

Морфогенез растений. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 138 с.

2. Настольная книга овощевода: справочник / Е.С. Каратаев, Б.Г. Русанов, А.В. Бешанов и др.; сост. Е.С. Каратаев. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1999. – 228 с.

3. Stebiik V. Biologie drahu, variet a florem reprodu Beta L. se zretelem k novodobe socialisticke velkovyrobe / V. Stebiik. – Praha: Academia, 2006. – 334 р.

4. Агроклиматические ресурсы Томской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 148 с.

5. Доспехов Б.А. Методика полевых опытов / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

*Считаю приятным долгом выразить благодарность доценту Томского госуниверситета В.П. Леонову за ценные консультации и помощь в проведении статистической обработки экспериментальных данных.*



УДК 631.46:631.174:631.95

Ю.С. Ананьева,  
Т.Э. Шпис

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, загрязнение свинцом, ферментативная активность, фитотестирование.

### Введение

В настоящее время агроэкосистемы подвергаются значительным техногенным нагрузкам, способствующим загрязнению почв тяжелыми металлами (ТМ). Основные источники поступления ТМ в незагрязненные почвы: карьеры и шахты при добыче полиметаллических руд; металлургические предприятия; электростанции, сжигающие уголь; автотранспорт; химические средства защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей [1, 2].

По мнению Н.Н. Наплековой, М.Д. Степановой, у сибирских почв относительно слабое загрязнение ТМ, но низкая самоочищающая способность, поэтому необходима разработка методов наиболее ранней диагностики их загрязнения по биохимическим показателям [3].

Для экспресс-диагностики состояния и хозяйственной пригодности почв и ее продуктивности широко используют ряд простых диагностических показателей по реакции проростков семян тест-растений, которые позволяют быстро оценить фитотоксические свойства почвы [4-6]. При этом рекомендовано использовать семена

тех культур, которые возделываются на изучаемых почвах.

С целью изучения параметров ферментативной активности чернозема под воздействием различных уровней загрязнения свинцом и проявления их фитотоксических свойств нами были проведены исследования в условиях лабораторного модельного опыта.

### Объект и методы исследований

Почва (чернозем выщелоченный среднесуглинистый; содержание Pb – 21 мг/кг) для модельных экспериментов была отобрана из пахотного горизонта опытного поля кафедры почвоведения и агрохимии АГАУ (зона умеренно засушливой колючей степи Алтайского края). После внесения в почву различных концентраций свинца (50, 100, 500, 1000 мг/кг почвы) в форме ацетата ее инкубировали в пластиковых контейнерах при температуре 22-24°C и влажности почвы 60% от полной влагоемкости. Повторность опыта трехкратная.

Каталазная активность определялась газометрическим методом, основанном на измерении скорости разложения перекиси водорода при ее взаимодействии с почвой [7]. Активность инвертазы определяли методом А.И. Чундеровой [8], уреазы – по выделению аммиака при распаде мочевины [7]. Определение показателей фер-

ментативной активности проводили на 5-, 14- и 30-е сут. после начала опыта. Целлюлозолитическая активность оценивалась по скорости разложения фильтровальной бумаги, помещенной на поверхность почвенной пластины.

Фитотоксичность почвы определяли методом почвенных пластинок через 7 сут. после наведенного загрязнения [9], степень токсичности – по разнице в длине ростков (зеленой части растений) и корней по вариантам опыта и контроле (почва без внесения свинца). Токсичными считали почвы, вызывающие угнетение ростков и корней более чем на 20% относительно контроля. В качестве тест-растений были использованы пшеница «Алтайская-50», овес «Иртыш 13»

### Результаты и обсуждение

Ферментативную активность почвы принято рассматривать как совокупность процессов, катализируемых внеклеточными (закрепленными ферментами на почвенных частицах и стабилизированными в почвенном растворе) и внутриклеточными

ферментами почвенной биоты. Оценивая биологическую активность почв, необходимо определять активность нескольких ферментов, относящихся к различным классам [7].

Одним из характерных показателей биологической активности почвы является активность каталазы. Каталаза (фермент класса оксидоредуктаз) разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, образующуюся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и молекулярный кислород.

Результаты определения активности каталазы показали, что активность данного фермента остается одного уровня при загрязнении свинцом различными дозами относительно контрольного варианта (табл. 1). Достоверное увеличение активности каталазы относительно контроля было зафиксировано через 30 сут. после начала опыта при дозе загрязнения свинцом 500 мг/кг почвы.

Таблица 1

*Ферментативная активность чернозема выщелоченного при различных уровнях загрязнения свинцом*

Доза свинца, мг/кг почвы	Время после начала опыта, сут.		
	5	14	30
Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин.			
Контроль	2,2	2,6	3,2
50	2,3	2,4	3,4
100	2,3	2,6	3,2
500	2,3	2,8	3,3
1000	2,2	2,8	3,4
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,3	0,3
Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 48 ч			
Контроль	22,3	22,3	22,4
50	22,3	22,3	21,3
100	22,3	22,4	22,4
500	22,5	20,4	22,3
1000	20,8	18,9	22,3
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,6	0,2
Активность уреазы, мг N/NH <sub>4</sub> на 1 г почвы за 3 ч			
Контроль	0,19	0,11	0,11
50	0,29	0,11	0,10
100	0,28	0,13	0,11
500	0,26	0,13	0,11
1000	0,31	0,14	0,10
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,01	0,02

Гидролазы представляют обширный класс ферментов, осуществляющий реакцию гидролиза разнообразных сложных органических соединений, действуя на различные связи: сложноэфирные, гликозидные, амидные, пептидные и др. Гидролазы широко распространены в почвах и играют важную роль в обогащении их подвижными и доступными для растений и микроорганизмов питательными веществами, разрушая высокомолекулярные органические соединения. К этому классу относятся ферменты: инвертаза, уреазы, целлюлаза и др., активность которых является важнейшими показателями биологической активности почв и антропогенного воздействия. Инвертаза действует на β-фруктофуранозидную связь в сахарозе, раффинозе и других, производя расщепление сахарозы на эквимолярные количества глюкозы и фруктозы. Наблюдается снижение активности инвертазы на варианте с внесением свинца 1000 мг/кг почвы через 5 сут.; на вариантах 500 и 1000 мг/кг почвы – через 14 сут. наблюдения. При сроках компостирования почвы 30 сут. активность инвертазы на всех вариантах имеет близкие значения.

Через пять суток после начала опыта наблюдается увеличение активности уреазы чернозема при всех уровнях загрязнения свинцом. При длительности компостирования в 14 сут. незначительное увеличение активности фермента относительно контроля сохраняется на вариантах с дозой внесения свинца более 50 мг/кг почвы. Через 30 сут. существенной разницы между вариантами с внесением свинца и контролем не обнаружено.

Целлюлозолитическая активность почвы – показатель, характеризующий способность почвы к разрушению органического материала, поступающего в почву в виде растительных остатков. Чем он выше, тем быстрее в почве разлагаются корневые остатки и наземные части растений. При этом освобождаются элементы питания, необходимые для растений.

Время полного разложения целлюлозы одинаково на контроле и вариантах с дозами внесения свинца 50 и 100 мг/кг почвы (табл. 2). При более высоких уровнях загрязнения целлюлозолитическая активность снижается.

А.И. Фокина при изучении биологической активности дерново-подзолистой почвы в условиях микрополевого опыта под воздействием ацетатом свинца наблюдала в зависимости от увеличения дозы загрязнителя повышение активности каталазы, небольшое увеличение активности уреазы и тенденции к уменьшению инвертазной активности [10].

Н.Н. Наплекова, Г.И.Булавко показали, что в условиях лабораторного опыта при загрязнении чернозема выщелоченного среднесуглинистого ацетатом свинца каталазная активность оставалась одного уровня с контролем или превышало его [11]. Усиление ферментативной активности при загрязнении почвы ацетатом свинца они объяснили возможным влиянием аниона данного соединения, который может служить питательным субстратом для микроорганизмов, что в свою очередь может стимулировать ферментативную активность.

Таблица 2

*Целлюлозолитическая активность чернозема выщелоченного при различных уровнях загрязнения свинцом*

Доза свинца, мг/кг почвы	Контроль	50	100	500	1000	НСП <sub>05</sub>
Время полного разложения целлюлозы, дни	120	120	120	135	135	10

Таблица 3

*Фитотестирование чернозема выщелоченного при различных уровнях загрязнения свинцом, % от контроля*

Доза свинца, мг/кг почвы	Тест-растение			
	пшеница		овес	
	длина ростка	длина корня	длина ростка	длина корня
50	105	115	102	98
100	100	120	108	102
500	98	116	115	120
1000	103	124	110	122
НСП <sub>05</sub>	9	11	8	10

Результаты фитотестирования чернозема выщелоченного при различных уровнях загрязнения свинцом представлены в таблице 3. Загрязнение чернозема не оказало токсического действия на развитие проростков пшеницы и овса.

В.Ф. Вальков с соавторами также отмечают отсутствие токсичных свойств чернозема обыкновенного южно-европейской фракции по отношению к проросткам яровой пшеницы при дозах внесения свинца в диапазоне 100-10000 мг/кг почвы [5].

### Выводы

Чернозем выщелоченный обеспечивает относительно высокий гомеостаз изученных показателей ферментативной активности по отношению к загрязнению ацетатом свинца. Загрязнение ацетатом свинца чернозема в лабораторных условиях может несколько усиливать активность почвенных ферментов каталазы, уреазы и ингибировать активность инвертазы через 5 и 14 дней после начала опыта. При более длительном сроке компостирования (через 30) дней их активность на вариантах с внесением свинца и контроле одного уровня. Наблюдается тенденция к уменьшению целлюлозолитической активности при высоких дозах внесения свинца.

На ранних сроках после загрязнения (7 сут.) фитотоксические свойства чернозема не проявляются при высоких дозах внесения свинца по отношению к проросткам пшеницы и овса.

### Библиографический список

1. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 534 с.

2. Добровольский Г.В. Глобальные циклы миграции тяжелых металлов в биосфере / Г.В. Добровольский // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. – М., 1988. – С. 4-13.

3. Наплекова Н.Н. Биоиндикация загрязнения почв свинцом и кадмием по микробным ценозам / Н.Н. Наплекова, М.Д. Степанова. – Новосибирск, 2000. – 124 с.

4. Минеев В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, М. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.

5. Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / В.Ф. Вальков, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев // Агрохимия. – 1997. – № 6. – С. 50-55.

6. Киреева Н.А. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // Агрохимия. – 2001. – № 5. – С. 64-69.

7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.

9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 224 с.

10. Фокина А.И. Биологическая активность дерново-подзолистой пахотной почвы, загрязненной ацетатом свинца / А.И. Фокина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 7 (45). – С. 37-42.

11. Наплекова Н.Н. Ферментативная активность почв, загрязненных соединениями свинца / Н.Н. Наплекова, Г.И. Булавко // Почвоведение. – 1983. – № 7. – С. 35-40.

