

Серосодержащие удобрения для повышения усвоения азота

Азот, фосфор, калий – на этих трёх китах держится вся система удобрений любой сельскохозяйственной культуры. Первый и главный, азот отвечает как за количество, так и за качество урожая. Но есть микроэлемент, без которого внесённый нами азот будет “лениться” и не даст сработать в полную мощь. Этот элемент – сера.

Зачем растениям сера?

Сера жизненно необходима для роста и нормального функционирования растений, хотя её содержание составляет лишь от 0,1 до 6 % сухого веса растения. В растительном организме сера участвует в циклах азотного и углеводного обмена, в процессе дыхания и синтезе жиров.

Сера входит в состав аминокислот цистина, цистеина и метионина, многих витаминов, хлорофилла, а также коферментов, участвующих в синтезе и распаде жирных кислот, синтезе белков, гормонов и во множестве других химических реакций. Почти все белки содержат серу! В составе белков соотношение содержания азота к сере – 15:1. То есть дефицит 1 г серы не позволит растению усвоить целых 15 г азота.

Сера также используется для синтеза различных соединений (аллиинов, глюкозинолатов, фитохелатинов и др.), играющих важную роль в [защите растений от вредных организмов и адаптации растений к стрессу](#).

Иллюстрация (ниже указания к текстам подписей, сверху вниз, слева направо):

https://multisite-assets.icl-growingsolutions.com/wp-content/uploads/2023/03/10142151/tags-role-of-sulfur-in-crop-production_en.jpg

Круглый значок это логотип компании, надо убрать. Роль серы в формировании урожая. S особенно важна для масличных культур. S жизненно необходима для синтеза аминокислот и критически ограничивает производство белка. S активизирует ряд ферментов. S улучшает зимостойкость. S играет важную роль в фотосинтезе. S необходима бобовым для эффективной азотфиксации

Отзывчивость культур на S удобрения

По потребности в сере можно выделить три группы культур:

- **Высокотребовательные** – все виды крестоцветных: рапс, горчица, сурепица (выносят из почвы более 40-80 кг/га) ;
- **Среднетребовательные** – все виды зернобобовых, гречиха и кукуруза (выносят 20-40 кг/га)
- **Малотребовательные** – зерновые, подсолнечник и многолетние травы (выносят 12-25 кг/га).

Немного примеров:

- Кукуруза: внесение 17 кг/га при целевой урожайности 12,5 т/га обеспечивает прибавку до 2,4 т/га;
- Пшеница: внесение 39 кг/га даёт прибавку 19 кг зерна на 1 кг внесённой серы;
- Рис: внесение 42 кг/га приводит к увеличению сбора зерна на 16,6 кг на каждый внесённый килограмм серы;
- Соя: применение 36 кг/га приводит к росту урожайности на 9,4 кг зерна на 1 кг серы;
- Рапс – рекордсмен по потреблению среди основных культур: потенциальная прибавка составляет 20-30 кг/га.

Потребность культур в сере и оптимальное соотношение N:S		
Культура	Потребность растений в сере, кг/га	Оптимальное соотношение N:S
Зерновые культуры	10-25	10:1
Кукуруза	20-30	
Подсолнечник	20-40	
Сахарная свекла	35-50	
Картофель	15-20	
Рапс	50-70	6:1
Капуста	50-70	5:1
Томаты	30-40	
Лук	20-30	
Соя	25-35	5-8:1

Интересный факт:

Кроме сульфатов почвы растения также способны использовать серу, поглощённую листьями из воздуха, и, согласно новейшим исследованиям, существует хорошая координация между корнями и побегами в настройке скорости поглощения серы и её усвоения.

Любопытно, что сера всасывается растениями из почвы только в виде аниона серной кислоты SO_4^{2-} (в окисленной форме). Однако в растениях она содержится только в восстановленной форме (восстановителями сульфатов выступают углеводы), и именно в таком виде участвует в окислительно-восстановительных процессах, связанных с дыханием.

А если серы не хватает?

В некоторой степени растения физиологически пластичны, чтобы адаптироваться к ограниченному или избыточному поступлению серы путем изменения количества и активности

белков-переносчиков и ферментов. Однако дефицит серы приведет к потере растениями энергии, устойчивости к [стрессу и вредителям](#), а также к снижению качества и безопасности продукции.

Многие [симптомы](#) дефицита серы аналогичны симптомам, наблюдающимся при недостатке азота. Выражаясь научным языком, мы увидим хлороз (пожелтение или побледнение листьев), торможение роста и повышенный синтез антоцианов, что выражается в покраснении основания стеблей и листьев. Причина такого сходства реакции заключается в том, что, как и азот, сера является постоянным компонентом белков. Однако в отличие от азота недостаток серы вызывает хлороз в молодых, а не в старых листьях, и они не опадают. Повреждение начинается с верхушки растений. У растений, испытывающих недостаток серы, желтеют жилки листьев, в то время как паренхиме между ними остается зеленой. Затем на листовой пластинке, начиная с ее основания, появляются красноватые пятна мертвых тканей. Поскольку сера входит в состав витамина B1, сильно влияющего на рост корней, то при ее недостатке быстро снижается скорость роста корневой системы.

Иллюстрации (очень показательные фото, но качество плохое), дефицит серы у пшеницы в эксперименте и в поле у рапса:

<https://soilqualityknowledgebase.org.au/wp-content/uploads/2023/11/sulfur-deficiency-symptom-wheat-CIMMYT-e1717747155605.jpg>

https://soilqualityknowledgebase.org.au/wp-content/uploads/2024/06/book-10-edited-canola-leave_james-easton-1-740x555.jpg

Ещё один пример дефицита, но на овощной культуре, качество фото лучше:

https://agroportal-ziz.ru/sites/default/files/images/articles/s_2.jpg

Что же происходит с серой в поле?

Иллюстрация (ниже перевод текста подписей, сверху вниз, слева направо):

https://polysulphate.com/uploads/General_images/figures/charts_site_eng-4.jpg

Атмосферные осадки. Сера в удобрениях. Вынос. Растительные остатки. Навоз. Минеральная S почвы. Сульфаты в почвенном растворе. S органического вещества. Десорбция/абсорбция. Имобилизация/минерализация. Вымывание

Количество доступной для растений серы в почве сократилось на 34–86 % в период с 2000 по 2020 год. Как ни странно, причина в снижении количества промышленных атмосферных [осадков](#) [СТАТЬЯ](#), и в некоторых случаях снижение интенсивности [обработки почвы](#) [СТАТЬЯ](#). Учёные пытались создать более эффективно использующие серу сорта, изучали возможности, улучшения взаимодействия микроорганизмов и растений... Но основным инструментом регулирования этой проблемы по-прежнему остаётся тщательный выбор удобрений.

Рассмотрим типы серных удобрений

Существует три основных типа.

Сульфатные удобрения легкорастворимы, они содержат серу в сочетании с другими питательными веществами, такими как азот или калий. Напомним, что именно ионы сульфата быстро доступны растениям из почвы. Одним из наиболее распространенных сульфатных удобрений является гранулированный сульфат аммония (20-0-0-24, 21-0-0-24, 19-2-0-22). Сульфат аммония можно смешивать с другими гранулированными удобрениями, добиваясь однородности смеси. А сульфат калия (0-0-50-18 и другие формулы) хорошо подходит для бобовых культур, таких как люцерна, где необходимы и калий, и сера, но не требуется азот.

Удобрения с элементарной серой (0-0-0-90–99) производят гранулированными, с 90–99 процентами серы. Чистая сера не может напрямую использоваться растениями: сначала она должна быть преобразована в сульфатную форму почвенными микроорганизмами. В целом, чем мельче размер частиц и чем тщательнее они были перемешаны в почве, тем быстрее они преобразуются в сульфат. Разбросное внесение такой формы серы высвобождает доступный для растений сульфат быстрее, чем ленточное. При этом природные циклы замораживания-оттаивания и намокания-высыхания помогают рассредоточить гранулы и дополнительно измельчить частицы серы для их дальнейшего преобразования почвенными микроорганизмами в доступный для растений сульфат. Трудно точно предсказать скорость такого многоступенчатого преобразования, поэтому вносить такую форму серы следует примерно за два года до целевой культуры. Медленное преобразование может быть и преимуществом: высокие нормы элементарной серы можно вносить раз в несколько лет на заведомо бедных ею почвах или на многолетних травах с высоким потреблением серы, таких как люцерна. В случае рапса предварительный запас элементарной серы рекомендуется дополнять стартовым внесением сульфатного удобрения.

Удобрения, содержащие серу в виде тиосульфата, например жидкий тиосульфат аммония (12-0-0-26 и 15-0-0-20), также требуют окисления почвенной микробиотой до сульфатной формы. Однако их окисление происходит быстро. Тиосульфат аммония можно применять до, во время или после посева. Не забываем, что при внесении листовой подкормки прямой контакт с листьями может вызвать их ожог!

Следует отметить, что неплохим источником серы может служить и навоз, но содержание микроэлементов и их баланс в нём изменчивы. Иногда же достаточным источником достаточного количества серы оказывается вода для орошения, что требует предварительного её анализа.

Сроки и способы применения

Как и нитратный азот, сульфатная сера очень подвижна, поэтому внесенная поверхностно она будет перемещена в почву дождем. Впрочем, точно так же она может быть и вымыта из пахотного горизонта в нижележащие слои, например на песчаных почвах. Однако в отличие от азота, сера не улетучивается.

Удобрения на основе элементарной серы являются наиболее концентрированным носителем серы. Однако действуют они медленно, постепенно лишь переходя в доступную для растений форму.

Низкая растворимость в воде затрудняет использование сульфатных удобрений в жидких формулах, однако они существуют и применимы для листовых подкормок.

Практические рекомендации для аграриев

1. Проведите анализ почвы на содержание серы весной
2. Выберите удобрение с учетом [рН почвы](#) и выращиваемой культуры
3. Внесите 60% серы до посева
4. Используйте листовую диагностику в течение сезона
5. Корректируйте подкормки по результатам анализов

Для наилучшего эффекта соблюдайте следующие правила. Не смешивайте серосодержащие удобрения с известью, запланируйте её применение отдельно. Вносите удобрения при температуре почвы выше +10°C. Учитывайте, что сульфаты легко вымываются из почвы. И конечно же, храните удобрения в сухом месте.

И напоследок: подсказка!

Регулируя содержание серы в условиях севооборота, необходимо учесть тип почвы.

- [На кислых почвах](#) уже через 2-3 сезона проявится закисляющее действие сульфата аммония. Для нейтрализации этого эффекта запланируем известкование! Можно также нейтрализовать кислотность удобрения еще до внесения в почву углекислой известью в расчете 1,3 ц извести на 1 ц удобрения.
- *На черноземах* окисляющее действие сульфата аммония проявляется через только 10-15 лет. Но оно практически не дает понижение урожайности, благодаря высокому содержанию гумуса и большой буферности.
- *На каштановых и серых почвах* можно не опасаться закисления: кислотные остатки сульфата аммония полностью нейтрализуются в результате реакции образования бикарбонатов.
- *На легких песчаных почвах* сульфат аммония менее подвижен, поэтому там наиболее эффективен.

По данным исследований 2023 года, 64% пахотных земель России испытывают дефицит серы. Применение серосодержащих удобрений может повысить эффективность использования азота на 35-40% и сократить потери азота на 25-30%. Профилактическое внесение обходится дешевле устранения последствий дефицита, а долгосрочное влияние на почвенное плодородие севооборота повысит его устойчивость к нежелательным сюрпризам окружающей среды.

Для соцсетей:

Вступление:



Сера – ключ к высоким урожаям

Внесённый азот не оправдал возложенных надежд? Возможно, ему нужен помощник! Узнайте о роли серы в обеспечении величины, качества и – безопасности ваших урожаев.

Слайды:

Сера – компонент всех белков и ключевой игрок азотного обмена в растении.

Оптимизация соотношения азот-сера (10:1) и фосфор-сера (3:1) повышает общую эффективность удобрений как в качественном, так и в количественном влиянии на урожай.

Достаточный уровень серы обеспечивает естественные защитные механизмы растений: так, у рапса повышается устойчивость к фомозу и склеротинии, а у кукурузы – к серой пятнистости листьев и пузырчатой головне.

Влияние дефицита серы впечатляет:

- Рапс: снижение урожайности на 20-40 %, ухудшение качества семян и масла, нарушение процессов цветения и развития семян, повышенная восприимчивость к вредителям;
- Кукуруза: хлороз листьев, ломкость стебля, недоразвитие зерна, пониженное содержание белка;
- Пшеница: снижение количества белка в зерне, ухудшение качества муки, силы клейковины и других хлебопекарных свойств.

Профилактическое внесение дешевле, чем исправление дефицита! Оптимальными удобрениями для улучшения азотного и серного питания считаются аммонийные. В них содержится до 20 % азота и до 24 % серы. Такие удобрения хорошо закрепляются в почве. Учтите: сульфат аммония – физиологически кислое удобрение, то есть понизит значение почвенной pH после внесения.

При правильном применении серосодержащих удобрений:

- Урожайность зерновых повышается на 15-20%
- Содержание белка увеличивается на 2-3%
- Качество клейковины улучшается на 25%
- Окупаемость затрат достигает 300-400%

Впечатлены?



[ссылка на полную статью]

Вопросы:

1. А какой опыт применения серосодержащих удобрений у вас? Поделитесь результатами в комментариях!
2. Вносите ли вы серосодержащие удобрения в своём хозяйстве?
3. На каких культурах вы заметили наибольший эффект от внесения серы?
4. Сталкивались ли вы с дефицитом серы на своих полях? Как определили проблему?
5. Какие серосодержащие удобрения вы считаете наиболее эффективными в соотношении цена/качество?
6. Интересно узнать ваше мнение: стоит ли делать анализ почвы на серу каждый год или достаточно раз в несколько лет?
7. У кого есть опыт листовых подкормок серой? Какие результаты получили?
8. В вашем регионе сложно найти серосодержащие удобрения или с доступностью проблем нет?

9. Кто использует экспресс-методы определения содержания серы в растениях? Поделитесь опытом!