

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. В. КОВАЛЕВА и М. Я. ШКОЛЬНИК

**О ВЛИЯНИИ БОРА НА ИОДВОССТАНАВЛИВАЮЩУЮ
АКТИВНОСТЬ ТКАНЕЙ И О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БОРА
С ДРУГИМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ
В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 25 IV 1952)

Известно, что при одностороннем удобрении сильно нуждающихся в боре двудольных растений азотом, особенно нитратным, и при сниженном содержании доступного калия в почве, т. е. при нарушенном отношении $N : K$, особенно при внесении избыточных доз извести, очень сильно возрастает потребность растений в боре. В этих случаях особенно часто встречаются функциональные заболевания растений, устраняемые внесением бора в почву. Так например, на почвах, где встречается болезнь сахарной свеклы, так называемая «сухая гниль сердечка», внесение $NaNO_3$ в почву увеличивает процент больных растений; одностороннее удобрение и известкование ведут к усилению заболевания растений бактериозом льна и сухой гнилью сердечка кормовой свеклы, устраняемых внесением бора (1, 2). Представитель двудольных растений, сильно нуждающийся в боре лен, мало вынослив к нарушенным соотношениям $NP : K$, в то время как представитель однодольных, менее нуждающаяся в боре пшеница, и, видимо, многие другие злаки более выносливы к нарушениям этого соотношения (3). То же наблюдается и в отношении выносливости этих растений к извести.

М. Я. Школьник, Н. А. Макарова и М. М. Стеклова (3) показали, что причина уравнивающего действия бора при нарушенных отношениях $NP : K$ у двудольных растений заключается не в его способности устранять нарушенные отношения этих элементов в тканях. Ими было высказано предположение, что причину этого явления необходимо искать в способности бора выправить нарушенный в этих случаях окислительно-восстановительный режим тканей. Затем значение бора в окислительно-восстановительных процессах было показано М. Я. Школьником и М. М. Стекловой (4).

В ряде работ (5-7) показано существование определенной связи между содержанием активных восстановителей в тканях, процессом роста и возрастом растений. Н. С. Туркова (5) показала, что фаза наиболее активного роста листьев тау-сагыза характеризуется наибольшей иодвосстанавливающей активностью тканей. Высота иодвосстанавливающей активности показывает содержание активных компонентов окислительно-восстановительных систем: восстановленной формы аскорбиновой кислоты, восстановленного глутатиона, полифенолов и других редуцирующих веществ. Все эти вещества обладают высокой физиологической активностью и содержатся в частях растений, отличающихся интенсив-

ным обменом веществ, какими являются молодые, активно растущие органы. Мотес (6) показал, что в молодых тканях, например в меристематических зонах, из соединений серы преобладают более восстановленные вещества, содержащие сульфгидрильную группу, — глютатион, цистеин и др., тогда как по мере старения преобладание постепенно переходит к более окисленным соединениям.

Учитывая, что бор особенно необходим для меристематических тканей (8), было очень интересно выяснить его влияние на восстановительную активность тканей, особенно на фоне высоких доз нитратов и извести, когда очень сильно возрастает потребность растений в нем. С этой целью нами были поставлены вегетационные опыты, в которых влияние бора на иодвосстанавливающую активность тканей изучалось на фоне разных соотношений минеральных элементов. Иодвосстанавливающая активность тканей изучалась по методу Гетри (9).

Для опыта были взяты сильно нуждающийся в боре лен и менее нуждающаяся в боре пшеница. Лен выращивался в почвенных культурах, пшеница — в песчаных. Позже был поставлен дополнительный опыт со льном в водной культуре с продуванием и без продувания питательных растворов.

Приведенные в табл. 1 и 2 данные вскрывают крайне интересные закономерности: бор на всех вариантах за исключением варианта с нитратом аммония ведет к повышению иодвосстанавливающей активности тканей льна. На высоких дозах нитратов, а также на высоких дозах извести, т. е. в тех случаях, когда сильно увеличивается потребность растений в боре, резко снижается иодвосстанавливающая активность тканей, внесение же бора очень сильно повышает ее и доводит до нормального уровня. В недавно появившейся работе Е. А. Макаревной и Э. Г. Микеладзе (10) при применении метода определения восстановительной активности тканей с помощью метиленовой сини было получено резкое снижение восстановительной активности тканей под влиянием высоких доз извести. Можно предположить, что наши данные по иодвосстанавливающей активности тканей отражают изменения в окислительно-восстановительных процессах и что можно говорить о способности бора устранять эти нарушения.

Параллельно с повышением иодвосстанавливающей активности под влиянием бора идет повышение активности каталазы. У более взрослых 57-дневных растений падения иодвосстанавливающей активности под влиянием высоких доз кальция не наблюдается, но она сохраняется на высоких дозах нитратов. Крайне интересно, что, как это видно из табл. 3, у пшеницы, легко переносящей высокие дозы нитратов и извести и значительно менее нуждающейся в боре, на вариантах с высокими дозами нитратов и извести совсем не наблюдается снижения иодвосстанавливающей активности тканей или оно не очень велико. Это указывает, что представитель злаков, пшеница, по сравнению с представителями двудольных, льном, способен более стабильно сохранять нормальный ход окислительно-восстановительных процессов в тканях при нарушенных соотношениях минеральных элементов, и вскрывает, помимо, важнейшую причину меньшей потребности злаков в боре.

Интересно, что в нашем опыте на варианте с нитратом аммония, в отличие от того, что наблюдается на нитратных вариантах, не наблюдается снижения иодвосстанавливающей активности тканей: внесение бора на этом фоне даже несколько снижает последнюю.

Полученные нами данные вскрывают одну из важнейших причин отрицательного действия высоких доз извести и резко положительного действия бора на фоне оптимальных и особенно высоких доз извести. Они говорят об ограниченности имеющихся в литературе представлений, сводящих причины резко отрицательного действия высоких доз извести к химическому (11) или биологическому (12) связыванию бора или к

Таблица 1

Влияние бора на иодвосстанавливающую активность тканей и активность каталазы у льна (в надземной массе) при разных соотношениях минеральных элементов в питательном растворе

| Схема опыта | Иодвосстанавл. активность тканей (мл 0,005 N J на 100 г) | | Активность каталазы в мл выдел. кислорода на 0,5 г сыр. листьев за 5 мин. |
|---|--|-----------------|---|
| | 18-дневн. раст. | 57-дневн. раст. | |
| Контроль без бора | 123,0 | 199,2 | 17,1 |
| + бор | 153,0 | 235,0 | 24,7 |
| 1 Са 4 К* без бора | 190,2 | 226,8 | 38,5 |
| То же + бор | 198,0 | 468,0 | 39,3 |
| 4 Са 1 К без бора | 185,6 | 288,0 | 20,0 |
| То же + бор | 210,0 | 318,0 | 22,0 |
| 8 Са без бора | 60,0 | 240,6 | 27,5 |
| То же + бор | 205,8 | 348,0 | 25,2 |
| 8 Са 4 N (нитратная форма) без бора | 69,0 | — | 36,0 |
| То же + бор | 216,0 | — | 44,4 |
| 3 N (нитратная форма) без бора | 28,2 | 49,2 | 46,5 |
| То же + бор | 276,0 | 318,0 | 50,5 |
| 6 N (нитратная форма) без бора | — | 48,6 | 20,5 |
| То же + бор | — | 305,4 | 36,5 |
| 5 N 1 P 1 К** без бора | 75,0 | 245,4 | 46,0 |
| То же + бор | 247,2 | 384,0 | 43,5 |
| 3 N (нитрат аммония) без бора | 199,8 | — | — |
| То же + бор | 175,8 | — | — |

* Кальция 1 норма, калия 4, по Гельригелю. Дозы других элементов тоже рассчитаны на гелльригелевской питательной смеси.

** Азот в нитратной форме 5 норм, по Гельригелю.

Таблица 2

Влияние бора на иодвосстанавливающую активность тканей льна, выращенного в водных культурах

| Схема опыта | Варианты с продуван. питат. раств. | | Варианты без продув. питат. раств. | |
|--|---|-------|------------------------------------|-------|
| | Иодвосстанавл. активн. тканей (мл 0,005 N J на 100 г) | | | |
| | листья | корни | листья | корни |
| Питат. смесь Кнопс + бор 10 дней, затем без бора | 85,2 | 26,4 | 147,6 | 35,4 |
| То же + бор весь период | 174,0 | 56,4 | 238,7 | 48,4 |
| 3 N (нитратная форма) без бора | 20,4 | 29,4 | 30,6 | 15,6 |
| То же + бор | 130,2 | 40,2 | 81,0 | 18,0 |
| 1 N (нитрат аммония) без бора | 128,4 | 49,8 | 184,2 | 65,4 |
| То же + бор | 96,0 | 53,4 | 171,0 | 20,4 |

недоступности борорганических соединений почвы в щелочной среде (13) и не принимающих во внимание изменение внутренних процессов, происходящих под влиянием высоких доз извести. Важность соотношений Са: Mg при известковании и благоприятное действие в отношении повышения урожая при известковании как бора, так и магния (14), так же как и снижение страдания некоторых растений на высоких дозах извести при внесении высоких доз калия (15) объясняется, повидимому, тем что калий и магний несколько схожим с бором образом влияют

Влияние бора на иодвосстанавливающую активность тканей яровой пшеницы (в надземной массе) при разных соотношениях минеральных элементов в питательном растворе

| Схема опыта | Иодвосстанавл. активность тканей (мл 0,005 N J на 100 г) | | Активность каталазы в мл выдел. кислорода на 0,5 г сыр. листьев за 5 мин. |
|---|--|-----------------|---|
| | 30-дневн. раст. | 60-дневн. раст. | |
| Контроль без бора | 134,4 | 108,0 | 104,1 |
| 1 Ca 5 K без бора | 150,0 | 94,8 | 99,7 |
| То же + бор | 120,0 | 105,0 | 121,3 |
| 5 Ca 1 K без бора | 114,0 | 90,0 | 91,9 |
| То же + бор | 120,3 | 107,4 | 129,3 |
| 10 Ca без бора | 137,7 | 68,4 | 110,9 |
| То же + бор | 147,0 | 73,5 | 121,4 |
| 5 N* 1 P 1 K без бора | 165,0 | — | 86,0 |
| То же + бор | 184,0 | — | 85,7 |
| 5 N (нитрат аммония) без бора | — | 72,3 | — |
| То же + бор | — | 63,9 | — |

* Азот в нитратной форме.

на характер окислительно-восстановительного режима тканей. Согласно Н. С. Турковой⁽¹⁶⁾, у растений с высоким содержанием калия наблюдается повышение иодвосстанавливающей активности тканей и активности каталазы и падение активности оксидаз и дыхания.

Все эти данные указывают на то, что минеральные элементы, благодаря сходному или диаметрально противоположному действию на окислительно-восстановительные процессы, находятся в тесном и непрерывном друг с другом взаимодействии в обмене веществ. Выдвигается на первый план важнейшая проблема изучения взаимодействия минеральных элементов в обмене веществ, в первую очередь изучения их взаимодействия в окислительно-восстановительных процессах, так как одним из важнейших внутренних факторов, определяющих общий характер обмена веществ в клетках, безусловно являются окислительно-восстановительные процессы, а действие минеральных элементов на эти процессы огромно.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова
Академии наук СССР

Поступило
25 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Я. В. Пейве, Химиз. соц. землед., 4 (1938). ² И. А. Поспелов, Борные удобрения на подзолистых почвах СССР, изд. АН СССР, 1947. ³ М. Я. Школьник, Н. А. Макарова и М. М. Стеклова, Экспер. ботан., 8 (1951). ⁴ М. Я. Школьник и М. М. Стеклова, ДАН, 77, № 1 (1951). ⁵ Н. С. Туркова, Изв. Казах. фил. АН СССР, сер. физиол. и биох. раст., в. 1 (1945). ⁶ K. Mothes, Planta, 29, 67, 1939. ⁷ А. Л. Курсанов и Н. Крюкова, Биохимия, 6, в. 9 (1941). ⁸ J. Walker, J. Soil Sci., 57, No. 1 (1944). ⁹ J. Guthrie, Contrib. f. V-Thompson Inst., 9, No. 1 (1937). ¹⁰ Е. А. Макаревская и Э. Г. Микеладзе, ДАН, 81, № 4 (1951). ¹¹ А. В. Соколов, Новое в удобрении, в. 2 (1937). ¹² Е. В. Бобко, Т. В. Матвеева, А. И. Филиппова и Т. Д. Дубашева, Сборн. Микроудобрения, 1937. ¹³ М. В. Катальмов, Значение бора в земледелии СССР, 1948. ¹⁴ О. К. Кедров-Зихман и М. В. Данкова-Анохина, Химиз. соц. землед., 4 (1940). ¹⁵ А. М. Свешников, там же, 1 (1940). ¹⁶ Н. С. Туркова, Сборн. памяти Д. Н. Прянишникова, изд. АН СССР, 1950.