Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 2

*ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ*

Л. К. ОСТРОВСКАЯ

# ПОСТУПЛЕНИЕ МЕДИ В РАСТЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

*(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 II 1955)*

Многолетнее применение медных микроудобрений на осушенных торфяниках показало, что медь как микроэлемент действует на различных торфах с неодинаковой эффективностью. Однако причины этого явления исследованы совершенно недостаточно, главным образом из-за отсутствия необходимого количества данных о содержании меди в торфах и поступлении ее в растения.

Некоторые исследователи ([1, 2]) отмечают, что наиболее высокая эффективность медных удобрений наблюдается на известковых и известково-железистых торфяниках. С другой стороны, есть указания на большую подвижность меди в торфах со слабо кислой реакцией ([3, 4]). Однако эти наблюдения в большинстве случаев не подкреплены обстоятельными экспериментальными данными по содержанию меди в торфах и выращиваемых на них растениях.

В настоящей работе изучалось поступление меди в растения овса в условиях вегетационного и полевых опытов на торфяниках Украинской ССР, значительно различающихся по своему химическому составу и свойствам. В табл. 1 приводятся некоторые данные по химической характеристике торфов, на которых проводились опыты, а в табл. 2 — содержание меди в листьях, колосках в период цветения, зрелом зерне и соломе овса, выращенного в вегетационном опыте на разных торфах. Медь определялась по реакции с дитизоном ([5]) с некоторыми изменениями, внесенными Х. Н. Починком и Г. М. Яковенко, на основании данных А. К. Бабко и А. Т. Пилипенко ([6]). Метод обеспечивает специфичность определения и чувствительность до 1 γ.

Таблица 1

Химический состав торфов (в % на абс.-сух. вес)

| Происхождение торфа * | pH | Зола | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ | Гумус рыхло-связанный |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Болото Чемерное, Ровенск. обл. (Сарненская опытная станция) . . . . . | 5,0 | 13,1 | 1,85 | 0,33 | 3,39 | 6,20 |
| Болото Супой, Киевск. обл. (Панфильское опытное поле) . . . . . | 7,5 | 37,9 | 10,25 | 1,41 | 5,40 | 1,76 |
| Болото Ирпень, Киевск. обл. . . . . | 7,9 | 61,8 | 28,27 | 1,00 | 9,06 | 1,15 |

* В дальнейшем перечисленные в таблице торфа условно обозначаются как сарненский, панфильский и ирпенский.

Таблица 2

Содержание меди в различных частях растений овса, сорт Советский, в вегетационных опытах на различных торфах (мг на 1 кг абс.-сух. веса)

| Происхождение (торфа) | Содерж. меди в торфе мг/кг | Без медного купороса | | | | | | 210 мг медного купороса на сосуд | | | | | | Прибавка урожая зерна от внесения Cu в % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Колич. меди в сосуде, мг | Листья | Колоски | Соломина | | | Колич. меди в сосуде, мг | Листья | Колоски | Соломина | | | |
| | | | | | узлы | междоузлия | зерно | | | | узлы | междоузлия | зерно | |
| 1953 г. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сарненский | 8,85 | 15,8 | 5,27 | 5,37 | — | — | 9,47 | 69,0 | 7,03 | 5,78 | — | — | 9,09 | —9,0 |
| Панфильский | 4,09 | 9,2 | 4,48 | 1,33 | — | — | 3,93 | 62,4 | 8,30 | 2,41 | — | — | 6,33 | +3,2 |
| Ирпенский | 3,27 | 11,3 | 3,31 | 2,12 | — | — | 2,35 | 64,5 | 4,02 | 1,64 | — | — | 3,58 | +64,4 |
| 1954 г. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сарненский | 1,51 | 2,9 | 2,74 | 2,45 | 7,60 | 2,67 | 3,26 | 56,1 | 7,30 | 3,81 | 9,19 | 2,77 | 4,28 | +660 |
| Панфильский | 7,67 | 21,4 | 4,50 | 1,74 | 8,90 | 2,48 | 3,39 | 74,6 | 7,54 | 3,85 | 12,79 | 3,17 | 4,38 | +3,5 |
| Ирпенский | 3,54 | 14,4 | 1,96 | * | — | 1,94 | * | 67,6 | 4,64 | 2,07 | 6,11 | 2,22 | 4,29 | — |

* Растения не выколосились.

Из табл. 2 следует, что поступление меди в растения овса зависит не только от содержания ее в торфе, но и от степени подвижности. Растения, выращенные на ирпенском торфе с высоким содержанием извести и железа и щелочным показателем pH, отличаются наиболее низким по сравнению с растениями на других торфах содержанием меди во всех органах. На этом торфе затруднено поступление в растения не только той меди, которая в нем находится, но и внесенной в виде медного купороса, что свидетельствует о быстром связывании ее в трудно доступные для растений соединения.

Из слабо кислого сарненского торфа, не обогащенного кальцием, магнием и железом из-за питания жесткими водами, но более богатого гумусом, медь значительно легче и быстрее поступала в растения, причем даже в том случае, когда ее в торфе содержалось очень небольшое количество (опыт 1954 г.).

Растения, выращенные на панфильском торфе, занимают по содержанию в них меди промежуточное положение. Этот торф содержит меньше зольных элементов, а содержащаяся в нем известь в значительной мере локализирована в ракушечнике.

Относительное содержание меди в тканях растения может определяться не только уровнем обеспеченности растений медью на данном субстрате, но и уровнем урожая, который лимитируется и другими факторами (что особенно существенно при сопоставлении различных торфов). Учитывая это обстоятельство, мы сравнили вынос меди массой у растений, выращенных в опыте 1954 г. в сосудах на различных торфах (всего 16 растений) (см. табл. 3).

Данные табл. 3 подтверждают выводы, сделанные на основании различий в содержании меди между растениями. Вынос меди растениями из кислого торфа в 8—12 раз больше, чем из торфов щелочных.

Для того чтобы выяснить роль реакции среды в изменении степени подвижности меди в торфе, в 1954 г. один из вариантов вегетационного опыта был поставлен с добавлением к сарненскому торфу мела из расчета 1,75 м-экв по его гидролитической кислотности. В табл. 4 приведены при-

Таблица 3

Вынос меди надземной массой растений в вегетационном опыте (из сосудов без медного купороса)

| Происхождение торфа | Сухой вес надземной части растений, г | Сухой вес корней *, г | Содерж. меди в надземной массе, мг | Содерж. меди в надземной массе по отнош. к содерж. меди в торфе вегет. сосуда, (%) |
|---|---|---|---|---|
| Сарненский . . . . . | 18,092 | 0,355 | 0,094 | 3,260 |
| Панфильский . . . . . | 16,185 | 0,285 | 0,092 | 0,431 |
| Ирпенский . . . . . | 8,197 | 0,555 | 0,033 | 0,227 |

* В корнях медь не определялась.

бавки в процентах по различным показателям для растений, выращенных с добавлением медного купороса, по отношению к соответствующим вариантам без добавления меди. Прибавки эти были значительно больше при добавлении мела, чем без него, хотя абсолютный урожай овса от добавления мела понизился. Повышение эффективности медного купороса при доведении реакции торфа до нейтральной, очевидно, обусловлено уменьшением степени подвижности меди в этих условиях.

Это подтверждается также и тем, что содержание меди в листьях и молодых колосках растений вариантов опыта с мелом было меньше, чем в соответствующих органах растений вариантов без мела — как при внесении медного купороса, так и без него. Только в зрелом зерне содержание меди стало примерно одинаковым.

Таблица 4

Влияние усреднения торфа на эффективность действия медного купороса

| Условия питания | Высота растений | | Число зерен в метелке | | | | Вес 1 раст. | | Вес зерна 1 растения | | Содержание меди, мг/га | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | абсол., см | прибавка, % | всего, шт. | прибавка, % | полных, шт. | прибавка, % | абсол., г | прибавка, % | абсол., г | прибавка, % | листья | колоски (фаза цветения) | зрелое зерно |
| РК . . . . . | 103,3 | — | 11,3 | — | 1,1 | — | 2,23 | — | 0,17 | — | 3,41 | 2,45 | 3,26 |
| РК + $CuSO_4$ . . . . . | 120,6 | 17 | 27,2 | 141 | 25,1 | 2180 | 2,92 | 31 | 1,12 | 560 | 8,23 | 3,81 | 4,28 |
| РК+$CaCO_3$ . . . . . | 88,6 | — | 8,6 | — | 0,5 | — | 1,90 | — | 0,07 | — | 2,45 | 1,77 | 4,61 |
| РК+$CaCO_3$+$CuSO_4$ . . | 111,3 | 26 | 22,6 | 163 | 19,5 | 3800 | 2,68 | 41 | 0,91 | 1200 | 6,26 | 1,66 | 4,49 |

Слабая подвижность меди в торфах обусловлена ее способностью давать комплексные соединения с различными органическими веществами (почвенным белком, аминокислотами, органическими кислотами, гуминовыми веществами и пр.), которые в ряде случаев являются очень прочными. Нейтральная и щелочная среда являются более благоприятными для образования медных комплексов, что, повидимому, и объясняет снижение подвижности и доступности меди для растений в этих условиях.

При недостаточном поступлении меди в растении значительно снижается активность ферментов медьпротеидов, в первую очередь полифенолоксидазы ([7–9]), а также, у злаков, фермента аскорбиноксидазы. Снижение активности этих ферментов приводит у сахарной свеклы и овса

к угнетению дыхания, а затем и фотосинтеза. Это является, повидимому, основными причинами уменьшения урожая растений при недостатке меди, хотя физиологическая роль меди участием в дыхательной функции, повидимому, не исчерпывается.

Как известно, в большинстве случаев у растений в качестве оксидаз конечного окисления действуют железо или медьпротеидные ферменты. Можно считать установленным, что в каждом растении действует не одна, а по крайней мере 2—3 дыхательных системы при различной доле участия каждой из них, хотя у разных растений в разные периоды развития преобладает система с участием медьпротеидных или железопротеидных ферментов. Можно предположить, что одновременное проявление у растений недостатка как меди, так и железа должно в значительно большей степени угнетать растения, чем недостаток только одного из этих элементов. Между тем на щелочных торфяниках может иметь место недостаточное поступление не только меди, но и железа, так как последнее также обладает малой подвижностью при щелочной реакции среды. Наблюдения показывают, что на известковых почвах часто возникает хлороз вследствие недостатка железа и у таких хлоротических растений снижается активность каталазы ([10]).

Результаты вегетационных, а также полевых опытов на указанных торфяниках приводят нас к выводу, что недостаток меди для растений на этих торфах проявляется при различном содержании в них меди. На кислом торфе типа сарненского недостаток меди и эффективное действие медных удобрений наблюдается при содержании меди не выше $2—3 \cdot 10^{-4}$ %. На болоте Супой медные удобрения могут быть эффективны в более широком диапазоне содержания меди — менее $6—7 \cdot 10^{-4}$ %. На известково-железистых торфах с очень высоким содержанием извести, в том случае, если они не заливаются паводковыми водами (типа урочища «Чайка» поймы р. Ирпень), недостаток меди проявляется очень сильно, медные удобрения высоко эффективны и должны быть испытаны в более высоких дозах, чем обычно.

Институт физиологии растений и агрохимии
Академии наук УССР

Поступило
10 II 1955

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Ф. Лебедевич, Основы травопольной системы земледелия на торфяных почвах, Минск, 1951. [2] Г. И. Лашкевич, Микроэлементы в жизни растений и животных, Изд. АН СССР, 302, 1952. [3] А. Н Виноградов, Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах, Изд. АН СССР, 1950. [4] Я. В. Пейве, Микроэлементы в сельском хозяйстве нечерноземной полосы СССР, Изд. АН СССР, 1954. [5] Е. Б. Сендэл, Колориметрическое определение следов металлов, М.—Л., 1949. [6] А. К. Бабко, А. Т. Пилипенко, Колориметрический анализ, М., 1951. [7] А. С. Оканенко, Л. К Островская, Микроэлементы в жизни растений и животных, Изд. АН СССР, 59, 1952. [8] А. С. Оканенко, Л. К Островская, Сборн. Вопросы биохимии азотного и минерального питания растений, Киев, 1953. [9] Л. К. Островская, Научн. тр. Инст. физиологии раст. и агрохимии АН УССР, № 9 (1955). [10] J. C. Brown, Plant Physiol., 28, 495 (1953).