

УДК 550.47:635.5

ДЕЙСТВИЕ СЕЛЕНА НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ САЛАТА

Б. А. ЯГОДИН, И. Ю. ЗАБРОДИНА, А. Г. САНЬКОВА

(Кафедра агрохимии)

В вегетационных опытах (в почвенной культуре) изучали накопление селена салатом разных сортов при использовании селенита натрия. Селен в различных дозах вносили в почву, проводили предпосевную обработку семян и внекорневую подкормку вегетирующих растений. В программу исследований входило также изучение отдельных показателей качества продукции. При внесении селена содержание его в листьях значительно увеличивалось, при этом урожай в целом не снижался. Применение селена не оказало достоверного влияния на содержание аскорбиновой кислоты в растениях; содержание нитратов в продукции не превышало предельно допустимую концентрацию для салата.

Известно [1, 3], что дефицит или избыток микроэлементов в продуктах питания и в питьевой воде ведет к дисбалансу химических элементов в организме животных и человека и, как следствие, к возникновению и развитию микроэlementозов. При недостатке или неадекватном обеспечении организма микроэлементами также повышается риск возникновения и других

заболеваний. Устойчивость организма человека в норме и при экологических нагрузках во многом определяется содержанием селена в органах и тканях, где он выполняет защитную функцию при различного рода окислительных стрессах. Существует взаимосвязь между недостатком селена и вероятностью возникновения инфарктов, инсультов, онкологических заболе-

ваний. Таким образом, важно регулировать содержание селена в пище человека и рационах животных [5, 7, 9].

В связи с этим в лаборатории микроэлементов МСХА проводится работа с целью установления оптимальных концентраций эссенциальных микроэлементов, при которых химический баланс растений не нарушается.

Селен в этом отношении представляет особый интерес, так как существуют обширные регионы с его недостатком в природных объектах. Несмотря на то, что в России биогеохимический мониторинг содержания селена проведен весьма фрагментарно, тем не менее выявлены субрегионы с недостатком элемента в Нечерноземной зоне европейской части России, на Южном Урале и Удмуртии [2—4], потенциально такой же биохимической провинцией является юго-запад Карелии [4]. Провинции острого селенодефицита установлены в Забайкалье [1, 3], а отдельные очаги недостатка выявлены в Ярославской области [3] и Лесостепной зоне [7].

Проведено широкое биогеохимическое и медицинское обследование ряда густонаселенных территорий и выявлена взаимосвязь между дефицитом селена в продуктах питания, кормах и воде и со-

стоянием здоровья человека. Недостаток селена у человека приводит прежде всего к таким заболеваниям, как болезнь Кешана (кардиомиопатия) и болезнь Кашиня-Бика (особое изменение трубчатых костей), у сельскохозяйственных животных — беломышечная дистрофия [1, 8]. Последствия недостатка селена усугубляются в условиях антропогенных нарушений организованности биосферы, которые вызываются, например, загрязнением тяжелыми металлами.

В настоящее время существуют по крайней мере 4 способа коррекции селенодефицита: 1 — добавление в пищу и корма неорганических соединений селена; 2 — синтез и применение органических соединений, аналогов природных, в которых сера замещена на селен; 3 — ориентация рациона на продукты питания с естественно высоким содержанием селена; 4 — производство продукции растениеводства и растительных кормов, обогащенных селеном [6].

На доступность селена в пище влияет не только количество вводимого элемента и его форма, но и содержание общего белка и витаминов, а также других макро- и микроэлементов [10, 11]. Отметим также, что органические соединения селена усваивают-

ся лучше, чем неорганические, и не вызывают аллергических реакций [10]. Таким образом, при выращивании растений следует установить количественные взаимосвязи между дозами селена удобрений, не снижающими урожаем и его качеством, и размерами накопления селена в растениях.

Целью нашего исследования являлось выявление способов внесения и доз селенита натрия, при которых достигалось бы обогащение растений салата микроэлементом и в то же время не снижалось качество продукции.

При выборе салата (*Lactuca sativa* var. *secalina* Alef. и *Lactuca sativa* var. *capitata* L.) в качестве объекта исследования мы руководствовались тем, что эта культура потребляется в сыром виде, поэтому исключаются потери селена, которые имеют место при термической обработке, и что содержащиеся в салате минеральные соли и органические кислоты, витамины используются в полном объеме.

Методика

Вегетационные опыты проводили в 1998—1999 гг. в сосудах Митчерлиха, вмещающих 5 кг сухой почвы. Почвы — дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса — 1,9%, $pH_{\text{СОЛ}}$ —

5,0, содержание подвижного P_2O_5 — 170 мг/кг и обменного K_2O — 180 мг/кг по Кирсанову, селена (валового) — 0,27 мг/кг. В качестве фонового удобрения использовали растворы аммиачной селитры, смесь одно- и двухзамещенных фосфатов калия из расчета 0,2 г азота и по 0,25 г пятиоксида фосфора и окиси калия на сосуд. Для нейтрализации кислотности использовали известь в дозе 15 г/сосуд. Селен вносили тремя способами в виде селенита натрия: 1 — при набивке сосудов из расчета 0,75, 1,5 и 3,0 мг/кг почвы; 2 — при предпосевной обработке семян (замачивание в течение 3 ч) в 0,0001%, 0,001% и 0,01% растворах соли; 3 — при внекорневой обработке (опрыскивание растений) 0,00025%, 0,0005% и 0,001% растворами по соли. В качестве контроля использовали замачивание семян в дистиллированной воде в тех же условиях и опрыскивание водой вегетирующих растений.

Для исследования использовали сорта салата Московский парниковый, Зеленолистный, Берлинский желтый и Лолло Росса, которые весьма популярны в сельскохозяйственном производстве Нечерноземной зоны Российской Федерации. Семена высевали по 20 шт. на сосуд, оставляя в последующем в каждом

по 4 растения. По-вторность опыта 4-кратная. В свежем растительном материале определяли содержание нитратов и аскорбиновой кислоты соответственно ионселективным методом и по И. Мурри с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола. Содержание селена определяли флуориметрическим методом с использованием 2,3-диаминонафталина. Нижний предел обнаружения — 0,0000001% [5]. В вегетационный период проводили наблюдения за ростом и развитием растений.

Результаты

В вегетационном опыте урожай салата по годам был несопоставим, что связано с погодными условиями: в 1998 г. в период интенсивного нарастания вегетативной массы средняя температура воздуха составляла 16,5° С, а в 1999 г. — 23° С, относительная влажность воздуха — соответственно 80 и 60%. Но варианты между собой и по сравнению с контролем мало различались по урожаю салата, что свидетельствует о том, что изучаемый микроэлемент в целом не оказал влияния на данный показатель. Наблюдались лишь некоторые сортовые особенности. Так, в 1998 г. урожай салата сорта Зеленолистный по сравнению с контролем был

достоверно выше при замачивании семян в растворах 0,001 и 0,01% концентрации (соответственно на 19 и 17,5%) и внесении селена в почву в дозе 0,75 мг/кг (на 13,5%). Доза 3,0 мг/кг существенно снижала урожай (табл. 1).

Опрыскивание растений салата растворами в изучаемых концентрациях не влияло на урожай. У сорта Берлинский желтый повышение урожая наблюдалось лишь при опрыскивании растений раствором в 0,001% концентрации; у сорта Лолло Росса — при замачивании семян в растворе концентрации 0,0001%.

В вегетационном опыте сезона 1999 г. замачивание семян листовых салатов, а также опрыскивание не оказали положительного действия на урожай в независимости от сорта. Внесение селена в почву в наибольшей концентрации снижало урожай сорта Московский парниковый и не оказало существенного действия на урожай сорта Лолло Росса. Для кочанного сорта Берлинский желтый внесение в почву повышенных концентраций селенита натрия отрицательно сказалось на урожае, а внекорневая обработка в невысоких концентрациях его повышала.

Одним из важнейших показателей качества салата является содержание в нем

Таблица 1

Урожай салата (г/сосуд)

Вариант опыта	Сорт		
	Зелено-листный	Берлинский желтый	Лолло Росса
1998 г.			
Замачивание семян (концентрация по соли, %):			
контроль	227	248	148
0,0001	233	207	173
0,001	270	201	155
0,01	267	229	156
НСР ₀₅	32	48	20
Внесение селена в почву (мг/кг):			
контроль	235	199	108
0,75	267	184	114
1,5	222	146	127
3,0	192	144	104
НСР ₀₅	34	31	22
Внекорневая обработка (%):			
контроль 258	207	134	
0,00025	248	255	106
0,0005	259	259	115
0,001	252	190	143
НСР ₀₅	46	27	37
1999 ¹			
Замачивание семян (%):			
контроль	40,3	82,1	89,7
0,0001	38,3	83,4	88,8
0,001	39,0	86,4	99,5
0,01	37,8	83,3	85,5
НСР ₀₅	4,2	8,8	10,5
Внесение селена в почву (мг/кг):			
контроль	43,5	72,6	81,4
0,75	37,0	74,4	78,6
1,5	46,3	77,1	80,3
3,0	33,9	81,4	76,3
НСР ₀₅	6,4	15,5	11,4
Внекорневая обработка (%):			
контроль	37,2	71,5	85,6
0,00025	34,3	69,5	88,0
0,0005	33,8	75,0	88,7
0,001	35,9	82,5	93,6
НСР ₀₅	6,5	8,7	13,2

¹ В 1999 г. вместо сорта Зеленолистный высевали Московский парниковый.

сухого вещества. Этот показатель сильно зависит от биологических особенностей культуры и условий выращивания. В 1998 г. содержание сухого вещества у сорта Зеленолиственный составило 5,3—7,6%, Берлинский желтый — 5,9—8,4%, Лолло Росса — 4,9—6,1%; в 1999 г. у сорта Московский парниковый — 8,4—10,0%, Берлинский желтый — 8,3—11,0%, Лолло Росса — 7,5—8,7%.

В отличие от данных об урожае по содержанию селена в растениях варианты резко различаются. Общая закономерность — увеличение поступления селена в растения при повышении дозы селенита натрия. При больших дозах микроэлемента растения накапливали до нескольких тысяч микрограммов селена на 1 кг сухой массы (табл. 2). Это согласуется с литературными данными. По современной классификации селен не относится к необходимым для растений микроэлементам. Тем не менее, результаты многочисленных опытов, обобщенных, например, в обзоре [9], свидетельствуют о том, что селен при достаточном его содержании в почве (субстрате) интенсивно накапливается растениями. Это является важным показателем качества, особенно при использовании сельскохозяйственной про-

дукции в районах острого дефицита данного элемента в биогеохимической цепи. Для человека оптимальной и безвредной суточной дозой потребления селена считается 50—200 мкг [2]. Оптимальным содержанием селена в кормах принято считать 100—200 мкг/кг, а токсичным — 3—5 мг/кг [5] (табл. 2).

В наших исследованиях при повышенных концентрациях микроэлементов наблюдалось значительное накопление в салате селена. Причем при внесении в почву в растениях его накапливалось больше, чем при замачивании семян и внекорневой обработке. Исключением является вариант с опрыскиванием 0,001% раствором, где уровень селена был наибольшим. Данные за 1999 г. в основном подтверждают тенденцию накопления селена в 1998 г.

Накопление изучаемого микроэлемента не должно снижать качество продукции. Исходя из этого в программу опыта были включены определения в продукции аскорбиновой кислоты и нитратов. По содержанию аскорбиновой кислоты в салате всех сортов варианты опыта практически не различались. Лишь у Московского парникового при внесении в почву 0,75 и 1,5 мг/кг селенита натрия показатель повысился соответственно на 7 и 13 мг/100 г

Т а б л и ц а 2

Содержание селена в растениях салата (мкг/кг сухой массы)

Вариант опыта	Сорт		
	Зелено-лиственный	Берлинский желтый	Лолло Росса
1998 г.			
Замачивание семян (концентрация по соли, %):			
контроль	52	47	55
0,0001	423	360	495
0,001	1150	972	1230
0,01	5800	5580	6150
Внесение селена в почву (мг/кг):			
контроль	53	45	56
0,75	662	756	730
1,5	2250	2070	2480
3,0	7500	7450	7620
Внекорневая обработка (%):			
контроль	52	45	57
0,00025	249	247	270
0,0005	855	499	870
0,001	8100	7900	8300
1999			
Замачивание семян (%):			
контроль	78	89	92
0,0001	188	243	238
0,001	282	436	436
0,01	1180	1280	1260
Внесение селена в почву (мг/кг):			
контроль	84	94	98
0,75	1480	1720	1900
1,5	2790	3110	3700
3,0	7970	5930	8970
Внекорневая обработка (%):			
контроль	81	88	93
0,00025	720	756	740
0,0005	1700	1980	1890
0,001	3900	3970	3680

по отношению к контролю. У сорта Лолло Росса происходило некоторое снижение содержания аскорбиновой кислоты (с 33 мг/100 г в контроль-

ном варианте до 24 мг/100 г при замачивании семян).

Содержание нитратов в растениях салата по вариантам варьировало незначи-

тельно и не отражало каких-либо закономерностей и составляло 1340—1760 мг/кг, что не превышает предельно допустимую для салата концентрацию — 2000 мг/кг.

Выводы

1. В вегетационном опыте изучаемый микроэлемент в целом не оказал влияния на урожай салата. Лишь при замачивании семян сорта Зеленолистный в растворах селенита натрия 0,001 и 0,01% концентраций в благоприятных погодных условиях урожай увеличился на 17,5—19%; внесение селена в почву в максимальной дозе несколько снизило сбор продукции по сравнению с контрольным вариантом. Содержание сухого вещества в продукции также практически не изменялось.

2. Применение селенита натрия способствовало повышению содержания селена в листьях салата. При больших дозах в салате изучаемых сортов накапливалось до 5500—8300 мкг Se на 1 кг сухого вещества в зависимости от способов применения. При внесении селена в почву содержание микроэлемента в листьях было выше, чем при предпосевной обработке семян и опрыскивании. Незначительное влияние на этот показатель оказывали сорто-

вые особенности: кочанный салат Берлинский желтый накапливал несколько меньше селена, чем листовые сорта.

3. Применение изучаемого микроэлемента не оказало существенного влияния на содержание аскорбиновой кислоты в растениях. Содержание нитратов в полученной продукции не превышало ПДК для салата.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А. и др.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. — 2. *Ермаков В. В.* Субрегионы и биогеохимические провинции СССР с различным содержанием селена. — Тр. Биогеохимической лаборатории, 1978, т. 15, с. 54—57. — 3. *Ермаков В. В., Ковальский В. В.* Биологическое значение селена. М.: Наука, 1974. — 4. *Кокова Н. И.* К вопросу о биогеохимии селена в различных геохимических условиях. — Микроэлементы, 1993, вып. 33, с. 43—48. — 5. *Сучков Б. П.* Содержание подвижных форм селена и фтора в почвах Черновицкой области и некоторых минеральных удобрениях. — Селен в биологии. Мат-лы науч. конф. Баку: Изд-во ЭЛМ, 1981, с. 13—14. — 6. *Торшин С. П., Удельнова Т. М.,*

Ягодин Б. А. Биогеохимия и агрохимия селена и методы устранения селенодефицита в пищевых продуктах и кормах. — *Агрохимия*, 1996, № 8—9, с. 127—144. — 7. *Торшин С. П., Ягодин Б. А., Удельнова Т. М. и др.* Накопление селена овощными культурами и яровым рапсом при удобрении селеном. — *Агрохимия*, 1995, № 9, с. 40—47. — 8. *Флоринский М. А., Седова Е. В.* Селен в окружающей среде. — *Агрохимия*, 1992, № 6, с. 122—129. — 9. *Ягодин Б. А., Удельнова Т. М., Торшин С. П. и др.* Содержание селена в растениях укропа и редиса при различных дозах селенита натрия. — *Изв. ТСХА*, 1992, № 3, с. 54—57. — 10. *Lewander O. A.* Fed. Proc. 1983, vol. 42, № 6, p. 1721—1725. — 11. *Lewander O. A.* Selenium. Acad. Press, 1986, vol. 2, p. 209—266.

*Статья поступила
2000 г.*

SUMMARY

Selenium accumulation by different sorts of lettuce after sodium selenite utilization was studied in pot experiment (soil culture). Various doses of selenium were applied directly to the soil, or by means of preseeding treatment of lettuce seeds, or by foliar spraying the plants. The investigation programme included also studying several data concerning final product quality. Selenium treatment significantly increased the content of the element in lettuce leaves up to 5580—8300 mkg/kg dry matter, whereas the whole yield did not decrease. The content of ascorbic acid in the plants was not affected by Se application, and the nitrates contained in leaves did not exceed maximum tolerable dietary concentration for lettuce.