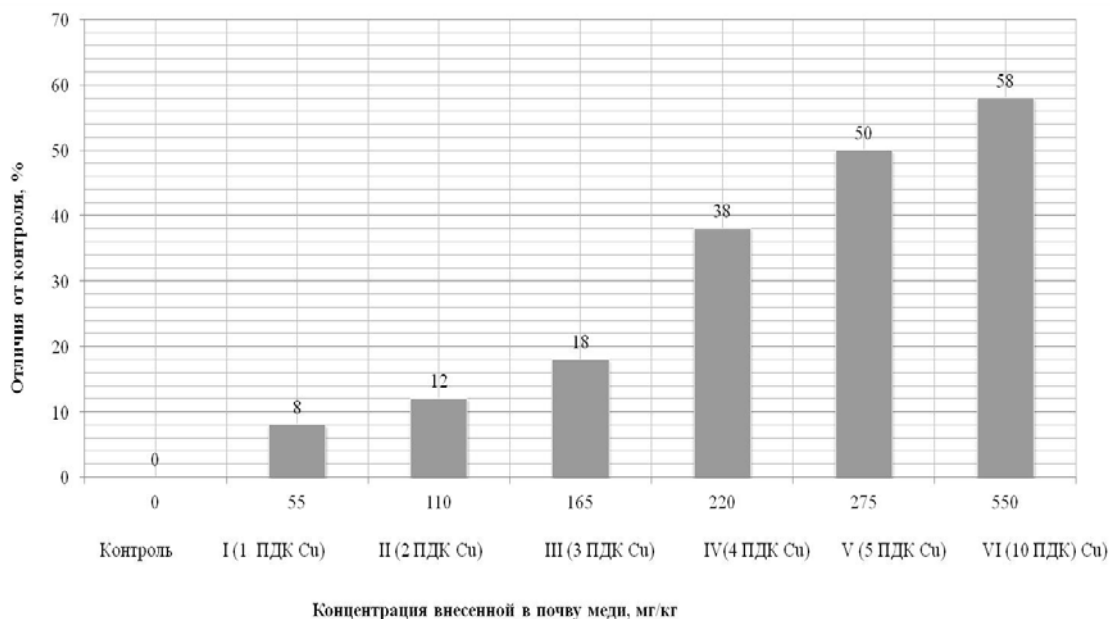


Рис. 8. Изменение протеазной активности почвы под воздействием ионов меди

В таблице приведены уравнения регрессии зависимости показателей ферментативной активности от концентрации меди в черноземе выщелоченном. Использование данных уравнений позволяет без проведения дополнительных экспериментов установить, как будет меняться активность почвенных ферментов при той или иной концентрации поллютанта.

Уравнения регрессии зависимости активности каталазы, уреазы, протеазы, инвертазы от дозы внесения меди

Вариант исследований	Каталаза	Уреаза	Инвертаза	Протеаза
I (1 ПДК Cu)	$y = -0,0014x + 2,4425$ $R^2 = 0,9746$	$y = -0,0004x + 0,9729$ $R^2 = 0,9307$	$y = -0,0066x + 9,9798$ $R^2 = 0,8274$	$y = -0,0006x + 0,4802$ $R^2 = 0,8553$
II (2 ПДК Cu)				
III (3 ПДК Cu)				
IV (4 ПДК Cu)				
V (5 ПДК Cu)				
VI (10 ПДК Cu)				

Установлено, что наиболее чувствительным маркером почвенного загрязнения медью является каталазная и уреазная активность, менее чувствительным – инвертазная и протеазная активность, что совпадает с результатами ранее проведенных исследований [3].

По полученным нами данным для чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи построен следующий ряд ферментов по убыванию чувствительности к загрязнению почвы меди: каталаза>уреаза>инвертаза>протеаза.

Следовательно, изменение уровня ферментативной активности может служить показателем антропогенного воздействия на почву, что согласуется с данными ряда других авторов [4, 9, 11].

Выводы

1. Под воздействием загрязнения чернозема выщелоченного медью наблюдается достоверное уменьшение каталазной (на 5,5 %) и инвертазной (16,4 %) активности почвы при содержании токсиканта 3, 4, 5, 10 ПДК, уреазной (7,3 %) и протеазной (38 %) активности при 4, 5, 10 ПДК.

2. Для чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи характерен следующий ряд ферментов по убыванию чувствительности: каталаза>уреаза>инвертаза>протеаза.

Литература

1. Биологическая активность компонентов агробиогеноценозов как показатель адаптации экосистем к антропогенному загрязнению: монография / Л.Г. Бабушкина [и др.]; Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – 292 с.
2. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
3. Коньшева Е.Н., Коротченко И.С. Влияние тяжелых металлов и их детоксикантов на ферментативную активность почв // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 1. – С. 114–119.
4. Коротченко И.С. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва–растение» в лесостепной зоне Красноярского края: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2011. – 145 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии /под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. – М.: Академ. проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
7. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин, И.П. Дерюгин, В.И. Кобзаренко [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
8. Саев Ю.У., Ревич Б.А. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
9. Ферментативная активность выщелоченных черноземов Восточного Закамья Волжско-Камской степи при синергетическом загрязнении тяжелыми металлами и углеводородами / Д.И. Тазетдинова, В.В. Антонов, И.С. Газизов, [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 364–369.
10. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
11. Шестакова Г.А., Лыков И.Н., Голофтеева А.С. Влияние загрязнения почвы тяжелыми металлами на активность ферментов и стабильность развития растений // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 6. – С. 55–59.
12. Manual for the integrated monitoring. Programme Phase 1993–1996 // Environment Data Center. – Helsinki, 1993. – 114 p.



УДК 598.2 (571.63)(091)

В.А. Нечаев, В.А. Харченко

ИСТОРИЯ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УССУРИЙСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

История исследований орнитофауны на территории Уссурийского заповедника в Приморском крае насчитывает около 80 лет. Авторами статьи составлен инвентаризационный список птиц заповедника, насчитывающий более 200 видов, собран материал по экологии и биологии отдельных видов. Проведены учеты численности птиц в разных биотопах.

Ключевые слова: орнитофауна, инвентаризационный список, экология, Уссурийский заповедник.

V.A. Nechaev, V.A. Kharchenko

HISTORY OF ORNITHOLOGICAL RESEARCH IN THE USSURI NATURE RESERVE IN THE PRIMORSKIY KRAI

The history of the avifauna research in the Ussuri nature reserve of the Primorskiy Krai has about 80 years. The authors compiled the bird inventory list in the reserve with over 200 types, the material on the ecology and biology of some species was collected. The accounts of bird number in different biotopes are conducted.

Key words: avifauna, inventory list, ecology, the Ussuri nature reserve.

Введение. Территория Уссурийского (первоначально Супутинского) заповедника охватывает южные отроги хребта Пржевальского, входящего в горную систему Сихотэ-Алинь (южная часть Приморского края). Заповедник был создан в 1934 г. по инициативе академика В.Л. Комарова решением администрации Дальневосточного края [Позвоночные животные..., 2003]. Сначала его площадь составляла 16547 га, практически