

На правах рукописи

ФУРСОВА АЛЕКСАНДРА ЮРЬЕВНА

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ
ПШЕНИЦЫ**

06.01.04 - агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2015

Работа выполнена на кафедре агрохимии и физиологии растений
ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» в
2011-2015 гг.

Научный руководитель: **Есаулко Александр Николаевич**,
профессор кафедры агрохимии и физиологии
растений федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
Ставропольского государственного аграрного
университета, доктор сельскохозяйственных
наук, профессор, заслуженный работник
сельского хозяйства Российской Федерации

Официальные оппоненты: **Дзанагов Созырко Хасанбекович**,
заведующий кафедрой агрохимии и
почвоведения федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
Горского государственного аграрного
университета, доктор сельскохозяйственных
наук, профессор

Осипов Михаил Алексеевич,
доцент кафедры агрохимии
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования Кубанского
государственного аграрного университета
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ведущая организация: **Федеральное государственное научное
учреждение «Ставропольский научно-
исследовательский институт сельского
хозяйства» ФАНО России**

Защита состоится «4» февраля 2016 г. в 13.00 часов на заседании
диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский
государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь,
пер. Зоотехнический, 12, аудитория № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО
«Ставропольский государственный аграрный университет», с авторефератом
– на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии
<http://vak.ed.gov.ru> и на официальном сайте университета: www.stgau.ru.

Автореферат разослан «_____» декабря 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук, доцент

Шутко Анна Петровна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Ставропольский край сохраняет позиции одного из крупнейших в России зернопроизводящих регионов и поставщика высококачественного зерна. Однако получение высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции зерна озимой пшеницы, сохранение и повышение плодородия почв, улучшения экономических показателей в хозяйствах невозможно без применения рационально составленной системы удобрения. Она предполагает снижение доз удобрений, увеличение почвенных запасов элементов питания. Современные системы удобрения должны основываться на биологизации земледелия в сочетании с рациональным применением минеральных и органических удобрений, применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям с учетом требований экологии и адаптивного земледелия. Различные способы и приёмы обработки почвы влияют на ее структурное состояние, строение пахотного слоя, водно-воздушный, пищевой и тепловой режимы, тем самым оказывают влияние на условия роста растений, что сказывается на их урожайности.

Цель и задачи исследований. Основная цель исследований заключалась в определении влияния систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на пищевой режим чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы. В задачи исследований входило:

- изучить влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику агрохимических показателей 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в течение роста и развития озимой пшеницы;
- установить влияние изучаемых приёмов на развитие и химический состав растений озимой пшеницы;
- определить действие изучаемых в опыте приёмов на урожайность и качественные характеристики зерна озимой пшеницы;
- выявить условия, способствующие получению максимальной экономической эффективности применения систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы при выращивании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном.

Научная новизна. Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено совместное влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, способов и приёмов обработки почвы на агрохимические показатели почвенного плодородия и продуктивность озимой пшеницы, выращиваемой после предшественника горох.

Основные положения, выносимые на защиту:

- системы удобрения, способы и приёмы обработки почвы положительно влияют на содержание в 0–20 см слое чернозема

выщелоченного минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в течение вегетации озимой пшеницы, но не изменяют динамику их направленности;

- применение систем удобрения повышает результативность продукционного процесса и стабилизирует урожайность озимой пшеницы;
- экономическая эффективность изучаемых систем удобрения обусловлена принципами их построения.

Практическая значимость. На основании проведенных исследований получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать расчетно-балансовый метод определения норм удобрений для построения расчетной системы удобрения, позволивший получить максимальную урожайность озимой пшеницы (6,01 т/га) после предшественника горох на черноземе выщелоченном. Установлено оптимальное сочетание систем удобрения озимой пшеницы после предшественника горох со способами и приёмами размещения туков в 0–20 см слое почвы.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на международных (Ставрополь, 2015) и краевых научно-практических конференциях (Ставрополь, 2012, 2013). По материалам диссертации опубликованы 6 работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 161 странице машинописного текста, включает 18 таблиц, 2 рисунка, 15 приложений. Список использованной литературы включает 141 источник, из них 23 – зарубежных авторов.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Исследования были проведены в 2010–2014 гг. в экспериментальном севообороте стационара, расположенного на опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Стационар представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации. Он был заложен сотрудниками кафедры агрохимии и земледелия Ставропольского государственного аграрного университета в 1976 году.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, мощный, малогумусный, тяжелосуглинистый. Характеризуется средними значениями показателей содержания гумуса (5,2-5,9%), подвижного

фосфора (22-28 мг/кг), обменного калия (240-290 мг/кг) и нитрификационной способности (16-30 мг/кг). Реакция почвенного раствора нейтральная – 6,1–6,7 ед.

Согласно схеме агроклиматического районирования, землепользование учебно-опытного хозяйства СтГАУ по условиям влагообеспеченности относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество осадков – 623 мм, при этом в теплый период выпадает 471 мм, а в холодный – 192 мм. Максимум приходится на июнь (192 мм), минимум – на февраль (28 мм). В летние месяцы они нередко выпадают в виде ливней, не успев впитаться в почву, стекают в понижения. ГТК колеблется в пределах 1,1–1,3. Сумма активных температур составляет 2800–3200 °С.

Наиболее благоприятные агрометеорологические условия сложились в 2013-2014 сельскохозяйственном году, за счет оптимального распределения тепла и осадков во время вегетации культуры, сумма осадков и среднегодовая температура превысили среднемноголетние значения на 13% и 1°С соответственно.

Для роста и развития озимой пшеницы погодные условия 2011-2012 с.-х. года можно охарактеризовать как неудовлетворительные, что связано с неравномерным распределением осадков весной и летом, общее количество осадков и температура воздуха отличалась от среднемноголетней нормы на 27% и 11°С соответственно.

Агрометеорологические условия в 2010-2011 и 2012-2013 с.-х. гг. благоприятствовали хорошему развитию растений озимой пшеницы и создавали предпосылки для получения характерной для зоны урожайности культуры.

В опыте изучался районированный сорт озимой пшеницы Зустріч. Предшественник – горох. Применялись удобрения: аммофос, нитроаммофоска, аммиачная селитра, калий хлористый.

Опыт двухфакторный, 3×4. Размещение вариантов рендомизированное по методу расщепленных делянок, повторность опыта 3-кратная, ширина делянки – 7,5 м, длина – 15 м. Общая площадь делянки 108 м², а учетная – 50 м².

Фактор А – способы и приёмы обработки почвы.

Варианты с изучаемыми, согласно схеме опыта, системами удобрения накладывались на варианты с различными способами и приёмами основной обработки почвы:

1 – отвальный способ (ПЛН 5-35), 20–22 см;

2 – комбинированный способ (АКП-6), 20–22 см;

3 – поверхностная обработка (БДМ 4×4) 10–12 см.

Фактор Б – система удобрения (таблица 1).

**Таблица 1 – Система удобрения озимой пшеницы после предшественника
горох, кг/га д. в.**

Насыщенность севооборота удобрениями НРК, кг/га + навоз т/га	Внесено непосредственно под культуру	Способы внесения удобрения		
		Основное	Припосевное	Подкормка
Контроль	–	–	–	–
Рекомендованная	N ₇₀ P ₄₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₁₀ P ₁₀	N ₃₀
Биологизированная	Солома 2,4 т/га + N ₆₀ P ₁₀	Солома 2,4 т/га + N ₂₀	N ₁₀ P ₁₀	N ₃₀
Расчетная	N ₁₂₀ P ₇₅ K ₂₄	N ₆₀ P ₆₅ K ₂₄	N ₁₀ P ₁₀	N ₅₀

В период исследований проведены учеты, наблюдения и анализы.

– в почвенных образцах определяли: рН водной суспензии, ГОСТ 26423–85; нитратный азот ионометрическим методом с помощью ионоселективного электрода, ГОСТ 26951–86; аммиачный азот – колориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489 – 91; подвижный фосфор и обменный калий по Мачигину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205 – 91; подвижную серу по методике ЦИНАО, ГОСТ 26490–85.

– в растительных образцах определяли: накопление сухой биомассы, структуру урожая по методике Г. С. И. (1983); содержание в растениях азота, фосфора и калия в одной навеске по Б. А. Ягодину (1987); серу в растениях весовым методом по В. Г. Минееву (2001); урожайность озимой пшеницы методом механизированной уборки по методике Г. С. И. (1983); качество зерна озимой пшеницы: белок по ГОСТ 10846–91; массовую долю клейковины – по ГОСТ 13586.1; стекловидность – по ГОСТ – 10987; массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89; статистическую обработку экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами (Б. А. Доспехов, 1985); экономическую эффективность применения систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы.

3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ДИНАМИКУ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

3.1. Динамика продуктивной влаги

Максимальный запас продуктивной влаги 25,5 мм был отмечен на

вариантах с применением отвального способа обработки почвы на глубину 20–22 см, что незначительно выше комбинированного способа и поверхностного приёма обработки почвы – на 1,2 и 2,1 мм соответственно.

Системы удобрения существенно понизили запас продуктивной влаги на 1,1–1,8 мм в сравнении с контрольным вариантом. Самые высокие показатели запаса продуктивной влаги были отмечены на вариантах с применением биологизированной системы удобрения – 24,4 мм, что ниже контроля на 1,1 мм, но выше рекомендованной и расчетной систем удобрения на 0,3 и 0,7 мм (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 2,1	В, НСР ₉₅ = 0,3
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	27,2	28,2	28,9	25,1	21,1	25,5	25,5
	Рекомендованная	25,9	26,9	27,9	24,9	20,7		24,1
	Биологизированная	26,1	27,1	28,2	25,1	20,9		24,4
	Расчетная	25,8	26,8	27,3	24,3	20,6		23,7
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	26,3	27,4	28,6	24,2	20,5	24,3	
	Рекомендованная	24,1	25,5	27,5	23,1	19,6		
	Биологизированная	24,2	26,2	27,8	23,5	19,8		
	Расчетная	24,1	25,2	26,4	23,2	19,5		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	25,2	26,5	29,5	23,1	20,8	23,4	
	Рекомендованная	21,5	24,6	27,9	22,5	18,3		
	Биологизированная	22,0	25,4	28,3	22,9	18,5		
	Расчетная	22,1	24,3	25,3	21,9	18,1		
С, НСР ₉₅ = 1,2		24,5	26,2	27,8	23,7	19,9		НСР ₉₅ = 3,5

В фазу кущения и выхода в трубку запас продуктивной влаги был

выше предпосевного периода на 1,7 и 3,3 мм соответственно. Затем происходило снижение влагозапаса к фазе полной спелости.

3.2. Реакция почвенного раствора

На вариантах опыта с применением отвального способа обработки почвы рН почвенного раствора составила 6,01 ед., что выше, чем на вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы и поверхностного приёма обработки почвы на 0,03–0,05 ед.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения способствовали существенному подкислению почвенного раствора, разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,12–0,18 ед. рН почвы на вариантах с применением биологизированной системы удобрения составило 6,14 ед., разница по сравнению с контролем – 0,11 ед. (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 0,07	В, НСР ₉₅ = 0,06
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	6,15	6,05	6,03	5,95	6,13	6,01	6,03
	Рекомендованная	6,10	5,99	5,90	5,81	5,95		5,91
	Биологизированная	6,15	6,14	6,11	6,02	6,14		6,14
	Расчетная	6,07	5,99	5,87	5,71	5,90		5,85
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	6,10	6,05	5,95	5,91	6,09	5,98	
	Рекомендованная	6,07	5,95	5,85	5,78	5,90		
	Биологизированная	6,17	6,16	6,11	6,09	6,15		
	Расчетная	6,05	5,89	5,79	5,70	5,89		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	6,15	6,06	5,85	5,84	6,13	5,96	
	Рекомендованная	6,06	5,93	5,81	5,75	5,88		
	Биологизированная	6,25	6,23	6,15	6,02	6,23		
	Расчетная	6,01	5,85	5,75	5,66	5,68		
С, НСР ₉₅ = 0,08		6,11	6,02	5,93	5,85	6,01		НСР ₉₅ = 0,21

Динамика рН в период вегетации озимой пшеницы устойчиво снижалась от посева до колошения изучаемой культуры на 0,09–0,26 ед. и резко увеличилась к фазе полной спелости до 6,01 ед.

3.3. Минеральный азот

Значения содержания минерального азота на вариантах с применением отвального способа обработки оказались существенно выше комбинированного способа и поверхностного приёма обработки на 2,6 и 4,8 мг/кг почвы (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ =1,1	В, НСР ₉₅ =1,2
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	23,3	26,2	22,8	21,0	17,4	24,9	18,7
	Рекомендованная	27,5	28,9	26,9	25,7	19,6		22,9
	Биологизированная	23,5	25,0	24,8	23,9	18,8		20,9
	Расчетная	29,6	31,9	30,9	29,5	22,5		27,1
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	18,1	20,1	17,9	16,5	14,4	22,3	
	Рекомендованная	25,4	25,9	25,1	22,0	17,3		
	Биологизированная	22,2	22,6	21,9	21,1	16,1		
	Расчетная	29,2	31,2	30,1	26,1	22,1		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	17,6	18,8	16,5	15,9	13,4	20,1	
	Рекомендованная	21,1	22,3	21,9	20,5	15,1		
	Биологизированная	20,1	20,9	19,4	19,3	14,5		
	Расчетная	25,2	29,9	25,1	23,3	20,2		
С, НСР ₉₅ =1,2		23,6	25,3	23,6	22,1	17,6		НСР ₉₅ =3,6

Изучаемые системы удобрения существенно увеличивали концентрацию минерального азота в 0-20 см слое чернозёма выщелоченного на 2,2–8,4 мг/кг по сравнению с контролем. При

применении расчетной системы удобрения в среднем по опыту было получено максимальное значение содержания элемента 27,1 мг/кг в почве, что существенно выше показателей контроля на 8,4 мг/кг.

В фазу кущения озимой пшеницы содержание минерального азота составило 25,3 мг/кг, затем наблюдалось снижение к фазе полной спелости.

3.4. Подвижный фосфор

Максимальное содержание подвижного фосфора – 22,2 мг/кг было отмечено на вариантах с применением отвального способа обработки почвы (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 0,8	В, НСР ₉₅ = 1,4
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	22,7	19,9	16,2	14,4	13,5	22,2	17,2
	Рекомендованная	28,3	25,8	23,5	19,7	18,2		22,0
	Биологизированная	24,8	21,7	19,8	18,4	16,9		19,4
	Расчетная	32,8	31,1	28,4	25,1	23,2		26,9
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	22,1	19,9	16,0	14,8	14,1	21,5	
	Рекомендованная	27,4	25,7	21,2	19,0	16,2		
	Биологизированная	23,2	21,7	20,1	18,1	15,5		
	Расчетная	31,1	30,2	27,1	24,1	22,1		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	21,8	19,1	15,5	13,9	13,9	20,5	
	Рекомендованная	26,3	25,1	20,1	18,5	15,5		
	Биологизированная	22,1	20,1	18,5	17,3	13,5		
	Расчетная	30,1	28,1	26,1	24,1	21,3		
С, НСР ₉₅ = 1,2		25,3	24,0	21,0	18,9	17,0		НСР ₉₅ = 3,5

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту существенно увеличивали содержание подвижного фосфора на 2,2–9,7 мг/кг почвы, по сравнению с контролем в 0–20 см слое почвы.

Максимальное содержание подвижного фосфора – 25,3 мг/кг почвы, на вариантах с применением всех систем удобрения отмечалось перед посевом культуры, далее происходило достоверное снижение с достижением минимальных величин в фазу полной спелости озимой пшеницы – 17,0 мг/кг почвы.

3.5. Обменный калий

На вариантах с применением отвального способа обработки почвы в среднем по опыту было отмечено максимальное содержание обменного калия – 243 мг/кг почвы (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 7,2	В, НСР ₉₅ = 14,3
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	245	244	230	200	212	243	223
	Рекомендованная	260	259	235	228	230		236
	Биологизированная	267	265	242	231	239		246
	Расчетная	271	270	250	239	247		249
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	243	242	225	196	205	237	
	Рекомендованная	245	244	232	225	229		
	Биологизированная	260	259	232	232	242		
	Расчетная	260	259	240	235	243		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	240	239	220	194	203	235	
	Рекомендованная	241	240	229	220	228		
	Биологизированная	255	254	231	236	241		
	Расчетная	255	254	239	230	241		
С, НСР ₉₅ = 14,2		254	252	234	222	230		НСР ₉₅ = 34,8

Все изучаемые системы удобрения увеличивали содержание обменного калия в почве по сравнению с контролем на 13–26 мг/кг почвы.

Перед посевом озимой пшеницы содержание элемента составило 254

мг/кг, к фазе колошения культуры содержание достигло – 222 мг/кг, а к фазе полной спелости концентрация элемента повысилась до 230 мг/кг.

3.6. Подвижная сера

На вариантах при применении отвального способа обработки почвы содержание подвижной серы достигло – 4,5 мг/кг, что несущественно выше комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы на 0,3 и 0,5 мг/кг соответственно.

Биологизированная система удобрения способствовала существенному увеличению содержания подвижной серы в 0–20 см слое почвы по сравнению с контрольным вариантом на 0,9 мг/кг.

Перед посевом озимой пшеницы концентрация элемента составила 5,0 мг/кг, к фазе полной спелости наблюдалось постепенное снижение.

4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Динамика накопления сухой массы

На вариантах с применением отвального способа обработки почвы содержание сухой биомассы в среднем за вегетацию находилось в пределах 4,98 т/га, что существенно выше значений на комбинированном способе и поверхностной обработке почвы на 0,14 и 0,47 т/га соответственно.

Все изучаемые в опыте системы удобрения в течение вегетации озимой пшеницы способствовали существенному накоплению сухой биомассы, и разница с контролем составила 0,61–1,33 т/га.

В фазу всходов озимой пшеницы содержание сухой массы составило 0,90 т/га, к фазе полной спелости наблюдалось повышение до 9,31 т/га.

4.2. Содержание азота

Отвальный способ обработки почвы обеспечивал максимальное содержание азота (3,42%) в растениях озимой пшеницы, что несущественно выше комбинированного способа (+0,07%), и существенно выше поверхностной обработки почвы – (+0,17%). Минимальные значения концентрации азота в растениях озимой пшеницы были отмечены на вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы – 3,25%, что ниже отвального и комбинированного способа обработки почвы на 0,17 и 0,10%.

Все изучаемые в опыте системы удобрения способствовали существенному увеличению содержания азота в растениях (0,26–0,53%) по сравнению с контролем. В среднем по опыту самые высокие показатели содержания элемента в растениях изучаемой культуры – 3,57%

были отмечены на вариантах с применением расчетной системы удобрения, и разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,53% (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,10	В, НСР ₉₅ = 0,16
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	4,23	3,72	3,12	2,73	1,83	3,42	3,04
	Рекомендованная	4,46	4,05	3,74	3,16	2,19		3,45
	Биологизированная	4,31	3,92	3,48	2,93	2,16		3,30
	Расчетная	4,68	4,25	3,91	3,31	2,21		3,57
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	4,19	3,64	3,07	2,60	1,58	3,35	
	Рекомендованная	4,37	3,99	3,65	3,09	2,28		
	Биологизированная	4,27	3,85	3,34	2,98	2,14		
	Расчетная	4,52	4,21	3,85	3,25	2,17		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	4,11	3,61	3,01	2,52	1,61	3,25	
	Рекомендованная	4,25	3,85	3,52	2,92	2,27		
	Биологизированная	4,21	3,72	3,29	2,81	2,13		
	Расчетная	4,25	4,05	3,52	3,15	2,15		
С, НСР ₉₅ = 0,25		4,32	3,91	3,46	2,95	2,06		НСР ₉₅ = 0,50

В период всходов озимой пшеницы содержание азота в растениях было 4,32%, в фазу полной спелости концентрация уменьшилась в 2,26 раза.

4.3. Содержание фосфора

Максимальное содержание фосфора в растениях озимой пшеницы – 0,79%, было получено при применении отвального способа обработки

почвы, что несущественно выше показателей комбинированного способа обработки почвы (+0,03%) и существенно выше значений (+0,07%) на вариантах с применением поверхностной обработка почвы (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,04	В, НСР ₉₅ = 0,08
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,89	0,80	0,70	0,62	0,61	0,79	0,70
	Рекомендованная	1,06	0,86	0,79	0,66	0,64		0,76
	Биологизированная	1,00	0,83	0,71	0,61	0,60		0,72
	Расчетная	1,13	0,94	0,84	0,73	0,70		0,83
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	0,87	0,79	0,68	0,61	0,56	0,76	
	Рекомендованная	1,01	0,83	0,75	0,63	0,61		
	Биологизированная	0,95	0,81	0,69	0,59	0,58		
	Расчетная	1,05	0,91	0,81	0,70	0,67		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	0,85	0,75	0,66	0,59	0,54	0,72	
	Рекомендованная	0,96	0,81	0,61	0,59	0,59		
	Биологизированная	0,91	0,79	0,59	0,55	0,56		
	Расчетная	1,01	0,88	0,80	0,68	0,61		
С, НСР ₉₅ = 0,09		0,78	0,67	0,58	0,50	0,48		НСР ₉₅ = 0,18

Самый высокий показатель содержания фосфора в растениях был получен при применении расчетной системы удобрения – 0,83%, что существенно выше контроля – на 0,13 %.

В фазу всходов озимой пшеницы концентрация фосфора в растениях составила 0,78%, к фазе полной спелости содержание уменьшилось на 0,3%.

4.4. Содержание калия

Наивысшие значения содержания калия в растениях в среднем по опыту были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы – 2,10% (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ =0,05	В, НСР ₉₅ =0,10
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	3,63	2,72	1,24	1,18	1,12	2,10	1,95
	Рекомендованная	3,72	2,91	1,29	1,20	1,14		2,02
	Биологизированная	3,73	2,93	1,35	1,28	1,21		2,04
	Расчетная	4,05	3,00	1,61	1,45	1,32		2,26
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	3,61	2,70	1,22	1,15	1,10	2,07	
	Рекомендованная	3,69	2,86	1,26	1,17	1,12		
	Биологизированная	3,68	2,83	1,27	1,25	1,15		
	Расчетная	4,02	2,98	1,59	1,41	1,29		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	3,59	2,68	1,20	1,13	1,09	2,04	
	Рекомендованная	3,65	2,83	1,23	1,15	1,10		
	Биологизированная	3,63	2,79	1,25	1,23	1,13		
	Расчетная	3,99	2,99	1,55	1,39	1,25		
С, НСР ₉₅ = 0,15		3,75	2,85	1,34	1,25	1,17		НСР ₉₅ = 0,31

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту увеличивали содержание калия в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем на 0,07–0,31%.

Содержание калия в растениях озимой пшеницы достигло максимальной концентрации в среднем по опыту в фазу всходов культуры

– 3,75%, затем происходило снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости – 1,17%. Разница по сравнению с исходным значением составила 2,58%.

4.5. Содержание серы

На отвальном способе обработки почвы максимальная концентрация содержания серы была обнаружена на вариантах с применением биологизированной системы удобрения, и разница по сравнению с контролем составила: в фазу всходов – 0,04%, в фазу кущения – 0,05%, в фазу выхода в трубку – 0,03%, в фазу колошения культуры – 0,06%, в фазу полной спелости – 0,03% (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания серы (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способ обработки почвы	Система удобрения	Фаза развития				
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,09	0,14	0,19	0,24	0,20
	Рекомендованная	0,11	0,15	0,20	0,27	0,22
	Биологизированная	0,13	0,19	0,22	0,30	0,23
	Расчетная	0,12	0,17	0,20	0,26	0,21

Изучаемые в опыте системы удобрения увеличивали по сравнению с контролем содержание серы в растениях на 0,02–0,06%.

5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

5.1. Структура урожая

Изучаемые в опыте системы удобрения способствовали формированию по сравнению с контролем большей биологической урожайности за счет увеличения продуктивности: густоты стояния – на 94–144 шт/м², длины колоса – на 0,6–1,4 см и массы зерна с 1 колоса – 0,02–0,17 г.

На вариантах с применением отвального способа обработки почвы показатели биомассы оказались выше по сравнению с комбинированным способом и поверхностной обработкой почвы. Максимальные параметры

структуры урожая формируются на варианте с расчетной системой удобрения и отвальным способом обработки почвы.

5.2. Урожайность

При применении расчетной системы удобрения на фоне отвального способа обработки почвы была получена максимальная урожайность озимой пшеницы 6,01 т/га, что несущественно выше значений (+0,07 т/га) на комбинированном способе (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на урожайность (т/га) озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В				А, НСР ₉₅ = 0,11
	Контроль	Рекомендованная	Биологизированная	Расчетная	
Отвальный, 20–22 см	3,78	5,46	5,09	6,01	5,09
Комбинированный, 20–22 см	3,70	4,95	4,84	5,58	5,02
Поверхностная обработка, 10–12 см.	3,51	4,68	4,50	5,13	4,46
В, НСР ₉₅ = 0,35	3,66	5,03	4,81	5,57	НСР ₉₅ = 0,46 S _x = 3,3

Все изучаемые в опыте системы удобрения существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница относительно контроля составляла: на отвальном способе – 1,31–2,23 т/га, комбинированном – 1,14–1,88 т/га, поверхностной обработке – 0,99–1,62 т/га. Поверхностная обработка достоверно снижала урожайность культуры (0,56–0,63 т/га) по сравнению с отвальным и комбинированным способами обработки почвы.

5.3. Качество продукции

Системы удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, увеличивая по сравнению контролем: содержание клейковины – на 3,4–9,3%, стекловидность – на 10,0–23,2%, содержание белка – на 1,91–3,98%. На удобренных вариантах зерно по всем

показателям качества соответствовало III, на контрольном варианте IV и VI классам (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на качество зерна озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %	Показатель ИДК	Белок, %
Отвальный, 20–22 см	Контроль	19,1	45,0	77	10,41
	Рекомендованная	24,5	57,1	74	12,50
	Биологизированная	26,9	55,0	74	12,32
	Расчетная	28,4	65,1	60	12,51
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	17,9	41,1	80	9,01
	Рекомендованная	23,8	53,7	77	12,33
	Биологизированная	21,3	51,1	75	12,18
	Расчетная	25,3	63,3	62	12,99
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	17,1	40,9	82	9,19
	Рекомендованная	23,4	52,9	77	12,23
	Биологизированная	20,7	50,2	76	12,15
	Расчетная	23,6	64,1	63	12,92

Максимальные значения показателей качества зерна были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Применение расчетной системы удобрения в зависимости от способа и приёма обработки почвы по сравнению с естественным агрохимическим фоном при выращивании озимой пшеницы увеличивали: прибыль с 1 га на 9130–12530 руб., а уровень рентабельности на 15,2–31,3%. Наилучшие показатели экономической эффективности независимо от фона питания отмечаются на вариантах с отвальным способом обработки почвы. Сочетание биологизированной системы удобрения и отвального способа обработки почвы обеспечило минимальную себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы и максимальный уровень рентабельности.

ВЫВОДЫ

1. Изучаемые способы и приёмы обработки почвы не оказали достоверного влияния на запасы продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного в период роста и развития озимой пшеницы. Системы удобрения существенно снижали относительно контроля запасы продуктивной влаги в среднем за вегетацию изучаемой культуры на 1,1–1,8 мм. Динамика изменения влагозапаса на всех вариантах опыта была одинаковой.

2. Способы и приёмы обработки почвы не оказали достоверного влияния на реакцию почвенной среды. Биологизированная система удобрения способствовала поддержанию нейтральной реакции почвенного раствора – 6,14 ед., разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,11 ед., а применение рекомендованной и расчетной систем способствовало существенному подкислению почвенного раствора на 0,12–0,18 ед. по сравнению с контролем. В период вегетации озимой пшеницы наблюдалось устойчивое снижение реакции почвенного раствора на 0,09–0,26 ед. до фазы колошения, и резкое увеличение к фазе полной спелости до 6,01 ед.

3. Максимальное содержание минерального азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы было получено при применении отвального способа обработки почвы – 24,9 мг/кг, что достоверно выше (2,6 и 4,8 мг/кг) показателей комбинированного способа и поверхностной обработки почвы. Системы удобрения существенно увеличивали концентрацию минерального азота по сравнению с контролем – на 2,2–8,4 мг/кг. Наибольшее содержание в почве минерального азота – 25,3 мг/кг отмечалось в фазу кущения, а затем наблюдалось снижение к фазе полной спелости.

4. На протяжении вегетации озимой пшеницы содержание подвижного фосфора на всех вариантах опыта неуклонно снижалось с достижением минимальных величин в фазу полной спелости. Применение удобрений достоверно увеличивало среднее содержание элемента в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем на 2,2–9,7 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора оказалось больше на вариантах с отвальным способом обработки почвы по сравнению с комбинированным на 0,7 и на 1,7 мг/кг относительно поверхностной обработки почвы.

5. Комбинированный способ и поверхностная обработка почвы снижали относительно отвального способа содержание обменного калия в среднем за вегетацию на 6–8 мг/кг почвы. Применение удобрений увеличивало концентрацию элемента относительно контроля на 13–26 мг/кг почвы на протяжении всей вегетации озимой пшеницы. Максимальное содержание обменного калия в слое почвы 0–20 см отмечалось на вариантах с биологизированной и расчетной системами

удобрения.

6. Изучаемые в опыте способы и приёмы обработки почвы несущественно увеличивали содержание подвижной серы в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного. Биологизированная система удобрения способствовала существенному увеличению концентрации подвижной серы в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем (0,9 мг/кг) и другими системами удобрений (0,6–1,1 мг/кг).

7. В течение роста и развития озимой пшеницы на всех вариантах наблюдалось интенсивное накопление сухой биомассы с достижением максимальных показателей к фазе полной спелости культуры – 9,31 т/га. Все применяемые в опыте системы удобрения способствовали существенному увеличению концентрации сухой биомассы по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 0,61–1,33 т/га. На отвальном способе обработки почвы количество сухой биомассы оказалось существенно выше средних значений на комбинированном способе и поверхностной обработке почвы.

8. В течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах опыта наблюдалось неуклонное снижение содержания азота, фосфора и калия с достижением минимальных величин к фазе полной спелости. Максимальные показатели концентрации в растениях элементов питания отмечались на вариантах с применением отвального способа обработки почвы, но существенная разница была установлена только по сравнению с поверхностной обработкой почвы. Системы удобрения существенно увеличивали содержание в растениях азота относительно контроля на 0,26–0,53%. Содержание в растениях фосфора и калия достоверно увеличивалось относительно контроля только на вариантах с расчетной системой удобрения, и разница составила 0,13–0,31% соответственно.

9. Максимальное содержание серы на всех вариантах опыта отмечалось в фазу колошения. Системы удобрения увеличивали по сравнению с контролем содержание серы в растениях на 0,02–0,06%. Наивысшие показатели в течение всей вегетации культуры отмечались на вариантах с биологизированной системой удобрения.

10. Удобрения способствовали формированию по сравнению с контролем большей биологической урожайности за счет увеличения продуктивности: густоты стояния – на 94–144 шт/м², длины колоса – на 0,6–1,4 см и массы зерна с 1 колоса – 0,02–0,17 г. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы показатели биомассы оказались выше по сравнению с комбинированным способом и поверхностной обработкой почвы. Максимальные параметры структуры урожая формируются на варианте с расчетной системой удобрения и отвальным способом обработки почвы.

11. Системы удобрения существенно увеличивали урожайность

озимой пшеницы, и разница относительно контроля составляла: на отвальном способе – 1,31–2,23 т/га, комбинированном – 1,14–1,88 т/га, поверхностной обработке – 0,99–1,62 т/га. Поверхностная обработка достоверно снижала урожайность культуры (0,56–0,63 т/га) по сравнению с отвальным и комбинированным способами обработки почвы. Максимальная урожайность озимой пшеницы, 6,01 т/га, была получена при внесении расчетной дозы удобрения ($N_{120}P_{75}K_{24}$) на фоне отвального способа обработки почвы, что несущественно выше значений на комбинированном способе (0,07 т/га).

12. Системы удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, увеличивая по сравнению с естественным агрохимическим фоном: содержание клейковины – на 3,4–9,3%, стекловидность – на 10,0–23,2%, содержание белка – на 1,91–3,98%. На удобренных вариантах зерно озимой пшеницы по всем показателям соответствовало III классу. Максимальные значения показателей качества зерна были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы.

13. Применение расчетной системы удобрения в зависимости от способа и приема обработки почвы по сравнению с контролем увеличивало прибыль с 1 га на 9130–12530 руб., а уровень рентабельности на 15,2–31,3%. Наилучшие показатели экономической эффективности независимо от фона питания отмечаются на вариантах с отвальным способом обработки почвы. Сочетание биологизированной системы удобрения и отвального способа обработки почвы обеспечило минимальную себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы и максимальный уровень рентабельности.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При выращивании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном после предшественника горох для достижения урожайности зерна 5,58–6,01 т/га и максимального экономического эффекта рекомендуется расчетная система удобрения в сочетании с комбинированным и отвальным способами обработки почвы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения и приемов обработки почвы на условия формирования продуктивности озимой пшеницы после предшественника горох на черноземе выщелоченном /

А. Ю. Фурсова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105) – URL:<http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/01.pdf>.

2. Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки чернозема выщелоченного на химический состав растений озимой пшеницы / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко // Вестник АПК Ставрополья. – Ставрополь, 2015. – №2(18). – стр. 182–186.

Публикации в других изданиях:

3. Есаулко, А.Н. Влияние длительного применения систем удобрений на показатели Рн чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Т. С. Айсанов, М. Ю. Кузьменко, А. Ю. Фурсова // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном Округе : сб. науч. тр. по матер. 76-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Ставроп. изд-во «Параграф», 2012 – С 40–46.

4. Есаулко, А. Н. Влияние длительного применения систем удобрений в стационарном опыте на содержание серы в черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Есаулко, В. И. Радченко, А. Ю. Фурсова, Е. А. Устименко, Е. А. Марьяна // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: сб. науч. тр. по матер. 77-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Ставроп. изд-во «Параграф», 2013. – С. 132–133.

5. Фурсова, А. Ю. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности / А. Ю. Фурсова // Аграрная наука, творчество, рост. Секция факультетов агробиологии и земельных ресурсов, экологии и ландшафтной архитектуры «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК» : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь : Ставроп. изд-во «Секвойя», 2015. – С. 200–202.

6. Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику минерального азота чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко // «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса» сб. науч. тр. по матер. IV Междунар. конф. – Ставрополь : Ставроп. изд-во «Бюро новостей», 2015 – том 1. вып. 8.– С. 1002–1005.