

УДК 664.5+581.192

## ОСОБЕННОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ СЕЛЕНОМ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ЯСНОТКОВЫЕ (LAMIACEAE) С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

П.В. Масленников, П.В. Федурев, Т.В. Стыран, С.А. Небреева, Л.Н. Скрыпник

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, Россия

Селен (Se) является незаменимым микроэлементом, участвующим в окислительно-восстановительных процессах в организме человека, животных и микроорганизмах. У млекопитающих Se в форме необычной аминокислоты селеноцистеина (SeCys) включается в каталитический центр селенопротеинов посредством перекодирования стоп-кодона UGA в кодон SeCys. У людей по крайней мере 25 селенопротеинов играют важную роль в антиоксидантных системах, гормональном балансе, иммунитете, мужской фертильности, устойчивости к вирусным инфекциям и профилактике рака. Рекомендуются нормы потребления селена составляют в среднем 55–70 мкг Se в день. Однако Se проявляет двойственные свойства: при превышении пороговой концентрации, установленной на уровне 400 мкг Se в день, он ставится токсичным [1]. Известно, что около 15 % населения мира, включая население многих развитых стран и России, испытывают недостаток потребления Se [2].

Получение функциональных продуктов питания с выраженным антиоксидантным и антиканцерогенным действием является крайне актуальным в эпоху развития глобального экологического кризиса. Одним из направлений таких исследований является получение продуктов растительного происхождения на основе обогащенных селеном растений. Кроме того, растения с повышенным содержанием селена изучаются с целью возможного получения из них белковых фракций и продуктов питания, обогащенных селеном [3].

Среди лекарственных и пряно-вкусовых растений растения семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) являются одной из самых популярных и представительных групп растений, которые в настоящее время используются как в традиционной, так и в современной медицине, а также в фармацевтической и пищевой промышленности [4]. К растениям данного семейства относятся, например, базилик (*Ocimum spp.*), иссоп (*Hyssopus officinalis L.*), лаванда (*Lavandula angustifolia Mill.*), мелисса (*Melissa officinalis L.*), майоран (*Origanum majorana L.*), душица (*Origanum vulgare L.*), мята перечная (*Mentha × piperita L.*), розмарин (*Rosmarinus officinalis L.*), шалфей (*Salvia officinalis L.*), тимьян (*Thymus vulgaris L.*), многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum (Pursh) Kuntze*). Растения семейства *Lamiaceae* характеризуются высоким содержанием фенольных соединений, таких как фенолокислоты, гидроксикоричные кислоты (прежде всего, хлорогеновая и розмариновая), флавоноиды, дубильные вещества, иридоиды, хиноны, кумарины, дитерпеноиды [5]. Установлено, что активные соединения, присутствующие в растениях семейства *Lamiaceae*, обладают антибактериальным, антиоксидантным, противогрибковым, противоопухолевым, радиопротекторным, антигипертензивным действием, что позволяет рассматривать их как сырье при разработке продуктов функционального назначения.

В связи с этим целью данной работы являлось исследование особенностей накопления селена некоторыми растениями семейства Яснотковые (душицей обыкновенной, иссопом лекарственным и многоколосником фенхельным).

В качестве объекта исследования использовали душицу обыкновенную (*Origanum vulgare L.*) сорта Фея, иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis L.*) сорта Лекарь, многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum (Pursh) Kuntze*) сорта Франт. Растения выращивали в вегетационных сосудах объемом 2 литра с питательным раствором Хогланда. В качестве источника селена использовали раствор селената натрия ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) в воде. Для каждого вида растений изучалось влияние пяти концентраций селена (2,0, 5,0, 10,0, 20,0 и 40,0 мкМ). Смену питательного раствора и внесение селена проводили каждую неделю. В качестве контроля использовали растения, растущие на питательном растворе без селена, концентрации всех остальных элементов питания были одинаковыми. Для каждого вида растения, каждой концентрации Se, включая контроль (0, 2,0, 5,0, 10,0, 20,0 и 40,0 мкМ), проводилось по четыре повторности (n=4). Растения собирали через четыре недели после первоначальной обработки селеном. Растительный материал с каждого вегетационного сосуда высушивали при 60 °С и использовали для определения сухой массы растений, листьев и содержания селена.

Определение селена проводили в листьях *A. foeniculum* и в надземной части (побегах) *O. vulgare* и *H. officinalis*. Минерализацию образцов проводили с использованием смеси концентрированной азотной кислоты и 30 % хлорной кислоты при температуре 180 °С в течение 2 часов. Далее добавляли пероксид водорода и нагревали на кипящей водяной бане в течение 10 минут. При появлении паров азотной кислоты процедуру повторяли. Количественное определение селена в минерализате проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов (SpectrAA 220 FS с приставкой для генерации паров гидридов VGA 77, Varian) [6]. Интенсивность поглощения света измеряли при длине волны 196,0 нм. В качестве холостой пробы использовали раствор, содержащий все химические реактивы без растительного сырья и прошедший через все стадии анализа, включая минерализацию. Концентрацию селена выражали в микрограммах на грамм сухой массы (мкг/г).

В результате исследования морфометрических показателей растений установлено, что обработка растений *O. vulgare* селеном в концентрациях 2–20 мкМ и *H. officinalis* и *A. foeniculum* селеном в концентрациях 2–40 мкМ не приводила к негативным изменениям в ростовых параметрах и накоплению биомассы.

Чувствительность растений к воздействию селена является определяющей в эффективности получения функциональных продуктов питания, обогащенных микроэлементами. Исследование влияния внесения селена в различных концентрациях в питательную среду показало, что по сравнению с контрольными растениями, выращенными на питательной среде без добавления селена, во всех видах растений при обработке селеном происходило значительное увеличение содержания данного микроэлемента, что свидетельствует о накопительной способности данных видов растений (Таблица 1). Так, например, контрольные (необработанные селеном) растения *H. officinalis* характеризовались низкой концентрацией селена в побегах, которая составила 0,013 мкг/г (Таблица 1). Обработка *H. officinalis* селеном даже в низкой концентрации (2 мкМ) увеличивала концентрацию этого микроэлемента в 76 раз. Для растений *O. vulgare* этот коэффициент составил 10, для *A. foeniculum* – 3.

Из изученных видов растений наибольшую способность к накоплению селена проявили *H. officinalis* и *O. vulgare*, максимальное содержание селена в которых составило 38,35±1,49 и 28,22±2,98 мкг/г соответственно (Таблица 1). В листьях *A. foeniculum* максимальное содержание составило 12,79±1,66 мкг/г, что в 2–3 раза ниже по сравнению с *H. officinalis* и *O. vulgare*.

Таблица 1. Содержание селена (мкг/г) в экспериментальных растениях

Концентрация Se в питательном растворе, мкМ	Содержание селена в экспериментальных растениях, мкг/г		
	<i>vulgare</i>	<i>officinalis</i>	<i>foeniculum</i>
0 (контроль)	0,227±0,020	0,013±0,002	0,085±0,006
2	2,00±0,18	0,993±0,055	0,267±0,021
5	9,41±1,12	7,83±0,32	0,781±0,081
10	13,38±1,17	18,23±1,12	3,04±0,36
20	19,88±1,50	26,33±2,11	6,69±0,72
40	28,22±2,98	38,35±1,49	12,79±1,66

В настоящее время все растения в природных сообществах по способности к аккумуляции селена условно разделены на три группы. К первой группе относятся растения, которые способны накапливать селен в 100–1000 раз больше, чем его содержится в почве. У этих растений диапазон накопления селена от 200 мкг/г до 1000–15000 мкг/г сухой массы. Растения второй группы обычно накапливают в себе селен от 3-х до 10 раз больше, чем его содержится в почве. Концентрация селена в них от 1,0 до 200 мкг/г сухой массы. Третья группа растений, самая многочисленная, обычно накапливает селена в 1–2 раза меньше, чем его содержится в почве. Растения этой группы содержат 0,1–1,0 мкг/г сухого вещества [7]. Считается, что растения семейства Яснотковые не относятся к растениям-аккумуляторам селена и, как правило, не способны накапливать высокие концентрации данного микроэлемента без потери в продуктивности. Вместе с тем, в ряде исследований различных видов / сортов базилика было показано, что внесение в питательный раствор селена, внекорневая обработка растворами селена или применение селен-содержащих удобрений является эффективным средством повышения в его листьях содержания данного микроэлемента. При этом также отмечалось

и улучшение питательных свойств базилика, в частности повышения уровня полифенолов, эфирного масла и антиоксидантной активности [8]. Следует, однако, иметь в виду, что накопление селена и его влияние на метаболизм растений сильно зависит от вида и даже от сорта растения, что требует проведение исследований и определение оптимальных концентраций экзогенного селена для каждого вида индивидуально.

Кроме того, при выборе концентрации экзогенного селена для биофортификации растений следует учитывать, что высокие дозы селена токсичны для человека. Рекомендуемые нормы потребления селена составляют в среднем 55–70 мкг Se в день, а порогом токсичности является 400 мкг в день, поэтому для обеспечения безопасного использования растительного сырья рекомендуется использовать невысокие дозы экзогенного селена (2–10 мкМ), особенно при выращивании *H. officinalis* и *O. vulgare*.

Таким образом, в ходе проведенного исследования по обогащению селеном некоторых растений семейства Яснотковые были установлены межвидовые особенности в накоплении данного микроэлемента. Однако, в целом, результаты исследования свидетельствуют о перспективности обогащения душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) и многоколосника фенхельного (*Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze) с целью получения растительного сырья для разработки продуктов функционального назначения с повышенным содержанием микроэлемента.

**Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-14-00106,  
<https://rscf.ru/project/22-14-00106>.**

### Литература

1. Schiavon M., Nardi S., dalla Vecchia F. et al. Selenium biofortification in the 21<sup>st</sup> century: status and challenges for healthy human nutrition // *Plant Soil*. – 2020. – Vol. 453. – P. 245–270.
2. Голубкина Н.А., Полубояринов П.А., Синдирева А.В. Селен в продуктах растительного происхождения // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86. – №. 2. – С. 63–69.
3. Kieliszek, M. Selenium—Fascinating Microelement, Properties and Sources in Food // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24. – P. 1298.
4. Niazi M., Yari F., Shakarami A. A review of medicinal herbs in the lamiaceae family used to treat arterial hypertension // *Entomol. Appl. Sci. Lett.* – 2019. – Vol. 6. – N. 1. – P. 22–27.
5. Abdelhalim A., Hanrahan J. Biologically active compounds from Lamiaceae family: Central nervous system effects // *Studies in Natural Products Chemistry*. – 2021. – Vol. 68. – P. 255–315.
6. Kurkova T., Skrypnik L., Zalieckienė E. Features of plant material pre-treatment for selenium determination by atomic absorption and fluorimetric methods // *Chemija*. – 2008. – Vol. 19. – P. 40–43.
7. Соловьева А.Ю. Изучение аккумуляции селена и влияние его на накопление первичных и вторичных метаболитов в лекарственном и эфирно-масличном сырье: Автореф. дис... канд. биол. наук. – М.: ВНИИО, 2014. – 20 с.
8. Puccinelli M., Pezzarossa B., Rosellini I., Malorgio F. Selenium Enrichment Enhances the Quality and Shelf Life of Basil Leaves // *Plants*. – 2020. – Vol. 9. – P. 801.