

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. В. КОВАЛЕВА и М. Я. ШКОЛЬНИК

О ВЛИЯНИИ Mg, K, Fe и Be НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ЛЬНА И ЯЧМЕНЯ ПРИ НЕДОСТАТКЕ БОРА

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 16 III 1954)

Рядом исследований (¹⁻⁵) было показано, что необходимость бора для растений находится в большой зависимости от соотношения минеральных элементов в питательном растворе. При высоком отношении азота и фосфора к калию и высоким дозах извести потребность в боре у нуждающихся в нем растений повышается (⁴). При внесении же высоких доз калия и железа (³), а также перекиси водорода (⁶), она уменьшается.

Нам удалось показать (⁷), что повышение потребности в боре в указанных условиях питания объясняется его способностью выправлять нарушения в направленности окислительно-восстановительных процессов.

Позже, одним из нас и М. М. Стекловой (⁸) было обнаружено, что известное сходство действия бора и перекиси водорода на рост растений объясняется некоторым сходством действия последней на направленность окислительно-восстановительных процессов с действием бора.

Исходя из имеющихся в литературе данных (^{9, 10}) о сходном положительном действии бора, магния и калия на рост растений при внесении токсических доз извести, вызывающих нарушение в обмене веществ, можно было предположить, что влияние магния и калия на обмен веществ, в первую очередь на направленность окислительно-восстановительных процессов имеет некоторое сходство с влиянием бора. Интересно было, поэтому, сравнить действие указанных элементов, а также железа, двуокиси марганца и химически родственного бору бериллия на рост и направленность окислительно-восстановительных процессов.

Опыты проводились в водных культурах в 1952 г., в двухкратной повторности с растениями, отличающимися по своей потребности в боре: льном и ячменем. Как известно, лен в отсутствие бора гибнет в самом молодом возрасте, очень часто сразу же после разворачивания семядолей, ячмень же в отсутствие последнего дает хорошо развитую вегетативную массу, но он или совсем не выколашивается или если и выколашивается, то колос у него совершенно стерильный. Для характеристики направленности окислительно-восстановительных процессов изучалась иодвосстанавливающая активность тканей по Гетри, содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты по Тильмансу, активность каталазы (газомертрическим путем), активность пероксидазы по Михлину и Брновицкой и дыхание — в аппарате Варбурга.

Проведенные нами исследования показали, что у льна ни железо, ни калий, взятые в повышенных дозах, ни двуокись марганца не смогли долго компенсировать недостатки бора в питательном растворе. Растения этих вариантов, хотя и росли в первое время значительно лучше контроля, у которого бор был исключен через 15 дней, погибли однако еще задолго до цветения. Дольше всего выделялись своим хорошим ростом растения, получившие двуокись марганца. Растения же, получившие повышенные дозы магния (4 нормы по Кнопу), после исключения бора через 15 дней после начала роста, смогли дойти до полного созревания и дали значительное количество семян — хотя и в 2,5 раза меньшее, чем растения, получившие бор весь период. Это хорошо иллюстрируется данными табл. 1.

Наиболее интересные результаты были получены в опытах с ячменем, который несколько менее льна нуждается в боре. У ячменя не только магний, но и повышенные дозы железа и калия, а также бериллий значительно компенсировали недостаток бора и при-
зели к хорошему выко-
лашиванию растений. Урожай семян с послед-
них оказался лишь при-
мерно в два раза мень-
шим, чем у растений,
получивших бор весь
период. Однако и в
этом опыте, так же как
и в опыте с льном, при
отсутствии бора наи-
лучшее действие ока-
зал магний (см. рис. 1
и табл. 2).

Как видно из дан-
ных, приведенных в
табл. 3 и 4, магний,
железо, бериллий и

Таблица 1
Влияние повышенных доз магния на уро-
жай льна в водных культурах при исклю-
чении бора из питательного раствора

Варианты опыта	Возд.-сух. вес листьев, стебл. и корней в г	Число коро- бочек	Число семян	Вес семян в г
	на один сосуд			
Контроль без бора	0,23	0	0	0,0
Исключение бора через 15 дн.	2,04	0	0	0,0
Исключение бора через 15 дн., затем + 4 Mg . .	14,09	29	208	0,63
Бор весь период	12,44	60	523	1,59

двуокись марганца, так же как и бор, ведут у льна и ячменя с одной стороны к повышению иодвосстанавливающей активности тканей в ли-
стьях и в корнях (у льна — особенно в корнях), содержания восстановлен-



Рис. 1. Влияние магния, калия и железа на выколашивание ячменя в отсутствие бора в питательном растворе. 1 — без бора, 2 — бор весь период, 3 — без бора + 4Mg, 4 — без бора + 4K, 5 — без бора + 4Fe

ной формы аскорбиновой кислоты, активности каталазы с одной стороны и с другой стороны — к снижению активности окислительного фермента пероксидазы, т. е. оказывают некоторое сходное с бором действие на направленность окислительно-восстановительных процессов.

Сходным с бором образом магний и калий влияют также и на интенсивность дыхания. Из работы одного из нас ⁽¹¹⁾ известно, что бор снижает интенсивность дыхания. В проведенном нами в 1952 г. исследовании на ячмене было обнаружено, что магний, так же как и бор, снижает интенсивность дыхания. Согласно Турковой ⁽¹²⁾, у растений с высоким содержанием калия наблюдается повышение иодвосстанавливающей активности тканей и активности каталазы и падение интенсивности оксидаз и дыхания. Согласно данным Мак Викара и Бэрриса ⁽¹⁴⁾ и Рида ⁽¹³⁾ бор повышает активность дегидраз, а по нашим данным снижает активность окислительных ферментов и дыхания.

Таблица 2

Влияние некоторых минеральных элементов на урожай ячменя при исключении бора из питательного раствора

Варианты опыта	Бод.-сух. вес листьев, стебл. и корней в г	Общее число колосьев	Число сте- рильных ко- лосьев	Число семян	Средний вес семян в г	Вес 100 семян в г
	на один сосуд					
Контроль, без бора	12,85	0	0	0	0	0,0
Без бора + + 4 Mg . .	18,30	22	4	175	5,50	3,15
Без бора + + 4 K . . .	28,56	11	5	72	3,65	5,07
Без бора + + 4 Fe . . .	21,42	16	5	80	3,10	3,87
Без бора + + Be	21,09	16	2	50	2,90	5,80
Бор весь пери- од	12,06	26	1	273	6,60	2,41

Повидимому, некоторые минеральные элементы так же как и бор способны регулировать соотношение дегидразной и оксидазной фаз ды-

Таблица 3

Влияние бора, магния, железа, бериллия и двуокиси марганца на некоторые биохимические показатели у льна

Варианты опыта	Иодвосстан. активн. тканей в мл 0,005 нл на 100 г сыр. веса у 14-дн. растений		Содерж. восстан. формы аскорб. к-ты в мг на 100 г сыр. веса лист. 84-дн. раст.	Активн. каталазы в мл выдел. О ₂ на 0,5 г сыр. веса лист. 18-дн. раст.	Активн. пероксидазы в мл КЮ ₂ на 1 г сыр. веса лист. 42-дн. раст.
	листья	корни			
а) Исключение бора через 15 дн. (контроль)	102,0	30,0	2,6	4,0	3,8
б) То же, затем + 4 Mg	187,2	69,0	4,7	7,2	1,7
в) То же, что а), затем + 4 Fe	172,2	91,6	4,4	8,1	1,5
г) " " " " " + Be	154,8	не опред.	16,3	не опред.	не опред.
д) " " " " " + MnO ₂	140,2	69,4	21,3	17,8	1,9
е) Бор весь период	153,0	83,0	4,9	3,4	2,3

хания, активировать дегидразный комплекс и ослаблять активность заключительной оксидазной фазы дыхания, сильно стимулированной в отсутствие бора. Они могут, поэтому, частично компенсировать недостаток бора, особенно у таких растений, как ячмень, который менее чем лен и другие двудольные нуждается в боре и способен в отсутствие последнего давать хорошо развитую вегетативную массу. Физиологическая роль бора, однако, значительно многообразнее, чем его действие на характер окислительно-восстановительных процессов. Причем и влияние его на

окислительно-восстановительные процессы отличается некоторыми особенностями от влияния перекиси водорода и железа. Поэтому другие элементы, как например железо, калий, бериллий, а также перекись водорода и двуокись марганца способны только частично компенсировать его недостаток и то только у однодольных растений, отличающихся меньшей потребностью в боре.

Таблица 4

Влияние бора, магния, железа, бериллия, калия и двуокиси марганца на некоторые биохимические показатели у ячменя

Варианты опыта	Иодвосстан. активн. тканей в мл 0,005 н/л на 100 г сыр. веса у 35-дн. раст.		Содерж. восст. форм аскорбин. к-ты в мг на 100 г сыр. веса лист. 35-дн. раст.	Активн. каталазы в мл выдел. О ₂ на 0,5 г сыр. веса лист. 38-дн. раст.	Активн. пероксидазы в мл К ₂ O ₈ на 1 г сыр. веса лист. 43-дн. раст.
	листья	корни			
Без бора весь период (контр.)	93,4	54,0	8,7	35,0	4,0
" " " " + 4 Mg	224,0	60,0	17,5	53,0	2,5
" " " " + 4 Fe	135,0	69,0	8,7	60,0	2,2
" " " " + Be	266,0	не оп-ред.	17,5	не оп-ред.	не оп-ред.
" " " " + 4 K	128,0	не оп-ред.	13,4	62,7	не оп-ред.
" " " " + MnO ₂	286,0	69,0	23,3	88,3	2,7
Бор весь период	168,2	75,2	26,3	42,0	3,2

Проведенные нами в 1951 г. исследования на льне показали, что перекись водорода, повышающая, так же как и бор, иодвосстанавливающую активность тканей, содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты и активность каталазы, вместе с тем в отличие от бора повышает и активность окислительных ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы. Повышение активности пероксидазы особенно в корнях (в отличие от результатов наших последних опытов — см. табл. 3) наблюдалось также под влиянием железа, входящего как известно в состав геминного комплекса пероксидазы. Полученные нами в настоящем исследовании и в работе (7) данные объясняют способность магния и калия (9, 10) устранять сходным с бором образом отрицательное действие высоких доз извести и показывают, как велико взаимодействие минеральных элементов в обмене веществ.

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

Поступило
26 I 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Т. Гаврилова, Ботан. журн. СССР, 20, № 1 (1935). ² А. А. Кузьменко, Е. Д. Буслова, Сб. Физиологические исследования над махорочным растением, 1, 1934. ³ М. Я. Школьник, Н. А. Макарова, ДАН, 71, № 2 (1950). ⁴ М. Я. Школьник, Н. А. Макарова, М. М. Стеклова, Экспер. бот., 8 (1951). ⁵ Е. Д. Буслова, Сб. Микроэлементы в жизни растений и животных. Изд. АН СССР, 1952. ⁶ М. Я. Школьник, М. М. Стеклова, ДАН, 77, № 1 (1951). ⁷ Н. В. Ковалева, М. Я. Школьник, ДАН, 85, № 2 (1952). ⁸ М. Я. Школьник, М. М. Стеклова, ДАН, 94, № 1 (1954). ⁹ О. К. Кедоров-Зихман, М. В. Данкова-Анохина, Химиз. соц. землед., 4 (1940). ¹⁰ А. М. Свешников, Химиз. соц. землед., 1 (1940). ¹¹ М. Я. Школьник, Роль и значение бора и других микроэлементов в жизни растений, Изд. АН СССР, 1939. ¹² Н. С. Туркова, Сб. Пам. акад. Д. Н. Прянишникова, Изд. АН СССР, 1950. ¹³ H. S. Reed, Hilgardia, 17, 11 (1947). ¹⁴ R. Mac Vicar, R. H. Burris, Arch. of Biochem., 17, 1 (1948).