

## ПРИМЕНЕНИЕ МОЛОТОЙ СЕРЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

*Н. В. Сырчина, Н. А. Соловьева, А. С. Кожевникова*  
*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

Сера относится к важнейшим элементам минерального питания растений. Потребность растений в этом элементе сопоставима с потребностью в фосфоре. Сера входит в состав белков, пептидов, сульфолипидов, коэзима А, биотина, тиамина и др. Оптимальное обеспечение развивающихся растений серой улучшает усвоение азота и повышает эффективность фотосинтеза. При сбалансированном поступлении серы и азота снижается риск накопления нитратов и нитритов в плодах и овощах. Недостаток серы приводит к существенному снижению урожайности [1, 2].

Растения способны усваивать серу как из почвы (в форме сульфатов), так и из воздуха (в форме диоксида). Вынос серы с урожаем из пахотных земель в среднем составляет 10–30 кг/га в год и более. Например, растения семейства *Brassicaceae* за вегетационный период выносят до 70 кг/га серы [3]. Основными источниками восполнения дефицита серы в почвах являются органические и минеральные удобрения, содержащие серу в форме сульфатов. Существенное сокращение внесения серосодержащих удобрений и снижение выбросов оксидов серы в атмосферу привело к развитию дефицита этого элемента в почвах многих регионов. В настоящее время проблема сбалансированного обеспечения агроземов азотом, фосфором, калием и серой приобретает все большее значение. Установлено, что низкое содержание подвижной серы характерно для 25–64% пахотных земель нечерноземной зоны.

Выполненные в последние годы исследования доказывают, что источником доступных для растений соединений серы может быть не только сера, входящая в состав органических и сульфатсодержащих удобрений, но и вносимая в почву молотая комовая сера. Комовую серу можно рассматривать как самое дешевое и концентрированное удобрение. В почвах сера под действием микроорганизмов постепенно окисляется до сульфат-ионов, что обеспечивает эффект пролонгированного действия. Применение серы в качестве удобрения приводит не только к обогащению почвы данным элементом, но и способствует решению весьма актуальной экологической проблемы – рациональной утилизации многотоннажных отходов серы, образующихся при переработке углеводородного сырья, а также в процессе коксохимического, металлургического и энергетического производства.

**Цель** работы состояла в изучении влияния молотой комовой серы, вносимой совместно с азотными, фосфорными и гуминовыми удобрениями на химический состав и каталазную активность почвы.

Для проведения экспериментов использовалась сера комовая техническая (ГОСТ 127.1-93, Башнефтехим, содержание  $S_8$  – 99,98%); аммиачная селитра марки Б (ГОСТ 2-2013, ЗАО «ЗМУ КЧХК», Содержание N – 34,4%); фосфоритная мука марки А (ГОСТ 5716-74, ООО «Верхнекамские удобрения»).

ния», содержание  $P_2O_5$  – 23%); торфогель (ООО «Техносорб», содержание фульвокислот – 50 г/дм<sup>3</sup>).

Образцы грунта (агрозема) для выполнения эксперимента отбирались с глубины 5–20 см на поле вблизи г. Кирова. Грунт высушивался на воздухе до постоянной массы и просеивался через металлическое сито, с размером ячеек 4 x 4 мм. Данные о химических свойствах агрозема приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Свойства агрозема

Объект	Гранулометрический состав	Показатели						
		$pH_{KCl}$	$pH_{вод. н.}$	органическое вещество, %	фосфор общий ( $P_2O_5$ ), мг/кг	азот нитратный, мг/кг	сера подвижная, мг/кг	каталазная активность, $O_2$ за 2 мин
Агрозем	Средний суглинок	5,9±0,1	6,5±0,1	4,60±0,12	130,0±10,0	28,7±2,2	0,21±0,04	2,5±0,2

Серу, аммиачную селитру, фосфоритную муку и торфогель вносили в воздушно сухой агрозем и перемешивали до равномерного распределения добавок с помощью лабораторного смесителя. Подготовленные образцы помещали в пластиковые контейнеры и увлажняли дистиллированной водой до влажности 60%. Все добавки вносились в дозировке 1 г/ кг воздушно сухого агрозема. Агрозем с добавками выдерживался во влажном состоянии при температуре 22–25 °С в течение 4-х месяцев. Содержание влаги в ходе эксперимента поддерживалось на постоянном уровне (при снижении массы грунта на 5% в контейнер с помощью пульверизатора добавлялась вода). Эксперимент проводился в 3-х повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel».

Выбор добавок, вносимых в агрозем совместно с серой, определялся следующими причинами:

– аммиачная селитра и торфогель оказывают положительное влияние на деятельность почвенных микроорганизмов [4], что может привести к увеличению скорости микробиологического окисления серы;

– фосфоритная мука за счет связывания кислот, с одной стороны, способствует снижению эффекта подкисления почвы продуктами окисления серы, с другой стороны, под влиянием образующихся кислот растворимость фосфоритной муки будет увеличиться, что приведет к улучшению фосфорного питания растений.

**Варианты эксперимента:** 1) контроль (агрозем без добавок); 2) агрозем + сера; 3) агрозем + сера + аммиачная селитра; 4) агрозем + сера + торфогель; 5) агрозем + сера + фосфоритная мука; 6) агрозем + сера + фосфоритная мука + торфогель.

Анализ агрозема и агрозема с добавками проводился по следующим показателям:  $pH_{KCl}$  (ГОСТ 26483-85);  $pH_{водн.}$  (ГОСТ 26483-85); содержание нитратов (ГОСТ 26488-85), фосфатов (ГОСТ 26205-91); сера подвижная (Почвы).

Определение подвижной серы по методу ЦИНАО); органическое вещество (ГОСТ 26213-91); каталазная активность (по Хазиеву [5]).

Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Свойства агрозема через 4 месяца после начала эксперимента**

Объект	Показатели					
	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>водн</sub>	азот нитратный, мг/кг	сера подвижная, мг/кг	фосфор подвижн. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	каталазная активность, O <sub>2</sub> за 2 мин.
Агрозем (контроль)	5,5±0,1	6,1±0,1	26,9±1,8	0,21±0,04	130±15	2,4±0,2
Агрозем + сера	5,1±0,3	5,6±0,1	29,8±1,7	2,8±0,4	54±10	2,7±0,2
Агрозем + сера + аммиачная селитра	4,6±0,3	5,2±0,2	14,8±1,5	4,0±0,3	96±12	3,8±0,5
Агрозем + сера + торфогель	4,9±0,2	5,4±0,3	19,4±1,9	3,2±0,4	72±9	3,2±0,5
Агрозем + сера + фосфоритная мука	4,9±0,4	5,7±0,5	14,8±2,6	2,8±0,3	350±17	2,8±0,6
Агрозем + сера + фосфоритная мука + торфогель	5,1±0,3	5,7±0,2	13,0±1,1	3,4±0,5	450±22	3,4±0,6

В ходе эксперимента установлено:

– внесение молотой серы в почву, как без добавок, так и с добавками фосфоритной муки, аммиачной селитры и торфогеля за время эксперимента привело к незначительному снижению pH почвенной вытяжки;

– под влиянием молотой серы существенно увеличилось содержание подвижных форм серы. В присутствии аммиачной селитры этот эффект проявляется более выражено;

– внесение в почву серы приводит к снижению содержания подвижного фосфора, добавка торфогеля усиливает этот эффект;

– внесение в почву композиции из серы и фосфоритной муки, и особенно серы в сочетании с торфогелем и фосфоритной мукой приводит к значительному повышению содержания подвижных форм фосфора;

– внесение в почву серы совместно с аммиачной селитрой приводит к увеличению каталазной активности и снижению содержания нитратных форм азота.

Между изучаемыми показателями установлены следующие корреляционные зависимости: содержание в почве нитратов и каталазная активность – коэффициент корреляции =  $-0,72$ ; содержание в почве сульфатов и каталазная активность – коэффициент корреляции =  $+0,85$ ; содержание в почве фосфатов и нитратов – коэффициент корреляции =  $-0,66$ .

Снижение pH почвенного раствора в присутствии серы может быть обусловлено микробиологическим окислением серы до серной кислоты. Известно, что в окислении серы в аэробных условиях принимают участие раз-

личные группы тионовых и серобактерий. Окисление серы в почве протекает ступенчато, причем конечным продуктом является серная кислота или сульфаты:  $S \rightarrow S_2O_3^{2-} \rightarrow SO_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ .

Сульфат-ионы могут поглощаться путем хемосорбции на оксидах железа и алюминия, при этом выделяются ионы  $OH^-$ , нейтрализующие ионы  $H^+$ . Благодаря этим процессам в почве накапливаются сульфат-ионы, но не происходит значительного снижения pH.

Снижение содержания нитратов может быть обусловлено иммобилизацией этих ионов почвенной микрофлорой. Об этом косвенно свидетельствует отрицательная корреляционная зависимость между каталазной активностью почвы и содержанием нитрат-ионов. Аммонийный и нитратный азот используется микроорганизмами как источник азотного питания. Иммобилизация азота почвенной микрофлорой способствует снижению вымывания этого элемента и закреплению азота в почве.

**Выводы.** В результате выполненных экспериментов установлено, что минеральная сера в комбинации с фосфоритной мукой является перспективным и дешевым материалом для обогащения почвы серой и фосфором. Совместное внесение серы и фосфоритной муки не приводит к существенному увеличению кислотности почвы.

Совместное внесение в почву элементарной серы, фосфоритной муки и торфогеля позволяет существенно активизировать накопление в почве подвижных сульфатов и фосфатов. Установленный факт увеличения подвижности фосфатов и серы под влиянием торфогеля может представлять большой практический интерес.

Необходимо проведение дальнейших исследований влияния комовой молотой серы и торфогеля на переход фосфатов фосфоритной муки в доступную для растений форму. Полученные данные могут представлять большой интерес в плане повышения агрохимической эффективности самого дешевого фосфорного удобрения – фосфоритной муки.

#### Литература

1. Якушкина Н. И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений. М.: Владос, 2004. 464 с.
2. Соболев Н. В. Переработка низкосортного фосфатного сырья с получением удобрений, обогащенных серой, кальцием и магнием: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2007. 157 с.
3. Нортон Р., Миккелсен Р., Дженсен Т. Значение серы в питании растений // Питание растений. 2014. № 3. С. 2–5.
4. Маркина Е. О., Сырчина Н. В. Влияние промышленных гуминовых веществ на свойства почвы // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 46–49.
5. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.