

ЗНАЧЕНИЕ СЕРЫ И МОЛИБДЕНА В ПИТАНИИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ СОИ

В. И. Голов¹, д.б.н., Т. А. Асеева², д.с.-х.н.

¹ Учреждение Российской академии наук, Биолого-почвенный институт Дальневосточное отделение РАН, 690022, Владивосток - 22, Проспект Столетия Владивостока 159, e-mail: golov@ibss.dvo.ru

² Дальневосточный НИИСХ, г. Хабаровск, e-mail: aseeva59@mail.ru

Аннотация

Сера и молибден, необходимые для нормального роста и развития бобовых культур, в частности сои, ведут себя как антагонисты при поглощении корневой системой. Разработан способ совместного применения серных и молибденовых удобрений, позволяющий избежать конкуренции данных элементов при поступлении их в растения сои.

Ключевые слова: соя, сера, молибден, антагонизм элементов питания

Поступило в редакцию: 30.06.2014 Опубликовано: 17.07.2014



Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная. Чтобы увидеть копию этой лицензии, посетите <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Введение

В нашей стране молибденовые удобрения применялись под бобовые культуры уже в 50-е годы, а под сою на Дальнем Востоке широко применялись с 60-х годов. Многие были известны и об эффективности серных удобрений в посевах ведущих культур, возделываемых на юге Дальнего Востока [Салтанов, Целковский, 1976; Голов, Прокопова, 1981]. В эти же годы был обнаружен антагонизм между ионами серы и молибдена при традиционном внесении удобрений, содержащих эти элементы, под сою. Были намечены пути решения этой проблемы, но начавшаяся «перестройка» и последовавший за нею развал экономики и науки помешали довести их до логического конца. И только в последние годы нам удалось вернуться к этим исследованиям и получить первые обнадеживающие результаты.

В настоящее время дефицит серы практически вырос в глобальную проблему. Этому способствовало увлечение производством и применением высококонцентрированных и безбалластных удобрений, не содержащих серу и другие примеси (мочевина, карбоаммофоска, двойной суперфосфат и др.), объемы производства и применения которых к концу 80-х годов составили в нашей стране около 90%, а за рубежом более 70% [Макаренко, 1987]. Уменьшению поступления серы в агрофитоценозы способствовало резкое сокращение выбросов благодаря замене угля и нефти на газ, а также более широкое освоение атомной энергии и энергии текущей воды.

Потребность сои, как и всех бобовых культур, в сере и молибдене значительно больше, чем у других полевых культур. Это объясняется тем, что сера входит в состав трех важнейших аминокислот – цистина, цистеина и метионина, поэтому для накопления белка в семенах сои серы поглощается относительно больше, чем у других культур, у которых белок не является приоритетным запасным веществом. Высокая потребность сои в молибдене обусловлена его активным участием в процессах связывания атмосферного азота клубеньковыми бактериями. Этот элемент входит в состав двух ключевых ферментов метаболизма азота в бобовых растениях – нитратредуктазы и нитрогеназы, поэтому накапливается большей частью в клубеньках, а затем по мере их отмирания, в генеративных органах [Голов, Казачков, 1973].

При интенсивном выращивании сои, сера и молибден со временем становятся лимитирующими факторами урожайности этой культуры, хотя эффективность их на Дальнем Востоке зачастую намного превосходит таковую, получаемую от основных элементов питания [Голов, 1996, 2004; Куркаев, 1961].

Результаты и их обсуждение

В период интенсивного изучения эффективности серных и молибденовых удобрений под сою мы столкнулись с явлением антагонизма между этими элементами при внесении их традиционными методами. Молибден, как правило, применяли методом смачивания семян сои раствором молибдата аммония перед посевом, а серу в форме борогипса вместе с основными удобрениями в почву.

Чаще всего антагонизм возникает между катионами или анионами и в том случае, если они имеют одинаковую валентность и близкий ионный радиус. Классическими примерами антагонистических отношений может служить подавление поступления калия при высокой концентрации натрия в почвенном растворе и наоборот. Аналогичные взаимодействия существуют между ионами магния и кальция, нитратов и фосфатов и других элементов питания. Несколько позже ученые столкнулись с антагонизмом сульфат-ионов и молибдат-ионов [Фомин, Фомина, 1976]. Внесение кальция (известки), напротив, увеличивает подвижность молибдена в почвенном растворе и, соответственно, поступление его в растения, что можно проиллюстрировать проведенными нами исследованиями на сое (табл. 1).

Таблица 1. Влияние элементарной серы и известки на накопление молибдена в семенах сои

Вариант	Содержание Мо мг/кг сухого вещества
Контроль (фон NPK)	6,2 ± 0,3
Сера элементарная	1,6 ± 0,1
CaCO ₃ – (2 г.к.)	7,8 ± 1,0
CaCO ₃ + сера	7,6 ± 1,0

Внесение серы оптимальными дозами резко снижает содержание молибдена, который применяли методом смачивания семян. Дополнительное внесение известки практически восстанавливает его содержание. Однако внесение известки не всегда бывает оправданным и рентабельным в посевах сои. Так, например, на луговых черноземовидных почвах Амурской области, на которых сосредоточены основные посевы этой культуры, известка практически неэффективна, т.к. данные почвы имеют слабокислую среду.

Необходимо отметить, что применение молибдена методом смачивания семян, несмотря на его эффективность и популярность, нельзя назвать совершенным. Так, в одном из опытов, проведенных Ю.Н. Казачковым на луговой черноземовидной почве, применение молибдена в засушливый год методом смачивания семян дозой 100 г/га, снизило урожай зерна сои на 2-6 ц/га [Казачков, 1987]. Причем, минимальная величина падения урожая от избытка молибдена была на варианте с внесением серы, которая, как известно, препятствует его поглощению. Более низкие дозы не оказывали такого отрицательного эффекта. Следовательно, резкий недостаток влаги в начале вегетации, что довольно часто случается в Приморье и Приамурье, увеличивает риск неблагоприятного действия молибдена, применяемого методом обработки семян. Так как в этом случае помимо увеличения концентрации молибдена в семядолях и оболочке семян сама оболочка деформируется в процессе смачивания и последующего набухания и зачастую теряется вместе с молибденом. Меньшее же количество применяемого раствора (менее 1 л/100 кг семян), которое не приводило бы к деформации оболочки, не гарантирует равномерного его внесения.

Поэтому нами был предложен новый метод применения молибдена, который мы назвали методом предварительного или естественного накопления молибдена семенами сои. Его можно применять и для других крупносемянных бобовых культур, таких как люпин, фасоль, бобы и донник. Ранее нами было отмечено, что при внесении молибдена под сою, этот элемент накапливается в семенах до концентрации, которая бывает достаточной для нормального бездефицитного по молибдену роста и развития сои в следующей генерации. Была выяснена концентрация молибдена в семенах сои, необходимая и достаточная для нормального развития этой культуры (от 5 мг/кг и выше).

Но поскольку накопленный в семенах молибден не передается в последующие поколение (генерации) семян сколь бы высокой не была его концентрация в исходных семенах, поэтому применять его таким путем необходимо через год.

Обогащать семена сои до нужных концентраций можно как внекорневым путем, так и обработкой семян. Ранее считалось, что некорневая подкормка по сравнению с другими приемами способствует более интенсивному накоплению молибдена в семенах. Исследованиями Ю.Н. Казачкова было показано, что в случаях применения повышенных доз молибдена (50 и более г/га д.н.) коэффициент усвоения его значительно выше при смачивании семян, нежели при опрыскивании растений [Казачков, 1987]. Однако если иметь в виду, что внесение 100 г/га молибденового удобрения методом смачивания является предельно допустимой дозой, то в случае применения этого элемента внекорневым путем, доза может быть для гарантии и без риска снижения урожая сои, существенно увеличена. Несмотря на уменьшение при этом способе коэффициента усвоения молибдена, его можно с успехом применять для предварительного обогащения семян сои, если по каким-то причинам нет возможности провести обработку семян.

Таким образом, минимальная доза молибденовых удобрений, которую необходимо применить для получения семян с достаточным количеством молибдена в семенах следующей репродукции (5 мг/кг и выше) при внесении его методом смачивания исходных семян является – 50 г/га, а при опрыскивании

растений – 200 г/га. Однако для гарантии и надежности дозу в том и другом случае можно увеличить соответственно до 100 г/га и 500 г/га, т.к. могут сложиться непредвиденные ситуации, когда его поглощение будет меньше расчетного. Например, маловероятное, но все же увеличение урожая зерна сои выше 20 ц/га, что влечет за собой «эффект разбавления», выпадение осадков после обработки растений и т.д.

При получении обогащенных семян с помощью внекорневой подкормки обычно используют раствор, содержащий 200–500 г молибдата аммония (норма на 1 га) в 500–1000 литрах воды.

Способ предварительного (естественного) накопления молибдена в семенах сои избавляет производителей от необходимости ежегодной предпосевной обработки семян сои раствором молибдата аммония и, следовательно, от необходимости приобретать и содержать машины, удобрения и оборудование для влажной обработки семян. Производство обогащенных молибденом семян целесообразнее организовать в семеноводческих хозяйствах, специализирующихся на размножении элитных семян. Получаемые здесь семена первой репродукции будут содержать, после обогащения любым из указанных выше приемов, необходимое количество молибдена и реализовываться непосредственно производителям товарного зерна. При такой схеме производства обогащенных семян упрощается контроль над их использованием, который необходим для того, чтобы обогащенные молибденом семена использовались только для посева и чтобы они не попали на переработку на маслозаводы или непосредственно на корм скоту, во избежание нежелательных последствий.

Несмотря на высокую эффективность молибденовых удобрений, их популярность с течением времени была потеряна. Предлагаемый нами метод позволит избавить производителей от необходимости заботиться о внесении этого вида удобрений и, безусловно, будет способствовать росту их популярности.

Разработанный метод, таким образом, позволяет благополучно решить проблему антагонизма серы и молибдена при поглощении растениями. Сера и молибден поглощаются растениями в виде анионов, которые имеют одинаковый заряд и близкий ионный радиус. Поэтому при традиционном и одновременном применении серных и молибденовых удобрений подавляется их взаимное поступление в растения, что в свою очередь снижает урожай и ухудшает его качество [Фомин, Фомина, 1976]. Причем потребность в этих элементах в большинстве случаев возникает одновременно.

Таким образом, во избежание явления антагонизма в процессе питания растений этими элементами, в частности бобовых, мы предлагаем вносить молибден описанным выше методом предварительного насыщения семян, а серные удобрения вносить как обычно в почву, под урожай, который получают от обогащенных молибденом семян. В этом случае не происходит конкуренции между ионами серы и молибдена, т.к. последний элемент уже находится в белковой фракции семян и не является в этом случае конкурентом серы.

Для иллюстрации сказанного приводим данные полевого и вегетационного опытов, где молибден вносили различными способами. Как видно из приведенных в таблице 2 данных, традиционный метод применения молибдена (смачивание семян перед посевом) одновременно с серой (в почву) в полевом опыте даже снизил урожай зерна сои по сравнению с одной серой, а применение его путем предварительного биологического накопления дало дополнительный достоверный эффект.

Таблица 2. Эффективность совместного действия серы и молибдена на урожай зерна сои в условиях полевого и вегетационного опытов на луговых черноземовидных почвах

Варианты опыта	Полевой опыт		Вегетационный опыт		Содержание белка, %
	урожай зерна в ц/га	прибавка в ц/га	урожай зерна в г/сосуд	прибавка в г/сосуд	
Контроль (фон РК)	21,8	-	20,8	-	38,5
Фон + Сэлементарная	26,6	4,8	40,9	20,4	39,0
Фон + Мо (смачивание семян)	23,9	2,1	-	-	-
Фон + S + Мо (смачивание семян)	25,7	3,9	42,2	21,7	40,2
Фон + S + Мо накопленный в семенах	28,6	6,8	47,2	26,7	42,5
Sx, %	1,53		3,14		
НСР0,5	1,23 ц/га		3,2 г/сосуд		

Аналогичные результаты получены в вегетационном опыте, с той лишь разницей, что депрессирующий эффект от совместного применения серы и молибдена не наблюдался, но прибавка урожая от одновременного способа применения очевидна и достоверна.

Таким образом, предварительное обогащение семян сои молибденом, позволяет избежать антагонизма его с серой при совместном внесении удобрений, содержащих эти элементы и достичь дополнительной прибавки урожая зерна сои.

Литература

- Голов В.И. Применение борогипса в качестве серного и борного удобрения на почвах Дальнего Востока // *Агрохимия*, 1996, № 4. С. 68-78.
- Голов В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. - Владивосток : Дальнаука, 2004. - 316 с.
- Голов В.И., Казачков Ю.Н. Поступление молибдена в растения сои и его последствие при внесении молибденовых удобрений на почвах Дальнего Востока // *Агрохимия*, 1973, № 10. С. 103-109.
- Голов В.И., Проколова Т.К. Об эффективности серных удобрений на почвах Дальнего Востока. // *Пути повышения продуктивности растениеводства на Дальнем Востоке*. Владивосток, 1981. С. 44-56.
- Казачков Ю.Н. Оценка результатов и корректировка применения молибдена под сою. // *Пути повышения продуктивности растениеводства, кормопроизводства и садоводства на Дальнем Востоке*. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 49-57.
- Куркаев В.Т., Голов В.И. Методические указания по применению молибдена под сою. Благовещенск: Амурское кн. изд-во. 1961. 23 с.
- Макаренко Л.Н. Интенсификация применения минеральных удобрений. Обзорная информация. М.: ВНИИТЭСХ. 1987. 48 с.
- Салтанов М.Д., Целковский Г.А. Влияние серы на химический состав и урожай сои на некоторых почвах Приамурья // *Научно-технический бюллетень. Всероссийского НИИ сои*. Новосибирск. 1976. Вып. 2. С. 58-68.
- Фомин П.И., Фомина О.Г. Влияние сульфата кальция на агрохимические свойства почвы и поступление серы и молибдена в растения. // *Агрохимия*. 1976, № 9. С. 107-111.

SULFUR AND MOLYBDENUM VALUE IN THE NUTRITION OF THE LEGUMINOUS ON THE SOYBEAN EXAMPLE

V.I.Golov¹, Sc. Doctor (Biology), T.A. Aseeva², Sc. Doctor (Agriculture)

¹ Institute of Biology and Soil Science of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: golov@ibss.dvo.ru

² Far-Eastern Agricultural Research Institute, Vostocynoe, e-mail:aseeva59@mail.ru

Abstract

Sulfur and molybdenum, necessary for normal growth and development of the leguminous plants, soybeans particularly, are antagonists while absorbing by the root system. The method to joint use sulfur and molybdenum fertilizers has been worked out, that permits to avoid a competition of these elements while inflowing into the soybean plants.

Keywords: sulfur, molybdenum, element supply antagonism

Submitted: 30.06.2014 Published: 17.07.2014



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Golov V.I. (1996) Primenenie borogipsa v kachestve sernogo i bornogo udobreniya na pochvah Dal'nego Vostoka [Application Borogipsa as Sulfur and Boron Fertilizers on Soils of the Far East] // *Агрохимия*. 1996, № 4. pp. 68-78. (in Russian)
- Golov V.I. (2004) Krugovorot sery i mikroelementov v osnovnyh agroekosistemah Dal'nego Vostoka [Cycling of Sulfur and Trace Elements in Major Agro-Ecosystems of the Far East]. - Владивосток : Dal'nauka, 2004. - 316 p. (in Russian)
- Golov V.I., Kazačkov Yu.N. (1973) Postuplenie molibdena v rasteniya soi i ego posledejstvие pri vnesenii molibdenovyh udobrenij na pochvah Dal'nego Vostoka [Receipt of Molybdenum in Soybean Plants and its Aftereffects in Making Molybdenum Fertilizers on Soils of the Far East] // *Агрохимия*, 1973, № 10. pp. 103-109. (in Russian)
- Golov V.I., Prokopova T.K. (1981) Ob effektivnosti sernyh udobrenij na pochvah Dal'nego Vostoka [On the Efficiency of Sulfur Fertilizer on Soils of the Far East] // *Пути povysheniya produktivnosti rastenievodstva na Dal'nem Vostoke*. Владивосток, 1981. С. 44-56. (in Russian)
- Kazačkov Ū.N. (1987) Ocenka rezul'tatov i korrekcirovka primeneniya molibdena pod soyu [Evaluation and Adjustment of Application of Molybdenum in Soybean] // *Пути povysheniya produktivnosti rastenievodstva, kormoproizvodstva i sadovodstva na Dal'nem Vostoke*. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. pp. 49-57. (in Russian)
- Kurkaev V.T., Golov V.I. (1987) Metodicheskie ukazaniya po primeneniyu molibdena pod soyu [Methodical Instructions for Use of Molybdenum in Soybean]. Благовещенск: Амурское кн. изд-во. 1961. 23 p. (in Russian)
- Makarenko L.N. (1987) Intensifikaciya primeneniya mineral'nyh udobrenij. Obzornaya informaciya [Intensification of Fertilizer Application. Overview]. М.: ВНИИТЭСХ. 1987. 48 p. (in Russian)
- Saltanov M.D., Celkovskij G.A. (1976) Vliyanie sery na himicheskiy sostav i urozhaj soi na nekotoryh pochvah Priamur'ya [Effect of Sulfur on the Chemical Composition and Soybean Harvest in Some Soils of Priamur'e]. *Nauchno-tehnicheskij bulleten'. Vserossijskogo NII soi*. Novosibirsk. 1976. Vyp. 2. S. 58-68. (in Russian)
- Fomin P.I., Fomina O.G. (1976) Vliyanie sul'fata kal'ciya na agrohicheskie svoystva pochvy i postuplenie sery i molibdena v rasteniya [Effect of Calcium Sulphate on Agrochemical Properties of Soil and Delivery of Sulfur and Molybdenum in Plants] // *Агрохимия*. No. 9. pp. 107-111. (in Russian)