



ОЦЕНКА УРОЖАЯ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ И КАРТОФЕЛЯ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ, ЗАГРЯЗНЕННОМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

YIELD ASSESSMENT OF BEETROOT AND POTATO, CULTIVATED ON ORDINARY CHERNOZEM CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

Громакова Н.В. – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, доцент Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванова Южного федерального университета 344090, Россия, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1 E-mail: gromakova.nat@yandex.ru

Gromakova N.V., Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, Senior Researcher Academy of Biology and Biotechnology Southern Federal University pr. Stachki, 194/1, Rostov-on-Don, 344090, Russia E-mail: gromakova.nat@yandex.ru

Картофель и свёкла столовая являются традиционными продуктами питания в России. Важным представляется получение высоких, экологически безопасных урожаев. В опыте на черноземе обыкновенном изучали влияние минеральных удобрений на снижение накопления тяжелых металлов (ТМ) свеклой столовой и картофелем. В почву искусственно вносили Cu, Zn и Pb, в качестве минерального удобрения в опыте использовали азофоску (N16%, P16%, K16%). Соли ТМ и удобрения вносили в соответствии с разработанной схемой опыта: 1. Контроль; 2. Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀; 3. N₆₀P₆₀K₆₀+Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀. В почве определяли общий запас металлов, их подвижные формы, в растениях определяли содержание металлов и урожайность. Результаты исследования показали, что содержание ТМ в почве по валовым формам превышает ПДК по всем исследуемым металлам, по подвижной форме – для Cu и Pb. При совместном внесении в почву ТМ с удобрением подвижность металлов снижалась. В корнеплодах свеклы отмечено превышение ПДК Cu, Zn и Pb. В клубнях картофеля имеет место незначительное превышение ПДК по Pb. При совместном внесении ТМ с удобрениями содержание Zn и Pb в корнеплодах снизилось ниже ПДК. Свекла в большей степени накапливала ТМ, чем картофель. Урожайность свеклы столовой существенно снизилась при внесении в почву ТМ. Урожайность картофеля увеличивалась по всем вариантам опыта. При выращивании в техногенно преобразованных условиях картофель характеризуется достаточно высокой устойчивостью урожайности и не накапливает токсичные количества ТМ на удобренном фоне.

Ключевые слова: свекла столовая, картофель, чернозем, тяжелые металлы, азофоска, урожайность.

Для цитирования: Громакова Н.В. Оценка урожая свеклы столовой и картофеля, возделываемых на черноземе обыкновенном, загрязненном тяжелыми металлами. *Овощи России*. 2017;(5):74-75. DOI:10.18619/2072-9146-2017-5-74-75

Potato and table beet are traditional crops in vegetable growing in Russia. It is important to produce high, environmentally friendly crops. The effect of mineral fertilizers to reduce the accumulation of heavy metals (HM) in beetroot and potatoes was studied in the experiment on ordinary chernozem. The soil was supplied with Cu, Zn and Pb, as a mineral fertilizer, Azofosca (N16%, P16%, K16%) was also used in the experiment. Salts of heavy metals and fertilizer were introduced in accordance with the developed scheme of experiment: 1. Control; 2. Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀; 3. N₆₀P₆₀K₆₀ + Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀. In the soil, the total stock of metals and their mobile forms were determined, and the content of metals and yield were defined in plants. The results of the study showed that for gross forms MRL exceeded in all metals studied, and in mobile forms of Cu and Pb. With the joint application of HM to the soil with fertilizer, the mobility of metals decreased. In the root crops, the excess of MRL for Cu, Zn and Pb was observed. With the joint application of HM with fertilizers, the content of Zn and Pb in the root crops decreased below the MRL. Beet was more likely to accumulate HM than potatoes. The yield of beetroot and potato beets varied greatly in terms of experiment options. Thus, the introduction of HM into the soil significantly reduced the yield of beets. The introduction of fertilizers together with HM contributed to an increase in yield, but for beet, the yield level here was also lower than in the control variant. When growing roots in technologically transformed conditions, the potato is characterized by sufficiently higher yield stability and does not accumulate toxic amounts of HM on a fertilized ground.

Keywords: beetroot, potato, chernozem, heavy metals, azofosca, productivity.

For citation: Gromakova N.V. Yield assessment of beetroot and potato, cultivated on ordinary chernozem contaminated with heavy metals. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):74-75. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2017-5-74-75

Введение

Картофель и свёкла столовая являются традиционными продуктами в России. Часто производственные посевы и посадки сельскохозяйственных культур, а также садово-огородные участки располагаются вблизи крупных автомагистралей, где складывается крайне неблагоприятная экологическая обстановка. Получаемый урожай сельскохозяйственных культур часто содержит избыточные количества тяжелых металлов (ТМ) [1-2]. В связи этим актуальным представляется комплексный подход к изучению условия выращивания сельскохозяйственных культур в измененных условиях. В современных условиях эффективное использование минеральных удобрений основано не только на экономических аспектах, особую значимость приобретают экологические условия возделывания культур, где удобрения целесообразно рассматривать как мелиоративный прием [3-6]. На юге России все большее значение приобретает мониторинг тяжелых металлов (ТМ) в почвах, где производится основная доля валового сельскохозяйственного производства. ТМ, поступая в растения, активно включаются в трофические цепи [7]. Агрэкосистемы испытывают значительную антропогенную нагрузку, поскольку почвы сельскохозяйственного назначения часто содержат избыточные количества ТМ и других токсических веществ. В черноземной зоне Ростовской области приоритетными загрязнителями являются Cu, Zn и Pb [8-11].

Методика исследований

Цель исследования: провести сравнительную оценку уровня накопления Cu, Zn и Pb свеклой столовой и картофелем на загрязненной черно-

земной почве и оценить возможность снижения токсичности ТМ при внесении в почву минеральных удобрений. Исследования проводили в условиях мелкочастичного полевого опыта. Почва – чернозем обыкновенный, характеризующийся достаточно высоким агрофоном. Перед посевом обеспеченность обменным калием очень высокая, согласно градиции Мачигина, используемой агрохимслужбой Ростовской области – 620 мг/кг почвы, обеспеченность подвижным фосфором – 28 мг/кг, минеральным азотом – 100 кг/га. Для исследований были выбраны сорт свеклы столовой Бордо 237 и картофеля – сорт Удача. Почву искусственно загрязняли ТМ на глубину пахотного слоя (30 см): ацетаты Cu, Zn и Pb вносили в почву весной (в виде растворов) на участке бывшего стационара, выведенного из севооборота на опытном поле учхоза «Донское» ДонГАУ, расположенного в Октябрьском районе Ростовской области. Исследования проводили в 2015 году. В год исследований за период вегетации культур (90 суток) на исследуемой территории выпало 119 мм осадков, что в многолетнем аспекте характеризуется как хорошие условия. Температурный режим характеризовался более низкими значениями = 2220°, что на 100° ниже, чем в последние 5 лет. После проведения исследований почва была выбрана и далее используется в вегетационных и модельных опытах при изучении трансформации ТМ в почве и приемов рекультивации почв, загрязненных ТМ. В качестве минерального удобрения в опыте использовали азофоску. Соли ТМ и удобрения вносили в соответствии с разработанной схемой опыта:

1. Контроль
2. Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀
3. N₆₀P₆₀K₆₀+Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀

Выбранные дозы Cu, Zn и Pb были приблизительно ориентированы на зарубежные ПДК ТМ в почве, которые существенно выше, чем отечественные нормативы. Внесение азофоски предусматривало не подбор элементов агрохимии свеклы столовой и картофеля для повышения урожая и качества культур, а создание удобренного фона с целью получения рекогносцировочной информации о возможных механизмах снижения доступности растениям ТМ.

Площадь опытной делянки при посеве свеклы столовой – 7,2 м² (схема посева 37,5x8), картофеля – 45 м² (схема посадки 75x30). Защитные полосы составили 1 ряд, урожай учитывали сплошным методом. Повторность опыта трехкратная. Общее содержание ТМ в почвах определяли рентгенофлуоресцентным методом. Подвижные формы металлов в почве определяли 1 н. раствором аммонийно-ацетатного буфера (CH₃COONH₄) – ААБ рН 4,8. Пробы растений подвергали сухому озолиению при 450°С, остаток растворяли смесью концентрированных кислот HNO₃+HCl. Концентрацию ТМ в растениях определяли методом ААС [13-14].

Результаты исследований

В контрольном варианте содержание валовых и подвижных форм Cu, Zn и Pb соответствует фоновым значениям. При внесении в почву растворов солей ТМ увеличивалось содержание как валовых форм металлов, так и их подвижных соединений. По валовым формам ПДК превышено по всем исследуемым металлам (табл.1). Превышение ПДК по подвижной форме отмечено для Cu и Pb в варианте с внесением Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀. При совместном внесении в почву

Таблица 1. Содержание ТМ в почве вариантов опыта, мг/кг

Вариант опыта	Содержание в почве, мг/кг					
	Cu		Zn		Pb	
	вал	подв.ф.	вал	подв.ф.	вал	подв.ф.
Контроль	44	0,3	63	0,3	27	0,7
Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	126	6,3	154	19,3	114	7,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	138	5,7	160	17,2	124	6,4
НСР ₀₅	-	1,4	-	0,9	-	0,6
ПДК	55	3,0	100	23,0	30,0	6,0

ТМ с удобрением подвижность металлов снижалась. Достоверность снижения подтверждается лишь для Zn и Pb, что позволяет заключить, что внесение минеральных удобрений способствовало переходу внесенных в почву ТМ в более прочно связанное состояние. Следует отметить, что и на удобренном фоне содержание подвижных форм Cu выше ПДК почти в два раза. Содержание подвижных форм Pb в почве при внесении удобрений значительно снизилось, но несколько превышало

находилось в пределах допустимого уровня. Накопление Pb в корнеплодах свеклы и клубнях картофеля в варианте с внесением ТМ было не столь интенсивно по сравнению с Cu и Zn. Однако, содержание Pb, который относится к первому классу опасности, в корнеплодах свеклы и клубнях картофеля было выше предельно-допустимой концентрации. При совместном внесении ТМ с удобрениями содержание Cu, Zn и Pb снизилось ниже ПДК. Вероятно, увеличение обеспеченности

Таблица 2. Содержание ТМ в основной продукции, мг/кг

Вариант опыта	Содержание в корнеплодах, мг/кг					
	Cu		Zn		Pb	
	свекла	картофель	свекла	картофель	свекла	картофель
Контроль	2,5	4,7	2,7	3,6	0,4	0,3
Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	5,4	5,0	11,2	9,6	0,7	0,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	4,5	4,7	7,2	8,4	0,4	0,5
ПДК	5,0		10,0		0,5	

пороговые значения для почвы.

В опытах отмечено превышение ПДК Cu, Zn и Pb в основной продукции на варианте с внесением Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀ (табл.2). Так, внесение Cu в дозе 100 мг/кг почвы обеспечило накопление её в корнеплодах свеклы более чем в два раза по сравнению с контрольным вариантом. Увеличение содержания Cu в клубнях картофеля на этом уровне загрязнения было незначительным и не превысило допустимого санитарно-гигиеническими нормативами уровня. Содержание Zn в корнеплодах свеклы в варианте Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀ увеличилось в четыре раза и было выше ПДК. Накопление Zn клубнями картофеля на этом варианте почти в три раза превысило уровень содержания его в контроле, но

почвы элементами питания, с одной стороны, снижает подвижность ТМ в почве, с другой, вероятно, имеет место избирательность поглощения элементов из почвы растениями.

Таблица 3. Урожайность свеклы столовой и картофеля по вариантам опыта, т/га

Культура	Варианты опыта			
	Контроль	Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ Pb ₁₀₀	НСР ₀₅
Свекла столовая	25,4	21,5	22,3	1,9
Картофель	30,0	34,1	38,5	2,8

Литература

- Громакова Н.В., Котков П.П. Исследование действия суперфосфата двойного в технологически преобразованном придорожном агроценозе. В сборнике: «Молодые учёные в решении актуальных проблем науки». Материалы V Международной конференции. Совет молодых учёных и специалистов при Главе Республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-Алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. Владикавказ, 2014. – С.226-229.
- Бутов А.В., Боева О.Ю. Тяжёлые металлы и нитраты в клубнях картофеля в черноземной лесостепи // Достижения науки и техники АПК. 2013. – №8. – С.16-18.
- Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
- Гаплаев М.Ш., Пивоваров В.Ф., Надежкин С.М. Влияние удобрений и орошения на урожайность и качество корнеплодов свеклы столовой // Овощи России. – 2014. – №1 (22). – С.80-85.
- Подлесный Г.С., Бердников Д.И. Отзывчивость столовой свеклы на применение удобрений и другие агроприемы / Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства и козоводства. 2016. – Т.1. – №9. – С.152-155.
- Борисов В. А. Эффективное применение удобрений // Картофель и овощи. – 2014. – №2. – С.12-14.
- Мамонтова Ю.Е., Мамонтов А.Н., Муратов Д.Н., Стекольников Ю.А., Сотников Б.А. Тяжёлые металлы в почве, сахарной свекле и картофеле, производимых в Северо-Западной части Липецкой области. Альманах современной науки и образования. 2009. – № 5. – С.85-87.
- Ревич, Б.А. «Горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России / под ред. В.М. Захарова. – М.: Акрополь, Общественная палата РФ, 2007. – 192 с.
- Сokolov O.A., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1: Atlas распределения тяжёлых металлов в объектах окружающей среды. – Пушкин: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
- Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н. Проблемы изучения и оценки состояния здоровья населения // Гигиена и санитария. – 1994. – №8. – С.33-36.
- Маштыкова Л.Ю., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А., Минкина Т.М. Оценка содержания тяжёлых металлов в почвах агроландшафтов / В книге: «Техногенные системы и экологический риск» // Тезисы докладов международной (XIV региональной) научной конференции. Под общей редакцией А.А. Удаловой. 2017. – С.120.
- Бутов А.В., Боева О.Ю. Тяжёлые металлы и нитраты в клубнях картофеля в Черноземной зоне лесостепи // Достижения науки и техники АПК. 2013. – № 8. – С.16-18.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.

В целом следует отметить, что свекла в большей степени накапливала ТМ, чем картофель. По степени накопления корнеплодами металлы можно представить в ряд: Zn>Cu>Pb. Создание удобренного фона, даже ниже рекомендованных доз НРК для изучаемых культур, обеспечивало снижение содержания Cu, Zn и Pb в корнеплодах ниже ПДК на фоне их высокого содержания в почве.

Урожайность свеклы столовой и картофеля сильно варьировала по вариантам опыта. Так, в варианте Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀ существенно снизилась урожайность свеклы, что вероятно, обусловлено токсическим воздействием ТМ. В варианте N₆₀P₆₀K₆₀+Cu₁₀₀Zn₁₀₀Pb₁₀₀ возможно имели место антагонистические отношения макроэлементов и ТМ. В частности, избыточное содержание Pb в почве влечет за собой образование труднорастворимых фосфатов, что снижает не только накопление растениями металла, но и, как следствие, снижается доступность фосфора растениям. Урожайность картофеля была существенно выше контроля (табл. 3). Внесение удобрений совместно с ТМ способствовало увеличению урожайности картофеля. Этот факт может быть обусловлен тем, что в почву, характеризующуюся высоким агрофоном, вносили минеральное удобрение, а также Cu и Zn, которые являются физиологически важными микроэлементами. Для свеклы уровень урожайности был ниже, чем в контрольном варианте, что, вероятно, обусловлено токсическим воздействием на

Выводы

Внесение в почву Cu, Zn и Pb в дозе по 100 мг/кг способствовало накоплению металлов в корнеплодах свеклы столовой и картофеля, превышающему ПДК. Свекла в большей степени накапливала ТМ, токсичность которых снижала ее урожайность. При выращивании корнеплодов в техногенно преобразованных условиях картофель характеризуется достаточно высокой устойчивостью урожайности и не накапливает токсичные количества ТМ на удобренном фоне.