

# Химический состав продукции *Raphanus indicus* в зависимости от некорневых микроэлементных подкормок

О.В. Елисеева, А.Ф. Елисеев

Представлены результаты исследований по изучению влияния некорневых обработок растений редьки индийской растворами хромкалиевых квасцов и селенита натрия. Показано, что растения редьки индийской по-разному реагировали на некорневые подкормки хромом и селеном. Разная реакция растений отмечена в таких показателях качества продукции, как содержание сухого вещества, сухих растворимых веществ и аскорбиновой кислоты.

**Ключевые слова:** редька, микроэлементы, химический состав, хром, селен.

**Р**едька, издревле известная на Руси культура, и сегодня не потеряла своей популярности. Широкое распространение получили не только корнеплодная форма этого растения, но и листовая. Помимо этих форм редьки для выращивания представляет интерес индийская редька – *Raphanus indicus* Sinsk. (*Raphanus sativus* var. *indicus* Sinsk.). Свое распространение индийская редька получила из стран юго-восточной Азии и, особенно, с севера Индии, откуда ее второе название «редис из Мадраса». Это однолетнее растение семейства капустных. У

этой овощной культуры в пищу употребляют стручки в молочной спелости, которые используют в свежем, вареном и маринованном виде.

Редька – важный источник витаминов, углеводов, аминокислот, эфирных масел. Однако пищевая ценность овощных культур определяется содержанием в них еще и жизненно важных микроэлементов.

Роль микроэлементов в жизни растений многообразна и значительна. Они участвуют в сложных биохимических процессах в растительном организме, активизируют деятельность ферментов, гормонов, витаминов, участвуют в синтезе органических веществ, способствуют увеличению продуктивности с.-х. культур и улучшают качество получаемой продукции. У каждого микроэлемента своя специфическая функция. Микроэлементный состав растений разнообразен и обусловлен их биологическими особенностями, а также содержанием подвижных форм элементов в почвах, так как в основном они поступают в растение из почвенного раствора [1].

Хром и селен входят в элементный состав растений. Изучение содержания хрома в растениях имеет большое значение в связи с его участием в метаболизме глюкозы и холестерина в организме человека и животных. Доступность

хрома для растений ограничена, несмотря на значительные количества данного элемента в большинстве почв [2]. Селен – важный антиоксидант, участвует в различных биохимических процессах в организме человека и животных [3, 4], необходим для нормальной жизнедеятельности человека и при потреблении в сутки примерно 50–200 мкг нетоксичен для его организма [5, 6]. Селен поступает в организм человека и животных в основном в виде селеносодержащих аминокислот растительного происхождения, таких, как селенметионин и селенцистеин. Дефицит данного элемента восполняют, включая его в рацион в виде селенита или селената натрия. Однако органическая форма селена менее токсична для человека, поэтому предпочтительнее по сравнению с неорганической формой [4, 7]. Содержание селена в растениях определяется типом почвы, ее кислотностью, окислительно-восстановительным потенциалом, содержанием в ней селена, водным и температурным режимами, а также фазой развития растений. Основным фактором является величина pH почвенного раствора. На кислых почвах доступность селена для растений ниже [2].

Обогащение овощных культур этими микроэлементами позволит увеличить их поступление в организм человека в легкоусвояемой и доступной форме.

Цель исследований – изучить изменение качества продукции редьки индийской при некорневой обработке вегетирующих растений растворами, содержащими селен и хром в ионной форме.

Опыт проводили в 2016 и 2017 годах в лаборатории овощеводства ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева в открытом грунте. Объектом исследования служил образец редьки индийской, привезенный из Индии. Раствор селенита натрия ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) применяли в двух концентрациях 0,0005% и 0,001% по Se. Раствор хромкалиевых квасцов



Редька индийская (*Raphanus indicus* Sinsk.)

( $KCr(SO_4)_2 \times 12 H_2O$ ) применяли в двух концентрациях 0,002% и 0,005% по Cr. Выбор концентрации хрома и селена в применяемых растворах проводили с учетом данных в наших более ранних экспериментах [8, 9], а также с учетом токсичности для человека данных элементов в высоких концентрациях. Опыт проводили по следующей схеме: 1. NPK (фон) – контрольный вариант; 2. NPK + HO Cr 0,002%; 3. NPK + HO Cr 0,005%; 4. NPK + HO Se 0,0005%; 5. NPK + HO Se 0,001%. Повторность трехкратная. В качестве фонового макроудобрения при посеве в почву вносили нитроаммофоску из расчета 30 г/м<sup>2</sup>. Обработку растворами прово-



Цветение и плодоношение редьки индийской

дили путем опрыскивания вегетирующих растений в фазу массовой линьки корня на 18 день от всходов. В фоновых вариантах обработку растворами не проводили, а применяли дистиллированную воду. Первый сбор плодов проводили в фазе молочной спелости на 47 день после появления всходов, второй сбор – в фазе молочно-восковой спелости на 52 день от всходов. В сырой массе продукции индийской редьки определяли содержание сухого вещества методом высушивания измельченной навески при 105 °С до постоянной воздушно-сухой массы, сухих растворимых веществ рефрактометрическим методом на рефрактометре RL 3, аскорбиновой кислоты по методу И.К. Мурри, β-каротина фотометрическим методом на КФК-2.

Анализ химического состава стручков показал, что некорневая обработка растений раствором хро-

**Таблица 1. Химический состав продукции редьки индийской (*Raphanus indicus* Sinsk.) при применении некорневой обработки раствором хромокалиевых квасцов, среднее за 2016-2017 годы**

Вариант	Сухое вещество, %		Сухие растворимые вещества, %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г		β-каротин, мг/100 г	
	сбор							
	1	2	1	2	1	2	1	2
NPK (нитроаммофоска, фон)	9,3	9,2	5,3	4,4	41,0	37,8	2,1	2,3
NPK + Cr 0,002%	9,6	9,6	6,0	4,4	44,5	38,7	2,4	2,8
NPK + Cr 0,005%	10,0	10,5	6,4	4,4	46,4	41,0	2,1	2,3
HCP <sub>05</sub>	0,4	0,4	0,3	0,1	2,1	1,9	0,3	0,4

мокалиевых квасцов способствовала увеличению в них содержания сухого вещества (табл. 1). В варианте с меньшей концентрацией Cr в рабочем растворе (0,002%) в первом и втором сборе урожая содержание сухого вещества было на одном уровне и составило 9,6%. В варианте NPK + Cr 0,005% значение этого показателя было существенно больше по сравнению с контрольным вариантом (10,5% против 9,2%) и по сравнению в вариантом NPK + Cr 0,002%

тах опыта, что, по-видимому, связано с трансформацией моно- и дисахаридов в крахмал.

Важный показатель качества овощных культур – содержание в продукции аскорбиновой кислоты. Известно, что хром стимулирует образование и окисление аскорбиновой кислоты и способствует повышению содержания в листьях хлорофиллов а и б и суммы каротиноидов [10, 11]. Анализ продуктовой части растений редьки индийской показал, что с увеличением возраста растений содержание в стручках аскорбиновой кислоты снижалось. В контрольном варианте оно составило 41,0 мг/100 г в первом сборе продукции и 37,8 мг/100 г во втором сборе. Некорневая обработка вегетирующих растений раствором хрома (III) привела к увеличению содержания аскорбиновой кислоты в стручках как в первом сборе, так и во втором сборе плодов, причем в варианте NPK + Cr 0,005% наблюдалось увеличение

(9,6% против 9,2%). Следует отметить, что при применении более высокой концентрации Cr в рабочем растворе также наблюдалось увеличение содержания сухого вещества во втором сборе урожая по сравнению с первым.

Содержание в стручках сухих растворимых веществ в первом сборе возрастало, и было наибольшим (6,4%) в варианте NPK + Cr 0,005%, что на 1,1% больше, чем в контрольном варианте. Во втором сборе наблюдалось снижение содержания сухих растворимых веществ до 4,4% во всех вариан-



Стручки – продукция редьки индийской

**Таблица 2. Химический состав продукции редьки индийской (*Raphanus indicus* Sinsk.) при некорневой обработке раствором селенита натрия, среднее за 2016-2017 годы**

Вариант	Сухое вещество, %		Сухие растворимые вещества, %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г		β-каротин, мг/100 г	
	сбор							
	1	2	1	2	1	2	1	2
NPK (нитроаммофоска, фон)	9,3	10,5	5,3	4,4	41,0	37,8	2,1	2,3
NPK + Se 0,0005%	8,8	9,0	6,3	4,4	41,8	33,3	2,2	2,9
NPK + Se 0,001%	8,8	7,6	5,3	3,5	41,0	35,4	1,7	2,0
HCP <sub>05</sub>	0,3	0,4	0,4	0,2	1,4	1,8	0,3	0,4

ее содержания в продукции до уровня контрольного варианта в первом сборе (41,0 мг/100 г). Содержание β-каротина в стручках с увеличением их степени созревания возрастало в среднем в 1,1 раза во всех вариантах опыта, при этом в варианте NPK + Cr 0,002% оно было наибольшим как в первом сборе, так и во втором сборе продукции.

При некорневой обработке растений раствором Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> отмечено снижение в стручках содержания сухого вещества как в первом сборе, так и во втором сборе продукции, то есть стручки становились более сочными (**табл. 2**).

Содержание в стручках сухих растворимых веществ в первом сборе в варианте NPK + Se 0,0005% возросло до 6,3%, что на 1,0% больше, чем в других вариантах опыта. Увеличение концентрации селена в рабочем растворе до 0,001% не привело к увеличению содержания сухих растворимых веществ в плодах. Напротив, значение этого показателя снижалось до контрольного варианта – 5,3%. Во втором сборе в варианте NPK + Se 0,0005% содержание сухих растворимых веществ оставалось на уровне фона, а в варианте NPK + Se 0,001% отмечено снижение содержания сухих растворимых веществ до 3,5%. Как и в опыте с применением раствора хромкалиевых квасцов, во всех вариантах опыта наблюдалось снижение содержания сухих растворимых веществ к моменту второго сбора плодов по сравнению с данными первого сбора.

В растениях аскорбиновая кислота участвует в биосинтезе и стабилизации фотосинтетического аппарата, функционирование которого оказывает непосредственное влияние на урожайность любой с.-х. культуры. Некорневая обработка вегетирующих растений раствором Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> не повлияла на содержание аскорбиновой кислоты в стручках к перво-

му сбору продукции. В обоих вариантах ее концентрация была на уровне контрольного варианта с незначительным увеличением в варианте NPK + Se 0,0005% до 41,8 мг/100 г. Во втором сборе урожая содержание аскорбиновой кислоты во всех вариантах было ниже, чем в первом сборе, причем ее наибольшее содержание отмечено в контрольном варианте (37,8 мг/100 г), а наименьшее – в варианте NPK + Se 0,0005% (33,3 мг/100 г).

Некорневая обработка растений раствором селенита натрия приводила к увеличению содержания β-каротина в стручках с увеличением степени их созревания по вариантам в 1,1–1,3 раза. В варианте NPK + Se 0,0005% оно было наибольшим как в первом сборе, так и во втором сборе продукции.

Таким образом, в ходе экспериментов установлено, что при обработке растений раствором хромкалиевых квасцов увеличивалось содержание в продукции сухого вещества и аскорбиновой кислоты. Действие обработок на накоплении сухих растворимых веществ проявлялось только у молодых растений (первый сбор стручков), в дальнейшем этот эффект отсутствовал. Увеличение содержания β-каротина прослеживалось лишь при обработке растений раствором с низкой концентрацией хрома (Cr 0,002%).

Обработка редьки индийской раствором селенита натрия не привела к увеличению рассматриваемых показателей в стручках, а в ряде случаев привела к их уменьшению.

**Библиографический список**

1. Протасова Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях Воронежской области // *Агрохимия*. 2005. № 2. С. 80–86.
2. Шеуджен А.Х. Биогехимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.
3. Барабой В.А., Шестакова Е.Н. Селен: биологическая роль и антиоксидантная активность // *Укр. біохіміч. журн.* 2004. Т. 76. № 1. С. 23–32.
4. Гомошинский И.В., Мазо В.К., Тутельян В.А., Хотимченко С.А. Микроэлемент селен: роль в процес-

сах жизнедеятельности // *Экология моря*. 2000. Вып. 54. С. 5–19.

5. Дерябина В.И., Скворцова Л.Н., Захарова Э.А., Слепченко Г.Б. Вольтамперометрический контроль содержания селена и его форм в растениях и пищевых добавках с использованием экстракции и ионного обмена // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2006. Т. 72. № 11. С. 7–10.

6. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А. и др. Селен в организме человека. Метаболизм. Антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: Издательство РАМН, 2002. 219 с.

7. Гомошинский И.В., Мазо В.К. Минеральные вещества в питании человека. Селен: всасывание и биодоступность // *Вопросы питания*. 2006. Т. 75. № 5. С. 15–21.

8. Елисеева О.В., Елисеев А.Ф. Влияние некорневой обработки хромокалиевыми квасцами растений редьки на качество продукции // *Доклады ТСХА. Сборник статей*. Вып. 284. Часть 1. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. С. 230–233.

9. Елисеева О.В., Елисеев А.Ф. Влияние концентрации раствора Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> на химический состав *Raphanus sativus* (L.) // *Доклады ТСХА. Сборник статей*. Вып. 288. Ч. 1. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. С. 512–515.

10. Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х. Агрохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. 552 с.

11. Добролюбовский О.К., Страхов В.Г. Влияние хрома, молибдена и вольфрама на содержание пигментов, фотосинтез и продуктивность виноградного растения // *Агрохимия*. 1983. № 3. С. 96–102.

**Об авторах**

**Елисеева Ольга Владимировна**, канд. биол. наук, доцент кафедры химии, факультет почвоведения, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

E-mail: elysol11@yandex.ru

**Елисеев Александр Федорович**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры овощеводства, факультет садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

E-mail: donkazak46@yandex.ru

**Chemical composition of *Raphanus indicus* depending on foliar treatment with trace elements**

**O.V. Eliseeva**, PhD, associate professor of Chemistry Department, Faculty of Soil Science, Agricultural Chemistry and Ecology, RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev. E-mail: elysol11@yandex.ru

**A.F. Eliseev**, PhD, associate professor of Olericulture Department, Faculty of Gardening and Landscape Architecture of RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev. E-mail: donkazak46@yandex.ru

**Summary.** This article presents the results of research into the influence of *Raphanus indicus* Sinsk. top-dressing with the solutions of chromic potassium alum and sodium selenite. It is demonstrated that the plants reacted differently on the top-dressing with chromium and selenium. Different reaction of plants was noticed in such quality markers as dry matter, dry soluble matter and ascorbic acid contents.

**Keywords:** radish, trace elements, chemical composition, chromium, selenium.