

На правах рукописи

ПОПОВА ВЕРА ВИКТОРОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ
НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург–2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
Зезин Никита Николаевич

Официальные оппоненты: **Ленточкин Александр Михайлович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», заведующий кафедрой плодоовощеводства и защиты растений

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий Оренбургского НИИСХ

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр»

Защита состоится «21» декабря 2021 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03. ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел./факс 8-(846-63)46131.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.ssaa.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2021 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Объём производства зерна в РФ неуклонно растёт и превысил 130 млн. т. Посевная площадь яровой пшеницы в 2020 году составила около 12,5 млн. га, что соответствует 27 % от общей площади зерновых и зернобобовых культур по РФ. В Свердловской области доля яровой пшеницы увеличилась до 46 % и составила 151 тыс. га (Посевные..., Росстат, 2020).

В современных технологиях возделывания яровой пшеницы роль предшественника и в целом севооборота значительно возросла. В сельскохозяйственных предприятиях, где по причине высоких цен нет возможности применять минеральные удобрения в научно обоснованных дозах севооборот остается единственным условием сохранения почвенного плодородия (Тощев В.В., 2017; Зезин Н.Н. и др., 2019).

Увеличение объемов производства зерна и сохранение плодородия почв определяет необходимость рационального размещения пшеницы по благоприятным предшественникам в севообороте, увеличения в структуре посевных площадей зернобобовых культур и многолетних трав, использования сидеральных культур и побочной продукции, улучшения фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур (Жученко А.А., 2015; Лошаков В.Г., 2012, 2016).

Степень разработанности темы исследований. Разработка отдельных элементов технологии возделывания яровой пшеницы, включающей изучение ее предшественников, удобрений, элементов биологизации в разных регионах представлена в исследованиях В.В. Ивенина [2011], В.М. Дудкина [2015, 2017], Н.А. Пеговой [2016], Л.М. Козловой [2004, 2012, 2019], В.Г. Лошакова [2012, 2015], Н.В. Шрамко [2015], П.А. Постникова [2015, 2019], И.Г. Мельцаева [2017, 2019], С.Т. Эседуллаева [2019], М.Р. Ахметзянова [2019], А.Л. Тойгильдина [2016, 2020]. Однако, комплексная оценка возделывания яровой пшеницы в рамках севооборотов с использованием элементов биологизации, систем удобрений, средств защиты с учетом почвенно-климатических условий Среднего Урала изучена мало.

В основу работы положены результаты исследований, выполненных в отделе земледелия и кормопроизводства Уральского НИИСХ по теме: «Изучить ресурсную и средообразующую роль биологизированных севооборотов, способствующих повышению продуктивности пашни на 10-12 %, снижению энергозатрат на 8-10 %» (номер государственной регистрации 01201175595).

Цель исследований: Разработать основные элементы технологии, оптимизирующие показатели почвенного плодородия, улучшающие фитосанитарное состояние посевов и повышающие продуктивность яровой пшеницы в севооборотах.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние предшественников и удобрений на агрофизические свойства, питательный и водный режимы почвы.
2. Оценить степень засоренности посевов, повреждаемость и поражаемость пшеницы внутрестеблевыми вредителями, корневыми гнилями,

листо–стеблевыми инфекциями в зависимости от предшественников и удобрений.

3. Определить влияние предшественников, удобрений и средств защиты растений на урожайность яровой пшеницы.

4. Дать оценку экономической и биоэнергетической эффективности элементов технологии возделывания яровой пшеницы.

Научная новизна. Впервые в условиях Среднего Урала в длительном полевом стационарном опыте изучено комплексное влияние предшественников, системы удобрений и средств защиты растений на формирование урожая яровой пшеницы. Разработаны элементы технологии, позволяющие оптимизировать показатели почвенного плодородия, улучшить фитосанитарное состояние посевов и повысить урожайность яровой пшеницы в севооборотах.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. На основе проведенных исследований показано влияние разработанных элементов технологии на экономическую эффективность возделывания яровой пшеницы на Среднем Урале.

Оптимальные по эффективности сочетания предшественников, элементов биологизации и средств защиты растений в технологии возделывания яровой пшеницы на темно-серой лесной почве в условиях Среднего Урала рекомендованы производству.

Результаты исследований прошли производственную проверку в ООО «Агрофирма Восточная» Байкаловского района и СПК им. Жукова Ирбитского района Свердловской области.

Методология и методы исследования. Методология исследований основана на анализе обзора литературы по теме, формулировке цели и задач исследований; постановке и проведении полевых опытов, лабораторных анализов, статистической обработке полученных данных. Исследования проводились по общепринятым методикам и ГОСТам.

Основные положения, выносимые на защиту:

– возделывание яровой пшеницы после сидерального пара (рапс) на фоне минеральных удобрений, с запашкой в фазу цветения, массой не менее 15 т/га улучшает показатели почвенного плодородия, фитосанитарное состояние посевов и повышает урожайность яровой пшеницы в севооборотах на 18 %, обеспечивая высокую экономическую и энергетическую эффективность.

– средства защиты снижают засоренность, поврежденность и пораженность пшеницы внутрискотельными вредителями, корневыми гнилями и листо–стеблевыми инфекциями, улучшают показатели структуры урожая, увеличивая урожайность пшеницы после клевера и гороха на 11,5-11,8 % и сидерального пара (рапс) – 13 %.

Апробация работы. Основные результаты научно-исследовательской работы ежегодно докладывались и обсуждались на заседаниях Ученого и Методического советов по земледелию и растениеводству Уральского НИИСХ - филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, а также на Международной научно-

практической конференции «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России» (Екатеринбург, 2012); региональной научно-практической конференции «Инновационное развитие АПК Северного Зауралья» (Тюмень, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные решения актуальных проблем в АПК» (Екатеринбург, 2013); научно-практической конференции «Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве» (г. Екатеринбург, 2014); Международной научно-технической конференции Института агроэкологии (с. Миасское, 2014); Международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК» (г. Екатеринбург, 2018).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе одна монография (в соавторстве), четыре статьи в ведущих рецензируемых научных журналах.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 187 страницах. Состоит из введения, 4 глав, заключения, рекомендаций производству, списка литературы и приложений. Содержит 16 таблиц, 14 рисунков, 61 приложение. Список использованной литературы включает 214 источников, в том числе 10 иностранных.

Личный вклад соискателя. Полевые испытания, учеты и наблюдения, большая часть лабораторных анализов, расчеты и математическая обработка полученных данных проводились лично автором диссертации. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, Никите Николаевичу Зезину и кандидату сельскохозяйственных наук, доценту Евгению Васильевичу Колобкову. Глубокую признательность автор выражает сотрудникам отдела земледелия и кормопроизводства, аналитической лаборатории за поддержку в проведении полевых и лабораторных опытов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Предшественники, системы удобрений и средств защиты – как факторы повышения урожайности яровой пшеницы и оптимизации фитосанитарного состояния посевов (обзор литературы)

Представлен обзор литературы, рассматривающий вопросы подбора предшественников, элементов биологизации и средств защиты растений в технологии возделывания яровой пшеницы в полевых севооборотах.

Глава 2 Условия, объекты и методика проведения исследования

Исследования проводились на опытном поле Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (ранее ФГБНУ «Уральский НИИСХ») с 2011 по 2013 гг. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая, со следующей

агрохимической характеристикой: гумус – 4,68-4,91 %, $pH_{\text{сол}}$ – 4,94-5,06, гидролитическая кислотность – 6,7-8,1 мг.-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 31,1-32,5 мг.-экв./100 г почвы, азот легкогидролизующий – 146-157 мг/кг почвы, подвижный фосфор – 206-224 мг/кг, обменный калий – 156-170 мг/кг почвы.

Метеорологические условия в 2011-2013 гг. отличались от среднесезонных показателей. Более благоприятные условия для роста и развития яровой пшеницы из трех лет наблюдений выявлены в 2011 и 2013 годах, сумма положительных температур выше 10°C – 1983°C и 1906°C , осадков – 254 мм и 241 мм. ГТК в эти годы составил 1,29 и 1,26 (умеренно влажные). В 2012 г. отмечены засушливые условия в период активной вегетации яровой пшеницы, сумма положительных температур выше 10°C – 2214°C , осадков – 212 мм, ГТК за вегетацию – 0,96 ед.

Схема опыта:

Опыт был заложен методом расщепленных делянок, включающих три фактора:

- А – предшественники яровой пшеницы в севооборотах;
- В – фоны питания;
- С – средства защиты растений.

Опыт на местности опыт располагался в три яруса, повторность трехкратная. В первом повторении распределение полей систематическое, во втором и третьем – рендомизированное. Общая площадь делянки 156 м^2 ($3,90 \times 40$), субделянки – 78 м^2 .

Фактор А. Предшественники яровой пшеницы в севооборотах

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| а) 1. Пар чистый | б) 1. Сидеральный | в) 1. Горох |
| 2. Озимая рожь | пар (рапс) | 2. Пшеница с |
| 3. Ячмень с | 2. Пшеница | подсевом трав |
| подсевом трав | 3. Овес | 3. Клевер 1 г.п. |
| 4. Клевер 1 г.п. | 4. Горох | 4. Ячмень |
| 5. Пшеница | 5. Ячмень | 5. Овес |

Фактор В. Фоны питания:

Фон 1. Без удобрений (естественный фон плодородия);

Фон 2. Минеральный – $N_{30}P_{30}K_{36}$ (в среднем на 1 га севооборотной площади);

Фон 3. Органо-минеральный – применение навоза, сидератов, соломы на фоне $N_{24}P_{24}K_{30}$.

Фоны с удобрениями накладывались поперек вариантов с полями севооборотов. Минеральные удобрения были внесены с учетом их выноса урожаем предшествующей культуры и потребности яровых зерновых в

основных элементах питания. Под пшеницу в севооборотах вносили сложные удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ д.в./га.

При изучении органо-минерального фона в первом севообороте навоз вносился в чистом пару в дозе 50 т/га. Во втором севообороте, кроме рапса в сидеральном пару, проводилась заделка в почву соломы ячменя и гороха, в третьем – на удобрение использовалась отава клевера, солома гороха и ячменя.

Урожайность зеленой массы рапса в фазу цветения, запаханная на сидерат, в зависимости от удобренности почвы варьировала от 13,2 до 21,6 т/га. Из фактического урожая культур вносили солому гороха – 2,7 т/га и ячменя – 3,8 т/га. Дозу минеральных удобрений корректировали с учетом поступления азота, фосфора и калия с сидератом и соломой.

Фактор С. Средства защиты растений:

1. Без обработки, контроль;
2. Средства защиты: протравитель семян + баковая смесь (фунгицид + инсектицид + гербицид) в фазу кущения яровой пшеницы при превышении экономического порога вредоносности (ЭПВ).

Для защиты растений от болезней, вредителей и сорняков применялись следующие препараты: Виал ТрасТ, ВСК (0,4 л/т); Колосаль Про, КМЭ (0,4 л/га); Борей, СК (0,09 л/га); Прима, СЭ (0,6 л/га); Агритокс, ВК (1,0 л/га).

Агротехника возделывания яровой пшеницы – общепринятая для зоны Среднего Урала. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину 22 см, весеннее боронование сцепом зубовых борон ЗБЗТС-1,0 с последующей культивацией КПС-4,0. Перед предпосевной культивацией вносили удобрения сеялкой СН-16. Посев яровой пшеницы проводился сеялкой СН-16 на глубину 5-6 см. Норма высева – 6 млн всхожих зёрен на гектар. Высевали яровую пшеницу сорта Красноуфимская 100. Обработка посевов яровой пшеницы от вредителей, болезней и сорняков проводилась в фазу кущения баковой смесью помповым опрыскивателем (объем 3 литра), с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Для оценки эффективности изучаемых элементов технологии возделывания яровой пшеницы в опыте проводились следующие наблюдения и учеты: влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Запасы продуктивной влаги рассчитывались по данным влажности и плотности почвы [Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М., 1987]. Агрегатный состав почвы определяли методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову. Пробы отбирались в слое 0-20 см после уборки пшеницы [Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1973]. Биологическая активность почвы определялась методом льянных полотен [Методические указания..., 1983]. Учет урожая выполнялся методом прямого комбайнирования с использованием комбайна «Сампо-130» с пересчетом на 100 % чистоту и 14% влажность по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [1985]. Структуру урожая определяли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [1985]. Учеты вредителей, сорняков и болезней, проводили согласно методике ВИЗР [Танский В.И., 2002] и В.А. Чулкиной

[1972]. Агрохимические показатели почвы определяли в аналитической лаборатории Уральского НИИСХ по общепринятым методикам: рН по методу ЦИНАО [ГОСТ 26483-85], гумус по Тюрину [ГОСТ 26213-91], гидrolитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО [ГОСТ 26212-91]; сумма поглощенных оснований по Каппену [ГОСТ 27821-88] и легкогидролизуемый азот по Корнфильду [Методические указания..., 1985]; содержание подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову в модификации ЦИНАО [ГОСТ 54650-2011]. Термины и определения по ГОСТ 6265-89. Биоэнергетическую эффективность определяли по технологическим картам и по методикам СибНИИСХ [Неклюдов и др., 1993] и Абрамова Н.В., Селюковой Г.П., [2000], экономическую эффективность – на основании технологических карт, с учетом действующих цен на материально-технические ресурсы Уральского НИИСХ. Математическую обработку данных, дисперсионный анализ и корреляционную зависимость определяли по методике Б.А. Доспехова [1985] с использованием программ «Microsoft».

Глава 3 Результаты исследований

3.1 Роль предшественников и фонов питания яровой пшеницы в улучшении агрофизических и агрохимических показателей темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы

Структура и плотность почвы. Анализ структуры почвы к моменту уборки показал, что существенных различий по предшественникам не было выявлено. Количество агрономически ценных агрегатов 0,25-10 мм варьировало от 64,4 до 73,0 % (таблица 1). Благодаря большому количеству пожнивно-корневых остатков, положительно сказавшихся на процессе почвообразования на минеральном и органо-минеральном фонах, количество агрономически ценных агрегатов существенно увеличилось на 4,9-6,6 %, по отношению к контролю ($НСР_{05}=4,6$ %). Коэффициент структурности при применении удобрений возрос в 1,2-1,4 раза по отношению к естественному фону питания. На фоне без внесения удобрений лучшее оструктуривание почвы отмечено после сидерального пара и клевера. Количество агрономически ценных агрегатов составило – 65,5-66,5 %, коэффициент структурности – 1,90-1,99.

На органо-минеральном фоне существенное увеличение коэффициента структурности наблюдалось после гороха и клевера на 0,78-0,96, по сравнению с фоном без удобрений ($НСР_{05}=0,64$). Установлена сильная корреляция между количеством структурных агрегатов (0,25-10 мм) и запасами влаги в период посева в слое 0-50 см ($r = 0,85$); содержанием продуктивной влаги в слое 0-20 см в фазу полных всходов и выхода в трубку ($r = 0,80$ и $r = 0,79$).

В период посева яровой пшеницы в 2011-2013 гг. в слое 0-10 см плотность почвы варьировала от 1,03 до 1,14 г/см³. В слое 0-20 см выявлено уплотнение почвы до 1,07-1,17 г/см³. На фоне без удобрений наименьшее

значение плотности отмечено после сидерального пара (рапс) – 1,10 г/см³. Внесение удобрений, пожнивно-корневых остатков клевера и соломы гороха существенно снижало плотность почвы на 0,06-0,08 г/см³ по отношению к неудобренному фону (НСР₀₅=0,04 г/см³).

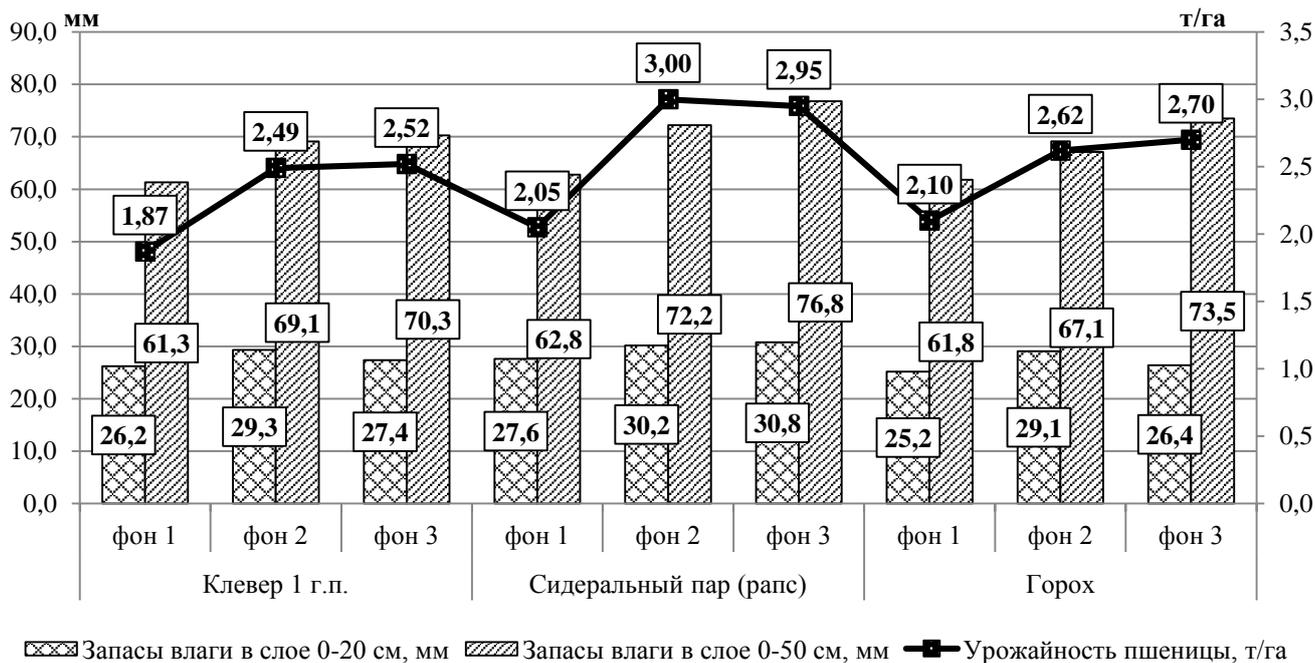
Таблица 1 – Агрофизические показатели почвы под пшеницей в зависимости от предшественника и фона питания, 2011-2013 гг.

Предшественник (А)	Фон питания (В)	Содержание воздушно-сухих агрегатов (0,25-10 мм), %	Коэффициент структурности	Плотность почвы в слое 0-20 см, г/см ³	
				в период посева	после уборки
Клевер 1 г.п.	1	65,5	1,90	1,14	1,16
	2	70,4	2,38	1,07	1,14
	3	73,0	2,70	1,07	1,13
Сидеральный пар (рапс)	1	66,5	1,99	1,10	1,16
	2	70,5	2,39	1,08	1,14
	3	70,9	2,44	1,07	1,15
Горох	1	64,4	1,71	1,17	1,21
	2	70,3	2,37	1,11	1,18
	3	72,2	2,60	1,09	1,16
НСР ₀₅ частных различий (А)		-	-	-	0,04
НСР ₀₅ главных эффектов (А)		-	-	-	0,02
НСР ₀₅ частных различий (В)		4,61	0,9	0,23	0,16
НСР ₀₅ главных эффектов (В)		2,41	0,64	0,05	0,02

К моменту уборки отмечено уплотнение почвы в слое 0-20 см до 1,13-1,21 г/см³. Применение удобрений существенно снизило плотность почвы на 0,03 г/см³ по сравнению с неудобренным фоном (НСР₀₅=0,02 г/см³). При размещении пшеницы после сидерального пара (рапс) и клевера почва была менее плотной.

Водный режим почвы. Одним из условий формирования полноценного урожая яровой пшеницы является обеспечение почвы продуктивной влагой и доступными элементами питания. В среднем за три года исследований существенных различий по количеству продуктивной влаги в пахотном (0-20 см) слое почвы по предшественникам на всех фонах питания, в период посева пшеницы, не было отмечено (рисунок 1).

Содержание продуктивной влаги в период посева в слое 0-50 см на минеральном и органо-минеральном фонах было существенно выше на 7,5-11,6 мм, чем на естественном фоне плодородия (НСР₀₅=4,13 мм). Большое количество продуктивной влаги в полуметровом слое позволил накопить сидеральный пар (рапс). Установлена сильная корреляционная связь между запасами влаги в слое 0-20 см ($r = 0,73$) и 0-50 см ($r = 0,92$) и урожайностью пшеницы.



НСР₀₅ частных различий (В)- 13,56 НСР₀₅ главных эффектов (В)- 4,13

Рисунок 1 – Влияние запасов продуктивной влаги в период посева на урожайность пшеницы в 2011-2013 гг.

Содержание продуктивной влаги в слое 0-20 см, в среднем за 2011-2013 гг., в фазу полных всходов яровой пшеницы соответствовало хорошим условиям увлажнения. На минеральном и органо-минеральном фонах выявлено существенное увеличение продуктивной влаги на 3,03-4,97 мм, по сравнению с неудобренными делянками (НСР₀₅=1,78 мм). На естественном фоне запашка рапса увеличила содержание продуктивной влаги по всходам пшеницы на 10,4-14,3 %, по сравнению с горохом и клевером.

В фазу выхода в трубку яровой пшеницы запасы влаги были на уровне 16,2-22,7 мм, т.е. близкими к удовлетворительному уровню увлажнения почвы. Минеральный и органо-минеральный фоны увеличили содержание продуктивной влаги на 12,6-29,1 %, по сравнению с естественным фоном. Установлена положительная корреляция между количеством продуктивной влаги в фазу полных всходов и выхода в трубку с урожайностью пшеницы ($r=0,68$ и $r=0,70$).

В фазу колошения увлажненность почвы не превысила 7,7 мм. Запасы влаги по предшественникам и фонам питания существенно не отличались.

Содержание минерального азота в почве. Количество нитратного азота в весенний период варьировало от 6,7 до 14,2 кг/га. Быстрое накопление нитратного азота было отмечено после заделки в почву пожнивно-корневых остатков клевера и зеленой массы рапса (рисунок 2). На удобренных фонах выявлено повышение концентрации нитратного азота на 53,4-61,3 % по

сравнению с контролем, корреляционная зависимость между урожайностью пшеницы и нитратным азотом положительная ($r = 0,63$).

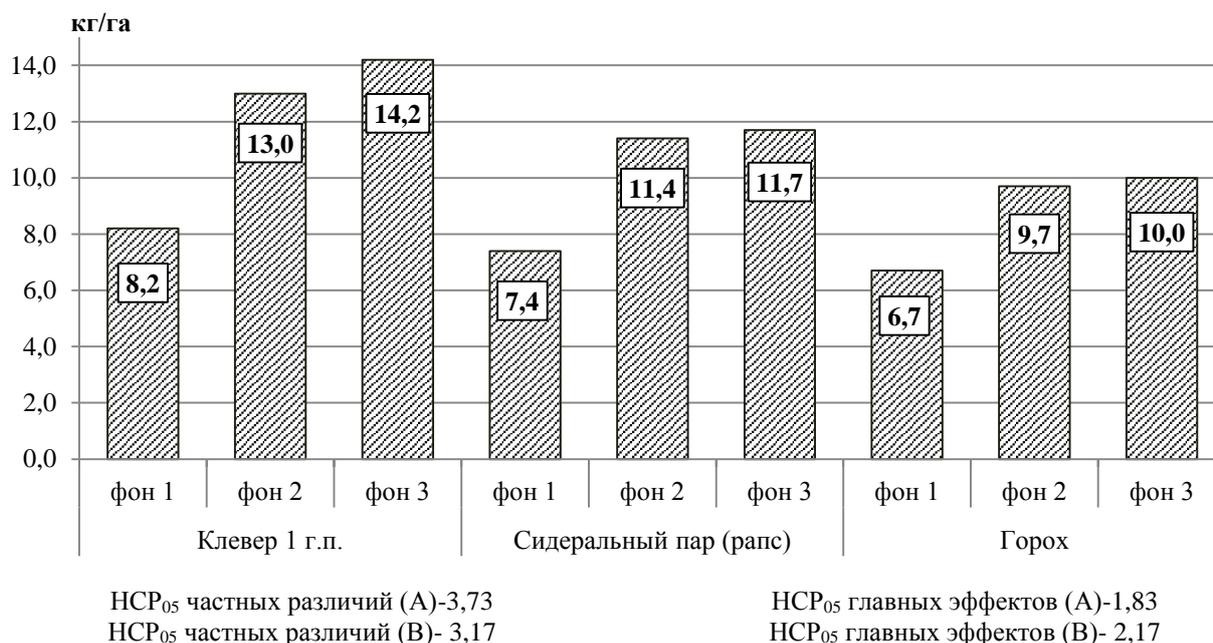


Рисунок 2 – Запасы минерального азота (N- NO₃) в период посева пшеницы в 2011-2013 гг.

Наибольшее содержание минерального азота обнаружено в пахотном горизонте в фазу полных всходов пшеницы. Содержание доступного азота на органо-минеральном и минеральном фонах питания достоверно увеличилось при применении удобрений на 6,4-10,3 мг/кг, по сравнению с естественным фоном (НСР₀₅=3,45 мг/кг). Количество минерального азота в пахотном слое в фазу выхода в трубку уменьшилось в 1,6-2,6 раза.

К фазе колошения пшеницы доступность минерального азота после сидерального пара изменялась в пределах 5,2-8,9 мг/кг. Органо-минеральный фон способствовал накоплению азота в 1,5 раза больше, чем естественный фон. Запашка рапса на минеральном и органо-минеральном фонах, увеличила содержание азота на 2,8-3,7 мг/кг по сравнению с естественным фоном.

Биологическая активность почвы. Биологическая активность почвы зависела от поступления растительной массы с пожнивными остатками и удобрений в севооборотах. За период исследований в слое 0-10 см на минеральном фоне степень разложения льняного полотна повысилась на 5,23 % (НСР₀₅=3,02 %). Более активно процесс распада органического вещества протекал на минеральном фоне после клевера, где биологическая активность почвы была существенно выше на 14,2-14,9 %, по сравнению с другими фонами (НСР₀₅=7,26 %). В слоях 10-20 см, 0-20 см различия между вариантами по степени разложения льняного полотна были незначительными.

Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы. Обеззараживание семян препаратом Виал ТрасТ увеличило энергию прорастания и всхожесть семян на 2,8-2,9 %, снизив общую зараженность

семян на 42,6 %. Биологическая эффективность данного приема составила 81,4 %.

Развитие корневых гнилей перед уборкой пшеницы варьировало от 5,9 до 17,1 % (рисунок 3). Применение фунгицида Колосаль Про существенно снизило развитие корневых гнилей на 6,96 % ($НСР_{05}=1,99$ %). При размещении пшеницы на органо-минеральном фоне после клевера и гороха установлено существенное снижение развития корневых гнилей от использования средств защиты, оно составило 7,0-11,0 %. На всех фонах питания после сидерального пара отмечено снижение развития корневых гнилей от обработки средствами защиты на 8,6-8,74 % ($НСР_{05}=5,96$ %).

Степень развития листовых пятнистостей на пшенице без обработки в среднем колебалась от 5,9 до 12,1 %. Обработка в период вегетации фунгицидом Колосаль Про уменьшила развитие листовыми пятнистостями на 3,39 % ($НСР_{05}=1,28$ %). Корреляция развития листовых пятнистостей с урожайностью ($r = -0,58$). Наиболее эффективна обработка фунгицидом была на естественном фоне плодородия после гороха, где отмечено существенное снижение листовых пятнистостей на 5,14 % и на удобренных фонах питания после клевера на 3,87-4,1 %, ($НСР_{05}=3,85$ %).

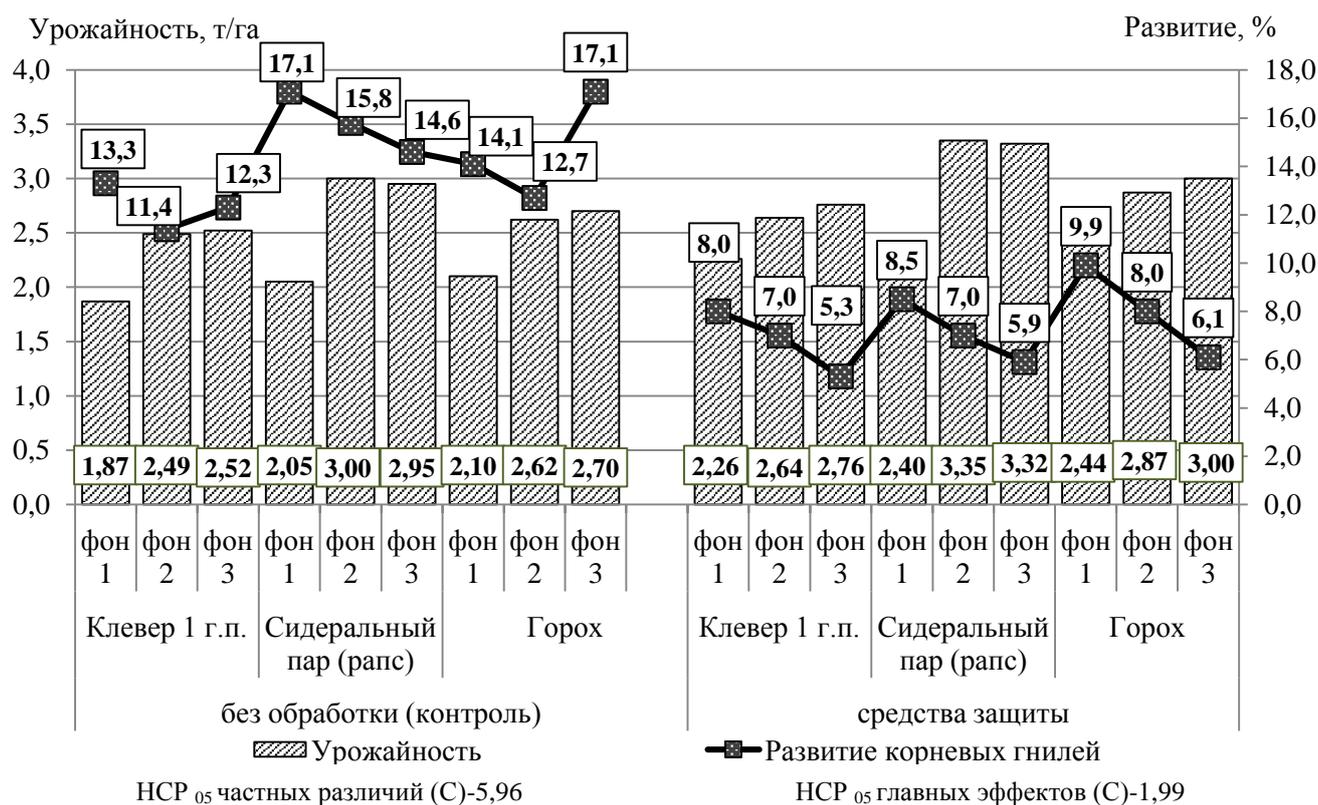


Рисунок 3 – Влияние предшественников, фона питания и средств защиты растений на развитие корневых гнилей перед уборкой и урожайность пшеницы в 2011-2013 гг.

Повреждение главных и боковых стеблей внутрестеблевыми вредителями изменялось от 8,4 до 28,3 %. Более высокая заселенность посевов внутрестеблевыми вредителями отмечена по сидеральному пару и гороху с

применением удобрений. Формирование большей вегетативной массы способствовало привлечению вредителей и нарастанию их численности. На естественном фоне наименьший процент повреждения растений выявлен после сидерального пара (рапс) – 12,4 %. Количество поврежденных стеблей при применении Борей на пшенице в фазу полного кущения снизилось на 4,7 % по отношению к варианту без обработки ($НСР_{05}=2,15$ %). Наибольшая эффективность инсектицида проявилась на пшенице, размещенной по клеверу на минеральном фоне, по сидеральному пару (рапс) на органо-минеральном, а по гороху – на неудобренном фоне.

Использование инсектицида Борей уменьшило численность личинок трипса на 1 колос на 8,04 штук ($НСР_{05}=3,14$ шт.). Между количеством пшеничного трипса и урожаем зерна пшеницы отмечалась обратная корреляционная зависимость ($r = -0,64$): с увеличением количества трипса, снижалась урожайность. Наибольшая эффективность инсектицида проявилась на удобренных фонах питания на пшенице, размещенной по клеверу и сидеральному пару (77,5 %).

Количественная засоренность пшеницы в фазу кущения в среднем за три года малолетними сорняками составила 110,5 шт./м² и многолетними – 6,6 шт./м². Уровень засоренности пшеницы в фазу кущения по сидеральному пару был ниже, чем после гороха и клевера. Запашка сидерального удобрения в паровом поле подавляла сорную растительность, существенно снижая долю многолетних сорняков на 4,4-4,5 шт./м² ($НСР_{05}=2,95$ шт./м²) по отношению к пшенице, размещенной по клеверу и гороху. При применении гербицида засоренность малолетними сорняками существенно снизилась на 52,7 шт./м² ($НСР_{05}=11,22$ шт./м²), а многолетними на 5,04 шт./м² ($НСР_{05}=0,92$ шт./м²). Наибольшее количество малолетних сорняков после применения средств защиты погибло на неудобренном и минеральном фонах при размещении пшеницы после гороха и клевера. Против многолетних сорняков гербицид подействовал сильнее на органо-минеральном фоне и фоне без удобрений при возделывании пшеницы после клевера и гороха, биологическая эффективность приема составила 65,5-79,4 %.

Урожайность яровой пшеницы. В благоприятном по погодным условиям 2011 году сформировался более высокий урожай яровой пшеницы. Влияние предшественников на формирование урожайности пшеницы нивелировалось достаточным количеством влаги и удобрениями. По эффективности влияния на урожайность пшеницы минеральный и органо-минеральный фоны имели равноценное значение, увеличив сбор зерна в среднем на 1,22-1,24 т/га ($НСР_{05}=0,32$ т/га), по сравнению с вариантом без удобрений. Использование средств защиты повысило урожайность пшеницы по вариантам на 0,20 т/га ($НСР_{05}=0,18$ т/га). Высокая эффективность минерального фона отмечена при посеве пшеницы после клевера и сидерального пара (рапс), где дополнительный сбор урожая составил 1,14-1,84 т/га ($НСР_{05}=0,78$ т/га). Наименьший эффект от фонов питания наблюдался при размещении пшеницы после гороха. В 2012 году из предшественников лучшими оказались клевер и

сидеральный пар (рапс), после которых была получена урожайность пшеницы 1,65-1,84 т/га. На минеральном и органо-минеральном фонах питания сбор зерна был существенно выше на 0,26-0,31 т/га, по сравнению с вариантом без удобрений ($НСР_{05}=0,10$ т/га). Увеличение урожайности пшеницы от применения средств защиты в среднем составило 29 %. Прибавка урожайности от удобрений при посеве пшеницы по клеверу составила 0,42-0,44 т/га. В 2013 году урожайность яровой пшеницы изменялась от 2,18 до 2,89 т/га ($НСР_{05}=0,49$ т/га). Использование средств защиты существенно повысило продуктивность яровой пшеницы на 0,29 т/га ($НСР_{05}=0,13$ т/га). Достоверная прибавка урожайности пшеницы от использования средств защиты отмечена на органо-минеральном фоне при посеве по сидеральному пару – 0,84 т/га и на фоне без удобрений после клевера – 0,43 т/га ($НСР_{05}=0,38$ т/га).

В период исследований урожайность яровой пшеницы по вариантам опыта в среднем была 1,87-3,35 т/га. Увеличение урожая зерна пшеницы на 8,7-18,2 % было получено после сидерального пара (рапс), по сравнению с горохом и клевером (таблица 2).

В 2010 и 2012 годах из-за недостатка влаги и высоких температур воздуха сбор клевера не превысил 7,0-23,0 т/га, а изреживание клевера привело к увеличению засорения посевов пшеницы многолетними сорняками. В результате низкой продуктивности в эти годы клевер как предшественник заметно уступал гороху и сидеральному пару по влиянию на урожайность пшеницы.

Минеральный и органо-минеральный фоны равноценно увеличили урожайность на 0,72 т/га, по сравнению с фоном без удобрений, а средства защиты на 0,58-0,66 т/га. Наибольший эффект от применения удобрений отмечен после клевера и сидерального пара, где прибавка составила 34,0-46,1 %. Использование средств защиты повысило урожайность зерна пшеницы на 12,5%.

Структура урожая яровой пшеницы. Наибольшее количество продуктивных стеблей было на удобренных делянках после сидерального пара – 472,3 шт./м². Применение средств защиты достоверно увеличило количество продуктивных стеблей на 23,8 шт./м² ($НСР_{05}=22,9$ шт./м²). Наиболее эффективно средства защиты действовали на естественном фоне плодородия при возделывании пшеницы после гороха, где количество продуктивных стеблей возросло на 85,7 шт./м², по сравнению с клевером ($НСР_{05}=68,6$ шт./м²). Сильная корреляция между урожайностью и количеством продуктивных стеблей отмечена в 2011 г. и в среднем за 2011-2013 гг. ($r = 0,84$ и $r = 0,70$).

Масса 1000 зерен пшеницы изменялась от 31,4 до 37,6 г. Применение средств защиты и удобрений увеличили массу 1000 зерен на 2,0 г ($НСР_{05}=1,05$ г) и 2,7 г ($НСР_{05}=1,56$ г), соответственно. Использование средств защиты на минеральном фоне при размещении пшеницы после сидерального пара повышало массу 1000 зерен на 12,6 %. Наибольшее количество зерен в колосе наблюдалось на органо-минеральном фоне при применении средств защиты – 24,5-25,9 штук.

Таблица 2 – Влияние предшественника, фона питания и средств защиты в севооборотах на урожайность яровой пшеницы, 2011-2013 гг.

Предшест- венник (А)	Фон пита- ния (В)	Средст- ва защиты (С)	Урожайность, т/га				Среднее по факторам		
			2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	А	В	С
Клевер 1 г.п.	1	1	2,59	1,20	1,83	1,87	2,42	2,19	2,48
		2	2,73	1,78	2,26	2,26			2,79
	2	1	3,73	1,64	2,09	2,49			
		2	3,85	1,81	2,27	2,64			
	3	1	3,80	1,62	2,14	2,52			
		2	3,93	1,84	2,51	2,76			
Сидеральный пар (рапс)	1	1	2,63	1,18	2,35	2,05	2,86	2,84	-
		2	2,95	1,78	2,53	2,42			
	2	1	4,47	1,83	2,81	3,04			
		2	4,70	2,20	3,16	3,35			
	3	1	4,14	1,87	2,83	2,95			
		2	4,13	2,16	3,67	3,32			
Горох	1	1	2,83	1,15	2,32	2,10	2,63	2,88	-
		2	3,16	1,70	2,45	2,44			
	2	1	3,73	1,22	2,92	2,62			
		2	3,81	1,75	3,04	2,87			
	3	1	3,86	1,35	2,96	2,72			
		2	4,02	1,81	3,17	3,00			
В среднем			3,61	1,66	2,63	2,63	-	-	-
НСР ₀₅ частных различий (А)			-	0,54	1,20	-			
НСР ₀₅ частных различий (В)			0,78	0,25	0,97	0,81			
НСР ₀₅ частных различий (С)			0,53	0,35	0,38	0,28			
НСР ₀₅ главных эффектов (А)			-	0,22	0,49	-			
НСР ₀₅ главных эффектов (В)			0,32	0,10	0,40	0,33			
НСР ₀₅ главных эффектов (С)			0,18	0,12	0,13	0,10			

Глава 4 Экономическая и биоэнергетическая оценка элементов технологии возделывания яровой пшеницы

Экономическая эффективность. Возделывание пшеницы после сидерального пара (рапса) на удобренных фонах питания принесло наиболее высокий чистый доход на 1 га пашни – 13058,6 и 17108,7 рублей, что объясняется увеличением урожая и более низкими затратами на производство. Применение средств защиты на пшенице, возделываемой по сидеральному пару на минеральном и органо-минеральном фонах, повысило чистый доход на 1096,6 рублей и 1589,6 рублей. Уровень рентабельности повысился на 55,9-61,9 %. В этих вариантах была отмечена самая низкая себестоимость 1 т зерна – 5308,3 и 5433,0 рублей. На фоне без внесения удобрений, при размещении пшеницы после гороха была получена высокая прибыль на 1 га

пашни – 10610,8 рублей и 11892,7 рубля, а уровень рентабельности повысился на 13,4-51,8 %, по сравнению с рапсом и клевером. Снижение рентабельности на 19,8 % на органо-минеральном фоне в зернотравяном севообороте было обусловлено увеличением затрат в 1,2 раза на внесение навоза, по сравнению с минеральным фоном. Применение средств защиты на неудобренном фоне по клеверу увеличило рентабельность производства пшеницы на 5,7 %, снизив себестоимость зерна на 7,9 %, благодаря повышению урожайности пшеницы на 20,9 %.

Энергетическая эффективность. В среднем за годы исследований, затраты совокупной энергии при возделывании яровой пшеницы составили 18,80-46,24 ГДж/га. Соотношение содержания энергии в урожае пшеницы (30,55 и 34,25 ГДж/га) к затратам совокупной энергии (20,01 и 18,80 ГДж/га) повлияло на коэффициент энергетической эффективности, который был выше на фоне без удобрений после клевера – 1,53 и гороха – 1,82 (1,67 и 1,91 в сочетании со средствами защиты). Сидеральный пар (рапс) на фоне минеральных удобрений обеспечил наибольший выход валовой энергии с урожаем пшеницы 49,53 ГДж/га и 54,69 ГДж/га (со средствами защиты). Однако, на подготовку, внесение сидерата и минеральных удобрений было затрачено 21,45-21,32 ГДж/га. В результате этого затраты совокупной энергии при возделывании пшеницы были наибольшими – 44,6-46,24 ГДж/га, а коэффициент энергетической эффективности снизился до 1,11-1,17 единиц. На органо-минеральном фоне в сочетании со средствами защиты сидеральный пар (рапс) и клевер обеспечили наибольший коэффициент энергетической эффективности 1,29-1,32 (2,89-2,90 с учетом побочной продукции), содержание энергии в урожае 54,15-45,02 ГДж/га при затратах совокупной энергии 41,17-34,23 ГДж/га. Применение средств защиты повышало коэффициент энергетической эффективности по всем вариантам опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При применении удобрений, независимо от предшественника, наблюдалось улучшение структуры почвы, по сравнению с неудобренным фоном. Количество ценных агрегатов при внесении удобрений увеличилось на 4,9 –6,6 %. На неудобренном фоне наибольшее количество агрономически ценных агрегатов было отмечено на пшенице, размещенной по рапсу и клеверу. Наилучшие показатели агрегатного состава почвы выявлены на органо-минеральном фоне, в вариантах, где предшественником были бобовые культуры (клевер 1 г.п., горох).

2. Плотность почвы под яровой пшеницей в период посева не превышала 1,07-1,17 г/см³. Наименьший показатель плотности почвы был в вариантах, где в качестве предшественника пшеницы использовали сидеральный пар (рапс) и клевер. К моменту уборки отмечено незначительное уплотнение пахотного слоя до 1,12-1,26 г/см³. При размещении пшеницы после сидерального пара (рапс) и клевера плотность почвы в слое 0-10 см, 10-20 см

была менее плотной. Запашка соломы гороха на органо-минеральном фоне снизила плотность почвы под пшеницей на 0,06 г/см³, по сравнению с естественным фоном питания Достоверное снижение данного показателя на пшенице, размещаемой после сидерального пара (рапс), обеспечил только минеральный фон.

3. Запасы продуктивной влаги по всем предшественникам на минеральном и органо-минеральном фонах в слое 0-50 см были достоверно выше на 7,6-11,6 мм, чем на естественном фоне плодородия. Наибольшее накопление продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см выявлено на удобренных вариантах с размещением пшеницы после сидерального пара (рапс) и клевера. Существенных различий продуктивной влаги, в период посева пшеницы, в слое 0-20 см почвы по предшественникам на всех фонах питания не было обнаружено.

4. На удобренных фонах выявлено повышение концентрации нитратного азота на 53,4-61,3 %, что отразилось на урожайности яровой пшеницы, корреляционная зависимость между признаками положительная ($r = 0,63$). Высокое накопление нитратного азота было отмечено под яровой пшеницей, идущей после клевера и сидерального пара (рапса).

5. Внесение соломы, сидератов, запашка пожнивно-корневых остатков клевера на удобренных фонах питания способствовали повышению содержания минерального азота в фазу полных всходов пшеницы на 6,4-10,3 мг/кг, по сравнению с естественным фоном. Наибольшее увеличение азота на минеральном фоне отмечено после рапса и гороха – 9,4-12,4 мг/кг, по сравнению с фоном без удобрений. В фазу выхода в трубку достоверных различий между вариантами не обнаружено. В фазу колошения пшеницы более высокое содержание азота наблюдалось после сидерального пара (рапс) на удобренных фонах питания. На пшенице, размещенной после гороха, только органо-минеральный фон обеспечил достоверное повышение азота на 2,3 мг/кг.

6. Более высокая биологическая активность почвы была отмечена на минеральном фоне на пшенице, идущей после клевера, степень разложения льняного полотна была существенно выше на 14,2-14,9 %, по сравнению с другими фонами. В слоях 10-20 см, 0-20 см различия между вариантами по степени разложения льняного полотна были незначительными.

7. Обработка семян протравителем с опрыскиванием по вегетации Колосаль Про защитила посевы от корневых гнилей и листо-стеблевой инфекции, уменьшив развитие болезни в 1,4-2,8 раза, по сравнению с контролем. Биологическая эффективность этого приема по сидеральному пару увеличилась до 60 %. Степень развития корневых гнилей на пшенице на необработанных вариантах к уборке возросла в 1,1-2,0 раза.

8. Высокая заселенность посевов внутрискосовыми вредителями отмечена на пшенице после сидерального пара и гороха на удобренных фонах питания. Независимо от применения средств защиты, на неудобренном фоне минимальный процент повреждения внутрискосовыми вредителями выявлен на пшенице, размещенной после сидерального пара (рапса) и гороха, а трипса –

после сидерального пара. Применение Борея снизило поврежденность внутрестеблевыми вредителями на 8,9-35,7 % и численность личинок трипса на 1 колос на 28,4 %. Высокая эффективность инсектицида проявилась на пшенице, размещенной по клеверу с применением минеральных удобрений.

9. В борьбе с многолетними сорными растениями более эффективными были предшественник и применение гербицида. Наименьше всего были засорены посеы пшеницы после сидерального пара (рапс), количество многолетних сорняков было в 2,1-2,3 раза ниже, по сравнению с горохом и клевером. Фактором, регулирующим засоренность малолетними сорными растениями, были средства защиты, количество малолетних сорняков уменьшалось в 2,1 раза.

10. Использование сидерального пара (рапс) в качестве предшественника на удобренных фонах питания обеспечило урожайность яровой пшеницы в пределах 2,95-3,35 т/га, прибавка урожая зерна пшеницы, по сравнению с горохом и клевером составила 8,0-18,2 %. Минеральный и органо-минеральный фоны питания равноценно увеличили урожайность на 0,72 т/га, по сравнению с вариантом без удобрений. Прибавка урожая пшеницы от применения средств защиты составила 0,15-0,39 т/га.

11. Лучшие показатели структуры урожая на фоне без удобрений отмечались в варианте, где предшественником выступал горох, а с применением удобрений – сидеральный пар (рапс). Прибавка урожайности зерна яровой пшеницы сформировалась за счет увеличения продуктивных стеблей, массы 1000 семян и озерненности колоса.

12. Высокий экономический эффект был получен при возделывании яровой пшеницы после сидерального пара (рапс) на удобренных фонах питания. Себестоимость зерна пшеницы после рапса была ниже в 1,6-2,1 раза по сравнению с горохом и клевером. На неудобренном фоне лучшие экономические показатели наблюдались при возделывании яровой пшеницы после гороха, рентабельность производства возросла на 13,4-51,8 %. Наибольший эффект от средств защиты получен при размещении пшеницы после клевера на фоне без удобрений, себестоимость зерна в этом варианте снизилась на 7,9 %, а рентабельность увеличилась на 5,7 %.

13. Максимальный коэффициент энергетической эффективности отмечен на неудобренном фоне при размещении пшеницы после гороха – 1,82 и 1,91 – с использованием средств защиты. Применение сидерата, соломы и минеральных удобрений увеличивало затраты совокупной энергии и снижало энергетическую эффективность возделывания пшеницы в 1,4-1,7 раза, вследствие их высокой энергоемкости. На органо-минеральном фоне наибольший коэффициент энергетической эффективности (1,29 и 1,32) и приращение валовой энергии (12,3 и 10,79 ГДж/га) наблюдались при размещении пшеницы после сидерального пара (рапс) и клевера в сочетании со средствами защиты. Использование средств защиты повышало коэффициент энергетической эффективности по всем вариантам опыта.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях Среднего Урала на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве при возделывании яровой пшеницы в севообороте в хозяйствах, специализирующихся на производстве зерна наряду с клевером рекомендуем расширить ассортимент предшественников сидеральным паром (рапс). Запашка рапса в фазу цветения с зеленой массой не менее 15 т/га на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ в качестве предшественника для яровой пшеницы позволит улучшить показатели почвенного плодородия, фитосанитарное состояние посевов и получить урожайность пшеницы на уровне 3-4 т/га, обеспечив прибавку урожая зерна до 18 %.

Применять средства защиты растений (протравитель+(баковая смесь (фунгицид+гербицид+инсектицид)) при условии превышения экономического порога вредоносности для оптимизации фитосанитарного состояния посевов и увеличения урожайности пшеницы после бобовых культур (клевер, горох) на 11,5-11,8 % и сидерального пара (рапс) – 13 %.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях:

1. **Попова В.В.** Использование ярового рапса в качестве сидеральной культуры в условиях Среднего Урала / П.А. Постников, В.В. Попова, О.В. Васина, Е.Л. Тиханская // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 5. – С. 20-27.
2. **Попова В.В.** Влияние элементов технологии на урожайность и экономическую эффективность возделывания яровой пшеницы на Среднем Урале / В.В. Попова, Н.Н. Зезин // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 77-82.
3. **Попова В.В.** Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от средств химизации при ее возделывании в условиях Среднего Урала / В.В. Попова, Е.В. Колобков, П.А. Постников // АПК России. – 2016. Т. 23. – № 4. – С. 810-815.
4. **Попова В.В.** Продуктивность клевера в полевых севооборотах / П.А. Постников, В.В. Попова // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 2 (6). – С. 29-34.

Монография:

5. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области: монография / Н.Н. Зезин, А.Э. Панфилов, Е.П. Шанина, В.В. Попова и [др.] – Екатеринбург, 2020. – 372 с.

Публикации в других научных изданиях:

6. **Попова В.В.** Оптимизация элементов технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Среднего Урала / П.А. Постников, В.В. Попова // Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК: материалы

Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2018. – С. 220-229.

7. **Попова В.В.** Урожайность яровой пшеницы в севооборотах в зависимости от предшественника / П.А. Постников, В.В. Попова // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 6. – С. 35-38.

8. **Попова В.В.** Воздействие агробиологических приемов на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / П.А. Постников, В.В. Попова // Нивы Зауралья. – 2015. – № 9 (131). – С. 60-62.

9. **Попова В.В.** Влияние элементов технологии возделывания яровой пшеницы на ее продуктивность / В.В. Попова, Н.Н. Зезин, Е.В. Колобков // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Екатеринбург, 2014. – С. 193-196.

10. **Попова В.В.** Севообороты для хозяйств различной специализации. / П.А. Постников, В.В. Попова // Новые горизонты аграрной науки Урала. Сборник научных трудов ГНУ Уральский НИИСХ (к зональным совещаниям по проведению полевых работ в Свердловской области в 2014 году). – Екатеринбург, 2014. – С. 30-35.

11. **Попова В.В.** Влияние предшественников и удобрений на урожайность яровой пшеницы / В.В. Попова, Н.Н. Зезин, П.А. Постников // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы Международной научно-технической конференции. – Челябинск, 2014. – С. 188-194.

12. **Попова В.В.** Влияние предшественников, системы удобрений и средств защиты растений на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы / В.В. Попова // Инновационные решения актуальных проблем в АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Екатеринбург, 2013. – С. 329-333.

13. **Попова В.В.** Влияние предшественников и системы удобрений на свойства темно-серой лесной почвы и урожайность яровой пшеницы в условиях Среднего Урала / В.В. Попова, Н.Н. Зезин, П.А. Постников // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Екатеринбург, 2012. – С. 279-286.