

carried out on the basis of improved elements of technology aimed at the formation of highly productive marketable products in the North-Western Caspian Region. The harvest data were statistically processed and confirmed their high reliability.

According to the results of the study, for the period from 2020 to 2022, the most productive variant with a yield of 3.4 t/ha was identified for the cultivation of this crop with irrigation with a dose of mineral nutrition N60P80K60. A significant increase relative to the control (without treatments) was 1.5 t/ha, with a production profitability of 200.5%.

Keywords: chickpeas, irrigation, bogara, mineral nutrition, yield, economic efficiency.

УДК 631.4:631.811.7 ..

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.09

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ В СОЧЕТАНИИ С КАСС-32 В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Т.В. Гребенникова<sup>1</sup>, Н.И. Аканова<sup>2</sup>, М.М. Визирская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «ЕвроХим Трейдинг Рус», г. Москва, e-mail: [tatyana.grebennikova@eurochem.ru](mailto:tatyana.grebennikova@eurochem.ru)

e-mail: [mariya.vizirskaya@eurochem.ru](mailto:mariya.vizirskaya@eurochem.ru)

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», г. Москва, e-mail: [N\\_Akanova@mail.ru](mailto:N_Akanova@mail.ru)

Показано, что при разработке системы питания для различных сельскохозяйственных культур необходимо учитывать обеспеченность почв серой. Рассмотрены вопросы влияния серосодержащих удобрений Тиосульфата аммония (ATS) и Тиосульфата калия (KTS) на урожайность сельскохозяйственных культур и качество их продукции. Выявлено оптимальное соотношение КАСС-32, ATS и KTS для получения высокого урожая культур.

Ключевые слова: плодородие, сера, урожайность, серосодержащие удобрения, тиосульфат аммония (ATS) и тиосульфат калия (KTS).

Для цитирования: Гребенникова Т.В., Аканова Н.И., Визирская М.М. Эффективность серосодержащих удобрений в сочетании с КАСС-32 в формировании продуктивности различных сельскохозяйственных культур// Плодородие. – 2023. – №2. – С. 37–43. DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.09.

Сера – один из основных элементов питания растений. Она входит в состав незаменимых аминокислот, белков, гормонов, витаминов, липидов и других важных для жизнедеятельности растений органических соединений, принимает участие в белковом и углеводном обменах, процессах фотосинтеза и дыхания, активирует биосинтез хлорофиллов, жиров, фиксацию азота из атмосферы клубеньками бобовых растений [1-2]. Недостаток серы в питании растений приводит к снижению урожайности культур и качества их продукции [3]. Напротив, при достаточной обеспеченности серой активизируются рост и поглощающая способность корневой системы растений [4].

Основным фактором оптимизации содержания серы в почве, а значит и питания растений, является применение серосодержащих удобрений [5]. Исследований эффективности серосодержащих удобрений на дерново-подзолистых почвах проведено весьма недостаточно. Однако, переоценить значение серы в реализации потенциальной продуктивности растений невозможно [6].

В последние годы потребности сельскохозяйственных культур в сере уделяют большое внимание, поскольку во многих системах земледелия снизилось её поступление в почву. Применение серосодержащих удобрений становится актуальным в результате роста урожайности, повышения качества растениеводческой продукции, изменения структуры севооборотов, сокращения объемов внесения органических удобрений, а также снижения использования удобрений, содержащих серу [7].

Широкое использование в системе питания, в том числе, при подкормке во время вегетации всех сельскохозяйственных культур, приобретают жидкие азотные

удобрения, например КАС. Такие удобрения могут применяться в смесях с серосодержащими удобрениями [8].

**Цель работы** – изучить эффективность различных видов и форм серосодержащих удобрений в чистом виде и в сочетании с КАС, в посевах сельскохозяйственных культур и выявить оптимальные дозы серосодержащих удобрений, обеспечивающих увеличение урожайности и повышение качества сельскохозяйственных культур в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны. Все лабораторные и вегетационные опыты проведены в 4-кратной повторности.

**Методика проведения опытов.** Предварительные исследования в 2019 г. эффективности применения КАС в сочетании с тиосульфатом аммония (ATS) и калия (KTS) проводили в лабораторных регулируемых условиях (освещенность, температура и влажность воздуха, заданный пищевой режим почвы по НРК, влажность почвы), изучали их влияние на питательный режим, биологическую активность почвы, формирование биомассы растений пшеницы при основном внесении в почву и в подкормку во время вегетации. Объект исследований: мягкая яровая пшеница сорта Злата селекции НИИ сельского хозяйства ЦРНЗ РФ.

**Условия проведения опыта:** фотопериод 16 ч, мощность облучения ~120-150 мкмоль/(м<sup>2</sup>·сек) (11-12 клк), температура воздуха днем 23-25<sup>0</sup>С, ночью 18-19<sup>0</sup>С, влажность воздуха 50-70%, влажность почвы 60-70% ПВ. Для создания фона РК использовались суперфосфат и хлористый калий из расчета по 90 кг д.в/га. Суммарная доза азота во всех вариантах опыта из расчета 120 кг д.в/га. Почва – окультуренный дерново-подзолистый суглинок (ПВ 34%), отобранный на опытном поле Полевой станции РГАУ-МСХА им. Тимирязева.

Показатели качества Тиосульфата аммония (ATS) приведены далее.

Показатель	Норма
1. Внешний вид	Бесцветная жидкость
2. Массовая доля общего азота (N), в том числе аммонийный азот	Не менее 12%
3. Массовая доля серы	Не менее 26%

Рассмотрим показатели качества Тиосульфата калия (KTS).

Показатель	Норма
Внешний вид	Бесцветная жидкость
Массовая доля $K_2O$	$25 \pm 1\%$
Массовая доля серы (S)	$17 \pm 1\%$



Рис. Конструкция портативного почвенного респирометра:

1 – камера анализатора; 2 – крышка камеры; 3- защелка камеры; 4- уплотнитель по контуру разъема; 5- пластиковый лоток 135 x 90 x 45 мм внутри камеры; 6-специальный воздушный фильтр из мягкого поролона или минеральной ваты

**Опыт №2. Исследование влияния КАС-32 в сочетании с ATS в различных соотношениях на продуктивность посева яровой пшеницы.** Внутрипочвенное внесение при посеве пшеницы на глубину ниже зоны молодых корней.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон –  $P_{90}K_{90}$  (суперфосфат + хлористый калий)
3.  $P_{90}K_{90} + N_{120} [NH_4NO_3]$ .
4.  $P_{90}K_{90} + N_{120} [(ATS (20\%) + КАС-32 (80\%))]$ .
5.  $P_{90}K_{90} + N_{120} [(ATS (30\%) + КАС-32 (70\%))]$ .
6.  $P_{90}K_{90} + N_{120} [(ATS (40\%) + КАС-32 (60\%))]$ .

**Опыт №3. Исследование эффективности ATS и КАС-32 в различных соотношениях при основном внутрипочвенном внесении и при некорневом внесении на посевах яровой пшеницы.**

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон –  $P_{90}K_{90}$  (суперфосфат + хлористый калий).
3.  $P_{90}K_{90} + N_{80} [(ATS (20\%) + КАС-32 (80\%))] + N_{40} [(ATS (20\%) + КАС-32 (80\%))]$ .
4.  $P_{90}K_{90} + N_{80} [(ATS (30\%) + КАС-32 (70\%))] + N_{40} [(ATS (30\%) + КАС-32 (70\%))]$ .
5.  $P_{90}K_{90} + N_{80} [(ATS (40\%) + КАС-32 (60\%))] + N_{40} [(ATS (40\%) + КАС-32 (60\%))]$ .

До 70% общей дозы азота в виде смеси КАС-32 и ATS в разных соотношениях в 5-кратном разбавлении внесли внутрипочвенно при посеве и дополнительно 30% в виде смеси тех же агрохимикатов в 10-кратном разбавлении на 21-й день вегетации в фазе кущения с помощью ручного пульверизатора.

**Опыт №1. Определение действия КАС-32 и ATS на биологическую активность почв.** Схема опыта состояла из четырех вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2.  $P_{90}K_{90} + N_{120} (NH_4NO_3)$ ; 3.  $P_{90}K_{90} + N_{120} (КАС-32)$ ; 4.  $P_{90}K_{90} + N_{120} (ATS)$ .

Измеряли дыхание почвы в 3-кратном повторении вначале перед внесением азотного удобрения, затем вносили в почву с помощью шприца дозу удобрения  $N_{120}$  и спустя 1 сутки вновь измеряли наступившую дыхательную реакцию. Внешний вид и устройство измерительного прибора показаны на рисунке [9-11].

**Опыт №4. Оценка влияния различных доз на рост и развитие культуры при напочвенном внесении KTS совместно с ЖКУ.**

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон ( $P_{90}K_{90}$ ).
3.  $P_{50}K_{90} + N_{32}P_{40}[ЖКУ] = N_{32}P_{90}K_{90}$ .
4.  $P_{50}K_{72} + N_{32}P_{40}K_{18} [ЖКУ(40\%)+KTS(60\%)] = N_{32}P_{90}K_{90}$ .

Напочвенное внесение KTS в сочетании с ЖКУ. В качестве фона вносили суперфосфат и хлористый калий.

**Опыт №5. Оценка влияния различных доз на рост и развитие яровой пшеницы при напочвенном внесении KTS.**

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон ( $P_{90}K_{90}$ ).
3.  $P_{90}K_{72} + K_{18}[KTS 50 \text{ л/га}] = P_{90}K_{90}$ .
4.  $P_{90}K_{63} + K_{27}[KTS 75 \text{ л/га}] = P_{90}K_{90}$ .
5.  $P_{90}K_{54} + K_{36}[KTS 100 \text{ л/га}] = P_{90}K_{90}$ .

**Опыт №6. Оценка эффективности ЖКУ+KTS в посевах яровой пшеницы.**

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон ( $P_{90}K_{90}$ ).
3.  $P_{50}K_{72} + N_{32}P_{40}K_{18} [ЖКУ(60\%)+KTS(40\%)] = N_{32}P_{90}K_{90}$ .

Опрыскивание питательными растворами KTS в сочетании с ЖКУ в фазе кущения при норме рабочего раствора 200 л/га. В качестве фона вносили суперфосфат и хлористый калий.

В 2019-2021 г. в условиях Рязанской области были проведены полевые исследования по эффективности применения новых форм серосодержащих удобрений: Тиосульфат калия и Тиосульфат аммония на посевах ярового рапса и озимой пшеницы. Объекты исследований: в 2019 г. – яровой рапс, сорт Юра и в 2020-2021 г. – озимая пшеница, сорт Московская 39.

Характеристика темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы опытного участка под яровым рапсом: глубина горизонта 0-20 см; содержание гумус 3,8%,  $pH_{H_2O}$  5,8,  $N_{гидр.}$  1,4,  $N_{общ.}$  0,195 %;  $P_2O_5$  20,6,  $K_2O$  18,2 мг/100 г.

Агрохимическая характеристика темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы приведена в таблице 1.

**1. Агрохимические показатели темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы (под озимой пшеницей)**

Глубина, см	Гумус, %	$pH_{сол.}$	$N_{общ.}$ , %	$P_2O_5$	$K_2O$	Hг	Сумма оснований
				мг/100 г		мэкв/100 г почвы	
0-10	4,18	4,90	0,22	22,4	15,9	3,15	23,8
10-20	3,82	5,10	0,19	17,0	13,7	2,34	25,4
20-30	3,43	5,10	0,19	16,7	14,8	2,34	22,4
0-30	3,8	5,03	0,20	18,7	14,8	2,61	23,9

Схема опыта с яровым рапсом:

1. Фон – основное внесение: аммофос/сульфоаммофос 16-16-16 – 100/200 кг/га, азотные подкормки:

1-я подкормка (кущение) – аммиачная селитра ( $N_{50}$ ),

2-я подкормка (трубкование) – аммиачная селитра ( $N_{30}$ ).

2. Фон + KAC + ATS 80:20( $N_{28}$ , S-5) (до 9 и более настоящих листьев) 100 л/га.

3. Фон + KAC + ATS 80:20( $N_{28}$ , S-5) (до 9 и более настоящих листьев) 100 л/га + KAC + ATS 40:60( $N_{26}$ , S-7,5) BVCH 30-32 -50 л/га.

4. Фон + KAC + ATS 80:20 ( $N_{28}$ , S-5) (до 9 и более настоящих листьев) 100 л/га + KAC + ATS 40:60 ( $N_{24}$ , S-10) (2-3-е междоузлия) 50 л/га (раб. р-р 200-250 л/га) + KAC + ATS 40:60 ( $N_{24}$ , S-10) (до появления цветочного) 25 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

5. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

6. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

7. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

Предшественник – озимая пшеница. Агротехника опыта с рапсом: ранневесеннее боронование, внесение удобрений, предпосевная культивация, посев, прикатывание. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>.

Схема опыта с озимой пшеницей:

1. Фон – аммофос/сульфоаммофос/16-16-16 – 100/200 кг/га, азотные подкормки: 1-я подкормка (кущение) – аммиачная селитра ( $N_{50}$ ),

2-я подкормка (трубкование) – аммиачная селитра ( $N_{30}$ ).

2. Фон + 1-я подкормка KAC-32 (кущение) 120 л/га, 2-я подкормка – KAC-32 (1:3 с водой) (трубкование) 75 л/га.

3. Фон + подкормка KAC-32: ATS [80:20( $N_{28}$ , S-5)] (кущение) 135 л/га + подкормка KAC-32: ATS [80:20( $N_{28}$ , S-5)] (кущение) 85 л/га (раб. р-р 250-300 л/га).

4. Фон + подкормка KAC – 32 (кущение) 120 л/га + подкормка ATS+KACC-32 [40:60( $N_{26}$ , S-7,5)] (выход в трубку) 95 л/га (раб. р-р 250-300 л/га).

5. Фон + подкормка KACC-32 (кущение) 120 л/га + подкормка ATS + KAC – 32(40:60) (трубка) 70 л/га (раб. р-р 250-300 л/га) + подкормка ATS + KAC – 32(40:60) (колошение) 28 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

6. Фон + подкормка KAC – 32 (кущение) 120 л/га + подкормка KAC-32: ATS [80:20( $N_{28}$ , S-5)] (кущение) 85 л/га.

7. Фон + подкормка KTS (колошение) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

8. Фон + подкормка KTS (трубка) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

9. Фон + подкормка KTS (трубка) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га) + подкормка KTS (колошение) 5 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

Предшественник – горчица белая на сидерат. Размер учетной площади (7 м × 5 м) 35 м<sup>2</sup>. В опыте по всем вариантам внесено основное удобрение Сульфоаммофос 16% – 200 кг/га, или 35 кг д.в/га. Норма высева: 5 млн. всхожих зерен на 1 га, или 240 кг/га. Глубина посева семян 4-5 см, способ посева – рядовой.

В 2021 г. в условиях Белгородской области в Яковлевском районе, с. Кривцово заложен и проведен полевой опыт с соей раннеспелого сорта Белгородская 8.

Схема опыта с соей:

1. NPK 250 кг/га в физ. массе – фон.

2. Фон + KAC-32 + ATS 80:20 ( $N_{28}$ , S-5) (2-3 тройчатых листа) 100 л/га.

3. Фон + KAC-32 + ATS 40:60 ( $N_{24}$ , S-10) (2-3 тройчатых листа) 110 л/га.

4. Фон + подкормка KTS (2-3 тройчатых листа) 5 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

5. Фон + подкормка KTS (2-3 тройчатых листа) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га).

Площадь опытных делянок – 50 м<sup>2</sup>, площадь учетных делянок – 25 м<sup>2</sup>. Повторность – 4-кратная. Агрохимическая характеристика опытного участка: почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый малогумусный со средним содержанием подвижного фосфора, повышенным содержанием обменного калия и близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Норма высева семян 140 кг/га. Предшественник: озимая пшеница.

Анализ почвенных образцов во всех опытах проводили по общепринятым широко апробированным методикам:  $pH_{KCl}$  (ед.) – ГОСТ 26483-85; определение  $N-NH_4$  (мг/кг) – ГОСТ 26489-85;  $N-NO_3$  (мг/кг) – ГОСТ 26951-86;  $N_{общ.}$  (%) – ГОСТ 26107-84; органического вещества (%) – ГОСТ 26213-91;  $P_2O_5$  (мг/кг) – ГОСТ Р 54650-2011;  $K_2O$  (мг/кг) – ГОСТ Р 54650-2011.

**Результаты и их обсуждение. Опыт №1. Определение действия KAC-32 и ATS на биологическую активность почв.** Измерения при оценке действия KAC-32 и ATS на биологическую активность почв показали, что интенсивность почвенного дыхания контрольного образца оказалась равной 11,5  $rCO_2/m^2$  сут, при внесении азота в дозе  $N_{120}$ , дыхание было значительно ниже: 6,5  $rCO_2/m^2$  сут на фоне  $NH_4NO_3$ , 10,5  $rCO_2/m^2$  сут – KAC-32, 6,5  $rCO_2/m^2$  сут – ATS. Снижение дыхания представляет собой адаптивную реакцию, вызванную резким изменением соотношения C:N в сторону азота. Отметим, что обычный уровень C:N в разных регионах умеренного климата в почвах примерно одинаковый и равный, определяется на уровне 10/1 (%). Для проверки обратной реакции на изменение соотношения C:N в пользу углерода с помощью шприца добавили в образцы глюкозу в 10-кратной увеличенной дозе по отноше-

нию к N<sub>120</sub>. После корректировки баланса C:N дыхание стабилизировалось на новом более высоком уровне, соответственно по вариантам:

22,0 гСО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> сут на фоне NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 24,0 гСО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> сут – KAC-32, 15,0 гСО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> сут – ATS.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что дыхательная реакция почвы была обратимой, дыхательный метаболизм бактерий, ингибированный воздействием азотных удобрений, восстанавливался после корректировки C:N. В естественных природных условиях величина C:N регулируется, главным образом, за счет изменения биологической активности бактериальной массы почвы, которая адаптируется к конкретным условиям в почвенной среде. Выявлено, что KAC – 32 и ATS в различных соотношениях не угнетают биологическую активность почвы. Проявляются индивидуальные отличия в биологической активности в зависимости от агрохимических свойств удобрений. Вероятно, это связано с разным содержанием форм азота в этих удобрениях и разной динамикой их влияния на бактериальный метаболизм.

**Опыт №2. Исследование влияния KAC-32 и ATS в различных соотношениях на продуктивность посевов яровой пшеницы.** Выявлена высокая эффективность совместного применения этих агрохимикатов. В таблице 2 представлены средние значения соответствующих показателей (объем выборки 27%). Для результатов надземной массы растений выполнен дисперсионный анализ [12].

## 2. Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	Ff	F05
Общая	65,85	17	-		
Вариантов	24	5	8,8	2,51	3,11
Остаток (ошибка)	41,85	12	3,5		
				Ff < F05	
		Ошибка опыта 1,08 г			
		Ошибка разности средних 1,52 г			
		НСР <sub>05</sub> = t <sub>05</sub> · 1,52 = 2,18 · 1,52 = 3,31 г			

## 3. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы при внесении ATS и KAC-32

Вариант опыта	Показатели				
	pH <sub>KCl</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N <sub>общ</sub> , %
	мг/кг				
Контроль (без удобрений)	6,2±0,2	0,8±0,3	28,2±4,2	280±31	0,15±0,02
Фон – P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> (суперфосфат + KCl)	6,1±0,2	0,9±0,3	29,0±3,7	320±36	0,15±0,02
P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> [NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ]	5,9±0,2	1,1±0,2	36,4±5,3	315±39	0,17±0,02
P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> [(ATS (20%) + KAC-32 (80%))]	5,8±0,2	1,2±0,3	41,7±6,5	345±42	0,19±0,02
P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> [(ATS (30%) + KAC-32 (70%))]	5,8±0,2	1,1±0,3	49,0±7,4	350±47	0,17±0,02
P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> [(ATS (40%) + KAC-32 (60%))]	5,7±0,2	1,3±0,2	51,4±8,6	357±61	0,18±0,02

Наиболее продуктивным, обеспечившим прибавку биомассы пшеницы на 23%, оказалось применение внутрипочвенно ATS + KAC-32 в соотношении 1:4, положительный эффект наблюдался в сравнении как с контролем, так и с вариантом с NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Анализ почвенных образцов показал, что применение ATS в смеси с KAC-32 достоверно влияет на агрохимические пара-

метры дерново-подзолистой почвы (табл. 3). Наибольшие изменения были выявлены по содержанию нитратного и аммиачного азота в почве.

Содержание органического вещества в почве практически не изменялось и определялось на уровне 3,5±0,2%.

**Опыт №3. Исследование эффективности ATS и KAC-32 в различных соотношениях при основном внутрипочвенном внесении и при некорневом внесении в фазе кущения на посевах яровой пшеницы.** Были отобраны растительные пробы перед опрыскиванием растений и на 7-й день после опрыскивания (28-й день от посева). Выявлено, что до проведения листовой подкормки наибольшая биомасса была в варианте с соотношением KAC-32 и ATS = 4:1. Проведение подкормки в фазе кущения в этом варианте приводило к дальнейшему увеличению биомассы растений по сравнению с другими вариантами опыта. По результатам почвенных и растительных образцов выявлено, что совместное применение KAC-32 и ATS способствует улучшению усвоения азота растениями, что обуславливает сокращение потерь азота из почвы, увеличение содержания аммиачной и нитратной форм азота, увеличение подвижности фосфатов и улучшение структуры дерново-подзолистой почвы.

**Опыт №4. Оценка влияния на рост и развитие пшеницы различных доз KTS совместно с ЖКУ при напочвенном внесении.** Выявлено статистически достоверное их положительное действие при дозе ЖКУ 73,5 л/га + KTS, 50 л/га.

При статистической обработке данных методом корреляционного анализа рассчитали регрессионную модель роста надземной биомассы растений по вариантам опыта вида: Y = a + vX, где Y – величина сырой надземной биомассы 1 растения, г; X<sub>сут.</sub> – расчётное время; v – коэффициент регрессии. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 4.

## 4. Регрессионная линейная модель роста надземной биомассы растений яровой пшеницы (возраст 20-35 дней)

Вариант опыта	Уравнение (выборочное) линейной регрессии	Коэффициент корреляции, r	Ошибка, S <sub>r</sub>
1. Контроль (б/у)	Y=0,57+0,03x	0,93	0,14
2. Фон (P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> )	Y=0,71+0,041x	0,87	0,18
3. P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>32</sub> P <sub>40</sub> [ЖКУ]	Y=0,60+0,049x	0,95	0,12
4. P <sub>50</sub> K <sub>72</sub> + N <sub>32</sub> P <sub>40</sub> K <sub>18</sub> [ЖКУ(40%)+KTS(60%)]	Y=0,77+0,056x	0,95	0,12

Статистически достоверной является прибавка биомассы во всех вариантах по сравнению с контрольным вариантом. Эффект объясняется совместным действием этих удобрений за счёт дополнительного внесения азота и фосфора соответственно в дозах N<sub>32</sub> и P<sub>40</sub>, содержащихся в ЖКУ, а также, за счёт внесения KTS, содержащего серу.

**Опыт №5. Оценка влияния различных доз KTS на рост и развитие пшеницы при напочвенном его внесении.** Она показала, что несмотря на то, что статистически не доказано преимущество KTS, его действие было равноценно стандартным удобрениям. Однако, очевидна тенденция создания более благоприятных условий для роса и развития растений при его использовании. При внесении KTS получена достоверная прибавка биомассы по сравнению с контрольным вариантом.

Полученные результаты были обработаны методом корреляционного анализа (табл. 5).

**5. Регрессионная линейная модель роста надземной биомассы растений яровой пшеницы (возраст 20-35 дней)**

Вариант опыта	Уравнение (выборочное) линейной регрессии	Коэффициент корреляции, r	Ошибка, $\bar{S}_r$
1. Контроль (б/у)	$Y=0,57+0,03x$	0,93	0,14
2. Фон ( $P_{90}K_{90}$ )	$Y=0,71+0,041x$	0,87	0,18
3. $P_{90}K_{72} + K_{18}$ [KTS 50 л/га]	$Y=0,69+0,041x$	0,93	0,14
4. $P_{90}K_{63} + K_{27}$ [KTS 75 л/га]	$Y=0,78+0,04x$	0,88	0,18
5. $P_{90}K_{54} + K_{36}$ [KTS 100 л/га]	$Y=0,68+0,051x$	0,94	0,12

Более значимое положительное влияние оказывает доза KTS 100 л/га. Безусловно, при таком течении вегетации можно ожидать существенную разницу по урожаю зерна и его качеству.

*Опыт №6. Оценка эффективности ЖКУ+KTS на состояние посевов яровой пшеницы.* Она показала, что прибавка продуктивности в варианте с KTS + ЖКУ на 19% больше, чем в условиях применения стандартных удобрений. Как и в предыдущих опытах статистическую обработку данных провели регрессионным методом, получив модели роста надземной биомассы растений. Полученные модели (табл. 6) показали преимущество варианта с применением подкормки растений KTS + ЖКУ (3 вар).

**6. Регрессионная линейная модель роста надземной биомассы растений яровой пшеницы (возраст 20-35 дней)**

Вариант опыта	Уравнение (выборочное) линейной регрессии	Коэффициент корреляции, r	Ошибка, $\bar{S}_r$
1. Контроль (б/у)	$Y=0,57+0,03x$	0,93	0,14
2. Фон ( $P_{90}K_{90}$ )	$Y=0,71+0,041x$	0,87	0,18
3. $P_{50}K_{72} + N_{32}P_{40}K_{18}$ [ЖКУ(60%)+KTS(40%)]	$Y=0,72+0,058x$	0,95	0,12

В условиях подкормки растений KTS + ЖКУ можно ожидать существенное увеличение урожайности яровой пшеницы и улучшение качества её зерна.

Использование Тиосульфата аммония и Тиосульфата калия как комплексного серосодержащего удобрения может найти широкое применение в практике сельскохозяйственного производства с целью оптимизации серного режима питания растений, повышения продуктивности и улучшения качества растениеводческой продукции. Применение Тиосульфатов аммония и калия может быть экономически, экологически и агрономически высокоэффективным приемом в различных типах оросительных систем.

Исследования эффективности Тиосульфата аммония и Тиосульфата калия в полевых условиях на посевах ярового рапса, проведенные в 2019 г. в условиях Рязанской области выявили, что в вариантах с внесением KAC-32 + ATS, KAC-32 + KTS получен урожай семян рапса от 2,5 до 2,7 т/га, прибавка урожая составила от 9,1 до 22,7% (табл. 7).

Применение KAC-32 в сочетании с Тиосульфатами обусловило увеличение содержания серы, азота и калия как в почве, так и в растениях, что отразилось на формировании качества семян рапса (табл. 8).

Получено достоверное увеличение масличности и массы 1000 зерен.

Проведенный расчет экономической эффективности показал, что применение новых форм серосодержащих удобрений в сочетании с KACC-32 на посевах рапса эффективно. Полученная валовая прибыль превышает затраты на использование удобрений в 4-5 раз.

В полевых исследованиях с озимой пшеницей при химическом анализе зеленой массы культуры выявлено, что содержание азота в растениях по вариантам опыта составляло 1,82-2,42%, фосфора 0,22-0,29%, а также отмечена тенденция к повышению калия в варианте № 4 – 1,90% в пересчете на сухое вещество.

**7. Урожайность ярового рапса, т/га**

Вариант опыта	Урожайность	
	т/га	% к контролю
1. Фон	2,2	-
2. Фон + KAC-32 + ATS 80:20(N-28, S-5)	2,4	9,1
3. Фон + KAC-32 + ATS 80:20(N-28, S-5) 100 л/га + KAC-32 + ATS 40:60 (N-26, S-7,5) 50 л/га	2,5	13,6
4. Фон + KAC-32 + ATS 80:20 (N-28, S-5) 100 л/га + KAC-32 + ATS 40:60 (N-24, S-10) 50 л/га + KAC-32 + ATS 40:60 (N-24, S-10) 25 л/га	2,5	13,6
5. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га)	2,7	22,7
6. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га)	2,7	22,7
7. Фон + KTS (2-3 междоузлия) 10 л/га (раб. р-р 200-250 л/га)	2,5	13,6
HCP <sub>05</sub> , т/га	0,15	

**8. Качество зерна ярового рапса (2019 г.)**

Показатель	Варианты опыта						
	Контроль	2	3	4	5	6	7
Масличность семян, %	41,4	42,1	44,4	45,0	45,2	45,0	44,8
Влажность зерна на момент уборки, %	8,2	8,8	8,0	8,1	7,9	8,3	7,7
Масса 1000 зерен, г	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9	2,9	2,7

Результаты снопового и структурного анализов растений в 2021 г. показали положительное влияние подкормок на элементы структуры урожая (табл. 9). Изучаемые варианты с различными подкормками различаются по массе 1000 зерен, варьирование составляет в среднем от 36,9 г в контрольном варианте (№1) до 39,5 г. Применение подкормок увеличивало массу зерна с одного колоса в варианте №3, где применяли подкормки KAC-32 и KAC-32 ATS (80:20), до 1,69 г, в вариантах № 5 – 1,64 г, тогда, как на контроле, где была азотная подкормка только аммиачной селитрой: 1-я подкормка (кущение)  $N_{50}$ , 2-я подкормка –  $N_{30}$  (трубкование) – 1,27 г.

Действие подкормок на ростовые показатели начинается проявляться в ранние фазы развития: кущение – выход в трубку и прослеживается в течение всего вегетационного периода. Высота растений на контроле – подкормка только аммиачной селитрой – составила 84,7 см, длина колоса – 7,9 см. При использовании подкормок (вар. 2-9) длина колоса увеличилась на 0,3-1,3 см.

При внесении подкормок создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов (табл. 10).

Различия в степени разложения целлюлозы по вариантам не существенны. Степень разложения колеблется в пределах 17,1-34,2%. Наблюдается тенденция к усилению разложения льняного полотна в почве на фоне подкормок.



### 9. Структура урожая озимой пшеницы Московская 39 (2021 г.)

Вариант	Высота растений, см	Число на 1 м²		длина, см	Колос			Масса 1000 зерен, г
		растений	стеблей		число		масса зерна, г	
					колосков	зерен		
1. Фон: аммофос/сульфоаммофос/16-16-16 – 100/200 кг/га, азотные подкормки: 1-я подкормка (кущение) – аммиачная селитра (N <sub>50</sub> ) 2-я подкормка (трубкование) – аммиачная селитра (N <sub>30</sub> )	84,7	118	366	7,9	38,7	32,6	1,27	36,9
2. Фон + 1-я подкормка КАС-32 (кущение) 120 л/га; 2-я подкормка – КАС-32 (1:3 с водой) (трубкование) 75 л/га	92,2	146	454	9,1	45,5	34,8	1,42	38,9
3. Фон+ подкормка КАС-32: ATS [80:20 (N-28, S-5)] (кущение) 135 л/га + подкормка КАС-32: ATS [80:20(N-28, S-5)] (кущение) 85 л/га	92,5	146	419	8,9	44,8	43,8	1,69	37,1
4. Фон + подкормка КАС- 32 (кущение) 120 л/га +подкормка ATS + КАС- 32 [40:60(N-26, S-7,5)] (выход в трубку) 95 л/га	86,9	136	514	8,9	35,8	37,0	1,40	39,2
5. Фон + подкормка КАС- 32 (кущение) 120 л/га +подкормка ATS + КАС- 32(40:60) (трубка) 70 л/га (раб р-р 250-300 л/га) + подкормка ATS + КАС- 32(40:60) (колошение) 28 л/га	91,3	150	526	9,1	41,7	35,7	1,64	39,4
6. Фон + подкормка КАС- 32 (кущение) 120 л/га + подкормка КАС-32: ATS [80:20(N-28, S-5)] (кущение) 85 л/га	87,4	172	446	8,2	39,2	35,4	1,41	38,8
7. Фон + подкормка KTS (колошение) 10 л/га	93,8	192	539	8,3	39,3	38,0	1,52	39,5
8. Фон + подкормка KTS (трубка) 10 л/га	86,3	154	518	8,7	41,9	38,6	1,53	38,8
9. Фон + подкормка KTS (трубка) 10 л/га (раб р-р 200-250 л/га) + подкормка KTS (колошение) 5 л/га	86,4	140	490	8,3	36,9	38,7	1,39	37,6
НСР <sub>05</sub>	2,1	13,0	23,0	0,6	1,7	1,9	0,07	1,6

### 10. Интенсивность разложения льняного полотна и выделение диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в посевах озимой пшеницы

№ варианта	Разложение льняного полотна, % (22.05.2021 -1.06.2021)	Выделение диоксида углерода (CO <sub>2</sub> ), мг/(м <sup>2</sup> ·ч)	% к контролю
1	17,1	113,8	-
2	26,5	239,5	52,5
3	21,6	203,6	44,2
4	17,9	303,7	62,6
5	26,0	190,7	41,0
6	34,2	136,9	8,3
7	16,7	195,2	42,0
8	22,4	123,7	9,3
9	21,7	238,6	52,4

Выделение CO<sub>2</sub> из почвы служит показателем темпов разложения органического вещества. В исследованиях в вариантах с подкормками озимой пшеницы наибольшее количество CO<sub>2</sub> выделилось в варианте №4 – подкормка КАС – 32 + подкормка КАС + ATS ( 70:30) – 303,7 мг/(м<sup>2</sup>·ч), или +62,3%. Меньшей интенсивностью дыхания (CO<sub>2</sub>) – отмечены варианты № 6 и № 8, соответственно 8,3-9,3 мг/(м<sup>2</sup>·ч). Изучаемые в поле факторы способствовали получению высокого урожая озимой пшеницы (табл. 11).

### 11. Урожайность озимой пшеницы (14%-ная влажность) (2021 г.)

№ варианта	Урожайность зерна, ц/га	± к контролю	
		ц/га	%
1	29,4	-	-
2	34,7	5,3	+18,0
3	43,3	13,9	+47,3
4	37,6	8,2	+27,9
5	44,7	15,3	+52,0
6	35,8	6,4	+21,8
7	44,5	15,1	+51,4
8	38,2	8,8	+29,9
9	37,9	8,5	+28,9
НСР <sub>05</sub>	2,38		

Сравнительная оценка эффективности применения подкормок показала, что прибавка урожая зерна относительно фонового варианта достигала 15,3 ц/га. Учёт урожайных данных выявил разницу по вариантам опыта. Наименьшая урожайность получена в варианте № 2,

где проведена подкормка КАС – 32. Максимальная урожайность наблюдалась в вариантах № 5, № 7. Особенности изменения условий питания растений отразились на качестве зерна озимой пшеницы (табл. 12).

Натура зерна по вариантам колеблется. Количество клейковины в зерне так же изменялось. При подкормке КАС-32 (2-й вар.) показатель клейковины наибольший. Низким по содержанию клейковины оказался вариант №7 – с подкормкой KTS. Выявлена также разница по показателям ИДК, оценка качества сырой клейковины колеблется по вариантам от 45 до 75 усл. ед. и характеризуется как хорошая.

### 12. Натура и химический состав зерна озимой пшеницы (2021 г.)

№ варианта	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Содержание, %					
			клейковина	крахмал	ГОСТ 10846-91 ГОСТ 32444			
					белок	N	P	K
1	36,9	744,2	22,0	61,29	13,97	2,45	0,48	0,57
2	38,9	756,0	25,6	55,87	14,19	2,49	0,45	0,50
3	37,1	758,3	22,8	50,96	14,25	2,50	0,45	0,52
4	39,8	739,8	22,4	66,10	14,42	2,53	0,38	0,42
5	39,4	769,0	24,4	46,08	14,31	2,51	0,42	0,52
6	38,8	753,1	22,8	45,97	14,47	2,54	0,45	0,52
7	39,5	753,0	20,8	46,18	13,11	2,30	0,47	0,52
8	38,8	745,6	22,8	51,78	14,48	2,54	0,45	0,53
9	37,6	760,9	22,8	56,12	13,74	2,41	0,42	0,52

Среди изучаемых вариантов с подкормкой посева в различных дозах наиболее богатым по белку были варианты № 6 и 8. Содержание азота в зерне повышалось также в вариантах №4, № 6 и № 8 с использованием Тиосульфатов.

По результатам исследований различных подкормок озимой пшеницы, возделываемой на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве выявлено, что подкормки с использованием ATS и KTS оказали положительное влияние на урожайность озимой пшеницы, увеличив её.

Проведение полевых исследований на черноземе типичном в условиях Белгородской области с соей показало, что элементы структуры урожая различались по вариантам опыта. Наибольшая масса 1000 зерен отме-

цена во 2-м варианте: КАС-32 + АТС 80:20 (N-28, S-5) и составила 111,2 г. Наибольшая урожайность сои и лучшие показатели по содержанию белка в зерне отмечены в вар. № 3 (табл. 13).

**13. Урожайность и качество зерна сои**

Вариант	Урожай ность	Прибавка к контролю	Сырой проте- ин, %
	т/га		
НРК – фон	1,26	-	26,0
Фон + КАС- 32+ АТС 80:20 (N-28, S-5)	1,51	0,25	29,16
Фон + КАС- 32+АТС 40:60 (N-24, S-10)	1,63	0,37	33,25
Фон + подкормка KTS, 5 л/га	1,28	0,02	27,81
Фон + подкормка KTS, 10 л/га	1,41	0,15	28,19
НСР <sub>05</sub>	0,21		1,52

Таким образом, исследования по изучению эффективности тиосульфатов в посевах сои показали их высокую эффективность. Листовые обработки обеспечивали получение достоверных прибавок урожайности и способствовали улучшению качества зерна.

#### THE EFFECTIVENESS OF SULFUR-CONTAINING FERTILIZERS IN COMBINATION WITH CAS 32 IN THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF VARIOUS CROPS

T.V. Grebennikova<sup>1</sup>, N.I. Akanova<sup>2</sup>, M.M. Vizirskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО "EuroChem Trading Rus", Moscow, e-mail : tatyana.grebennikova@eurochem.ru, e-mail : mariya.vizirskaya@eurochem.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ "All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov", Moscow, e-mail: N\_Akanova@mail.ru

*It is shown that when developing a nutrition system for various agricultural crops, it is necessary to take into account the availability of sulfur in soils. The issues of the influence of sulfur-containing fertilizers ammonium thiosulfate (ALS) and potassium thiosulfate (KTS) on crop yields and the quality of their products are considered. The optimal ratio of CAS 32, ATS and KTS for obtaining a high crop yield has been revealed. the report is for your reference.*

*Keywords: fertility, sulfur, yield, sulfur-containing fertilizers, ammonium thiosulfate (ATS) and potassium thiosulfate (KTS).*

УДК 631: 526.32: 631.811: 581.19

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.10

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

**О.А. Ветрова, к.с.-х.н., М.А. Макаркина, д.с.-х.н., Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н.,**  
**ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»**  
**302530, Россия, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жулина, [vetrova@vniispk.ru](mailto:vetrova@vniispk.ru)**

*В 2017-2021 г. в ФГБНУ ВНИИСПК изучали влияние минеральных удобрений на химический состав плодов яблоны сорта Веняминское. Применяли возрастающие дозы почвенного и foliarного внесения азотных и калийных удобрений. Установлено, что применение удобрений не оказало достоверного воздействия на содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот и сахарокислотный индекс в плодах. Выявлено, что наиболее значимый фактор, влияющий на химический состав плодов – метеосостояние периода вегетации. Наименьшие значения сахарокислотного индекса отмечены в вариантах на фоне как почвенного внесения максимальных доз азотных и калийных удобрений (N<sub>90</sub>K<sub>120</sub>), так и максимальных доз N<sub>60</sub>K<sub>80</sub> и N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> почвенного внесения с некорневыми подкормками.*

*Ключевые слова: яблоня, минеральные удобрения, почвенное внесение удобрений, некорневые подкормки, химический состав плодов, растворимые сухие вещества, сумма сахаров, титруемая кислотность, сахарокислотный индекс.*

Для цитирования: Ветрова О.А., Макаркина М.А., Леонтьева Л.И. Влияние минерального питания на некоторые биохимические показатели качества плодов яблони// Плодородие. – 2023. – №2. – С. 43-47.

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.10.

Получение максимального урожая высокого качества сельскохозяйственных культур зависит от многочисленных факторов, один из которых правильно подобранная технология минерального питания. Эффективность применения удобрений обусловлена определенной научно обоснованной системой с учетом климати-

#### Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. – М., 2000. – 524 с.
2. Миккельсен Р., Нортон Р. Сера в почвах и серосодержащие удобрения// Питание растений. – 2014. – №3. – С. 1-9.
3. Лукин С.М., Жуйков Д.В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях//Земледелие. – 2019. - №2. - С. 10-12.
4. Шеуджен А.Х., Слюсарев В.Н., Бондарева Т.Н. Влияние длительного применения удобрений на содержание серы и трансформацию ее соединений на черноземе выщелоченном//Тр. Кубанского ГАУ. - 2015. - № 53. - С. 173-177.
5. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения//Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. - № 5. – С. 39-47.
6. Тишков Н. М., Дряхлов А.А., Слюсарев В.Н. Применение серосодержащих удобрений под масличные культуры на черноземах выщелоченных//Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. – 2014. – № 2. – С. 124-130.
7. Макаров Б.Н. К методике определения интенсивности выделения CO<sub>2</sub> из почвы//Почвоведение. – 1970.- №5. - С. 139 -143.
8. Аканов Э.Н. Процессы фотосинтетического и дыхательного газообмена при загрязнении почвы нефтепродуктами//Доклады РАСХН. – 1998. - №4. - С. 18-21.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Учеб. пособ. 5-ое изд., допол. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

ческих условий, почвенного состава, агротехнических приёмов, видовой и сортовой принадлежности растения, свойств удобрений и др. [2, 6, 15, 16].

Лидирующее место в производстве фруктов принадлежит яблоне, которую выращивают более чем в 80 странах мира, уступая лишь бананам, цитрусовым, кофе