

# **ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАДМИЯ НА РАЗВИТИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА**

Скрипникова Марина Константиновна

к.с.-х.н., доцент, Мичуринский ГАУ, г. Мичуринск, Россия

Скрипникова Елена Владимировна

к.с.-х.н., доцент, ТГУ имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия.

Аннотация: Ионы кадмия оказывают токсическое действие на семена ре-дуса и огурца, которое проявляется в снижении процента прорастания семян, ослаблении развития растений, снижении отдельных показателей фотосинтети-ческой активности листьев.

Ключевые слова: кадмий, развитие растений, прорастание семян, фото-синтетическая активность листьев

## *Введение*

Растения растут и развиваются при разных условиях часто неблагоприятных для их роста. Факторы, отрицательно влияющие на растения, могут впоследствии оказаться крайне вредными для человека, который употребляет растительную продукцию. В значительной степени это касается тяжёлых металлов, в том числе кадмия. Кадмий – металл, токсичный для человека. Среднее содержание кадмия в почве – 0,07-1,1 мг/кг. При этом фоновые уровни кадмия в почвах, по-видимому, не превосходят 0,5 мг/кг, и более высокие значения свидетельствуют об антропогенном загрязнении, что на землях сельскохозяйственного назначения может быть связано с неправильным внесением фосфорных удобрений [9]. Для человека и животных кадмий является кумулятивным ядом, поэтому загрязнение почв кадмием рассматривается как серьёзная опасность для здоровья человека.

Целью нашего исследования явилось выявление устойчивости отдельных овощных культур к действию ионов кадмия на ранних этапах онтогенеза.

## *Литературный обзор*

Считается, что кадмий не входит в число необходимых для растений элементов, однако он эффективно поглощается как корневой системой, так и листьями, при этом почти во всех случаях наблюдается линейная корреляция между содержанием кадмия в растительном материале и в среде обитания [14]. Растения способны поглощать кадмий из почвы, воды, воздуха. Механизмы поступления и переноса кадмия в растениях аналогичны переносу двухвалентных ионов цинка, кальция, железа. В растениях кадмий локализуется, главным образом, в корнях и в меньших количествах – в узлах стеблей, черешках и главных жилках листьев, т.е. в надземной части. Основной путь транспорта – апопластный, лишь незначительная часть ионов транспортируется по симпласту с помощью специфических белков – переносчиков, способных транспортировать двухвалентные ионы через цитоплазматические мембраны (плазмалемму и тонопласт) [10].

Поглощение растениями кадмия зависит от ряда факторов: генотипа растения [11], рН почвенного раствора, и почвы [6], окислительно-восстановительного потенциала почвы и её минерального состава [2].

Важное биохимическое свойство ионов кадмия – их сильное сродство к сульфгидрильным группам некоторых соединений, за счёт чего они могут нарушать синтез цистеина и метионина. Доказано, что кадмий концентрируется в протеиновой фракции растений, способен замещать цинк в метаболических процессах, который необходим для работы около 100 различных ферментов, поэтому токсичность кадмия связывают с нарушением энзиматической активности клетки. Токсичная концентрация для разных видов растений колеблется в пределах 5-10 мкг/г. У растений чувствительность к кадмию неодинакова [13].

Обработка растений солями кадмия подавляет образование антоциана и хлорофиллов в их листьях [8]. Видимые симптомы, вызванные повышением содержания кадмия в растениях, – это задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев, красно-бурая окраска их краев и жилок. Фитотоксичность кадмия проявляется в торможении фотосинтеза, нарушении транспирации и фиксации  $\text{CO}_2$ , изменении проницаемости мембран [3].

#### *Методика проведения исследований*

Объектами изучения являлись семена огурца сорта «Надежда» и редиса сорта «Розово-красный с белым кончиком».

В качестве источника кадмия был взят нитрат кадмия.

Опыты с семенами каждого вида растения проводили по следующей схеме: 1 вариант – замачивание семян в нитрате кадмия 0,1% концентрации в течение 3 часов; 2 вариант – замачивание семян в нитрате кадмия 0,3% концентрации в течение 3 часов; 3 вариант – замачивание семян в нитрате кадмия 0,5% концентрации в течение 3 часов; 4 вариант – замачивание семян в нитрате кадмия 1% концентрации в течение 3 часов; 5 вариант – замачивание семян в воде в течение 3 часов (контроль).

Проращивание семян проводили во влажной камере при температуре 20°C. Процент прорастания опытных семян определяли через 6 дней после нахождения их во влажной камере.

По каждому варианту опыт проводился в 6 повторениях.

В качестве показателей жизнеспособности определяли: процент прорастания семян, отдельные характеристики медленной индукции флуоресценции хлорофилла: максимальную флуоресценцию, индекс жизнеспособности, коэффициент фотосинтетической активности[6].

Для оценки медленной индукции флуоресценции хлорофиллаиспользовали хлорофилл-флуориметр LPT-4CV-05020, обеспеченный компьютерной программой регистрации и обработки характеристик кривой Каутского [1]. Для получения средних значений МИФ по каждому варианту опыта брали первые настоящие листья.

Результаты опытов обрабатывали методом однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа [5].

#### *Результаты исследования*

Результаты опытов по воздействию ионов кадмия на прорастание семян показали, что все концентрации ионов кадмия оказывают угнетающий эффект на прорастание семян, о чём свидетельствует снижение процента прорастания семян в опытных вариантах по сравнению с контролем (таблица 1). При этом различия между первым и вторым вариантом и для семян редиса, и для семян огурца математически не подтвердились, тогда как различия между всеми остальными вариантам статистически достоверны.

*Таблица 1*

Влияние  $Cd(NO_3)_2$  на прорастание семян редиса сорта «Розово-красный с белым кончиком» и огурца сорта «Надежда»

Вариант/ Концентрация $Cd(NO_3)_2$	Прорастание семян редиса, %	Прорастание семян огурца, %
I / 0,1%	42%	67%
II / 0,3%	38%	63%
III / 0,5%	29%	53%
IV/ 1%	12%	26%

V/ контроль (вода)	96 %	93%
--------------------	------	-----

Отрицательное действие иона кадмия проявлялось не только в снижении числа проросших семян, но и в значительных нарушениях в развитии проростков. Через 10 дней после прорастания семян в 3 и 4 варианте зона роста корня приобретала темную окраску и стекловидность. Растения редиса в 4 варианте через 20 дней погибали (пожелтение и засыхание листьев, отмирание корневых волосков) В третьем варианте растения сильно отставали в росте по сравнению с контролем, но у 50% проросших семян даже началось образование корнеплода. Растения из проросших семян 1 и 2 вариантов развивались с незначительным отставанием по сравнению с контролем.

У огурца развитие проростков в 4 варианте через 20 дней после прорастания семян замедлялось за счёт резкого снижения показателей фотосинтетической деятельности. В 1 и 2 вариантах развитие проходило практически на уровне контроля, но показатели медленной индукции флуоресценции хлорофилла свидетельствовали о снижении эффективности работы активного центра II фотосистемы даже в 1 варианте. У огурца максимум флуоресценции в контроле через 20 дней после прорастания семян в среднем составлял 90,547, индекс жизнеспособности 7,675, коэффициент фотосинтетической активности 0,738, тогда как при воздействии низкой концентрации нитрата кадмия (0,1%) средняя величина этих показателей была 70,543, 5,748, 0,572 соответственно. При воздействии на семена 1% концентрации угнетение фотосинтетической активности было ещё заметнее: средняя величина показателей – 65,020, 4.252, 0,425 соответственно. Учитывая, что метод оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла демонстрирует неспецифическую реакцию фотосинтетического аппарата на действие факторов среды [12] наличие различий в работе фотосинтетического аппарата через длительный промежуток времени после воздействия ионов кадмия на семена свидетельствует о длительном токсическом действии этого металла на растения.

### *Выводы*

В результате обработки семян редиса сорта «Розово-красный с белым кончиком» и семян огурца сорта «Надежда» различными концентрациями нитрата кадмия установлено, что ионы кадмия оказывают токсическое действие на семена редиса и огурца, которое проявляется в снижении процента прорастания семян, ослаблении развития растений, снижении отдельных показателей фотосинтетической активности листьев.

Отрицательное действие ионов кадмия зависит от их концентрации. Чем выше концентрация – тем тяжелее последствия.

Чувствительность к ионам кадмия у семян неодинакова. Семена редиса оказались более чувствительными по сравнению с семенами огурца.

Ионы кадмия, воздействуя на зародыш во время прорастания семени, оказывают не только прямое краткосрочное, но и отсроченное токсическое действие.

### **Список литературы.**

1. Будаговская, О.Н. Комплексная диагностика состояния растений / Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. // Научные основы эффективности садоводства. – Мичуринск, 2006. – С. 101-111.
2. Власюк, П.А. Использование микроэлементов в сельском хозяйстве украинской ССР / П.А. Власюк // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Киев, 1968. – С. 6 - 21.
3. Володько, И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / И.К. Володько. – Минск: Наука и техника, 1983. – 192 с.
4. Диогенов, Г.Г. Самородные металлы и неметаллы / Г.Г. Диогенов // Химия. – 1990. - № 11. – С. 11 – 16.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб.—М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с,
6. Колосов, И.И Поглощительная деятельность корневых систем растений. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 388 с.
7. Корнеев, Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д.Ю. Корнеев. — Киев, 2002. — 191 с
8. Лебедева, Л.А. Некоторые аспекты влияния микроэлементов на активность пероксидазы / Л.А. Лебедева, Г.Г. Пальм, Ф.Г. Рахимова. — Казань, 1977. — С. 16 – 22.
9. Микроэлементы в обмене веществ растений / Под ред. П.А. Власюка. — Киев: Наукова думка, 1976. — 208 с.
10. Мурзабаев, А.Р. «Защитные механизмы растений в ответ на токсическое действие ионов кадмия» / А.Р.Мурзабаев, М.В. Безрукова, Ф.М.Шакирова // Агрoхимия, 2014, №10, с.83 -93.
11. Новицкая, Ю.Е. Влияние предпосевного намачивания семян в растворах микроэлементов на урожай и внутренние процессы у растений / Ю.Е. Новицкая // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. — Рига, 1956. — С. 247 - 254.
- 12.. Скрипникова, М.К. Использование метода оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла для характеристики холодостойкости отдельных плодовых культур / М.К.Скрипникова, Е.В. Скрипникова, А.М. Чиркин// «Современное садоводство»: электронный журнал. — 2013, № 2.
13. Титов, А.Ф. Устойчивость растений к кадмию (на примере семейства злаков): учебное пособие / А.Ф. Титов // Институт биологии Карельского научного центра РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. — 55 с.
14. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. — Л.: Наука, 1974. — 324 с.

# INFLUENCE OF CADMIUM IONS ON THE DEVELOPMENT OF SPECIFIC TYPES OF PLANTS AT THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS

Skripnikova Marina Konstantinovna

Ph.D., Associate Professor, Michurinsk State University, Michurinsk, Russia

Skripnikova Elena Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, TSU named after G.R. Derzhavin, Tambov, Rus-

sia. Abstract

Cadmium ions have a toxic effect on the seeds of radish and cucumber, which manifests itself in a decrease in the percentage of seed germination, weakening the development of plants, reducing individual indicators of photosynthetic activity of leaves.

Keywords

Cadmium, plant development, germination of seeds, photosynthetic activity of leaves