

УДК 633.11'15+633.358+633.553.494]:631.811.9:546.23

РОСТ И РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ ЗЕРНОВЫХ И БОБОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИСЕЛЕНИТА НАТРИЯ В ВОДНОМ ПИТАТЕЛЬНОМ РАСТВОРЕ

А.А. ДУДЕЦКИЙ, Б.А. ЯГОДИН, С.П. ТОРШИН

(Кафедра агрохимии, лаборатория микроэлементов)

Рассматривается чувствительность различных сельскохозяйственных растений к селену (биселениту натрия) в условиях водной культуры (раствор Кнопа). Установлены пороговые концентрации селена, при которых происходит угнетение растений: для яровой пшеницы сорта Энита — 0,5 мг/л, для ярового рапса сорта Ханна и кукурузы сорта Стерлинг — 5,0 мг/л, растения гороха сорта Адагумский оказались толерантными к изучаемым концентрациям селена.

Большая часть Нечерноземной зоны Российской Федерации относится к биогеохимическому субрегиону, характеризующемуся дефицитом селена [2, 3, 4]. Установлено, что селен необходим для жизнедеятельности животных и человека и при его недостатке возникают специфические патологические состояния и обостряется протекание заболеваний другой этиологии [1, 10].

Одним из методов, устраняющих дефицит селена, является выращивание сельскохозяйственной продукции, обогащенной этим микроэлементом. Следует, однако, учитывать, что селен относится к элементам, токсичным для теплокровных животных организмов (Группа опасности). Более того, пределы оптимальных количеств поступления се-

лена в организм человека очень узки: дефицит — менее 50, а верхний уровень — 200 мкг селена в сутки. Следовательно, необходимы строгий контроль за содержанием селена в съедобной части сельскохозяйственных растений и нормирование обогащенной селеном продукции в питании. Помимо этого при выращивании культур следует установить количественные взаимосвязи между дозами селена удобрений, не снижающими урожай и его качество, и накоплением селена в съедобной части растений в определенных агрохимических условиях.

Для растительных организмов в отличие от животных эссенциальность селена не доказана [8, 11]. В то же время известно, что для различных видов растений уровень ток-

сичных концентраций селена варьирует в широких пределах [8, 9, 12]. Так, табак и соя особо чувствительны к селену. При содержании в 1 л раствора 1 мкг элемента уже подавляется их рост и развитие. Пшеница без заметных отрицательных проявлений переносит в несколько раз большие его концентрации [8]. Кормовые бобы угнетаются при содержании селена 100 мкг/л, а люцерна и клевер — при 20 мкг/л. В результате исследования в водной культуре взаимовлияния селена и катионов Са и Mg при поступлении селена в растения люцерны и пырея, ячменя и риса в широком диапазоне концентраций (Se — до 16 мг/л, S — до 1000 мг/л) не было обнаружено выраженного отрицательного действия микроэлемента на эти культуры. Установлено, что уровень концентраций селена, подавляющих рост растений, снижается при дефиците в питательном растворе одного или нескольких эссенциальных микроэлементов [5]. Значительное влияние на токсичность селенитов и селенатов оказывает pH среды [6].

Задача нашего исследования — выявить нетоксичные концентрации селена для ряда сельскохозяйственных культур, определить его пороговые концентрации, при которых происходит угнетение растений (снижение продуктивности по разным показателям на 10% и более) в условиях водной культуры. В дальнейшем полученные данные могут быть использованы при расчете доз селена удобрений для почвенных условий.

Методика

Опыты проводили в световой камере при искусственном освещении

ртутными лампами. Растения выращивали на полной питательной среде Кнопа с добавлением необходимых количеств биселенита натрия в сосудах емкостью 250 мл. Дозы селена — 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; и 5,0 мг/л. Опытные культуры — яровая пшеница сорта Энита, яровой рапс сорта Ханна, кукуруза сорта Стерлинг и горох сорта Адагумский. Длительность опытов — 2—3,5 нед. Действие селена на растения для пшеницы, кукурузы и рапса оценивали по 7 показателям: массе всего растения, надземной его части и корня; длине надземной части и корня, количеству листовых пластин и корней первого порядка; для гороха — по 5 показателям: массе растения, надземной части, корня; длине надземной части, корня. Во время эксперимента проводили визуальные наблюдения степени ветвления корней, развития и состояния корней и надземной части.

Результаты

Результаты опытов показали различную видовую толерантность растений к наличию селена в питательном растворе (табл. 1). Так, по всем показателям пшеница оказалась наиболее чувствительной к селену (таблица). Уже при минимальной концентрации микроэлемента 0,5 мг/л наблюдалось угнетение растений, которое выражалось в снижении значений изучаемых показателей на 5—31%, особенно значительным было снижение надземной массы растений и длины корня. При увеличении дозы селена с 1,0 до 5,0 мг/л масса надземной части уменьшилась с 27,5 до 55,0% и одновременно замедлилось формирование листовых пластин. При максимальной дозе

селена их количество сократилось на 25%. Длина корней уменьшилась в 1,5 раза уже при концентрации селена 0,5 мг/л, а при дозе 2,5 мг/л — в 2,6 раза. Угнеталось и развитие корней, масса которых снизилась при дозе 2,5 мг/л почти в 2 раза. При минимальном уровне селена

отмечались отклонения в развитии корневой системы. С увеличением дозы происходило замедление в формировании корней 3-го и 2-го порядков и полное прекращение их формирования при дозах 1,0 и 2,5 мг/л. Помимо этого наблюдалось осливание корней, их разрушение.

Рост и развитие растений пшеницы, кукурузы, рапса и гороха при различных концентрациях селена в питательной среде

Концентрация Se, мг/л	Масса, мг			Длина, см		Листовые пластины, шт.	Корни I-го порядка, шт.
	растения	надземной части	корня	надземной части	корня		
<i>Яровая пшеница</i>							
0	606	425	181	26,8	19,4	4,0	5,4
0,5	530	364	166	25,4	13,3	3,8	5,8
1,0	453	308	145	24,1	9,8	3,6	7,4
2,5	336	241	95	22,4	7,5	3,2	7,4
5,0	310	193	117	21,4	10,7	3,0	6,4
HCP ₀₅	366	96	80	7,8	5,2	0,8	2,3
<i>Кукуруза</i>							
0	2452	1505	947	30,6	15,6	5,3	5,3
0,5	2049	1246	803	29,0	12,0	4,9	4,6
1,0	<u>3073</u>	<u>1768</u>	<u>1305</u>	<u>37,2</u>	<u>19,3</u>	5,3	3,3
2,5	<u>2703</u>	<u>1549</u>	<u>1154</u>	<u>31,1</u>	<u>19,1</u>	5,5	3,9
5,0	1594	895	699	22,5	7,2	4,9	3,0
HCP ₀₅	1015	669	368	8,0	8,4	0,9	1,4
<i>Яровой рапс</i>							
0	260	225	35	8,3	6,8	5,4	—
0,5	256	221	35	<u>9,3</u>	<u>8,3</u>	4,2	—
1,0	246	212	34	<u>9,0</u>	<u>7,9</u>	4,2	—
2,5	181	148	33	<u>7,8</u>	<u>7,7</u>	2,5	—
5,0	138	106	32	6,7	6,3	2,2	—
HCP ₀₅	64	25	9	1,5	2,4	1,1	—
<i>Горох</i>							
0	2189	1278	911	26,7	11,8	—	—
0,5	2400	1480	920	29,9	11,4	—	—
1,0	<u>2292</u>	<u>1477</u>	815	<u>30,6</u>	<u>13,6</u>	—	—
2,5	<u>2185</u>	1268	917	<u>30,0</u>	<u>12,8</u>	—	—
5,0	1983	1112	871	24,9	12,9	—	—
HCP ₀₅	516	338	274	6,4	2,9	—	—

Более избирательным действие разных доз селена было в опыте с кукурузой. При всех изучаемых его концентрациях, за исключением 5,0 мг/л, не снижались значения показателей роста растений, наблюдался даже стимулирующий эффект при дозах селена до 2,5 мг/л включительно. Так, выявлена тенденция к увеличению массы растения, надземной части и корня, длины надземной части и корня, количества листовых пластин. Однако при дозе селена 5,0 мг/л резко снизились значения всех показателей, особенно показателей длины. Например, длина надземной части уменьшилась в 1,4 раза, а длина корня сократилась более чем в 2 раза по сравнению с контролем. Следует отметить также отклонения в развитии корневой системы: ветвление корней прекращалось, формирование корней 2-го порядка не происходило, корни 1-го порядка удлинялись, наблюдались их ослизнение и разрушение.

Менее контрастным действие селена было в опыте с рапсом. Масса всего растения и надземной части практически не изменялась при концентрациях селена до 1,0 мг/л, при дозах 2,5 и 5,0 мг/л произошло снижение первого показателя на 30,4 и 46,9%, второго — на 34,2 и 52,8%. Надземная часть рапса оказалась наиболее чувствительной к селену. Длина ее сократилась в среднем на 1,6 см при дозе 5,0 мг/л, хотя при дозах 0,5 и 1,0 мг/л отмечалась тенденция к увеличению длины растения.

Наиболее отчетливо прослеживалось угнетение формирования листовых пластин с увеличением содержания селена в питательном растворе. При дозах 0,5 и 1,0 мг/л количество листовых пластин уменьшилось в 1,3, а при 2,5 и 5,0 мг/л — в

2,2 и 2,5 раза. Масса и длина корней по вариантам практически не изменялись. Однако при дозах 2,5 и 5,0 мг/л, как и в опытах с другими культурами, не наблюдалось формирования корней 3-го порядка и прекращалось образование корней 2-го порядка.

Высокую толерантность к селену в среде проявили растения гороха. При всех его концентрациях достоверно не снижались значения показателей роста, а в вариантах с дозами селена 0,5 и 1,0 мг/л включительно даже наблюдалась тенденция к их увеличению. Стимулирующий эффект был особенно выражен в надземной части растения. Тенденция к снижению показателей роста отмечена лишь при дозе 5,0 мг/л. Корни нормально развивались до концентрации селена 1,0 мг/л включительно. При увеличении дозы с 2,5 до 5,0 мг/л корни 1-го порядка удлинялись, становились тонкие, ослизнялись и разрушались. Корни 2-го и 3-го порядков лучше развивались при дозе 0,5 мг/л. Так, по сравнению с контролем в данном варианте отмечалось увеличение длины этих корней в 2 раза, интенсивнее формировались азотфиксирующие клубеньки по всей длине корня, наблюдалось утолщение корневых волосков. При более высоких дозах селена формирования азотфиксирующих клубеньков и корней 3-го порядка не происходило.

Таким образом, для всех культур следует отметить большую чувствительность к селену корней по сравнению с надземной частью. При увеличении концентрации селена в питательном растворе с 1,0 до 5,0 мг/л у растений отмечались утоньшение и удлинение корней 1-го порядка, прекращение формирования корней 2-го и 3-го порядков (при дозах

2,5—5,0 мг/л), их ослизнение и разрушение. Судя по рассматриваемым в опытах показателям пшеница является наиболее чувствительной к селену культурой. Высокую толерантность к присутствию селена в среде проявил горох. Отмечался стимулирующий эффект для растений кукурузы при концентрациях селена 0,5—2,5 мг/л, для рапса — 0,5 мг/л, гороха — 0,5—1,0 мг/л. Пороговые концентрации селена в среде Кнопа составили: для пшеницы — 0,5 мг/л, рапса — 2,5 мг/л, кукурузы — 5,0 мг/л; горох оказался толерантным ко всем изучаемым концентрациям селена.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1993. — 2. *Ермаков В.В., Ковальский В.В.* Биологическое значение селена. М.: Наука, 1974. — 3. *Кондрахин И.П., Фролова А.А., Леонова Л.А., Соболева Н.В.* Лечение и профилактика внутренних незаразных болезней сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1991. — 4. *Конова Н.И.* К вопросу о биогеохимии селена в различных геохимических условиях. — Микроэлементы в СССР, 1992, вып. 33, с. 43—48. — 5. *Упитис В.В., Пакалне Д.С., Шульце И.Ф.* Факторы,

определяющие токсический для водорослей уровень микроэлементов в среде. — В кн.: Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Архангельск: Правда Севера, 1990, т. 1, с. 326—327. — 6. *Arnold L., Van Dorst Sh., Thornton I.* Factors influencing selenium uptake by some grass and clover species. Geochemistry and health. Proc. of the 2-nd Int. Symp. — Northwood: Sci. Rev., 1988, p. 183—188. — 7. *Banuelos G., Schrale G.* — California Agriculture, 1989, vol. 43, № 3, p. 19—20. — 8. *Bollard E.G.* — Inorganic plant nutrition / Eds. A. Lauchli, R.L. Bicleski. Encyclopedia of plant physiology, New Series, vol. 15B, 1983, Berlin: Springer Verlag, p. 695—744. — 9. *Girling C.A.* — Review — Agricultural ecosystems and environment, 1984, vol. 11, p. 37—65. — 10. *Levander O.A.* Selenium. Trace elements in human and animal nutrition. / Ed. W. Mertz, Orlando, San Diego, N.Y., Austin, L., Monreal, Sydney, Tokyo, Toronto: Acad Press, 1986, vol. 2, p. 209—266. — 11. *Pais I.* — Acta alimentaria (Budapest), 1992, vol. 21, № 2, p. 145—152. — 12. *Parker D.L., Tice K.R., Thomason D.N.* — Effect of ion parting with Ca and Mg on selenate uptake by plants. Amer. Soc. Agron. Annu. Meet., 1992. Minneapolis, 1992, p. 287.

Статья поступила 15 октября 1995 г.

SUMMARY

Sensitivity of different agricultural crops to selenium (sodium biselenit) in water culture (Knop's solution) is considered. Maximum permissible selenium concentrations which cause plant depression have been determined: for spring wheat (Enita variety) — 0.5 mg/l, for spring rape (Khanna variety) and corn (Sterling variety) — 5.0 mg/l; pea plants (Adagumsky variety) appeared to be tolerant to the studied selenium concentrations.