

Х. Г. ВИНОГРАДОВА и А. А. ДРОБКОВ

**О ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ НЕДОСТАТКА Мо
И ТАК НАЗЫВАЕМОГО «КЛЕВЕРОУТОМЛЕНИЯ»**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 7 VII 1949)

В течение ряда лет, начиная с 1940 г., мы изучали распределение Мо в растениях (⁴) и в почвах (³), а также влияние Мо на рост растений в условиях вегетационных опытов в оранжерее в водных культурах. Как по собственным данным, так и по литературе нам было известно повышенное (по сравнению с другими растениями) содержание Мо в растениях из семейства бобовых. Это наводило на мысль, что именно у бобовых и потребность в Мо должна быть соответственно выше, чем у других растений.

Содержание молибдена в почвах по нашим определениям составляет в среднем $2,6 \cdot 10^{-4}\%$ на сухой вес. Оно довольно однообразно и может казаться вполне достаточным для растений, и мы действительно не знаем дикорастущих растений с симптомами молибденовой недостаточности. Однако весьма вероятно, что в природе на почвах, бедных по содержанию Мо, бобовые растения не выживают. Это вполне согласуется с учением о биогеохимических провинциях — областях с избыточностью или недостаточностью того или иного химического элемента, заселенных специфической флорой, приспособившейся к жизни в этих условиях (²).

Если мы перейдем к изучению роста и развития сельскохозяйственных культур, мы видим другую картину. Известны описания случаев для ряда стран, когда культивирование, особенно бобовых, было возможно только при добавлении в почву Мо.

У нас в СССР до сих пор не было замечено страданий полевых культур растений, которые могли бы быть объяснены недостаточностью Мо. Наше внимание привлекло явление так называемого «клевероутомления». Причины резкого снижения урожая клевера при частом возвращении его культуры на одни и те же почвы не были вполне разъяснены или по крайней мере объяснения этих причин были разноречивы (⁶). В 1948 г. М. В. Федоров писал, что «утомленность» почвы при монокультуре бобового растения является результатом многих причин, пока еще не получивших точного объяснения (⁷).

Чтобы решить вопрос, не является ли недостаточность Мо одной из причин этого явления, мы решили провести опыты в поле с внесением Мо в почву, на которой клевер плохо развивался.

Из известных нам полевых опытов заслуживают внимания работы К. А. Дмитриева (⁵). Он изучал влияние ряда микроэлементов, и Мо в том числе, на урожай сена и семян красного клевера. Однако в его опытах внесение Мо в почву не дало никакого эффекта. Теперь мы можем представить себе причину этого отрицательного результата. Растения на его опытных участках очень резко отзывались на внесение бора,

повышая урожай, что указывает на недостаточность бора в этих почвах, и действительно, совместное внесение В и Мо давало удвоение урожая. В таких условиях внести один молибден значило пытаться заменить им бор, что, конечно, невозможно.

В 1940 г. одновременно с удачными опытами с водными культурами гороха Е. В. Бобко и А. Г. Савина (1) ставили опыты с почвами и песчаными культурами гороха. Они также не получили положительного результата и высказали мысль, что Мо, внесенный в песок и почву, не при всех условиях доступен растениям. Мы знаем теперь, что Мо далеко не всегда находится в почвах в растворимом состоянии и общее его количество не дает полного представления о доступном для растений содержании в них молибдена. Уже после постановки нашего опыта появились в печати работы Эртеля и др. (9), посвященные изучению влияния почвенной реакции на усвояемость молибдена клевером. Это были вегетационные опыты, но с почвами, рН которых поддерживался от 3 до 10 для разных сосудов. Нормальный рост клевера был при рН = 6,9 — 7,9 и выше, а при более кислой реакции для достижения высокого урожая приходилось добавлять Мо.

Нами был выбран участок для опыта, непосредственно граничивший с опытным полем Тимирязевской сельскохозяйственной академии, на котором бессменно много лет сеялся клевер и наблюдалось «клевероутомление». Предварительно нами было произведено определение содержания Мо в здоровой и утомленной почвах, а также в золе клевера, собранного с той и другой почв.

	Мо в ‰ на сухой вес
Утомленная почва	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Здоровая почва	$4,0 \cdot 10^{-4}$

Так как содержание Мо в почвах вообще очень мало колеблется, это различие следует признать весьма значительным. Полученное нами число $2,0 \cdot 10^{-4}\%$ для утомленной почвы близко к самому низкому, определенному нами содержанию Мо в почвах СССР $1,5 \cdot 10^{-4}\%$.

Анализ золы клевера прежде всего показал высокую зольность «утомленного» клевера — удвоенную по сравнению со здоровым клевером, что является одним из основных признаков недостаточности какого-либо элемента.

	Мо в ‰ на сухой вес
Утомленный клевер	$7,0 \cdot 10^{-5}$
Здоровый клевер	$1,0 \cdot 10^{-4}$

В настоящее время мы знаем, главным образом из работ А. П. Виноградова (2), что даже незначительные сдвиги в сторону уменьшения (или увеличения) среднего содержания определенного химического элемента в среде могут уже вызывать изменение флористического состава и явления минеральной недостаточности.

Наши работы показали, что бобовые способны потреблять сравнительно большие количества Мо, не страдая заметно даже при накоплении его в листьях и стеблях до $n \cdot 10^{-1}\%$ на сухой вес. Поэтому мы внесли повышенную дозу Мо в почву, чтобы получить для первого опыта заметный эффект и облегчить анализ растений на содержание в них Мо.

Молибден был внесен на фоне NPK из расчета 12 кг Мо на 1 га в виде молибденовокислого аммония. Посеян был одноукосный сорт клевера «Ярославский» 19 VI 1946 г.; 25 VI появились равномерные всходы. Первый год не наблюдалось различий между клевером контрольных делянок и делянок, к которым был добавлен Мо. Только после пере зимовки растений, весной 1947 г. на контрольных делянках клевер ока-

зался изреженным. К осени уцелевшие на контрольных делянках растения выправились, но все же отличались от растений с Мо. Осенью 1947 г. был учтен урожай и произведено определение содержания Мо в растениях (табл. 1).

Таблица 1

Влияние внесения Мо в почву на урожай и содержание Мо в клевере

	Урожай в ц/га возд.-сухой массы		Содержание Мо в % на возд.-сухой вес		
	надземная масса	семена	надземная масса	корни	семена
Клевер с контрольных делянок	23,2	1,1	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Клевер с делянок с добавлением Мо	39,4	2,1	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$

Из приведенных в табл. 1 данных мы видим удвоение урожая семян и значительное увеличение общего урожая. Для анализа была взята средняя проба из укуса одной контрольной делянки и одной делянки с Мо.

Накопление Мо до порядка $n \cdot 10^{-3}\%$ на сухой вес не представляет собой ничего необычного. Известно, что на почвах, богатых Мо или с высоким содержанием растворимого в воде Мо, растения, особенно бобовые, накапливают Мо до $1,5 \cdot 10^{-2}\%$ на сухой вес, отчего растения не страдают, но трава пастбищ становится вредной для молочного скота.

Содержание Мо в растениях с контрольных делянок является средним нормальным содержанием его в клевере. Но надо заметить, что мы могли исследовать лишь выжившие отдельные растения, более или менее нормально развитые и к тому же на второй год после посева. Из наших наблюдений мы знаем о накоплении Мо растениями к осени, особенно в семенах.

Кроме того, расположение опытных и контрольных делянок непосредственно рядом, конечно, на второй год привело к привнесению Мо в почвы контрольных делянок. Это подтверждается косвенным образом тем фактом, что на соседних, но более отдаленных участках опытного поля клевер совершенно не рос и поле было уже в 1947 г. перепахано.

Пожелтение и даже гибель части растений на контрольных участках без Мо имели сходство с признаками «клевероутомления».

Изучение значения Мо для жизни растений ведется более десяти лет как у нас, так и на Западе. При современном состоянии наших знаний о Мо необходимость его в малых количествах может считаться доказанной.

Физиологическая роль Мо, которой и мы касаемся (4), оказалась более широкой (7), чем это думали раньше, считая Мо только катализатором процесса фиксации азота клубеньковыми и другими азотфиксирующими микроорганизмами.

Показав на опытах с грибом *Aspergillus* в 1936 г. необходимость Мо для развития и роста, Штейнберг (10) в следующем году обратил внимание на то, что необходимость Мо для этого грибка увеличивается, если источником азота являются нитраты, и резко уменьшается при питании аммиачным или органическим азотом. Он первый высказал пред-

положение, что Мо необходим для редукции нитратов при синтезе аминокислот и белков растениями.

В 1948 г. Мульдер ⁽⁸⁾ многочисленными опытами показал на примере высших растений, что Мо участвует в редукции нитратов и что без него в листьях накапливаются нитраты и не образуется белковый азот. Отсюда сделалось понятным сходство признаков азотного голодания и молибденовой недостаточности.

Повидимому, участием Мо в важном жизненном процессе белкового обмена объясняется и высокая потребность в нем бобовых растений.

Подводя итоги нашей работы, мы можем сказать, что несомненное благоприятное влияние Мо на рост бобовых на почвах, бедных Мо, заставляет думать, что в проблему разработки микроудобрений следует включить и разработку применения малых количеств Мо.

Проверка нашего первого предварительного опыта должна быть произведена в более широком масштабе с различными дозами Мо и, по возможности, на почвах после многолетней культуры клевера.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР

Поступило
20 V 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. В. Бобко и А. Г. Савина, ДАН, 29, № 7 (1940). ² А. П. Виноградов, ДАН, 18, № 4 (1938). ³ А. П. Виноградов и Х. Г. Виноградова, ДАН, 62, № 5 (1948). ⁴ Х. Г. Виноградова, ДАН, 40, № 1 (1943). ⁵ К. А. Дмитриев, Докл. Всес. Акад. с.-х. наук им. Ленина, в. 10, 16 (1939). ⁶ Д. Н. Прянишников и И. В. Якушкин, Растения полевой культуры, М., 1935. ⁷ М. В. Федоров, Биологическая фиксация азота атмосферы, М., 1948. ⁸ E. G. Mulder, Plant and Soil, 1, No. 1, 94 (1948). ⁹ A. C. Oertel, J. A. Prescott and C. G. Stephens, Austral. Journ. Sci., 9, 27 (1946). ¹⁰ R. A. Steinberg, Journ. of Agr. Res., 55, 891 (1937).