

Влияние тяжёлых металлов на активность каталазы разных типов почв

Е.И. Новосёлова, д.б.н., профессор, О.О. Волкова, аспирантка, ФГБОУ ВО Башкирский ГУ

В результате губительного антропогенного воздействия на почвенный покров из года в год неуклонно уменьшается общая площадь возделываемых земельных ресурсов [1], что не может не сказаться на ухудшении продовольственного обеспечения населения Земли. Являясь важнейшим биогеохимическим барьером, почва подвергается негативным воздействиям тяжёлых металлов (ТМ), попадающих в неё в результате деятельности промышленных предприятий, работы автотранспорта, поступления коммунальных стоков. На сегодняшний день ТМ занимают ведущие позиции по масштабам загрязнения почв, следствием которого является нарушение их плодородия [2]. В его формирование важный вклад вносят почвенные ферменты, участвующие в процессах трансформации органических веществ в почве и обеспечении живых организмов доступными элементами питания [3].

Как известно, разные типы почв по-разному реагируют на загрязнение [2, 4]. Высокие буферные свойства определяют их лучшую устойчивость на воздействие поллютантов [5].

Материал и методы исследования. В лабораторных условиях в модельном опыте изучали влияние свинца и кадмия на активность окислительно-восстановительного фермента каталазы аллювиально-луговой насыщенной среднесуглинистой почвы (гумус – 6,9%; pH_{H_2O} 6,5) и чернозёма обыкновенного среднесуглинистого (гумус – 8,6%; pH_{H_2O} 7,8) в годовой динамике.

Почву предварительно очистили от механических примесей, просеяли через сито (3 мм) и увлажнили до 60% от полной влагоёмкости. Свинец и кадмий вносили в виде растворённых в воде солей ($Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$), $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) в дозах 5, 10, 20 и 40 мг/кг почвы. Активность каталазы определяли по методу А.Ш. Галстяна (1965) описанному Ф.Х. Хазиевым (2005) через 3, 90, 180 и 360 суток с начала эксперимента.

Результаты исследования. Каталаза играет важную роль в процессах нейтрализации токсичной для почвенных живых организмов перекиси водорода, которая поступает в почву в результате их высокой физиологической активности в период благоприятных условий жизнедеятельности. Наличие в почве ТМ может влиять на интенсивность выделения ими перекиси водорода.

Проведённое нами исследование показало, что внесение в чернозём обыкновенный и аллювиально-луговую почву свинца и кадмия в разных количествах снижало интенсивность разложения перекиси водорода. Данная закономерность прослеживалась на протяжении всего эксперимента (рис. 1, 2). Это может быть обусловлено несколькими причинами. Во-первых уменьшением количества выделяемого фермента вследствие токсичности тяжёлых металлов для микроорганизмов, которые являются основным источником поступления ферментов в почву, что в свою очередь приводило к снижению выделения в неё перекиси водорода как продукта метаболизма [6].

Во-вторых, токсическим действием ТМ на фермент, относящийся к гемопротеидам, который может проявляться и на молекулярном уровне. Взаимодействие металлов с его активным центром ведёт к изменению конформации молекулы белка и, как следствие, к снижению его активности.

На 3-и сут. после внесения свинца и кадмия процент ингибирования каталазы в чернозёме обыкновенном находился в пределах 4–8% при низких дозах загрязнения (5, 10 мг/кг почвы) и 8–16% при высоких (20, 40 мг/кг почвы). Несущественные различия во влиянии ТМ на процессы разложения перекиси водорода в изучаемых типах почв на 3-и сут. после их загрязнения, вероятно,

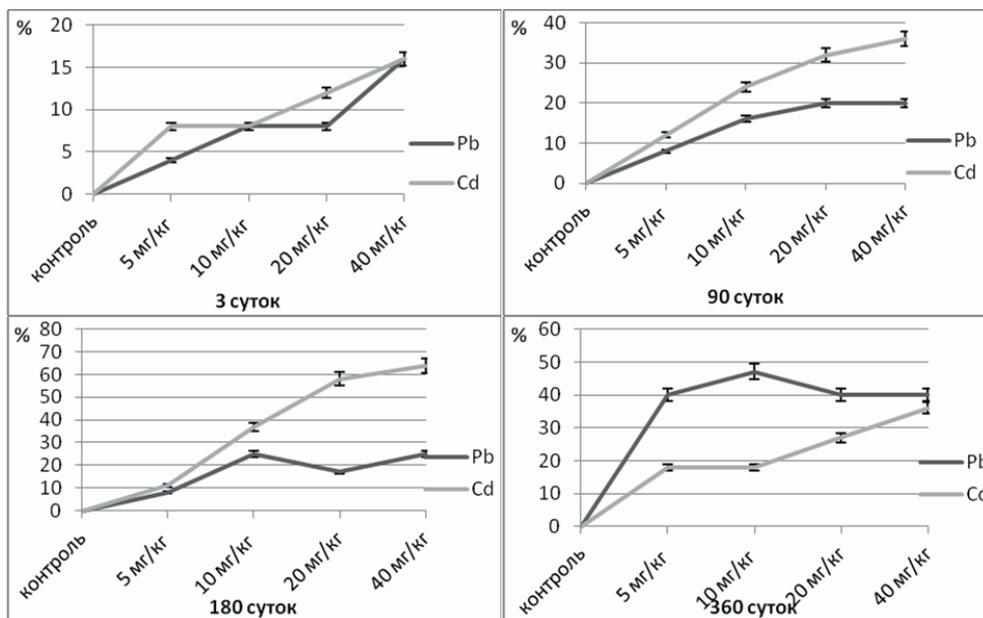


Рис. 1 – Влияние различных доз свинца и кадмия на активность каталазы чернозёма обыкновенного (% снижения активности)

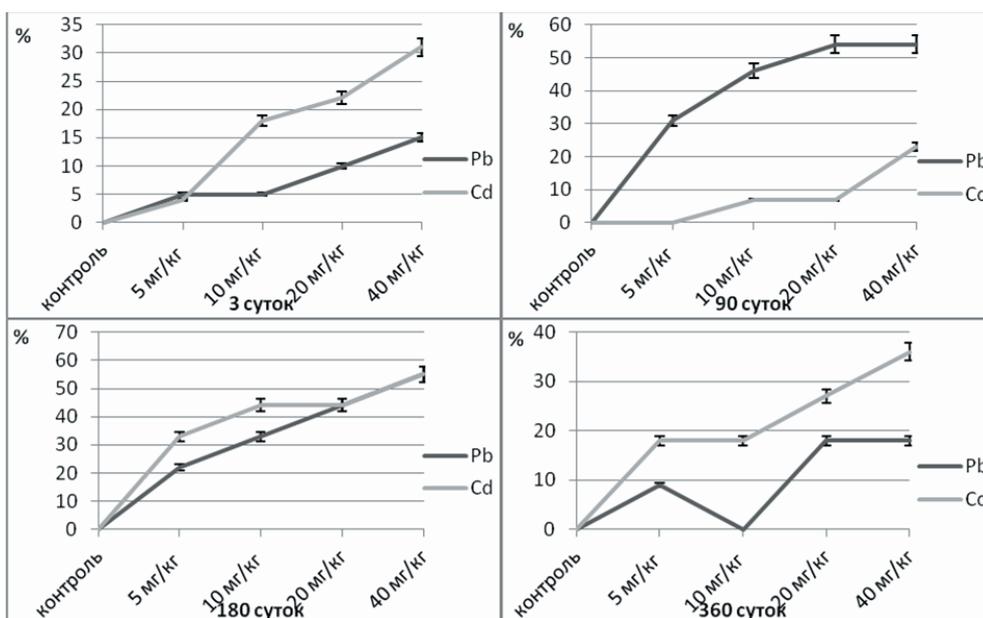


Рис. 2 – Влияние различных доз свинца и кадмия на активность каталазы аллювиально-луговой почвы (% снижения активности)

связаны с тем, что металлы в этот период находятся в нестабильном состоянии, вступая в разнообразные химические реакции с компонентами почв, переходя из подвижного состояния в неподвижное [7]. Известно, что степень токсичности металлов прямо пропорциональна уровню их подвижности [8]. На 90-е и 180-е сут. мы наблюдали большую токсичность кадмия по сравнению со свинцом: снижение активности фермента при загрязнении чернозёма обыкновенного кадмием на 11–36% по сравнению с 8–25% в опыте со свинцом. На 360-е сутки картина снижения активности каталазы изменилась.

Свинец оказался более токсичным по сравнению с кадмием: уменьшение активности фермента составило для свинца 40–47% и для кадмия 25–42%.

В аллювиально-луговой почве внесение ТМ, так же как и в чернозёме обыкновенном, ингибировало активность фермента с ростом их дозы (рис. 2). На 3-и, 180-е и 360-е сут. с начала модельного опыта токсичность кадмия была выше, чем у свинца. Процент снижения активности фермента на 3-и сутки составил 4–31% для кадмия и 515% для свинца, на 180-е сутки – 33–55 и 22–55% соответственно. К концу эксперимента уменьшение

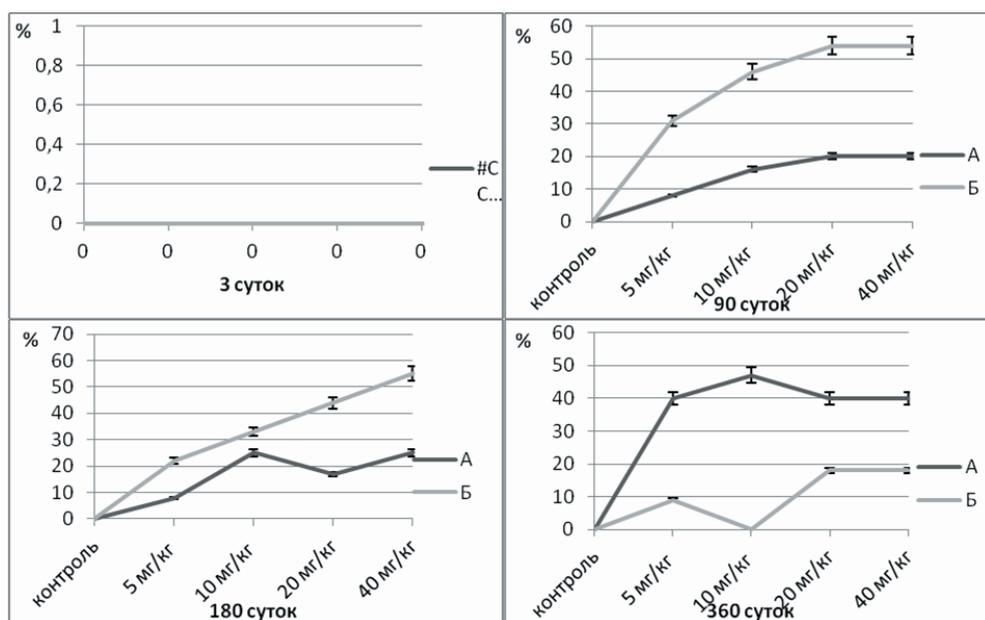


Рис. 3 – Влияние различных доз свинца на активность каталазы чернозёма обыкновенного и аллювиально-луговой почвы (% снижения активности):
 А – чернозём обыкновенный; Б – аллювиально-луговая почва

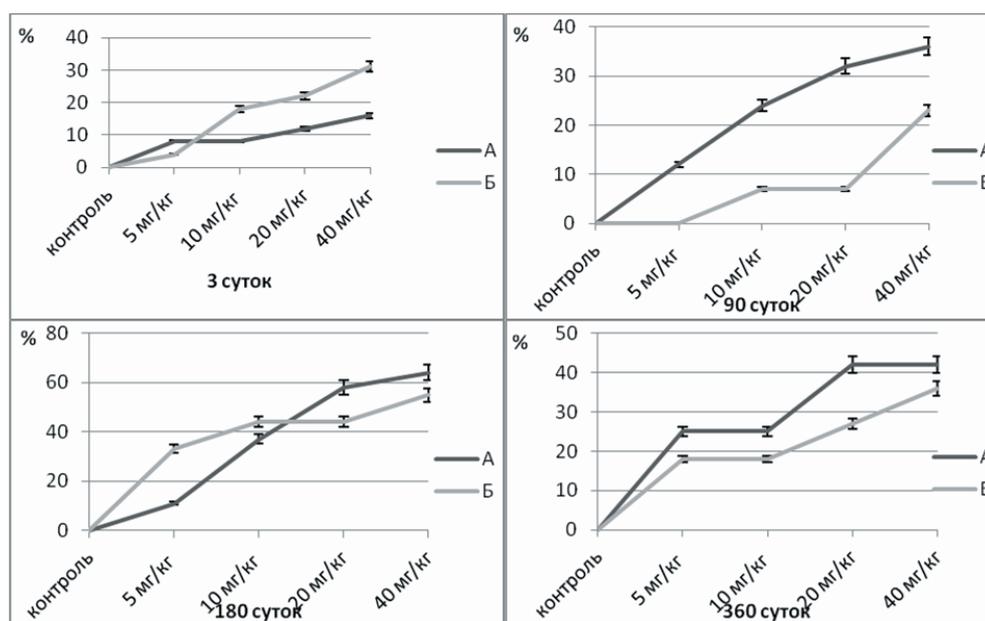


Рис. 4 – Влияние различных доз кадмия на активность каталазы чернозёма обыкновенного и аллювиально-луговой почвы (% снижения активности):
 А – чернозём обыкновенный; Б – аллювиально-луговая почва

активности каталазы в вариантах опыта с кадмием составляло 18–36%, со свинцом – 9–18%. На 90-е сутки проявилась большая токсичность свинца по сравнению с кадмием: процент ингибирования активности каталазы свинцом составлял 31–54%, кадмием – 7–23%.

Сравнительный анализ изменения активности каталазы чернозёма обыкновенного и аллювиально-луговой почвы при внесении различных доз свинца и кадмия показал, что на 3-и сутки после начала эксперимента токсичность свинца была одинаковой для обоих типов почв и находилась в пределах 4–16% (рис. 3).

На 90-е и 180-е сут. каталаза оказалась менее устойчива к воздействию свинца в аллювиально-луговой почве по сравнению с чернозёмом обыкновенным. На 360-е сутки картина резко изменилась, и на активность фермента в чернозёме обыкновенном свинец оказывал более токсичное действие, в отличие от аллювиально-луговой почвы. Такой характер изменения активности энзима, вероятно, связан с меньшим содержанием в этой почве гумуса и большей кислотностью по сравнению с чернозёмом обыкновенным.

Загрязнение почв кадмием выявило иную закономерность изменения в активности каталазы по сравнению со свинцом, уже на 3-и сутки с начала опыта кадмий оказался токсичнее для каталазы в аллювиально-луговой почве при высоких дозах. На 90-е и 360-е сутки токсичность кадмия была выше в чернозёме обыкновенном. На 180-е сутки однозначной зависимости не было выявлено (рис. 4).

Выводы. 1. С ростом дозы кадмия и свинца активность каталазы снижалась в обоих типах почв в течение всего эксперимента. Это позволяет

рекомендовать использование активности данного фермента в качестве биоиндикатора загрязнения почв изученными металлами и как показатель токсичности для живых объектов на молекулярном уровне.

2. Не выявлено единой закономерности по влиянию кадмия и свинца на активность каталазы чернозёма обыкновенного и аллювиально-луговой почвы. Каждый из металлов по-разному проявлял свою токсичность в зависимости от длительности их воздействия и типа почвы.

Литература

1. Косолапов В.М. Экологические проблемы качества сельскохозяйственных земель и агроландшафтов степной зоны России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1517–1520.
2. Щелчкова М.В., Стручкова Л.К., Федоров И.А. Комплексное влияние тяжёлых металлов на ферментативную активность и эффективное плодородие мерзлотной лугово-чернозёмной почвы // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. 2010. Т. 7. № 4. С. 16–21.
3. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
4. Каменщикова В.И., Федотова О.А. Влияние тяжёлых металлов на биологическую активность подзолистой почвы // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2004. № 2. С. 163–165.
5. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1112–1119.
6. Мосина Л.В. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжёлыми металлами (на примере свинца) / Л.В. Мосина, Э.А. Довлетярова, С.Ю. Ефремова, Ж. Норвосурэн // Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 383–386.
7. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Концептуальная модель ферментативной индикации загрязнения почвы тяжёлыми металлами // Геоэкологические проблемы загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. Тула: Изд-во ТГУ, 2006. С. 100–104.
8. Минкина Т.М. Формы соединений тяжёлых металлов в почвах степной зоны / Т.М. Минкина, Г.В. Мотузова, О.Г. Назаренко, В.С. Крыщенко, С.С. Манджиева // Почвоведение. 2008. № 7. С. 810–818.