

УДК 635.64:631.811.98  
DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-79-81

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕНАТА НАТРИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ОКСИДАНТНОГО СТРЕССА



## EFFICIENCY OF SODIUM SELENATE UTILIZATION IN TOMATOES PRODUCTION IN STRESS CONDITIONS

Амагова З.А.<sup>1</sup> – н.с.  
Голубкина Н.А.<sup>2</sup> – доктор с.-х. наук, лабораторно-аналитический центр

Amagova Z.A.<sup>1</sup>  
Golubkina N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Чеченский НИИСХ»  
366021, Россия, Чеченская Республика,  
Грозненский р-н, п. Гикало, ул. Ленина, 1  
E-mail: chechniish@mail.ru

<sup>1</sup> FSBSI Chechen Research Institute of Agriculture  
Lenin St. 1, Gikalo, Grozny region,  
Chechen Republic, 366021, Russia  
E-mail: chechniish@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)  
143080, Россия, Московская обл.,  
Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14  
E-mail: segolubkina45@gmail.com

<sup>2</sup> FSBSI Federal Scientific Vegetable Center  
Selectionaya St. 14, VNISSOK,  
Odintsovo region, Moscow oblast, 143072, Russia  
E-mail: segolubkina45@gmail.com

Повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды является основополагающим в получении устойчивых урожаев и высокого качества сельскохозяйственной продукции. Аномально низкие и высокие температуры, переувлажнение и засуха, бактериальные заражения и воздействие вредных насекомых составляют значительные факторы риска при выращивании различных сельскохозяйственных культур, включая томат. В последние годы большое внимание уделяется возможности защиты растений от разных форм оксидантного стресса путем обогащения растений микроэлементом селеном, являющимся известным природным антиоксидантом. В условиях аномально низких температур и высокой влажности исследовано влияние внекорневого обогащения селеном двух сортов томата Утро и Красный Великан на урожай и биохимические показатели плодов. Исследования проводили на опытных полях Чеченского НИИСХ. Установлено, что доза 4 мг Se/м<sup>2</sup> при трехкратной внекорневой обработке в течение вегетации обеспечивает значимое увеличение урожая томата на 18,9-89,9% в зависимости от устойчивости сорта к кладоспориозу. Впервые установлена возможность использования селена для защиты растений от кладоспориоза. Обогащение растений селеном приводило к увеличению содержания витамина С в 1,36-1,41 раза, сахаров - в 1,1 раза, титруемой кислотности - в 1,13-1,22 раза, бета-каротина - в 1,9-1,23 раза, ликопина - в 1,55-1,36 раза. Индекс вкуса плодов возрастал при обработке растений селеном на 10%. При 16-кратном уровне обогащения микроэлементом плоды являются хорошим источником селена, обеспечивая поступление в организм человека (в расчете на 300 г плодов) 22-29% от адекватного уровня потребления селена.

Increase of plants resistance to adverse environmental factors is considered to be the basic factor affecting the production of sustainable yields and high quality of agricultural crops. Anomalously high and low temperatures, water logging and drought, bacterial infections and herbivore attack compose significant risk factors during cultivation of different agricultural crops including tomatoes. In last decades great attention is paid to the possibility of plants protection against oxidative stress via biofortification with selenium. Effect of selenium biofortification in adverse ecological conditions of the Chechen republic (high humidity and low temperature) on yield and biochemical characteristics of two tomatoes varieties (Utro, Krasny Velican) was investigated. Dose of 4 mg Se/sq. m in triple processing during vegetation resulted in 18.9-89.9% increase of fruit yield depending on the cultivar tolerance to cladosporium. For the first time the possibility of selenium utilization in protection of plants against cladosporium was demonstrated. Biofortification of plants with selenium resulted in 1.36-1.41 increase of ascorbic acid content, 1.1 times – of carbohydrates, 1.13-1.22 times – of titratable acidity, 1.9-1.23 time – of beta-carotene, 1.55-1.36 times – of lycopene. Taste index of tomato fruit also increased by 10%. 16 Fold fortification level of tomato fruit provides 22-29 % from the adequate selenium consumption level with 300 g of the product.

**Ключевые слова:** томат, селен, антиоксиданты, оксидантный стресс.

**Keywords:** tomatoes, selenium, antioxidants, oxidant stress.

**Для цитирования:** Амагова З.А., Голубкина Н.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕНАТА НАТРИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ОКСИДАНТНОГО СТРЕССА. // Овощи России. 2018;(1):79-81. DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-79-81

**For citation:** Amagova Z.A., Golubkina N.A. EFFICIENCY OF SODIUM SELENATE UTILIZATION IN TOMATOES PRODUCTION IN STRESS CONDITIONS. Vegetable crops of Russia. 2018;(1):79-81. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-79-81

Биогенные и абиогенные воздействия, вызывающие в растениях оксидантный стресс, приводят повсеместно к огромным потерям урожая. В связи с этим в последние годы большое внимание уделяется возможности защиты растений от разных форм оксидантного стресса путем использования микроэлемента селена. К настоящему времени накоплен значительный материал по перспективности использования соединений селена в защите растений от засухи, засоления, высоких температур, охлаждения, заморозков, воздействия тяжелых металлов, патогенов, УФ-

облучения и вредных насекомых (Sieprawska et al, 2015). Не являясь эссенциальным элементом для растений, селен является составной частью антиоксидантной системы растений. При этом защитный эффект микроэлемента в значительной степени зависит от используемой дозы микроэлемента, его химической формы (селенаты или селениты), а оптимальная доза индивидуальна для разных видов растений. Обработка растений солями селена (корневое, внекорневое внесение микроэлемента, условия гидропоники) при выборе оптимальной дозы обеспечивает не только

защиту от оксидантов, но также способствует повышению урожая и качества продукции. Кроме того, сельскохозяйственные растения, обогащенные селеном, представляют собой функциональные продукты питания, обеспечивающие человека защитой от вирусных, кардиологических и онкологических заболеваний.

Целью настоящей работы была оценка эффективности использования селената натрия при выращивании томата в стрессовых условиях 2017 года на территории Чеченской Республики.

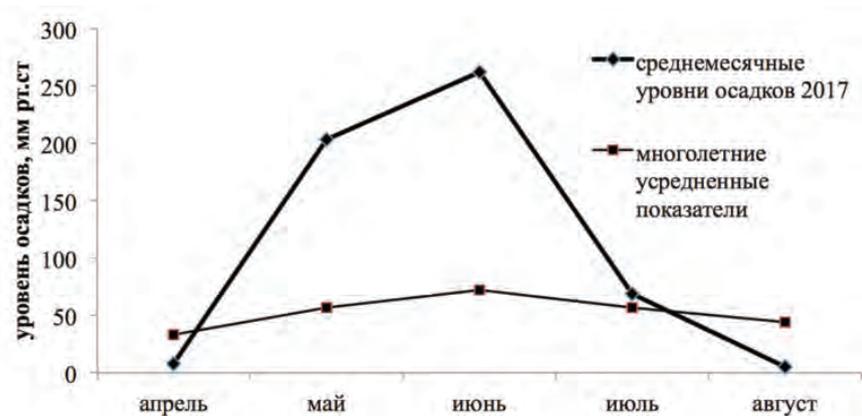


Рис. 1. Среднемесячный уровень осадков в апреле-августе 2017 года в Чеченской Республике.  
Fig. 1. Average monthly rainfall in April-August 2017 in the Chechen Republic.

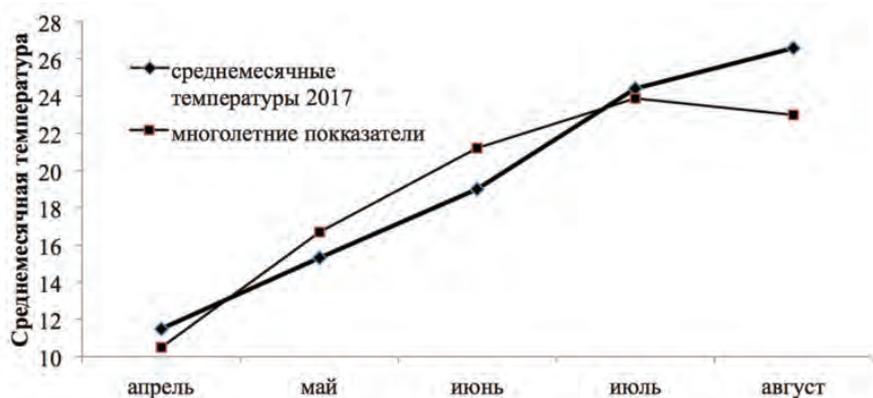


Рис. 2. Среднемесячные температуры в апреле-августе 2017 года в Чеченской Республике.  
Fig. 1. Average monthly rainfall in April-August 2017 in the Chechen Republic.

#### Материалы и методы

Растения выращивали на выщелоченном черноземе экспериментальных полей ФГБНУ «Чеченского НИИСХ». Содержание гумуса составило 3,1%, подвижного фосфора – 11,5 мг/100 г, уровень обменного калия – 14,5 мг/100 г, содержание нитратного азота – 0,3 мг/100 г, pH почвы – 6,9.

Рассаду томата сортов Утро и Красный Великан высаживали в открытый грунт в возрасте 70 суток, из расчета 4 раст./м<sup>2</sup>. Распределение делянок рендомизированное. Размер делянки 2 x 7 м. Повторность четырехкратная. Период вегетации составил 105 дней (от 04.05.2017 до 16.08.2017). Урожай собирали по мере созревания плодов, регистрируя массу и размеры плодов.

Обогащение проводили опрыскиванием растений раствором селената натрия (концентрация из расчета 40 г/га (или 4 мг/м<sup>2</sup>)), внесение осуществляли 3 раза: 01.07.2017 (фаза зеленой степени зрелости плода); 11.07.2017 (фаза бурой спелости плода) и 27.07.2017 (фаза полной спелости плода). Обогащение селеном растений в более ранние фазы вегетации не представлялось возможным в связи с обильными дождями в мае и июне 2017 года.

Содержание селена устанавливали флуориметрически, содержание витамина С и каротиноидов определяли общепринятыми методами (Руководство 2004). Титруемую кислотность томата определяли по ГОСТ. Содержание сахаров устанавливали по

величине Brix, которую определяли рефрактометрически по показателю преломления сока. Уровень сухого вещества регистрировали гравиметрически, содержание нитратов – с помощью ионоселективного электрода. Индекс вкуса рассчитывали по формуле:  $Brix/20 \times TK + TK$ , где ТК – титруемая кислотность. Содержание водорастворимых минералов устанавливали кондуктометрически.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием статистической программы Excel.

#### Результаты и обсуждения

Практически во всех регионах России 2017 год явился аномальным, и Чеченская Республика не была исключением: низкие температуры весной, огромное количество осадков в течение мая и июня (общее количество осадков за вегетационный период составило 550 мм, что превышало средние показатели для республики в 300-600 мм, рис.1), Предельно высокие температуры в августе (рис.2) обусловили снижение урожая и интенсивное поражение сельскохозяйственных растений бактериальными заболеваниями. Особенности условий вегетации включали также повышенное содержание подвижного фосфора, высокий уровень обменного калия и очень низкое содержание нитратного азота (см.выше).

Трехкратная обработка растений раствором селената натрия была не только необходима в связи с частыми дождями, но также определяла отсутствие токсического эффекта микроэлемента. Обогащение растений селеном значимо повышало иммунитет растений и предотвращало развитие кладоспориоза у опытных растений томата (рис.3), что в значительной степени дополняет литературные данные о повышении



Рис. 3. Томат, сорт Утро, растения, обработанные (а) и не обработанные (б) селенатом натрия.  
Fig. 3. Tomato, variety Utro, plants treated (a) and not treated (b) with sodium selenate.



Рис.4. Влияние обогащения растений селеном на урожай томата.  
Fig.4. Effect of plant enrichment with selenium on tomato yield.

Таблица 1. Биохимические показатели томата  
Table 1. Biochemical indicators of tomato fruits

Показатель	Условия эксперимента	Утро	Красный великан
Сухое вещество, %	Контроль	5,9±0.1 a*	5,5±0.1 A*
	Se	6,3±0.1 b	5,6±0.1 A
Витамин С, мг/100 г	Контроль	24,3±1 a	22±1 A
	Se	33±2b	31±1B
Нитраты, мг/кг	Контроль	308±32a	291±10 A
	Se	314±30 a	299±10 A
Кислотность мг ябл. кислоты/100 г	Контроль	0,55±0.02a	0,50±0.02 A
	Se	0,62±0.01b	0,61±0.03B
Вrix, % сахаров	Контроль	3,45±0.13 a	2,45±0.11A
	Se	3,8±0.12b	2,45±0.11 B
Индекс вкуса	Контроль	0,86a	0,74A
	Se	0,93b	0,81B
β-каротин, мг/100 г	Контроль	0.84 a	1.04A
	Se	1.6 b	1.7B
Ликопин, мг/100 г	Контроль	4.7a	5.3 A
	Se	7.3 b	7.2B
Водорастворимые минералы, мг/кг	Контроль	592 a	589 A
	Se	643 b	635 B
Селен, мкг/кг сухой массы	Контроль	71±1 a	60±1 A
	Se	1150±89 b	947±10 B

\*одинаковые индексы показателей контрольных и опытных растений для каждого параметра соответствуют отсутствию статистически достоверных различий ( $P>0.05$ ).

устойчивости томата к *Fusarium wilt* при обработке селеном (Companioni et al, 2012).

Результаты исследования в условиях Республики Чеченской показали, что в условиях аномальной влажности и среднемесячных температур урожай томата при использовании селената натрия может быть повышен на 18,9% – сорт Красный великан и 89,9% – сорт Утро (рис.4). Столь большие различия в отзывчивости сортов к воздействию селена связаны с существенно большей устойчивостью сорта Красный великан к кладоспориозу, в результате чего сохранность контрольных растений сорта Утро оказалась значительно ниже по сравнению с сортом Красный Великан.

Биохимические показатели растений подтверждали положительное воздействие селена на рост и развитие растений. Данные таблицы 1 показывают, что обогащение селеном способствует увеличению содержания витамина С, кислотности, содержания сахаров и каротиноидов. Возрастание уровня накопления водорастворимых минералов указывало на улучшение нутриентной обеспеченности растений благодаря внекорневому внесению микроэлемента. В совокупности плоды растений, обогащенные селеном, имели достоверно более высокий индекс вкуса, чем плоды контрольных растений.

Среднее содержание селена в плодах растений, обогащенных селеном, составило 947 и 1150 мкг/кг сухой массы (сорта Красный великан и Утро соответственно). В пересчете на сырую массу это составляет 52 и 68 мкг/кг. Принимая во внимание, что принятый адекватный уровень потребления селена равен 70 мкг/день, потребление 300 г обогащенных плодов томата обеспечивает поступление в организм человека 22-29% оптимального для человека уровня, что представляется крайне важным в связи с выявленным ранее низким уровнем селенового статуса населения Чеченской Республики (Амагова и др, 2017) и известными фактами защитного действия селена от кардиологических и онкологических заболеваний (Голубкина, Папазян, 2006).

Таким образом, результаты работы свидетельствуют о перспективности использования внекорневого внесения селена при выращивании томата в стрессовых условиях.

**Авторы выражают благодарность сотрудникам Чеченского НИИХС Мулиговой Р.Х. и Елмурзаевой Ф.Д. за помощь в проведении эксперимента.**

#### • Литература

- Амагова З.А., Голубкина Н.А. Проблема йодной и селеновой недостаточности в Чеченской Республике // Микроэлементы в медицине. 2017. - Т. 18(3). - С. 13-19;
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М., Печатный город, 2006.
- ГОСТ Р 51434-99 Фруктовые и овощные соки Методы определения титруемой кислотности.
- Руководство по методам оценки качества биологически активных добавок к пище. М., 2004.
- Companioni, B., Medrano, J., Torres, J.A., Flores, A., Rodriguez, E. and Benavides, A. Protective action of sodium selenite against *Fusarium wilt* in tomato: total protein content, levels of phenolic compounds and changes in antioxidant potential. *Acta Hort.* - 2012.- Vol.947.- P. 321-327.
- Sieprawska A, Kornas A, Filek M Involvement of selenium in protective mechanisms of plants under environmental stress conditions – review // *Acta Biologica Cracoviensis Ser. Botanica* – 2015. - Vol.57(1). - P. 9-20.

#### • References

- Amagova ZA, Golubkina N.A. The problem of iodine and selenium deficiency in the Chechen Republic // *Microelements in medicine*. 2017. - T. 18 (3). - P. 13-19.
- Golubkina NA, Papazyan TT Selenium in the diet. Plants, animals, people. M., Pechatni gorod. 2006.
- GOST R 51434-99 Fruit and vegetable juices Methods for determination of titrated acidity.
- Guidance on methods for assessing the quality of dietary supplements. M., 2004.
- Companioni, B., Medrano, J., Torres, J.A., Flores, A., Rodriguez, E. and Benavides, A. Protective action of sodium selenite against *Fusarium wilt* in tomato: total protein content, levels of phenolic compounds and changes in antioxidant potential. *Acta Hort.* - 2012.- Vol.947.- P. 321-327.
- Sieprawska A, Kornas A, Filek M Involvement of selenium in protective mechanisms of plants under environmental stress conditions – review // *Acta Biologica Cracoviensis Ser. Botanica* – 2015. - Vol.57(1). - P. 9-20.