

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА ОДНОЛЕТНИМИ ДЕКОРАТИВНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛЫ

Ягдарова О. А.

ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1), e-mail: [berdniko1984@mail.ru](mailto:berdniko1984@mail.ru)

В статье приводятся результаты изучения накопления свинца в почве и вегетативных органах некоторых однолетних декоративных растений в условиях г. Йошкар-Олы. Показано, что пригородная, селитебная и промышленные зоны характеризуются неодинаковым содержанием свинца в поверхностном слое почв. Проанализированы изменения содержания Pb в листьях и корневой системе на протяжении всего онтогенеза у астры китайской, циннии изящной и бархатцев прямостоячих в различных по степени антропогенной нагрузки районах города. Наибольшая концентрация металла в почвенных образцах и вегетативных органах растений была отмечена в промышленной зоне. Кроме того, установлена видовая специфичность вегетативными органами *Callistephus chinensis*, *Zinnia elegans* и *Tagetes erecta*. Отмечено, что астра китайская обладала наибольшим содержанием ионов Pb как в ассимиляционных органах вида, так и в корневой системе.

Ключевые слова: городская среда, почва, тяжелые металлы, свинец, астра китайская, цинния изящная, бархатцы прямостоячие, онтогенез.

## FEATURES OF ACCUMULATION OF LEAD ONE-YEAR ORNAMENTAL PLANTS IN THE COURSE OF ONTOGENEZ IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF IOSHKAR-OLA

Yagdarova O. A.

*Mari state university, Ioshkar-Ola, Russia (424000, Ioshkar-Ola, Lenin Square, 1), e-mail: [berdniko1984@mail.ru](mailto:berdniko1984@mail.ru)*

In article results of studying of accumulation of lead are given in vegetative bodies of some one-year ornamental plants in the conditions of Ioshkar-Ola. Changes of the maintenance of Pb in leaves and root system throughout everything ontogenezes at an *Callistephus chinensis*, *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta* in various on degree of anthropogenous loading districts of the city are analysed. It is shown that suburban, selitebny and industrial zones are characterized by the unequal content of lead in underground and elevated bodies at the studied plants. Concentration of metal in land and underground spheres at plants was noted by the greatest in an industrial zone. Besides, specific specificity is established by vegetative bodies of *Callistephus chinensis*, *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta*. It is noted that the aster Chinese possessed the greatest maintenance of ions of Pb<sup>2+</sup> both in assimilatory bodies of a look, and in root system.

Key words: urban environment, soil, heavy metals, lead, *Callistephus chinensis*, *Zinnia elegans*, *Tagetes erecta*, ontogeny.

### Введение

Свинец относится к наиболее распространенным металлам в поверхностном слое почв. Для Pb характерно четко выраженная тенденция к накоплению в почве, что связано с малоподвижностью ионов даже при низких значениях pH, так как данный элемент удерживается слоем гумуса и слабо мигрирует в почвенном покрове [9]. Свинец также обнаружен в каждом растении, но он не относится к жизненно-важным элементам; в достаточно небольших количествах он повышает уровень крахмала, ускоряет прорастание семян [1, 8]. Содержание ионов Pb в растениях составляет примерно 5 мг/кг, а концентрация

элемента выше 10 мг/кг сухого вещества уже токсична для большинства видов травянистых растений.

Рядом авторов установлено легкое поглощение растениями таких ионов, как Cd, Br, Cs, в то время как Pb медленнее других тяжелых металлов поступает в растения и транспортируется в наземные органы [1, 7]. Разные виды растений обладают неодинаковой способностью накапливать свинец, что широко применяется для снижения неблагоприятного воздействия на городские фитоценозы и использования их в качестве перспективных аккумулянтов-фиторемедиантов.

**Цель** исследований заключалась в изучении содержания свинца в поверхностном слое городских почв и вегетативных органах однолетних декоративных растений, выращенных в различных по степени антропогенной нагрузки районах г. Йошкар-Олы.

#### **Материал и методы исследования**

Объектами исследования служили однолетние декоративные растения, представители семейства Сложноцветные, наиболее часто используемые в озеленение города Йошкар-Олы: бархатцы прямостоячие (*Tagetes erecta* L.), цинния изящная (*Zinnia elegans* Jacq.) и астра китайская (*Callistephus chinensis* L., Nees). Исследования проводились в различных по степени антропогенной нагрузки районах г. Йошкар-Олы: пригородная зона – п. Руэм (условно чистый район, контроль), селитебная зона города – ул. Я. Эшпая (район с низким уровнем загрязнения), промышленная зона города – ОКТБ «Кристалл» (район со средним уровнем загрязнения). Выбор районов основывался на данных химического анализа атмосферного воздуха и почвы, которые были проведены на базе Маргеомониторинга и на данных Ежегодного доклада о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл [4].

Определение содержания свинца в почвенных и растительных образцах проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии [3, 5]. Содержание ионов Pb рассчитывали в миллиграммах на килограмм сухой массы (мг/кг). Статистическую обработку проводили с помощью программы «STATISTIKA 6.0», достоверность различий обсуждалась при 5 % уровне значимости.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Как показали результаты нашей работы (рис. 1) содержание свинца в пробах почвы пригородной зоны не превышало санитарно-гигиенического ПДК (6 мг/кг) и составило 5,64 мг/кг. По мере усиления антропогенной нагрузки концентрация ионов Pb в почвенных образцах увеличивалась, и в селитебной зоне было выявлено превышение ПДК в 2 раза. Наибольшим содержанием металла обладал поверхностный слой почвы в промышленной зоне ( $23,7 \pm 0,20$  мг/кг), что в 4 раза было выше по сравнению с предельно допустимой концентрацией ( $p < 0,05$ ).

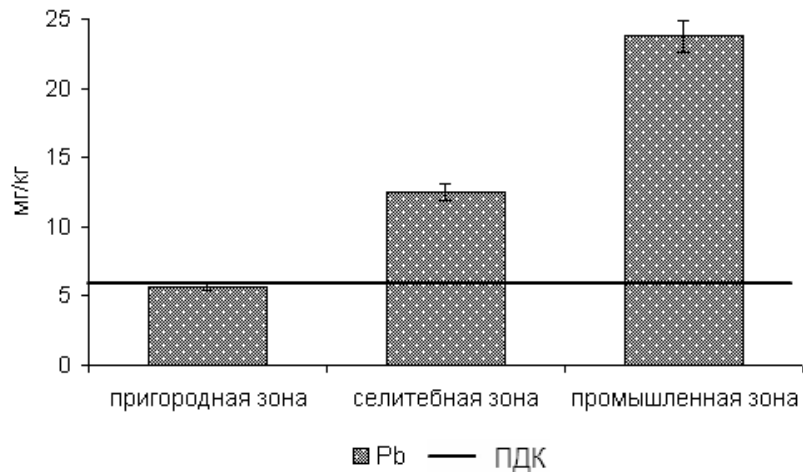


Рис. 1. Содержание свинца в почве г. Йошкар-Олы

В работах, проводимых другими исследователями на территории г. Йошкар-Олы, отмечалось, что содержание свинца в почве промышленной зоны превышало санитарно-гигиеническую ПДК по свинцу в 2,3 раза. Содержание свинца в почвенных образцах в контрольной зоне (лесопарк «Сосновая роща») было ниже предельно допустимой концентрации [2].

В ходе нашей работы изучались также особенности аккумуляции свинца, процессы его передвижения по растению и накопление в вегетативных органах декоративных растений в различных по степени антропогенной нагрузки районах города. В результате исследований, проведенных в пригородной зоне (рис. 2), содержание свинца в листьях и корневой системе изученных однолетних декоративных растений было небольшое и не превышало 1 мг/кг.

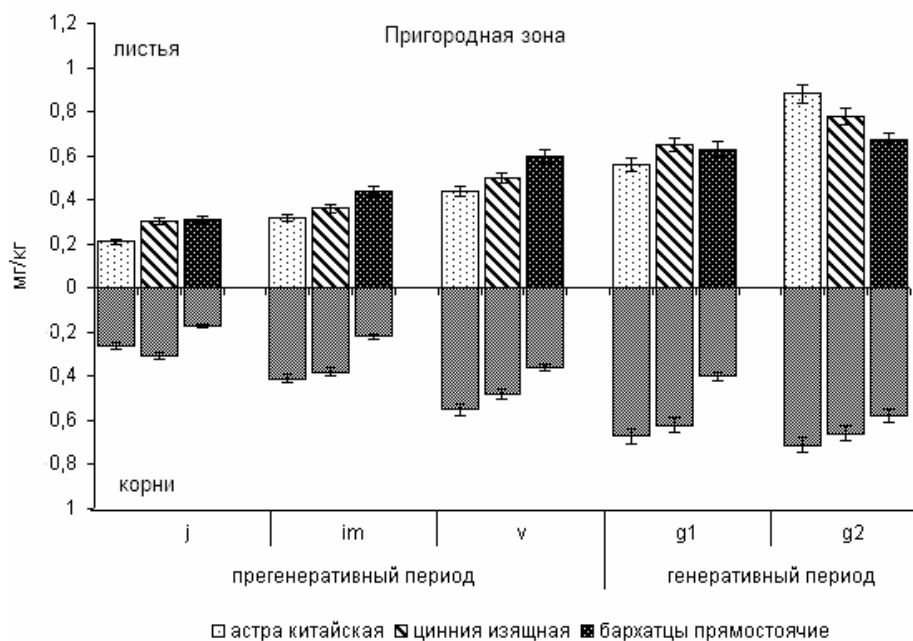


Рис. 2. Содержание Pb в вегетативных органах декоративных растений в процессе онтогенеза (условно чистый район, контроль)

По мере роста растений содержание Pb постепенно увеличивалось, и наибольшая концентрация металла приходилась на особи астры китайской в листьях средневозрастного генеративного онтогенетического состояния ( $g_2$ ) ( $0,9 \pm 0,04$  мг/кг).

Если сравнивать содержание свинца в листьях и корнях изученных растений, то наибольшее содержание элемента было характерно для ассимиляционных органов. Самая низкая концентрация металла приходилась на прегенеративный период особей бархатцев прямостоячих в корнях ( $0,17-0,22$  мг/кг), что почти в 2 раза было ниже по сравнению с астрой китайской и циннией изящной ( $p < 0,05$ ).

В зависимости от вида растений содержание свинца может значительно варьироваться. Причем для культурных и декоративных растений чаще всего характерно более низкое накопление металла, по сравнению с дикорастущими видами тех же семейств. Кроме того, разные виды растений, а также сорта одного вида различаются по способности накапливать элемент даже при одной и той же их концентрации в почве [7]. На накопление ионов свинца оказывает влияние также и возраст растений.

В селитебной зоне (рис. 3) наибольшей металлоаккумулирующей способностью по отношению к свинцу на протяжении всего индивидуального развития обладали особи астры китайской. В листьях в прегенеративном периоде концентрация элемента у особей ювенильного онтогенетического состояния астры китайской была почти в 3,5 раза выше ( $p < 0,05$ ) по сравнению с циннией изящной и бархатцами прямостоячими.

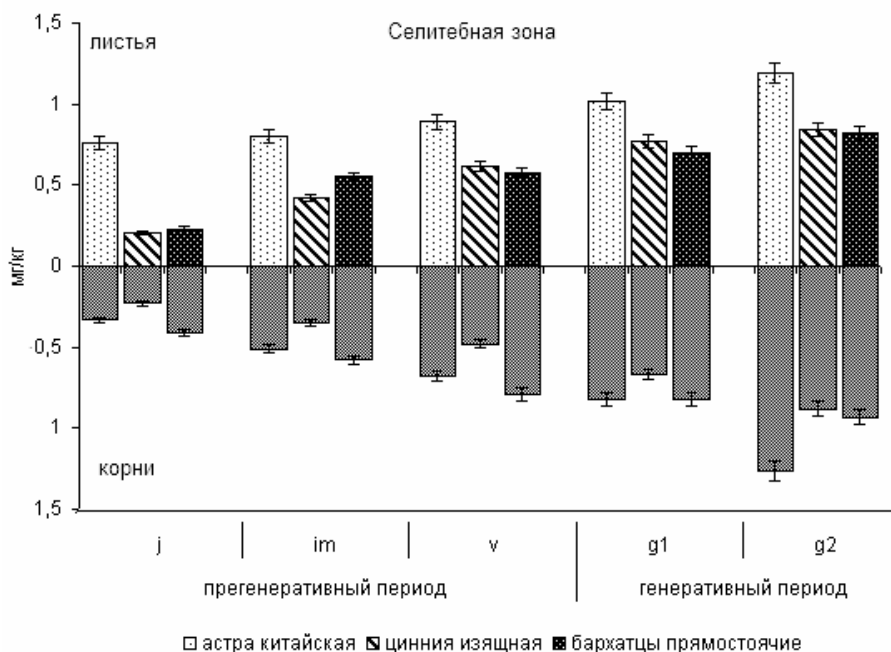


Рис. 3. Содержание Pb в вегетативных органах декоративных растений в процессе онтогенеза (район с низким уровнем загрязнения)

В корневой системе у декоративных растений в прегенеративном периоде наблюдались иные особенности: низкое содержание свинца в корнях было характерно для

особей циннии изящной, а наибольшая концентрация Pb приходилась на средневозрастные генеративные особи бархатцев прямостоячих. В генеративном периоде наибольшее накопление свинца было характерно для астры китайской ( $1,3 \pm 0,09$  мг/кг). Если сравнивать накопление элемента в листьях и корнях, то можно сделать следующие выводы: в прегенеративном периоде для ювенильных и имматурных особей декоративных растений характерно наибольшее содержание свинца в ассимиляционных органах и низкое содержание в корневой системе. При переходе растений в генеративный период онтогенеза, содержание элемента не изменялось как в листьях, так и в корнях изученных видов.

Рассматривая особенности накопления свинца в промышленной зоне (рис. 4), можно проследить сходные закономерности: максимальной концентрирующей способностью ионов Pb обладали вегетативные органы астры китайской как в прегенеративном, так и в генеративном периоде. Содержание свинца в листьях и корневой системе у бархатцев прямостоячих и циннии изящной была несколько ниже. Ювенильные и виргинильные растения циннии изящной характеризовались наибольшей концентрацией металла в ассимилирующих органах, чем в корневой системе. У ювенильных особей бархатцев прямостоячих, наоборот, наибольшее содержание свинца было характерно для корней.

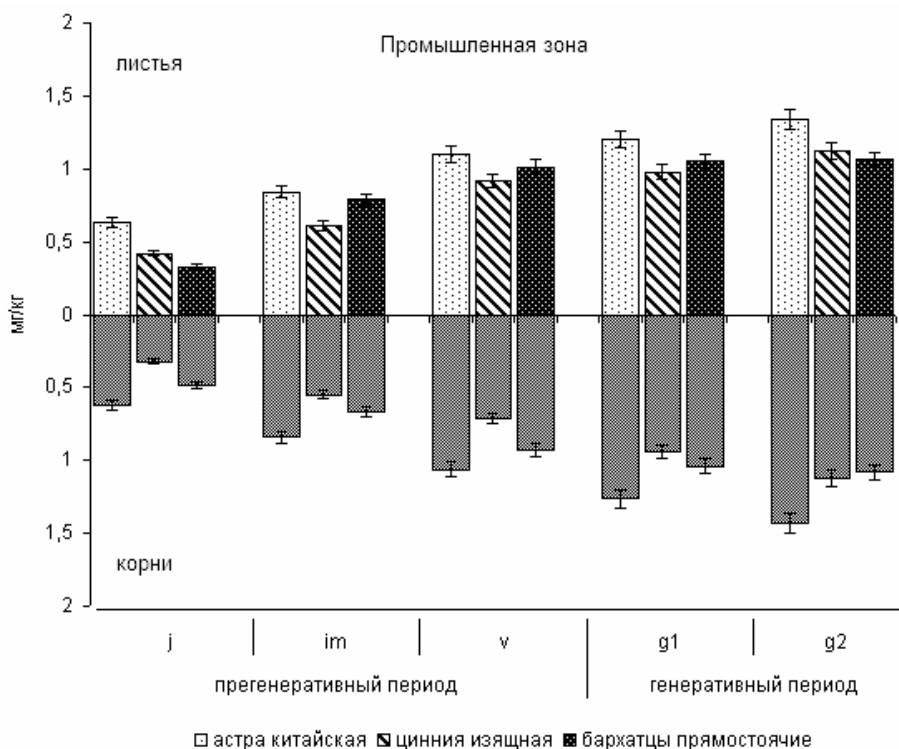


Рис. 4. Содержание Pb в вегетативных органах декоративных растений в процессе онтогенеза (район со средним уровнем загрязнения)

В исследованиях Р. Р. Ивановой [6], проведенных на территориях г. Йошкар-Олы, также была прослежена тенденция увеличения содержания свинца у травянистых растений, произрастающих в районах с различной степенью антропогенной нагрузки. Так, у злаков в

придорожной полосе улиц содержание свинца увеличивалось до 24–25 %, что было статистически достоверно по сравнению с контролем ( $0,86 \pm 0,006$  мг/кг;  $p < 0,05$ ).

Доля внекорневого поступления свинца в растения зависит от концентрации металла в воздушной среде и осадках, анатомо-морфологических особенностей листьев растений и других факторов. При этом было показано, что Pb, в отличие от некоторых других металлов, при незначительных концентрациях плохо проникает в лист и почти не передвигается в нем, так как барьером для него выступает эпидермис и особенно кутикула. Кроме того, способность листьев поглощать элемент также зависит от анатомических особенностей: чем сильнее опушенность или шероховатость листовой пластинки, тем интенсивнее поступает в них металл из воздуха. Для разных элементов характерна неодинаковая эффективность вымывания. Свинец по сравнению с кадмием легко удаляется атмосферными осадками с поверхности листа [8].

Таким образом, накопление свинца в вегетативных органах декоративных растений увеличивалось по мере загрязнения окружающей среды, но находилось на нижней границе ПДК (0,21–1,43 мг/кг). При переходе особей из прегенеративного периода в генеративный происходило также увеличение концентрации металла в листьях и корневой системы. По количеству содержания свинца однолетние декоративные растения семейства Сложноцветных образуют следующий ряд: *Callistephus chinensis* > *Zinnia elegans* > *Tagetes erecta*.

### **Заключение**

Таким образом, результаты работы показали, что в г. Йошкар-Ола условно чистой является пригородная зона: содержание ионов свинца в почве было самым низким. В селитебной и промышленных зонах отмечалось превышение санитарно-гигиенической ПДК в 1,1–2,2 раза. В связи с различной способностью городских почв к накоплению металла, полученные данные позволяют обнаружить степень антропогенного влияния на содержание свинца в почвенном покрове города. Кроме того, установлена видовая специфичность накопления свинца вегетативными органами астры китайской, циннии изящной и бархатцами отклоненными. Наибольшей металлоаккумулирующей способностью по отношению к свинцу во всех изученных местообитаниях отличались особи астры китайской. У особей бархатцев прямостоячих и циннии изящной содержание свинца на протяжении всего индивидуального развития практически не изменялось. При сравнении особенностей накопления свинца ассимилирующими органами и корневой системой у декоративных растений прослеживается следующая тенденция. Наибольшая концентрация ионов Pb в корнях декоративных растений в процессе онтогенеза была характерна для селитебной и промышленной зон, а для пригородной зоны максимальным содержанием свинца обладали

листья растений. Результаты нашей работы показали, что у декоративных растений, произрастающих в различных по степени загрязнения районах г. Йошкар-Олы, содержание свинца находилось в пределах санитарно-гигиенического ПДК (11 мг/кг). Однако по мере увеличения загрязнения окружающей среды (селитебная и промышленная зоны) происходило увеличение содержания металла в вегетативных органах на протяжении всего индивидуального развития растений.

*Работа выполнена при поддержке НИР № 5.8479.2013 «Экологический мониторинг и прогнозирование состояния урбанизированных и природных популяций растений» в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2013–2015 гг. Работа поддержана федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы. Номер соглашения 14.V37.21.1111 по теме «Экологические аспекты функционального состояния растений в условиях городской среды».*

### Список литературы

1. Башмаков Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 236 с.
2. Воскресенская О. Л. Динамика содержания тяжелых металлов в *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata* (Poaceae) и *Trifolium pratense* (Fabaceae) / О. Л. Воскресенская, М. Г. Половникова // Растительные ресурсы. – Т. 45, Вып. 1. – СПб.: Наука, 2009. – С. 77-85.
3. ГОСТ 17.4.3.01. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометиздат, 1981. – С. 9-33.
4. Ежегодный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл за 2010 год. – Йошкар-Ола, Департамент экологической безопасности, природопользования и защиты населения Республики Марий Эл, 2011. – 190 с.
5. Ермаченко Л. А. Атомно-абсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях: методическое пособие. – Чебоксары: Чувашия, 1997. – 207 с.
6. Иванова Р. Р. Оценка состояния окружающей среды по содержанию тяжелых металлов в почве и растительности города / Р. Р. Иванова. – Научный журнал КубГАУ. – № 81(07), 2012. – С. 171-180.
7. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 440 с.
8. Титов А. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен. – Петрозаводск: Карельский научный центр, 2007. – 172 с.
9. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию / Г. Фелленберг. – М.: Мир, 1997. – 232 с.

### Рецензенты:

Винокурова Р. И., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой химии ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.  
Самарцев В. Н., доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией Молекулярной биоэнергетики ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола.