

УДК 502/504:631.46:549.25/28

**И. С. КОРОТЧЕНКО**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск

**ДЕКОНТАМИНАЦИЯ ПОЧВ,  
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

*В статье приводятся материалы по оценке детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами на примере показателей продуктивности моркови. В полевых условиях смоделировано загрязнение почв тяжелыми металлами в различных соотношениях. Поведение тяжелых металлов в системе почва-растение изучали в микрополевым опыте с концентрациями 5 ПДК (медь, кадмий, свинец) в различном их сочетании, а также с применением детоксикантов: неорганического – суперфосфат в количестве 3,75 г/кг, органического – гумат натрия – 0,15 г/кг, птичий помет – 15 г/кг, синтетического – катионит – 1,5 г/кг. Показано, что угнетение роста растений произошло в смесях тяжелых металлов в следующем порядке:  $Pb + Cu < Cd + Cu < Cd + Pb < Cd + Pb + Cu$ . Установлена достоверная эффективность применения мелиорантов: гумата натрия, птичьего помета, катионита на почвах с полиэлементным металлическим загрязнением, так как произошло увеличение показателей продуктивности моркови (длины ботвы, длины корнеплода, урожайности от 1,2 до 5,1 % по сравнению с контролем и образцами, выращенными без детоксикантов). Отмечается, что наиболее эффективные детоксиканты – органического и синтетического происхождения. Указывается, что применение агрохимических методов детоксикации должно учитывать особенности применяемых мелиорантов по отношению к тяжелым металлам, загрязняющим почву и их химические свойства. Разработка приемов детоксикации на избыточно загрязненных тяжелыми металлами почвах является необходимым мероприятием при выращивании на них сельскохозяйственных культур.*

*Тяжелые металлы (медь, кадмий, свинец), деконтаминация почв, мелиоранты, детоксиканты.*

*There are given materials in the article on assessment of decontamination of soils contaminated with heavy metals by the example of factors of carrot productivity. Under the field conditions contamination of soils with heavy metals is modelled in different correlations. Behavior of heavy metals in the system of soil-plant was studied in the microfield experiment with concentration 5 MPC (copper, cadmium, lead) in their different combination, as well as with usage of detoxicants: inorganic – superphosphate in the amount of 3,75 g/kg, organic – sodium humate – 0,15 g/kg, bird's dung – 15 g/kg, synthetic – cationite – 1,5 g/kg. It is shown that growth-inhibition of plants occurred in mixtures of heavy metals in the following order:  $Pb + Cu < Cd + Cu < Cd + Pb < Cd + Pb + Cu$ . There is established a reliable efficiency of ameliorators usage: sodium humate, bird dung, cationite on soils with polyelemental metal pollution because of the increase of indices of the carrot productivity (length of tops, length of root crop, productivity from 1,2 to 5,1 % in comparison with the control and standards grown without detoxicants). It is stated that the most efficient detoxicants are of organic and synthetic origin. It is pointed out that application of agrochemical methods of detoxication should take into account features of the applied ameliorants in relation to heavy metals contaminating the soil and their chemical properties. Development of detoxication methods on the soils excessively polluted with heavy metals is the necessary measure on growing agricultural crops on them.*

*Heavy metals (copper, cadmium, lead), soil decontamination, ameliorators, detoxicants.*

По вопросу рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение (деконтаминация) почвы от тяжелых металлов, которое проводится путем промывок, извлечения тяжелых металлов с помо-

щью растений, в результате удаления верхнего загрязненного слоя и другими способами.

Второй подход основан на закреплении тяжелых металлов в почве, переводе их в водонерастворимые и недоступные живым организмам формы.

Извлечь тяжелых металлов из почвы крайне трудно, поэтому основные усилия исследователей в решении вопроса рекультивации направлены на поиск приемов, снижающих концентрации в почве подвижных форм.

Перевод легкорастворимых соединений тяжелых металлов в труднорастворимую форму наблюдался в модельных опытах многих исследователей: в работе российских авторов при изучении транслокации тяжелых металлов, использовании доз минеральных и органических удобрений, извести и тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb) [1–4]. Установлено, что внесение удобрений и извести в почву увеличивало валовое содержание тяжелых металлов. По подвижности тяжелых металлов составили ряд:  $Cd > Zn > Cu > Pb$ . В других исследованиях при внесении разных доз извести, цеолитов и органических удобрений, с целью уменьшения отрицательного действия Cd, Zn, Pb в системе «почва–растение» и поступления их в корнеплоды (морковь, столовая свекла) установлена высокая эффективность извести по снижению содержания тяжелых металлов в корнеплодах [5]. Поскольку тяжелые металлы малоподвижны в почве, их удаление возможно с помощью хелатообразующих реагентов (например, ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота). При этом металлы переходят в лабильную форму и опускаются на уровень ниже корневой системы. Однако применение комплексообразующих реагентов приводит к загрязнению подземных вод [2].

В исследованиях Корнеллского университета (США) удалось путем внесения высоких доз органических удобрений (40...50 % от массы почвы) получить на сильно загрязненных свинцом почвах (до 3000 мг/кг) овощную продукцию, безопасную для здоровья человека (с содержанием свинца ниже предельно-допустимой концентрации (ПДК)) [6].

Таким образом, существуют различные приемы деконтаминации вредного воздействия тяжелых металлов на почву. Их использование направлено на предотвращение загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды путем внесения в почву различных химических веществ, способствующих превращению тяжелых металлов в недоступ-

ные для растений соединения.

Цель работы заключалась в оценке деконтаминации тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почвы на примере показателей продуктивности моркови (*Daucus carota* L.) сорта Марлинка.

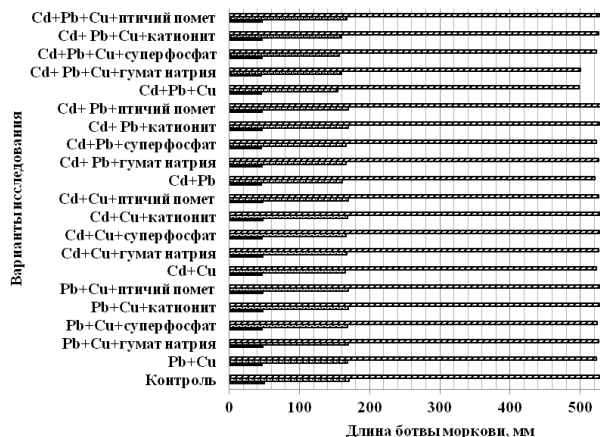
Поведение тяжелых металлов в системе «почва–растение» изучали в микрополевым опыте с концентрациями 5 ПДК (медь, кадмий, свинец) в различном их сочетании, а также с применением детоксикантов: неорганического (суперфосфат) в количестве 3,75 г/кг, органического (гумат натрия) – 0,15 г/кг, птичий помет – 15 г/кг, синтетического (катионит) – 1,5 г/кг.

Тяжелые металлы вносились в 0...20 см слой почвы в виде хорошо растворимых солей ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $(CH_3COO)_2Pb$ ,  $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$ ) в концентрации 5ПДК на чистый металл. Расчет концентраций проводили согласно данным ПДК [7]. После внесения свинца почва инкубировалась в течение 7 дней. Исследования проведены на опытном поле в Березовском районе Красноярского края. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным. Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

В течение всего вегетационного периода проводились наблюдения за развитием растений. Было взято 3 пробы через 30 дней, 60 дней и 90 дней. Для измерений бралось произвольно по 20 растений с опытной делянки. Измерялись длина ботвы растения, урожайность корнеплодов моркови.

Анализ высоты ботвы моркови в различные сроки вегетации показал (рисунки), что достоверно (уровень значимости  $p \leq 0,01$ ) лидировали образцы, с применением детоксикантов органического происхождения – это гумат натрия и птичий помет. Особенно эффективно они показали себя на таких смесях металлов, как Pb+Cu, Cd+Cu, на двух других – достоверно ( $p \leq 0,01$ ) ниже. Следует отметить, что по фитотоксичности смесей тяжелых металлов их можно расположить в следующий восходящий ряд:  $Pb + Cu < Cd + Cu < Cd + Pb < Cd$

+ Pb + Cu (рисунок). Предположим, что скорее всего на фоне свинца произошло увеличение транслокации кадмия, аналогичный эффект выявили А. И. Фатеев, Н. Н. Мирошниченко, В. Л. Самохвалова на примере редиса [8].



**Динамика воздействия полиэлементного загрязнения тяжелыми металлами на высоту ботвы моркови:** □ – 90 дней; ▨ – 60 дней; ■ – 30 дней

### Выводы

Установлено увеличение показателей продуктивности у моркови, выращенной на почвах, содержащих гумат натрия, птичий помет, катионит. Так выявлено достоверное ( $p \leq 0,01$ ) повышение показателей: длины ботвы, длины корнеплода, урожайности по сравнению с контролем и образцами выращенными без детоксикантов. Наблюдалось повышение следующих показателей: диаметр корнеплодов и выход стандартных корнеплодов, тоже достоверно, кроме вариантов – Pb + Cu + гумат натрия, Cd + Cu + гумат натрия, Cd + Pb + катионит, Pb + Cu + птичий помет, Cd + Cu + катионит, Cd + Pb + Cu + катионит, которые отличались от контроля недостоверно.

Проведя ранжирование вариантов по всем рассматриваемым признакам, можно сделать вывод, что выбранные авторами данного исследования детоксиканты повысили показатели продуктивности моркови при полиэлементном загрязнении. Наиболее эффективные детоксиканты имеют органическое и синтетическое происхождение.

Таким образом, в сельском хозяйстве широко используют различные ме-

роприятия по снижению поступления тяжелых металлов в растения. Однако применение агрохимических методов детоксикации должно учитывать особенности применяемых мелиорантов по отношению к тяжелым металлам, загрязняющим почву и их химические свойства. Разработка приемов детоксикации на избыточно загрязненных тяжелыми металлами почвах является необходимым мероприятием при выращивании на них сельскохозяйственных культур.

1. Гришина А. В., Иванова В. Ф. Транслокация тяжелых металлов и приемы детоксикации почв // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1997. – № 3. – С. 36–41.

2. Коротченко И. С., Кириенко Н. Н. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 250 с.

3. Раскатов А. В., Соколова С. А., Яшин И. М. Влияние применения навоза и известкования на миграцию и поглощение цинка и кадмия в супесчаной дерново-подзолистой почве // *Известия ТСХА*. – 1999. – № 3. – С. 84–98.

4. Derome J. Detoxification and amelioration of heavy metal contaminated forest soils by means of liming and fertilization // *Environ. Pollut.* – 2000. – Vol. 107, № 1. – P. 79–88.

5. Графская Г. А., Величко В. А. Эффективность мелиорантов на загрязненных тяжелыми металлами почвах // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1998. – № 1. – С. 37–38.

6. Kim J. Protecting vegetables against lead uptake // *Countryside*. – 1983. – v.67. – № 6. – P. 20.

7. Орлов Д. С., Малинина, М. С., Мотузова Г. В. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.

8. Фатеев А. И., Мирошниченко Н. Н., Самохвалова В. Л. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почвы // *Агрохимия*. – 2001. – № 3. – С. 57–61.

Материал поступил в редакцию 16.06.2014.  
Коротченко Ирина Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и естествознания,  
E-mail: kisaspi@mail.ru