

Важность Нано Серы для Повышения Урожайности и Улучшения Качества Озимой Пшеницы

Автор(и): доц. д-р Златина Ур, ИРГР – Садово, ССА

Дата: 01.04.2025 *Брой:* 4/2025



Резюме

В связи с растущей потребностью в устойчивых методах ведения сельского хозяйства наноудобрения появились как инновационная альтернатива традиционным удобрениям. Эти передовые удобрения повышают эффективность использования питательных веществ, способствуют росту сельскохозяйственных культур и минимизируют ущерб окружающей среде за счет точной доставки питательных веществ. В данном обзоре оцениваются различные методы применения наноудобрений и их

влияние на рост, урожайность и качество растений. Кроме того, рассматривается их взаимодействие с составом почвы и микробными сообществами, подчеркивается их роль в активности ферментов и круговороте питательных веществ. Хотя наноудобрения обладают значительными преимуществами, такие проблемы, как регулирование дозировки, потенциальная токсичность и долгосрочное воздействие на окружающую среду, требуют дальнейших исследований. В данной краткой статье также представлены последние достижения в технологии наноудобрений и подчеркивается важность комплексного подхода к оптимизации продуктивности сельского хозяйства при сохранении здоровья почвы и экологической устойчивости.



Болгария обладает уникальными природными условиями для производства зерновых, прежде всего непревзойденным хлебопекарным качеством сортов озимой мягкой пшеницы. Однако эти возможности реализуются не в полной мере. Одним из главных и необходимых условий получения высоких урожаев пшеницы является использование качественного семенного материала с эффективными соединениями, от которых зависит всхожесть семян (Erdem et al., 2016). Интенсификация производства включает использование различных удобрений для оптимизации питания растений и пестицидов для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками в современном сельском хозяйстве. Совершенствование существующих форм аграрной системы основано на широком применении средств и препаратов защиты растений и воспроизводстве плодородия почвы, а также внедрении дифференцированных систем обработки почвы с учетом биологических требований культуры.

Большинство химических веществ, используемых в современном сельскохозяйственном производстве, являются синтетическими и не разрушаются ни ферментными системами растений, ни физическими или химическими методами. Это приводит к их накоплению в собранной продукции, а следовательно, и в организмах человека и животных.

Эффективность серосодержащих препаратов и их комбинаций при возделывании пшеницы подтверждена данными литературы, в связи с чем они рекомендуются к применению в сельском хозяйстве.

Грибные патогены, вызывающие бурую ржавчину пшеницы, могут привести к потерям урожая до 50–60%. Одним из наиболее эффективных методов предотвращения этих потерь является выведение устойчивых сортов с высоким потенциалом урожайности. Поэтому основная стратегия борьбы – генетическая устойчивость – используется для контроля ржавчинных заболеваний пшеницы, особенно бурой листовой ржавчины. На сегодняшний день генетическая устойчивость растения-хозяина остается наиболее эффективной (El-Orabey et al., 2019).

Известно, что сера способствует замедлению окислительных процессов в растениях при одновременном усилении восстановительных процессов, в то время как у зерновых культур повышается жизнеспособность и улучшается качество зерна.

Исследования влияния серы на поглощение растениями фосфора и калия меньше, чем по азоту, и их результаты часто противоречивы (Shekel, 1979, Tisdale, 1974). Положительное влияние серы на поглощение растениями фосфора и калия вместе с азотом наблюдалось на дерново-подзолистых карбонатных почвах (Tserling, 1990, Shevyakova, 1983, Shkel, 1979). Исследователи объясняют улучшение питания растений фосфором и калием под влиянием наночастиц серы в этих случаях повышенной подвижностью элементов почвы под действием серной кислоты (Svetlov et al., 1987, Archer, 1974). Таким образом, наши исследования показывают, что влияние серосодержащих препаратов актуально и перспективно, но на практике осуществляется в недостаточных масштабах.

Исследования влияния серы и кальция выявляют эффективность использования серы для повышения продуктивности (Ivanitsky, Ya.V., 2011, Maslova et al., 2008, Maslova, 2008), поскольку дефицит серы в зерне существенно влияет на урожайность и качество зерна пшеницы (Zhao et al., 1999). **Азот не может эффективно использоваться без серы, а содержание белка не может достичь своего полного потенциала урожайности.** Более того, сера является компонентом нескольких ключевых соединений в сельскохозяйственных культурах, поэтому дефицит серы является лимитирующим фактором не только

для роста и урожайности семян, но и для низкого качества продукции (Singh, 2003). Ограничение доступности серы способствует синтезу белка с низким содержанием (Flaete et al., 2005), снижает размер и качество зерна пшеницы из-за прекращения образования дисульфидных связей, формируемых сульфгидрильными группами цистеина (Gyori, 2005, McGrath, 2003). Зерно пшеницы, содержащее серу, измеряемое как концентрация серы в дополнение к концентрации азота, является ключом к качеству семян (Karimi and Mohsenzadch, 2015, Geiger, 2009, Whitesides, 2005), а ее дефицит приводит к снижению продуктивности. Результаты показывают сходство между CuO или ZnO в растениях пшеницы с более высокой токсичностью для корней, связанной с меньшим размером наночастиц серы (Hasan et al., 2018, Dimkra et al., 2013, Tea et al., 2007).

В настоящее время наиболее перспективным направлением является использование предпосевной обработки семян наночастицами, о чем свидетельствует рост объемов продаж. Характерной особенностью действия действующих веществ является то, что они интенсифицируют физиолого-биохимические процессы в растениях и одновременно повышают урожайность и устойчивость к стрессам. К таким регуляторам относятся природные и синтетические вещества, которые в малых дозах активно влияют на метаболизм растений (Burkitbayev et al., 2021). Интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур обеспечивает полную реализацию потенциала растений по формированию высоких урожаев хорошего качества. Устойчивость изученных сортов подтверждается данными об ионном балансе Na⁺, K⁺ и Ca²⁺ в первичных корнях пшеницы (Terletskaaya et al., 2019). В мировой сельскохозяйственной практике новым высокоурожайным сортам, научно обоснованным севооборотам и рациональному использованию минеральных составов и средств защиты растений признаны ключевыми факторами повышения урожайности. Эти приемы требуют высоких энергетических и материальных затрат и не всегда экологически безопасны. Острой проблемой современного растениеводства в настоящее время является производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции и снижение антропогенного давления на биосферу (Monostori et al., 2017).

Показатель серного статуса в растениях значимо коррелирует с биодоступной серой в почве. Показатель серы в биомассе побегов следующий: он влияет на концентрацию серы, массовое соотношение азота к сере (N/S), массовое соотношение фосфора к сере и индекс серного питания. Биодоступная сера в почве значимо коррелирует с соотношением азота к сере в побегах озимой пшеницы и озимого рапса.

Сельскохозяйственным культурам для получения высоких урожаев необходимы питательные вещества; однако они могут поглощать только ионные формы элементов. На этом этапе полезны микроорганизмы, поскольку они преобразуют органически связанные азот, фосфор и серу в растворимые ионы, такие как

NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^+ , HPO_4^- и SO_4^- . Минерализация – это преобразование органических соединений в неорганические, являющееся биологическим процессом, который зависит от температуры, осадков, свойств почвы, химического состава растительных остатков, структуры и состава микробных сообществ и соотношения C:N в почве после внесения растительного материала. Корректировка значений этих факторов позволяет определить скорость и направление минерализации растительных остатков в почве.

Рекомендации по тестированию почвы на содержание серы при выращивании сельскохозяйственных культур в засушливых районах недостаточно разработаны. Для оценки значимости содержания серы и азота в почве и тканях для прогнозирования дефицита серы на участках, по-видимому, наблюдается морфология, поскольку два минерала часто связаны. Поэтому существует вероятность повышенного отклика на внесение серы. Рекомендуется сохранить использование соотношения N:S, которое может указывать на дефицит S как для ячменя, так и для пшеницы (Conyers & Holland, 2020).

Диоксид серы (SO_2) играет полезную роль в защите растений от экологического стресса. SO_2 повышает засухоустойчивость молодых растений посредством сигналинга H_2S и предоставляет новую стратегию для усиления устойчивости растений к стрессу от засухи (Li et al., 2021).

Ключом к обеспечению высокого плодородия почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур является сбалансированное минеральное питание по всем элементам с учетом их содержания, распределения и трансформации в почве (Kulhanek et al., 2014). Сера стоит наряду с такими элементами, как азот, фосфор и калий – второй по значимости белковогенный элемент после азота. Дефицит серы, как и дефицит азота, снижает синтез белка, в то время как внешнее проявление серного голодания у растений почти совпадает с признаками азотного дефицита. Установлена ее абсолютная необходимость для процессов дыхания, фотосинтеза, азотного и углеводного обмена (Järvan, Edesi & Adamson, 2011).

Ранее потребность растений в сере удовлетворялась без дополнительных усилий, но сейчас и в будущем ресурсы для ее поступления в почву сокращаются, а спрос на нее в сельском хозяйстве возрастает из-за более высокого спроса на качественную сельскохозяйственную продукцию. **Основными причинами увеличения дефицита серы являются более низкое содержание диоксида серы в атмосфере, повышенное использование высококонцентрированных и безбалластных соединений без серы, более высокие урожаи сельскохозяйственных культур и увеличение выноса серы** (Matraszek et al., 2015).

Установлено, что внесение наносеры в почвы с низким содержанием серы повышает коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, ускоряет их транслокацию из вегетативных органов в

зерно. Серный агрохимикат влияет на азотный обмен в растениях пшеницы, играет существенную роль с самых ранних стадий развития в метаболизме растительной клетки, который тесно связан с круговоротом азота, поскольку оба элемента являются обязательными компонентами белков. При дефиците одного из двух элементов синтез белка замедляется и может полностью прекратиться при отсутствии обоих (азота и серы) доступных источников для растений (Maslova, 1993).

В опыте, проведенном в период 2023/2024 гг. на органическом поле «ИПГР им. К. Малкова» в г. Садово, были включены четыре сорта и пять перспективных линий озимой мягкой пшеницы селекции Института: Садово 1, Победа, Авеню, Магий, МН 258/3355, RU 251/268, ВА 1325, ВА 1378 и ВА 1390. Оценивалось влияние болгарского жидкого удобрения Сулфеко на продуктивность изученных образцов. Препарат применяли в разных дозах и на разных этапах роста культуры.

СХЕМА НА ОПИТА			
Вариант, №	Фаза на внасяне, доза		Брой пръскания
	Вретенене	Изкласяване	
1.	200 ml	-	1
2.	100 ml	100 ml	2
3.	260 ml	-	1
4.	130 ml	130 ml	2
5. Контрола	-	-	-

Таблица 1 Схема опыта

Результаты опубликованы в отчете по проекту ЗФТК 37 Аграрной академии. Наибольшая высота растений зафиксирована в варианте №3, который включал максимальную дозу препарата, внесенную однократно в фазу стеблевания. Наибольшее общее кущение получено в варианте №3 и варианте №5, тогда как максимальное продуктивное кущение зарегистрировано в варианте №4 и у контрольных растений. По признакам длина главного колоса, количество колосков и количество зерен в главном колосе максимальные результаты достигнуты при двукратном применении препарата в дозе 130 мл. Масса зерна в главном колосе и масса зерна с растения достигли своего оптимума в вариантах №1 и