

## ОСОБЕННОСТИ ВНЕКОРНЕВОГО СПОСОБА ОБОГАЩЕНИЯ РАСТЕНИЙ ЧЕСНОКА СЕЛЕНОМ

Н.А. ГОЛУБКИНА, В.П. НИКУЛЬШИН, Ю.А. ХРЫКИНА

Оценивали содержание селена в растениях чеснока при опрыскивании посадок стимулятором роста гиббереллином, растворами селената натрия и бис-(1,3)-диметилпиразолилселенида («Селекор»).

*Allium sativum* L. относится к немногочисленной группе природных аккумуляторов селена (1). Широкий спектр биологического действия этого растения определяет его значимость как сырья для приготовления лекарственных препаратов, так и в качестве неотъемлемой части здорового питания (2, 3). Важнейшее химическое соединение селена, присутствующее в растениях чеснока — селенометил селеноцистеин обладает выраженным антиканцерогенным действием (4). Эпидемиологические исследования в Китае показали, что регулярное потребление чеснока снижает частоту возникновения рака молочной железы на 40 % по сравнению с показателями для населения, редко употребляющего этот продукт (5). Растения чеснока, обогащенные селеном, характеризуются еще более высокой антиканцерогенной активностью: частота заболевания раком молочной железы снижается на 60 % (4). Поэтому вопрос обогащения селеном растений чеснока уже многие годы привлекает внимание исследователей (6, 7).

Среди различных способов обогащения селеном растений наиболее распространенными являются внесение селената натрия в почву (8) и опрыскивание посевов растворами солей селена. Оба метода представляют определенную опасность из-за возможности загрязнения окружающей среды высокотоксичным микроэлементом, так как в этих условиях растения аккумулируют не более 10 % от вносимой дозы. Альтернативным методом обогащения, согласно нашим данным, является экологически чистый способ повышения содержания микроэлемента в продуктах растениеводства посредством использования различных стимуляторов роста (9).

В связи с этим в задачу нашей работы входила сравнительная оценка эффективности использования для внекорневого обогащения селеном растений чеснока стимулятора роста гиббереллина и производных селена, различающихся по токсичности: селенат натрия и синтетическое органическое производное селена с низкой токсичностью — бис-(1,3)-диметилпиразолилселенид («Селекор»).

**Методика.** Объектом исследования служили шесть сортообразцов озимого чеснока (*Allium sativum* L.), которые выращивали в открытом грунте на опытных полях Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур. Почва — дерново-подзолистая тяжелосуглинистая; содержание гумуса, фосфора и калия составляло соответственно 1,72-3,7 %, 17,4-25,1 и 11,2-15,6 мг/100 г почвы, рН — 6,2-6,4, гидролитическая кислотность — 2,7 мг/экв. Было сформировано четыре группы растений: I — контроль, II, III и IV — однократное опрыскивание (в середине июня) соответственно гиббереллином (125 мг/л), селенатом натрия (40 мкг Se/л) и препаратом «Селекор» (40 мкг Se/л).

В октябре растения собирали; листья и корни отделяли и высушивали при комнатной температуре до постоянной массы. Содержание селена (Se) определяли флуориметрически (10) в смешанных гомогенизированных пробах листьев, корней, зубков и бульбочек (флуориметр Hitachi

MPF-2A), используя предварительную стадию мокрого сжигания образцов в смеси азотной и хлорной кислот. В каждой серии проб в качестве референс-стандартов использовали образцы лиофилизованной петрушки и капусты с содержанием Se соответственно 175 и 150 мкг/кг (ГУ НИИ питания РАМН). Каждый образец анализировали в 3-кратной повторности. Содержание свинца (Pb) и кадмия (Cd) оценивали с помощью ионоселективных электродов на иономере «Эксперт-001А».

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием критерия Стьюдента.

**Результаты.** Растения исследованных нами сортообразцов характеризовались умеренным накоплением Se в обычных условиях вегетации. Содержание Se в зубках растений в контроле составляло 128-214 мкг/кг сырой массы, что в 50-100 раз больше, чем у большинства овощных культур (табл. 1). Однако учитывая, что суточная потребность человека в Se составляет около 100 мкг, такого количества микроэлемента недостаточно.

### 1. Содержание селена в различных частях растений чеснока разных сортообразцов под влиянием обработки гиббереллином, селенатом натрия и препаратом «Селекор»

Орган растения	Вариант опыта			
	I (контроль) мкг/кг	II	III	IV
		% к контролю		
Листья:				
среднее	174,5±13,5	125,8±11,8**	170,5±22,5**	155,2±47,6**
от-до	145-185	104-140	147-202	112-252
Корни:				
среднее	138,3±19,8	111,5±4,4*	139,4±29,6**	134,5±28,5**
от-до	95-152	106-119	114-204	104-193
Зубки:				
среднее	176,3±29,2	108,0±4,3 <sup>нд</sup>	144,8±6,7**	118,8±14,4*
от-до	128-214	102-116	133-152	104-145
Бульбочки:				
среднее	142,3±22,3	108,7±4,6 <sup>нд</sup>	143,7±32,2**	217±43,3**
от-до	120-178	102-114	110-181	165-302

\* P < 0,5; \*\* P < 0,01, нд — различия недостоверны.

П р и м е ч а н и е. Описание вариантов опыта см. в разделе «Методика». Содержание селена в листьях и корнях чеснока приведено в мкг/кг сухой массы, зубках и бульбочках — в мкг/кг сырой массой.

Использование гиббереллина при выращивании растений чеснока позволило индийским ученым повысить урожайность и размер зубков (11). Тем не менее авторы не исследовали микроэлементный состав растений. Нами было показано, что при обработке растений гиббереллином наиболее существенно увеличивается содержание Se в листьях, в то время как в зубках и бульбочках практически не изменяется. Опрыскивание других растений (салат сорта Кучерявец и бархатцы) раствором гиббереллина (125 мг/л) также способствовало повышению содержания селена в листьях — соответственно в 1,2 и 1,7 раза. Полученные нами результаты позволяют предположить наличие у растений гормонального регулирования содержания Se, что представляется особенно интересным в связи с тем, что подобный эффект выявлен у человека (12). Тем не менее с практической точки зрения обработка растений чеснока гиббереллином с целью повышения содержания микроэлемента в зубках оказывается неэффективной.

Среди различных препаратов селена наибольшее распространение в растениеводстве получил селенат натрия, используемый в составе комплексного минерального удобрения в Финляндии и ряде других стран (8), а также в виде растворов для внекорневой подкормки растений селеном (13). Благодаря поискам менее токсичного препарата селена в России был синтезирован бис-(1,3)-диметилпиразолилселенид («Селекор»), LD<sub>50</sub> кото-

рого составляет 8100 мг/кг, что в сотни раз выше, чем LD<sub>50</sub> для селенитов и селенатов (14). Поскольку селенат натрия и «Селекор» растворимы в воде, представлялось важным сравнить эффективность их использования при выращивании растений чеснока. Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о разных механизмах действия селената натрия и «Селекора». Так, накопление Se при обработке растений селенатом натрия снижалось в следующем порядке: зубки > бульбочки > листья > корни. Напротив, применение «Селекора» способствовало преимущественному накоплению Se в бульбочках, причем содержание микроэлемента в зубках обогащенных растений было лишь немного выше, чем у таковых в контроле. Корни растений чеснока, обработанных селенатом натрия и «Селекором», не различались между собой по содержанию Se.

Еще более существенные различия по биологическому действию препаратов были обнаружены при исследовании аккумуляции растениями водорастворимых форм свинца. Известно, что Se является антагонистом Pb (15), и при обработке растений раствором селената натрия содержание тяжелых металлов в них снижается (16). Аналогичный эффект наблюдался и при опрыскивании растений чеснока раствором селената натрия: содержание Pb в зубках снижалось более чем в 3 раза ( $P < 0,01$ ) (табл. 2). Напротив, при обработке растений «Селекором» содержание Pb не изменялось или увеличивалось в зубках. Наблюдаемое явление не может быть объяснено только незначительным влиянием органического препарата на накопление Se в зубках чеснока.

## 2. Содержание водорастворимых форм свинца в растениях чеснока под влиянием обработки гиббереллином, селенатом натрия и препаратом «Селекор» (мг/кг)

Номер сортообразца	Вариант опыта			
	I (контроль)	II	III	IV
1	0,021±0,002	0,023±0,001	0,020±0,002	0,122±0,006*
2	0,025±0,001	0,026±0,002	0*	0,149±0,005*
3	0,162±0,005	0,165±0,006	0,022±0,002*	0,194±0,006*
4	0,024±0,002	0	0*	0,096±0,003*
5	0,067±0,003	0,067±0,004	0,06±0,003	0,069±0,002
6	0,048±0,002	0,0487±0,003	0*	0,089±0,003*
Среднее к контролю, %	100	86,1	33,1	330,8

\*  $P < 0,01$ .

Примечание. Описание вариантов опыта см. в разделе «Методика».

Действительно, в среднем содержание Pb в зубках под действием «Селекора» увеличивалось в 3 раза по сравнению с контролем, и величина эффекта сортоспецифична. Среди известных производных селена препарат «Селекор» является единственным, проявляющим синергизм по отношению к Pb. В этом случае основное преимущество этого синтетического препарата, то есть низкая токсичность, не имеет практического значения в растениеводстве, так как нивелируется повышением содержания Pb. К сожалению, в отличие от селената натрия, до настоящего времени нет экспериментальных данных, раскрывающих пути метаболизма препарата «Селекор» в растениях. Несмотря на то, что «Селекор» активно внедряется в практику животноводства и рекомендован в качестве биологически активной пищевой добавки, вопрос взаимосвязи этого соединения с тяжелыми металлами до сих пор остается открытым.

Таким образом, проведенное нами исследование не позволяет дать рекомендаций по экологически чистому обогащению селеном растений чеснока, однако не исключает возможности получения значимого положительного эффекта при использовании других фитогормонов и стимуляторов роста.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Whanger P.D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. J. Amer. College Nutr., 2002, 21: 223-232.
2. Слепко Г.И., Лобанова Л.С., Михайленко Л.Я. и др. Биологически активные компоненты чеснока и перспективы их использования в лечебно-профилактическом питании. Вопр. питания, 1994, 5: 28-32.
3. Рыженков В.Е., Макаров В.Г. Биологически активные вещества чеснока и их использование в питании человека. Вопр. питания, 2003, 4: 42-46.
4. Ip C., Lisk D.J. Efficacy of cancer prevention by high-selenium garlic is primary dependent on the action of selenium. Cancer, 1995, 16: 2649-2652.
5. Ip C., Lisk D.J., Stoewsand G.S. Mammary cancer prevention by regular garlic and selenium-enriched garlic. Nutr. Cancer, 1992, 17: 279-286.
6. Ip C. Hydroponic garlic enriched with selenium. J. Trace Elem. Res., 1992, 15: 132-135.
7. Голубкина Н.А., Соколова А.Я., Ягодин В.А. и др. Способ обогащения селеном сельскохозяйственных растений. Патент РФ № 4506317669 М., опубл. 18.04.2001.
8. Yli-Naila M. Influence of selenium fertilization on soil selenium status. In: Proc. «Twenty years of selenium fertilization» /Ed. M. Eurola. Helsinki, Finland, 2005: 25-32.
9. Слепко Г.А., Голубкина Н.А., Павлов В.И. и др. Способ обогащения селеном овощей. Патент РФ № 2218764. М., опубл. 20.12.2003.
10. Alftan G. V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. Anal. Chim. Acta, 1984, 65: 187-194.
11. Sharma O.P., Kohli U.K., Mehta B.S. Effect of GA<sub>3</sub> and multiplex spray on the yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.). Agric. Sci. Digest, 1988, 8, 1: 37-39.
12. Голубкина Н.А., Соколов Я.А., Емельянов Б.А. и др. Феномен гормонального регулирования равновесия селена в крови. Открытие № 000338 от 11.06.1998.
13. Stibilj V., Kreft I., Smrkolj P. et al. Enhanced selenium content in buckwheat and pumpkin seeds by foliar fertilization. Eur. Food Technol., 2004, 219: 142-144.
14. Саночки И.В., Голубкина Н.А. К токсикологической характеристике соединений селена, предложенных в качестве биологически активных пищевых добавок. В сб.: Соединения селена и здоровье. М., 2004: 60-66.
15. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
16. Голубкина Н.А., Темичев А.В., Старцев В.И. и др. Содержание микроэлементов в растениях китайской капусты под влиянием стимулятора роста эпина и селената натрия. С.-х. биол., 2005, 1: 88-91.

Всероссийский НИИ селекции и семеноводства  
овощных культур, 142080, Московская обл.,  
Одинцовский р-н, Лесной городок

Поступила в редакцию  
25 апреля 2006 года

### PECULIARITIES OF FOLIAR APPLICATION FOR THE SELENIUM ACCUMULATION BY GARLIC PLANTS

*N.A. Golubkina, V.P. Nikul'shin, Yu.A. Khrykina*

#### S u m m a r y

The authors have estimated the selenium content in garlic plants after foliar application by gibberellin, solutions of sodium selenate and bis (1,3)-dipyrasolyl selenide («Selecор»). It was shown that gibberellin application promotes to selenium accumulation in leaves, whereas sodium selenate application — in cloves and «Selecор» application — in air bulbs. Sodium selenate (hexavalent selenium) prevent from Pb accumulation in garlic bulbs, whereas «Selecор» shows synergism with Pb, gibberellin does not effects appreciably on content of this element in garlic plants.