

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ПОЧВАХ РЯДА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.М. Пономарева, Л.И. Семенова

Селен относится к числу элементов, обязательно присутствующих в любом организме, т. к. активно участвует в обмене веществ. Известно, что недостаток селена приводит к развитию около 40 различных заболеваний как у животных, так и у человека. Селен поступает в организм по цепи почва – растение – продукт питания. Содержание селена в пищевых продуктах может существенно варьировать в зависимости от происхождения сырья, используемого при их производстве. В справочниках по химическому составу пищевых продуктов данные по содержанию селена практически отсутствуют. Настоящая работа является частью мониторинга определения содержания селена в зерне основных зерновых культур, таких как пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, гречиха, выращенных на почвах разных регионов России. Получены экспериментальные данные по содержанию селена в зерне пшеницы (урожай 2016 г.), выращенной в 25 регионах РФ (всего 91 образец). Содержание селена в зерне пшеницы в среднем изменяется от 40 мкг/кг до почти 400 мкг/кг, что объясняется разнообразием типов почв, климатическими и агротехническими особенностями. Образцы зерна пшеницы (на пищевые цели 3–4 класса) были отобраны по заданию Роспотребнадзора.

Ключевые слова: микроэлемент селен, содержание селена, зерно пшеницы, тип и кислотность почвы, метод атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

Микроэлемент селен (из ряда неметаллов) необходим для нормального функционирования организма человека, животных и растений, т. к. входит в состав большинства гормонов и ферментов, активно участвует в обмене веществ. Доказано, что соединения этого микроэлемента защищают клеточные мембраны от окислительного разрушения, катализируют промежуточные реакции метаболизма, понижают токсичность некоторых тяжелых металлов [1, 3, 5, 8, 10, 15]. Селен обладает таким свойством, как синергизм: витамины С и Е совместно с ним усиливают свои антиоксидантные свойства и эффективно предупреждают окисление в клетках и тканях. Селен обладает мощным иммуностимулирующим, антиканцерогенным действием, а также предохраняет нуклеиновые кислоты от повреждений.

Микроэлемент селен неравномерно распределен в различных регионах земного шара [13]. Среднее содержание селена в земной коре, выраженное в процентах, т. е. его кларковое число, составляет $5 \cdot 10^{-6}$ [4]. Биологическая активность селена зависит от той химической формы, в которой он содержится в пище и организме. Неорганические формы селена более токсичны, чем органические. Поэтому для профилактики селенодефицит-

ных состояний применяют органические формы селена.

В пищевых продуктах селен находится в двухвалентной органической форме. В продуктах животного происхождения содержится селеноцистеин, а в продуктах растительного происхождения – селенометионин [9].

В 1980 г. Всемирная организация здравоохранения причислила селен к незаменимым факторам питания. Этот микроэлемент входит в состав более 30 биологически активных соединений, содержащихся в организме человека и животных. Согласно рекомендациям ВОЗ, среднесуточная потребность человека в селене варьирует от 70 до 100 мкг. Эти цифры согласуются с российскими методическими рекомендациями, основанными на концепции о суточной потребности организма – так называемом адекватном уровне потребления [6, 8].

Зерновые, особенно пшеница и гречиха, могут выступать в качестве источников селена в рационе питания. Минеральные вещества, содержащиеся в зерне и муке, представлены в справочнике [7].

По некоторым данным, основная часть селена сосредоточена в зародышах. Следовательно, тонкий помол и удаление этой части зерна снижает уровень потребления селена [5].

Содержание селена в зерновых и других сельскохозяйственных растениях зависит от его содержания в почвах, удобрениях, с учетом явлений антагонизма и синергизма ионов, то есть влияния одних элементов питания на поступление и содержание других.

В настоящее время отсутствуют системные данные о накоплении этого элемента в растениях различных почвенно-климатических зон. Это препятствует коррекции дефицита селена в рационе питания человека и животных, т. к. основным путем поступления селена в организм является цепочка почва – растение – организм. Содержание селена в почвах обусловлено, главным образом, материнской породой и климатическими особенностями региона [2, 11].

Следовательно, общее содержание селена в растениях определяется рядом факторов: тип почвы, кислотность почвы, запасы селена в почвах, количество осадков и температур окружающей среды, стадия роста самого растения. Основным фактор – кислотность почвы [4].

В связи с этим в настоящее время проводятся исследования по обогащению селеном сельскохозяйственной продукции. [11, 13–18].

Содержание селена в пищевых продуктах невелико и может существенно варьировать в зависимости от происхождения сырья, используемого при их производстве [5, 7].

В работе была поставлена задача исследовать содержание селена в зерне пшеницы, выращенной на почвах разных природно-климатических зон Российской Федерации. Образцы зерна пшеницы (на пищевые цели 3–4 класса, урожай 2016 г.) были ото-

браны по заданию Роспотребнадзора для проведения исследований (проанализирован 91 образец из 25 регионов).

Для определения содержания селена в зерне пшеницы, выращенной на почвах разных природно-климатических зон, применяли метод атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80 [12]. Определение содержания селена в зерне пшеницы проводили после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола с целью перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион.

Для анализа исследуемого зерна пшеницы опытным путем установили массу навески, которая составила около 3 г.

Определение содержания селена проводили в трех повторностях.

Относительное стандартное отклонение при $P = 95\%$ составляло 1,2–10,4 %.

В каждом образце определяли влажность (зерно хранилось в одинаковых условиях и влажность зерна была практически одинаковой с небольшим расхождением), затем полученные результаты пересчитывались на сухое вещество. Результаты в графиках представлены на мкг/кг абсолютно сухого вещества.

В результате проведенных исследований получен экспериментальный материал по содержанию селена в зерне пшеницы, выращенной на почвах разных природно-климатических зон Российской Федерации.

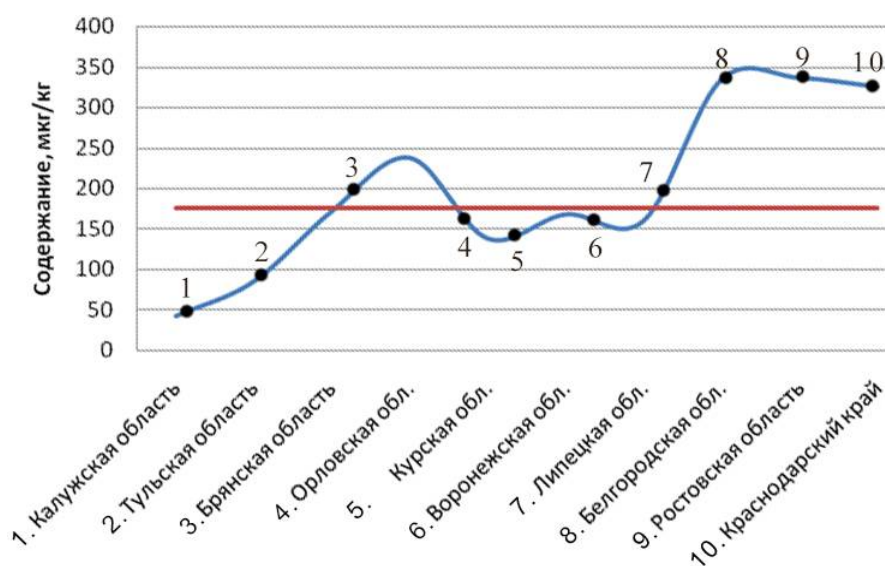


Рисунок 1 – Изменение содержания селена в зерне пшеницы, выращенной в Центральном и Южном федеральных округах Российской Федерации при продвижении с севера на юг

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ПОЧВАХ РЯДА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Систематизация экспериментальных данных по содержанию селена в зерне пшеницы, выращенной на почвах разного плодородия и климатических особенностей, показала, что его средняя величина колеблется от 40 мкг/кг (в Калужской области) до почти 400 мкг/кг (в Белгородской, Ростовской областях и Краснодарском крае).

Из данных, представленных на рисунке 1, видно, что количество селена в зерне пшеницы увеличивается при продвижении на юг: от Калужской, Тульской и Орловской областей к Белгородской области.

Содержание селена в зерне пшеницы, выращенной в Орловской области, колеблется от 148 до 335 мкг/кг, что объясняется разнообразием и пестротой типов почв на территории этой области.

Территория Белгородской области представлена, в основном, черноземами с мощным гумусовым горизонтом, поэтому разброс в содержании селена в зерне пшеницы в этой области выражен в меньшей степени.

Как видно из рисунка 1, содержание селена увеличивается с севера на юг, колеблется около средней величины 175 мкг/кг, а затем увеличивается до 335 мкг/кг в Белгородской области, находящейся в зоне мощных черноземов с высоким содержанием гумуса и органического вещества. Это значение можно сравнить со средним содержанием селена в зерне пшеницы, выращенной в Краснодарском крае и Ростовской области, которая составляет 332 мкг/кг. Эти области также находятся в зоне типичных черноземов.

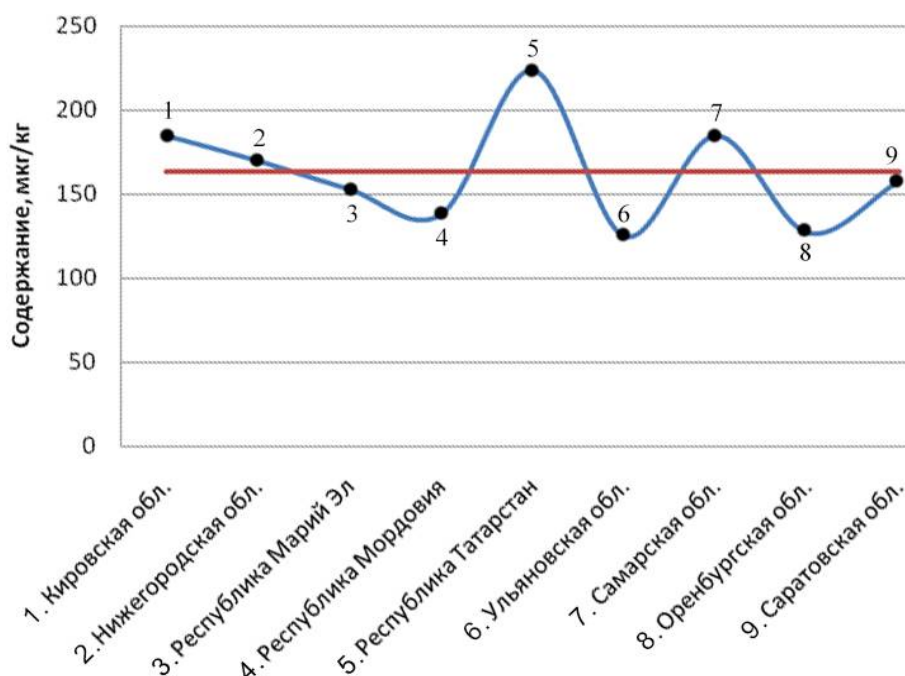


Рисунок 2 – Изменение содержания селена в зерне пшеницы, выращенной в Приволжском федеральном округе Российской Федерации при продвижении с севера на юг

Среднее содержание селена в зерне пшеницы по Приволжскому федеральному округу составляет 165 мкг/кг, достигая наибольшей величины в республике Татарстан – 224 мкг/кг.

Почвенный покров Кировской и Саратовской областей представлен, в основном, серыми лесными почвами, менее обеспеченными питательными веществами, чем черноземы. Содержание селена в зерне пшеницы составляет около 185 и 158 мкг/кг соответственно.

Экологическое состояние почв на территории Ульяновской области продолжает оставаться неблагоприятным: снижается их плодородие. Здесь преобладают выщелоченные

и оподзоленные черноземы, требующие дополнительного внесения органических и минеральных удобрений. Содержание селена в зерне пшеницы составляет около 125 мкг/кг.

Почвенный покров Самарской области, Оренбургского края, республик Марий Эл и Мордовии представлен разнообразными типами почв с разным уровнем плодородия. К ним относятся черноземы, богатые гумусом, темно-каштановые, и менее плодородные дерново-подзолистые почвы. Содержание селена в зерне пшеницы соответственно составляет от 127 до 185 мкг/кг.

Почвы республики Татарстан принято считать высокоплодородными. Здесь встре-

чаются особенно плодородные мощные южные черноземы, а также выщелоченные черноземы и серые лесные, как менее плодородные. Содержание селена в пшенице, выращенной в Татарстане, составляет 224 мкг/кг.

Содержание селена в зерне пшеницы, выращенной в Уральском и Сибирском федеральных округах Российской Федерации, представлено на рисунке 3.

Содержание селена в зерне пшеницы, выращенной в Курганской области, колеблется от 127 до 250 мкг/кг, в Тюменской области его величина изменяется от 146 до 243 мкг/кг. Содержание селена в зерне пшеницы, полученной из Омской области, Красноярского края и Амурской области, варьирует от 152

до 226 мкг/кг. Амурская, Курганская, Омская и Тюменская области находятся в зоне относительно нормального уровня селена в почвах.

Почвенный покров этих регионов очень разнообразен: от дерново-подзолистых, серых лесных до черноземов. Все они имеют разные уровни плодородия.

Вышеперечисленные области находятся на территории России за Уральскими горами и относятся соответственно к Уральскому федеральному округу (Курганская и Тюменская), к Сибирскому федеральному округу (Омская и Красноярский край) и Амурская область относится к Дальневосточному федеральному округу.

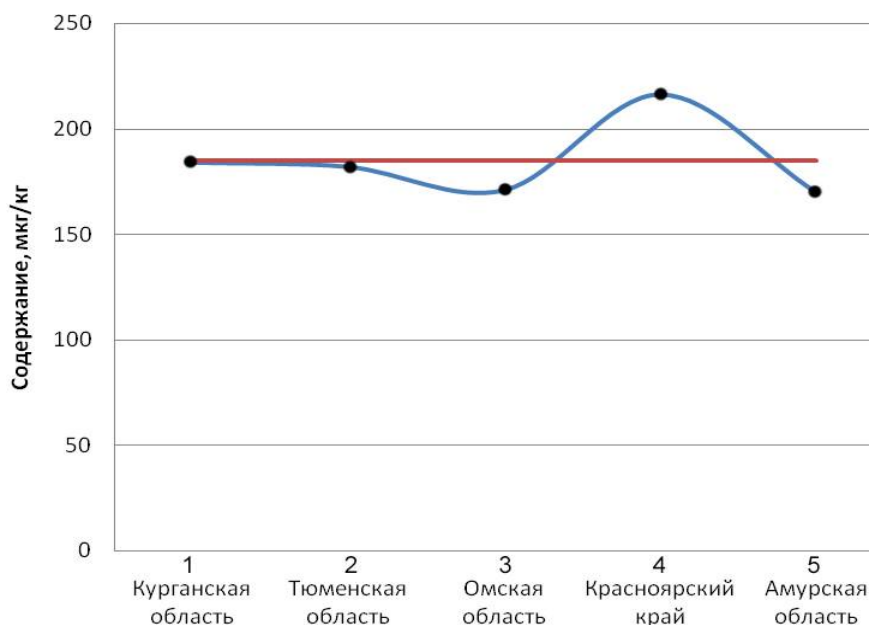


Рисунок 3 – Изменение содержания селена в зерне пшеницы, выращенной в Уральском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах Российской Федерации при продвижении с запада на восток

В результате проведенных исследований получен экспериментальный материал по содержанию селена в зерне пшеницы (урожай 2016 г), выращенной на почвах природно-климатических зон Российской Федерации (проанализирован 91 образец из 25 регионов).

Систематизация экспериментальных данных по содержанию селена в зерне пшеницы, выращенной в регионах с разным климатом и типом почв, показала, что его величина колеблется в среднем от 40 мкг/кг (в Калужской области) до 400 мкг/кг (в Белгородской, Ростовской областях и Краснодарском крае).

В зоне средней полосы Европейской части Российской Федерации среднее содержание селена в зерне пшеницы составляет 64 мкг/кг (колеблется от 40 до 85 мкг/кг); если почвы хорошо окультурены, то содержание

селена может увеличиться до 115 мкг/кг (Калининградская область).

В переходной зоне к югу (почвы серые лесные, оподзоленные и выщелоченные черноземы) содержание селена в зерне пшеницы колеблется около средней величины 175 мкг/кг. В зоне развитого земледелия на почвах мощных черноземов с высоким содержанием гумуса, органических и минеральных веществ эта цифра увеличивается почти в 2 раза.

Среднее содержание селена в зерне пшеницы по Приволжскому федеральному округу составляет 165 мкг/кг, достигая наибольшей величины в республике Татарстан – 224 мкг/кг.

Среднее содержание селена в зерне пшеницы, выращенной в восточных регионах страны за Уралом, составляет 185 мкг/кг.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ПОЧВАХ РЯДА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Полученные данные могут быть использованы для таблиц химического состава пищевых продуктов и при решении проблемы селенодефицита в агроэкосистемах Российской Федерации.

Источник финансирования. Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии в рамках программы Фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2019–2021 (тема 0529-2019-0065).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубкина, Н.А. Селен в питании : растения, животные, человек / Н.А. Голубкина, Т.Т. Папазян. – М. : Печатный городок, 2006. – 255 с.
2. Golubkina, N.A. The human selenium status in Russia / N.A. Golubkina // The problems of Biochemistry and Geochemical Ecology. – 2008. – № 2 (6). – P. 20–27.
3. Селен в организме человека : метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе / В.А. Тутельян [и др.]. – М. : Изд-во РАМН, 2002. – С. 224.
4. Алексеенко, В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитенных ландшафтов / В.А. Алексеенко. – Ростов на Дону, ЮФУ, 2013. – С. 388.
5. Галочкин, В.А. Органические и минеральные формы селена, их метаболизм, биологическая доступность и роль в организме / В.А. Галочкин, В.П. Галочкина // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 3–15.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 10 мая 2018 г.).
7. Тутельян, В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания / В.А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2012. – С. 283.
8. Третьяк, Л.Н. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания) / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Вестник ОГУ. – 2007. – № 12. – С. 136–145.
9. Голубкина, Н.А. Биоритмы селена / Н.А. Голубкина, Я.А. Соколов. – М. : Изд-во ВНИИССИК, 2012. – С. 65.
10. Барабой, В.А. Селен : биологическая роль и антиоксидантная активность / В.А. Барабой, Е.Н. Шестакова // Укр. Біохім. Журн. – 2004. – № 1. – Т. 76. – С. 23–32.
11. Барабанщикова, Л.Н. Селен в агроландшафтах Северного Зауралья / Л.Н. Барабанщикова // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 3. – С. 64–66.
12. ГОСТ Р 56372-2015. Комбикорма, концентраты и премиксы. Определение массовой доли железа, марганца, цинка, кобальта, меди, молибдена и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии. [Электронный ресурс] / Официальный сайт «Техэксперт». – <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 15.01.2019.).
13. Пономарева, С.М. Оценка содержания селена в зерне пшеницы, выращенной на почвах Краснодарского Края и Ростовской области / С.М. Пономарева, Л.И. Семенова, Л.М. Субботина // Ползуновский вестник. – 2018. – № 4. – С. 60–63.
14. Влияние совместного действия селена и йода на химический состав, урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Омской области / А.В. Синдирева [и др.] // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2. – № 10. – С. 51–57.
15. Antanaitis, A. Impact agrochemical and climatic factor on selenium concentration in soil / A. Antanaitis, J. Lubite, S. Antanaitis // Latvian Journal of Agronomy. – 2008. – № 10. – P. 20–24.
16. Jovanovic, L. Some aspect of geochemistry biogeochemistry of selenium in Serbia / L. Jovanovic // The Problems of Biogeochemistry and Geochemical Ecology. – 2008. – № 2. – P. 15–19.
17. Williams, E. Selenium: from health to the Biological food chain / E. Williams, M. Harrison // Journal of Biotech Research. – 2010. – Т. 2. – № 1. – P. 112–120.
18. Kieliszek, M. Selenium – Fascinating microelement, properties and sources in food / M. Kieliszek // Molecules. – 2019. – Т. 24. – № 7. – P. 1298.

Пономарева Светлана Михайловна, к.б.н, ведущий научный сотрудник лаб. качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания. Биотехнологии и безопасности пищи». 142718, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, д. 22, тел.: 8(495)543-38-20. E-mail: sv.m.ponomareva@gmail.com.

Семенова Людмила Ивановна, к.х.н, зав. лаб. качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания. Биотехнологии и безопасности пищи». 142718, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, д. 22, тел.: 8(495)543-38-20. E-mail: Seli194@yandex.ru.