

Е. В. БОБКОВ и А. Г. САВВИНА

ЗНАЧЕНИЕ МОЛИБДЕНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Д. Н. Прянишниковым 6 IX 1940)

Молибден относится к сравнительно концентрированным в земной коре элементам [Ферман (1)]; его кларк, равный $1 \cdot 10^{-3}$, близок к кларкам бора, брома и свинца. Молибден обладает способностью образовывать ионы различной валентности, легко дает комплексные соединения и поэтому является энергичным катализатором. Несомненно, что в растении он также может принимать участие в каталитических процессах, связанных с обменом веществ. Бортельс (2) считает, что молибден является катализатором при биологическом связывании азота. В присутствии молибдена и ванадия горох, соя и красный клевер обнаруживали повышение азотфиксирующей способности и улучшение роста. Ниль (3) указывает, что иногда в почвах рост азотобактера тормозится отсутствием молибдена. Добавление к питательной среде 0,00005% Na_2MoO_4 , что отвечает 0,23 части на миллион молибдена, обеспечивало нормальное развитие культур. Штейнберг (4), изучая роль микроэлементов в азотистом питании *Aspergillus niger*, пришел к выводу, что молибден необходим в процессе восстановления нитратов.

Содержание молибдена в растениях было исследовано Дингуолом, Мак Киббином и Бинсом (5). Анализируя с помощью спектроскопического метода растения одного и того же вида, но взятые из разных мест, названные авторы не во всех случаях могли обнаружить присутствие в них молибдена. Им не удалось также установить анализом присутствие молибдена в почвах, на которых росли взятые для анализа растения. Очевидно, современная методика анализа биологических объектов на содержание молибдена не обладает достаточной чувствительностью.

Шаррер и Шропп (6) выращивали в течение 20 дней сеянцы кукурузы в водных культурах на питательной среде Рихтера с добавлением на сосуд емкостью в 2 л от 10^{-10} до 100 мг молибдена в виде $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Автор указывает, что в значительном большинстве случаев (дозы от 10^{-10} до 10^{-6} , 10^{-2} , 1,0 10,0 и 100,0 мг/сосуд Мо) молибден оказался токсичным, хотя сосуды, получившие 10^{-4} и 10^{-1} мг Мо, развивались лучше, чем контроль. Однако при внимательном просмотре цифр приходится прийти к заключению, что достоверным, если можно вообще говорить о достоверности опыта, в котором каждый вариант состоял из трех сосудов с одним растением кукурузы в каждом, можно признать лишь повышение урожая против контроля при дозе 0,1 мг/сосуд Мо и правильное снижение урожая при более высоких дозах.

Опыты с кукурузой, рожью и другими растениями в сосудах по Нейбауэру, содержащих 700 г очищенного песка, показали, по мнению авторов, незначительное стимулирование в дозе 10^{-8} мг/сосуд Мо и прогрессирующее убывание урожая с возрастанием доз до 10 мг/сосуд Мо.

Конечно, и здесь нет никаких оснований говорить, как это делают авторы, о действии молибдена в дозах 10^{-8} или даже 10^{-4} степени. Любопытно, что доза 10 мг/сосуд Мо почти не отразилась на величине урожая, и вполне заметное отрицательное действие наблюдается только в том случае, когда дано 100 мг/сосуд Мо. Как будет видно из дальнейшего изложения, этот результат не сходится с результатами наших опытов, в которых ядовитое действие наблюдалось уже при значительно более низких дозах. Однако Арнон и Стаут⁽⁷⁾ также утверждают, что для томата вредное действие наблюдается только при дозах, превышающих 40 ч. на млн. Мо.

Упомянем еще об исследованиях Морозова⁽⁸⁾, который применял с хорошим результатом соли молибдена на фоне нитрагина при выращивании гороха.

Наши опыты были проведены в 1938 г. с горохом в условиях водных, песчаных и почвенных культур. Вода бралась обычная, однажды дистиллированная, песок, промытый кислотой, почва среднеподзолистая суглинистая из-под Москвы. Емкость сосудов для водных культур 6,5 л, в песчаные сосуды входило 9 кг песка, в почвенные 7,3 кг почвы. В водных и песчаных культурах взята смесь Гельригеля, в почвенные сосуды внесено 0,6 N в виде NH_4NO_3 , 0,4 г P_2O_5 —в виде смеси NaH_2PO_4 и K_2HPO_4 и 0,6 г K_2O , частью с фосфором, и дополнительно в виде K_2SO_4 .

Результаты опытов сведены в табл. 1.

Таблица 1
Влияние молибдена на урожай гороха.
Воздушно-сухая масса в г/сосуд

№ вариантов	Схема опыта	Водные культуры Смесь Гельригеля		Песчаные культуры Смесь Гельригеля		Почвенные культуры на фоне NPK	
		Надземный урожай	Зерно	Надземный урожай	Зерно	Надземный урожай	Зерно
1	Без Мо	33,5±1,5	13,3±0,7	37,7±0,7	13,9±0,9	47,5±0,9	18,6±0,9
2	0,01 мг/кг Мо	38,0±2,5	16,7±1,6	—	—	—	—
3	0,05	41,5±1,3	18,5±1,0	37,1±3,6	13,7±2,3	45,6±3,5	17,9±1,3
4	0,1	42,6±1,4	18,8±0,7	34,7±3,5	14,4±1,7	43,0±5,6	17,0±1,0
5	0,5	47,3*	20,5*	36,8±0,6	15,3±0,3	47,2±2,8	18,5±0,5
6	1,0	34,8±0,7	14,9±0,6	37,5±0,5	13,4±1,4	45,1±2,6	16,9±2,3
7	2,0	—	—	36,4±2,6	11,7±1,0	42,7±5,3	15,4±2,6
8	4,0	—	—	—	—	47,3±0,3	16,9±0,8
9	8,0	—	—	—	—	46,2±0,3	16,7±0,6

Как видно из данных табл. 1, положительное действие молибдена проявилось с достаточной определенностью только в условиях водных культур. По дозе Мо 0,1 мг/л получено 42,6 г общей массы и 18,8 г зерна, что составляет по общей массе 27% и по зерну 41% от урожая без молибдена. Еще больше прибавка общей массы и зерна по дозе 0,5 мг/л молибдена. К сожалению, здесь в учет мог быть взят только один сосуд.

В развитии клубеньков по отдельным вариантам не наблюдалось какой-либо правильности, за исключением сосуда без молибдена, где клубеньков не было. Хорошее развитие клубеньков наблюдалось даже

* Имеются данные только по одному сосуду.

на максимальной, взятой в опыте дозе 1 мг/л Мо, при которой положительное действие молибдена было уравновешено токсическим его действием, так что урожаем оказался близким к тому, который получен в сосудах без Мо.

В условиях песчаных культур положительное действие Мо проявилось только на урожае зерна и то в незначительной степени. Наибольшая прибавка зерна (15,3 г/сосуд против 13,9 г/сосуд без Мо или 10%) получена по дозе 0,5 мг Мо. Доза 2,0 мг/л Мо заметно снизила урожай зерна.

В этом опыте были отмыты корни и сосчитано число клубеньков на них.

Положительное действие молибдена на развитие клубеньков проявилось с большой резкостью, что видно из данных табл. 2.

Несмотря на значительные расхождения по отдельным сосудам, все же данные табл. 2 с определенностью обнаруживают положительное влияние на развитие клубеньков молибдена в интервале доз 0,1—1,0 мг/кг Мо. При дозе 2 мг/кг Мо положительное действие Мо уже начинает сочетаться с отрицательным и в результате количество клубеньков снижается.

Что касается почвенных культур, то для них действие молибдена, даже взятого в высоких дозах, до 8 мг/кг, не проявилось ни в положительном, ни в отрицательном смысле.

Очевидно, молибден в почвах превращается в соединения, трудно растворимые и недоступные растению.

Таким образом в наших исследованиях нашли подтверждение указания Бортельса на какую-то роль Мо при фиксации атмосферного азота, которая находит себе выражение в лучшем развитии клубеньков. Необходимы дальнейшие исследования для выяснения условий максимального проявления этого положительного действия. Есть основания думать, что практическое применение Мо найдет себе в первую очередь не в виде удобрения, вносимого в почву, а как добавка при приготовлении нитрагина и культур азотобактера, а может быть, и для предпосевной обработки семян.

Лаборатория минеральных удобрений
Всесоюзного института удобрений,
агротехники и агропочвоведения
(ВИУАА)
Москва

Поступило
8 IX 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Е. Ферсман, Геохимия, IV, стр. 184 (1939). ² Н. Bortels, Arch. f. Mikrobiol., 8, 13 (1936). ³ C. B. van Niel, Arch. f. Mikrobiol., 6, 215 (1935). ⁴ R. A. Steinberg, Journ. of Agricult. Res., 55, № 12, 891 (1937). ⁵ A. Dingwall, R. R. McKibbin a. H. T. Beans, Can. Journ. Research, 11, 32 (1934) по Willis «Bibliography of the minor elements» (1935). ⁶ K. Scharrer a. W. Schropp, ZS. für Pflanzenern., Düng., Bodenk., 34 A, H. 5/6, 312 (1934). ⁷ D. J. Arnon a. P. R. Stout, Plant Physiol., 14, 599 (1939). ⁸ А. Ф. Морозов, Научные записки Херсонского с.-х. ин-та, вып. 1, стр. 35 (1939).

Таблица 2
Влияние доз молибдена на развитие клубеньков

Доза молибдена	Количество клубеньков	
	по отдельным сосудам	Среднее
Без Мо	0 0 0	0
0,05 мг/кг Мо	135 63 28	75
0,1	220 247 186	218
0,5	230 246 320	285
1,2	265 218 292	258
2,0	111 89 96	98