

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. Я. ШКОЛЬНИК и Н. А. МАКАРОВ

**ОБ ОДНОЙ ИЗ ПРИЧИН РАЗЛИЧНОЙ НЕОБХОДИМОСТИ
БОРА И ЦИНКА РАСТЕНИЯМ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 28 VI 1949)

В опытах одного из авторов (5, 6) было обнаружено на льне в условиях водных культур, что бор при пониженной температуре воздуха и питательного раствора значительно менее необходим, чем при более высокой температуре (18—35°). Открытые Школьником факты о большей необходимости бора при более высокой температуре подтвердились в работах других авторов (1, 4). В работе Хогланда (8) имеется указание, что цинк значительно менее нужен растению при пониженной интенсивности освещения. Л. Т. Гавриловой (1) было показано, что при соответствующем регулировании питательного раствора (снижение дозы фосфора до $\frac{1}{16} N$) растения табака могут обходиться без бора до плодоношения. Мес (10) обнаружил меньшую необходимость бора в водной культуре при $pH = 7,0$.

Полученные нами данные об антиоксическом действии бора по отношению к меди (7) навели нас на предположение, что значительно большая потребность растений в боре в условиях водных культур при высоких температурах является результатом способности бора уменьшать проницаемость протоплазмы для некоторых растворимых веществ, в том числе для меди. В литературе имеются данные (2, 9) о повышении проницаемости протоплазмы для растворенных веществ при повышении температуры. Особенно резко это повышение проницаемости идет при температурах 20—35° и выше.

Мы предположили, что при пониженных температурах (10—15°) медь будет менее токсична, чем при повышенных, и что при пониженных температурах бор, оказывающий антиоксическое действие в отношении меди, будет менее нужен в условиях водных культур. Чтобы проверить наше предположение, мы поставили два опыта с подсолнечником — один с 17 VIII (I серия) и второй, более поздний, с 28 VIII (II серия). Растения I серии росли первые 10 дней при среднесуточной температуре воздуха от 14 до 18,6°* (максимальная 18,5—26,1°). Растения II серии росли первые 10 дней при более низких температурах — среднесуточной температуре от 9,2 до 13,8° (максимальная 11,2—18,5°). Позже, после кратковременного потепления, растения обеих серий росли, начиная с 16 IX, в условиях значительного похолодания. Растения I серии опытов были убраны 11 X, растения II серии — 30 X. В табл. 1 приводятся урожайные данные этих опытов.

Как видно из табл. 1, растения I серии опытов, росшие на кнопе на воде из медного дестиллятора (вариант 2), дали резко сниженный

* Нами приводятся данные температуры воздуха вне вегетационного домика. В вегетационном домике температура воздуха была обычно на 1—2° выше.

Таблица 1

Различия в токсичности меди и в действии бора и цинка при разных температурных условиях

| № варианта | Схема опыта | Серия I | | | № варианта | Схема опыта | Серия II | | |
|------------|--|----------------------|--------------------------|-------|------------|--|----------------------|--------------------------|-------|
| | | Высота растения в см | Сухой вес всего растения | | | | Высота растения в см | Сухой вес всего растения | |
| | | | в г | в % | | | | в г | в % |
| 1 | Кноп (дестилл. вода из стекл. дестиллятора) | 9,0 | 0,9516 | 100,0 | 1 | Кноп (дестилл. вода из стекл. дестиллятора) | 7,0 | 0,3788 | 100,0 |
| 2 | Кноп (дестилл. вода из медного дестиллятора) | 1,8 | 0,2682 | 28,1 | 2 | Кноп (дестилл. вода из медного дестиллятора) | 6,5 | 0,4674 | 123,4 |
| 3 | То же + В 0,5 мг | 10,0 | 0,5210 | 54,7 | 3 | Кноп (дестилл. вода из стекл. дестиллятора) + Cu 0,1 мг без В | 9,7 | 0,4251 | 108,3 |
| 4 | Кноп (дестил. вода из стекл. дестиллятора) + Cu 0,5 мг без В | 1,0 | 0,2828 | 29,7 | 4 | Кноп (дестилл. вода из стекл. дестиллятора) + Cu 0,1 мг + В 0,5 мг | 16,5 | 0,5019 | 122,7 |
| 5 | То же + Cu 0,5 мг + В 0,5 мг | 7,5 | 0,3540 | 37,2 | 5 | То же + Cu 0,25 мг без В | 8,7 | 0,4835 | 124,8 |
| 6 | То же + Cu 0,5 мг + Zn 3 мг | 7,5 | 0,3716 | 39,0 | 6 | То же + Cu 0,25 мг + В 0,5 мг | 14,7 | 0,5108 | 138,8 |
| | | | | | 7 | То же + Cu 0,25 мг + Zn 1 мг | 9,5 | 0,3454 | 129,2 |

урожай. То же наблюдалось у растений 4-го варианта, росших на кнопе на воде из стеклянного дестиллятора, к которой было добавлено 0,5 мг меди. Прибавление бора, снижающего токсичность меди, улучшало рост растений (рис. 1). Цинк также снизил токсичность меди и улучшил рост растений, но меньше, чем бор. Получившие цинк растения в отличие от растений, получивших бор, имели ненормальный вид. В табл. 1 приведены урожайные данные этого опыта. Наиболее точное представление об антитоксическом действии бора можно получить из приведенных в таблице данных о высоте растений и из рис. 1.

Совершенно другая картина наблюдалась в отношении токсичности меди у растений II серии опытов, высеванных 28 VIII и развивавшихся на первых этапах развития при более пониженных температурах (табл. 1). В этих условиях медь оказалась значительно менее токсичной, чем в I серии опытов. Особо необходимо остановиться на поведении растений 1-го варианта II серии, росших на не содержащей меди воде из стеклянного дестиллятора, в которой содержатся достаточные количества бора. В первые 20 дней, при среднесуточной температуре воздуха 10—15°, растения этого варианта отличались наилучшим ростом. Когда же после 16 IX началось резкое похолодание (среднесуточные температуры равнялись +5 ÷ +7°, а ночные —0,5 ÷ +1,3°), растения этого варианта начали страдать. Как видно из табл. 1, растения этого варианта дали самый низкий урожай. Это объясняется, видимо, тем, что при пониженных температурах, близких к нулю, когда плазма становится менее проницаемой для воды, бор, способствующий снижению проницаемости, усиливает, повидимому, отрицательное действие пониженных температур. Мы как раз и наблюдали у растений 1-го

варианта определенные признаки завядания, хотя они росли в водных культурах. Интересно, что бор при пониженных температурах (средне-суточная температура $+5$ — $+7^\circ$) вреден только в том случае, если нет меди в питательном растворе, если же имеется медь в растворе (варианты 4 и 6), он не только не вреден, но даже действует положительно. Таким образом, медь способна обезвреживать действие бора.

19 X растения II серии опытов были перенесены в комнату. К этому времени листья на всех вариантах, кроме 1-го, были совершенно здоровыми. Через три дня после перенесения растений в комнату мы стали наблюдать крайне интересное явление. У листьев получивших медь растений вариантов 2, 3 и 5, которым не вносился бор, появились участки отмирающей ткани, особенно на краях листьев, которые с каждым днем все больше и больше увеличивались в числе и в размерах.

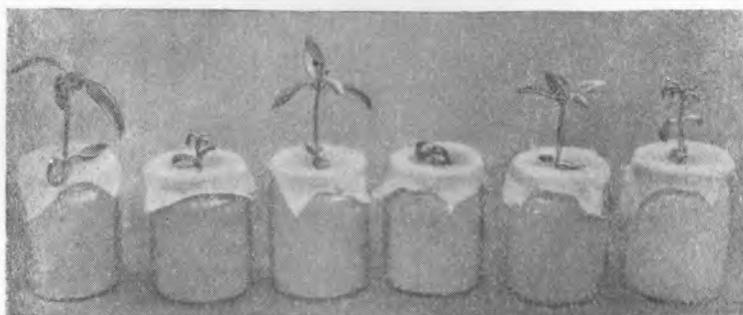


Рис. 1. Подсолнечник в водных культурах. 1 — кноп на воде из стеклянного дестиллятора; 2 — кноп на воде из медного дестиллятора без бора; 3 — то же, с бором; 4 — кноп на воде из стеклянного дестиллятора + медь 0,5 мг без бора; 5 — то же, с бором; 6 — кноп на воде из стеклянного дестиллятора + медь 0,5 мг + цинк

Особенно сильно были распространены участки отмершей ткани на растениях 5-го варианта с большой дозой меди. Листья же 4-го и 6-го вариантов, которым был прибавлен бор, сохраняли совершенно здоровый вид и не имели никаких пятен или участков отмершей ткани. Никаких пятен не наблюдалось и на листьях 7-го варианта, получивших цинк, хотя сами листья имели неправильную форму и были несколько скручены. Эти факты могли быть только результатом токсического действия меди, поступление которой увеличивалось в связи с повышением проницаемости плазмы при переходе растений с нижних температур к высоким. В специальном опыте мы выяснили, что более устойчивые к меди злаки тоже меньше страдают от меди в условиях пониженных температур.

Чтобы окончательно доказать, что медь оказывает более токсическое действие при более высоких температурах, были поставлены еще специальные опыты с подсолнечником при контролируемых температурах, в теплой и холодной оранжереях. В теплой оранжерее в первые 16 дней максимальная температура с 9 утра до 5 час. вечера доходила до 38° , в холодной — до 12 — 17° . Позже различия были меньше. В табл. 2 приводятся урожайные данные.

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что в то время, как в теплой оранжерее медь в обеих дозах сильно снижает урожай, в холодной оранжерее это снижение незначительно; бор, а также цинк на фоне меди в теплой оранжерее резко повышают урожай, в холодной же оранжерее эффект от бора и цинка незначителен.

Таблица 2

азличия в действии бора и цинка на фоне токсических доз меди в теплой и холодной оранжереях (опыт с 5 X по 12 XI 1948 г.)

| № варианта | Схема опыта | Серия III Оранжерея № 13 (теплая) | | Серия IV Оранжерея № 20 (холодная) | |
|------------|---|---|-------------------|---|-------------------|
| | | Сухой вес всего расте- ния в г (среднее из 2 по-тор- ностей) | В % к контролю | Сухой вес всего расте- ния в г (среднее из 2 по-тор- ностей) | В % к контролю |
| 1 | Кноп (дестилл. вода из стекл. дестиллятора) | 0,1481 | 100,0 | 0,1138 | 100,0 |
| 2 | То же+Cu 0,25 мг без В . . . | 0,0904 | 61,0 | 0,1022 | 89,9 |
| 3 | То же+Cu 0,25 мг+В 0,5 мг . | 0,1665 | 112,6 | 0,1098 | 96,3 |
| 4 | То же+Cu 0,5 мг без В | 0,1016 | 68,6 | 0,1095 | 96,1 |
| 5 | То же+Cu 0,5 мг+В 0,5 мг . . | 0,1589 | 107,3 | 0,1056 | 92,8 |
| 6 | То же+Cu 0,5 мг+Zn 0,6 мг . | 0,1373 | 92,7 | 0,1078 | 94,7 |

Чтобы выяснить, действительно ли бор и цинк влияют на проницаемость плазмы снижающим образом, мы поставили прямые опыты по влиянию этих микроэлементов на проницаемость плазмы клеток эпидермиса стебля подсолнечника.

Мы определяли проницаемость методом, которым пользовалась Н. Т. Кахидзе⁽³⁾. Участки эпидермиса помещались в 0,01% раствор эозина и через час качественно, непосредственным наблюдением под микроскопом, сравнивалась степень окраски у различных препаратов. По интенсивности окрашивания составлялось суждение о проницаемости плазмы. Наименьшая проницаемость была найдена у растений, получивших 0,5 мг бора из вариантов с 0,1 и 0,25 мг меди. Снижение проницаемости наблюдалось также у растений из варианта с цинком, но это уменьшение было менее четко выражено, чем в вариантах с бором.

Полученные данные по влиянию бора и цинка на проницаемость являются только предварительными. Требуется еще дополнительное более углубленное изучение влияния этих элементов на проницаемость и особенно на проницаемость клеток корня. Очень интересно было бы изучить также влияние бора и цинка на поступление меди в растение, и наоборот. Бор и цинк, ставшие в процессе эволюции составными частями растений, имеют, повидимому, большое приспособительное значение в сохранении единства растительного организма и среды.

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

Поступило
18 VI 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Т. Гаврилова, Бот. журн. СССР, 20, 34 (1935). ² Г. В. Домрачев, Тр. О-ва естествоисп. Казанск. ун-та, 49, 4 (1921). ³ Н. Т. Кахидзе, Сообщ. АН Груз.ССР, 8, № 3, 159 (1947). ⁴ П. А. Поволочко, Сов. субтроп., 4, 57 (1940). ⁵ М. Я. Школьник, Значение бора для высших растений, Тезисы диссертации на ст. канд. наук, изд. АН СССР, 1935. ⁶ М. Я. Школьник, Роль и значение бора и других микроэлементов в жизни растений, изд. АН СССР, 1939. ⁷ М. Я. Школьник и Н. А. Макарова, ДАН, 68, № 1 (1949). ⁸ D. R. Hoagland, Lectures on the Inorganic Nutrition of Plants, 1934. ⁹ W. Lepeschkin, Am. Journ. Bot., 35, 234 (1948). ¹⁰ M. G. Mes, Phytopath. Zs., 2, 593 (1930).