

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРНЕПЛОДАХ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

© 2015 В.А. Ошкин

Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина

Поступила в редакцию 12.05.2015

В статье приведены результаты анализов содержания тяжёлых металлов в корнеплодах сахарной свёклы под действием внекорневого внесения регуляторов роста и нереутилизирующихся микроэлементов. Закладывались полевые и вегетационные опыты для установления снижения ТМ и изучения их детоксикации. Результаты исследований показывают, что внекорневая подкормка мелафеном и микроэлементами бором, цинком и марганцем ограничивает поступление ТМ в корнеплоды сахарной свёклы. По данным содержания ТМ в отобранных образцах наблюдается тенденция снижения их аккумуляции, в особенности при совместном использовании используемых препаратов. *Ключевые слова:* тяжёлые металлы, агрофитоценоз, сахарная свёкла, корнеплод, уменьшение, вегетационный опыт, мелафен, нереутилизирующиеся микроэлементы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существенно возрос и продолжает расти спрос на производство продуктов питания. Сельское хозяйство является основным источником получения пищевого сырья. В связи с этим, с каждым годом многократно возрастает интенсификация сельскохозяйственного производства, что приводит к сильнейшей нагрузке на агрофитоценозы.

В Ульяновской области, как и во всём мире, остро стоит проблема загрязнения почв сельскохозяйственного назначения тяжёлыми металлами (ТМ). Технология возделывания сахарной свёклы, как одной из самых высокоинтенсивных культур, требует особого внимания для предотвращения накопления и трансформации ТМ в растения данной культуры.

Избыточное влияние тяжелых металлов на растительные организмы, как одного из многих загрязнителей, вызывает анатомические и морфологические изменения, нарушения физиологических и биохимических процессов [1]. Именно проблемы загрязнения окружающей среды в настоящее время вызвали усиленный интерес к изучению тяжелых металлов как стрессового фактора, выявлению механизмов защиты организмов от их токсического действия. Избыточные концентрации ТМ в клетках растений вызывают окислительный стресс [2]. Серьёзность нарастающего «металлического пресса» на биосферу заключается в том, что ТМ надолго входят в круговорот органического вещества. Другое немаловажное обстоятельство - большая скорость и лавинообразный характер поступления ТМ в биосферу. Техногенная миграция ТМ может при-

Ошкин Владимир Александрович, аспирант кафедры «Биология, химия, ТХППР». E-mail: oshkin@yahoo.com

водить к нарушению физиологических функций организма и обмена веществ, снижению продуктивности, изменению структуры экосистем и видового разнообразия [3].

Исходя из этого, крайне важно проводить исследования по определению содержания ТМ в сельскохозяйственных растениях, разработать и применить практические методы снижения аккумуляции подвижных форм тяжёлых металлов в конечную готовую продукцию.

МАТЕРИАЛЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами проводились исследования по изучению влияния регуляторов роста и микроэлементов (бор, марганец и цинк) на содержание ТМ в корнеплодах сахарной свёклы под влиянием внекорневых подкормок в течение вегетации.

На базе лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Ульяновская» по общепринятым методам было определено валовое содержание тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, никель) в отобранных исследуемых образцах корнеплодов сахарной свёклы, без учёта их концентрации в почве опытного участка.

Объектом исследования служили образцы корнеплодов сахарной свёклы (*Beta vulgaris*) гибрида Манон селекции бельгийской фирмы «SESVanderHave», выращенные в полевом и вегетационном опытах в период с мая по октябрь 2014 года.

Первая внекорневая подкормка сахарной свёклы проводилась в фазу 5-6 настоящих листьев в баковой смеси одновременно со вторым опрыскиванием гербицидами, вторая подкормка – в период формирования корнеплода. Растворы нереутилизирующихся [4, 5] микроэлементов при-

готовляли в концентрации 0,05%, а именно: бор (в виде борной кислоты – H_3BO_3), цинк (в виде сульфата цинка – $ZnSO_4$), марганец (в виде сульфата марганца – $MnSO_4$). Концентрация раствора мелафена – $1 \cdot 10^{-7}\%$.

Мелафен – синтетический регулятор роста растений нового поколения. Химически представляет собой меламиновую соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Ранее в наших исследованиях [6, 7, 8] было установлено, что мелафен увеличивает урожайность, повышает засухоустойчивость, улучшает биохимические и технологические качества корнеплодов.

Опыты проводились в специализированном свекловодческом КФХ «Сяпуков Е.Ф.» Цильнинского района Ульяновской области. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный средне-мощный среднегумусный среднесуглинистый.

Полевой опыт выполнялся по схеме из следующих вариантов:

- Контроль;
- Мелафен;
- H_3BO_3 ;
- $ZnSO_4$;
- $MnSO_4$;
- H_3BO_3 + Мелафен;
- $ZnSO_4$ + Мелафен;
- $MnSO_4$ + Мелафен;
- $ZnSO_4$ + $MnSO_4$;
- H_3BO_3 + $ZnSO_4$;
- H_3BO_3 + $MnSO_4$;
- $ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + H_3BO_3 ;
- $ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + Мелафен;
- H_3BO_3 + $ZnSO_4$ + Мелафен;
- H_3BO_3 + $MnSO_4$ + Мелафен;
- $ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + H_3BO_3 + Мелафен.

Таблица 1. Содержание ТМ в корнеплодах сахарной свёклы на полевом опыте

№	Вариант	мг/кг				
		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
1	Контроль	0,925	21,700	0,550	0,395	1,350
2	Мелафен	0,375	5,650	0,400	0,200	0,600
3	H_3BO_3	0,805	19,000	0,550	0,380	1,250
4	$ZnSO_4$	0,755	14,050	0,500	0,380	1,200
5	$MnSO_4$	0,690	12,050	0,500	0,375	1,115
6	H_3BO_3 + Мелафен	0,340	5,500	0,400	0,195	0,550
7	$ZnSO_4$ + Мелафен	0,315	4,700	0,300	0,155	0,500
8	$MnSO_4$ + Мелафен	0,305	4,550	0,300	0,155	0,450
9	$ZnSO_4$ + $MnSO_4$	0,450	7,350	0,400	0,225	0,650
10	H_3BO_3 + $ZnSO_4$	0,655	10,200	0,450	0,370	0,900
11	H_3BO_3 + $MnSO_4$	0,565	7,750	0,400	0,325	0,840
12	$ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + H_3BO_3	0,425	6,500	0,400	0,220	0,600
13	$ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + Мелафен	0,200	2,350	0,150	0,070	0,300
14	H_3BO_3 + $ZnSO_4$ + Мелафен	0,300	4,250	0,300	0,120	0,450
15	H_3BO_3 + $MnSO_4$ + Мелафен	0,275	4,050	0,300	0,120	0,350
16	$ZnSO_4$ + $MnSO_4$ + H_3BO_3 + Мелафен	0,180	2,000	0,150	0,070	0,050
ПДК		55	100	20	0,5	85

Вегетационный опыт выполнялся на повышенном фоне содержания ТМ в почве. Для более точного и полного изучения детоксикации тяжёлых металлов, установления снижения содержания в корнеплодах ТМ были дополнительно внесены растворы меди, цинка, свинца, кадмия (в виде: CuSO_4 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, CdSO_4) в почву опытного участка [9]. Концентрация внесённых растворов составляла 0,001%. Схема представлена следующими вариантами:

Контроль без ТМ;
 Контроль;
 Мелафен;
 H_3BO_3 ;
 ZnSO_4 ;
 MnSO_4 ;
 H_3BO_3 + Мелафен;
 ZnSO_4 + MnSO_4 ;
 H_3BO_3 + ZnSO_4 ;
 H_3BO_3 + MnSO_4 ;
 ZnSO_4 + MnSO_4 + H_3BO_3 + Мелафен.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты анализов содержания ТМ в корнеплодах сахарной свёклы на полевом опыте представлены в табл. 1.

Под влиянием используемых регуляторов

роста и микроэлементов происходит уменьшение содержания ТМ в корнеплодах сахарной свёклы. Содержание меди снижается с 0,925 мг/кг на контроле до 0,180 мг/кг на варианте с совместным внесением используемых препаратов, содержание цинка уменьшилось с 21,700 мг/кг до 2,000 мг/кг, свинца – с 0,550 мг/кг до 0,150 мг/кг, кадмия – с 0,395 мг/кг до 0,070 мг/кг и содержание никеля снизилось с 1,350 мг/кг до 0,050 мг/кг. Наибольшее снижение по всем определяемым тяжёлым металлам наблюдается на варианте с совместным внесением всех используемых препаратов.

В табл. 2 приводятся результаты анализов содержания ТМ в корнеплодах сахарной свёклы на вегетационном опыте с внесением в почву дополнительных доз ТМ.

Как и в полевом опыте без внесения ТМ в почву, видно, что в вегетационном опыте под действием используемых препаратов тоже происходит уменьшение содержания ТМ в корнеплодах исследуемой культуры сахарной свёклы. Содержание меди по сравнению с контролем снизилось на 26,0%, цинка – на 48,3%, свинца – на 41,7%, кадмия – на 41,7% и никеля снизилось на 32,1%. Наибольшее снижение содержания ТМ наблюдается на варианте с внекорневым внесением регулятора роста мелафена и микроэлементов бора, цинка и марганца.

Таблица 2. Содержание ТМ в корнеплодах сахарной свёклы на вегетационном опыте с внесением в почву ТМ

№	Вариант	мг/кг				
		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
0	Контроль без ТМ	0,365	7,350	0,200	0,215	0,400
1	Контроль	1,460	16,650	0,600	0,600	1,400
2	Мелафен	0,975	15,450	0,600	0,505	1,325
3	H_3BO_3	0,890	14,200	0,550	0,485	1,250
4	ZnSO_4	0,870	13,550	0,500	0,475	1,200
5	MnSO_4	0,830	12,650	0,350	0,450	1,100
6	H_3BO_3 + Мелафен	0,390	8,100	0,250	0,280	0,550
7	ZnSO_4 + MnSO_4	0,530	11,000	0,350	0,405	0,850
8	H_3BO_3 + ZnSO_4	0,435	8,950	0,250	0,290	0,650
9	H_3BO_3 + MnSO_4	0,525	10,100	0,300	0,385	0,700
10	ZnSO_4 + MnSO_4 + H_3BO_3 + Мелафен	0,380	8,050	0,250	0,250	0,450
	ПДК	55	100	20	0,5	85

ВЫВОДЫ

Результаты исследований показывают, что в растениях, обработанных используемыми препаратами, по-видимому, создаются физиологические барьеры, которые ограничивают поступление тяжёлых металлов из корней в листья и обратно в корнеплоды.

Используемые микроэлементы входят в состав кофакторов, т.е. растениям они более необходимы. Поэтому миграция ТМ в растения уменьшается при дополнительном внесении микроэлементов в вегетирующие растения.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что растения сахарной свёклы за счёт внесения микроэлементов и регулятора роста мелафена, особенно совместного, в качестве внекорневых подкормок имеют большую возможность создавать барьеры для ограничения трансформации тяжёлых металлов из листьев в корнеплоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленная ботаника / Кондратюк Е.Н., Тарабрин В.П., Бакланов В.И., Бурда Р.И., Хархота А.И. - Киев: Наукова думка, 1980. - 260 с.
2. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник / Е.И. Кошкин. - М.: Дрофа, 2010. - 640 с.
3. Лукаткин, А.С. Синтетические регуляторы роста как индукторы холодоустойчивости и продуктивности растений / А.С. Лукаткин, С.В. Пугаев, А.В. Пугаев, Н.В. Кипайкина // Тезисы докладов VI Международной конференции «Регуляторы роста растений в биотехнологиях» 2001 года. - М.: 2001. - С. 108-109.
4. Костин, В.И. Изучение взаимодействия микроэлементов и мелафена на технологические качества корнеплодов сахарной свёклы / В.И. Костин, В.А. Исайчев, В.А. Ошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - №4 (28). - С. 64-69.
5. Ошкин, В.А. Использование нереутилизирующихся микроэлементов для внекорневой подкормки сахарной свёклы / В.А. Ошкин // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. - Том 1. - С. 100-102.
6. Костин, В.И. Экологическая эффективность применения регулятора роста нового поколения мелафена и борной кислоты в популяции сахарной свёклы / В.И. Костин, В.А. Ошкин, Е.Е. Сяпуков // XXVII Любимцевские чтения – 2013 «Современные проблемы эволюции и экологии»: Сборник материалов международной конференции. - Ульяновск: УлГПУ, 2013. - С. 353-356.
7. Костин, В.И. Формирование урожайности и улучшение качества корнеплодов сахарной свёклы под действием фиторегулятора и борной кислоты / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - №1 (25). - С. 13-18.
8. Костин, В.И. Возможности активации продукционного процесса и повышения засухоустойчивости сахарной свёклы / В.И. Костин, В.А. Ошкин, О.Г. Музурова // Сахарная свёкла. - 2014. - №10. - С. 30-33.
9. Ошкин, В.А. Детоксикация тяжёлых металлов в растениях *Triticum aestivum* и *Beta vulgaris* при действии регуляторов роста и нереутилизирующихся микроэлементов / В.А. Ошкин, Е.Н. Ерофеева, О.Г. Музурова // XXVIII Любимцевские чтения – 2014 «Современные проблемы эволюции и экологии»: Сборник материалов международной конференции. - Ульяновск: УлГПУ, 2014. - С. 387-390.

DECREASE IN THE CONTENT OF HEAVY METALS IN ROOT CROPS OF SUGAR BEET

© 2015 V.A. Oshkin

Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin

In article results of analyses of the content of heavy metals are given in root crops of sugar beet under the influence of extra root introduction of regulators of growth and unsalvaged microelements. Field and vegetative experiments for establishment of decrease in TM and studying of their detoxication were put. Results of researches show that extra root top dressing of melaфen and microelements limits to boron, zinc and manganese receipt of TM in root crops of sugar beet. According to the maintenance of TM in the selected samples the tendency of decrease in their accumulation is observed, in particular when sharing of the used preparations.

Key words: heavy metals, agrophytocenosis, sugar beet, root crop, reduction, vegetative experience, melaфen, unsalvaged microelements.