

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. Я. ШКОЛЬНИК и Н. А. МАКАРОВА

**ЗАВИСИМОСТЬ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В БОРЕ ОТ
СООТНОШЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАТЕЛЬНОМ
РАСТВОРЕ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 6 I 1950)

Л. Т. Гавриловой (1) в исследовании по влиянию различных доз фосфора и калия на рост табака в водных культурах было доказано, что соответствующим регулированием солей в питательном растворе (снижение фосфора до $\frac{1}{16}$ нормы от полного питательного раствора и увеличением дозы калия) можно снизить потребность растений в боре. В появившейся недавно работе Беккенбаха (2) приводятся данные, противоречащие фактам, открытым Гавриловой. Согласно Беккенбаху, при недостатке фосфатов растения требуют больше бора, чем при достаточном снабжении их фосфатами.

Имевшиеся в литературе факты о существовании связи между встречаемостью болезней, устраняемых бором, и отношением фосфора к калию в почвенном растворе говорили в пользу данных Гавриловой. В их пользу говорили также обнаруженные одним из нас (3) факты уменьшения поступления фосфора и увеличения поступления калия под влиянием бора.

Придавая большое значение открытым Гавриловой фактам, мы решили для проверки их поставить исследование на льне. Выдвинув предположение (4), что одной из причин меньшей потребности злаков в боре является их большая приспособленность к неуравновешенности питательного раствора по сравнению с сильно нуждающимися в боре двудольными, мы считали необходимым включить в опыт, кроме льна, также и пшеницу.

Опыты были поставлены летом 1949 г. в Ленинграде по указанной в табл. 1 схеме.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, в соответствии с данными Гавриловой, что на $\frac{1}{8}$ нормы фосфора от полного питательного раствора, без бора, урожай надземной массы почти в три с половиной раза выше, чем на полной питательной смеси. Кнопка без бора, а на избытке калия (3 нормы) даже в 5 раз выше. Необходимо, однако, отметить, что в отличие от опытов Гавриловой, в которых на низких дозах фосфора без бора наблюдался нормальный рост табака до плодоношения, в наших опытах со льном растения, особенно их корни, на низких дозах фосфора, так же как и на высоких дозах калия, все же значительно отставали в росте по сравнению с получившими бор растениями. Из данных табл. 1 видно также, что мало нуждающаяся в боре пшеница одинаково хорошо росла на всех изучавшихся соотношениях питательных солей.

Таблица 1

Влияние различных соотношений фосфора и калия на урожай льна и пшеницы на фоне бора и без него

Схема опыта	Л е н				П ш е н и ц а			
	надземная часть	корни	все растение	все растение в %	надземная часть	корни	все растение	все растение в %
Раствор Кнопа (на воде из металлич. дистиллятора) без бора	0,0210	0,0042	0,0252	10,1	1,0360	0,6688	1,7048	101,0
То же + В 0,5 мг	0,0769	0,0374	0,2492	100,0	1,0440	0,6438	1,6878	100,0
1,8 н. Р без бора *	0,0769	0,0088	0,0857	34,3	1,2408	0,8000	2,0408	120,9
То же + В 0,5 мг	0,1768	0,0288	0,2056	84,1	1,2692	0,8088	2,0780	123,1
3 н. К без бора	0,1082	0,0174	0,1256	50,4	1,2360	0,6336	1,8696	110,8
То же + В 0,5 мг	0,2114	0,0406	0,2520	101,1	1,0266	0,6600	1,6866	99,9

* Все остальные соли даны по норме кноповского раствора.

В литературе имеются данные о большей встречаемости болезней, устраняемых бором, на почвах с избыточным содержанием азота. В связи с этим мы предположили, что и при недостатке азота, так же как и при недостатке фосфора и при одновременном сниженном содержании фосфора и азота и увеличенном содержании калия, растения будут меньше страдать в отсутствие бора. Для проверки нашего предположения был поставлен новый опыт со льном по указанной в табл. 2 схеме.

Таблица 2

Влияние различных соотношений фосфора, калия и азота и их комбинаций на урожай льна на фоне бора и без него

Схема опыта	Воздушно-сухой вес в г			Все растение	
	надземная часть	корни	все растение	в % ст контроля	в % к соответств. вариантам с бором
Раствор Кнопа (на воде из металлич. дистиллятора) — контроль без бора	0,0694	0,0112	0,0806	19,2	19,2
То же + В 0,5 мг (контроль + бор)	0,3586	0,0594	0,4180	100,0	100,0
1/8 н. Р без бора	0,0954	0,0142	0,1096	26,2	—
1/16 н. Р без бора	0,0940	0,0164	0,1104	26,4	36,4
То же + В 0,5 мг	0,2582	0,0450	0,3032	72,5	100,0
3 н. К без бора	0,1314	0,0202	0,1516	36,2	—
6 н. К без бора	0,1352	0,0232	0,1584	37,9	65,7
То же + В 0,5 мг	0,1944	0,0468	0,2412	57,7	100,0
1/8 н. N без бора	0,1506	0,0304	0,1810	43,3	64,0
То же + В 0,5 мг	0,2400	0,0426	0,2826	76,1	100,0
1/8 н. Р + 3 н. К без бора	0,1670	0,0324	0,1994	47,7	68,0
То же + В 0,5 мг	0,2436	0,0496	0,2932	70,1	100,0
1/8 н. Р + 1/8 н. N + 3 н. К без бора	0,2040	0,0290	0,2330	55,7	75,9
То же + В 0,5 мг	0,2520	0,0550	0,3070	73,4	100,0

Как видно из данных табл. 2, наши предположения полностью оправдались. На сниженной дозе азота (1/8 нормы от полного питатель-

ного раствора) в отсутствие бора растения страдали еще меньше, чем на сниженной дозе фосфора и повышенной дозе калия и на их комбинации. Наилучший рост льна в отсутствие бора был получен при одновременном снижении дозы фосфора и азота и повышении дозы калия. Однако и в этом случае сухой вес растений все же равнялся только 75,9% от сухого веса растений варианта с бором.

В нашей работе (5) был обнаружен факт, что дополнительно внесенное железо на фоне высоких доз меди при наличии в питательном растворе бора в недостаточном количестве не только полностью устраняет токсичность меди, но и ведет к замене нехватящих количеств бора. Это привело нас к мысли о необходимости выяснить, можно ли с помощью повышенных доз железа в комбинации с высокими дозами калия и сниженными дозами азота и фосфора получить нормальное развитие льна, во всяком случае до плодоношения, в отсутствие бора. С целью выяснения этого вопроса нами был поставлен в конце сентября опыт в оранжерее по схеме, указанной в табл. 3, в которой приводятся данные по высоте растений, длине корня и сухому весу растений.

Хотя из-за плохих условий в октябре опытные растения пришлось убрать в молодом возрасте, были получены все же очень интересные результаты. К моменту уборки у контрольных, не получивших бора растений на полной питательной смеси наблюдалось отмирание точек роста у всех пяти опытных растений. На вариантах с повышенными дозами железа без бора, со сниженными количествами азота и фосфора и повышенными количествами калия без бора, так же как и на вариантах с бором, ни у одного растения не наблюдалось отмирания точек роста.

Таблица 3

Влияние повышенных доз железа на потребность растений в боре

Схема опыта	Высота надземной части в см	Длина корней в см	Длина боковых корешков в см	Сухой вес растения в г
Раствор Кнопа (на воде из металл. дистиллятора) без бора	2,5	5,4	до 0,5	0,0278
То же + В 0,5 мг	6,8	11,8	от 1 до 2,5	0,0316
То же + Fe 100 мг без бора	6,5	4,4	от 0,5 до 1,5	0,0326
$\frac{1}{8}$ н. Р + $\frac{1}{8}$ н. N + 3 н. К без бора	6,6	7,8	от 0,5 до 2	0,0292
То же + В 0,5 мг	7,3	10,0	от 1 до 3	0,0297
$\frac{1}{8}$ н. Р + $\frac{1}{8}$ н. N + 3 н. К + Fe 100 мг без бора	3,9	3,0	до 1	0,0183 (растения погибли)
То же + В 0,5 мг	5,9	6,2	от 0,5 до 2	0,0260

Интересно, что повышенная доза железа, оказавшаяся немного токсичной на нормальном питательном растворе Кнопа, на фоне сниженных доз азота и фосфора и высоких доз калия оказалась настолько токсичной, что привела к полной гибели растений; это не дало возможности выяснить влияния доз железа в комбинации с высокими дозами калия и пониженными дозами фосфора. Бор, как видно из табл. 3, полностью снял токсичность железа, показав себя, таким образом, антагонистом железа.

В данных табл. 3 состояние опытных растений лучше всего отражают цифры по высоте надземной части и длине корней.

Тот факт, что можно снизить потребность растений в боре регулированием рН (6), оказывающим большое влияние на биокolloиды и на

поступление ионов, так же как и соответствующим регулированием соотношения солей в питательном растворе, говорит о том, что одной из важнейших сторон физиологической роли бора является его влияние на физико-химические свойства коллоидов и на поступление минеральных элементов. В виду того что поступление минеральных элементов, как известно, находится в большой зависимости от дыхания, можно предположить, что влияние бора на ход окислительных процессов является одной из решающих сторон его физиологической роли. Этим, видимо, объясняется обнаруженная нами близость действия бора и железа. В пользу этого говорит факт большой необходимости бора при повышенной температуре, когда снижается растворимость кислорода в воде. Одной из важнейших причин меньшей необходимости бора злакам, возможно, является их большая приспособленность к плохой аэрации, наблюдающейся в водных культурах, в связи со специфичностью в ходе окислительных процессов в корнях этих растений.

Некоторые различия в ходе энергетических процессов у сильно нуждающегося в боре льна, с одной стороны, и мало нуждающейся в боре пшеницы, с другой, были ранее обнаружены одним из нас (7, 8). В появившихся в последнее время работах (9, 10) показано, что роль бора в известной степени связана с деятельностью окислительных ферментов.

Поступило
31 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Т. Гаврилова, Бот. журн. СССР, 20, № 1, 34 (1935). ² J. R. Veskenbach, Fla. Agr. Sta. Tech. Bull., 395 (1944). ³ М. Я. Школьник, ДАН, № 1 (1934). ⁴ М. Я. Школьник и Н. А. Макарова, ДАН, 68, № 3 (1949). ⁵ М. Я. Школьник и Н. А. Макарова, ДАН, 70, № 1 (1950). ⁶ А. И. Смирнов, Бор как регулятор роста табака, в связи с реакцией питательного раствора и источником азота, Гос. ин-т табаководения, в. 70 (1930). ⁷ М. Я. Школьник, О значении бора для высших растений, Тезисы канд. диссертации, изд. АН СССР, 1935. ⁸ М. Я. Школьник, Роль и значение бора и других микроэлементов в жизни растений, изд. АН СССР, 1939. ⁹ R. McVicar and R. H. Burris, Arch. Biochem., 17 (1948). ¹⁰ H. S. Reed, Hilgardia, 17 (1947).