УДК 631.147

Эффективность высококремнистых пород в производстве экологически безопасной продукции растениеводства

Цаповская О.Н.

Ульяновский государственный аграрный университет им П.А. Столыпина

Аннотация

В статье представлены результаты изучения влияния загрязненной медью почвы (чернозем типичный среднесуглинистый) на экологическую безопасность зерна и урожайность яровой пшеницы при использовании в качестве детоксиканта высококремнистой породы – диатомита. Установлено, что при внесении в загрязненную (до 4 ПДК) почву диатомита в дозе 5 т/га, полностью блокировалось негативное воздействие меди на формирование урожайности яровой пшеницы. Загрязнение почвы медью до 10 ПДК сопровождалось накоплением ее в зерне выше контроля на 8-35 %. Внесение в почву диатомита способствовало уменьшению накопления ее в продукции на 17-50 %.

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ МЕДЬЮ, ДИАТОМИТ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ПРОДУКЦИЯ

Введение

Современный научно-технический прогресс неизменно сопровождается усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе в сфере сельскохозяйственного производства, вследствие чего происходит интенсивное загрязнение продукции различными токсикантами. Среди них особую опасность (после пестицидов) представляют тяжелые металлы (ТМ), в том числе медь. Медь – элемент, который двояко проявляет себя в зависимости от ее концентрации в среде. С одной стороны это элемент абсолютно необходимый для жизнедеятельности растений, с другой – при превышении определенного уровня концентрации становится токсичным. Медь является компонентом электронно-транспортных протеинов, участвующих в реакциях

фотосинтеза и цепях дыхания; входит в состав супероксиддисмутазы – фермента, защищающего клеточные компоненты от окисления; участвует в защитных функциях организма. Еще в 50-е – 60-е годы прошлого века было показано, что медь повышает засухо- и холодоустойчивость растений, снижает поражаемость их головней, ржавчиной, мучнистой росой. [1] Недостаток меди вызывает задержку роста, хлороз, потерю тургора и увядание растений.

В повышенных концентрациях медь является токсичной и может вызвать отравление растений, приводящее к снижению активности ряда ферментов, вследствие чего значительно снижается урожайность культур. Показано, что фитотоксичность меди превышает влияние цинка, свинца, кадмия. [2] При этом следует отметить, что интервал между необходимым количеством меди для питания растений и уровнем ее токсичности очень небольшой. В связи с этим очень важно определить токсичные уровни концентрации меди в почвах и разработать приемы снижения поступления элемента в сельскохозяйственную продукцию.

При планировании мероприятий, способствующих получению экологически безопасной продукции при выращивании культур на загрязненных ТМ почвах, прежде всего, важно соответствующими приемами перевести токсичные элементы в малодоступное (труднорастворимое) состояние. Особый интерес в этом отношении представляют кремнистые породы с высоким содержанием аморфного кремния: такие, как диатомиты, опоки, трепелы, цеолиты, бентониты. Данные породы (запасы их в стране огромны) обладают уникальными адсорбционными, каталитическими и ионообменными свойствами и способны в значительной степени улучшать почвенную среду обитания растений, в том числе переводить тяжелые металлы в малодоступные формы, благодаря кремниевым кислотам, присутствующим в кремнистых породах. В связи с вышеуказанным **целью наших исследований** являлось изучение эффективности диатомита, как детоксиканта меди, при выращивании яровой пшеницы на искусственно загрязненной почве.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на искусственно загрязненной медью почве в условиях опытного поля Ульяновского ГАУ путем закладки микрополевого опыта. Загрязнение

проводили сульфатом меди на уровне 2 ПДК, 4 ПДК и 10 ПДК. В качестве детоксиканта использовали диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области со следующим составом: SiO_2 общ – 81,7 %; SiO_2 аморф – 42,1 %; CaO – 0,52 %; K_2O – 1,25 %; SO_3 – 0,23 %.

Диатомит представляет из себя породу, состоящую главным образом из мельчайших кремниевых скелетных частей диатомовых водорослей. Пористость диатомитов очень велика: для хороших сортов достигает 90-92 % (в среднем 80 %), размер пор от 1 до сотен нм. Следовательно, диатомит является природным сорбентом с высоким содержанием аморфного (доступного) кремния.

Схема опыта включала 8 вариантов:

1. Контроль
2. Загрязнение почвы на уровне 2 ПДК Cu
3. Загрязнение почвы на уровне 4 ПДК Cu
4. Загрязнение почвы на уровне 10 ПДК Cu
5. Диатомит 5 т/га
6. 2 ПДК Cu + диатомит
7. 4 ПДК Cu + диатомит
8. 10 ПДК Cu + диатомит.

Учетная площадь делянки 1 м² с рендомизированным размещением, повторность четырехкратная. Почва опытного поля – чернозем типичный среднесуглинистый с низким содержанием гумуса (4,7 %), с высокой обеспеченностью доступным фосфором (196 мг/кг) и очень высоким – калием (206 мг/кг), нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{KCl} – 6,7 единиц).

Экспериментальной культурой являлась яровая пшеница сорта «Маргарита». Выбор его для экспериментов сделан в связи с высокой требовательностью сорта к условиям произрастания, выраженной чувствительностью к ним, в том числе загрязнению тяжелыми металлами.

Результаты исследований

В формировании урожайности сельскохозяйственных культур и качественной продукции, в том числе экологически безопасной, несомненно, играет важную роль создание оптимальных условий почвенной среды для растений, в том числе отсутствие

негативных факторов, каковыми являются тяжелые металлы. Ниже приведены показатели урожайности яровой пшеницы и содержание меди в зерне (табл. 1).

Данные таблицы показывают, что несмотря на то, что медь является необходимым растениям элементом, превышение содержания её в почвенном растворе предельно-допустимых концентраций до 2-х раз сопровождаются потерей урожайности зерна яровой пшеницы на 8 %. При более высоком уровне загрязнения медью (10 ПДК) потери зерна достигают 29 %. Влияние меди на формирование урожайности культур регулируется сложными биохимическими механизмами. В том числе токсическое действие меди в повышенной концентрации может проявляться в снижении накопления фитомассы, уменьшении обводненности тканей и содержания хлорофилла, ингибировании поглощения ионов некоторых элементов, в том числе необходимых растениям. Избыток меди уменьшает длину корня, число корневых волосков и вторичных корней, в результате снижается способность корневой системы поглощать питательные вещества и воду, что может привести к полной гибели растения. [3] Аналогичные данные приводит Ю.С. Белоусова. [4] Загрязнение почвы медью на уровне 5 ПДК снижало поступление азота и фосфора, более высокое загрязнение приводило к нарушению метаболических процессов в растении.

Таблица 1. Урожайность яровой пшеницы и содержание меди в продукции (зерно) по вариантам опыта

№	Вариант	Урожайность, т/га			Содержание меди в зерне, мг/100 г		
		т/га	Отклонения от контроля		мг/кг	Отклонения от контроля	
			т/га	%		мг/100 г	%
1	Контроль	2,01	—	—	0,60	—	—
2	2 ПДК Cu	1,86	-0,15	-8	0,70	+0,10	17
3	4 ПДК Cu	1,52	-0,49	-24	0,78	+0,18	30
4	10 ПДК Cu	1,43	-0,58	-29	0,90	+0,30	50
5	Диатомит	2,24	+0,23	+11	0,50	-0,10	17
6	2 ПДК Cu+ диатомит	2,17	+0,16	+8	0,65	+0,05	8
7	4 ПДК Cu+ диатомит	2,08	+0,07	+4	0,71	+0,11	18
8	10 ПДК Cu + диатомит	1,79	-0,22	-11	0,81	+0,21	35
	НСР ₀₅	0,07			0,08		

Использование диатомита в качестве детоксиканта в дозе 5 т/га при загрязнении почвы до 4 ПДК полностью блокировало негативное действие меди на формирование урожайности яровой пшеницы, благодаря высокой его адсорбционной способности и способности кремниевых кислот, присутствующих в диатомите, осаждать медь в виде нерастворимой соли Cu_2SiO_4 ($2\text{Cu}^{2+} + \text{SiO}_4^{4-} = \text{Cu}_2\text{SiO}_4$). На возможность активного использования высококремнистых пород для получения экологически безопасной продукции сельскохозяйственного производства указывали У.Г. Дистанов (1989), В.В. Матыченков с соавторами (2002), А.Х. Куликова (2013) и др. Данные таблицы подтверждают вышеуказанное: внесение в загрязненную (10 ПДК) почву диатомита снижает накопление в зерне меди до 35 %.

В заключении необходимо отметить существенное повышение урожайности зерна (на 0,23 %, или на 11 %) при внесении в почву диатомита. Исследованиями ряда ученых показано, что диатомит (а также другие высококремнистые породы, такие как трепелы, цеолиты, бентонитовые глины) оказывает многостороннее положительное воздействие на систему «почва–растение»:

- оказывает острутурирующее и разуплотняющее действие на почву при возделывании любых культур;
- благоприятно влияет на активность почвенных организмов (биогенность почвы может повышаться на 20–30 %);
- способствует повышению водоудерживающей способности и улучшению питательного режима почвы (в том числе кремнием);
- обладает несомненными защитными свойствами в любых стрессовых ситуациях, вызванных как биогенными, так и абиогенными факторами;
- способствует получению экологически безопасной продукции.

Использование диатомита способствует получению экологически безопасной продукции, так как хорошо развитые растения могут действенно противостоять внешним неблагоприятным факторам.

Выводы:

1. Загрязнение медью до уровня 2 ПДК сопровождалось снижением урожайности яровой пшеницы на 0,15 т/га (8 %), 4 ПДК – на 0,49 т/га (24 %) и 10 ПДК – на 0,58 т/га (29

%). Использование диатомита в качестве детоксиканта при загрязнении почвы до 4 ПДК полностью блокировало негативное действие меди на формирование урожайности культуры. При более высоком загрязнении (до 10 ПДК) продуктивность культуры, тем не менее, снизилась на 0,22 т/га (14 %).

2. Загрязнение почвы медью до уровня 10 ПДК сопровождалось накоплением её в зерне выше контроля на 17-50 %. Внесение в почву диатомита способствовало уменьшению поступления элемента в зерно на 8-35 %. Таким образом, природные высококремнистые породы, в данном случае диатомит, способствуют получению экологически безопасной продукции сельскохозяйственных культур.

Список используемых источников

1. Власюк П.А. Участие микроэлементов в обмене веществ растений. - Биологическая роль микроэлементов. - М.: Наука, 1983. – С. 97-105.
2. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
3. Семенова И.Н., Семенова И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. [Электрон. ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568>
4. Белоусова Ю.С. Состояние меди и цинка в системе «почва-растение» в условиях загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04. -Л.: Москва. – 2013. – 25 с.

Цитирование:

Цаповская О.Н. Эффективность высококремнистых пород в производстве экологически безопасной продукции растениеводства [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_622.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20216622>.