

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Научная статья

Швец Н.И.¹, Сидорова К.А.^{2,*}, Драгич О.А.³, Юрина Т.А.⁴, Матвеева А.А.⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sidorova[at]gausz.ru)

Аннотация

Качество продукции, как результирующее метаболических и регуляторных процессов в растениях, более чувствительно к нарушению сбалансированной обеспеченности их элементами питания (N, P, K) и микроэлементами. Безопасность продукции обусловлена присутствием в ней химических элементов в количествах, не превышающих установленные для человека и животных уровни потребления. Существенную важную роль в протекании всех физиологических и биохимических процессов, даже на уровне отдельно взятой клетки, играет содержание в почве питательных веществ. При проведении исследований и анализе полученных данных установлено, что наибольшим содержанием Fe обладали свекла обыкновенная и картофель, что составило $6,82 \pm 0,81$ и $2,67 \pm 0,17$ мг/кг соответственно. В луке репчатом содержание Fe почти в 2 раза меньше, чем в свекле и в 1,4 раза меньше, чем в моркови. Содержание Mn в культурах варьировало в больших пределах (от $0,45 \pm 0,15$ до $12,75 \pm 1,15$ мг/кг).

Ключевые слова: исследование, продукция, овощи, химические элементы, содержание, территория, анализ.**STUDY OF CHEMICAL ELEMENTS IN VEGETABLE PRODUCTS OF URBAN AND RURAL AREAS**

Research article

Shvets N.I.¹, Sidorova K.A.^{2,*}, Dragich O.A.³, Yurina T.A.⁴, Matveeva A.A.⁵^{1, 2, 3, 4, 5} State Agrarian University of Northern Trans-Urals, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (sidorova[at]gausz.ru)

Abstract

Product quality, as a result of metabolic and regulatory processes in plants, is more sensitive to the disruption of a balanced supply of their nutritional (N, P, K) and trace elements. The safety of products is determined by the presence in them of chemical elements in amounts not exceeding the established levels of consumption for humans and animals. An essential role in the course of all physiological and biochemical processes, even at the level of a single cell, is played by the content of nutrients in the soil. When conducting research and analysis of the data obtained, it was found that the highest Fe content was in common beets and potatoes, which was 6.82 ± 0.81 and 2.67 ± 0.17 mg/kg, respectively. In onions, the Fe content was almost 2 times lower than in beets and 1.4 times lower than in carrots. Mn content in crops varied within a large range (from 0.45 ± 0.15 to 12.75 ± 1.15 mg/kg).

Keywords: study, products, vegetables, chemical elements, content, territory, analysis.**Введение**

Для полноценной жизнедеятельности организма необходимы безопасная высококачественная пища и благоприятная экологическая среда. Агроценоз формирует определенную, необходимую для человека биопродукцию, которая характеризуется не только продуктивностью, но и показателями качества, которые зависят от уровня плодородия почв, одной из характеристик которого является сбалансированное для фитоценоза соотношение макро- и микроэлементов [2], [8].

Качество продукции, как результирующее метаболических и регуляторных процессов в растениях, более чувствительно к нарушению сбалансированной обеспеченности их элементами питания (N, P, K) и микроэлементами. Безопасность продукции обусловлена присутствием в ней химических элементов в количествах, не превышающих установленные для человека и животных уровни потребления [7].

Баланс необходимых макро- и микроэлементов в почве имеет важное значение.

Многочисленными исследованиями было установлено, что растения могут усвоить любой элемент из почвы, если он находится в растворимой и доступной для корневой системы, форме. Этот процесс зависит от показателя кислотности почвы (рН). Так, например, при уровне рН менее 5,5 (слабокислые и кислые почвы) такие элементы как медь, цинк, марганец и железо хорошо доступны для усвоения растениями. И наоборот, при рН равном 7 и выше (нейтральная и щелочная реакция почвы) медь, марганец, молибден, железо, цинк становятся малоподвижными и переходят в неусвояемую форму, накапливаясь в почве в виде тяжелых металлов [1], [12].

Чаще всего, ТМ аккумулируются в почве благодаря внесению большого количества пестицидов для уничтожения или прекращения развития насекомых, клещей, бактерий, вирусов, спор грибов, сорной растительности. При поступлении в почву токсичные элементы трансформируются. При бесспорной пользе и экономической эффективности пестицидов в защите растений имеется ряд негативных последствий, что связано с загрязнением окружающей среды, включая продукты питания человека и увеличение контакта с ними сельскохозяйственных животных, это может стать причиной острых и хронических отравлений [4].

Уровень содержания ТМ в растениях, величина их урожая, химический состав и технологические показатели с различной степенью коррелируют с содержанием ТМ в почве. Поэтому важной задачей является нормирование токсических веществ в почве, которая имеет свои специфические особенности. При разработке ПДК ТМ в почве применяются данные об их валовом содержании. Этот принцип нашел наибольшее распространение. А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас (1989) приводят данные различных авторов о валовом содержании ТМ в поверхностном слое почв, которое считается предельным по фитотоксичности [5].

В условиях антропогенного прессинга накопление ТМ в кормовых и овощных культурах часто достигает уровня, оказывающего вредное влияние на организм человека и животных [6].

Существенную важную роль в протекании всех физиологических и биохимических процессов, даже на уровне отдельной клетки, играет содержание в почве питательных веществ. Особую реакцию растительные организмы проявляют на недостаток макро- и микроэлементов, а также на превышение уровней токсических загрязнений, оказывающих негативное влияние на рост и развитие растениеводческой продукции [3], [11].

Методы и принципы исследования

При проведении исследований были использованы методы системного анализа, инструментальные методы оценки химического загрязнения, методы статистического анализа.

Подготовка и минерализация проб осуществлялись по следующим методикам:

ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. - М.: Стандартинформ;

ГОСТ 31218-2003 (ISO 6498:1998) Межгосударственный стандарт. Корма, комбикормовое сырье. Подготовка испытуемых проб;

ГОСТ 32343-2013 (ISO 6869:2000) Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, марганца, магния, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии. [10]

Содержание токсичных элементов и тяжелых металлов - на Атомно-абсорбционном спектрометре ContrAA 300 и пакета программ.

Лабораторные исследования в 2017 г. были проведены в условиях Лаборатории ИНИЦ Южно-Уральского ГАУ г. Троицк, Челябинской области, в последующие года в лаборатории Агробиотехнологического центра ГАУ Северного Зауралья. Согласно общепринятым методикам, были отобраны образцы овощных культур: морковь посевная – *Daucus carota L.*, свекла обыкновенная – *Beta vulgaris L.*, картофель – *Solanum tuberosum L.*, лук репчатый – *Allium cepa L.*, выращенных на приусадебных участках городских и сельских территорий без учета внесения минеральной подкормки.

Основные результаты

При проведении исследований определялись химические элементы в *моркови посевной*, а анализируя уровень Mn, Fe, Cu и Co, можно заключить, что концентрации данных элементов были не велики и колебались в пробах *моркови посевной* в незначительных пределах. Содержание Mn варьировало от $0,6 \pm 0,15$ до $5,81 \pm 0,35$ мг/кг, Fe находилось в пределах от $1,02 \pm 0,17$ до $5,32 \pm 0,39$ мг/кг, а Co скорее проявлял следовые концентрации менее 0,01 мг/кг. При этом уровень Cu с установленной допустимой концентрацией равной 5,0 мг/кг, достигал максимум $2,09 \pm 1,12$ мг/кг, что составило 0,42 допустимого уровня.

Системный анализ на основе корреляции для исследуемых элементов в корнеплодах *моркови*, выращенных на участках городских территорий в большинстве случаев показал прямую среднюю и сильную связь исследуемых элементов с подвижными формами металлов в почвах. Также выявлена закономерность обратной корреляционной связи Mn в корнеплодах *моркови посевной* с подвижной формой Fe ($r=-0,5$), Co ($r=-0,42$), и прямую сильную с Cd ($r=0,65$).

На величину концентрации Fe в корнеплодах при корреляционном анализе, обратное влияние оказывали большинство исследованных подвижных форм элементов: Zn ($r=-0,89$), Ni ($r=-0,7$), Cr ($r=-0,56$), а содержание Co зависело от концентраций подвижных Mn ($r=0,85$) и Ni ($r=0,99$).

В корнеплодах *моркови* корреляционная зависимость содержания микроэлементов выглядела следующим образом: Zn положительно коррелировал с Ni ($r=0,98$), Cd ($r=0,99$) и Cr ($r=0,54$), и находился в обратной зависимости с Pb ($r=0,98$) и Cu ($r=0,95$). Также отмечалась прямая связь Mn с Pb ($r=0,99$) и Cu ($r=0,99$). Сопоставляя полученные данные по содержанию исследуемых микроэлементов в корнеплодах *свеклы обыкновенной*, отмечено, что концентрации Mn и Fe отличались большей величиной и диапазоном. Так, высокая концентрация Mn выявлена в корнеплодах *свеклы* сельских территорий, где их количество достигло $12,67 \pm 0,76$ мг/кг. Также в данных пробах отмечалось высокое содержание Fe – до $6,82 \pm 0,81$ мг/кг. Большое количество Fe содержится и в *свеклы*: до $5,31 \pm 0,55$ мг/кг в корнеплодах, выращенных на городских территориях [9].

При проведении корреляционного анализа было установлено, что содержание элементов в корнеплоде зависело от количества их подвижных форм в почве ($r=0,36-0,98$). Наибольшими связями с подвижными формами среди исследуемых элементов обладали Fe ($r=0,98$) и Cu ($r=0,89$). Содержание элементов в корнеплодах *свеклы* также тесно коррелировало с подвижными формами других ТМ. Так, Mn растений находился в сильной прямой связи с подвижными Zn ($r=0,98$), Ni ($r=0,91$), Pb ($r=0,87$) и Cu ($r=0,77$). А Cu коррелировала с обратной связью: Fe ($r=-0,76$), Ni ($r=-0,93$) и Cd ($r=-0,79$).

В растениеводческой культуре взаимосвязь исследуемых элементов проявлялась в средней и сильной степени корреляционных связей друг с другом. Следует отметить, что на величину Fe в растении влияло содержание Ni ($r=0,99$) и Cd ($r=0,98$), а Co находился в обратных корреляционных связях с Cd ($r=-0,42$), Cr ($r=-0,75$) и Pb ($r=-0,76$).

На следующем этапе наших исследований был определен уровень микроэлементов в клубнях *картофеля*, выращенных на территориях с разной антропогенной нагрузкой.

Нами установлено, что концентрации Cu во всех исследуемых пробах не превышали допустимого уровня (5,0 мг/кг) и находились в пределах $0,43 \pm 0,07 - 1,66 \pm 0,21$ мг/кг, что составило 33 % от допустимой величины. Количество Mn варьировало от $0,45 \pm 0,15$ мг/кг до $6,25 \pm 0,32$ мг/кг, самая высокая концентрация Mn выявлена в корнеплодах *картофеля*, в городских территориях. Концентрации Fe в пробах колебались в небольших пределах: $1,36 \pm 0,18 - 2,67 \pm 0,17$ мг/кг и максимальное содержание его выявлено в пробах *картофеля* из г. Тюмень (городская местность).

В большем количестве проб *картофеля* содержание Co не было обнаружено, при этом максимальная его концентрация составила $0,05 \pm 0,019$ мг/кг в корнеплодах городских территорий.

Проведение корреляционного анализа выявило закономерность влияния на концентрации данных микроэлементов в культуре *картофеля* подвижных форм элементов в почве. Наибольшая связь с подвижной формой элемента обнаружена у Cu и Co ($r=0,97$ и $r=0,96$ соответственно), в культурах, выращенных на городских территориях.

Кроме того, исследуемые микроэлементы коррелировали и с другими подвижными формами ТМ. Выявлены прямые связи концентрации Mn с подвижными Zn ($r=0,86$), Cd ($r=0,96$) и Co ($r=0,91$), а также Fe коррелировало с Pb ($r=0,82$).

При помощи корреляционного анализа установлено, что интенсивной взаимосвязью между собой обладают концентрации элементов в корнеплоде *картофеля*: Fe находилось в обратной связи с содержанием Mn ($r=-0,68$) и прямой зависимостью от Ni ($r=0,93$) и Co ($r=0,91$). При этом величина Co в картофеле на всех исследуемых участках зависела от концентрации Cr ($r=0,58-0,98$). Также установлено, что концентрации Cr находились в обратной связи с Cd ($r=-0,89$), Cu ($r=-0,91$) и Mn ($r=-0,64$).

При определении концентраций микроэлементов Mn, Fe, Cu и Co в луковицах *лука репчатого*, выращенных на городских и сельских территориях, получены данные, которые позволили охарактеризовать содержание Cu как референсное, не превышающее допустимой концентрации (5,0 мг/кг). При этом максимальное количество Cu было обнаружено в пробах *лука репчатого*, отобранного с городских участков и составило $0,45 \pm 0,14$ мг/кг. В сельских территориях концентрации Cu в луковицах меньше в 2 – 5 раз (до $0,17 \pm 0,03$ мг/кг).

Концентрации других элементов находились в пределах: Mn – $0,54 \pm 0,11 - 1,75 \pm 0,30$ мг/кг, Fe – $1,74 \pm 0,21 - 3,78 \pm 0,35$ мг/кг и Co менее 0,01 мг/кг.

Проведенный корреляционный анализ показал, что величина концентрации элементов в *луке репчатом* находились в прямой средней степени связи от содержания подвижных форм элемента в почве. Максимальными корреляционными связями данного вида, для изучаемых территорий, обладали Mn ($r=0,65-0,72$) и Cu ($r=0,84-0,87$).

Кроме того, для концентрации тяжелых металлов в растениях *лука репчатого* было характерно влияние их друг на друга. Так, на содержание Mn оказывали влияние Zn ($r=0,62$) и Cd ($r=-0,98$), а Fe коррелировало с Cr ($r=0,57$) и Zn ($r=-0,72$).

Заключение

Таким образом, при проведении исследований и анализе полученных данных установлено, что наибольшим суммарным содержанием Fe обладали *свекла* и *картофель*, что составило $6,82 \pm 0,81$ и $2,67 \pm 0,17$ мг/кг соответственно. В *луке репчатом* содержание Fe почти в 2 раза меньше, чем в *свекле* и в 1,4 раза меньше, чем в *моркови*. Суммарное содержание Mn в культурах варьировало в больших пределах (от $0,45 \pm 0,15$ до $12,75 \pm 1,15$ мг/кг).

Максимальная общая концентрация Co – $0,18 \pm 0,095$ мг/кг была выявлена в пробах *свеклы* и $0,095 \pm 0,035$ мг/кг в *моркови* на участках городских территорий. Для остальных проб овощных культур, характерно невысокое содержание Co, не превышающее 0,01 мг/кг.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ториков В.Е. Экологическая безопасность продукции растениеводства / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Г.П. Малявко и др. - Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2012. – 98 с.
2. Кадермас И.Г. Экологическая токсикология / И.Г. Кадермас, А.В. Синдирева - Омск : Издательский центр Кан, 2021. - 80 с.
3. Сидорова К.А. Распространение свинца и его влияние на организм / К.А. Сидорова, А.В. Галковская, Н.И. Ахшиятова // Сборник материалов Научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых «Новый взгляд на развитие аграрной науки». – Тюмень, 2021.
4. Швец Н.И. Исследование состава микрофлоры ОСВ городских очистных сооружений в зависимости от сроков их хранения. / Н.И. Швец, К.А. Сидорова, Т.А. Юрина и др. // Московский экономический журнал. – 2021. – № 9.
5. Драгич О.А. Эколого-физиологическая особенность некоторых микроэлементов и их концентрация в растительных продуктах. / О.А. Драгич, Н.И. Швец, А.В. Букин и др. // Серия конференций ИОР: Материаловедение и инженерия. сер. «Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы экологии, транспорта и агротехнологий». – 2020. – № 1.

6. Швец Н.И. Особенности использования макро- и микроэлементов овощной продукцией / Н.И. Швец, К.А. Сидорова // Сборник материалов LIV студенческой научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения». – 2020.
7. Швец Н.И. Физиологическая значимость железа и его уровень в некоторых овощных культурах / Н.И. Швец, К.А. Сидорова // Сборник статей международной научно-практической конференции «Интеграция науки и практики для развития Агропромышленного комплекса». – 2018.
8. Сидорова К.А. Основы безопасности пищевой продукции (учебное пособие) / К.А. Сидорова, Н.А. Череменина, Н.И. Белецкая и др. / Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2020. – 281 с.
9. Сидорова К.А. Гигиенические основы питания / К.А. Сидорова, С.В. Козлова, Н.А. Череменина и др. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2018. – 124 с.
10. Матвеева А.А. Оценка возможности использования осадка сточных вод в качестве рекультиванта. / А.А. Матвеева, А.В. Букин // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 4.
11. Татарникова Н.А. Некоторые вопросы оценки качества воды городского водозабора. / Н.А. Татарникова, О.В. Кочетова, К.А. Сидорова и др. // Московский экономический журнал . – 2022. – № 7.
12. Медведев А.М. Современный методологический подход к обогащению продуктов питания эссенциальными микроэлементами. / А.М. Медведев, А.М. Магомедов, Э.Ю. Мишкевич // Политехнический вестник. – 2019. – № 3.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Torikov V.E. Ekologicheskaya bezopasnost' produkci rastenievodstva [Ecological safety of crop production] / V.E. Torikov, O.V. Melnikova, G.P. Malyavko et al. - Bryansk : Bryansk State Agrarian University, 2012. - 98 p. [in Russian]
2. Kadermas I.G. Ekologicheskaya toksikologiya [Ecological toxicology] / I.G. Kadermas, A.V. Sindireva - Omsk : Kan Publishing Center, 2021. - 80 p. [in Russian]
3. Sidorova K.A. Rasprostranenie svintsya i yego vliyanie na organizm [Distribution of lead and its effect on the body] / K.A. Sidorova, A.V. Galkovskaya, N.I. Akhshiyatova // Collection of materials of the Scientific-practical conference of graduate students and young scientists "A new look at the development of agricultural science". – Tyumen, 2021. [in Russian]
4. Shvecz N.I. Issledovanie sostava mikroflory' OSV gorodskix ochistny'x sooruzhenij v zavisimosti ot srokov ix xraneniya [Investigation of the composition of the microflora of wastewater treatment plants in urban wastewater treatment plants depending on their storage time]. / N.I. Shvecz, K.A. Sidorova, T.A. Yurina et al. // Moskovskij e'konomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]. – 2021. – № 9. [in Russian]
5. Dragich O.A. E'kologo-fiziologicheskaya osobennost' nekotory'x mikroelementov i ix koncentraciya v rastitel'ny'x produktax [Ecological and physiological feature of some microelements and their concentration in vegetable products]. / O.A. Dragich, N.I. Shvecz, A.V. Bukin et al. // Seriya konferencij IOP: Materialovedenie i inzheneriya. ser. «Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye problemy' e'kologii, transporta i agrotexnologij» [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Ecology, Transport and Agricultural Technologies"]. – 2020. – № 1. [in Russian]
6. Shvets N.I. Osobennosti ispolzovaniya makro- i mikroelementov ovoshchnoi produktsiei [Features of the use of macro- and microelements by vegetable products] / N.I. Shvets, K.A. Sidorova // Collection of materials LIV student scientific-practical conference "Actual issues of science and economy: new challenges and solutions". – 2020. [in Russian]
7. Shvets N.I. Fiziologicheskaya znachimost zheleza i yego uroven v nekotorykh ovoshchnikh kulturakh [The physiological significance of iron and its level in some vegetable crops] / N.I. Shvets, K.A. Sidorova // Collection of articles of the international scientific and practical conference "Integration of science and practice for the development of the agro-industrial complex". – 2018. [in Russian]
8. Sidorova K.A. Osnovy bezopasnosti pishchevoj produkci (uchebnoe posobie) [Fundamentals of food safety (textbook)] / K.A. Sidorova, N.A. Cheremenina, N.I. Beletskaya et al. / Tyumen : SAU of the Northern Trans-Urals, 2020. - 281 p. [in Russian]
9. Sidorova K.A. Gigienicheskie osnovy pitaniya [Hygienic basics of nutrition] / K.A. Sidorova, S.V. Kozlova, N.A. Cheremenina et al. – Tyumen : State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2018. – 124 p. [in Russian]
10. Matveeva A.A. Ocenka vozmozhnosti ispol'zovaniya osadka stochny'x vod v kachestve rekul'tivanta [Assessment of the possibility of using sewage sludge as a reclamator]. / A.A. Matveeva, A.V. Bukin // AgroE'koInfo [AgroEcoInfo]. – 2018. – № 4. [in Russian]
11. Tatarnikova N.A. Nekotory'e voprosy' ocenki kachestva vody' gorodskogo vodozabora [Some issues of assessing the quality of water in urban water intake]. / N.A. Tatarnikova, O.V. Kochetova, K.A. Sidorova et al. // Moskovskij e'konomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]. – 2022. – № 7. [in Russian]
12. Medvedev A.M. Sovremenny'j metodologicheskij podxod k obogoshheniyu produktov pitaniya e'ssencial'ny'mi mikroelementami [Modern Methodological Approach to the Enrichment of Foods with Essential Micronutrients]. / A.M. Medvedev, A.M. Magomedov, E'.Yu. Mishkevich // Politixnicheskij vestnik [Polytechnic Bulletin]. – 2019. – № 3. [in Russian]