

РОЛЬ СЕЛЕНА В ПИТАНИИ И ВАРЬИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ В РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА.

¹Семенова Л.И., к.х.н.; ¹Пономарева С.М., к.б.н.

¹НИИПП и СПТ - филиал ФГБУН "ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи".

Аннотация:

В данной статье представлены результаты исследований о роли селена в рационе питания человека и животных, а также о его накоплении растениями в зависимости от типа почвы, величины pH, материнской породы и климатических особенностей региона. Общеизвестно, что микроэлемент селен необходим для нормального функционирования организма человека. Биологическая роль селена определяется, в первую очередь, его антиоксидантным и иммуномодулирующим действием. Селен причислен к незаменимым факторам питания и входит в состав более тридцати жизненно важных биологически активных соединений. Последнее время интерес к исследованию содержания этого микроэлемента в окружающей среде и биологических объектах возрастает не только в связи с изучением влияния его избытка или недостатка на организмы растений, животных и человека, но и в связи с возможной профилактикой и коррекцией патологических состояний с участием этого элемента. Содержание селена в пищевых продуктах невелико и варьирует в зависимости от происхождения сырья. В связи с этим, отсутствуют систематизированные данные по содержанию селена в сельскохозяйственной продукции из разных регионов России. В статье описаны наиболее часто используемые методы определения селена, их положительные и отрицательные стороны.

Ключевые слова: биологическая активность селена, роль селена в питании и варьирование накопления селена в растениях в зависимости от региона, методы определения селена

THE ROLE OF SELENIUM IN FOOD AND VARIATION OF ACCUMULATION IN PLANTS DEPENDING ON THE REGION.

¹Semenova LI, PhD; ¹Ponomareva SM, Ph.D.

¹NII PP and SPT - FGBUN branch "FITs of food, biotechnology and safety of food"

Annotation:

This article presents the results of studies on the role of selenium in the diet of humans and animals, as well as on its accumulation by plants, depending on soil type, pH, maternal breed and climatic features of the region. It is common knowledge that the selenium microelement is necessary for the normal functioning of the human body. The biological role of selenium is determined, first of all, by its antioxidant and immunomodulating action. Selenium is considered to be an indispensable nutritional factor and is part of more than thirty vital biologically active compounds. Recently, interest in the study of the content of this microelement in the environment and biological objects is increasing not only in connection with the study of the effect of its excess or deficiency on the organisms of plants, animals and humans, but also in connection with the possible prevention and correction of pathological conditions involving this element. The content of selenium in food products is small and varies depending on the origin of the raw materials. In this regard, there are no systematized data on the content of selenium in agricultural products from different regions of Russia. The article describes the most commonly used methods for determining selenium, their positive and negative sides.

Keywords: biological activity of selenium, the role of selenium in nutrition and variation of selenium accumulation in plants depending on the region, methods for determination of selenium

Микроэлемент селен (из ряда неметаллов) необходимый нутриент для нормального функционирования организма человека, так как входит в состав большинства гормонов и ферментов, активно участвует в обмене веществ. Селен относится к числу элементов, обязательно присутствующих в любом организме.

. Доказано, что соединения этого микроэлемента защищают клеточные мембраны от окислительного разрушения, катализируют промежуточные реакции в метаболизме, понижают токсичность некоторых тяжелых металлов. 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 предохраняет нуклеиновые кислоты от повреждений. Микроэлемент селен неравномерно распределен в различных регионах земного шара. Среднее содержание селена в земной коре, выраженное в процентах, то есть его кларковое число составляет $5 \cdot 10^{-6}$ [1].

Биологическая активность селена зависит от той химической формы, в которой он содержится в пище и организме. В пищевых продуктах селен находится в двухвалентной органической форме. В продуктах животного происхождения содержится селеноцистеин, а в продуктах растительного происхождения - селенометионин. Соединения селена участвуют в процессах, связанных с выведением органических перекисей и других продуктов метаболизма. Это позволяет использовать их для профилактики онкологических заболеваний, провоцируемых химическими воздействиями и радиацией. Селен стимулирует образование антител и тем самым повышает защиту организма от инфекционных заболеваний. В районах с недостаточным потреблением селена отмечается рост онкологических заболеваний. Нормы потребления этого микроэлемента справедливы для всех животных, однако специфика метаболизма селена у некоторых видов еще не изучена [2, 3, 4].

Дефицит селена в продуктах питания может провоцировать ряд заболеваний: сердечно-сосудистых, онкологических, поражений печени, иммунодефицита и т.д.[5, 6, 7] . Селен входит в активный центр глутатионпероксидазы – одного из основных антиоксидантных ферментов, предотвращающих накопление в тканях свободных радикалов, и тем самым препятствующих перекисному окислению липидов и других соединений [8, 9].

В 1980 году 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 .

Селен входит в состав мяса домашней птицы и животных, морепродуктов, а также морских водорослей. Согласно международным нормам, если в пищевых и кормовых продуктах содержится менее 100 мкг селена на 1 кг, то такой рацион характеризуется как селенодефицитный, а оптимальным считается количество этого элемента 100-300 мкг/ кг сухого вещества. 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 (АУП) [10].

Следует отметить, что в этих рекомендациях не учитывается влияние рационов питания, различий в весе человека и региона его проживания.

Селен поступает в организм по цепи почва – растение – продукт питания. Следовательно, содержание селена в крови и тканях человека является функцией его содержания в пищевых продуктах, питьевой воде, в растениях, горных породах.. Содержание селена в почвах обусловлено, главным образом, материнской породой, климатическими особенностями, применением удобрений.

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 предупреждения селенодефицитных состояний применяют органические формы селена.

Главным источником селена в питании человека являются зерновые, особенно пшеница, гречиха. По некоторым данным основная его часть сосредоточена в зародышах. Следовательно, тонкий помол и удаление этой части зерна снижает уровень потребления селена [11].

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.

Существует прямая зависимость содержания селена в сельскохозяйственных растениях от дозы и способа его применения при их выращивании. Поэтому важно учитывать концентрацию селена, как в почве, так и в растениях. При этом нельзя забывать об интервалах токсичного и необходимого содержания селена для конкретных систем почва – растение – животное - человек [12]. По мнению автора отмечено, что «содержание селена в растениях определяется его количеством и формами в почве, реакцией почвенной среды, содержанием органического вещества, макро- и микроэлементов».

В ряде работ показано, что на «доступность селена для растений решающее влияние оказывает реакция почвенной среды» [13, 14, 15]. При кислой среде доступность селена ограничена.

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, так как основным путем поступления селена в организм является цепочка почва - растение – организм. Содержание селена в почвах обусловлено, главным образом, материнской породой и климатическими особенностями региона [16].

Таким образом, 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. Основной фактор - кислотность почвы [17].

В связи с этим в настоящее время проводятся исследования по обогащению селеном сельскохозяйственной продукции.

Для изучения поступления селена в растения, в зависимости от его содержания в почвах, проведены исследования в Пензенской области на территории черноземов, расположенных в правобережной лесостепи Среднего Поволжья [18].

Полученный экспериментальный материал показал, что в выщелоченных черноземах Среднего Поволжья содержание селена в пахотном горизонте связано прямой зависимостью с содержанием гумуса и реакцией почвы. При кислой среде доступность селена ограничена. Это, возможно, объясняется тем, что при высокой кислотности почвы повышается ее анионная адсорбция, и большая часть селена в почве становится недоступной для растений. С середины XX века наблюдается повсеместное ускоренное подкисление черноземов. В Пензенской области их площадь достигла 87,5%. Для поддержания селенового статуса населения необходимо обогащать этим элементом зерновые и кормовые культуры для последующего введения его в рацион человека и животных.

Исследования по изучению особенностей накопления селена кормовыми культурами (рапс, астрагал), в условиях южной лесостепи Омской области показали:

- существует прямая зависимость между поступлением селена в растения от дозы его применения;

- при внесении селена в почву происходит его значительное накопление в надземной массе кормовых культур, что может быть опасным для животных, потребляющих эту продукцию;

- на процесс поступления и усвоения селена растением влияют не только его концентрация и форма соединения, в которой он присутствует в почве, но и весь комплекс минеральных элементов, с которыми он вступает в антагонистические и синергические взаимоотношения [19].

Следовательно, необходимо постоянно контролировать содержание селена в почве и растениях, учитывая диапазоны токсичного и необходимого содержания этого микроэлемента для конкретных систем почва – растение – животное. При оценке влияния любого микроэлемента, в частности селена, на химический состав растительного организма необходимо учитывать также его взаимодействие с другими ионами [20, 21].

В последние годы возрастает необходимость количественного определения селена в окружающей среде и биологических объектах в связи с возможной профилактикой и

коррекцией патологического состояния с участием этого элемента, связанного с его недостатком или избытком [22].

Фотометрические методы широко применяются при определении селена [23]. Это обусловлено доступностью аналитического оборудования и простотой метода.

Для определения селена фотометрическим методом широко используются реакции селена (IV) с ароматическими о-диаминами, ванилин-2-аминоникотиновой кислотой (ВАНК) [24]. Все о-диамины также могут быть использованы для спектрофотометрического метода определения селена.

Наиболее часто для определения селена используют 2,3-диаминонафталин (ДАН), образующий в кислой среде комплекс с селеном. Метод характеризуется высокой селективностью и чувствительностью (0,002 мкг Se/мл). Этот комплекс используют для флуориметрического метода определения селена [25, 26].

Метод основан на проведении минерализации пробы с целью перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион, проведении реакции селенит-иона с реактивом ДАН в кислой среде с образованием 4,5-бензопиазоселенола, экстрагируемого гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости (спектрофлуориметре, флюорате и др). В настоящее время этот метод часто используется как контрольный.

Следует отметить высокую чувствительность и избирательность этих реагентов при определении селена экстракционно-спектрофотометрическим методом

Кроме того применяют чувствительные и дорогостоящие методы атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией, а также атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [27,28].

Следует отметить, что оборудование при работе флуориметрическим методом недорогое, по сравнению с атомно-абсорбционным спектрофотометром, требующим существенных материальных затрат, но определение содержания селена в одном образце на этом приборе занимает 2-2,5 мин. Флуориметрический метод трудоемкий: подготовка минерализата пробы занимает у исследователя до 80 минут.

Необходимость контроля за содержанием селена в продуктах питания обусловлена узким интервалом допустимого и достаточного уровня потребления этого микроэлемента (50-200 мкг/сутки). Многообразие методов определения селена позволяет выбрать оптимальный вариант для проведения конкретных исследований.

Содержание селена в пищевых продуктах невелико и может существенно варьировать в зависимости от происхождения сырья, используемого при их производстве. В справочниках по химическому составу пищевых продуктов данные по содержанию селена,

в основном, отсутствуют. Одной из причин этого, как уже говорилось, является существенное варьирование уровня содержания селена в зависимости от региона.

В связи с этим, необходимо продолжать работы по изучению содержания этого микроэлемента в сырье и пищевых продуктах, а также систематизировать уже известные аналитические данные по содержанию селена в сельскохозяйственных растениях в зависимости от зон произрастания.

. На основе результатов исследований необходимо разработать мероприятия по обогащению селеном продукции растениеводства и животноводства за счет внесения соответствующих удобрений и использования селеносодержащих добавок в пищевых продуктах и кормах.

Список литературы

1. Алексеенко В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов на Дону, ЮФУ, 2013, 388 с.
2. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена М., 1974. 300с.
3. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: Издательство РАМН, 2002, 224 с.
4. Галочкин В.А., Галочкина В.П. Органические и минеральные формы селена, их метаболизм, биологическая доступность и роль в организме. Сельскохозяйственная биология, 2011, № 4, с. 3-15.
5. Цикуниб А.Д., Завгородний С. А. Обеспеченность селеном населения республики Адыгея. Вопросы питания. 2008. Т. 77. № 2. С. 72-75.
6. Salman M., Yildiz G. Effects of different levels of organic selenium supplementation on fattening performance, carcass characteristics and blood GSH-P. Activity in lambs Rev. Med. Vet. France. 2009. V.160. № 5. P. 258-264.
7. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991, 496 с.
8. Нагиева С.В. К вопросу о роли селена в развитии онкологических заболеваний. Казанский медицинский журнал. 2012. Т. 93. № 6. С. 883-887.
9. Племенков В.В. Природные соединения селена и здоровье человека. //Вести. РГУ им. И.Канта. Калининград, 2007. № 1. с.51-63.
10. Методические рекомендации. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.

11. Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания). Вестник ОГУ, 2007, №12, с.136-145.
12. Голубкина Н.А, Соколов Я.А. Биоритмы селена., М., Изд-во ВНИИССИК, 2012., 65 с.
13. Вихрева В.А., Блинохватов А.А., Клейманова Т.В. Селен в жизни растений. Пенза, 2012, 225 с.
14. Барабанщикова Л.Н., Комиссаров И. Д. Селен в торфяно-болотных почвах и гуминовых кислотах подтаежной зоны Северного Зауралья. Достижения науки и техники АПК. 2012. № 11. С. 12-14.
15. Сычев В. Г., Аристархов А. Н., Яковлева Т.А., Панасин В.И., Бусыгин А.С. Проблема селена в почвах России и ее решение путем оптимизации селеновых удобрений. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями: [периодическое издание ВНИИ агрохимии им. Д. И. Прянишникова для участников Географической сети опытов с удобрениями] РАН, 2015, вып. 21, 44 с.
16. Барабой В.А., Шестакова Е.Н. Селен: биологическая роль и антиоксидантная активность. Укр. Біохім. Журн. 2004. №1. Т. 76. с. 23-32.
17. Барабанщикова Л. Н. Селен в агроландшафтах Северного Зауралья. Аграрный вестник Урала. 2011. 3. С. 64-66.
18. Вихрева В.А., Надежкина Е.В. Накопление селена растениями в зависимости от его содержания в черноземах выщелоченных Пензенской области// Агрохимия, 2012, №10, с.46-50
19. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. Мир, 1989. 439 с.
20. Синдирева А.В., Влияние селена на химический состав почвы и растений в условиях южной лесостепи Омской области, Вестник Омского государственного аграрного университета, 2011, №4 , с.17-22
21. Ермохин Ю. И. Экспресс-методы химической диагностики потребности с.-х. культур в удобрениях. Омск: Вариант-Омск, 2010. 118с.
22. Вапиров В.В., Шубина М.Э., Шубин И.В., Венкович А.А. Селен: Актуальные медицинские, эпидемиологические и экологические проблемы Республики Карелия // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер.: «Естественные и технические науки». 2012, № 6, С.40-43.
23. Вапиров В.В., Венкович А.А., Бородулина Г.С. Варианты фотометрического определения селена, Принципы экологии, 2014, №3, с.4-10

24. Deepa K. and Lingappa Y. Spectrophotometric determination of selenium in industrial and environmental samples using vanillin-2-aminonicotinic acid (VANA)//

Der Pharma Chemica, 2014. Vol. 6, P.52-60.

25. Пищевые продукты и продовольственное сырье, комбикорма и комбикормовое сырье. Методика измерения массовой доли селена флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат – 02». Методика М 04-33-2004, С.–П., 2013. 19 с.

26. Определение селена в продуктах питания. Методические указания (МУК) 4.1.033-95. Методы контроля. Химические факторы. М.: Информационно-издательский центр. Госкомсанэпиднадзор России, 1995. (текст документа по состоянию на 2011). 5 с.

27. ГОСТ Р 56372-2015. Комбикорма, концентраты и премиксы. Определение массовой доли железа, марганца, цинка, кобальта, меди, молибдена и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

28. Иванов С. И. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. МУ 4.1.1482-03, МУ 4.1.1.1483.