

ПОСТУПЛЕНИЕ МОЛИБДЕНА В РАСТЕНИЯ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ЕГО ВНЕСЕНИЯ И ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ДРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ

Л. Т. Прозуменщикова, В. Е. Космакова

(Дальневосточный государственный университет)

Поступление элементов минерального питания в растение зависит не только от потребности самого растения в них, но и от условий его выращивания. По этому вопросу в литературе имеется достаточно материала. Работами многих исследователей (Тер Мюйлена, 1931; Виноградовой, 1954; Ленденской и Рудаковой, 1962; Осмоловской, Пашневой, 1966) показано, что бобовые растения наиболее богаты молибденом и наиболее требовательны к этому элементу. Однако А. Д. Егоров (1964) и С. С. Гаврилова (1964), изучавшие этот вопрос на растениях Якутии, отмечают, что злаковые и осоковые растения Якутии содержат молибдена больше, чем бобовые, и что накопление этого элемента в растениях зависит как от их видовых особенностей, так и от рельефа местности, а также от степени увлажнения почвы.

Поступление того или иного элемента минерального питания в растения в конкретных условиях их выращивания важно знать как с теоретической, так и с практической точек зрения. Изучение накопления и распределения элементов минерального питания в растениях помогает выяснению его физиологической роли и потребности в них растения. Что касается практической значимости этого вопроса, то она важна прежде всего при разработке правильной системы удобрений.

Вопрос о поступлении молибдена в растения и о распределении его по органам недостаточно изучен. В частности, слабо изучено поступление молибдена в бобовые растения в зависимости от способов его внесения и от содержания в почве. Конкретно на сое этот вопрос до наших исследований не изучался. Знание закономерности поступления молибдена в различные органы растения важно не только для правильного решения вопроса о внесении молибденовых удобрений под сою. На Дальнем Востоке соя, особенно в смеси со злаковыми культурами, используется на сено, зеленый корм и как пастбищное растение, а зерно — в пищевой промышленности. В литературе есть указания на то, что высокое содержание молибдена в пище животного вызывает заболевание, называемое молибденозом. У человека развивается подагра. Одни авторы считают, что токсичность молибдена проявляется при его содержании в количестве 10 мг/кг (Виноградова, 1954; Анспок, 1961), другие (Неклюдов, 1958) — при содержании 20 мг/кг. В последнее время установлено, что высокое содержание молибдена в растительной пище животных не будет токсичным при условии, если в ней, помимо молиб-

дена, будет достаточно меди. При определенных условиях выращивания в растениях сои молибден может накапливаться в количестве, токсичном для животных.

В течение нескольких лет нами изучалось поступление молибдена в растения сои в зависимости от способов его внесения и от обеспеченности растений другими элементами минерального питания. Испытаны следующие способы внесения молибдена под сою: предпосевная обработка семян (от 20 до 35 г д.п. на 90 кг семян), внекорневая подкормка растений (83—200 г/га посева), внесение молибдена в почву вразброс и в виде молибденизированного суперфосфата. Поступление молибдена в различные органы растений сои определялось по двум фонам — РК и НРК. Мы изучили поступление молибдена в растения сои в зависимости от обеспеченности их медью.

В табл. 1 приведены данные по содержанию молибдена в различных органах и частях растений сои в зависимости от способов его внесения. Распределение элементов минерального питания по органам может показать, какова потребность в нем данного растения. Из полученных нами данных видно, что потребность сои в молибдене в наших опытах была выше, чем она обеспечивалась в контрольных вариантах опыта. Так, содержание молибдена в надземной массе контрольных растений и при внесении молибдена в почву по фону РК в момент бобообразования, а по фону НРК во все периоды определения было практически одинаковым. Однако при внесении молибдена в почву семена сои содержали молибдена значительно больше, чем семена контрольных растений. Как известно, в растениях все прямо или косвенно направлено на обеспечение нормального формирования репродуктивных органов. В данном случае более высокое содержание молибдена в семенах опытных растений при одинаковом содержании его в надземной массе, по сравнению с контролем, говорит о том, что потребность сои в молибдене значительно выше того количества, которое отмечено в семенах контрольных растений.

Таблица 1

Содержание молибдена в сое в зависимости от способов его внесения
(в мг/кг сухого веса) (опыт 1964 г.).

Органы и части растения	Фаза развития растения	Способы внесения молибдена							
		по фону РК				по фону НРК			
		контроль	семена, об. Мо	внекорневая подкормка, Мо	Мо в почву вразброс	контроль	семена, обр. Мо	внекорневая подкормка, Мо	Мо в почву вразброс
Семена	бобообразование	0,7	—	6,4	1,2	—	0,5	5,6	0,5
	полная спелость семян	0,7	—	8,4	1,4	0,5	0,9	6,4	1,5
Надземная масса	образование 2-тройч. листьев	1,0	0,1	0,1	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2
	цветение	0,3	1,2	15,1	1,9	0,2	—	15,4	0,3
	бобообразование	0,2	0,3	10,3	0,3	0,3	0,2	10,6	0,3
Корни без клубеньков	цветение	1,0	0,9	3,9	1,0	0,8	1,6	3,9	2,0
	бобообразование	0,4	0,4	0,7	0,7	0,1	0,5	0,7	—

Данные табл. 1 показывают, что содержание молибдена в растениях сои зависит от способов его внесения. Наибольшее количество его в семе-

нах сои отмечено в варианте, где растения получили молибден внекорневым путем. При этом содержание последнего в семенах было в 12 раз выше, чем в контроле (соответственно: 8,4 и 0,7 кг/кг семян). В листьях при внекорневой подкормке накапливается молибдена более 15 мг/кг. При выращивании на корм скоту, по-видимому, следует избегать такого приема внесения молибденовых удобрений. При внесении молибдена в почву содержание его в семенах повысилось, но несколько в меньшей степени, чем при внекорневой подкормке (в 2,2 раза выше, чем в контроле).

Что касается влияния различных фонов на усвоение молибдена растениями, то в нашем опыте оно не проявилось. Бобовые испытывают большую потребность в молибдене в связи с фиксацией ими молекулярного азота. По-видимому, дополнительное внесение азота в почву в данном случае понизило потребность растений в этом элементе.

В 1966 г. молибден определяли в разные фазы развития сои в следующих ее органах: листьях, стеблях, корнях с клубеньками, створках бобов, семенах.

Из табл. 2 следует, что и предпосевная обработка семян сои молибденом, и внесение его с суперфосфатом повышают содержание его в листьях этих растений по сравнению с контролем. Причем, молибденизированный суперфосфат способствовал большему накоплению молибдена листьями сои, чем предпосевная обработка семян (1,64 и 1,06 мг/кг). Данные литературы по этому вопросу противоречивы. В работах И. А. Чернавиной (1950, 1952), И. П. Айзупиет (1961) и др. внесение молибдена в почву способствовало более интенсивному накоплению его в листьях растений. В работах других авторов (Потахина, 1965), несмотря на внесение в почву очень большой дозы молибдена (7 кг/га д.н.), содержание его в тимофеевке увеличилось незначительно. Это можно объяснить различной потребностью растений в молибдене, а следовательно, и разной степенью его накопления.

Таблица 2

Содержание молибдена в листьях сои в зависимости от способов его внесения, мг/кг сухого веса

Вариант опыта	Фаза развития сои		
	цветение	бобообразование	полная спелость семян
РК (контроль)	0,60	0,44	0,4
РК + семена, обработанные молибденом	2,0	1,06	0,74
РК + молибденизированный суперфосфат	2,06	1,64	1,80

Содержание молибдена в стеблях сои (табл. 3) несколько меньше, чем в листьях. Надо полагать, что распределение молибдена между отдельными органами бобовых растений связано с физиологической ролью этого микроэлемента. Особенно много его накапливается у бобовых в клубеньках, семенах и листьях, т. е. в органах, где имеет место наиболее интенсивное превращение азота. Из табл. 3 видно, что наибольшее содержание молибдена в стеблях сои было в период цветения, особенно в варианте с предпосевной обработкой семян. В несколько меньшей степени в это время шло поступление молибдена в стебли сои из молибденизированного суперфосфата. Следует отметить, что в стеблях сои так же, как и в листьях, в процессе роста и развития количество молибдена уменьшается. При этом в опытных вариантах к концу созре-

вания семян содержание молибдена уменьшается примерно в 5 раз, а в контроле только в 2,3 раза.

Таблица 3

Влияние различных способов внесения молибдена на его содержание в стеблях сои, мг/кг сухого веса

Вариант опыта	Фаза развития растений		
	цветение	бобообразование	полная спелость семян
РК (контроль)	0,70	0,40	0,30
РК + семена, обработанные молибденом	1,64	0,56	0,40
РК + молибденизированный суперфосфат	1,30	0,84	0,56

В корнях сои так же, как в листьях и стеблях, особенно много молибдена было в период цветения (табл. 4). Период бобообразования характеризуется усиленным оттоком его в формирующиеся бобы. Наибольшее содержание молибдена отмечено в корнях, получивших молибден из молибденизированного суперфосфата.

Таблица 4

Влияние различных способов внесения молибдена на содержание его в корнях сои, мг/кг сухого веса

Вариант опыта	Фаза развития растений		
	цветение	бобообразование	полная спелость семян
РК (контроль)	0,84	0,32	0,40
РК + семена, обработанные молибденом	2,34	0,64	0,64
РК + молибденизированный суперфосфат	3,80	0,98	0,46
РК + внекорневая подкормка растений	2,26	0,84	0,54

С урожаем семян сои из почвы уносится небольшое количество молибдена, всего один грамм с одного гектара почвы. Данные табл. 5 показывают, что содержание молибдена в семенах сои зависит от способов его внесения и колеблется в широких пределах (от 0,9 до 11,6 мг/кг семян). По нашим данным, предпосевная обработка семян способствовала увеличению содержания молибдена в семенах сои только в 2,6 раза, при внесении молибденизированного суперфосфата — в 4,3 раза, а при внекорневой подкормке — в 13,3 раза. Высокую концентрацию молибдена семенами, получившими его внекорневым путем, можно объяснить биологической особенностью этого растения.

И. Ф. Беликовым (1962, 1963) установлено, что с переходом растений сои к репродуктивному развитию ассимиляты всех листьев поступают только в репродуктивные органы. У сои, как у некоторых бобовых, плоды располагаются вдоль всего стебля в пазухах листьев. В период формирования семян каждый лист прежде всего снабжает ассимилятами боб, находящийся в его пазухе. Видимо, молибден, нанесенный на поверхность листьев в период цветения, лишь в небольшом количестве перемещается в корни. Основное же количество молибдена, нанесенного на листья, поступает с ассимилятами в семена.

Высокое содержание молибдена в семенах при внекорневой подкормке растений раствором молибденово-кислого аммония представляет несомненный интерес. При посеве такими семенами не потребуются дополнительного внесения молибдена в течение нескольких поколений.

Таблица 5

Влияние различных способов внесения молибдена на урожай и содержание молибдена в семенах и створках бобов, мг/кг семян

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Содержание молибдена, мг/кг сухого веса		Кол-во молибдена, увозимого с семенами сои, г/га
		семена	створки бобов	
РК (контроль)	11,2	0,9	1,06	1,0
РК + семена, обработанные молибденом	12,2	2,4	0,72	2,9
РК + внекорневая подкормка молибденом	13,5	11,6	1,8	15,8
РК + молибденизированный суперфосфат	13,1	3,9	0,6	5,1

Например, Арнон и Стаут (Arnon and Stout, 1939), а также Мечер и др. (Meagher, Ionson, Stout, 1952) считают, что молибдена в семенах может накапливаться в 10 раз больше, чем это необходимо для полного удовлетворения потребностей взрослого растения, и что позже накопленный в них молибден может использоваться для роста и развития следующего поколения.

Для многих растений исследованиями установлены определенные величины содержания в них молибдена, при которых растения нормально растут и развиваются. В частности, Леви и Барбер (Lavy, Barber, 1963) отметили, что прибавка урожая семян сои от внесения молибденовых удобрений имеет место только тогда, когда содержание молибдена в ее семенах, используемых для посева, менее 1,6 мг/кг. Следовательно, первое поколение растений, выращенных из семян сои с содержанием молибдена 11,6 мг/кг, не будет нуждаться во внесении молибденовых удобрений. Прием внекорневой обработки молибденом можно рекомендовать на семеноводческих посевах.

В 1965 г. нами проанализированы семена на содержание в них молибдена с трех опытных участков, расположенных в различных природно-экономических зонах, где растения выращивались по двум фонам.

Из табл. 6 следует, что молибденом более богаты семена растений, выращенных на полном минеральном удобрении. В этом опыте дополнительное внесение азотных удобрений обеспечивало более интенсивное поступление молибдена в семена. Вместе с тем, в Кировском совхозе эта закономерность характерна не для всех способов внесения молибдена. Без дополнительного внесения молибдена по фону РК и НРК содержание его в семенах было одинаковым, а при внекорневой подкормке по фону НРК — в семенах было ниже. Таким образом, влияние азота на поступление молибдена в растения на разных почвах проявляется неодинаково.

В литературе имеются указания на то, что медные удобрения, внесенные совместно с молибденовыми, в одних случаях увеличивают поступление молибдена в растения, в других — уменьшают. Иначе говоря, внесение молибдена совместно с медью, даже не оказывая большого влияния на урожай, может существенно изменить соотношения между молибденом и медью в растительной массе. Это особенно важно при использовании растений в животноводстве. Сбалансированность меди и молибдена в растениях, используемых в пищевой промышленности и животноводстве, имеет не менее важное значение, чем баланс других пищевых веществ.

С целью выяснения влияния меди на поступление молибдена в растения сои нами проведены полевые опыты. Микроэлементы вносились путем предпосевной обработки семян 0,05%-ным раствором молибденовокислого аммония и 0,02%-ным раствором медного купороса (2 л раствора на гектарную норму семян). Полученные результаты показывают, что медь оказывает заметное влияние на поступление молибдена в растения сои (табл. 7). Причем, в разные периоды роста сои это влияние неодинаково. Так, во время цветения содержание молибдена в листьях растений, получивших дополнительно медь, было выше, чем в контроле. При совместном действии меди и молибдена содержание последнего в листьях сои было практически таким же, как при внесении одного молибдена.

Таблица 6

Содержание молибдена в семенах сои в зависимости от способов его внесения, мг/кг

Вариант опыта	Фон	Место опыта		Биостанция
		Кировский район	Октябрьский район	
Контроль	PK	0,9	0,9	1,0
	NPK	0,9	1,2	1,3
Семена, обработанные молибденом	PK	2,4	4,3	4,0
	NPK	3,1	4,8	5,2
Внекорневая подкормка молибденом	PK	11,6	8,6	8,8
	NPK	9,3	15,6	13,8
Внесение молибдена в почву в виде молибденизированного суперфосфата	PK	3,9	—	4,1
	NPK	5,2	—	7,9

Таблица 7-

Влияние меди на поступление молибдена в растения сои

Вариант	Листья				Корни		Семена	
	цветение		бобообразование		бобообразование			
	мг/кг сухого веса	% к контролю	мг/кг сухого веса	% к контролю	мг/кг сухого веса	% к контролю	мг/кг сухого веса	% к контролю
Контроль	0,72	100	0,20	100	0,92	100	1,26	100
Медь	1,08	150	0,16	80	1,52	165	2,06	95
Молибден	2,2	305	0,84	420	2,88	310	1,20	1,63
Молибден и медь	2,4	330	0,60	300	1,76	190	1,74	121

В фазу бобообразования медь способствовала снижению содержания молибдена в листьях сои в варианте с одной медью и при совместном внесении ее с молибденом. В варианте с молибденом содержание его в листьях сои составило 420% от контроля, а при совместном действии молибдена и меди — 300%.

Медь, внесенная без молибдена, в наших опытах не снижала его поступления в корни и семена. При дополнительном внесении молибдена медь проявляла себя как антагонист этого микроэлемента, что обусло-

вило снижение содержания его и в корнях, и в семенах, по сравнению с действием одного молибдена.

В случае предпосевной обработки семян молибденом содержание его в различных органах сои оказывается не столь высоким, чтобы опасаться токсичного действия. Довольно интенсивное накопление этого элемента в растениях сои наблюдается при внекорневой подкормке молибденом. На основании литературных и полученных нами данных можно с уверенностью полагать, что при внекорневой обработке растений молибденом совместно с медью можно избежать избыточного накопления молибдена в растениях. Ранее проведенные нами опыты (Космакова и Прокуменщикова, 1967) свидетельствуют о том, что совместное внесение молибдена и меди оказывает положительное влияние на развитие сои и формирование урожая ее семян. Эффективность молибдена при внесении его с медью повышается, особенно при внекорневой подкормке растений сои этими микроэлементами.

Выводы

1. Содержание молибдена в органах сои в процессе ее вегетации изменяется по мере развития: в вегетативных органах понижается, а в семенах повышается.

2. Все способы внесения молибдена повышают содержание его как в вегетативной массе, так и в семенах. Наибольшее накопление молибдена во всех органах сои отмечается при внекорневой подкормке растений этим элементом.

3. Действие азотных удобрений на накопление молибдена в растениях сои в разных условиях ее выращивания проявляется по-разному.

4. Медь при совместном внесении ее с молибденом на поздних фазах развития сои снижает интенсивность накопления этого элемента в различных органах растений.

ЛИТЕРАТУРА

Айзупнет И. П., 1961. Сравнительная оценка различных способов питания красного клевера молибденом. В сб.: Микроэлементы и урожай. Изд. АН Латв. ССР, Рига.

Анспек П. И., 1961. Результаты полевых опытов с микроэлементами в колхозах и совхозах Латвийской ССР. В сб.: Микроэлементы и урожай. Тр. ин-та биологии АН Латв. ССР, 21.

Беликов И. Ф., 1962. Некоторые закономерности распределения продуктов фотосинтеза у растений в период их вегетации. Изв. Сиб. отд. АН СССР, 5.

Беликов И. Ф., 1963. Распределение продуктов ассимиляции у сои в онтогенезе. В сб.: Физиология сои и картофеля на Дальнем Востоке. М., Изд. АН СССР.

Виноградова Х. Г., 1954. Молибден в растениях в связи с их систематическим положением. Тр. Биохимической лаборатории, т. 10, Изд. АН СССР.

Гаврилова С. С., 1964. Содержание молибдена в кормовых растениях и кормах. В кн.: Биохимические особенности растений Якутии, М.

Егоров А. Д., 1964. Некоторые итоги и вопросы применения микроэлементов в животноводстве и полеводстве Якутии. В кн.: Биохимические особенности растений Якутии, М.

Космакова В. Е., Л. Т. Прокуменщикова, 1966. Влияние молибдена и меди на физиологические показатели и урожай сои. В сб.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине, тез. докл. 5 Всесоюз. совещ. по микроэлем., т. 3, Улан-Удэ.

Лейденская Л. Д., Э. В. Рудакова, 1962. О связи молибдена и цинка с белками в семенах различных растений. В сб.: Примен. микроэл. полимеров, радиоактив. изотопов в сельском хозяйстве, вып. 1, Киев.

Неклюдов Б. М., 1958. Эффективность применения молибдена на бобовых культурах. «Земледелие», 2.

Осмоловская Е. Е., Г. Е. Пашнева, 1966. Молибден в биосфере некоторых районов Томской области. В сб.: Микроэл. в сельском хоз-ве и медицине, тез. докладов 5 Всесоюзн. совещ. по микроэл., т. 1, Улан-Удэ.

Потахина Л. Н., 1965. Влияние микроудобрений на содержание микроэлементов в листьях тимофеевки луговой на ранних фазах ее развития. В сб.: Микроэл. в сельском хоз-ве, Петрозаводск.

Чернавина И. А., 1950. О содержании молибдена в растениях. В сб.: Микроэл. в жизни раст. и живот., М.

Чернавина И. А., 1952. Влияние молибдена на урожай и химический состав бобовых растений. В сб.: Микроэл. в жизни раст. и животных, М.

Arnon D., P. Stout. 1939. Molybdenum as essential element for higher plant. *Plant Physiol.*, v. 14.

Lavy T., S. Barber. 1963. A relationship between the yield response of soybeans to molybdenum applications and the molybdenum content of the seed produced. *Agron. J.*, v. 55, 2.

Meagher W., C. Jonson, P. Stout, 1952. Molybdenum requirement of Leguminous plant supplied with fixe nitrogen. *Plant Physiol.*, v. 27, 2.