

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПОЛИЭЛЕМЕНТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ

Коротченко И.С.

ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

Красноярский край является лидером в России по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, его выбросы ежегодно составляют 10-12% суммарных объемов выбросов в России в целом. Наиболее крупными загрязнителями всех природных компонентов, особенно атмосферы, в городе Красноярске являются ОАО «Красноярский алюминиевый завод», ТЭЦ -1, ТЭЦ - 2, ТЭЦ - 3, ОАО «Красэнерго», завод «СиВиНит», ЦБК и другие

Суммарное выпадение вредных веществ на территорию г. Красноярска составило 994 т/км². Из общей площади 128,8 тыс. га пригородных районов г. Красноярска накопление тяжелых металлов в почвах сельхозугодий занимают площади: цинка - 34 тыс. га, свинца - 56, меди - 29, кадмия - 26, кобальта - 19 и мышьяка - 5 тыс. га [2].

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, за которыми обязательны наблюдения во всех средах, в том числе и почвах. Многие металлы, в том числе медь, цинк, являются микроэлементами, почти все из них при повышенных концентрациях могут стать токсичными для организмов.

Цель настоящей работы - выявление особенностей миграции свинца, кадмия и меди в вегетационно-полевых условиях при выращивании моркови сорта Марлинка.

Объекты и методы

Исследования проведены на опытном поле в с. Зыково (Берёзовском районе Красноярского края). Почва на опытном участке имеет следующую характеристику: гумус – 7,7%, рН – 7-8, подвижный фосфор - 300 мг/кг, обменный калий - 150 мг/кг. Тяжелые металлы вносились в 0-20 слой почвы в виде хорошо растворимых солей: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 1–5 ПДК. Расчет концентраций проводили согласно данным ПДК.

Уровень загрязнения в вегетационно-полевых условиях создавался в соответствии с таковым в выбранных естественных объектах с учетом фонового содержания (табл. 1).

Таблица 1 – Уровень, создаваемого загрязнения чернозема выщелоченного

| Pb+Cu | | Cd+Cu | | Pb+Cd | | Pb+Cd+Cu |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|----------|
| Уровень ПДК | Концентрация, мг/кг | Уровень ПДК | Концентрация, мг/кг | Уровень ПДК | Концентрация, мг/кг | |
| 1 | 32 | 1 | 55 | 1 | 0,5 | |
| 2 | 64 | 2 | 110 | 2 | 1,0 | |
| 3 | 96 | 3 | 165 | 3 | 1,5 | |
| 4 | 128 | 4 | 220 | 4 | 2,0 | |
| 5 | 160 | 5 | 275 | 5 | 2,5 | |
| ПДК* | 32 | | 55 | | 0,5 | |

*Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Утв. главным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 07. 02. 1999 г. Введены 05. 04. 1999 г.

После внесения тяжелых металлов и детоксикантов почва инкубировалась в течение 7 дней. В сентябре, после уборки урожая, с каждой делянки была отобрана средняя проба почвы из верхнего слоя толщиной 0-5 см. В этих образцах определяли содержание ТМ атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре (ААС) «Спектр-5» в соответствии с ГОСТом 30178-96. Извлечение подвижной формы тяжелых металлов из почвы проведено ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 по методу Крупского-Александровой [3].

Для получения информации о миграции ТМ в системе «почва-растение» использовали систему относительных показателей, предложенную В.Б. Ильиным (1979), в которой учитывается валовое содержание элементов – загрязнителей и количество их подвижной формы в почве.

1. Показатель накопления элемента в изучаемой почве:

$$\sum Z^п = \frac{\text{Валовое количество элемента в изучаемой почве}}{\text{Валовое количество элемента в контрольной почве}}$$

2. Показатель активного загрязнения почвы:

$$\sum Z_a^п = \frac{\text{Количество подвижной формы элемента в изучаемой почве}}{\text{Количество подвижной формы элемента в контрольной почве}}$$

3. Показатель общего загрязнения растений (с учетом поверхностного загрязнения):

$$\sum Z^р = \frac{\text{Количество элемента в органе изучаемых растений}}{\text{Количество элемента в органе контрольных растений}}$$

4. Показатель защитных возможностей почвы (почвенный барьер):

$$B^п = \frac{\text{Показатель активного загрязнения}}{\text{Показатель накопления}}$$

Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

Результаты исследований

Уровни содержания ТМ в почвах зависят от окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств последних, водно-теплового режима и геохимического фона территорий. При природно-климатической характеристике района исследований, было обнаружено, что начало вегетационного периода в 2010 году было более засушливое, чем в 2009, это в дальнейшем отразилось на содержании валовых и подвижных форм ТМ в почве, следовательно, и в корнеплодах моркови. В 2009 году примерно на 20% меньше содержание ТМ, чем в 2010 году. Подобные результаты выявляли и другие исследователи [4,5]. Это можно объяснить тем, что, скорее всего, почвенная и воздушная засуха, ослабляя растения, значительно снижает толерантность к ТМ: токсичное действие последних начинает проявляться при значительно меньших концентрациях. Иными словами, в засушливые годы защитные механизмы системы «почва-растение» работают менее эффективно, чем при оптимальном гидротермическом режиме, и выращиваемые культуры обогащаются ТМ.

Внесение водорастворимых солей кадмия, свинца и меди повышает валовое содержание этих элементов в черноземе выщелоченном. Содержание кадмия, свинца и меди в почве увеличилось в 5–6 раз в сравнении с контрольным вариантом, с фоновым вариантом – в 11, 18, 23 соответственно раза. При внесении повышенных доз ТМ содержание токсикантов превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК) в 5 раз, ориентировочно-допустимую концентрацию (ОДК) – в 1–2 раза.

Особенно важным является определение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве как более доступных для растений, так и наиболее опасных. В наших экспериментах установлено, что концентрация подвижной формы металлов в почвах зависит от дозы их внесения. Содержание подвижного кадмия варьировало от 0,01 мг/кг до 2,13 мг/кг, при этом относительное его содержание (% от валового), как показали расчеты, изменялось от 10% в контроле до 52,3% при высоком уровне загрязнения почвы. Для свинца содержание подвижных форм составляло от 1,02 (контроль) до 44,8 мг/кг; доля подвижных форм данного элемента при уровнях загрязнения 1–5 ПДК составляла 11,7 – 27,5% от валового содержания. Содержание подвижной меди с увеличением уровня загрязнения изменялось от 3,1 мг/кг до 54,4 мг/кг, относительное его содержание в среднем не превышало 19,5 %. По степени подвижности элементов в условиях полевого опыта металлы в убывающем ряду можно расположить следующим образом: Pb > Cu > Cd.

Морковь по-разному реагирует на загрязнение чернозема выщелоченного ТМ. При увеличении содержания ТМ в почве происходит и некоторое повышение их концентраций в корнеплодах растений моркови. Превышение ПДК по свинцу в корнеплодах моркови составило от 1,16 до 1,42 ПДК, кадмия – 1 – 9 ПДК, меди – от 1,17 до 2,41 ПДК. Более низкое накопление свинца в корнеплодах моркови объясняется слабой подвижностью этого элемента. Кадмий же сравнительно быстро поглощается и перемещается в растения. Подобную аккумуляцию в овощные культуры наблюдал Е.И. Волошин (2000).

Показатели накопления исследуемых тяжёлых металлов в почве и в растениях характеризовались одинаковой направленностью. Для свинца, кадмия и меди с повышением уровня загрязнения все коэффициенты повышались по сравнению с вариантом внесения элементов в дозе 1 ПДК (табл. 2). Показатели накопления ТМ в почве и в растениях имеют максимальные значения при загрязнении кадмием на уровне 2,5 мг/кг почвы.

Таблица 2 – Относительные показатели, характеризующие процессы миграции в системе «почва–морковь»

| Уровень загрязнения | Показатели | | | |
|---------------------|------------|--------------|------------|-------|
| | $\sum Z^п$ | $\sum Z_a^п$ | $\sum Z^р$ | $B^п$ |
| Pb1ПДК | 0,40 | 0,64 | 0,57 | 1,27 |
| Pb2ПДК | 0,45 | 0,70 | 0,63 | 1,68 |
| Pb3ПДК | 0,50 | 0,77 | 0,76 | 1,91 |
| Pb4ПДК | 0,71 | 0,86 | 0,86 | 1,92 |
| Pb5ПДК | 0,73 | 0,90 | 0,95 | 0,95 |
| Cu1ПДК | 0,31 | 0,66 | 1,76 | 1,01 |
| Cu2ПДК | 0,35 | 0,71 | 1,16 | 2,03 |
| Cu3ПДК | 0,44 | 0,76 | 1,21 | 1,24 |
| Cu4ПДК | 0,61 | 0,75 | 0,96 | 1,50 |
| Cu5ПДК | 0,65 | 0,66 | 1,00 | 2,48 |
| Cd1ПДК | 0,71 | 0,80 | 0,60 | 1,02 |
| Cd2ПДК | 0,75 | 0,85 | 0,70 | 1,16 |
| Cd3ПДК | 0,78 | 0,90 | 0,80 | 1,26 |
| Cd4ПДК | 0,83 | 0,92 | 0,88 | 1,33 |
| Cd5ПДК | 0,91 | 0,97 | 0,94 | 1,52 |

Таким образом, внесение ТМ (Pb, Cu, Cd) в чернозем выщелоченный в дозах 1–5 ПДК приводит к резкому повышению содержанию их валовых и подвижных форм в почве, а также происходит повышение их концентраций в корнеплодах растений моркови.

При изучении системы показателей загрязнения ТМ в системе «почва–растения», на примере «чернозем–морковь», выявлено, что наиболее токсичным и подвижным является кадмий, в отличие от свинца и меди.

Список литературы

1. Волошин, Е. И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях / Е.И. Волошин // Агротехнический вестник. - 2000. - № 3. - С. 23-26.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2006 год» - Красноярск, 2007 - 232с.
3. Ермохин, А.И. Руководство по оценке загрязнения объектов окружающей природной среды химическими веществами и методами их контроля / А.И. Ермохин, Л.П. Рихванов, Е.Г. Языков. – Томск: изд. ТПУ, 1995. – 96с.
4. Ильин, В.Б. Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожай культурных растений / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш. //Агротехника, 1985. №6. 90-100.
5. Purves D. Trace–element contamination of the environment/ Amsterdam – Oxford – New York, 1977.