

На правах рукописи

Стукалов Роман Сергеевич

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2016

Работа выполнена в ФГБНУ
«Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»
в 2012–2015 гг.

Научный руководитель: **Дридигер Виктор Корнеевич**,
заместитель директора ФГБНУ «Ставропольского
научно-исследовательского института сельского
хозяйства», доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты: **Беляков Александр Михайлович**,
главный научный сотрудник лаборатории
анализа почв и агролесоландшафтов ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский
агролесомелиоративный институт»,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Авдеенко Алексей Петрович,
заведующий кафедрой земледелия и технологии
хранения растениеводческой продукции
ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет», доктор
сельскохозяйственных наук, профессор

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

Защита диссертации состоится 29 сентября 2016 г. в 13-00 часов на заседа-
нии диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь,
пер. Зоотехнический, 12, аудитория № 3, тел/факс (8652) 34-58-70.

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

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат с.-х. наук, доцент

Фаизова Вера Ивановна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время при возделывании полевых культур, в том числе озимой пшеницы, первостепенное значение имеет ресурсосбережение. Поэтому в современном аграрном производстве одной из важнейших задач является внедрение ресурсосберегающих технологий, в частности технологии возделывания без обработки почвы.

В связи с этим большой научный и практический интерес представляет возможность и эффективность возделывания озимой пшеницы по технологии без обработки почвы, которую в мире принято называть технологией No-till, или технологией прямого посева.

Цель исследований – установить закономерности роста, развития, урожайности и качества зерна озимой пшеницы при возделывании по традиционной технологии и технологии без обработки почвы, а также рекомендованной и расчётной доз внесения минеральных удобрений на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья.

Задачи исследований:

- изучить агрофизические свойства почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы и удобрений на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья;
- установить влияние рекомендованных и расчётных доз внесения минеральных удобрений на рост, развитие, урожайность и качество зерна озимой пшеницы при ее возделывании по традиционной технологии и технологии без обработки почвы;
- определить экономическую эффективность традиционной технологии и технологии возделывания озимой пшеницы без обработки почвы в зависимости от доз внесения минеральных удобрений.

Научная новизна заключается в том, что в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья изучено влияние традиционной технологии и технологии возделывания без обработки почвы с внесением рекомендованных и расчётных доз минеральных удобрений на рост, развитие, урожайность, качество зерна озимой пшеницы и агрофизические свойства чернозема обыкновенного.

Практическая значимость. В результате полевых, лабораторных исследований и экономических расчётов производству рекомендована наиболее эффективная технология возделывания озимой пшеницы и доза внесения минеральных удобрений на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Результаты исследований внедрены в ООО «Урожайное» Ипатовского района Ставропольского края на площади 400 га с годовым экономическим эффектом 4,7 млн руб.

Основные положения, выносимые на защиту:

- технология возделывания озимой пшеницы без обработки почвы обеспечивает большее накопление продуктивной влаги в почве и не вызывает переуплотнение чернозема обыкновенного зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья;
- при посеве озимой пшеницы без обработки почвы с внесением минеральных удобрений её растения формируют большую вегетативную массу и листовой аппарат, что обеспечивает получение достоверно более высокого урожая зерна, чем по традиционной технологии;
- на черноземе обыкновенном экономически более выгодным является посев озимой пшеницы по необработанной почве с внесением рекомендованной научными учреждениями дозы минеральных удобрений.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на международных научно-практических конференциях (Ставрополь, 2014, 2015), всероссийских научно-практических конференциях (Нальчик, 2013; Курск, 2014, 2015), школе молодых ученых (Волгоград, 2015). По материалам исследований опубликовано 15 научных работ, в том числе 4 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 150 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав, заключений, предложений производству и приложений. Иллюстрационный материал включает 39 таблиц, 8 рисунков и графиков и 44 приложения. Список литературы содержит 210 наименований, в том числе 10 иностранных.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2012–2015 гг. на опытном поле Ставропольского НИИСХ, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Средняя многолетняя сумма осадков здесь составляет 550–560 мм, за вегетационный период выпадает 400–450 мм. Гидротермический коэффициент 0,9–1,1. Сумма эффективных температур 3000–3200 °С.

По количеству выпавших осадков более благоприятным был 2013–2014 сельскохозяйственный год, когда выпало 675 мм, самым засушливым был 2014–2015 год – 497 мм, а 2012–2013 год по этому показателю занимал среднее положение – 506 мм.

Почва опытного участка чернозем обыкновенный среднемошный слабогумусированный тяжелосуглинистый, характеризуется низким содержанием гумуса – 3,87 %, очень низким содержанием нитратного азота – 11,9 мг/кг почвы, средним содержанием подвижного фосфора – 18,7 мг/кг (по Мачигину) и средней обеспеченностью обменным калием – 245 мг/кг. Реакция почвенного раствора нейтральная, pH = 6,32.

Озимую пшеницу возделывали в севообороте: соя – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза. Севооборот развёрнут в пространстве все-

ми полями. Делянки в опыте размещены в 2 яруса – в первом ярусе все культуры возделываются по традиционной технологии, во втором – по технологии без обработки почвы. Повторность опыта трёхкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизации, площадь делянки 300 м² (ширина 6 м, длина 50 м), учётная – 90 м².

При возделывании по традиционной технологии после уборки сои проводили лущение в два следа, предпосевную культивацию с боронованием и посев сеялкой СЗ-3,6. По технологии без обработки почвы посев проводили прямо по стерне сои сеялкой прямого посева Gimetal. Норма высева озимой пшеницы сорта Виктория одесская по обеим технологиям составила 4,5 млн/га всхожих семян, глубина заделки семян 4–6 см.

По обеим технологиям в контрольном варианте удобрения не вносили. Рекомендованную научными учреждениями дозу удобрений (N₉₀P₆₀K₆₀) вносили частями: в разброс перед севом (250 кг/га нитроаммофоски), сеялкой при посеве (125 кг/га нитроаммофоски) и в весеннюю подкормку (88 кг/га аммиачной селитры). Расчётную дозу удобрений (N₁₆₀P₉₀K₆₀ – из расчета получения зерна 6 т/га) также вносили частями: перед посевом вразброс (250 кг/га нитроаммофоски в смеси с аммофосом 58 кг/га), сеялкой при посеве (125 кг/га нитроаммофоски), в весеннюю подкормку (176 кг/га аммиачной селитры) и в фазе колошения (65 кг/га мочевины) опрыскивателем. По традиционной технологии удобрения разбрасывали под предпосевную культивацию, а по технологии без обработки почвы по растительным остаткам сои перед посевом озимой пшеницы.

Обработку гербицидом сплошного действия из группы глифосатов перед посевом озимой пшеницы по технологии без обработки почвы не проводили, так как после уборки сои поле находилось в чистом от сорняков состоянии. В фазе весеннего кущения по обеим технологиям проводили обработки посевов против сорняков гербицидом Ланцелот 30 г/га и в фазе колошения против болезней фунгицидом Аканто Плюс 0,5 л/га, расход рабочей жидкости 200 л/га.

Фенологические наблюдения, подсчет густоты стояния растений и другие сопутствующие наблюдения проведены в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971). Площадь листовой поверхности посевов определяли методом высечек. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитана на 1 м² листовой поверхности озимой пшеницы по методике А. А. Нечипорович, Л. Е. Строгановой и С. Н. Чмора (1961).

По всем вариантам опыта перед посевом, уходом в зиму, во время весеннего возобновления вегетации (ВВВ), в фазе колошения и полной спелости озимой пшеницы определены содержание продуктивной влаги в почве – термостатно-весовым методом, плотность почвы – методом цилиндра. Одновременно отбирали образцы для определения содержания элементов питания в почве. Нитратный азот определён по Грандваль – Ляжу (Турчин Ф. В., 1965), подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину в 1 % углеаммонийной вытяжке по ГОСТ 26205–91.

Учет урожая озимой пшеницы проведен методом механизированной уборки комбайном Сампо-130 путём прокоса посередине делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике ГСИ. Стекловидность зерна определяли по ГОСТ 10987–76, влажность зерна – по ГОСТ 13586.5–93, содержание белка в зерне на сухое вещество определено по ГОСТ 10846–91, содержание сырой клейковины и ее качество – по ГОСТ 54478–2011.

В Испытательном центре Филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю (аттестат аккредитации: РОСС RU.0001.21ПТ31 от 27.08.2014) проведён анализ на содержание остаточного количества глифосатов в зерне озимой пшеницы и почве, отобранных по обеим технологиям возделывания. Глифосатную кислоту определяли методом тонкослойной газо-жидкостной хроматографии, согласно методическим указаниям № 4363-87 (1987).

Экономическая оценка технологий возделывания и доз внесения минеральных удобрений проведена по ценам 2014–2015 гг. согласно методическому пособию по агроэкологической и экономической оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур (Боев В. Р., 1999), статистическая обработка полученных данных – методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову (1985) и В. П. Томилову (1987).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Обеспеченность растений влагой. По технологии без обработки почвы все растительные остатки остаются на поверхности почвы. В среднем за годы исследований их количество составило 3,71 т/га, что в 6 раз больше, чем по традиционной технологии, где оставалось 0,59 т/га. Большее количество растительных остатков по технологии без обработки почвы способствовало большему накоплению и лучшему сохранению почвенной влаги в течение всего вегетационного периода (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания на содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см, мм (среднее за 2012–2015 гг.)

Технология	Время отбора				
	Посев	Уход в зиму	ВВВ	Колошение	Полная спелость
Традиционная	80	99	136	72	79
Без обработки почвы	89	114	158	95	83
Увеличение: мм	9	15	22	23	4
%	11,3	15,2	16,2	31,9	5,1
НСР ₀₅	5,1	6,4	8,8	5,0	4,9

Большее накопление продуктивной влаги в почве по технологии без её обработки в зимний период происходит за счет большего задержания снега растительными остатками, оставшимися на поверхности поля. В критическую фазу развития озимой пшеницы – колошение – при общем уменьшении запасов продуктивной влаги в почве по обеим технологиям по технологии без обработки почвы в метровом слое ее было на 23 мм, или на 31,9 %, больше, чем по традиционной технологии. К полной спелости содержание почвенной влаги по обеим технологиям становится одинаковым. То есть дополнительно накопленную влагу по технологии без обработки почвы растения озимой пшеницы используют на формирование урожая.

3.2. Плотность почвы. Перед посевом и в начальный период вегетации озимой пшеницы по традиционной технологии слой почвы 0–10 см имел плотность сложения 0,98 г/см³, что существенно ниже, чем без обработки почвы, и говорит о чрезмерной его вспушенности (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания на плотность почвы в посевах озимой пшеницы, г/см³ (среднее за 2012–2015 гг.)

Технология	Слой почвы, см	Время отбора					Среднее
		Посев	Уход в зиму	ВВВ	Колошение	Уборка	
Традиционная	0–10	0,98	0,98	1,00	1,11	1,08	1,03
	10–20	1,14	1,14	1,15	1,26	1,26	1,19
	20–30	1,21	1,22	1,26	1,28	1,29	1,25
Без обработки почвы	0–10	1,19	1,05	1,10	1,16	1,17	1,13
	10–20	1,15	1,16	1,18	1,24	1,26	1,20
	20–30	1,18	1,22	1,25	1,28	1,30	1,25
НСР ₀₅		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	–

При весеннем возобновлении вегетации произошло уплотнение всех изучаемых слоёв почвы на 0,01–0,04 г/см³ по традиционной и на 0,02–0,05 г/см³ по технологии без обработки почвы. В фазе колошения озимой пшеницы по обеим технологиям весь изучаемый слой почвы еще больше уплотнялся, что мы связываем с атмосферной и почвенной засухами, которые обычно наблюдаются в это время в зоне неустойчивого увлажнения. Тем не менее в течение всего весенне-летнего периода вегетации по обеим технологиям плотность почвы находится в пределах оптимальных значений для произрастания озимой пшеницы на черноземной почве.

3.3. Обеспеченность растений элементами питания. Содержание нитратного азота во всех изучаемых слоях почвы по всем вариантам опыта и в течение вегетации озимой пшеницы было очень низким – от 1,1

до 4,2 мг/кг почвы. Подвижного фосфора по обеим технологиям в течение всего вегетационного периода без внесения удобрений содержалось 16,1–18,7 мг/кг (средняя обеспеченность) в слое почвы 0–10 см с постепенным снижением до низкого содержания (11,1–13,8 мг/кг) в слое почвы 20–30 см.

При внесении удобрений содержание подвижного фосфора значительно увеличивалось, что связано с накоплением этого элемента после внесения фосфорсодержащих удобрений под предшествующие культуры севооборота и при посеве озимой пшеницы. В фазе колошения в слое почвы 0–10 см его содержание по обеим технологиям характеризуется как повышенное – 30,5–30,8 мг/кг почвы при внесении рекомендованной дозы и 32,9–33,1 мг/кг при расчетной дозе.

В слое почвы 10–20 см содержание доступных фосфатов снижается, и их количество по традиционной технологии составило 22,6–23,0 мг/кг, по технологии без обработки почвы – 18,3–19,1 мг/кг. То есть при возделывании озимой пшеницы с внесением минеральных удобрений по традиционной технологии доступный фосфор в слое почвы 0–20 см распределен более равномерно, чем по технологии без обработки почвы. Это является следствием основной обработки почвы, когда в изучаемом севообороте под предшествующие культуры проводили отвальную обработку почвы с обрачиванием и перемешиванием верхнего двадцатисантиметрового слоя почвы. Такие же закономерности наблюдались и по обменному калию, содержание которого по обеим технологиям и дозам внесения удобрений характеризовалось как среднее – от 254 до 295 мг/кг в слое почвы 0–10 см и 222–248 мг/кг в слое почвы 20–30 см.

3.4. Наличие дождевых червей и остаточного количества глифосатов в почве. Во все годы исследований наблюдалось наличие дождевых червей по обеим технологиям возделывания и увеличение их количества и массы в динамике по годам исследований с преимуществом по технологии без обработки почвы, где их количество составило 21 шт/м² при живой массе 6,1 г/м² против 14 шт/м² и 3,1 г/м² – по традиционной технологии. При почвенной засухе наблюдается снижение их популяции и живой массы по обеим технологиям. Во все годы исследований большое число дождевых червей наблюдалось в верхнем десятисантиметровом слое почвы. Это говорит об экологической чистоте почвы, что подтверждают результаты проведенных анализов почвы, где остаточного количества глифосатной кислоты не обнаружено.

3.5. Полевая всхожесть и выживаемость растений. После проведения основной и предпосевной обработок почвы по традиционной технологии происходит достоверное снижение содержания продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см на 34,8 %, что связано с испарением влаги с поверхности и со всего обработанного слоя почвы. Большее содержание продуктивной влаги и оптимальная плотность сложения посевного слоя почвы обеспечивает более высокую полевую всхожесть семян при посеве озимой пшеницы по необработанной почве – 69,0–81,6 %, тогда как

по традиционной технологии – 64,9–74,1%, что достоверно на 5,1–7,5 % меньше (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания и удобрений на полевую всхожесть семян озимой пшеницы (среднее за 2012–2014 гг.)

Технология	Доза удобрения	Доступная влага в 0–20 см слое, мм	Количество всходов, шт/м ²	Полевая всхожесть, %	Период появления всходов, дней
Традиционная	без удобрений	13,7	292	64,9	22
	рекомендованная	14,3	334	74,1	22
	расчетная	14,2	332	73,7	22
Без обработки почвы	без удобрений	18,7	310	69,0	16
	рекомендованная	18,5	360	80,1	14
	расчетная	18,8	367	81,6	14
НСР ₀₅		1,0	18	4,4	1,2

Применение минеральных удобрений по обеим технологиям существенно повышало количество полученных всходов и соответственно полевую всхожесть семян озимой пшеницы, но по традиционной технологии они были достоверно меньше. Средняя продолжительность появления всходов по традиционной технологии составила 22 дня, тогда как по технологии без обработки почвы всходы озимой пшеницы появлялись в среднем на неделю раньше – за 14–16 дней. Установлена тесная корреляционная зависимость между содержанием продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см и количеством всходов растений озимой пшеницы – $r = 0,853$ и периодом появления всходов озимой пшеницы – $r = -0,953$.

Гибель растений в течение вегетации выше по традиционной технологии возделывания. В целом за весь период вегетации к моменту полной спелости по традиционной технологии сохранилось 72,4 % от количества взошедших растений, по технологии без обработки почвы – 79,1 %, или на 6,7 % больше, что обусловлено более ранним появлением всходов, лучшим развитием растений в осенний период и большим содержанием продуктивной влаги в течение вегетации. Вносимые удобрения не оказали существенного влияния на сохранность растений озимой пшеницы при возделывании по обеим технологиям.

3.6. Рост и развитие растений. Растения озимой пшеницы в период осенней вегетации до наступления холодов достоверно большую зеленую массу сформировали при возделывании по технологии без обработки почвы по всем дозам внесения удобрений, как на 1 м² посева, так и одного растения, за счет большего количества продуктивной влаги в почве и большей продолжительности периода осенней вегетации (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии возделывания и удобрений на биометрические показатели растений озимой пшеницы перед уходом в зиму (среднее за 2012–2015 гг.)

Технология	Доза удобрения	Сырая масса, г		Площадь листьев	
		1 м ² посева	1-го растения	м ² /м ²	1-го растения, см ²
Традиционная	без удобрений	79,3	0,28	0,48	17,0
	рекомендованная	119,7	0,36	1,05	31,1
	расчетная	120,3	0,38	1,02	31,5
Без обработки почвы	без удобрений	116,3	0,39	0,41	14,0
	рекомендованная	179,0	0,51	1,13	31,6
	расчетная	186,3	0,52	1,16	31,8
НСР ₀₅		8,0	0,02	0,05	1,6

Нами установлена тесная корреляционная зависимость между формированием вегетативной массы и содержанием продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см перед севом ($r = 0,640$), а также продолжительностью периода осенней вегетации – $r = 0,607$. Существенное влияние на формирование биомассы растений перед уходом в зиму оказало количество эффективных среднесуточных температур, использованных растениями за осеннюю вегетацию ($r = 0,533$).

Вносимые удобрения по обеим технологиям увеличивали сырую массу и площадь листовой поверхности растений, но более высокая эффективность минеральных удобрений наблюдалась при внесении без обработки почвы.

Перед уходом в зиму листовой индекс посевов на удобренных фонах при практически одинаковой площади одного растения по обеим технологиям был математически доказуемо выше по технологии без обработки почвы, что можно объяснить большей густотой стояния растений, тогда как без внесения удобрений площадь листьев одного растения по технологии без обработки почвы достоверно меньше, чем по традиционной технологии.

В период весеннего кушения растений озимой пшеницы разница между технологиями по зеленой массе без внесения удобрений нивелировалась – 139 г/м² по традиционной технологии и 138 г/м² – без обработки почвы. При внесении минеральных удобрений сырая масса растений увеличивалась по обеим технологиям за небольшим преимуществом в пределах ошибки опыта при посеве без обработки почвы (рисунок 1).

В фазе выхода в трубку при внесении рекомендованной дозы удобрений по традиционной технологии посевы сформировали 1486 г/м², на расчётной дозе 1571 г/м² вегетативной массы, что достоверно больше, чем без внесения удобрений, но и достоверно меньше, чем при посеве по необработанной почве, где сырая масса растений составила соответственно 1626 и 1730 г/м².

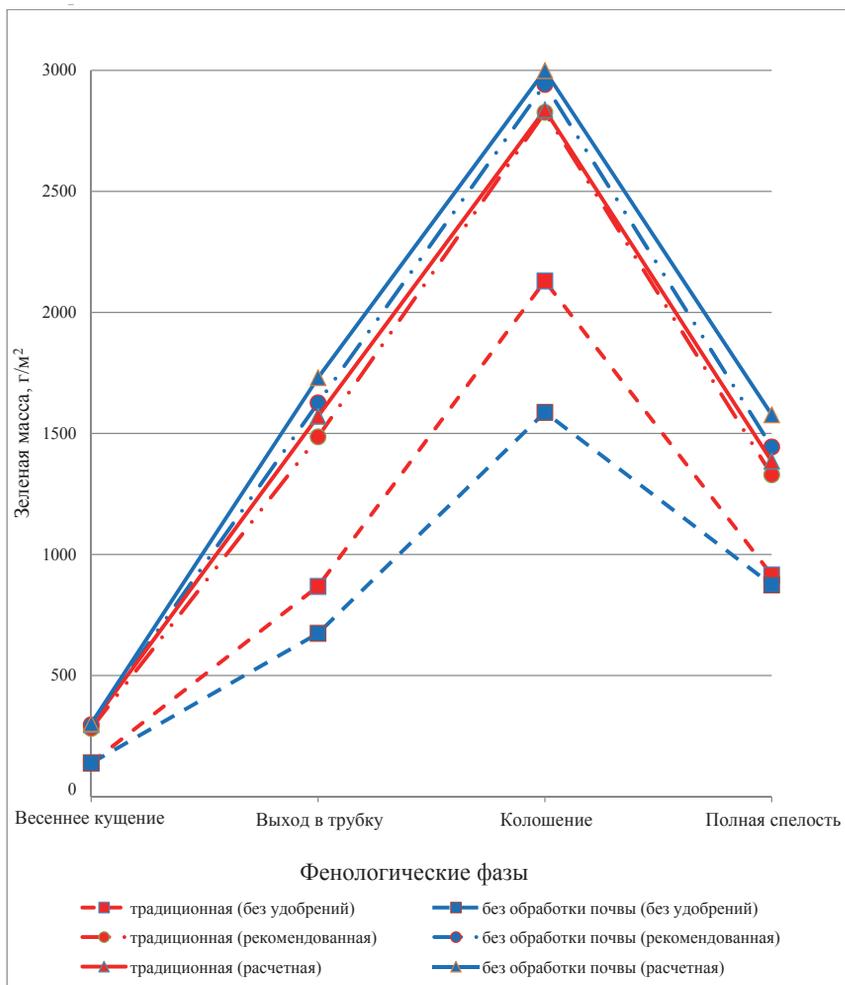


Рисунок 1 – Влияние технологии возделывания и удобрений на динамику вегетативной массы растений озимой пшеницы, г/м² (среднее за 2013–2015 гг.)

В фазе колошения надземная масса растений по всем вариантам опыта имела максимальные значения, но, опять же, большая вегетативная масса была у удобренных растений при посеве без обработки почвы, хотя математически это преимущество не доказуемо.

Аналогичная ситуация наблюдалась и по корневой массе растений в фазе полной спелости на глубине 0–20 см. В среднем за годы исследова-

ний без внесения минеральных удобрений достоверное преимущество по массе корней имеют посевы, возделываемые по традиционной технологии, а при внесении обеих доз удобрений математически достоверное преимущество по этому показателю имеют растения при посеве без обработки почвы (рисунок 2).

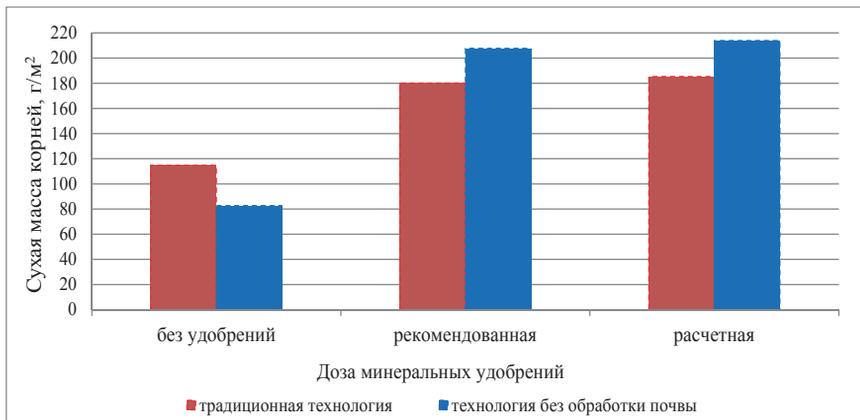


Рисунок 2 – Влияние технологии возделывания и удобрений на массу корней озимой пшеницы в фазе полной спелости в слое почвы 0–20 см, г/м² (среднее за 2013–2015 гг.)

3.7. Фотосинтетический потенциал посевов. При возделывании озимой пшеницы без внесения минеральных удобрений показатели листового индекса были равны или больше по традиционной технологии и в фазе колошения составляли 2,60 м²/м² по традиционной технологии и 2,44 м²/м² по технологии без обработки почвы. Внесение рекомендованной и расчетной доз минеральных удобрений по традиционной технологии в этой фазе увеличивало площадь листовой поверхности до 4,04 и 4,07 м²/м², тогда как по технологии без обработки почвы вносимые удобрения увеличивали листовый индекс до 4,91 и 5,22 м²/м², что на 32,1 % больше, чем по традиционной технологии.

Такие же закономерности наблюдались и по фотосинтетическому потенциалу посевов озимой пшеницы, где при возделывании по традиционной технологии без внесения удобрений этот показатель был на 0,13 млн м²×сутки/га, или 11,4 %, больше, чем по технологии без обработки почвы (таблица 5).

При внесении рекомендованной и расчетной доз минеральных удобрений разница между технологиями в среднем за годы исследований составила 0,61 и 0,71 млн м²×сутки/га, или 27,1 и 30,9 %, в пользу технологии без обработки почвы, что связано с большей продолжительностью вегетации растений.

Таблица 5 – Влияние технологии возделывания и удобрений на фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы, млн м²×сутки/га

Технология	Доза удобрения	Год			Среднее
		2013	2014	2015	
Традиционная	без удобрений	1,05	1,28	1,47	1,27
	рекомендованная	1,48	2,51	2,77	2,25
	расчетная	1,55	2,51	2,83	2,30
	среднее	1,36	2,10	2,35	1,94
Без обработки почвы	без удобрений	1,01	1,13	1,29	1,14
	рекомендованная	2,20	3,07	3,31	2,86
	расчетная	2,27	3,28	3,47	3,01
	среднее	1,83	2,49	2,69	2,34

Нами установлено, что площадь листовой поверхности растений оказывает существенное влияние на динамику накопления абсолютно сухого вещества растениями озимой пшеницы ($r = 0,848$), ещё большее влияние оказывает фотосинтетический потенциал посевов ($r = 0,939$). Поэтому в течение всего периода вегетации абсолютно сухого вещества было больше при возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы, и самая большая разница между технологиями наблюдалась в фазе осеннего кущения, когда растения озимой пшеницы по традиционной технологии накопили 13,0, по технологии без обработки почвы – 27,4 г/м² абсолютно сухого вещества, что обусловлено большим количеством взошедших растений и лучшим развитием фотосинтетического аппарата благодаря более продолжительной осенней вегетации.

В остальные фазы роста и развития растений разница между технологиями по этому показателю была не столь существенной, и к полной спелости абсолютно сухая биомасса растений по традиционной технологии с внесением рекомендованной дозы удобрений составила 1151,8, расчётной дозы – 1214,0 г/м², тогда как по технологии без обработки почвы 1301,7 и 1406,5 г/м², что на 149,9 и 192,5, или на 13,0 и 15,9 %, больше.

3.8. Засоренность посевов. Во все годы исследований по обеим технологиям возделывания и дозам внесения минеральных удобрений наблюдался смешанный тип засорённости посевов озимой пшеницы с преобладанием зимующих однолетних сорняков. Основными видами сорных растений, произрастающими в посевах озимой пшеницы, были: фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), живокость растопыренная (*Consolida divaricata* L.), горичвет пламенный (*Flammeus Jacq* L.), василёк синий (*Centaurea cyanus* L.), гулявник высокий (*Sisymbrium altissimum* L.), ярутка полевая (*Thiaspi arvense* L.), вероника плющелистная (*Veronica hederifolia* L.), дескурения

Софьи (*Descurainia sophia* L.) и мак-самосейка (*Papaver rhoeas* L.). Также вегетировали яровые ранние сорняки – гречишка вьюнковая (*Fallopian convolvulus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), горец перечный (*Polygonum hydropiper* L.) и поздние яровые – амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia* L.), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.). Из многолетних сорняков отдельными растениями произрастали – вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.).

По годам исследований видовой состав сорных растений отличался несущественно по обеим технологиям, но количество и сырая масса сорных растений была больше по технологии без обработки почвы. Так, во время осенней вегетации и в период весеннего кушения по технологии без обработки почвы произрастало на 5 и 8 шт/м² сорных растений больше, чем по традиционной технологии (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние технологии возделывания и удобрений на засоренность посевов озимой пшеницы, шт/м² (среднее за 2012–2015 гг.)

Технология	Доза удобрения	Фенологическая фаза		
		Осеннее кушение	Весеннее кушение	Колошение
Традиционная	без удобрений	12/6,6	25/13,0	26/10,4
	рекомендованная	15/14,4	31/22,7	13/8,5
	расчетная	17/16,7	37/26,5	13/6,4
	среднее	15/12,5	31/20,7	17/8,4
Без обработки почвы	без удобрений	16/14,9	29/24,6	22/17,0
	рекомендованная	21/17,7	40/37,8	14/13,1
	расчетная	24/20,2	49/42,8	17/12,3
	среднее	20/17,6	39/35,1	18/14,1

Примечание. В числителе количество сорняков, шт/м²; в знаменателе сырая масса сорняков, г/м².

Вносимые удобрения повышали количество и массу сорных растений по обеим технологиям, но по технологии без обработки почвы их количество и масса увеличивались больше. Однако в фазе колошения происходит снижение количества и массы сорных растений, которые к полной спелости выпадают из посевов и не оказывают существенного влияния на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы по обеим технологиям и дозам внесения удобрений.

3.9. Урожайность и качество зерна. При возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы без внесения минеральных удобрений во все годы исследований наблюдалась тенденция сниже-

ния урожайности по отношению к традиционной технологии на 0,14 т/га (в пределах ошибки опыта). При внесении удобрений ежегодно достоверно большую урожайность зерна формировали посевы по необработанной почве – в среднем на 0,89 т/га при внесении рекомендованной и на 0,91 т/га при расчётной дозе удобрений (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние технологии возделывания и удобрений на урожайность озимой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Технология	Доза удобрения	Урожайность, т/га				Прибавка урожая			
		2013	2014	2015	среднее	от технологии		от удобрений	
						т/га	%	т/га	%
Традиционная	без удобрений	2,92	2,26	2,83	2,67	–	–	–	–
	рекомендованная	4,89	3,41	4,46	4,25	–	–	1,58	59,3
	расчетная	4,96	3,83	4,67	4,49	–	–	1,82	68,0
Без обработки почвы	без удобрений	2,84	2,17	2,58	2,53	–0,14	–5,2	–	–
	рекомендованная	6,05	3,90	5,47	5,14	0,89	20,8	2,61	103,2
	расчетная	6,18	4,46	5,56	5,40	0,91	20,4	2,87	113,4
НСР ₀₅		0,35	0,24	0,20	0,29	–	–	–	–

Вносимые минеральные удобрения также обеспечили математически доказуемую прибавку урожая зерна озимой пшеницы по обеим технологиям возделывания, но достоверно большая прибавка была получена при возделывании по технологии без обработки почвы, где она составила 2,61 и 2,87 т/га, против 1,58 и 1,82 т/га по традиционной технологии.

То есть применение минеральных удобрений более эффективно при возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы, чему способствует лучшая обеспеченность растений продуктивной влагой в течение всего периода вегетации. Прибавка же урожая от применения расчётной дозы удобрений по сравнению с рекомендованной по обеим технологиям математически не доказуема и находится в пределах ошибки опыта.

Более высокие показатели элементов структуры урожая сформировались при возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы при внесении минеральных удобрений, что и предопределило получение более высокой урожайности зерна по сравнению с традиционной технологией. Нами установлена средняя корреляционная зависи-

мость между урожайностью озимой пшеницы и коэффициентом кущения ($r = 0,675$), количеством продуктивных стеблей ($r = 0,627$), а также массой зерна с колоса ($r = 0,580$).

Показатели качества зерна озимой пшеницы по стекловидности, содержанию белка и сырой клейковины, выращенного по технологии без обработки почвы, уступали таковым зерну, полученному по традиционной технологии (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние технологии возделывания и удобрений на качество зерна озимой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Технология	Доза удобрения	Стекловидность, %	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Качество
Традиционная	без удобрений	44,6	11,6	22,0	70,7	I
	рекомендованная	51,9	14,9	28,4	72,2	I
	расчетная	48,3	15,7	29,7	73,0	I
	среднее	48,3	14,1	26,7	72,0	I
Без обработки почвы	без удобрений	40,5	10,9	19,9	62,9	I
	рекомендованная	48,3	14,0	27,3	74,8	I
	расчетная	47,5	13,6	25,2	72,1	I
	среднее	45,4	12,9	24,1	69,9	I

Более низкое качество зерна озимой пшеницы, выращенной по технологии без обработки почвы, можно объяснить более высокой урожайностью культуры по этой технологии. Однако, несмотря на меньшую концентрацию белка в зерне, валовое его производство с 1 га посева выше по технологии без обработки почвы и составляет 558,1 кг, тогда как по традиционной технологии получено 535,8 кг/га, что на 22,3 кг, или на 4,2 %, меньше. Вносимые удобрения повышали хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы по обеим технологиям, но более высокими они были по традиционной технологии.

По окончании трех лет исследований был проведен анализ зерна озимой пшеницы, полученного по обеим технологиям возделывания и всем дозам вносимых удобрений, на содержание остаточного количества глифосатной кислоты, и ни в одном образце она не обнаружена. Видимо, гербициды из группы глифосатов при попадании во внешнюю среду очень быстро разлагаются и по этой причине не остаются и не накапливаются в получаемой продукции.

3.10. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от технологии и дозы минеральных удобрений. При возделывании озимой пшеницы по традиционной технологии суще-

ственно возрастают производственные затраты по отношению к технологии без обработки почвы по таким статьям расходов, как фонд оплаты труда – на 557 руб/га, или 34,5 %, горюче-смазочные материалы – на 1750 руб/га, или 59,1 %, амортизация и ремонт техники – на 698 и 223 руб/га, или 27,1 %. Такой рост производственных затрат по традиционной технологии возделывания обусловлен проведением основной и предпосевной обработок почвы, для чего необходимы почвообрабатывающая техника и мощные тракторы для их агрегатирования. Затраты на приобретение семян и ядохимикатов по обеим технологиям возделывания одинаковы – 1140 и 1935 руб/га соответственно. В среднем производственные расходы на 1 га посева при возделывании озимой пшеницы по традиционной технологии составили 19653 руб., а по технологии без обработки почвы – 16001 руб., что на 3652 руб., или на 18,6 %, меньше.

Снижение производственных затрат существенно сказалось на экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по технологии без обработки почвы. Несмотря на высокую стоимость минеральных удобрений по ценам 2014–2015 гг., самая высокая прибыль и рентабельность получены при возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние технологии возделывания и удобрений на экономическую эффективность озимой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Показатель	Традиционная технология			Без обработки почвы		
	Без удобрений	Рекомендованная	Расчётная	Без удобрений	Рекомендованная	Расчётная
Выручка, руб/га	18423	33575	35471	17457	40606	42660
Затраты труда, чел.-ч/га	9,0	10,1	10,6	3,5	4,6	5,2
Затраты труда, чел.-ч/т	3,4	2,4	2,4	1,4	0,9	1,0
Затраты, руб/га	12117	21036	25807	8246	17483	22275
Себестоимость, руб/т	4538	4950	5748	3259	3401	4125
Прибыль, руб/га	6306	12539	9664	9211	23123	20385
Рентабельность, %	52,0	59,6	37,4	111,7	132,3	91,5

Применение расчётной дозы удобрений приводит к снижению показателей экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по обеим технологиям, так как прибавка урожая, полученная при внесении этой дозы, не окупает затраты на приобретение удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почвы в течение всего вегетационного периода содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы на 4–23 мм, или на 5,1–31,9 %, больше, чем по традиционной технологии, что обусловлено наличием большего количества растительных остатков предшествующей культуры на поверхности почвы.
2. Технологии возделывания озимой пшеницы не оказывают существенного влияния на плотность чернозема обыкновенного – она находится в оптимальных пределах для роста растений, а некоторое переуплотнение по годам исследований и в течение вегетации носит сезонный характер в связи с атмосферной и почвенной засухами.
3. Технология возделывания озимой пшеницы без обработки почвы способствует появлению дождевых червей в почве, которых по количеству и живой массе в 1,5–2,0 раза больше, чем по традиционной технологии. При этом основная масса червей сосредоточена в верхнем десятисантиметровом слое почвы. Это говорит об экологической безопасности технологии, что подтверждается отсутствием остаточного количества глифосатной кислоты в почве.
4. Технологии возделывания и дозы минеральных удобрений не оказали влияния на содержание нитратного азота в почве – в течение вегетации его содержание было очень низким. Внесение удобрений обеспечило увеличение содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия, но по традиционной технологии эти элементы питания равномерно распределены в пахотном слое, а при посеве без обработки почвы их было больше в верхнем десятисантиметровом слое, что связано с поверхностным и припосевным внесением удобрений на глубину заделки семян озимой пшеницы.
5. Полевая всхожесть семян озимой пшеницы по традиционной технологии составила 64,9–74,1, а по технологии без обработки почвы – 69,0–81,6 %, что достоверно больше на 5,1–7,5 %. Снижение полевой всхожести по традиционной технологии происходит из-за обработки почвы, в результате которой посевной слой становится чрезмерно рыхлым и теряет до 46,1 % влаги на физическое испарение и не обеспечивает хорошего контакта семян с почвой. В течение вегетации лучшую сохранность растений озимой пшеницы также обеспечивает технология возделывания без обработки почвы.
6. Без внесения минеральных удобрений достоверно большую надземную биомассу формирует посев озимой пшеницы по традиционной технологии. При внесении рекомендованной и расчетной доз удобрений существенно большую массу формируют

- посевы без обработки почвы – 2942 и 2999 г/м² против 2826 и 2837 г/м² по традиционной технологии. Такие же закономерности наблюдаются и по массе корней озимой пшеницы в слое почвы 0–20 см.
7. Наиболее развитый ассимиляционный аппарат формирует озимая пшеница при посеве по необработанной почве с внесением минеральных удобрений. Фотосинтетический потенциал таких посевов составляет 2,86–3,01 млн м²×сутки/га, и они накапливают в надземной части растений от 1301,7 до 1406,5 г/м² абсолютно сухого вещества, что на 149,9 и 192,5 г/м², или 13,0 и 15,9 %, больше, чем при традиционной технологии возделывания культуры.
 8. По обеим технологиям возделывания и дозам внесения минеральных удобрений наблюдается смешанный тип засорённости посевов озимой пшеницы с преобладанием зимующих сорняков, которые находятся в нижнем ярусе в угнетённом состоянии и не способны конкурировать с мощными и развитыми растениями озимой пшеницы, не оказывая существенного влияния на её рост, развитие и урожайность.
 9. При возделывании озимой пшеницы без внесения минеральных удобрений урожайность по обеим технологиям одинаковая, и наблюдается тенденция её снижения по технологии без обработки почвы на 0,14 т/га, или 5,2 %. Внесение рекомендованной и расчетной доз удобрений при посеве без обработки почвы обеспечивает получение в среднем за 3 года исследований 5,14 и 5,40 т/га, что достоверно больше на 0,89 и 0,91 т/га, чем по традиционной технологии. Наибольшая прибавка урожая от внесения удобрений получена по технологии без обработки почвы – 2,61–2,87 т/га, или 103,2–113,4 %, тогда как по традиционной технологии она составила 1,58–1,82 т/га (59,2–68,2 %).
 10. На фоне более высокой урожайности озимой пшеницы при возделывании без обработки почвы в её зерне на удобренных фонах содержится на 0,9–2,1 % меньше белка, чем по традиционной технологии, но по валовому количеству белка эта технология имеет преимущество – 558,1 кг/га, что на 22,3 кг, или на 4,2 %, больше, чем по традиционной технологии. По обеим технологиям зерно озимой пшеницы на удобренных фонах соответствует 3-му, без внесения удобрений – 4-му классу.
 11. На черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья озимую пшеницу после сои экономически выгоднее возделывать без обработки почвы с внесением рекомендованной научными учреждениями региона дозы минеральных удобрений. Внесение большего количества удобрений экономически не оправдано.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья озимую пшеницу при посеве после сои лучше возделывать по технологии без обработки почвы с внесением рекомендованной научными учреждениями дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{60}K_{60}$.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Дридигер, В. К. Оценка No-Till технологии выращивания озимой пшеницы, в сравнении с традиционной, в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, **Р. С. Стукалов** // Достижения науки и техники в АПК. – 2015. – Т. 29, № 10. – С. 39–42.
2. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на урожайность и экономическую эффективность в севообороте / В. К. Дридигер, Е. А. Кашаев, **Р. С. Стукалов**, Ю. И. Паньков, С. С. Вайцеховская // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 20–23.
3. **Стукалов, Р. С.** Влияние технологии обработки почвы и удобрений на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья / Р. С. Стукалов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2015. – № 5 (55). – С. 8–11.
4. Дридигер, В. К. Урожайность и экономическая эффективность сельскохозяйственных культур в севообороте в зависимости от технологии возделывания и удобрений / В. К. Дридигер, Е. А. Кашаев, **Р. С. Стукалов**, Ю. И. Паньков // Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. – № 3 (59). – С. 32–36.

Публикации в других изданиях:

5. **Стукалов, Р. С.** Влияние технологии возделывания и удобрений на рост, развитие, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Р. С. Стукалов // Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве : матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Интенсивное растениеводство: современное состояние и перспективы развития», 6–9 ноября 2013 г. – Нальчик : Кабардино-Балкарский ГАУ, 2013. – С. 160–165.
6. **Стукалов, Р. С.** Влияние технологии возделывания и удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Р. С. Стукалов // Аграрная наука, творчество, рост : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. – секция «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК», 10–14 февраля 2014 г. в Ставропольском

- ГАУ. – Ставрополь : Ставропольское изд-во «Параграф», 2014. – С. 197–203.
7. **Стукалов, Р. С.** Влияние технологии возделывания и удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Р. С. Стукалов // Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов : сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. во ВНИИ землед. и защиты почв от эрозии 10–12 сент. 2014 г. – Курск : ВНИИЗиЗПЭ, 2014. – С. 273–277.
 8. **Стукалов, Р. С.** Влияние технологии возделывания и удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Р. С. Стукалов // Сб. науч. тр. Нижне-Волжского НИИСХ. – Волгоград : Принт, 2014. – С. 165–171.
 9. **Стукалов, Р. С.** Агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и удобрений / Р. С. Стукалов // Бюллетень СНИИСХ/ФГБНУ Ставропольский НИИСХ Россельхозакадемии. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – № 6. – С. 172–180.
 10. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания и минеральных удобрений на агрофизические свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы / В. К. Дридигер, **Р. С. Стукалов** // Сб. науч. тр. Нижне-Волжского НИИСХ. – Волгоград : ООО «СФЕРА», 2015. – С. 81–88.
 11. Дридигер, В. К. Урожайность и экономическая эффективность сельскохозяйственных культур в севообороте в зависимости от технологии их возделывания / В. К. Дридигер, Е. А. Кашаев, **Р. С. Стукалов**, Ю. И. Паньков // Бюллетень Ставропольского НИИСХ № 7: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы освоения технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы» (1–3 июля 2015 г., г. Михайловск). – Саратов : Амирит, 2015. – С. 66–75.
 12. Дридигер, В. К. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и минеральных удобрений в зоне устойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, **Р. С. Стукалов** // Бюллетень Ставропольского НИИСХ № 7: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы освоения технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы» (1–3 июля 2015 г., г. Михайловск). – Саратов : Амирит, 2015. – С. 76–87.
 13. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте / В. К. Дридигер, Е. А. Кашаев, **Р. С. Стукалов**, Ю. И. Паньков // Почвозащитное земледелие в России : сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию ВНИИ землед. и защиты почв от эрозии, 15–17 сентября 2015 года. – Курск : ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – С. 39–47.

14. **Стукалов, Р. С.** Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от технологии и удобрений на чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья / Р. С. Стукалов // Почвозащитное земледелие в России : сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию ВНИИ землед. и защиты почв от эрозии, 15–17 сентября 2015 года. – Курск : ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – С. 280–285.
15. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на агрофизические свойства и потенциальное плодородие почвы в севообороте / В. К. Дридигер, Е. А. Кашаев, **Р. С. Стукалов**, Р. Гаджиумаров, В. В. Бровков // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. стат. по матер. IV Междунар. науч. конф. (13–15 октября 2015 года). – Ставрополь : АГРУС, 2015. – С. 230–236.

Подписано в печать 20.07.2016. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.

Тираж 120. Заказ № 211.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

