

На правах рукописи

Захарова Дарья Александровна

**СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОЙ СЕРЫ В ПОЧВАХ УЛЬЯНОВСКОЙ
ОБЛАСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ
НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Усть–Кинельский – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

Научный руководитель **Куликова Алевтина Христофоровна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры «Почвоведение, агрохимия
и агроэкология» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Официальные оппоненты: **Новосёлов Сергей Иванович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры общего земледелия, растениеводства,
агрохимии и защиты растений ФГБОУ ВО
«Марийский государственный университет»

Шашкаров Леонид Геннадьевич
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры земледелия, растениеводства, селекции
и семеноводства ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА

Ведущая организация ФГБНУ «Ульяновский научно–исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «30» октября 2018 года в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и на сайте www.ssa.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2018 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Зудилин Сергей Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. О положительной роли серы в протекании физиологических процессов в растениях сельскохозяйственных культур свидетельствуют многочисленные исследования российских и зарубежных учёных, проводимых на протяжении более полувека (Anderson O., 1966; Слуцкая Л.Д., 1972; Слюсарев В.Н., 2005; Аристархов А.Н., 2007; Маслова И.Я., 2008; Новоселов С.И., Толмачев Н.И., Иванова А.В., 2015).

Яровая пшеница – одна из основных зерновых культур Среднего Поволжья. Её урожайность и качественные показатели продукции во многом зависят от плодородия почвы и применяемых удобрений. Сера, как элемент питания, важна для нормального течения обменных и продукционных процессов в растительных тканях растений пшеницы (Шеуджен А.Х. и др., 2014), и, в частности, при формировании белков клейковины (Нортон Р., Миккельсен Р., Дженсен Т., 2014).

Учитывая, что внесение больших доз удобрений связано с высокими материальными затратами, несомненный интерес представляет изучение эффективности применения серосодержащих удобрений в малых количествах при возделывании основных сельскохозяйственных культур, в том числе и для предпосевной обработки семенного материала.

Исследования являлись частью плана научной работы ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ (рег. № АААА–А16–116.041.110.183–9).

Степень разработанности проблемы. Вопросы применения серосодержащих удобрений при возделывания зерновых культур в разных почвенно-климатических условиях неоднократно рассматривались отечественными и иностранными исследователями (Archer M.V.I., 1974; Randall P.J., Spencer K., Freney J.R., 1981; Танделов Ю.П., Быстрова М.С., 2007; Самотоенко, А.С., 2011; Настина Ю.Р., Костин В.И., Настин А.А., 2016).

Однако в условиях черноземов лесостепной зоны Среднего Поволжья действие элементарной серы, сульфатов цинка, аммония и кальция в небольших дозах на урожайность и качественные свойства зерна яровой пшеницы мало изучено. Поэтому представляется актуальным совершенствование системы удобрения яровой пшеницы в природных условиях Ульяновской области и обоснованное применение элементарной серы и серосодержащих соединений.

Цель и задачи исследований. Цель исследований – изучить обеспеченность подвижной серой почв сельскохозяйственных угодий Ульяновской области и оценить эффективность элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения в технологии возделывания яровой пшеницы.

Основные задачи при этом следующие:

– провести анализ содержания подвижной серы в почвах земель сельскохозяйственного назначения на территории Ульяновской области по данным сплошного мониторинга сельскохозяйственных угодий;

– изучить влияние элементарной серы, сульфатов цинка, аммония, кальция и минерального удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного; урожайность и качественные показатели основной продукции яровой пшеницы;

– дать экологическую оценку изучаемым агрохимическим приемам;

– рассчитать баланс питательных элементов в черноземе выщелоченном при использовании в технологии возделывания культуры серосодержащих удобрений;

– определить экономическую и биоэнергетическую эффективность технологий возделывания яровой пшеницы с использованием для предпосевной обработки семенного материала элементарной серы, сульфатов цинка, аммония, кальция в чистом виде и на фоне минерального удобрения.

Научная новизна. Применительно к условиям Среднего Поволжья проведено изучение сравнительной эффективности предпосевной обработки семян элементарной серой, сульфатами цинка, аммония и кальция в технологии возделывания яровой пшеницы. Установлено, что серосодержащие соединения способствуют улучшению обеспеченности растений элементами питания. Использование их в чистом виде и в сочетании со средними дозами минерального удобрения (N40P40K40) положительно влияло на продуктивность и качественные показатели зерна яровой пшеницы. Рассчитан баланс азота, фосфора, калия и серы в черноземе выщелоченном при возделывании яровой пшеницы с использованием серосодержащих соединений и минерального удобрения. Проведена агрономическая, экологическая, экономическая и биоэнергетическая оценка технологий возделывания яровой пшеницы с применением в системе удобрения данных агрохимических средств.

Практическая значимость и реализация результатов исследования. Результаты исследования позволяют рекомендовать сельскохозяйственным товаропроизводителям в условиях лесостепи Среднего Поволжья использовать в системе удобрения яровой пшеницы элементарную серу и серосодержащие соединения (сульфаты цинка, аммония, кальция) для предпосевной обработки семенного материала как в чистом виде, так и на фоне N40P40K40, что будет способствовать повышению урожайности яровой пшеницы от 6 до 23 % и получению экологически безопасной продукции.

Результаты исследования прошли испытания в производственных условиях на площади 279 га, внедрены в ООО «Агростар» Ульяновского района и ИП КФХ Сафаров М.Ф. Радищевского района Ульяновской области, применяются в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ при изучении дисциплин: агрохимия, системы удобрения сельскохозяйственных культур.

Защищаемые положения:

– для всех видов сельскохозяйственных угодий Ульяновской области за период с 01.01.2005 г. по 01.01.2017 г. характерно увеличение доли почв с низким (менее 6 мг/кг) содержанием подвижной серы. Её концентрация определяется интенсивностью земледелия и удалённостью территории от крупных промышленных центров;

– элементарная сера и серосодержащие соединения (сульфаты цинка, аммония, кальция) способствуют улучшению питательного режима чернозема выщелоченного. При этом в течение всего вегетационного периода растений содержание элементов питания в черноземе выщелоченном поддерживалось выше контрольного варианта: минерального азота на 2–10 %, подвижного фосфора на 5–13 %, обменного калия на 5–7 %, подвижной серы на 7–21 % соответственно;

– опудривание семян элементарной серой, сульфатами цинка, аммония, кальция обеспечивает повышение урожайности яровой пшеницы на 6–13 % с улучшением качественных показателей зерна. Более высокая продуктивность формируется при их совместном использовании с минеральным удобрением (увеличение на 16–23%);

– предпосевная обработка семян яровой пшеницы элементарной серой, сульфатами цинка, аммония, кальция экологически безопасна, эффективна с экономической и биоэнергетической точек зрения.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в разработке программы исследования, постановке и проведении полевых и лабораторных экспериментов, обобщении и интерпретации полученного материала, подготовке результатов исследований к печати.

Достоверность результатов исследований подтверждается большим объемом экспериментального материала, современными методами исследований, соответствующими представленным в работе цели и задачам, обработкой информации и интерпретации полученных результатов в соответствии с требованиями статистического анализа, положительными результатами использования данных технологий возделывания яровой пшеницы в хозяйствах Ульяновской области.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VI Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2015), II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России по Приволжскому федеральному округу в номинации «Сельскохозяйственные науки» (Ижевск, 2015), конкурсе научно-технического творчества молодежи в рамках Молодежного инновационного форума (Ульяновск, 2015, 2016), Региональном конкурсе для молодых ученых «Science Slam» (Ульяновск, 2016), конкурсе научных работ студентов и аспирантов Международного института питания растений (2016). Автор

прошла научную стажировку в ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» в рамках гранта РФФИ № 15-34-51240 мол_нр (2015).

Публикации. По материалам исследования автором опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 138 страницах текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, предложений производству: содержит 29 таблиц, 16 приложений, иллюстрирована 8 рисунками. Список использованной литературы включает 207 источников, в том числе 20 зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю профессору Куликовой А.Х., доцентам Яшину Е.А., Карпову А.В., Захарову Н.Г., всему коллективу кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ, а также агроному-агрохимику ФГБУ «Станция агрохимической службы «Ульяновская»» Смывалову Владимиру Сергеевичу за проявленную поддержку и оказанную помощь на различных этапах выполнения исследования и написания диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Сера в системе «почва–растение». В главе приведен анализ исследований по изучению роли серы в питании сельскохозяйственных культур, источников ее поступления, форм элемента в почве и живых системах. Значительное внимание уделено эффективности применения серосодержащих удобрительных средств, их влиянию на свойства почв, валовой сбор и качественные показатели растениеводческой продукции.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований. Диссертационная работа выполнена на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2015–2017 гг.

Посевы яровой пшеницы сорта Маргарита размещались по схеме из 10 вариантов: 1. Без удобрений (контроль); 2. Элементарная сера; 3. $ZnSO_4$; 4. $(NH_4)_2SO_4$; 5. $CaSO_4$; 6. $N_{40}P_{40}K_{40}$ (фон, NPK); 7. NPK + S (элементарная сера); 8. NPK + $ZnSO_4$; 9. NPK + $(NH_4)_2SO_4$; 10. NPK + $CaSO_4$.

В качестве минерального удобрения вносили нитроаммофоску (17:17:17) в дозе 40 кг д.в./га по азоту, фосфору и калию. Элементарная сера и серосодержащие соединения применяли в дозе 1,5 кг/т семенного материала (для удерживания удобрений на поверхности семян использовали прилипатель – NaKMц).

Во все годы исследований предшественником яровой пшеницы являлась озимая пшеница, размещаемая по чистому пару. Посевная площадь делянок составляла 40 м² (4x10), учетная – 18 м² (1,8x10). Повторность

опыта – четырехкратная, деланки размещали рендомизированно. Уборку урожая осуществляли комбайном Tertron Sampo SR2010 в оптимальные агротехнические сроки.

Для защиты яровой пшеницы от комплекса вредителей применяли Каратэ Зеон, МКС. Технология возделывания яровой пшеницы основывалась на общепринятой в регионе.

Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Характеризуется следующими агрохимическими свойствами: высокая обеспеченность обменным калием, повышенная – подвижным фосфором (141 и 140 мг/кг соответственно) (по Чирикову), и средняя – подвижной серой (6,2 мг/кг). Малогумусированная (4,4 %). Реакция среды – слабокислая (pH_{KCl} 5,2–5,4 ед). Содержание цинка – низкое (0,9 мг/кг).

В годы исследований (2015–2017 гг.) метеорологические условия были различными как по температурному режиму, так и количеству осадков. В целом, по влиянию агрометеорологических явлений на развитие яровой пшеницы сравнительно благоприятным следует считать 2017 г.

Организацию полевых опытов и проведение наблюдений осуществляли по общепринятым методикам и ГОСТам. Лабораторные анализы провели в испытательной лаборатории «Ульяновская ГСХА (№ РОСС RU.0001.513748) и аккредитованной агрохимической лаборатории ФГБУ САС «Ульяновская» (№ RA.RU.510251) в соответствии с нормативными документами.

Для определения экономической эффективности рассчитали показатели: стоимость основной продукции (произведение цены реализации за 1 т на урожайность культуры); затраты на производство (сумма общих затрат по нормативным данным технологических карт); себестоимость (отношение производственных затрат к продуктивности); условный чистый доход (разница между стоимостью продукции и затратами на производство); рентабельность производства (отношение условного чистого дохода к затратам). В связи с колебанием цен на зерно пшеницы, стоимость рассчитывали исходя из цены 8 тыс. руб. за 1 т, как средней по региону в годы проведения исследований.

Биоэнергетическую оценку технологий возделывания яровой пшеницы выполняли по методике Е.И. Базарова и Е.В. Глинки (1983).

Статистическая обработка материалов исследований проводили по Б.А. Доспехову (2011) с использованием программы MS Excel 2007 и Statistica 6.1.

Глава 3. Содержание подвижных соединений серы в почвах Ульяновской области. Почвенный покров Ульяновской области представлен богатым разнообразием почв. В соответствии с данными комплексного мониторинга почвенного плодородия с 01.01.2005 по 01.01.2017 гг. на территории Ульяновской области наблюдается увеличение

доли земель сельскохозяйственного назначения с низкой обеспеченностью подвижной серой (менее 6 мг/кг). Она увеличилась на 12 % (рисунок 1, рисунок 2). По состоянию на начало 2017 года площадь таких почв составила 1295,3 тыс. га. При этом отмечается уменьшение на 4 % доли почв со средним содержанием подвижной серы (6,1–12,0 мг/кг), на 8 % – с высоким (более 12,0 мг/кг).

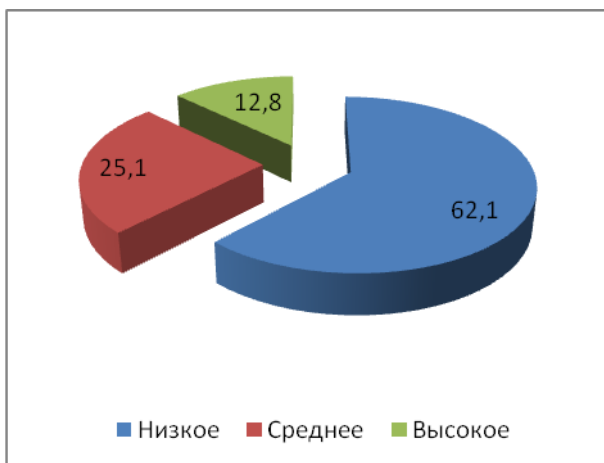


Рисунок 1 – Группировка почв по содержанию подвижной серы в землях сельскохозяйственного назначения на 01.01.2005 г.

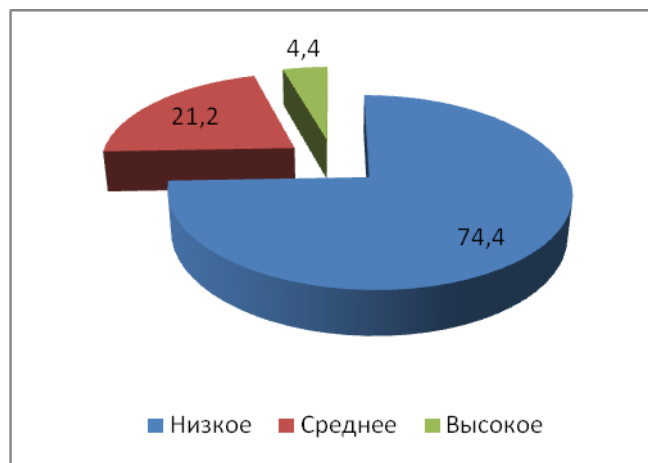


Рисунок 2 – Группировка почв по содержанию подвижной серы в землях сельскохозяйственного назначения на 01.01.2017 г.

С начала VIII цикла обследования (2005 год) до 2017 года средневзвешенное содержание серы в пахотных почвах региона снизилось с 5,62 мг/кг до 4,68 мг/кг, или на 0,94 мг/кг (17 %). Данное обстоятельство свидетельствует о низкой обеспеченности пашни региона подвижной серой. Следует отметить, что в отдельных муниципальных образованиях области (Новоспаский, Тереньгульский и Мелекесский районы) наблюдается среднее содержание доступной серы (6,04; 6,62 и 6,70 мг/кг соответственно). По-видимому, это связано с особенностями применяемых агротехнологий в хозяйствах районов, климатическими и почвенными условиями их территорий.

Таким образом, запасы доступной серы в землях сельскохозяйственного назначения на территории Ульяновской области уменьшаются. Вследствие естественных процессов выноса элемента растениями и вымывание его соединений из верхних слоев почвы формируется дефицит доступной серы. В связи с вышесказанным возникает необходимость изучения эффективности элементарной серы и серосодержащих соединений в системе удобрения яровой пшеницы.

Глава 4. Влияние элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения на свойства чернозема выщелоченного. В течение вегетации растений во все годы исследования под посевами яровой

пшеницы определялись агрохимические показатели почвы (содержание минерального азота, подвижных соединений фосфора, обменного калия, гумуса, обменная кислотность и доступная сера). Почвенные образцы отбирали в 3 срока.

На рисунке 3 приведена динамика содержания подвижной серы в пахотном слое чернозема выщелоченного.

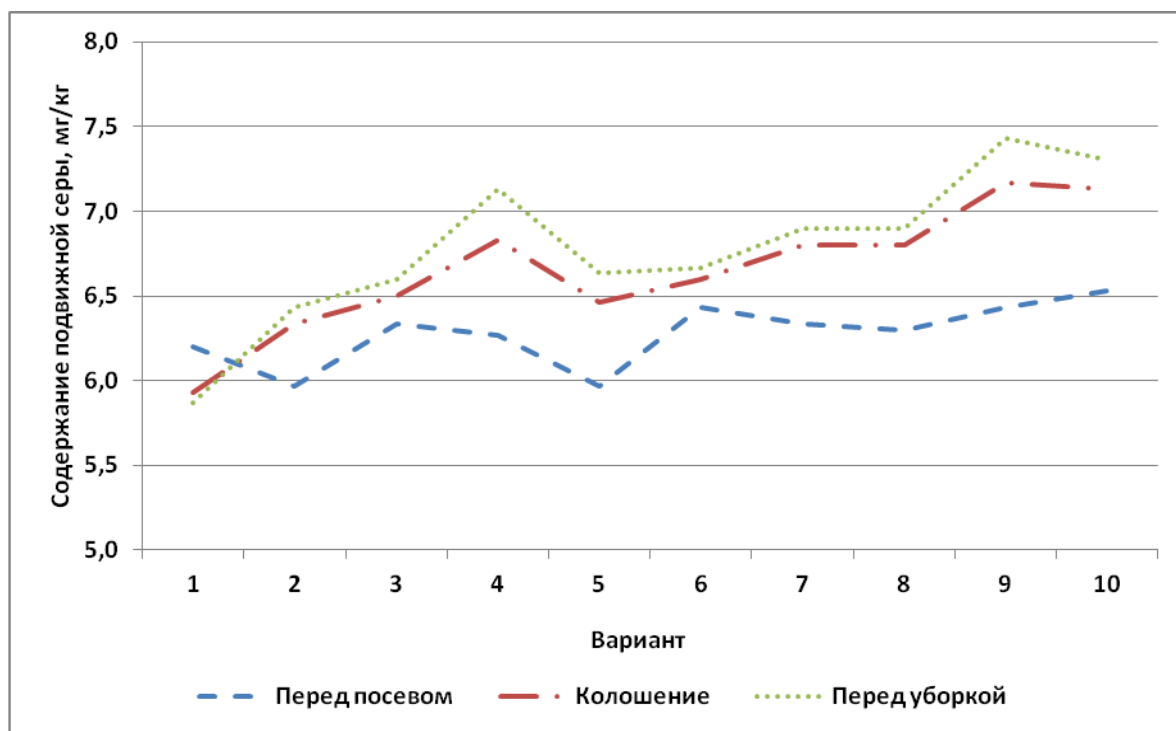


Рисунок 3 – Динамика содержания SO_4^{2-} в почве под посевами яровой пшеницы, мг/кг (2015–2017 гг.)

Исследования показали, что в период колошения растений яровой пшеницы под влиянием изучаемых факторов содержание подвижной серы в пахотном слое поддерживалось выше контрольного варианта на 7–21 %, перед уборкой – на 9–26 %. Более высокое накопление доступной серы под посевами отмечено при обработке посевного материала сульфатами аммония и кальция на удобренном фоне (в фазу колошения превышение контроля на 21%, перед уборкой – на 26 и 24 % соответственно). В среднем ко времени уборки культуры запасы подвижной серы в почве на данных вариантах равны 7,4 и 7,3 мг/кг соответственно.

В период колошения при использовании элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения содержание элементов в пахотном слое в среднем составило: минерального азота 18,8–20,8 мг/кг, подвижного фосфора 144–157 мг/кг, обменного калия 145–159 мг/кг. Перед уборкой яровой пшеницы в среднем концентрация питательных веществ изменялась: азота – от 14,7 до 16,6 мг/кг, фосфора – от 143 до 158 мг/кг, калия – от 145 до 159 мг/кг. Содержание гумуса и обменная кислотность существенных изменений не претерпевали.

Таким образом, при использовании элементарной серы и серосодержащих соединений (сульфатов цинка, аммония, кальция) наблюдали улучшение или поддержание на прежнем уровне агрохимических свойств чернозема выщелоченного, в том числе и содержания доступной серы.

Глава 5. Урожайность и качество продукции яровой пшеницы в зависимости от применения в технологии её возделывания элементарной серы, серосодержащих соединений

5.1. Урожайность. Использование агрохимических средств является одним из важнейших направлений интенсификации земледелия, снижения уровня зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от неблагоприятных климатических условий, повышения качественных показателей растениеводческой продукции. Использование серосодержащих удобрений в технологии возделывания яровой пшеницы способствовало повышению её продуктивности (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от применения в технологии её возделывания элементарной серы, сульфатов цинка, аммония, кальция и минерального удобрения

Вариант	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015-2017 гг.	т/га	%
1. Без удобрений (контроль)	2,06	1,77	3,52	2,45	0	0
2. S	2,29	1,81	3,68	2,59	0,14	6
3. ZnSO ₄	2,44	1,85	3,72	2,67	0,22	9
4. (NH ₄) ₂ SO ₄	2,50	1,96	3,85	2,77	0,32	13
5. CaSO ₄	2,34	1,95	3,75	2,68	0,23	9
6. N₄₀P₄₀K₄₀ (фон, NPK)	2,36	2,08	3,84	2,76	0,31	13
7. NPK + S	2,38	2,14	3,96	2,83	0,38	16
8. NPK + ZnSO ₄	2,55	2,17	4,07	2,93	0,48	20
9. NPK + (NH ₄) ₂ SO ₄	2,58	2,30	4,18	3,02	0,57	23
10. NPK + CaSO ₄	2,46	2,26	4,03	2,92	0,47	19
НСР ₀₅	Фактор А	0,12	0,09	0,13		
	Фактор В	0,07	0,05	0,08		

При использовании элементарной серы в чистом виде прибавка урожайности составила 0,14 т/га (6 %), на варианте с внесением минерального удобрения – 0,38 т/га (16 %). Опудривание семян яровой пшеницы сульфатами цинка, кальция увеличивало продуктивность культуры на 0,22–0,23 т/га (9 %) при отдельном применении и на 0,47–0,48 т/га

(19–20 %) на фоне NPK. При обработке посевного материала сульфатом аммония урожайность яровой пшеницы повысилась на 0,32 т/га (13 %), при совместном использовании с минеральным удобрением на 0,57 т/га (23 %) до 3,02 т/га (контроль 2,45 т/га).

На продуктивность культуры оказало воздействие содержание доступной серы в почве под посевами, о чем свидетельствует корреляционная связь между показателями (рисунок 4).

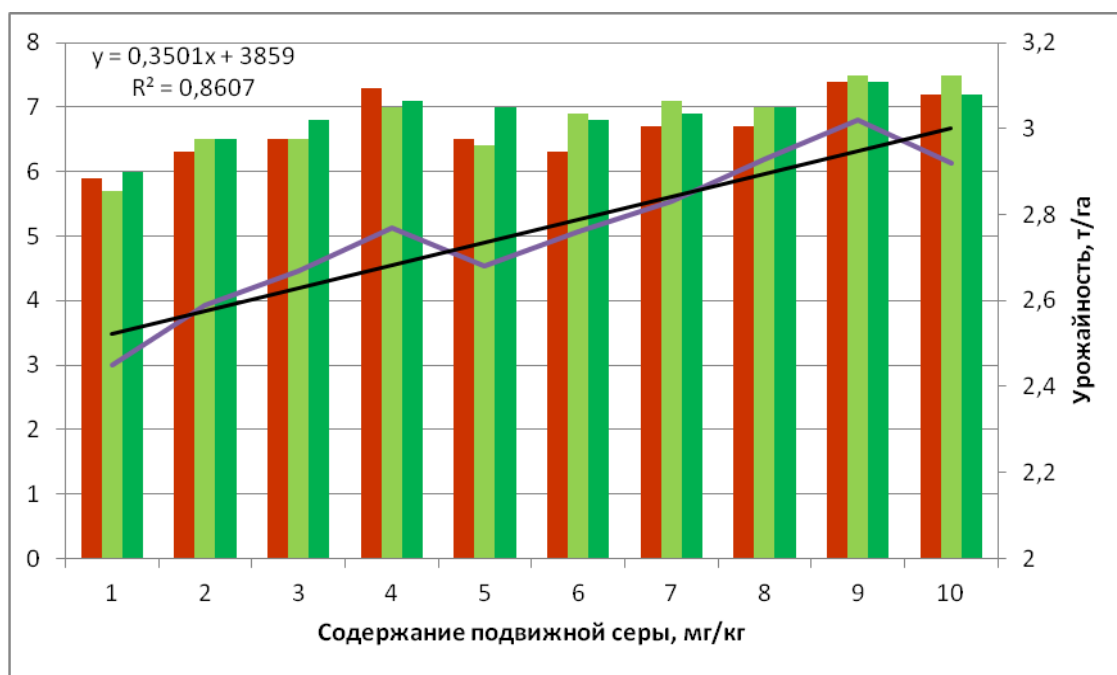


Рисунок 4 – Зависимость урожайности яровой пшеницы (у) от содержания подвижной серы в почве (х)

5.2. Содержание и вынос основных макроэлементов и серы.

Использование элементарной серы, серосодержащих соединений способствовало увеличению выноса азота, фосфора, калия и серы яровой пшеницей. Вынос азота растениями повысился по сравнению с контролем на 6,0–16,7 (10–29 %) кг/га, фосфора – 2,9–5,7 кг/га (15–30 %), калия – 2,9–8,2 кг/га (10–30 %), серы – 1,7–3,2 кг/га (46–86 %). На вариантах с внесением минерального удобрения элементы питания усваивались более интенсивно. Наиболее высокое потребление питательных веществ отмечено при обработке посевного материала сульфатом аммония на фоне внесения минерального удобрения.

Важным аспектом разработки системы удобрения является оценка качественных показателей растениеводческой продукции. По содержанию белка и массовой доли сырой клейковины выращенное зерно соответствовало нормам второго и третьего товарного классов.

При использовании элементарной серы и серосодержащих соединений в чистом виде концентрация белка в зерне пшеницы изменялась от 12,2 до 13,1 % (3 класс), на удобренном фоне – 13,4–14,2 %; на варианте

с элементарной серой – 13,4 % (3 класс), с сульфатами – 13,9–14,2 % (2 класс) (контроль – 11,9 %, 4 класс).

В зависимости от действия изучаемых факторов массовая доля сырой клейковины колебалась от 24,2 до 29,7 % (рисунок 5).

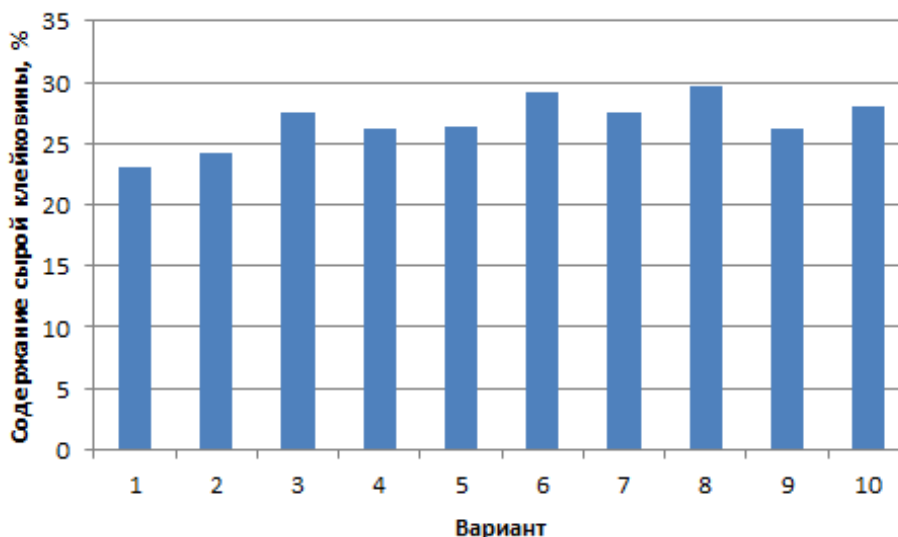


Рисунок 5 – Влияние серосодержащих соединений на содержание клейковины зерна яровой пшеницы (2015–2016 гг.)

При обработке посевного материала сульфатами цинка или кальция и при внесении минерального удобрения зерно соответствовало требованиям 2 класса (29,7; 28,0 и 29,1 % соответственно), на оставшихся вариантах – 3 класса (24,2–27,6 %).

5.3. Экологическая оценка продукции. При использовании удобрительных средств необходим контроль над поступлением в растениеводческую продукцию токсикантов, в том числе и тяжелых металлов (ТМ). На всех опытных вариантах концентрация ТМ в товарной продукции не превышала ПДК. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы элементарной серой способствовала уменьшению содержания цинка в зерне относительно контроля на 2 %, меди – 3 %; сульфатами – на 3–5 % и 3–6 % соответственно. Применение элементарной серы повышало содержание свинца в зерне яровой пшеницы на 18 %, использование сульфатов – на 6–12 %, что, возможно, связано с некоторым подкислением ризосферы. Концентрация никеля и кадмия на варианте с элементарной серой не превышала контрольного значения. В свою очередь применение сульфатов снижало их содержание на 17 % и 14 % соответственно. Аналогичную закономерность наблюдали и на вариантах с применением элементарной серы и серосодержащих соединений на удобренном фоне.

Глава 6. Баланс элементов питания в черноземе выщелоченном при использовании в технологии возделывания яровой пшеницы элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения. В основе эффективного применения минеральных удобрений лежит не только результат их влияния на величину и качество урожая, плодородие почв. При интенсивном поступлении питательных веществ в почву важно располагать достоверной информацией о круговороте и балансе биофильных элементов в системе «почва–растение–удобрение». Расчеты показали, что при использовании серосодержащих соединений в чистом виде сложился напряженный баланс азота, фосфора, калия и серы в связи с большим потреблением питательных веществ и возросшей биомассой яровой пшеницы.

Совместное использование серосодержащих соединений с минеральным удобрением способствовало возмещению затрат элементов питания: по азоту – до 52–58 %, фосфору – на 131–146 %, калию – 83–93 %, сере – 40–45 % (таблица 2).

Таблица 2 – Интенсивность баланса питательных элементов в почве, % (2015–2016 гг.)

Вариант	Интенсивность баланса			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1. Без удобрений (контроль)	21	0	0	46
2. S	19	0	0	49
3. ZnSO ₄	17	0	0	42
4. (NH ₄) ₂ SO ₄	17	0	0	42
5. CaSO ₄	18	0	0	43
6. N₄₀P₄₀K₄₀ (фон, NPK)	58	154	98	42
7. NPK + S	58	143	93	45
8. NPK + ZnSO ₄	53	138	83	40
9. NPK + (NH ₄) ₂ SO ₄	52	131	86	40
10. NPK + CaSO ₄	54	146	90	41

Наиболее высокое поглощение элементов питания отмечено при обработке посевного материала сульфатом аммония отдельно и на фоне NPK.

Глава 7. Экономическая и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания яровой пшеницы с применением элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения. Применение удобрения – один из основных факторов интенсификации производства. В условиях рыночных отношений экономическая эффективность использования агрохимических средств является значимой категорией.

Уровень рентабельности применения в системе удобрения яровой пшеницы серосодержащих удобрений составил от 85 до 104 %, на минеральном фоне – не превышал 37 % (рисунок 6).

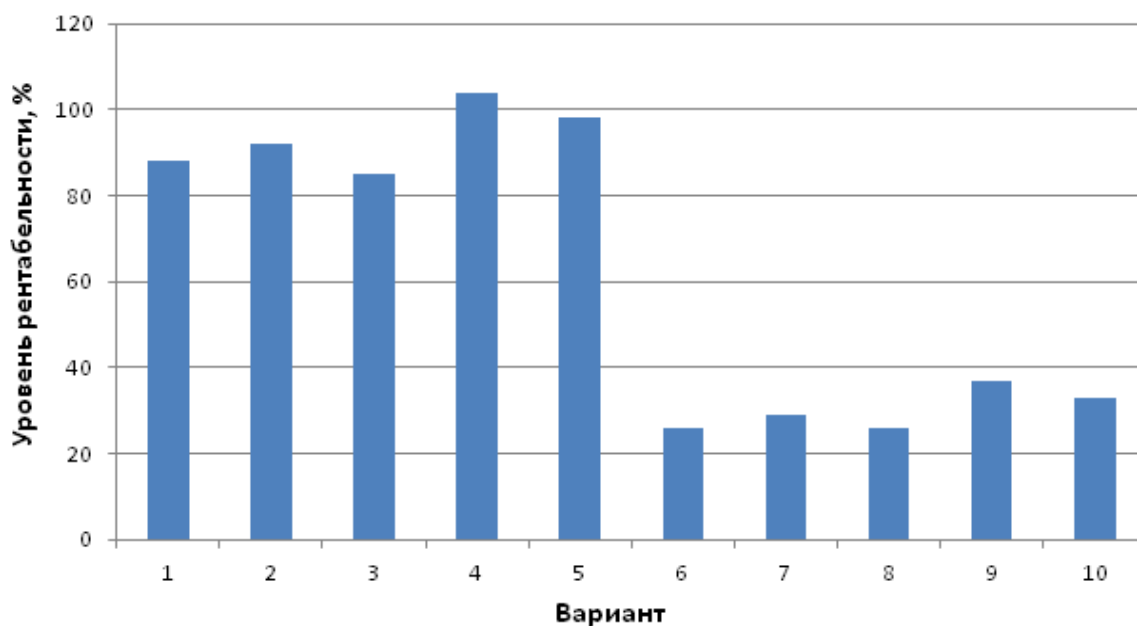


Рисунок 6 – Уровень рентабельности производства яровой пшеницы при использовании в технологии её возделывания элементарной серы, серосодержащих соединений и минерального удобрения (на 1 га посева)

Технология с обработкой семян сульфатом аммония и сульфатом кальция оказалась наиболее энергетически эффективной. Биоэнергетический коэффициент равен 2,64 и 2,57 ед. соответственно. При внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ с точки зрения управления энергетическими потоками вариант с опудриванием посевного материала сульфатом аммония более выгодный. Биоэнергетический коэффициент составил 2,21.

В структуре затрат энергии наибольший удельный вес занимает топливо – 28,6–32,1 %, минеральные удобрения – 20,0 % и семена – 29,0–34,2 %. Затраты на использование элементарной серы, серосодержащих соединений не превышают 0,3 % от совокупных энергозатрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С 01.01.2005 по 01.01.2017 г. на территории Ульяновской области увеличилась доля почв с низким содержанием подвижной серы: в структуре пашни и пастбищ в 1,2 раза, залежи – 1,3 раза, сенокосов – 1,5 раза, многолетних насаждений – 1,9 раз, в целом по сельскохозяйственным угодьям – 1,2 раза. В связи с этим, сельскохозяйственным товаропроизводителям области в районах с низким содержанием в почвах подвижной серы необходимо предусмотреть

применение серосодержащих удобрений.

2. Применение элементарной серы и серосодержащих соединений (сульфатов цинка, аммония, кальция) способствовало улучшению или поддержанию на прежнем уровне агрохимических показателей почвы. Несмотря на интенсивное потребление элементов питания растениями яровой пшеницы на протяжении всего вегетационного периода при использовании серосодержащих соединений (в большей степени на удобренном фоне) содержание элементов в пахотном слое поддерживалось на уровне: минерального азота >14,7 мг/кг, подвижного фосфора >143 мг/кг, обменного калия >145 мг/кг, подвижной серы >6,4 мг/кг. Содержание гумуса и обменная кислотность существенных изменений не претерпевали.

3. Использование серосодержащих соединений в технологии возделывания яровой пшеницы способствовало повышению её продуктивности. При использовании элементарной серы в чистом виде прибавка урожайности зерна составила 0,14 т/га (6 %), в случае сочетания с минеральным удобрением – 0,38 (16 %).

Опудривание семян яровой пшеницы сульфатами цинка, кальция увеличивало продуктивность культуры на 0,22–0,23 т/га (9 %) при отдельном применении и на 0,47–0,48 т/га (19–20 %) на фоне $N_{40}P_{40}K_{40}$. Обработка семенного материала сульфатом аммония обеспечила повышение урожайности зерна на 0,32 т/га (13 %). Более высокую продуктивность наблюдали на варианте при использовании его на фоне минерального удобрения, которая составила 3,02 т/га (контроль 2,45 т/га).

5. Применение серосодержащих соединений способствовало увеличению выноса азота, фосфора, калия и серы основной и побочной продукцией яровой пшеницей. На фоне минерального удобрения вынос азота растениями увеличился в сравнении с контролем на 6,0–16,7 (10–29 %) кг/га, фосфора – 2,9–5,7 кг/га (15–30%), калия – 2,9–8,2 кг/га (10–30 %), серы – 1,7–3,2 кг/га (46–86 %). Более высокое потребление элементов питания отмечали при обработке посевного материала сульфатом аммония и внесении минерального удобрения.

6. При использовании серосодержащих соединений в чистом виде сложился напряженный баланс азота, фосфора, калия и серы в связи с большей урожайностью яровой пшеницы: по азоту от – 70,8 до – 60,3 кг/га, фосфору от – 24,5 до – 21,7 кг/га, калию от –37,9 до – 32,7 кг/га, сере от –15,6 до –13,0 кг/га. Совместное использование серосодержащих соединений с минеральным удобрением способствовало возмещению затрат элементов питания: по азоту на 52–58 %, фосфору –131–154 %, калию – 83–98 %, сере – 40–45 %. Наиболее высокое потребление элементов питания отмечали при обработке посевного материала сульфатом аммония с совместным внесением минерального удобрения.

7. Серосодержащие соединения позволили увеличить содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы. При использовании элементарной серы, сульфатов цинка, аммония, кальция в чистом виде они составили

12,2–13,1 % и 24,2–27,6 %, на удобренном фоне – 13,4–14,2 % и 26,2–29,7 % соответственно, на контроле – 11,9 % и 23,0 %.

8. При использовании элементарной серы и серосодержащих соединений в технологии возделывания яровой пшеницы содержание тяжелых металлов в зерне не превышало ПДК. При этом по цинку оно было ниже контроля на 0,6–1,6 мг/кг (2–5 %), меди – 0,1–0,2 мг/кг (3–5 %), по свинцу наблюдали превышение на 0,02–0,06 мг/кг (5–17 %). Накопление кадмия и никеля в зерне находилось на уровне контроля. Аналогичную закономерность наблюдали при совместном применении серосодержащих соединений с минеральным удобрением.

9. В технологии возделывания яровой пшеницы наиболее экономически эффективна предпосевная обработка семян сульфатом аммония в дозе 1,5 кг/т. Данный агроприем обеспечил получение прибыли 11,3 тыс. руб./га (при реализационной стоимости зерна не ниже 8 тыс. руб./т) с уровнем рентабельности 104 %. Использование серосодержащих соединений совместно с внесением минеральных удобрений менее эффективно, однако дополнительное применение последних способствует поддержанию эффективного плодородия почвы на более высоком уровне.

10. Наиболее энергетически эффективными являлись технологии возделывания яровой пшеницы с проведением предпосевной обработки семян сульфатом аммония или сульфатом кальция (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,64 и 2,57 соответственно). В структуре затрат энергии наибольший удельный вес занимали топливо – 28,6–32,1 %, минеральные удобрения – 20,0 % и семена – 29,0–34,2 %. Затраты на сельскохозяйственные машины и оборудование составили от 12 до 16 %. Трудовые ресурсы и электроэнергия находились на уровне 3–4 % от общих затрат энергии на возделывание культуры. Доля затрат при использовании серосодержащих соединений не превышало 0,3 % от совокупности энергетических затрат.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для оптимизации минерального питания яровой пшеницы и более полной оценки актуального плодородия почвы необходим постоянный мониторинг содержания доступных форм не только азота, фосфора, калия, но и серы.

2. При возделывании яровой пшеницы на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи Поволжья с содержанием подвижной серы менее 7 мг/кг в целях повышения урожайности, содержания белка и клейковины в зерне рекомендуется проведение предпосевной обработки семян сульфатами цинка или аммония в дозе 1,5 кг/т.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований

1. **Захарова, Д.А.** Экономическая и биоэнергетическая оценка применения серосодержащих удобрений при возделывании яровой пшеницы / Д.А. Захарова, Е.А. Яшин, А.В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1 (41). – С. 26-31.
2. Черкасов, Е.А. Содержание подвижной серы в почвах сельскохозяйственных угодий Ульяновской области / Е.А. Черкасов, Д.А. Лобачев, Д.А. **Захарова** // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018.– № 1 (41). – С.54-59.
3. **Захарова, Д.А.** Влияние обработки семян серосодержащими удобрениями на продуктивность и качественные показатели зерна яровой пшеницы / Д.А. Захарова, А.Х. Куликова, А.В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (42). – С.54-60.

Статьи в других изданиях

4. Смывалов, В.С. Влияние минеральных удобрений и серосодержащих соединений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / В.С. Смывалов, Д.А. **Захарова** // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения Материалы VI Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 24-26.
5. **Захарова, Д.А.** Влияние предпосевной обработки семян серосодержащими соединениями на качество продукции яровой пшеницы / **Захарова Д.А.**, Смывалов В.С. //В сборнике: Молодежный инновационный форум Сборник аннотаций проектов. – 2016. – С. 501-503.
6. **Захарова Д.А.** Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество продукции яровой пшеницы / Д.А. **Захарова** // В сборнике: Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. – 2017. – С. 186-190.
7. **Захарова Д.А.** Эффективность применения серосодержащих удобрений в технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / Д.А. Захарова // Актуальные проблемы и механизмы развития АПК: труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: 2018. – С. 3-7.

Отпечатано в типографии
Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина
Подписано в печать 24.08.2018 Формат 60x841/16
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.печ.л. 1,0 Заказ_____. Тираж 100 экз.
432980, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец,1