

УДК 635.262:577.17.049:631.811

## Накопление селена в процессе культивирования амаранта

К. Ю. МУРАВЬЁВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук Н. В. БАРАКОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>k.murav@yandex.ru, <sup>2</sup>n.barakova@mail.ru

Университет ИТМО

Канд. биол. наук Ю. В. ХОМЯКОВ<sup>3</sup>, канд. биол. наук Г. Г. ПАНОВА<sup>4</sup>

<sup>3</sup>himlabafi@yandex.ru, <sup>4</sup>gaiane@inbox.ru

Агрофизический научно-исследовательский институт

*Исследовано накопление селена в листьях и стеблях амаранта и прирост биомассы в процессе вегетации. В качестве объекта исследования был выбран сорт амаранта Харьковский-1, который культивировался в условиях защищенного грунта на основе верхового торфа при температуре 20–24 С и влажности 65–75%. Селен вносился способом опрыскивания листьев и стеблей растворами селената натрия различных концентраций. Культивирование проводилось в течение пяти недель в вегетационной светоустановке под искусственным светом на биополигоне ФГБНУ АФИ, с регулируемыми условиями. Проведена оценка динамики скорости прироста биомассы растений. По окончании вегетационного опыта определено содержание селена при помощи атомно-адсорбционного спектрофотометра. Было установлено, что внесение селена наиболее эффективно при концентрации селената натрия в растворе 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Такая концентрация не только приводит к наиболее быстрому накоплению селена растениями, но и не замедляет их рост и не наносит вреда тканям. Полученные результаты показали эффективность обогащения листьев и стеблей амаранта селеном и могут быть использованы в культивировании амаранта как продукта питания и источника биологически активных веществ.*

**Ключевые слова:** амарант, органический селен, обогащение селеном, биологически активные вещества, культивирование на защищенном грунте.

### Информация о статье

Поступила в редакцию 11.12.2017, принята к печати 02.03.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-48-53

Язык статьи — русский

### Ссылка для цитирования

Муравьёв К. Ю., Баракова Н. В., Хомяков Ю. В., Панова Г. Г. Накопление селена в процессе культивирования амаранта // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 48–53.

## Accumulation of selenium during the cultivation of amaranth

K. Y. MURAVYOV<sup>1</sup>, Ph. D. N. V. BARAKOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>k.murav@yandex.ru, <sup>2</sup>n.barakova@mail.ru

ITMO University

Ph. D. Y. V. KHOMYAKOV<sup>3</sup>, Ph. D. G. G. PANOVA<sup>4</sup>

<sup>3</sup>himlabafi@yandex.ru, <sup>4</sup>gaiane@inbox.ru

Scientific Institute of Agrophysics

*Accumulation of selenium in stems and leaves, as well as the gain of biomass, are studied in vegetating amaranth. Kharkovsky-1 amaranth variety was cultivated in surface turf under controlled conditions at the temperature of 20–24 C and 65–75% humidity. Selenium was introduced via sprinkling solutions with different dosage of sodium selenate on the stems and leaves. Cultivation was carried out for five weeks in a vegetation light installation under artificial light on a biopolite of FGБОНА АФИ with regulated conditions. The dynamics of the growth rate of plant biomass was estimated. At the end of the vegetative experiment, the content of selenium was determined using an atomic-adsorption spectrophotometer. Sodium selenate dosage of 0.5 mg/dm<sup>3</sup> was found to be the most effective. The dosage not only leads to more rapid selenium uptake by the plants, but it neither halts their growth nor detriments their tissues. The results obtained demonstrate the effectiveness of plant fortification with selenium and may be used in cultivation of amaranth as a source of food and biologically active compounds including organic selenium.*

**Keywords:** amaranth, organic selenium, selenium fortification, biologically active compounds, cultivation under controlled conditions.

**Article info:**

Received 11/12/2017, accepted 02/03/2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-48-53

Article in Russian

**For citation:**Muravyov K. Y., Barakova N. V., Khomyakov Y. V., Panova G. G. Accumulation of selenium during the cultivation of amaranth. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 1. p. 48–53.**Введение**

На сегодняшний день одним из основных способов выполнения дефицита селена организмом человека является употребление биологически активных пищевых добавок, содержащих различные формы этого элемента [1]. Однако большинство этих добавок содержат селен в неорганической форме, которая обладает сильными токсическими свойствами, способными приводить к поражению печени, почек и центральной нервной системы. Поэтому употреблять продукты и биологически активные добавки, содержащие неорганический селен, необходимо строго дозировано, не более 200 мкг/сут [2].

Наиболее безопасными формами селена являются селеносодержащие аминокислоты, такие как селенметионин и селенцистеин [3]. Одним из наиболее распространенных способов получения этих нутриентов является обогащение растений с применением селеносодержащих питательных растворов и удобрений [4].

Существуют различные способы обогащения растений селеном:

— *предпосевная обработка*: обогащение семян химическими соединениями, путем замачивания их в соответствующих растворах. Данная обработка обеспечивает влияние элементов на стадии прорастания семян и роста проростков;

— *корневая обработка*: внесение растворов химических элементов в корнеобитаемую среду на ранних стадиях роста растений;

— *внекорневая обработка*: опрыскивание вегетирующих растений растворами химических соединений, которое обеспечивает поступление элемента на более поздних стадиях культивирования;

— *комплексная (двойная) обработка*: последовательное введение элементов на стадиях прорастания семян и некорневой — в фазе трех лепестков [5].

Из перечисленных способов обогащения растений селеном наиболее эффективным является внекорневая обработка, которая проводится путем опрыскивания надземных частей растений растворами этого элемента. Внекорневые подкормки считаются высокопродуктивным приемом земледелия из-за высокой эффективности при незначительных затратах, а также возможности совмещения их с обработками растений от вредителей и болезней. Листовая подкормка также часто используется, как срочная мера в случае дефицита отдельных элементов питания в растениях [6, 7]. Отмечается, что эффект от некорневой обработки тем выше, чем беднее почва питательным элементом, вносимым через листья, что является благоприятным фактором для обогащения растений селеном, учитывая дефицит почв России в этом элементе. Помимо всего прочего, при такой обработке

наблюдается наименьшее заражение почвы используемыми веществами [8].

По способности накапливать и усваивать селен, растения можно разделить на три группы. Первая группа — растения-накопители, содержащие максимальные концентрации селена (500–15000 мг/кг сухой массы). Вторая группа — растения-умеренно-накопители, содержащие селен в количестве 50–500 мг/кг сухой массы. Среднее содержание селена в биомассе этих растений в 3–10 раз превышает его содержание в почве. Третья группа растений накапливают селен до 50 мг/кг сухой массы. В таких растениях содержание селена равно или в 1–2 раза меньше его содержания в почве. Следует отметить, что растения первой группы содержат значительно большие доли селена в растворимых и неорганических формах, чем растения второй и третьих групп [9].

На сегодняшний день исследования по определению способности различных растений накапливать и усваивать селен в достаточной мере представлены в литературных источниках. Так было установлено, что зерновые культуры способны накапливать до 400 мкг/кг селена, лук и чеснок — до 289 мкг/кг, лекарственные травы, такие как донник лекарственный — 1,9 мг/кг [10, 11, 12].

Амарант — это уникальное растение, обладающее большой биохимической ценностью для организма человека, ввиду высокого содержания эссенциальных элементов, легкоусвояемых белков, содержащих незаменимые аминокислоты и витамины. Семена амаранта содержат 14–20% легкоусвояемого белка, 6–8% растительного масла с высокой концентрацией полиненасыщенных жирных кислот и биологически активных компонентов. Содержание белка в листьях амаранта составляет 15%, причем этот белок содержит вдвое больше серосодержащих аминокислот, отличающихся хорошей растворимостью и экстрагируемостью. Также листья амаранта содержат пектин, аскорбиновую кислоту, каротиноиды, полифенолы, из которых 4,21% составляют флавоноиды кверцетин, треолин и рутин, микроэлементы В, Fe, Ni, Ва. Помимо этого амарант содержит полиненасыщенный, ациклический углеводород сквален, обладающий противораковой и противоопухолевой активностью [13, 14]. Однако данных по обогащению селеном амаранта и способности этого растения накапливать селен не существует. Поскольку амарант, обогащенный селеном, рекомендуется к использованию в качестве сырья для производства функциональных продуктов питания, то возникает необходимость проведения исследования по накоплению амаранта селеном.

Целью данного исследования является определение влияния селената натрия на прирост биомассы амаранта и накопление селена в нем.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлся амарант сорта Харьковский-1 (*Amaranthus caudatus* L.). Этот сорт считается универсальным, так как широкий спектр биологического действия определяет его значимость, как сырья для приготовления лекарственных препаратов. Всходы данного вида имеют зеленый цвет, стебель прямостоящий, высота растения достигает 180–190 см. Листья овально-яйцевидной формы, светло-зеленые, сочные, облиственность — 36%. Семена по цвету — белые, масса 1000 шт семян — 0,7 г. Vegetационный период равен 120–130 дн. [15].

Культивирование растений амаранта проводили в течение пяти недель в вегетационной светоустановке [16] под искусственным светом на биополигоне с регулируемыми условиями микроклимата ФГБНУ АФИ. В культивационном помещении поддерживалась температура воздуха 20–24 °С, относительная влажность воздуха — 65–75%. Источники света — газоразрядные натриевые лампы ДНАз 250 Вт, облученность растений — 75–80 Вт/м<sup>2</sup> в области ФАР. Растения выращивались в восьми лотках размерами 550×450 мм и глубиной 75 мм с субстратом на основе верхового торфа низкой степени разложения [17]. В каждом лотке производился высев семян амаранта в четырех бороздках с интервалом 100 мм друг от друга. Обогащение амаранта селеном осуществляли в процессе культивирования путем опрыскивания поверхности листьев и стеблей раствором селената натрия различной концентрации 0,5, 1, 20, 50, 100, 150, 200 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации селена в растворах были выбраны с учетом результатов, полученных в работах Кирюшина В. А. и Голубкиной М. А. [13, 14].

Обработку растений растворами селената натрия проводили каждые 7 дней, начиная с третьей недели их культивирования. Общее время вегетации амаранта

составило пять недель. Отбор образцов для определения количества селена в надземной части растений проводился по окончании пятой недели вегетации.

Для стимулирования роста амаранта в субстрат вносили питательный раствор, состав которого приводится в табл. 2.

Влияние различных доз селена на продуктивность амаранта оценивали по массе надземной части растений — листьев и стеблей. Отбор образцов проводился по четыре растения с каждого сосуда по окончании четвертой и пятой недели вегетации. После отбора пробы растения высушивались до постоянной массы при температуре 65 °С в потоке воздуха и измельчались до размера частиц 0,5–2 мм. Масса полученных образцов определялась на аналитических весах с точностью ± 10 мг.

Определение селена в наземной части амаранта проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии по ГОСТ Р 53182–2008 на атомно-абсорбционном спектрофотометре NovAA компании «Analytik Jena».

Сущность метода заключается в том, что ионы селена реагируют с борогидридом натрия в кислой среде с образованием гидрида селена, который относится потоком газа в разогретую измерительную кювету, где происходит его атомизация. Количественный анализ селена проводят методом атомной абсорбции при длине волны 196 нм.

### Результаты и их обсуждение

Формирование биомассы амаранта под влиянием внекорневой обработки селенатом натрия и содержание селена в растении по окончании вегетационного периода зависело от концентрации селена в растворе. Результаты определения биомассы растений и содержания в нем селена приведены в табл. 3.

Таблица 1

#### Количество вносимого селената натрия при обработке раствором

Table 1

#### The amount of sodium selenate added during the treatment with a solution

Концентрация раствора селената натрия, мг/дм <sup>3</sup>	Количество селена, вносимого при опрыскивании растений, вегетирующих в одном сосуде, мг	Общее количество внесенного селена за весь период вегетации в один сосуд, мг
0	0	0
0,5	9,2	27,6
1	18,4	55,2
20	368	1104
50	920	2760
100	1840	5520
150	2760	8280
200	3680	11040

Таблица 2

#### Состав питательного раствора на основе раствора макроэлементов (раствор Кнопа) и микроэлементов

Table 2

#### The composition of the nutrient solution based on the solution of macroelements (Knop's solution) and trace elements

Название соли	Концентрация солей, г/дм <sup>3</sup>
Кальций азотнокислый	1
Калий азотнокислый	0,25
Калий фосфорнокислый однозамещенный	0,25
Магний сернокислый	0,25
Железо лимоннокислое аммиачное	0,0087
Борная кислота H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,0029
Марганец сернокислый MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,0019
Медь сернокислая CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,0002
Кобальт хлористый	0,0002
Цинк сернокислый ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,0002
Серная кислота	0,0009

Таблица 3

Масса растений и содержание селена в амаранте после некорневой обработки растворами селената натрия различной концентрации при выращивании растений в условиях интенсивной светокультуры

Table 3

The mass of plants and the content of selenium in amaranth, which has undergone agrochemical cultivation

Концентрация раствора селената натрия, мг/дм <sup>3</sup>	Сухая масса одного растения, г		Масса растений на 1 кв. м. по окончании 5-й недели вегетации, г		Содержание селена в амаранте по окончании вегетации, мг/кг с.в.
	4-я неделя культивирования	5-я неделя культивирования	Общая масса	Сухая масса	
0	0,845	1,61	3135	420	0,205
0,5	1,21*	2,55*	3620*	493*	0,529*
1	1,03*	1,84*	3183	347*	3,538*
20	1,29*	1,45*	2286*	218*	4,256*
50	1,94*	2,38*	2375*	250*	0,927*
100	1,05*	1,50*	2004*	210*	0,515*
150	0,54*	0,87*	—	—	12,105*
200	0,52*	0,69*	1511*	153*	11,875*

\* Значение достоверно отличается от контрольного на 5%-ном уровне значимости.

На основании полученных данных можно заключить, что селен в небольших количествах благотворно влияет на прирост биомассы амаранта: при внесении селената натрия в концентрации 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, масса растений на пятую неделю культивирования была выше массы контрольного образца на 15,4%. Дальнейшее увеличение концентрации селена в растворе привело к снижению биомассы: при концентрации селената натрия 1 мг/дм<sup>3</sup>, увеличение биомассы растений, относительно контрольного образца, составило лишь 1,5%, а при концентрации 20 мг/дм<sup>3</sup> — прирост биомассы был меньше контрольного варианта на 27%.

При концентрациях селената натрия выше 20 мг/дм<sup>3</sup> усиливается его токсическое действие, что приводит к существенному понижению накопления биомассы растений. На пятую неделю культивирования большая часть растений, обработанных раствором селената натрия

в концентрации 150 мг/дм<sup>3</sup> погибли и поэтому невозможно привести результаты измерения их общей массы и влажности в данном варианте. Это предположительно объясняется тем, что данная доза селена из испытуемых является критической для амаранта, при которой растение испытывает максимальный токсический эффект. При больших концентрациях опрыскиваемого раствора селена натрия, он становится менее доступным для растения, тем самым его негативное воздействие выражено меньше, чем при более низких концентрациях [15]. Можно сделать вывод, что для амаранта концентрации селената натрия в диапазоне 0,5–1,0 мг/дм<sup>3</sup> являются наиболее оптимальными и способствуют росту и развитию растения.

Для определения функциональной зависимости прироста биомассы амаранта от концентрации опрыскиваемого раствора селената натрия в диапазоне 0–20 мг/дм<sup>3</sup>

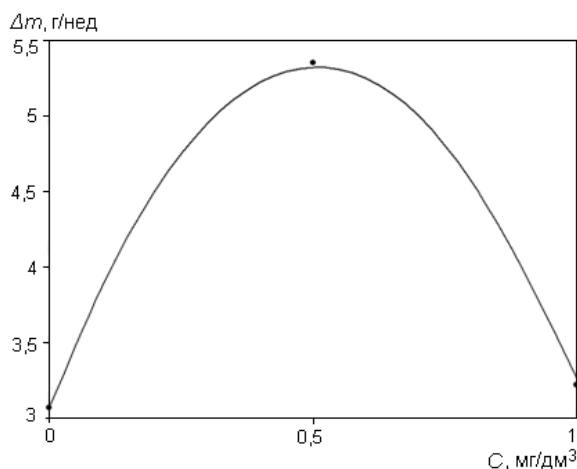


Рис. 1. Удельная скорость прироста биомассы растений амаранта после обработки раствором селената натрия в зависимости от его концентрации

Fig. 1. Specific rate of growth of biomass of amaranth plants after treatment with sodium selenate solution, depending on its concentration

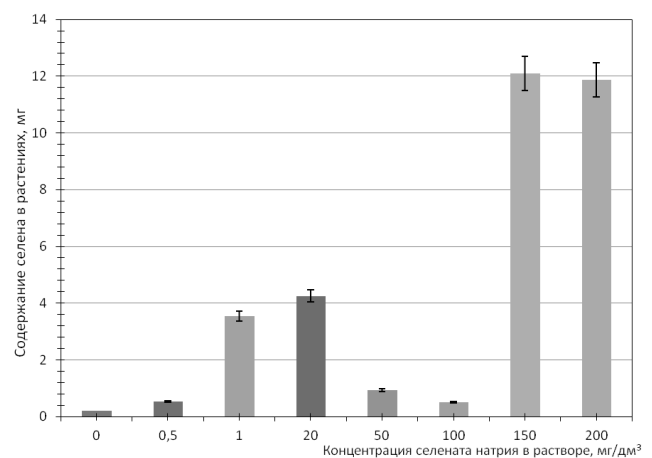


Рис. 2. Общее содержание селена в растениях амаранта на пятую неделю культивирования после некорневой обработки их растворами селената натрия различной концентрации

Fig. 2. Total selenium content in amaranth plants for the fifth week of cultivation after foliar treatment with sodium selenate solutions of various concentrations

была рассчитана удельная скорость прироста биомассы растений к четвертой и пятой неделе их вегетации (рис. 1).

Из графика, показанного на рис. 1, следует, что пик скорости прироста биомассы амаранта наблюдается при концентрации селена в растворе опрыскивания, равной 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, далее наблюдается спад по экспоненте. Из полученных данных можно спрогнозировать общее количество биомассы растений амаранта данного сорта при опрыскивании растворами селената натрия заданной концентрации.

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что при опрыскивании растений растворами селената натрия в концентрациях свыше 100 мг/дм<sup>3</sup> происходит резкое увеличение содержания селена в надземной части амаранта. Очевидно, это связано с тем, что в связи со значимым ухудшением состояния амаранта, наблюдаемом при воздействии селенатом натрия в указанном диапа-

зоне концентраций, физиологические барьеры растений перестают эффективно работать.

### Заключение

Анализ полученных результатов показал, что при внекорневом способе внесения селена в процессе культивирования амаранта в условиях закрытого грунта максимальный прирост биомассы наблюдался в варианте с концентрацией селената натрия 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. При повышении концентрации растворов свыше 100 мг/дм<sup>3</sup> происходит ингибирование роста и развития растений.

Данные, полученные в результате проделанной работы, могут быть использованы при проведении дальнейших исследований по разработке и оптимизации технологий обогащения селеном растений амаранта.

### Литература

1. Наумова Н. Л., Галушко А. С., Большаков А. И. Изучение антиоксидантной активности отдельных микронутриентов и селеносодержащих БАД // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2016. № 4 (39). с. 41–47.
2. Непомнящих С. Ф., Гуцол Л. О., Куклина Л. Б., Гаськова Н. П. Роль некоторых микроэлементов в метаболизме организма человека. // *Инновационные технологии в фармации*. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Иркутск, 2016. с. 392–398.
3. 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.
4. Голубкина Н. А., Полубояринов П. А., Синдирева А. В. Селен в продуктах растительного происхождения // *Вопросы питания*. 2017. т. 86, № 2. с. 63–69.
5. El-Ramady H. R., Alla N. A., Fári M. & Domokos-Szabolcsy É. Selenium enriched vegetables as biofortification alternative for alleviating micronutrient malnutrition. // *International Journal of Horticultural Science*. 2014. No 20 (1-2). p. 75–81.
6. Голубкина Н. А., Кекина Е. Г., Надежкин С. М. Перспективы обогащения сельскохозяйственных растений йодом и селеном. // *Микроэлементы в медицине*. 2015. № 16 (3). с. 12–19.
7. Голубкина Н. А., Добруцкая Е. Г., Новоселов Ю. М. Гормональное регулирование накопления селена растениями. // *Овощи России*. 2015. № 3–4. с. 104–107.
8. Eremchenko O. Z., Moskvina N. V., Shestakov I. E. Microelement composition of soil and vegetation in a forest-steppe reserve in technogenesis conditions. // *Biology and Medicine*. 2014. No 6. p. 1–6.
9. Соловьева А. Ю. Изучение аккумуляции селена и влияния его на накопление первичных и вторичных метаболитов в лекарственном и эфирно-масличном сырье: дисс... канд. с-хоз. наук: 06.01.06 / Соловьева Анна Юрьевна; Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева. — Москва, 2014. 147 с.
10. Вихрева В. А., Надежкина Е. С., Блинохватов А. А. Использование селена для снижения стресса, вызванного тяжелы-

### References

1. Naumova N. L., Galushko A. S., Bolshakov A. I. Study of antioxidant activity of separate micronutrients and selenium-containing dietary supplements. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*. 2016. No 4 (39). p. 41–47. (in Russian)
2. Nepomnyashchikh S. F., Gutsol L. O., Kuklina L. B., Gas'kova N. P. The role of some trace elements in the metabolism of the human body. *Innovative technologies in pharmacy*. Materials of the all-Russian scientific and practical conference with international participation. — Irkutsk, 2016. p. 392–398. (in Russian)
3. Galochkin V. A., Galochkina V. P. Organic and mineral forms of selenium, their metabolism, biological availability and role in the body. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2011. No 4. p. 3–15. (in Russian)
4. Golubkina N. A., Poluboyarinov P. A., Sindireva A. V. Selenium in foods of plant origin. *Voprosy pitaniya*. 2017. vol. 86, No 2. p. 63–69. (in Russian)
5. El-Ramady H. R., Alla N. A., Fári M. & Domokos-Szabolcsy É. Selenium enriched vegetables as biofortification alternative for alleviating micronutrient malnutrition. *International Journal of Horticultural Science*. 2014. No 20 (1-2). p. 75–81.
6. Golubkina N. A., Kekina E. G., Nadezhkin S. M. Prospects for the enrichment of crops with iodine and selenium. *Mikroelementy v meditsine*. 2015. No 16 (3). p. 12–19. (in Russian)
7. Golubkina N. A., Dobrutskaya E. G., Novoselov Yu. M. Hormonal regulation of selenium accumulation by plants. *Ovoshchi Rossii*. 2015. No 3–4. p. 104–107. (in Russian)
8. Eremchenko O. Z., Moskvina N. V., Shestakov I. E. Microelement composition of soil and vegetation in a forest-steppe reserve in technogenesis conditions. *Biology and Medicine*. 2014. No 6. p. 1–6.
9. Soloveva A. Yu. Study of selenium accumulation and its influence on the accumulation of primary and secondary metabolites in medicinal and essential oil raw materials: thesis PhD: 06.01.06 / Soloveva Anna Yurevna; Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet — MSKhA im. K. A. Timiryazeva. — Moscow, 2014. 147 p. (in Russian)
10. Vikhreva V. A., Nadezhkina E. S., Blinokhvato A. A. The use of selenium to reduce stress caused by heavy metals in grain

- ми металлами, у зерновых культур на ранних этапах онтогенеза. // *Нива Поволжья*. 2015. № 3 (36). с. 34–39.
11. *Кацурба Т. В., Гайда В. К.* Селен в производстве пищевых продуктов // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 26–28 апреля 2017. — Иркутск: ИПИБТ, 2017. с. 110–116.
  12. *Лошкарёва Т. В.* Регуляция селеном и селективным светом биохимических процессов *Melilotus albus* in vitro. // Старт в науку: материалы LXVI научной студенческой конференции Биологического института, Томск, 24–28 апреля 2017. — Томск, 2017. с. 85–86.
  13. *Высочина Г. И.* Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. с. 5–14.
  14. *Музалевская Е. Н., Мирошниченко Л. А., Николаевский В. А. и др.* Сqualен: физиологические и фармакологические свойства // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2015. том 78. № 6. с. 30–36.
  15. *Лалин А. А., Гречухина Л. Г., Зеленков В. Н.* Особенности минерального состава листьев амаранта. // *Бутлеровские сообщения*. 2013. том 34. № 3. с. 98–107.
  16. *Панова Г. Г., Черноусов И. Н., Удалова О. Р. и др.* Научно-технические основы круглогодичного получения высоких урожаев качественной растительной продукции при искусственном освещении // *Доклады РАСХН*, 2015. № 4. С. 17–21.
  17. Патент РФ № 2081555. Почвогрунт для выращивания растений «Агрофит» Ермаков Е. И., Желтов Ю. И., Мильто Н. Е., Кучеров В. И. МПК А01G9/10. БИ № 17, 1997. Опубликовано. 20.06.1997.
  11. *Katsurba T. V., Gaida V. K.* Selenium in food production. *Actual problems of chemistry, biotechnology and services: materials of the all-Russian scientific and practical conference with international participation*, 26–28 April 2017. — Irkutsk: IPIBT, 2017. p. 110–116. (in Russian)
  12. *Loshkareva T. V.* Regulation by selenium and selective light of biochemical processes *Melilotus albus* in vitro. *Start in science: proceedings of LXVI scientific student conference of Biological Institute, Tomsk, April 24–28, 2017.* — Tomsk, 2017. p. 85–86. (in Russian)
  13. *Vysochina G. I.* Amaranth (*Amaranthus L.*): chemical composition and prospects of use (review). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2013. No 2. p. 5–14.
  14. *Muzalevskaya E. N., Miroshnichenko L. A., Nikolaevskii V. A. et al.* Squalene: physiological and pharmacological properties. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*. 2015. Vol. 78. No 6. p. 30–36. (in Russian)
  15. *Lapin A. A., Grechukhina L. G., Zelenkov V. N.* Features of mineral composition of amaranth leaves. *Butlerovskie soobshcheniya*. 2013. Vol. 34. No 3. p. 98–107. (in Russian)
  16. *Panova G. G., Chernousov I. N., Udalova O. R., et al.* Scientific and technical basis for year-round obtaining the high yields of high-quality vegetative production under artificial light. *Doklady Academy of Agricultural Sciences*, 2015. No 4. P. 17–21. (in Russian)
  17. Patent Russian Federation. № 2081555. Soil substitute for growing plants «Agrofit» Ermakov E. I., Zheltov Yu. I., Mil'to N. E., Kucherov V. I. IPC A01G 9/10. BI No. 17, 1997. Publ. 20.06.1997. (in Russian)

### Сведения об авторах

#### Муравьев Кирилл Юрьевич

аспирант кафедры пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья Университета ИТМО, 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, k.murav@yandex.ru

#### Баракова Надежда Васильевна

к.т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья Университета ИТМО, 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, n.barakova@mail.ru

#### Хомяков Юрий Викторович

к.б.н., зам. директора по научной работе Агрофизического научно-исследовательского института, 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14, himlabafi@yandex.ru

#### Панова Гаянэ Геннадьевна

к.б.н., заведующая отделом Светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем Агрофизического научно-исследовательского института, 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14, gaiane@inbox.ru, office@agrophys.ru

### Information about authors

#### Muravyov Kirill Yurievich

graduate student of Department Food biotechnology from vegetable raw materials of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, k.murav@yandex.ru

#### Barakova Nadezhda Vasilievna

Ph.D., associate professor of Department Food biotechnology from vegetable raw materials of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, n.barakova@mail.ru

#### Khomyakov Yurii Viktorovich

Ph.D., Deputy Director on scientific work of Scientific Institute of Agrophysics, 195220, 14 Grazhdansky ave., Saint Petersburg, Russia, himlabafi@yandex.ru

#### Panova Gayane Gennadevna

Ph.D., head of the Department of plant Photophysiology and bioproductivity of agroecosystems of Scientific Institute of Agrophysics, 195220, 14 Grazhdansky ave., Saint Petersburg, Russia, gaiane@inbox.ru, office@agrophys.ru