

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-63-68>  
УДК 635.35:631.816.12

Антошкина М.С.,  
Голубкина Н.А.,  
Бондарева Л.Л.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14  
E-mail: limont\_m@mail.ru, segolubkina45@gmail.com, lyuda\_bondareva@mail.ru

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Антошкина М.С., Голубкина Н.А., Бондарева Л.Л. Влияние внекорневого обогащения капусты цветной селенатом натрия на урожайность, пищевую ценность и антиоксидантный статус растений. *Овощи России*. 2020;(3):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-63-68>

**Поступила в редакцию:** 02.06.2020

**Принята к печати:** 16.06.2020

**Опубликована:** 25.07.2020

Marina S. Antoshkina,  
Nadezhda A. Golubkina,  
Lyudmila L. Bondareva

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072  
E-mail: limont\_m@mail.ru, segolubkina45@gmail.com, lyuda\_bondareva@mail.ru

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Antoshkina M.S., Golubkina N.A., Bondareva L.L. Effect of foliar sodium selenate biofortification on cauliflower yield, nutritional value and antioxidant status. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(3):63-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-63-68>

**Received:** 02.06.2020

**Accepted for publication:** 16.06.2020

**Accepted:** 25.07.2020

# Влияние внекорневого обогащения капусты цветной селенатом натрия на урожайность, пищевую ценность и антиоксидантный статус растений



## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Обогащение сельскохозяйственных растений селеном считается наиболее перспективным путем решения проблемы дефицита селена среди населения многих стран мира.

**Материал и методика.** Исследовано внекорневое обогащение капусты цветной сорт Полярная звезда различными дозами селената натрия на урожайность, содержание селена и биохимические показатели органов растений.

**Результаты.** Показано, что обогащение селеном растений повышает урожайность в 1,23-1,31 раз, содержание сахаров – в 1,6 раз, аскорбиновой кислоты – 1,52-2,0 раза, но не влияет достоверно на концентрацию полифенолов и уровень жирорастворимых антиоксидантов. Уровень аккумуляции селена снижался в ряду: соцветия > листья > корни. Селенат натрия в концентрации 75 мг/л увеличивал в 1,9 раза массу листьев капусты цветной и в 1,5 раза – корневой системы. Потребление 100 г обогащенной селеном капусты цветной обеспечивало 100% суточной потребности в селене при использовании раствора 50 мг селената/л, 127% – в условиях применения 75 мг селената/л раствора и 418% – при опрыскивании растений раствором селената натрия концентрации 100 мг/л. Принимая во внимание незначительные различия в содержании сахаров и антиоксидантов в соцветиях капусты, обогащенной разными дозами селена, оптимальным представляется использование раствора селената натрия в концентрации 50 мг/л.

**Ключевые слова:** капуста цветная, селен, сахара, антиоксиданты.

## Effect of foliar sodium selenate biofortification on cauliflower yield, nutritional value and antioxidant status

### ABSTRACT

**Relevance.** Biofortification of agricultural crops with selenium is considered to be the most promising method for the human selenium status optimization.

**Methods.** Effect of foliar biofortification of cauliflower, Polyarnaya Zvezda cv, with sodium selenate of different concentrations on yield, selenium content and biochemical characteristics of plants were investigated.

**Results.** Enrichment of plants with selenium increased yield by 1.23-1.31 times, sugar content – 1.6 times, ascorbic acid concentration – 1.52-2 times. On the contrary, the treatment did not affect polyphenol content and antioxidant activity of ethanolic extracts of plants. Selenium accumulation levels decreased according to inflorescences > leaves > roots. Sodium selenate solution at 75 mg/L concentration increased mass of cauliflower leaves 1.9 times and roots – 1.5 times. Consumption of 100 g of cauliflower fortified with 50 mg/L sodium selenate solution provided 100% of the daily adequate selenium consumption level. Utilization of higher sodium selenate concentrations ensured 127% and 418% of the daily adequate consumption level in case of 75 mg/L and 100 mg/L concentrations respectively.

Taking into account insignificant differences between sugar content and antioxidants in cauliflower inflorescences fortified with different doses of selenium the most suitable concentration to be used was 50 mg/L

**Keywords:** cauliflower, selenium, carbohydrates, antioxidants.

### Введение

Данные эпидемиологических исследований свидетельствуют о мощном положительном влиянии потребления овощей и фруктов на здоровье человека (Pandey & Rizvi, 2009). В последние десятилетия особое внимание уделяется овощам с повышенным содержанием вторичных метаболитов антиоксидантного действия. Установлено, что растения рода *Brassica* снижают риск развития хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые и рак (Raiola et al., 2018). В целом капустные культуры обеспечивают человека такими важными компонентами питания, как витамины, каротиноиды, пищевые волокна, водорастворимые углеводы, минералы, глюкозинолаты и полифенолы [Jahangir et al., 2009]. Овощи семейства *Brassicaceae* и, в частности, капуста цветная, являются важными источниками полифенолов для человека. Они содержат гидроксикинамовую, кофейную, хлорогеновую, феруловую и синаповую кислоты, а также флавонолы (производные каэмпферола и кверцетина) (Vallejo et al., 2003; Heimler et al., 2006). Показано, что капустные культуры являются хорошими источниками антимуtagens. Отдельные эпидемиологические исследования показали, что высокое потребление капусты связано со снижением риска возникновения и развития рака [Zhang et al., 1994]. Капустные культуры защищают от химического канцерогенеза путем модулирования метаболизма канцерогенов (Bradfield et al., 1985). Это относится ко всем представителям *Brassica*, включая и капусту цветную. Капуста цветная – самый близкий родственник брокколи и содержит высокие концентрации витамина А, тиамина, рибофлавина, ниацина, витамина С, кальция, железа, фосфора и жиров (Owen, 1996). В 2004 году общая площадь, занимаемая капустой цветной в мире, составила 8.88 млн га, при уровне производства 16.40 млн т (FAOSTAT, 2004).

Общепризнано, что биообогащение растений селеном является наиболее экономически выгодным методом получения функциональных продуктов питания с повышенным содержанием селена, крайне востребованных для разных категорий населения, особенно лиц с повышенным риском хронических заболеваний (White and Broadley, 2009; Fageria et al., 2012). Кроме того, известно, что внесение селена в умеренных дозах оказывает ростостимулирующий эффект на растения (Feng et al., 2013; Hartikainen and Xue, 1999; Sajedi et al., 2011; El-Ramady et al., 2014) и защищает от вредных насекомых, патогенов (Hanson et al., 2003), оксидантного стресса (Xue et al., 2001) и дефицита влаги в почве (Wang et al., 2011). В последние годы уровень потребления растений рода *Brassica* возрос в связи с установлением высокой пищевой ценности и мощного положительного действия на здоровье человека благодаря богатому минеральному составу, высокому содержанию антиоксидантов и глюкозинолатов, инактивирующих канцерогенные метаболиты в организме человека и ингибирующими развитие рака *in vitro* и *in vivo* (Fouad et al., 2013; Samec et al., 2016; Park et al., 2014; Tortorella et al., 2015). Возможность получения функциональных продуктов питания на основе капустных культур с повышенным содержанием селена исследовалась на брокколи, проростках капусты брюссельской и белокочанной (White and Broadley, 2009), а также на капусте цветной (Avila et al., 2014, Oancea et al., 2015).

Целью настоящего исследования было исследование закономерностей аккумуляции селена капустой цветной при внекорневом внесении селената натрия и получение функционального продукта с повышенным содержанием селена и других антиоксидантов.

## 2. Материалы и методы

### 2.1 Условия выращивания

Исследования проводили в 2018-2019 годах на капусте цветной сорта Полярная звезда на экспериментальных полях ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Московская обл. (55° 39' 23" N, 37° 12' 43" E). Семена высевали в теплице в конце апреля в кассеты с торфокомпостной смесью Агробалт. Высадку в грунт осуществляли в конце мая по схеме 35 см между растениями и 70 см между рядами. Уборку урожая осуществляли в фазу технической спелости головки (середина августа).

Почвы экспериментального участка дерново-подзолистые среднесуглинистые. Содержание гумуса – 1,62%, pH 6,1, гидролитическая кислотность – 1,32 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 19,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 93,6%, содержание подвижного фосфора – 472 мг/кг почвы, обменного калия – 167 мг/кг почвы, минерального азота – 9 мг/кг, селена – 240 мкг/кг с.м.

Климатические условия за вегетационный период 2018-2019 годов представлены следующими показателями: среднемесячная температура за вегетацию в 2018 году достигала 18.5°C, в 2019 году – 19.6°C; средняя относительная влажность за вегетацию в 2018 году составила 80,6%, в 2019 году – 76,5%.

Предшественником капусты в исследованиях была фасоль овощная.

Экспериментальный протокол включал 4 обработки: 1) контроль; внекорневое внесение: 2) 50 мг/л селената натрия (150 мг/м<sup>2</sup>, 0,26 mM раствор селената натрия); 3) 75 мг/л селената натрия; 4) 100 мг/л селената натрия. Опрыскивание раствором селената натрия растений проводили в фазу формирования головки: обработка – 13-15 июля, вторая – через 10 дней. Обработку осуществляли в 18 часов вечера, чтобы исключить возможные ожоги растения в утренние часы. В работе использовали ручной ранцевый опрыскиватель Solo с нормами расхода рабочего раствора 300 л/га. Опыты проводили в трех повторностях (по 15 растений). Внекорневое обогащение селеном было выбрано в связи с большей эффективностью обогащения по сравнению с внесением селена в почву (Karolina et al., 2012).

В фазе технической спелости образцы капусты цветной (n=10) взвешивали отдельно головки (соцветия), листья и корни растения. Корни промывали водой для удаления остатков почвы. Все образцы измельчали и гомогенизировали.

2.2. Содержание сухого вещества устанавливали гравиметрическим высушиванием образцов при 70°C до постоянной массы (Кидин и др., 2008).

2.3. Содержание нитратов устанавливали на гомогенизированных образцах с использованием ион селективного электрода на иономере Эксперт-001 (ООО 'Эконикс'. Россия).

2.4. Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом визуального титрования 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (АОАС, 2012).

2.5. Содержание полифенолов устанавливали спектрофотометрически на спектрофотометре Unico (США) с использованием реактива Фолина-Чиокалтеу (Голубкина и др., 2020) на спиртовых экстрактах высушенных растений (70% этанол, 80°C, 1 час). В качестве стандарта применяли галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г с.м. (мг ГКЭ/г с.м.).

2.6. Уровень антиоксидантной активности (АОА) определяли титриметрически с использованием 0,01 N

раствора перманганата калия (Голубкина и др., 2020).

2.7. Содержание моно- и ди-сахаров осуществляли цианидным методом (Кидин, 2006).

2.8. Статистическую обработку результатов проводили с помощью компьютерной программы Excel.

## Результаты и обсуждения

### Влияние обогащения на урожайность и массу растений

Ростостимулирующий эффект селена описан для многих сельскохозяйственных культур. Однако аналогичные данные для капустных культур весьма ограничены. Так, при выращивании брокколи внесение селената натрия в почву достоверно не влияло на урожай капусты (Adhikari, 2012). При внекорневом обогащении капусты цветной раствором селената натрия в присутствии бетанина и 1% раствора адьюванта концентрации 10 мкМ положительное действие на урожай растений наблюдалось только в условиях дефицита влаги (Utoiu et al., 2017). Исследования обогащения селеном на других капустных культурах проводили только на проростках (El-Ramadi et al., 2014). Многочисленные работы свидетельствуют о ростостимулирующем действии селена и увеличении продуктивности других видов растений (Broadley et al., 2012). Ростостимулирующий эффект связывают с повышением способности растений противостоять активным формам кислорода в стрессовых условиях (Fenget al., 2013). Se активирует ферменты антиоксидантного действия, такие как глутатион пероксидаза и супероксид дисмутаза (Hartikainen et al., 2000; Djanaguiraman et al., 2010), повышает концентрацию антиоксидантов, таких как альфа-токоферол и снижает перекисное окисление липидов (Hartikainen et al., 2000).

Применение более высоких концентраций селената натрия при обогащении капусты цветной по сравнению с работой (Utoiu et al., 2017) и использование вечерней обработки растений выявило возможность значительного повышения продуктивности капусты цветной по сравнению с контролем (табл.1). При использовании концентрации 75 мг селената натрия/л увеличение уро-

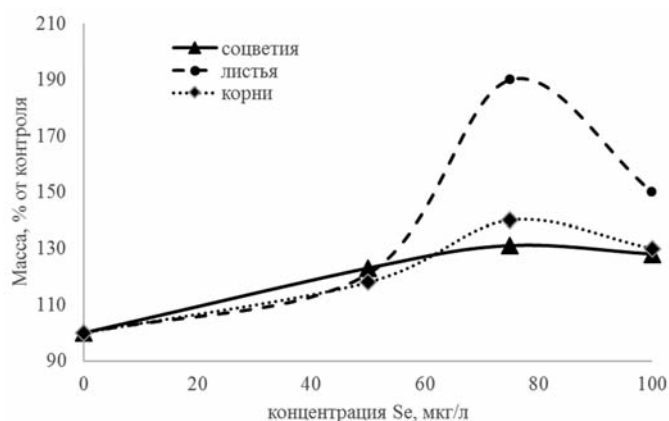


Рис. 1. Влияние селената натрия на массу листьев, соцветий и корней капусты цветной  
Fig. 1. Effect of sodium selenite on leaves, inflorescence and roots mass

жая составило 0,12 кг, что на 30%, выше, чем в контроле (табл. 1). С другой стороны, обращает внимание, что, если урожай капусты цветной в целом достоверно не различался между вариантами с использованием разной концентрации селена, то более мощное влияние было обнаружено для листьев и корней, наибольшая масса которых была установлена при использовании концентрации селената натрия 75 мг/л (табл.1, рис.1).

Влияние обогащения селеном на товарность продукции была не достоверна между вариантами, однако, наблюдалась тенденция к повышению товарности благодаря внесению микроэлемента (табл.1).

### Влияние обогащения на антиоксидантный статус

Известно, что в условиях применения умеренных концентраций селена для многих сельскохозяйственных культур наблюдается увеличение антиоксидантного статуса растений. Так, на индийской горчице показано возрастание содержания аскорбиновой кислоты и флавоноидов в 1,1 и 2,23 раза соответственно при вне-

Таблица 1. Влияние обогащения селеном на урожайность капусты цветной  
Table 1. Selenium biofortification effect on yield of cauliflower

Показатель Parameters	Концентрация селената натрия, мг/л Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> concentration, mg/L				
	0	50	75	100	
Общая масса, г Total mass, g	1121a	1365b	1899c	1593d	
Масса головки, г Inflorescence mass, g	390a	480b	510b	500b	
Масса корней, г Root mass, g	105a	124b	147c	136c	
Урожайность, т/га Yield, t/ha	Общая Total	18.5a	22.8b	24.2b	23.7b
	Товарная Marketable	17.1a	21.6b	23.1b	22.5b
Товарность, % Marketability	92.4a	94.7a	95.5a	94.9a	

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$

Таблица 2. Влияние обогащения селеном на содержание антиоксидантов в капусте цветной  
Table 2. Selenium biofortification effect on antioxidants content in cauliflower

Показатель Parameter	Орган Organ	Концентрация селената натрия Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> , мг/л			
		0	50	75	100
Аскорбиновая кислота, мг/100 г Ascorbic acid, mg/100 g	Соцветие inflorescences	61.5a	105b	122c	93.6b
	Лист Leaves	62.7a	111b	119b	82.4c
Полифенолы, мг ГКЭ/г с.м. Polyphenols, mg-GAE/ g.d.w.	Соцветие Inflorescences	22.4a	19.8a	18.3a	20.0a
	Лист Leaves	18.3a	19.6a	16.7a	17.2a
	Корень Roots	7.9a	7.1a	6.8a	6.3b
Антиоксидантная активность, мг ГКЭ/г с.м. Antioxidant activity, mg-GAE/ g.d.w.	Соцветие Inflorescences	23.3a	18.7b	20.2b	24.8a
	Лист Leaves	24.5a	25.8a	22.8a	22.7a
	Корень Roots	12.4a	9.9ab	10.0ab	9.5b

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при P < 0.05

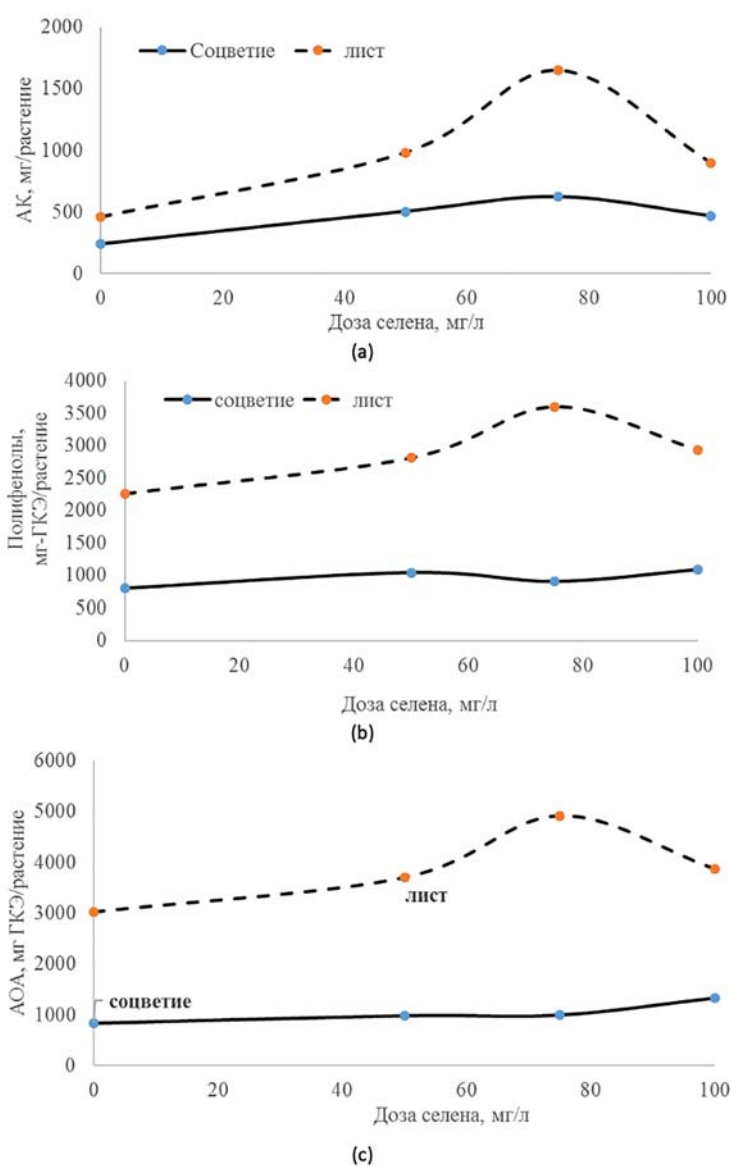


Рис.2. Влияние внекорневого обогащения селеном на накопление аскорбиновой кислоты (а), полифенолов (b) и показателя антиоксидантной активности жирорастворимых антиоксидантов (АОА) в листьях и соцветиях капусты цветной  
Fig.2. Effect of selenium biofortification on accumulation of ascorbic acid (a), polyphenols (b) and antioxidant activity (AOA) in leaves and inflorescences of cauliflower

корневой обработке растений раствором селената натрия 50 мг/л (Golubkina et al., 2018). Установлено положительное действие двуокиси селена на накопление фенольных соединений рапсом (Thiruvengadam, Chung, 2015). С другой стороны, исследования Adhikari (2012) показали, что внесение селената натрия в дозах 20-80 мг в почву не влияло на содержание полифенолов в брокколи и лишь незначительно увеличивало урожайность растений. Данные таблицы 2 показывают, что внекорневое обогащение капусты цветной не влияет на концентрацию полифенолов и содержание жирорастворимых антиоксидантов (АОА), однако, значительно стимулирует биосинтез аскорбиновой кислоты.

С другой стороны, пересчет полученных показателей на одно растение свидетельствует о существовании максимума накопления и аскорбиновой кислоты и полифенолов и показателя антиоксидантной активности жирорастворимой фракции при использовании концентрации селена 75 мг/л (рис.2 а-с). Интересно в связи с этим отметить, что резкое возрастание содержания аскорбиновой кислоты, полифенолов и показателя АОА более характерно для листьев, чем соцветий.

**Влияние на содержание сухого вещества, нитратов и сахаров**

На рапсе *Brassica napus* установлено, что внесение в почву селената натрия приводит к возрастанию содержания сахаров, свободных и серу-содержащих аминокислот в семенах при максимальном положительном эффекте внесения 2 мг Se/кг почвы (Bansal et al., 2012). Напротив, в работе отмечается, что разные уровни селена в почве достоверно не влияют на содержание сухого вещества. На люцерне показано, что обогащение селеном растений увеличивает концентрацию углеводов (Hajiboland et al., 2015).

В настоящем исследовании выбранные концентрации селената натрия не оказывали достоверного влияния на содержание сухого вещества (табл.3), а уровень сахаров при внекорневой

Таблица 3. Влияние обогащения селеном на содержание сухого вещества, нитратов и сахаров в капусте цветной  
Table 3. Effect of selenium biofortification on cauliflower dry matter, nitrates and carbohydrates content

Показатель Parameter	Орган Organ	Концентрация селената натрия Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> Concentration, mg/L			
		0	50	75	100
Сухое вещество, % Dry matter, %	Соцветие Inflorescences	9.15a	10.9a	9.64a	10.8a
	Лист Leaves	16.9a	16.2a	15.5a	15.6a
Нитраты, мг/кг Nitrates, mg/kg d.w.	Соцветие Inflorescences	122a	138a	122a	162b
	Лист Leaves	163ac	137b	153a	183c
Моносахара, % Monosaccharides, %	Соцветие Inflorescences	2.47b	2.52b	2.42b	
Сумма сахаров, % Total sugar, %		1.60a	2.68b	2.68b	2.89b

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$

обработке растений раствором селената натрия возрастал в 1,5-1,6 раз. Обращает внимание, что в интервале концентраций селената натрия 50-100 мкг/л различия в накоплении сахаров между вариантами были недостоверны и только пересчет полученных значений на одно растение позволяет выявить максимальный уровень сахаров при концентрации селената 75 мг/л.

Что касается накопления нитратов, то уровень последних возрастал в соцветиях и листьях при использовании наиболее высокой концентрации селената (100 мг/л).

#### Аккумуляция селена

Проблема внекорневого обогащения капустных культур селеном во многом связана с высоким содержанием воска в листьях, препятствующему быстрой абсорбции микроэлемента. В этих условиях опрыскивание растений раствором солей селена в утренние часы сопровождается значительными потерями селена, когда часть капель скатывается с листьев благодаря гидрофобной поверхности листьев, а оставшаяся часть быстро высыхает на поверхности листа, не успев

проникнуть внутрь, приводя к местным ожогам. Для решения этой проблемы используют корневое внесение элемента (Bansal et al., 2012) или добавляют поверхностно-активные вещества в используемый раствор (Utoiu et al., 2017). В настоящей работе обработку растений раствором селената натрия проводили в вечерние часы, характеризующиеся более высокой температурой листьев после дневного зноя и более медленным испарением капель на листьях, что исключает возможность местных ожогов. Возможность снижения устойчивости растений к патогенам в вечерние часы (Kannan&Bastas, 2015) нивелируется известным защитным эффектом микроэлемента (Kornaś et al., 2019).

Результаты внекорневого обогащения капусты цветной селенатом натрия, представленные на рисунке 3, свидетельствуют об эффективности процесса обогащения, обеспечивающего возможность получения соцветий капусты цветной с высоким содержанием селена.

В выбранных условиях потребление 100 г капусты цветной, обогащенной селеном, может обеспечить поступление в организм человека от 69 мкг, 89 мкг до 296 мкг селена в зависимости от используемой дозы микроэлемента, что соответствует 100% суточной потребности в селене при использовании 50 мг Se/л, 127% – для соцветий, обогащенных 75 мг Se/л и 418% – для соцветий, обогащенных 100 мг Se/л. Принимая во внимание незначительные различия в содержании сахаров и антиоксидантов в соцветиях капусты, обогащенной разными дозами селена, оптимальным представляется использование раствора селената натрия в концентрации 50 мг/л.

#### Заключение

Проведенные исследования по обогащению селеном капусты цветной свидетельствуют о перспективности использования метода внекорневого способа внесения микроэлемента и возможности значительного увеличения урожайности, содержания аскорбиновой кислоты, сахаров и селена.

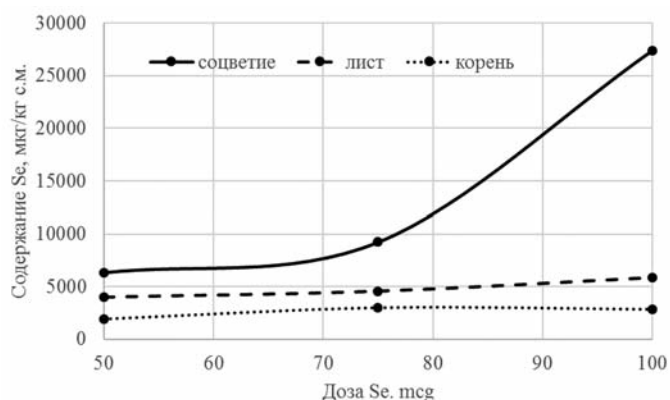


Рис. 1. Влияние селената натрия на массу листьев, соцветий и корней капусты цветной  
Fig. 1. Effect of sodium selenite on leaves, inflorescence and roots mass

**Об авторах:**

**Антошкина Марина Сергеевна** – кандидат с.-х. наук, ст.н.с. лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>

**Голубкина Надежда Александровна** – доктор с.-х. наук, гл.н.с. лабораторно - аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

**Бондарева Людмила Леонидовна** – доктор с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства капустных культур, <https://orcid.org/0000-0002-0912-5913>

**About the authors:**

**Marina S. Antoshkina** – Cand. Sci. (Agriculture), senior researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>

**Nadezhda A. Golubkina** – Doc. Sci. (Agriculture), Chief researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

**Lyudmila L. Bondareva** – Doc. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Cole Crop Breeding and Seed Production, <https://orcid.org/0000-0002-0912-5913>

● **Литература / References**

1. Голубкина, Н.А., Кекина, Е.Г., Молчанова, А.В., Антошкина, М.С., Надежкин, С.М., Солдатенко, А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. 2020. [Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants Antioxidants and Methods of their Determination. M., 2020. (In Russ.).]
2. Кидин В.В. Практикум по агрохимии. М., Колос, 2008. [Kidin V.V. Workshop on agrochemistry. Moscow, Kolos, 2008. (In Russ.)]
3. Adhikari P. Biofortification of selenium in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italic) and onion (*Allium cepa* L.). Thesis. 2012, Norwegian University of Life Sciences.
4. AOAC. The Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical; 2012.
5. Avila F.W., Yang Y., Faquin V., Ramos S.J., Guilherme L.R.G., Thannhauser T.W., Li L., Impact of selenium supply on Se-methylselenocysteine and glucosinolate accumulation in selenium-biofortified Brassica sprouts. *Food Chem.* 2014;(165):578-586.
6. Bansal A., Sharma S., Dhillon S.K., Dhillon K.S. Selenium Accumulation and Biochemical Composition of Brassica Grains Grown in Selenate- or Selenite-Treated Alkaline Sandy Loam Soil. *Commun. Soil Sci, Plan.* 2012;43(9):1316-1331; <http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2012.666306>.
7. Bradfield C.A., Chang Y., Bjeldanes L.F. Effects of commonly consumed vegetables on hepatic xenobiotic-metabolizing enzymes in the mouse. *Food Chem. Toxicol.* 1985;23(10):899-904.
8. Broadley M., Brown P., Cakmak I., Ma J.F., Rengel Z., Zhao F. Function of nutrients: micronutrients. In *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London. 2012. P.249-269.
9. Djanaguiraman M., Prasad P.V., Seppänen M. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. *Plant Physiol. Biochem.* 2010;(48):999-1007. doi: 10.1016/j.plaphy.2010.09.009
10. El-Ramady H.R., Alla N.A., Fári M., Domokos-Szabolcsy É. Selenium enriched vegetables as biofortification alternative for alleviating micronutrient malnutrition. *Int.J.Hort.Sci.* 2014;20(1-2):75 -81. doi: 10.31421/IJHS/20/1-2/1121.
11. Fageria N.K., Moraes M.F., Ferreira E.P.B., Knupp A.M., Biofortification of trace elements in food crops for human health. *Commun. Soil Sci, Plan.* 2012;(43):561-570.
12. FAOSTAT, "Database," Agricultural Data, 2004, <http://www.fao.org/home/en/>.
13. Feng R., Wei C., Tu S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environ. Exp. Bot.* 2013;(87):58-68. doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.09.002.
14. Fouad A. Ahmed and Rehab F. M. Ali Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fresh and Processed White Cauliflower. *BioMed. Res. Int.* 2013;2013:Article ID 367819; <http://dx.doi.org/10.1155/2013/367819>.
15. Hartikainen H., Xue T. The promotive effect of selenium on plant growth as triggered by ultraviolet irradiation. *J. Environ. Qual.* 1999;(28):1372-1375.
16. Hartikainen H., Xue T., Piironen V. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant Soil.* 2000;(25):193-200. doi:10.1023/A:1026512921026.
17. Hajiboland R., Rahmat S., Aliasgharzarad N., Hartikainen H. Selenium-induced enhancement in carbohydrate metabolism in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) as related to the glutathione redox state. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2015;61(4):676-687. doi: 10.1080/00380768.2015.1032181.
18. Heimler D., Vignolini P., Dini M.G., Vincieri F.F., Romani A. Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food Chem.* 2006;99(3):464-469.
19. Jahangir M., Kim H.K., Choi Y.H., Verpoorte R. Health-affecting compounds in *Brassicaceae*. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 2009;8(2):31-43.
20. Kápolna, E., Laursen K.H., Husted S., Larsen E.H. Bio-fortification and isotopic labelling of Se metabolites in onions and carrots following foliar application of Se and <sup>75</sup>Se. *Food Chem.* 2012;(133):650-657.
21. Kannan V.R., Bastas K.K. Sustainable Approaches to Controlling Plant Pathogenic Bacteria. *CRC press.* 2015. 421 p.
22. Kornaś A., Filek M., Sieprawska A., Bednarska-Kozakiewicz E., Gawrońska K., Miszański Z. Foliar application of selenium for protection against the first stages of mycotoxin infection of crop plant leaves. *J. Sci. Food Agric.* 2019;99(1):482-485. doi:10.1002/jsfa.9145.
23. Oancea A., Gaspar A., Seciu A.-M., Stefan L.M., Craciunescu O., Georgescu F., Lacatusu R. Development of a new technology for protective biofortification with selenium of *Brassica* crops. *AgroLife Scientific J.* 2015;4(2):80-85.
24. Owen R.F., Food Chemistry. Marcel Dekkar. New York, NY, USA, 3rd edition, 1996.
25. Pandey K.B., Rizvi S.I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid.Med.Cell.Longev.* 2009;2(5):270-278.
26. Park H.S., Han M.H., Kim G.-Y., Moon S.-K., Kim W.-J., Hwang H.J., Park K.Y., Choi Y.H. Sulforaphane induces reactive species-mediated mitotic arrest and subsequent apoptosis in human bladder cancer 5637 cells. *Food Chem. Toxicol.* 2014;(64):157-165.
27. Raiola A, Errico A., Petruk G., Monti D.M, Barone A., Rigano M.M. Bioactive Compounds in *Brassicaceae* Vegetables with a Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Molecules.* 2018;(23):15; doi:10.3390/molecules23010015.
28. Sajedi N., Madani H., Naderi A. Effect of microelements and selenium on superoxide dismutase enzyme, malondialdehyde activity and grain yield maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* 2011;(39):153-159.
29. Samec D., Pavlovic I., Salopek-Sondi B. White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*): botanical, phytochemical and pharmacological review. *Phytochem. Rev.* 2016;(16):117-135. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-016-9454-4>.
30. Thiruvengadam M., Chung I.-M. Selenium, putrescine, and cadmium influence health-promoting phytochemicals and molecular-level effects on turnip (*Brassica rapa* ssp. *rapa*). *Food Chem.* 2015;(173):1185-193. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.012.
31. Tortorella S.M., Royce S.G., Licciardi P.V., Karagiannis T.C. Dietary sulforaphane in cancer chemoprevention: the role of epigenetic regulation and HDAC inhibition. *Antioxid Redox Sign.* 2015;(22):1382-1424.
32. Turakainen M. Selenium and its effects on growth, yield and tuber quality in potatoes. Thesis. 2007. Helsinki.
33. Vallejo F., Tomas-Barberan F.A. Garc'ia-Viguera., C. Phenolic compound contents in edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking. *J. Sci.Food Agric.* 2003;83(14):1511-1516.
34. Utoi E, Oancea A., Gaspar A., Seciu A.-M., Șrefan L.M., Coroiu V., Craciunescu O., Badiu C.D., Oancea F. Selenium biofortification treatment of cauliflower enhances their content in chemopreventive compounds and in vitro antitumoral activity. *Sci. Bul., Series F. Biotechnologies.* 2017;(XXI):33-40.
35. Wang C.Q., Water-stress mitigation by selenium in *Trifolium repens* L. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2011;(174):276-282.
36. White P.J., Broadley M.R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 2009;(182):49-84.
37. Xue T., Hartikainen H., Piironen V., Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant Soil.* 2001;(237):55-61.
38. Zhang Y., Talalay P. Anticarcinogenic activities of organic isothiocyanates: chemistry and mechanisms. *Cancer Res.* 1994;54(7):1976s-1981s.