

УДК 631.95:633.3

ИНАКТИВАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Н. М. Троц, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садоводства, ботаники и физиологии растений, тел.: 8(846)46670, e-mail troz_shi@mail.ru

А. А. Пахомов, аспирант кафедры садоводства, ботаники и физиологии растений, тел.: 89376575955, e-mail pakhomov_school2@mail.ru

В. И. Мохова, аспирант кафедры садоводства, ботаники и физиологии растений, тел.: 89371004494, e-mail vladislava.petrova.95@mail.ru
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

Ключевые слова: *тяжелые металлы, адсорбенты, биологически активные вещества, соя, горох, почва, зерно.*

Приведены данные по снижению тяжелых металлов железа, меди, цинка, свинца, марганца, кадмия, кобальта в почве под участками сои сорта Самер 3 и гороха сорта Флагман 12, и в зерне культур. Выявлено, что поведение тяжелых металлов под влиянием адсорбентов и биологически активных веществ неоднозначно. В зерне сои и гороха снижение содержания элементов происходит при внесении сочетания препаратов Ризоторфина и Гумариза, из адсорбентов инактивирующим действием обладает навоз.

Введение. В настоящее время загрязнение почв тяжелыми металлами приняло глобальный характер [1]. Поступая в почву в больших количествах ТМ, влияют на плодородие почвы, изменяя консервативные признаки, такие как гумусное состояние, структуру, кислотность. В современных условиях особое значение приобретают работы по изучению возможностей почвы в инактивации ТМ [2,3].

Эффективными агроメリоративными мероприятиями в земледелии служат внесение органических и минеральных удобрений; внесение природных мелиорантов, адсорбентов, цеолитов длительного срока действия [4,5,6].

Цель исследований – инактивация тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка, кобальта) в агроценозах сои сорта Самер 3 и гороха сорта Флагман 12 за счет действия биологически активных веществ и природных адсорбентов в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2013-2015 годах на полях хозяйства, расположенного в центральной агроклиматической зоне Самарской области. 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. Уголь вносился в дозе 30-40% от массы плодоносного слоя, использовалась фракция 10-40 мм. Параллельно были заложены опыты по изучению влияния биологически активных веществ. Семена перед посевом обрабатывали препаратами Агрика, Ризоторфин, Гумариз.

Объектами изучения являлись почва верхнего пахотного горизонта (0-30 см) и зерно сои сорта Самер 3 и гороха сорта Флагман 12. Образцы почв отбирались сопряжено с пробами зерна в соответствии с общепринятыми методиками [7]. Лабораторные анализы почвенных и растительных образцов проводились в лаборатории ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющей аттестат аккредитации испытательной лаборатории № РОСС RU. 0001.510565 в испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору».

Анализировали валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (Fe, Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Co) в почвенных пробах и в растительных образцах. Определение тяжелых металлов в почве проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и беспламенной атомизацией. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах определяли в вытяжках 5М HNO₃. Подвижные формы соединений извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (ААБ). Конечное определение элементов проводили пламенным и электротермическим вариантами анализа с применением атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5-4» в пламени ацетилен – воздух. В качестве фоновых значений тяжелых металлов использовались значения, полученные Н.В. Прохоровой [8], а также сведения, полученные институтом «ВолгоНИИгипрозем» в 2002 г. [9].

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что при внесении адсорбентов и биопрепаратов превышение ПДК валового содержания тяжелых металлов не происходит (табл. 1). Минимальные концентрации элементов выявлены: свинца при внесении опоки, его показатели в 3,97 раза ниже ПДК в 1,33 раза фонового значения и в 1,98 раза кларка; кадмия при использовании опоки и навоза, значения в 6 раз ниже ПДК; меди при использовании сочетания препаратов

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов под участками сои сорта Самер 3

Вариант опыта	Элемент, мг/кг						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	<u>7,60*</u>	<u>0,38</u>	<u>19,77</u>	<u>48,13</u>	<u>5,38</u>	<u>441,00</u>	<u>17587,67</u>
	0,29	0,056	0,32	0,35	6,84	16,97	1,49
+ Опока	<u>8,06</u>	<u>0,33</u>	<u>18,73</u>	<u>50,33</u>	<u>7,21</u>	<u>468,33</u>	<u>17820,33</u>
	0,37	0,054	0,23	0,37	6,83	15,59	1,85
+ Навоз	<u>8,26</u>	<u>0,33</u>	<u>18,00</u>	<u>51,33</u>	<u>6,73</u>	<u>451,67</u>	<u>16962,00</u>
	0,19	0,055	0,22	0,53	6,78	16,96	1,67
+ Древесный уголь	<u>8,19</u>	<u>0,35</u>	<u>18,60</u>	<u>49,23</u>	<u>6,83</u>	<u>470,33</u>	<u>17499,67</u>
	0,19	0,055	0,22	0,53	6,78	16,96	1,67
+ Ризоторфин	<u>12,2</u>	<u>0,60</u>	<u>23,8</u>	<u>59,6</u>	<u>5,15</u>	<u>583,0</u>	<u>20720</u>
	0,55	0,044	0,15	0,54	0,26	10,3	4,82
+ Ризоторфин +Агрика	<u>13,0</u>	<u>0,62</u>	<u>23,9</u>	<u>59,9</u>	<u>5,67</u>	<u>570,0</u>	<u>21580</u>
	0,23	0,053	0,11	0,77	0,08	12,4	8,28
+ Ризоторфин +Гумариз	<u>12,1</u>	<u>0,63</u>	<u>24,7</u>	<u>60,3</u>	<u>7,38</u>	<u>647,0</u>	<u>23362</u>
	0,19	0,057	0,13	0,57	0,23	10,6	8,30
ПДК	32,00	2,00	55,00	100,0	14,00	1500,00	-
ФОН	10,80	0,80	45,30	76,80	11,30	688,60	35010,00
Кларк	16,00	0,13	47,00	83,00	18,00	1000,00	46500,00

* числитель – валовое содержание, знаменатель – подвижная форма

Ризоторфин+Гумариз, значение ниже в 5 раз в сравнении с ПДК; при использовании навоза, значение в 2,51 раза ниже в сравнении с фоном и в ,61 раз ниже в сравнении с кларком; цинка при использовании древесного угля, значение в 2,03 раза ниже в сравнении с ПДК; в 1,56 раза в сравнении с фоном; в 1,68 раза в сравнении с кларком; кобальта в варианте опыта с внесением Ризоторфина снижаются в 2,02 раза в сравнении с ПДК; в 1,55 раза в сравнении с фоном и в 3,49 раза с кларком; марганца при внесении навоза, его показатели в 3,32 раза ниже в сравнении с ПДК; в 1,52 раза ниже в сравнении с фоном, в 2,21 раза в сравнении с кларком; железа при внесении навоза, его показатели в 2,06 раза ниже в сравнении с фоном, в 2,74 раза в сравнении с кларком.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов, за исключением кобальта (при использовании опои, навоза и древесного угля), не

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов под участками гороха сорта Флагман 12

Вариант опыта	Элемент, мг/кг						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	<u>8,38*</u>	<u>0,41</u>	<u>18,3</u>	<u>48,5</u>	<u>7,93</u>	<u>460,0</u>	<u>20097</u>
	0,33	0,050	0,18	0,43	0,09	17,7	5,63
+ Ризоторфин	<u>9,14</u>	<u>0,44</u>	<u>19,1</u>	<u>49,3</u>	<u>9,29</u>	<u>441,0</u>	<u>19607</u>
	1,05	0,053	0,26	0,54	0,16	15,8	4,00
+ Ризоторфин +Агрика	<u>8,35</u>	<u>0,47</u>	<u>20,0</u>	<u>49,9</u>	<u>8,13</u>	<u>440,0</u>	<u>19740</u>
	0,52	0,052	0,14	0,43	0,15	14,2	6,13
+ Ризоторфин +Гумариз	<u>10,79</u>	<u>0,37</u>	<u>18,0</u>	<u>54,0</u>	<u>5,90</u>	<u>503,0</u>	<u>17547</u>
	0,48	0,049	0,12	0,37	0,26	12,3	7,04

* числитель – валовое содержание, знаменатель – подвижная форма

превышают ПДК при использовании всех препаратов под участками сои.

Минимальные концентрации обнаруживаются: свинца при внесении навоза и древесного угля, его показатели в 31,5 раза ниже ПДК; в 2,1 раза ниже фона; кадмия и цинка при использовании препарата Ризоторфин, в сравнении с ПДК значения уменьшаются в 11,6 раза; цинка при внесении опоки, значение ниже в 62,1 раза в сравнении с ПДК; в 1,08 раза в сравнении с фоном; меди и кобальта при использовании сочетания препаратов Ризоторфин+Агрика, значения уменьшаются в 30 раз у меди, в 62,5 раза у кобальта в сравнении с ПДК; в 1,3 раза у меди и в 2,5 раза у кобальта в сравнении с фоном; марганца при внесении опоки, его показатели в 13,59 раза ниже ПДК; в 2,24 раза ниже фона; железа при навоза и древесного угля, показатели фона ниже в 4,59 раза.

Как показали результаты исследований (табл. 2), снижение накопления тяжелых металлов отмечено при использовании препаратов под участками гороха. Минимальные концентрации обнаруживаются: свинца при внесении Ризоторфин+Агрика, его показатели в 3, 83 раза ниже ПДК; в 1, 29 раза фонового значения и в 1, 91 раза кларка; кадмия при использовании Ризоторфин+Гумариз, значения в 5,4 раза ниже ПДК и в 2,16 раза фонового значения, но выше показателя кларка в 2,84 раза; меди при использовании сочетания препаратов Ризоторфин+Гумариз, значение ниже в 3,05 раза в сравнении с ПДК; в 2,51 раза фонового значения, в 2,61 раза кларка; цинка при использовании Ризоторфина, значение в 2,02 раза ниже в сравнении с ПДК; в 1,55 раза в сравнении с фоном; в 1,68 раза в сравнении с кларком; кобальта в варианте опы-

та с внесением Ризоторфин+Гумариз в 2,37 раза в сравнении с ПДК; в 1,91 раза в сравнении с фоном и в 3,05 раза с кларком; марганца при внесении Ризоторфина и его сочетания с Агрикой, показатели в 3,40 раза ниже в сравнении с ПДК; в 1,55 – 1,56 раза соответственно ниже в сравнении с фоном, в 2,26 – 2,27 раза соответственно в сравнении с кларком; железа при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели в 1,99 раза ниже в сравнении с фоном, в 2,65 раза в сравнении с кларком.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов не превышают ПДК при использовании всех препаратов под участками гороха.

Минимальные концентрации свинца обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели в 12,5 раза ниже ПДК, но выше показателя фона в 1,2 раза. Минимальные концентрации кадмия обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели в 10,2 раза ниже ПДК, но выше показателя фона в 1,32 раза (наименьший показатель среди всех вариантов). Минимальные концентрации меди обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 25 раз в сравнении с ПДК, в 1,08 раза в сравнении с фоном. Минимальные концентрации цинка обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 62,16 раза в сравнении с ПДК, в 1,08 раза в сравнении с фоном. Минимальные концентрации кобальта обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Агрика, его показатели ниже в 33,33 раза в сравнении с ПДК, в 1,33 раза в сравнении с фоном. Минимальные концентрации марганца обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 11,38 раза в сравнении с ПДК, в 2,84 раза в сравнении с фоном. Минимальные концентрации железа обнаруживаются при внесении Ризоторфин, его показатели ниже в 1,91 раза в сравнении с фоном.

Максимальные концентрации подвижных форм тяжелых металлов обнаруживаются при внесении Ризоторфин (свинец, кадмий, медь, цинк, марганец) и Ризоторфин+Гумариз (кобальт, железо).

Содержание тяжелых металлов в зерне сои не превышают ПДК на всех вариантах опыта (табл. 3).

Снижение концентрации элементов выявлены: свинца при внесении опои, его показатели в 3,84 раза ниже ПДК; кадмия при внесении древесного угля, его показатели в 3,12 раза ниже ПДК; меди при внесении навоза, его показатели ниже в 2,68 раза в сравнении с ПДК; цинка при внесении навоза, его показатели ниже в 1,79 раза в сравнении с ПДК; кобальта и марганца при внесении навоза; железа при внесении опои.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в зерне сои сорта Самер 3 и гороха сорта Флагман 12

Варианты опыта	Элемент, мг/кг						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
Контроль	0,17	0,043	3,83	34,63	0,18	8,48	45,10
+ Ризоторфин	<u>0,10*</u> 0,14	<u>0,032</u> 0,025	<u>2,25</u> 2,45	<u>42,1</u> 14,9	<u>0,17</u> 0,40	<u>7,19</u> 4,05	<u>46,8</u> 16,7
+ Ризоторфин+Агрика	<u>0,06</u> 0,18	<u>0,039</u> 0,036	<u>2,48</u> 2,21	<u>45,9</u> 16,1	<u>0,19</u> 0,27	<u>7,71</u> 4,13	<u>53,3</u> 15,4
+ Ризоторфин+Гумариз	<u>0,10</u> 0,10	<u>0,028</u> 0,030	<u>1,92</u> 2,19	<u>45,9</u> 13,7	<u>0,59</u> 0,26	<u>7,54</u> 4,34	<u>45,2</u> 19,2
ПДК	0,50	0,100	10,00	50,0	-	-	-

* числитель – зерно сои, знаменатель – зерно гороха

Содержание тяжелых металлов в зерне сои не превышают ПДК, при использовании всех препаратов.

Минимальные дозы элементов обнаружены: свинца при внесении сочетания Ризоторфин+Агрика, его показатели в 8,83 раза ниже ПДК; кадмия при внесении препаратов Ризоторфин+Гумариз, его показатели в 3,57 раза ниже ПДК; меди при внесении сочетания Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 5,2 раза в сравнении с ПДК; цинка при внесении Ризоторфина, его показатели ниже в 1,18 раза в сравнении с ПДК; кобальта и марганца ниже контроля при внесении Ризоторфина, показатель в 1,05 и 1,17 раза ниже контроля соответственно. При внесении всех препаратов концентрации железа выше контроля, показатель самый низкий при внесении сочетания Ризоторфин+Гумариз.

Содержание тяжелых металлов (за исключением кобальта, выше контроля) в зерне гороха не превышают ПДК и контроль при использовании всех препаратов.

Минимальные концентрации элементов отмечены: свинца при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели в 5 раз ниже ПДК; кадмия при внесении Ризоторфина, его показатели в 4 раза ниже ПДК; меди обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 4,56 раза в сравнении с ПДК; цинка при внесении

Ризоторфин+Гумариз, его показатели ниже в 3,64 раза в сравнении с ПДК. При внесении всех препаратов концентрации кобальта выше контроля, но при внесении Ризоторфин+Гумариз, самый низкий показатель превышение контроля в 1,44 раза. Минимальные концентрации марганца обнаруживаются при внесении Ризоторфина, его показатель ниже в 2,09 раза в сравнении с контролем. Минимальные концентрации железа обнаруживаются при внесении Ризоторфин+Агрика, его показатель ниже в 2,92 раза в сравнении с контролем.

Выводы. Внесение опоки и навоза снижает содержание валовых форм тяжелых металлов под участками сои, а внесение сочетания Ризоторфин+Гумариз под участками гороха. Содержание подвижных форм тяжелых металлов снижается при внесении под участки сои опоки, навоза, древесного угля, Ризоторфина и сочетания Ризоторфин+Агрика, внесение сочетания Ризоторфин+Гумариз в почве под горохом. Действие препарата Ризоторфин и его сочетания с Гумаризом максимально снижает содержание тяжелых металлов в зерне сои и гороха. В зерне сои максимально снижается содержание тяжелых металлов внесением навоза.

Библиографический список:

1. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата - Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
2. 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.
3. Троц, Н. М. Влияние природных адсорбентов на аккумуляцию тяжелых металлов в зерне сои / Н. М. Троц, М. Н. Сергеева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2. – № 4. – С. 15-18.
4. Троц, Н. М. Применение адсорбентов для регулирования накопления тяжелых металлов в почве и зерне сои сорта Самер 3, возделываемой при различных видах обработки почвы / М. Н. Скворцова, Н.М. Троц / Материалы региональной научно – практической конференции молодых ученых «Перспективы развития АПК в работах молодых ученых». ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Зауралья», 2014. – С. 145-150.
5. Троц, Н. М. Применение биологически активных препаратов при возделывании яровой пшеницы / В. Б. Троц, Н. М. Троц, С. Ю. Ершов, М. Н. Сергеева / Материалы V Юбилейной Международной научно – практической конференции «Коняевские чтения». – Екатеринбург, 2016. – С. 3-5.

6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1992. – 60 с.
7. Прохорова, Н. В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2. – № 2. – С. 306-310.
8. Технический отчет по почвенному обследованию земель сельскохозяйственного назначения Самарской области с целью государственного учета показателей состояния плодородия: ОАО «ВолгоНИИгипрозем». – Самара, 2003.

NACTIVATION OF HEAVY METALS IN AGROCENOSSES OF GRAIN BEAN CROPS

Trots N.M., Pakhomov A.A., Mokhova V. I.

Key words: *heavy metals, adsorbents, biologically active substances, soy, peas, soil, grain.*

Data are presented on the reduction of heavy metals of iron, copper, zinc, lead, manganese, cadmium, cobalt in the soil under areas of Samer 3 soybean and Flagman 12 pea, and in grain crops. It was revealed that the behavior of heavy metals under the influence of adsorbents and biologically active substances is ambiguous. In soybean and pea grains, a decrease in the content of elements occurs when a combination of the preparations Rizotorfin and Gumarisa is introduced; manure has an inactivating effect from adsorbents.