

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛНОЦЕННОСТЬ МОРКОВИ (DAUCUS CAROTA), ВЫРАЩЕННОЙ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ**

*Работа посвящена оценке влияния загрязнения чернозема кадмием в дозе 5 ПДК и применения детоксикантов на примере показателей экологической безопасности и биологической полноценности моркови. Наиболее эффективные детоксиканты при выращивании моркови в условиях высокого уровня загрязнения почв кадмием – гумат натрия и птичий помет.*

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, кадмий, морковь, детоксиканты, катионит, суперфосфат, гумат натрия, птичий помет, экологическая безопасность, биологическая полноценность.

*I.S. Korotchenko, E.N. Eskova*

**ECOLOGICAL SECURITY AND BIOLOGICAL FULL VALUE OF THE CARROT (DAUCUS CAROTA), WHICH IS CULTIVATED IN THE SOILS, POLLUTED BY CADMIUM**

*The article is devoted to influence estimation of chernozem pollution by cadmium in the doze of 5 MCL and detoxicant application on the example of the parameters of carrot ecological security and biological full value. The most effective detoxicants in the process of carrot cultivation in the conditions of high level soil pollution by cadmium are sodium humate and bird dung.*

**Key words:** leached chernozem, cadmium, carrot, detoxicants, cationite, superphosphate, sodium humate, bird dung, ecological security, biological full value.

---

**Введение.** Почва как фактор окружающей среды может служить источником вторичного загрязнения подземных вод, атмосферного воздуха, сельскохозяйственной продукции. Загрязнение и последующая деградация почвы обусловлены либо локальным влиянием источника на почву, либо атмосферным переносом токсикантов в аэрозольной фазе [1].

При попадании тяжелых металлов в почву происходит трансформация их первичных форм, вертикальное и горизонтальное перераспределение, то есть начинается миграция. Способность металлов к миграции приводит к более быстрому поступлению к корневищам растений, попадая тем самым в пищевую цепочку «почва – растение – животное – человек».

Тяжелые металлы представляют опасность для живых организмов в различной степени. Более опасны тяжелые металлы первого класса опасности, такие как свинец, ртуть, кадмий [4].

Кадмий достаточно легко поступает из почвы и атмосферы в растения. По фитотоксичности и способности аккумулироваться в растениях в ряду тяжелых металлов он занимает первое место ( $Cd > Cu > Zn > Pb$ ). Токсичность кадмия для растений проявляется в нарушении активности ферментов, торможении фотосинтеза, нарушении транспирации, а также ингибировании восстановления  $NO_2$  до  $NO$ . Кроме того, в метаболизме растений он является антагонистом ряда элементов питания ( $Zn, Cu, Mn, Ni, Se, Ca, Mg, P$ ). У растений наблюдаются задержка роста, повреждение корневой системы и хлороз листьев.

Кадмий способен накапливаться в организме человека и животных, так как сравнительно легко усваивается из пищи и воды. Токсичное действие металла проявляется уже при очень низких концентрациях: ингибируется синтез ДНК, белков и нуклеиновых кислот, уменьшается активность ферментов, нарушается усвоение и обмен других микроэлементов ( $Zn, Cu, Se, Fe$ ), что может вызывать их дефицит [3].

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами вызывает тревогу, потому что оно многопланово снижает продуктивность растений, нарушает естественно сложившиеся фитоценозы, ассимиляционный потенциал фитомассы, ухудшает качество среды обитания человека, включая качество продукции и продуктов питания [7].

Большинство овощных культур возделывается на всей территории нашей страны на полях сельскохозяйственных предприятий, на дачных и приусадебных участках и относятся к продуктам частого потребления. Поэтому качество овощной продукции является актуальным вопросом на сегодняшний день.

**Цель исследований.** Оценка влияния загрязнения чернозема кадмием в дозе 5 ПДК и применения детоксикантов на показатели экологической безопасности и биологической полноценности моркови.

**Объекты и методы исследований.** В качестве модельного объекта исследования выбрана морковь (*Daucus Carota*) сорта Марлинка. Данный сорт растения включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Оригинатор – ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия.

Исследования проводились на базе лаборатории кафедры экологии и естествознания и Испытательного центра по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов при ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет».

Поведение кадмия в системе «почва-растение» изучали в вегетационно-полевом эксперименте. Кадмий вносился в 0–20 слой почвы в виде  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  в концентрации 5 ПДК по фону  $\text{N}_{40}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$ . Расчет концентрации проводили согласно данным ПДК [2]. Одновременно, согласно схеме опыта, вносились детоксиканты: гумат натрия в количестве 0,15 г/кг, 0,3 г/кг; суперфосфат – 3,75 г/кг, 7,5 г/кг; катионит – 1,5 г/кг, 3 г/кг; птичий помет – 15 г/кг, 30 г/кг. Почва на опытном участке имеет следующую характеристику: гумус – 7,7%;  $\text{pH}_{\text{КСИ}}$  – 7,5; гидролитическая кислотность – 6,3 мг-экв/100 г почвы; сумма обменных оснований – 42 мг-экв/100 г; подвижный фосфор – 300 мг/кг; обменный калий – 150 мг/кг; ЕКО – 57,6 мг-экв/100 г почвы. Полевые эксперименты проведены в 2011 году на опытном поле в с. Зыково (Берёзовском районе Красноярского края). Содержание тяжелых металлов в образцах почвы и растениях определялся атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре (ААС) «Спектр-5». Анализ проводился в соответствии с ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Извлечение подвижной формы тяжелых металлов из почвы проведено ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по методу Крупского-Александровой. При анализе биохимического состава моркови определяли: общие сухие вещества – методом высушивания до постоянной массы (ГОСТ 28561-90), содержание редуцирующих сахаров в корнеплодах – по Бертрану [6], нитраты – фотометрически (ГОСТ 29270-95), витамины: каротин (ГОСТ 8756.22-80), С (ГОСТ 24556-89), РР (ГОСТ РР 50479-93-89). Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

**Результаты исследований и их обсуждение.** При оценке влияния модельного загрязнения почвы кадмием в концентрации 5 ПДК на экологическую безопасность растительной продукции установлено, что без использования детоксикантов (контрольный вариант) наблюдалось превышение ПДК кадмия в корнеплодах моркови в 3,3 раза (табл. 1).

Использование детоксикантов позволило уменьшить ( $P \leq 0,01$ ) аккумуляцию кадмия в корнеплодах моркови. Наибольшую эффективность показали гумат натрия и птичий помет. При их внесении в двойных дозах морковь отвечала гигиеническим требованиям. Менее эффективным среди мелиорантов оказался суперфосфат. При его использовании в двукратной дозе (7,5 г/кг почвы) содержание кадмия в корнеплодах моркови уменьшилось в 1,5 раза.

Таблица 1

**Влияние детоксикантов на содержание кадмия в корнеплодах моркови**

Варианты исследования		Содержание кадмия в корнеплодах моркови, мг/кг
Детоксикант	Дозы внесения детоксиканта, г/кг почвы	
Гумат натрия	0,15	<b>0,074±0,01*</b>
	0,3	<b>0,029±0,004*</b>
Суперфосфат	3,75	<b>0,092±0,005*</b>
	7,5	<b>0,039±0,006*</b>
Катионит	1,5	<b>0,087±0,01*</b>
	3,0	<b>0,035±0,004*</b>
Птичий помет	15	<b>0,082±0,003*</b>
	30	<b>0,027±0,005*</b>
Фон+5Cd		<b>0,114±0,006</b>
Фон		<b>0,012±0,005</b>
ПДК#		0,03

\* – значения, достоверно отличающиеся от контроля (фон+5Cd), при  $P \leq 0,01$ .

Загрязнение почвы кадмием оказало негативное воздействие и на биологическую полноценность растительной продукции, в частности на биохимические характеристики корнеплодов моркови. Подобный отрицательный эффект на биохимические характеристики растений выявляли и другие исследователи [5].

Так, при внесении в почву 5 ПДК кадмия в корнеплодах моркови по сравнению с фоном достоверно уменьшилось ( $P \leq 0,01$ ) содержание сухого вещества на 15,5%, сахаров на 17,1%, каротина на 5,4%, витамина С на 5,5%, витамина РР на 17,2%, а содержание нитратов увеличилось на 5,5% (табл. 2).

Применение детоксикантов позволило улучшить биохимические характеристики растительной продукции. Так, содержание изучаемых характеристик по сравнению с контролем (Фон+5Cd) увеличилось ( $P \leq 0,01$ ) при применении двойных доз гумата натрия и птичьего помета на 13,8 и 27,7% (витамин РР); 0,7 и 6,6% (витамин С); 6,8% и 8,1% (каротин); 21,5 и 23,5% (сахара); 10,2 и 16,3% (сухое вещество) соответственно. Также все исследуемые детоксиканты, кроме катионита, способствовали нивелировке негативного действия кадмия в отношении снижения количества нитратов в корнеплодах моркови.

Под воздействием двойных доз катионита и суперфосфата по сравнению с контролем (Фон+5Cd) увеличилось ( $P \leq 0,01$ ) содержание: сухого вещества на 4,9 и 3,9%; сахаров – 1,9 и 18,6%; каротина – 1,2 и 4,6%; витамина РР – 1,2 и 18,6% соответственно.

Таблица 2

## Влияние кадмия и его детоксикантов на биологическую полноценность корнеплодов моркови

Фон+5Cd	Фон+5Cd + Детоксикант							
	Гумат натрия		Суперфосфат		Катионит		Птичий помет	
	Доза детоксиканта, г/кг почвы							
	0,15	0,3	3,75	7,5	1,5	3,0	15	30
Сухое вещество (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 11,6±0,05), %								
9,8 ±0,05*	10,6 ±0,05*	10,8 ±0,05*	10,4 ±0,05*	10,6 ±0,04*	10,4 ±0,05*	10,7 ±0,02*	10,8 ±0,05*	11,4 ±0,05
Сахара (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 12,3±0,05), %								
10,2 ±0,05*	10,6 ±0,05*	12,4 ±0,05	10,6 ±0,05*	12,1 ±0,04	10,5 ±0,05*	10,4 ±0,02*	10,7 ±0,04*	12,6 ±0,03*
Каротин (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 9,2±0,04), мг/100г								
8,7 ±0,04*	8,9 ±0,04*	9,3 ±0,05*	8,8 ±0,05*	9,1 ±0,05	8,5 ±0,05*	8,8 ±0,04*	9,2 ±0,04	9,4 ±0,05*
Витамин С (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 14,4±0,07), мг/100г								
13,6 ±0,04*	13,7 ±0,04*	13,7 ±0,05*	13,5 ±0,02*	13,8 ±0,03*	13,4 ±0,02*	13,5 ±0,03*	13,8 ±0,03*	14,5 ±0,02*
Витамин РР (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 0,87±0,006), мг/100г								
0,72 ±0,005*	0,78 ±0,003*	0,82 ±0,005*	0,77 ±0,002*	0,82 ±0,002*	0,73 ±0,003*	0,73 ±0,003*	0,81 ±0,004*	0,92 ±0,002*
Нитраты (фон $N_{40}P_{50}K_{50}$ – 108±0,29), мг/кг								
114 ±0,40*	109 ±0,24	107 ±0,24	109 ±0,48	108 ±0,24	112 ±0,17*	111 ±0,24*	109 ±0,24	108 ±0,24

\* – значения, достоверно отличающиеся от контроля (фона), при  $P \leq 0,01$ .

Таким образом, в результате исследования выявлено, что при выращивании моркови сорта Марлинка на искусственно загрязненных почвах кадмием в дозе 5 ПДК происходит снижение биохимических показателей. При использовании детоксикантов: гумата натрия, суперфосфата, катионита, птичьего помета – отме-

чено положительное действие на исследуемые биохимические показатели моркови. Также применение детоксикантов позволяет снизить содержание нитратов в корнеплодах моркови и получить экологически безопасную и биологически полноценную продукцию.

### Выводы

1. Загрязнение почвы кадмием оказало негативное воздействие на экологическую безопасность и биологическую полноценность моркови, что выразилось в превышении содержания кадмия в корнеплодах моркови в 3 ПДК, а также в уменьшении содержания сухого вещества на 12,1%; сахаров на 17,1%; каротина на 5,4%; витамина С на 6,2%; витамина РР на 19,1%.

2. Использование детоксикантов позволило улучшить биохимические характеристики растительной продукции и получить корнеплоды моркови, отвечающие гигиеническим требованиям при использовании гумата натрия и птичьего помета в дозах 0,3 и 30 г/кг почвы соответственно.

### Литература

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – Введ. 2006–01–04. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
3. Коэффициенты ассоциации и активность ионов кадмия и свинца в почвенных растворах / *А.П. Ендовицкий* [и др.] // Почвоведение. – 2009. – №2. – С.218–225.
4. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. *Котлярова О.Г., Лицуков С.Д.* Влияние тяжелых металлов на урожайность и качество картофеля // Достижения науки и техники АПК. – 2003. – № 8. – С. 10–12.
6. *Плешков Б.П.* Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1985. – 255 с.
7. *Рейли К.* Металлические загрязнения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 183 с.

