

3. Корчагин, В. А. Научные основы современных технологических комплексов возделывания яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье / В. А. Корчагин, С. Н. Зудилин, С. Н. Шевченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – 343 с.

4. Кутилкин, В. Г. Применение методов математической статистики в научно-исследовательской работе / В. Г. Кутилкин, С. Н. Зудилин // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК : сборник научных трудов. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – С. 40-43

5. Новиков, В. М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте // Земледелие. – 2008. – №1. – С. 24-25.

6. Полоус, В. С. Минимизация основной обработки почвы в звене зернопропашного севооборота // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №12. – С. 24-27.

7. Ситдииков, И. Г. Влияние приёмов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность ячменя / И. Г. Ситдииков, В. Н. Фомин, М. М. Нафиков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 36-39.

8. Тугуз, Р. К. Влияние способов обработки почвы на агрофизические свойства слитых чернозёмов / Р. К. Тугуз, Н. И. Мамсиров, Ю. А. Сапиев // Земледелие. – №8. – 2010. – С. 23-26.

9. Халиуллин, К. З. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах республики Башкортостан / К. З. Халиуллин, Т. И. Киекбаев, С. А. Лукьянов, И. А. Гайнуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С. 34-36.

DOI

УДК 661.183:549.25/28:635.655

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ АДсорбЕНТОВ НА АККУМУЛЯЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗЕРНЕ СОИ

Троц Наталья Михайловна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: troz_shi@mail.ru

Сергеева Мария Николаевна, аспирант кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: troz_shi@mail.ru

Ключевые слова: соя, адсорбенты, металлы, коэффициент, почва, зерно.

Цель исследований – снижение аккумуляции тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка, кобальта, марганца, железа) в зерне сои сорта Самар 3 за счет действия природных адсорбентов (опока, навоз, древесный уголь). Представлены результаты применения природных адсорбентов – опоки, навоза и древесного угля – при возделывании сои сорта Самар 3 в лесостепной зоне Самарского Заволжья. Исследованиями установлено влияние адсорбентов на содержание тяжелых металлов свинца Pb, кадмия Cd, меди Cu, цинка Zn, кобальта Co, марганца Mn, железа Fe в почве и зерне сои. Внесение адсорбентов оказывает воздействие на зараженность почвы тяжелыми металлами и позволяет ограничить их доступ в растения и готовую продукцию. В почве при внесении изученных адсорбентов снижается содержание валовых форм по сравнению с контролем: Cd в 1,15 раза, Cu в 1,06-1,1 раза; подвижных форм Cd, Cu, Co и Mn – в 1,04, 1,39, 1,001 и 1,09 раза соответственно. В сравнении с контролем внесение опоки снижает концентрацию в зерне Pb, Cd, Zn и Fe в 1,31, 1,13, 1,15 и 1,16 раза соответственно, внесение навоза – концентрацию Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, внесение древесного угля – концентрацию Cd, Zn и Fe в 1,34; 1,12 и 1,1 раза соответственно. Все изученные тяжелые металлы Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Fe, Mn относятся к рассеивающимся ($K_k < 0,9$), по значениям коэффициентов биологического поглощения классифицируются как элементы биологического захвата – КБП<1. Наиболее эффективным адсорбентом для снижения валовых и подвижных форм большинства изучаемых тяжелых металлов, а также их попадания в зерно, является навоз.

Одной из экологических проблем Самарской области является техногенное загрязнение почв и сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами [1, 2]. Их возможность включаться в

биологический круговорот веществ и аккумулироваться в живых организмах может привести к чрезмерному накоплению этих элементов и стать причиной разрушения целостности природного комплекса [3, 4].

В связи с этим возникает проблема накопления тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – человек. Снижение содержания токсичных элементов в данной системе возможно благодаря применению природных адсорбентов, фиксирующих тяжелые металлы и препятствующих их дальнейшему распространению. В качестве органического детоксиканта вносят навоз, образующий с тяжелыми металлами низкорастворимые органо-минеральные соединения. Внесение новых материалов в агроэкосистемы является актуальным и требует их тщательного изучения. Такими материалами являются древесный уголь и опока. Древесный уголь является биоремедиантом с высокими абсорбционными способностями, способствующими снижению токсичности загрязнителей. Опока – кремнистый природный сорбент с развитой поверхностью.

Применение природных адсорбентов позволяет снизить концентрацию тяжелых металлов в почве, а также ограничить их доступ для растений и свести к минимуму попадание в пищевые цепи [7].

Цель исследования – снижение аккумуляции тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка, кобальта, марганца, железа) в зерне сои сорта Самер 3 за счет действия природных адсорбентов (опока, навоз, древесный уголь)

Задача исследований – определить содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Mn, Fe) в почве и зерне сои, коэффициенты концентрации тяжелых металлов в почве, коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов зерном сои.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2013-2015 гг. на полях хозяйства, расположенного в центральной агроклиматической зоне Самарской области. На всех вариантах опыта была проведена глубокая обработка почвы. Согласно схеме опыта в первом (контрольном) варианте внесения природных адсорбентов не проводилось. Во втором варианте перед посевом вносили опоку в дозе 50 кг/га, в третьем – навоз (40 т/га), в четвертом – древесный уголь (50 кг/га).

Объекты изучения – почва верхнего пахотного горизонта (0-30 см) и зерно сои сорта Самер 3. Образцы почв отбирались сопряжено с пробами зерна в соответствии с общепринятыми методиками [5].

Определение тяжелых металлов проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии в сертифицированной лаборатории ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская».

Результаты исследований. Согласно проведенным исследованиям (табл. 1), концентрация валовых форм изучаемых тяжелых металлов в почве находится в пределах ПДК, превышения фоновых значений также не наблюдается. Значение кларков превышено по содержанию Cd в 2,54-2,92 раза, что указывает на аккумуляцию данного элемента в почве.

Таблица 1

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве, мг/кг

Варианты опыта	Тяжелые металлы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	7,60	0,38	19,77	48,13	5,38	441,00	17587,67
+ Опока	8,06	0,33	18,73	50,33	7,21	468,33	17820,33
+ Навоз	8,26	0,33	18,00	51,33	6,73	451,67	16962,00
+ Древесный уголь	8,19	0,35	18,60	49,23	6,83	470,33	17499,67
ПДК [2]	32,00	2,00	55,00	100,00	14,00	1500,00	-
Фон [2]	10,80	0,80	45,30	76,80	11,30	688,60	35010,00
Кларк [6]	16,00	0,13	47,00	83,00	18,00	1000,00	46500,00

Природные адсорбенты оказывают влияние на снижение содержания в почве валовых форм Cd, Cu и Fe. По сравнению с контролем на всех вариантах опыта наблюдается уменьшение содержания Cd в 1,15 раза, Cu – в 1,06-1,1 раза. При внесении навоза отмечено снижение содержания Fe в 1,04 раза, при внесении древесного угля – в 1,01 раза. По элементам Pb, Zn, Co и Mn выявлено незначительное повышение содержания по сравнению с контрольным вариантом опыта.

Превышено содержание – Pb в 1,06-1,09 раза, Zn – в 1,02-1,07 раза, Co – в 1,25-1,34 раза, Mn – в 1,02-1,07 раза.

Расчет коэффициентов концентрации (Kк) тяжелых металлов (табл. 2) показал, что среди изучаемых тяжелых металлов отсутствуют элементы, относящиеся к группе накапливающихся ($K_k > 1,1$) в почве. Все изучаемые элементы относятся к группе рассеивающихся элементов ($K_k < 0,9$), что свидетельствует о рассеянии тяжелых металлов в почве и благоприятном экологическом фоне для возделывания растений.

Таблица 2

Коэффициент концентрации тяжелых металлов в почве

Варианты опыта	Тяжелые металлы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,71	0,48	0,44	0,63	0,48	0,64	0,50
+ Опока	0,75	0,41	0,41	0,66	0,64	0,68	0,51
+ Навоз	0,76	0,41	0,40	0,67	0,60	0,66	0,48
+ Древесный уголь	0,76	0,44	0,41	0,64	0,61	0,68	0,50

Для определения степени доступности тяжелых металлов для растений было определено их содержание в подвижной форме (табл. 3).

Превышение ПДК отмечено по содержанию Co на всех вариантах опыта в 1,33-1,37 раза, содержание остальных тяжелых металлов в подвижной форме находится в пределах значений ПДК.

Превышение фонового содержания установлено по Pb в варианте с применением древесного угля – в 1,13 раза, по Cd, Cu и Co – на всех вариантах в 1,46-1,51; 1,69-2,46 и 33,25-34,20 раза соответственно, по Zn – в вариантах с внесением навоза в 1,33 раза и с внесением древесного угля в 1,18 раза. Превышения фоновых значений по Mn и Fe не обнаружено.

При внесении опоки наблюдается снижение содержания Cd, Cu и Mn по сравнению с контролем в 1,04, 1,39 и 1,09 раза соответственно. Применение навоза позволяет снизить содержание Pb, Cd, Cu, Co и Mn в 1,53, 1,02, 1,45, 1,01 и 1,001 раза соответственно. В варианте опыта с применением древесного угля отмечено снижение содержания Cd в 1,04 раза, Cu в 1,33 раза, Co в 1,03 раза и Mn в 1,05 раза по сравнению с контрольным значением. Минимальные концентрации Zn и Fe отмечены на контрольном варианте опыта (0,35 и 1,49 мг/кг соответственно).

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг

Варианты опыта	Тяжелые металлы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,29	0,056	0,32	0,35	6,84	16,97	1,49
+ Опока	0,37	0,054	0,23	0,37	6,83	15,59	1,85
+ Навоз	0,19	0,055	0,22	0,53	6,78	16,96	1,67
+ Древесный уголь	0,45	0,054	0,24	0,47	6,65	16,16	1,91
ПДК [2]	6,00	0,500	3,00	23,00	5,00	140,00	-
Фон [2]	0,40	0,037	0,13	0,40	0,20	35,00	7,67

Содержание тяжелых металлов в зерне изученного сорта сои (табл. 4), не превышало ПДК на всех вариантах опыта. Применение опоки способствовало снижению Pb, Cd, Zn и Fe по сравнению с контролем в 1,31, 1,13, 1,15 и 1,16 раза соответственно.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в зерне сои сорта Самар 3, мг/кг

Варианты опыта	Тяжелые металлы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,17	0,043	3,83	34,63	0,18	8,48	45,10
+ Опока	0,13	0,038	4,05	30,20	0,32	9,12	38,93
+ Навоз	0,16	0,037	3,73	27,90	0,25	8,78	41,23
+ Древесный уголь	0,18	0,032	4,12	31,03	0,54	9,01	40,97
ПДК [2]	0,50	0,100	10,00	50,00	-	-	-

В вариантах опыта с внесением навоза отмечено снижение по всем изучаемым тяжелым металлам, кроме Co и Mn, их концентрация превышает контрольное значение в 1,39 и 1,04 раза соответственно. При внесении древесного угля снижение содержания Cd, Zn и Fe по сравнению с контролем составило 1,34; 1,12 и 1,1 раза соответственно. Минимальное содержание Co (0,18 мг/кг) и Mn (8,48 мг/кг) наблюдалось на контрольном варианте опыта.

Для определения интенсивности поглощения химических элементов зерном сои Самар 3 был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП) (табл. 5), характеризующий интенсивность поглощения организмом того или иного химического элемента и показывающий, во сколько раз содержание элемента в золе организма больше или меньше, чем в почве.

Таблица 5

Коэффициент биологического поглощения (КБП) тяжелых металлов зерном сои сорта Самар 3, мг/кг

Варианты опыта	Тяжелые металлы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,022	0,113	0,194	0,720	0,033	0,019	0,003
+ Опока	0,016	0,115	0,216	0,600	0,044	0,019	0,002
+ Навоз	0,019	0,112	0,207	0,544	0,037	0,019	0,002
+ Древесный уголь	0,022	0,091	0,222	0,630	0,079	0,019	0,002

Согласно проведенным расчетам значения коэффициента биологического поглощения изученных тяжелых металлов меньше единицы ($КБП < 1$), что позволяет отнести их к группе биологического захвата. При этом степень захвата различна. При внесении опoки увеличивается захват Cd, Cu, Co. Внесение навоза уменьшает захват изученных элементов. Действие древесного угля позволяет значительно снизить захват Cd, но увеличивает захват Cu и Co.

Заключение. Природные адсорбенты оказывают влияние на снижение содержания в почве валовых форм Cd в 1,15 раза, Cu – в 1,06-1,1 раза; подвижных форм Cd, Cu, Mn по сравнению с контролем в 1,04, 1,39, 1,09 раза соответственно. В случае Co изменений не выявлено. Применение опoки снижает концентрацию в зерне Pb, Cd, Zn и Fe по сравнению с контролем в 1,31, 1,13, 1,15 и 1,16 раза соответственно, внесение навоза снижает концентрацию Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, при внесении древесного угля снижение содержания Cd, Zn и Fe по сравнению с контролем составило 1,34; 1,12 и 1,1 раза соответственно. Накапливающихся в почве элементов ($Кк > 1,1$) не обнаружено, все изученные тяжелые металлы Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Fe, Mn относятся к рассеивающимся ($Кк < 0,9$). По значениям коэффициентов биологического поглощения тяжелые металлы Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Fe, Mn относятся к группе биологического захвата – $КБП < 1$. Наиболее эффективным адсорбентом для снижения валовых и подвижных форм большинства изучаемых тяжелых металлов, а также их попадания в зерно, является навоз.

Библиографический список

1. Батманов, А. В. Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (*Fragaria ananassa*) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т.14, №1. – С. 249-252.
2. Ишкова, С. В. Аккумуляция тяжелых металлов основными типами почв Самарской области / С. В. Ишкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №4. – С. 21-26.
3. Ларионов, М. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах экосистем Саратовского Поволжья / М. В. Ларионов, Н. В. Ларионов // Вестник ОГУ. – 2010. – №1(107). – С. 110-114.
4. Манторова, Г. Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения // АгроXXI. – 2010. – № 1-3. – С. 52-54.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1992. – 60 с.
6. Макарова, Ю. В. Биогеохимия : практикум / Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова. – Самара : Издательство «Самарский университет», 2012. – 84 с.
7. Троц, Н. М. Влияние природных адсорбентов на накопление тяжелых металлов земляникой садовой / Н. М. Троц, А. В. Батманов // Аграрная Россия. – 2017. – №3. – С. 10-16.