

На правах рукописи

Полетаев Илья Сергеевич

**ПРИЁМЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИИ ЯРОВОЙ
ПШЕНИЦЫ К ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ОБРАБОТКЕ
ЧЕРНОЗЁМОВ ЮЖНЫХ В ПОВОЛЖЬЕ**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов 2016

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель – **Денисов Евгений Петрович**,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты: **Семина Светлана Александровна**, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА, профессор
кафедры переработки сельскохозяйственной
продукции

Азизов Закиулла Мтыуллоевич, доктор
сельскохозяйственных наук, ведущий
научный сотрудник отдела земледелия и
агротехнологий ФГБНУ «Научно
исследовательский институт сельского
хозяйства Юго-Востока»

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет им.
Н. П. Огарёва".

Защита состоится «___» _____ 2016 г. в ___ часов на заседании
диссертационного совета Д 220.061.05 на базе федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.
Вавилова» по адресу 410012, г. Саратов, Театральная пл., д. 1.

E-mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО
Саратовский ГАУ.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Главной задачей и целью сельскохозяйственного производства является обеспечение населения продовольствием. Яровая пшеница – одна из главных продовольственных культур нашей страны. Увеличение урожайности яровой пшеницы должно сопровождаться уменьшением энергетических затрат на её производство, снижением себестоимости зерна и повышением рентабельности.

Большую актуальность в настоящее время приобретают ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур и особенно малозатратные приёмы обработки почвы. Современным направлением энергосберегающего земледелия является внедрение в сельскохозяйственное производство минимализации обработки почвы на основе применения эффективных гербицидов, минеральных удобрений, микроудобрений и т.д. Повышение компенсаторной способности полевых культур при помощи приёмов улучшения адаптации растений к внешним условиям и энергосберегающим технологиям в агроландшафтном земледелии в настоящее время приобретает актуальное значение.

Настоящая работа является продолжением этого направления и связана с широким внедрением минимализации обработки почвы.

Степень разработанности темы. Несмотря на большой объем исследований относительно минимализации обработки почвы в литературе нет единого мнения. Изучением приёмов обработки почвы в Поволжье занимались Н.Н. Иванов (1983); В.М. Жидков (1987); Г.И. Казаков (1997), И.А. Чуданов (1998), С.Н. Немцев (2011), В.И. Каргин (2011) и др. По мнению одних авторов, минимальная обработка почвы не изменяла или снижала урожайность зерновых культур (А.В. Вражнов, 2010; А.П. Солодовников, 2015; Е.П. Денисов, 2016), по другим данным она имела превосходство по сравнению со вспашкой (А.А. Белкин, Н.В. Беседин, 2010).

При минимализации обработки почвы снижаются затраты на производство сельскохозяйственных культур, повышается производительность труда и уменьшается эрозия почвы (Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов, 1983; М.М. Сабитов, 2002; Е.П. Денисов, 2003; В.И. Столяров, 2006).

Для предотвращения негативных последствий при внедрении и освоении технологий минимальной и нулевой обработки почвы важную роль имеют минеральные и микробиологические удобрения нового поколения, обладающие антистрессовым характером действия (Е.А. Соколова, С.А. Камчатный, В.П. Лухменёв и др., 2016).

Применение антистрессовых агроприёмов повышающих компенсаторную способность растений для яровой пшеницы в условиях Поволжья изучено недостаточно.

Цель работы – изучить влияние различных способов энергосберегающей обработки почвы в сочетании с минеральными удобрениями, микроудобрениями и удобрениями на основе гуминовых кислот на плодородие чернозёмов южных, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследовать влияние различных способов обработки почвы на агрофизические свойства чернозёма южного в посевах яровой пшеницы;
- изучить роль различных способов обработки почвы в формировании запасов доступной влаги в почвогрунтах за осенне-зимний период;
- установить изменение органического вещества в почве под воздействием различных способов обработки почвы;
- выявить роль различных способов обработки в динамике питательных веществ почвы и засорённости посевов яровой пшеницы;
- определить влияние минеральных удобрений, удобрений на основе гуминовых кислот и микроудобрений на снижение стрессовых ситуаций яровой пшеницы при минимализации обработки почвы, повышение урожайности и качества зерна;
- рассчитать энергетическую и экономическую эффективность изучаемых агроприёмов при выращивании яровой пшеницы.

Научная новизна исследований. В работе показано изменение структурности, плотности, пористости и запасов продуктивной влаги в почве при применении ресурсосберегающих обработок.

Изучено влияние изменения агрофизических свойств почвы на накопление гумуса при использовании приёмов минимализации. Выявлена роль воздействия обработок почвы на фитоценотические связи в посевах яровой пшеницы.

Определено влияние применения минеральных удобрений на хелатной основе, микроудобрений, и удобрений на основе гуминовых кислот при энергосберегающих обработках почвы на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Показана зависимость аминокислотного состава растений от влияния стрессовых ситуаций, вызываемых различными способами обработки почвы, и эффективность антистрессовых агроприёмов.

Дана энергетическая и экономическая оценка эффективности применения минеральных удобрений на хелатной основе, микроудобрений и удобрений на основе гуминовых кислот на фоне различных приёмов минимализации обработки почвы.

Практическая значимость заключается в конкретных рекомендациях по применению минеральных удобрений на хелатной основе, микроудобрений, и удобрений на основе гуминовых кислот при различных способах энергосберегающей обработки почвы. Их использование позволит получить стабильную урожайность и высокое качество зерна яровой пшеницы в различные по влагообеспеченности годы с низкой себестоимостью и высокой рентабельностью производства. Уровень рентабельности на опытных вариантах при минимализации обработки почвы с применением разработанных агроприёмов по сравнению со вспашкой возрос с 53 до 137%.

Результаты исследований внедрены в ООО «Эвелина» Саратовского района Саратовской области на площади 105 га, эффективность внедрения составила 0,8 тыс. руб. на га.

Методология и методы исследований основывается на научном изучении практического земледелия и частных методик проведения экспериментов. Были использованы системный подход, методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, обобщения, наблюдения, сравнения и классификации. Расчёты и обработка результатов исследований выполнялись корреляционным, регрессионным и дисперсионным методами математической статистики с применением пакетов прикладных программ Agros, Statistika 7.0 и Microsoft Excel.

Положения, выносимые на защиту:

- особенности изменения агрофизических и агрохимических свойств чернозёма южного под влиянием минимализации обработки;
- зависимость формирования запасов продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы на фоне различных способов обработки почвы;
- характер влияния способов обработки на сохранение плодородия чернозёма южного и засорённость посевов яровой пшеницы;
- закономерности изменения урожайности и качества зерна яровой пшеницы при минимализации обработки почвы в сочетании с внекорневыми подкормками минеральными удобрениями на хелатной основе, микроудобрениями и удобрениями на основе гуминовых кислот;
- энергетическая и экономическая оценка использования различных обработок почвы в сочетании с внекорневой подкормкой минеральными и микробиологическими удобрениями при возделывании яровой пшеницы.

Достоверность полученных результатов подтверждена многолетним периодом исследований, использованием широко апробированных методик, необходимым объемом проведённых анализов, замеров, наблюдений, обработкой экспериментального материала математическими методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного и вариационного анализа, производственной проверкой результатов исследований.

Апробация результатов научных исследований. Результаты исследований были представлены на внутривузовских, всероссийских и международных научно-практических конференциях, и конкурсах (Саратов, 2013, 2014, 2015, 2016; Воронеж, 2013; Брянск, 2014, 2015, 2016; Пенза, 2014, 2015; Волгоград, 2014, 2015; Оренбург, 2015).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 15 научных работ, в том числе 3 в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, подана заявка на патент «Способ оценки эффективности агроприёмов путём измерения стрессоустойчивости растений» № 2015150584, дата 25.11.2015.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 8 глав, заключения и предложений производству. Работа изложена на 151 странице компьютерного текста, содержит 51 таблицу и 141 приложение. Список литературы включает 202 источника, в том числе 25 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Энергосберегающие приёмы в современной технологии возделывания яровой пшеницы (обзор литературы)

В литературном обзоре показано значение пшеницы как ценной продовольственной культуры и её биологические особенности. Наряду с получением стабильных урожаев, повышением качества зерна пшеницы особое внимание заслуживает снижение себестоимости производства за счет уменьшения производственных затрат. Так как большая доля затрат принадлежит обработке почвы, то раскрывается значение минимализации обработки почвы. Рассматривая отрицательные стороны минимальной обработки почвы, многие приравнивают её к возникновению стрессовой ситуации в силу того, что при её использовании повышается плотность почвы, засорённость полей, снижается содержание нитратного азота, ухудшается аэрация глубоких слоёв и т.д. Однако по этому вопросу нет единой точки зрения. Раскрывается противоречивость мнений относительно эффективности различных способов обработки почвы при возделывании яровой пшеницы с точки зрения влияния их на урожайность. Одни авторы считают, что минимализация обработки почвы не влияет на урожайность и даже повышает её. По утверждению других учёных, минимальная обработка почвы имела превосходство по сравнению со вспашкой.

Описывается стрессовая ситуация, которая может быть значительно снижена за счёт повышения адаптации растений различными агроприёмами, в том числе применением гербицидов и внекорневой подкормки минеральными удобрениями, микроудобрениями, удобрениями на основе гуминовых кислот, а также биологически активными ростовыми веществами. Это обуславливает необходимость изучения различных способов ресурсосберегающих обработок почвы в конкретных районах засушливой части Поволжья в сочетании с приёмами, повышающими адаптацию растений к антропогенным стрессам.

2. Условия, схема и методика проведения экспериментов

Работа выполнена на опытном поле Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова в 2014–2016 гг. на слабосмытых чернозёмах южных с содержанием гумуса в пахотном слое 3,3%. Погодные условия 2014 - 2016 гг. были средне влажными. В 2014 г. гидротермический коэффициент составил 0,62; в 2015 г. – 0,87; в 2016 г. – 0,71. Осадков за вегетацию пшеницы выпало соответственно 139,3; 177,3 и 160,0 мм.

Изучались различные способы основной обработки почвы: вспашка, два осенних дискования, одно осеннее дискование, нулевая обработка на фоне внекорневой подкормки микроудобрениями, минеральными удобрениями на хелатной основе и удобрениями на основе гуминовых кислот.

Опыт №1 включал в себя 4 варианта: 1. Вспашка на глубину 22-25 см; 2. Два дискования: первое – на глубину 10-12 см, второе – на 12-14 см; 3. Одно дискование на глубину 10-12 см; 4. Нулевая обработка.

Опыт №2 включал в себя двукратную внекорневую обработку посевов яровой пшеницы препаратами Агрика (2 л/га), Микроэл (0,2 л/га), Страда N (3 л/га), Реасил (2 л/га), Биокомплекс (4 л/га). Изучаемые препараты вносили по всем вариантам обработки почвы методом расщеплённых делянок.

Площадь опытной делянки 150 м². Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное.

Яровая пшеница высевалась в звене полевого севооборота (чечевица-яровая пшеница-овес-ячмень). Осенью после уборки предшественника почва обрабатывалась гербицидом Раундап нормой 4 л/га опрыскивателем Amazone UG 3000. Вспашку проводили плугом ПЛН-5-35, на вариантах с дискованиями применяли орудие Catros 3001. На всех вариантах яровая пшеница высевалась сеялкой «Берегиня» АП-421. Высевался сорт Фаворит, норма высева 3,5 млн. всхожих зёрен на га, глубина заделки семян 6-8 см. В фазу кущения яровой пшеницы посевы опрыскивали гербицидом Альянс нормой 0,2 л/га. Внекорневую подкормку препаратами проводили в фазу кущения и колошения яровой пшеницы. Для уборки урожая использовали комбайн Терон 2010.

Полевой опыт сопровождался наблюдениями и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками (Б.А. Доспехов, 1985).

В процессе исследований велись наблюдения за влажностью почвы – полевым, термостатно-весовым методом до глубины 1 м; плотностью почвы – буром Н.А. Качинского методом режущих колец послойно через 0,1 м до глубины 0,6 м; структурностью почвы – сухим рассеиванием; степенью водопрочности структурных агрегатов – методом П.И. Андрианова; наступлением фенологических фаз – глазомерно по всем вариантам опыта в двух несмежных повторениях; засорённость посевов – количественно-весовым методом в 10-ти кратной повторности с площадок 0,25 м²; содержанием нитратного азота – дисульфифеноловым методом с реактивом Лунге-Грисса; содержанием доступного фосфора – по Б.П. Мачигину; обменным калием – по И.Я. Масловой; нитрификационной способностью почвы – по «Методическим указаниям...» (М., 1984); подвижными формами фосфора – по Б.П. Мачигину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-84); обменными основаниями Ca²⁺ и Mg²⁺-согласно МРТУ № 46-15-67; обменным натрием – по ГОСТ 26950-86; гумусом – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84).

Урожайность учитывали методом пробных снопов в 7 кратной повторности. Качество урожая определяли в лаборатории ФГБУ Саратовская МВЛ по методике определения количества и качества клейковины в пшенице (ГОСТ Р544782011 г).

Содержание пролина в зелёной массе определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "капель" (Методика М-04-38-2009 с изменениями №1 от 01.02.2010. Свидетельство №223.104.10.150/2009 от 20.11.2009. ФР.1.31.2010.07015).

Расчёт стрессового коэффициента и коэффициента адаптации проводился по методике А.П. Стаценко (Заявка РФ на изобретение № 2002128069 от 18.10.2002 г., опубликовано 20.04.2004 г).

Математическая обработка опытных данных проводилась методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и вариационного анализа с использованием компьютера по Б.А. Доспехову (1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. Агрофизические свойства почвы

Изменение структуры почвы под влиянием различных приёмов обработки. На структуру почвы в значительной мере влияли различные приёмы обработки. Агрономически ценные структурные агрегаты на варианте со вспашкой составляли 64,1%. Коэффициент структурности равнялся 1,78. На варианте с двукратным дискованием количество ценных структурных агрегатов снизилось до 58,7%. Это ниже, чем при вспашке на 5,4%. При одном дисковании количество структурных агрегатов возросло по сравнению с двумя дискованиями на 4,0%, а при нулевой обработке – на 11,6%. Водопрочность структурных агрегатов после вспашки была заметно ниже, чем на вариантах с энергосберегающими обработками почвы. После двух осенних дискований водопрочность повысилась по сравнению со вспашкой на 2,7%; после одного дискования – на 3,9%, на варианте с нулевой обработкой – на 6,9%.

Изменение плотности под влиянием обработки почвы. Обработка почвы является важным фактором изменения ее плотности (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние способов обработки на плотность почвы перед посевом яровой пшеницы, г/см³ (среднее за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Вспашка (контроль)	1,14	1,18	1,27	1,41	1,42	1,20	1,41
Минимальная обработка, два дискования	1,17	1,21	1,31	1,40	1,41	1,23	1,41
Минимальная обработка, одно дискование	1,18	1,23	1,32	1,41	1,41	1,24	1,41
Нулевая обработка	1,22	1,26	1,34	1,39	1,42	1,27	1,40
F _φ	19,0	135,3	69,0	7,3	1,4	26,4	0,21
НСР ₀₅	0,025	0,009	0,011	0,011	-	0,035	-

$$F_T = 3,86$$

Наименьшая плотность почвы была после вспашки в верхнем слое 0-0,1 м – 1,14 г/см³. При дисковании она возросла на 0,03-0,04 г/см³. Самая высокая плотность была при нулевой обработке – 1,22 г/см³.

В среднем за три года проведения опытов плотность почвы в слое 0–0,3 м перед посевом яровой пшеницы при вспашке составила 1,20 г/см³, при двух осенних дискованиях – 1,23 г/см³, при нулевой обработке – 1,27 г/см³. При вспашке по всем слоям до глубины 0-0,3 м плотность почвы была наименьшей. Глубже 0,3 м различий в плотности почвы не отмечено.

Общая пористость почвы перед посевом яровой пшеницы. За счёт пористости почвы формируются воздушный, водный и пищевой режимы почвы. В слое 0–0,3 м при вспашке она составила 55,6%, а на остальных вариантах была ниже на 1,1; 1,5 и 2,6 % (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение общей пористости почвы перед посевом яровой пшеницы по различным способам обработки почвы, % от объема (среднее за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Вспашка (контроль)	57,8	56,3	53,0	47,8	47,5	55,6	47,7
Минимальная обработка, два дискования	56,7	55,2	51,5	48,2	47,8	54,5	48,0
Минимальная обработка, одно дискование	56,3	54,5	51,2	47,8	47,8	54,1	47,8
Нулевая обработка	54,9	53,4	50,4	48,6	47,2	53,0	48,4
F_{ϕ}	778,3	759,6	681,7	42,4	17,3	563,3	7,8
$НСР_{05}$	0,13	0,14	0,13	0,18	0,22	0,28	0,44

$$F_1=3,86$$

Наибольшая общая пористость была на варианте со вспашкой в слое 0–0,1 м. Здесь она составила 57,8%. При дисковании она снизилась на 1,1-1,5%, а при нулевой обработке почвы – на 2,9%.

Таким образом, в условиях проведения опыта при минимализации обработки чернозёмов южных отмечена тенденция уменьшения общей пористости по слоям до 0,3 м.

Изменение пористости аэрации по способам обработки почвы. Пористость аэрации в слое 0–0,3 м перед посевом была наибольшей после вспашки и составляла 29,2%. На вариантах с минимальными обработками она снизилась на 0,9-1,5%, а при нулевой обработке – на 3,0%. Коэффициенты вариации по вариантам опыта равнялись соответственно 3,5; 4,9; 2,7 и 3,5 %. Наибольшая пористость аэрации отмечена в слое 0-0,1 м при вспашке. Она равнялась 30,7%. При минимальной обработке с использованием дискования она снизилась на 0,9-1,6%, при нулевой обработке – на 3,7%.

4. Водный режим почвы

Запасы влаги в почве. Водный режим почвогрунта в посевах яровой пшеницы зависит от агрофизических свойств почвы. В слое 0-0,5 м запасы влаги при вспашке были наибольшими и составляли в среднем за годы исследований 75,9 мм. На остальных вариантах показатели были меньше на 6,7-7,6 мм или 8,9-10,1%.

В слое 0,5-1,0 м запасы влаги по всем вариантам были ниже, чем в первом полуметре. При этом наибольшее количество влаги отмечено также после вспашки – 58,3 мм (таблица 3).

Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы при различных способах обработки почвы, мм (среднее за 2014-2016 гг.)

Слои почвы, м	Варианты опыта			
	вспашка (контроль)	минимальная обработка, два дискования	минимальная обработка, одно дискование	нулевая обработка
0-0,5	75,9	69,2	68,3	68,9
0,5-1,0	58,3	42,6	43,6	49,6
0-1,0	134,5	111,8	112,0	118,5
	Отклонения от вспашки, мм			
0-0,5	-	-6,7	-7,6	-7,0
0,5-1,0	-	-15,7	-14,7	-8,7
0-1,0	-	-22,7	-22,5	-16,0
0-0,5	$F_{\phi}=2796,2$	$F_T=3,86$	$HCP_{05}=0,216$	
0,5-1,0	$F_{\phi}=39953,1$	$F_T=3,86$	$HCP_{05}=0,115$	
0-1,0	$F_{\phi}=5150,5$	$F_T=2,51$	$HCP_{05}=0,531$	

При дисковании запасы влаги во втором полуметре снизились по сравнению со вспашкой на 15,7-14,7 мм, а при нулевой обработке – на 8,7 мм или соответственно на 25,0-27,0 и 15,0%. С глубиной различия в запасах влаги со вспашкой возрастали.

В метровом слое почвы весенние запасы влаги в среднем за 3 года равнялись 134,5 мм. При дисковании содержание влаги снизилось на 22,7-22,5 мм или 16,9-16,7%. При нулевой обработке почвы влаги было меньше, чем при вспашке на 16,0 мм или 11,9%.

В течение осенне-зимнего и ранневесеннего периодов благодаря водопроницаемости в почву интенсивно поступала влага при вспашке, а при нулевой обработке – благодаря фильтрации, где была выше капиллярная пористость.

5. Засоренность посевов яровой пшеницы

На вариантах без обработки почвы преобладали зимующие и многолетние корнеотпрысковые сорняки, а на вариантах с обработкой почвы – однолетние яровые ранние и многолетние сорные растения. Наименьшее количество сорняков отмечено после вспашки.

Общее количество сорных растений на варианте со вспашкой составляло 2,66 шт./м², из них 1,96 шт./м² – малолетние сорняки, а 0,70 шт./м² – многолетние (таблица 4).

При дискованиях сорняков было больше, чем на варианте со вспашкой на 0,43–1,03 шт./м². Наибольшее количество сорняков отмечено при нулевой обработке: 4,32 шт./м², это больше, чем при вспашке в 1,6 раза.

Таблица 4 – Засорённость посевов яровой пшеницы по способам обработки почвы, шт. /м² (среднее за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	Группа сорняков					
	малолетние		многолетние		итого	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Вспашка (контроль)	1,96	100,0	0,70	100,0	2,66	100,0
Минимальная обработка, два дискования	2,23	113,7	0,86	122,8	3,09	116,1
Минимальная обработка, одно дискование	2,76	140,8	0,93	132,8	3,69	138,7
Нулевая обработка	3,16	161,2	1,16	165,7	4,32	162,4
F _φ	9,6		15,3		30,9	
НСР ₀₅	0,492		0,317		0,484	

$$F_1=2,16$$

В среднем за годы исследований яровая пшеница при дискованиях была больше засорена малолетними сорняками, чем при вспашке на 13,7-40,8%, нулевая обработка повысила засорённость на 61,2%. Многолетних сорняков по сравнению с контролем было больше на вариантах с дискованиями на 22,8-32,8%, а при нулевой обработке – на 65,7%. Число сорняков при этом не превышало порога вредоносности.

6. Агрохимические свойства почвы

Гумус. Содержание гумуса в почве является основным показателем её плодородия. За годы проведения опыта при вспашке отмечено статистически достоверное снижение гумуса. Если в исходном состоянии почва имела 3,33-3,34 % гумуса, то через 3 года на этом варианте его количество снизилось до 3,30%. При минимальных обработках с использованием дискования содержание гумуса увеличилось до 3,38-3,40%, а при нулевой обработке – до 3,44%.

В среднем за три года исследований количество гумуса в почве при вспашке было меньше, чем при дисковании на 0,05% и меньше чем при нулевой обработке на 0,08%. Снижение интенсивности обработки способствовало сохранению гумуса в почве.

Содержание питательных веществ в почве. По годам на всех вариантах опыта отмечено увеличение содержания нитратного азота в почве. Особенно большое увеличение отмечено при нулевой обработке – на 2 мг/кг почвы. В среднем за три года содержание азота при вспашке составило 7,3 мг/кг почвы. При двукратном дисковании количество нитратного азота снизилось до 6,7–6,8 мг/кг почвы, а при нулевой обработке – до 5,6 мг/кг.

Количество доступного фосфора было практически одинаково на всех вариантах опыта и составляло 16,5-17,2 мг/кг почвы. Коэффициент вариации по вариантам не превышал 2,7%. Содержание обменного калия по годам и по вариантам опыта было практически одинаковым и колебалось в пределах 294–302 мг/кг почвы. Коэффициент вариации не превышал 1,5 %.

Влияние различных способов обработки почвы на сумму обменных оснований. Сумма обменных оснований на варианте со вспашкой по сравнению с исходным состоянием практически не изменилась. В среднем за годы исследований сумма обменных оснований изменялась по вариантам в пределах 30,2-30,8 мг-экв./100 г почвы.

7. Внекорневая подкормка яровой пшеницы, как антистрессовый фактор при минимализации обработки почвы

Влияние обработки почвы на урожайность яровой пшеницы. Минимализация обработки почвы в условиях степного засушливого климата Поволжья приводит к усилению засорённости, уплотнению почвы, снижению пористости, уменьшению весенних запасов влаги в почве и нитратного азота в верхнем слое. Это усиливает комплексное стрессовое состояние растений и снижает урожайность яровой пшеницы.

Урожайность яровой пшеницы при вспашке составила 1,14 т/га (таблица 5). Посевы пшеницы после дискований снизили урожайность на 10,5-19,2%, а при нулевой обработке – на 34,2%.

Таблица 5 – Урожайность яровой пшеницы по различным способам обработки почвы, т/га (среднее за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля		Стрессовый коэффициент
		т/га	%	
Вспашка (контроль)	1,14	-	-	1,0
Минимальная обработка, два дискования	1,02	-0,12	10,5	0,89
Минимальная обработка, одно дискование	0,92	-0,22	19,2	0,80
Нулевая обработка	0,75	-0,39	34,2	0,65
F _ф =99,6 F _т =2,16 НСР ₀₅ =0,055				

Расчёт стрессовых коэффициентов показал, что наибольший стресс растения испытывали при нулевой обработке, стрессовый коэффициент в этом случае составил 0,65. Минимальные обработки с использованием дискования повышали его до 0,80-0,89.

Обоснование использования величины урожайности для расчёта стрессовых коэффициентов и коэффициентов адаптации. Комплексное стрессовое состояние растений и снижение урожайности яровой пшеницы изменяет соотношение пролина в растениях.

Соотношение количества пролина в растении до стресса и после стресса А.П. Стаценко (2014) назвал индексом устойчивости. Индекс устойчивости, а, следовательно, и степень снижения урожайности может характеризовать интенсивность стресса.

Расчёт стрессового коэффициента и коэффициента адаптации мы проводили, основываясь на методике А.П. Стаценко (2004). Степень снижения пролина и повышения урожайности показывает стрессовый коэффициент или коэффициент адаптации. Чем выше стрессовый коэффициент, тем меньше действие стрессовой ситуации и выше прибавка урожая от применения данного агроприёма.

В силу повышения стресса содержание пролина в зерне яровой пшеницы при нулевой обработке было наибольшим и составляло 21,23 мг/л, а урожайность зерна составляла 0,75 т/га (таблица 6).

Таблица 6 – Значения стрессовых коэффициентов и коэффициентов адаптации при применении различных агроприёмов

Агроприёмы	Содержание пролина в зерне, мг/л	Коэффициент адаптации по пролину	Стрессовый коэффициент по пролину	Урожайность зерна, т/га	Коэффициент адаптации по урожаю	Стрессовый коэффициент по урожаю
Нулевая обработка	21,23	1,00	1,00	0,75	1,00	0,63
Однократное дискование	17,14	1,23	0,80	0,92	1,22	0,77
Двухкратное дискование	17,05	1,24	0,80	1,02	1,36	0,85
Минимальная обработка +Агрика	15,57	1,36	0,73	1,11	1,48	0,93
Минимальная обработка +Микроэл	17,22	1,23	0,81	1,15	1,53	0,96
Минимальная обработка +Реасил	15,2	1,39	0,71	1,19	1,52	1,00

Применение дополнительного рыхления почвы дисковой бороной способствовало снижению степени стрессовой ситуации. В результате чего содержание пролина снизилось, а урожайность возросла до 0,92-1,02 т/га зерна. Коэффициент адаптации составил 1,22; 1,36. При этом урожайность увеличилась на 0,17-0,27 т/га. Расчёты коэффициентов адаптации и стрессового коэффициента по пролину и по урожайности хорошо коррелировали между собой. Коэффициент корреляции для значений коэффициентов адаптации составляет 0,86, а для значений стрессового коэффициента – 0,88. Для первого коэффициента корреляции $t_{\phi}=3,70$, а $t_{\tau}=2,77$; для второго коэффициента корреляции $t_{\phi}=4,13$ и $t_{\tau}=2,77$. Это показывает, что стрессовый коэффициент и коэффициенты адаптации рассчитанные по пролину и по урожайности близки между собой.

Значения стрессовых коэффициентов и коэффициентов адаптации пшеницы, рассчитанные по изменению пролина и по изменению урожайности в наших условиях, были практически одинаковыми. Применение антистрессовых агроприёмов повышает адаптацию культур, что можно

оценить через уменьшение содержания пролина в растениях или увеличение урожайности. Для практического использования стрессового коэффициента и коэффициента адаптации можно вместо изменения в стрессовых ситуациях содержания аминокислот использовать изменение урожайности.

Существует мнение, что при возникновении стрессовой ситуации растения увеличивают содержание некоторых аминокислот, которые помогают противостоять абиотическим факторам (высоким и низким температурам, недостатку влаги и др.) (А.П. Стаценко, 2014; Ф.А. Бутылкин, 2008; Д.А. Капустин, 2004; Ю.А. Юрова, 1999).

Определение целого ряда аминокислот в зерне яровой пшеницы показало, что пролин изменялся по вариантам с различными способами обработки почвы (таблица 7).

Таблица 7 – Изменение содержания аминокислот в зерне яровой пшеницы по различным способам обработки почвы, мг/л

Варианты опыта	Без обработки препаратами				Обработка препаратом Агрика			
	вспашка	два дискования	одно дискование	нулевая обработка	вспашка	два дискования	одно дискование	нулевая обработка
Аминокислоты								
1. Пролин	2,007	2,304	2,141	2,117	1,283	1,745	1,698	0,930
2. Треонин	0,706	0,843	0,789	0,877	0,322	0,512	0,577	0,561
3. Серин	0,801	1,207	0,991	1,862	0,693	0,595	0,680	0,747
4. Аланин	0,832	0,840	0,840	0,935	0,472	0,532	0,480	0,600
5. Глицин	0,316	0,703	0,608	0,793	0,324	0,503	0,533	0,484

Содержание пролина в зерне яровой пшеницы без внекорневой подкормки растений было наименьшим при вспашке. При минимальной и нулевой обработке количество пролина возрастало, видимо, вследствие ухудшения условий произрастания растений и снижения их компенсаторной способности. Обработка препаратом Агрика заметно снижала содержание пролина, особенно при нулевой обработке почвы, то есть способствовала уменьшению стресса, вызванного минимализацией обработки почвы.

Аналогично пролину изменялось содержание в зерне яровой пшеницы таких аминокислот как треонин, серин, аланин и глицин. В лучших условиях произрастания количество этих аминокислот в зерне пшеницы уменьшалось.

Внекорневая подкормка в фазу кущения и колошения способствовала уменьшению содержания в зерне яровой пшеницы аминокислот и как следствие снижению стрессовой ситуации, что сказывалось на урожайности.

Влияние внекорневой подкормки растений яровой пшеницы изучаемыми препаратами на урожайность зерна. В снижении стресса растений большую роль играет применение антистрессовых препаратов: макро- и микроудобрений на хелатной основе, удобрений на основе

гуминовых кислот и т.д. Установлено, что использование изучаемых препаратов при вспашке повышало урожайность яровой пшеницы на 0,18-0,42 т/га или 1,15-1,36% (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние изучаемых приёмов возделывания на урожайность яровой пшеницы, т/га (среднее за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	Вспашка			Коэффициент адаптации	Минимальная обработка, одно дискование			Коэффициент адаптации	Нулевая обработка			Коэффициент адаптации
	урожайность, т/га	прибавка к контролю			урожайность, т/га	прибавка к контролю			урожайность, т/га	прибавка к контролю		
		т/га	%			т/га	%			т/га	%	
Без обработки (контроль)	1,14	-	-	1,0	0,92	-	-	1,0	0,75	-	-	1,0
Агрика	1,32	0,18	15,7	1,15	1,11	0,19	20,6	1,20	0,98	0,22	28,9	1,29
Микроэл	1,46	0,32	28,0	1,28	1,15	0,23	25,0	1,25	1,02	0,26	34,2	1,34
Страда N	1,50	0,36	31,5	1,31	1,13	0,21	22,8	1,22	1,01	0,25	32,9	1,33
Реасил	1,43	0,29	25,4	1,25	1,19	0,27	29,3	1,29	1,06	0,30	39,4	1,39
Биокомплекс	1,56	0,42	36,8	1,36	1,27	0,35	38,0	1,38	1,13	0,37	48,6	1,49
Фактор А $F_{\phi}=2064,8$ $HCP_{05}=0,011$			Фактор В $F_{\phi}=195,0$ $HCP_{05}=0,028$					Взаимодействие АВ $F_{\phi}=15,3$ $HCP_{05}=0,048$				

$F_T=1,4$

При минимальной обработке почвы внекорневая подкормка повышала урожайность на 0,19-0,35 т/га или 20,6-38,0%, а при нулевой обработке – на 0,22-0,37 т/га или 28,9-48,6%. Эффективность изучаемых препаратов возрастала при снижении интенсивности обработки почвы.

Качество зерна яровой пшеницы при использовании изучаемых агроприёмов. Значение клейковины в среднем за годы исследований при вспашке на контрольном варианте составляло 26,7%. Внекорневая подкормка изучаемыми препаратами при вспашке в фазу кушения и колошения положительно сказывалось на изменении количества клейковины в зерне. Наибольший эффект отмечен на вариантах с применением Агрики и Биокомплекса – прибавки к контролю составили соответственно 4,1 и 3,6%. Препараты Микроэл, Страда N и Реасил повышали этот показатель в меньшей степени – соответственно на 2,8; 2,7 и 1,9%.

8. Энергетическая и экономическая эффективность приёмов адаптации яровой пшеницы к минимализации обработки почвы

Внекорневая подкормка растений яровой пшеницы в фазу кушения и колошения повышала урожайность при вспашке на 15,7-36,8%, при дисковании – на 20,6-38,0%, а при нулевой обработке – на 28,9-48,6%. В связи с этим себестоимость зерна при внесении препаратов на вспашке снизилась по сравнению с контролем на 7,8-22,9%; при дисковании – на 10,0-41,2%; при нулевой обработке – на 15,8-29,8%.

Уровень рентабельности на вариантах с внекорневой подкормкой при вспашке составил 65-99%; при дисковании – 88-127% и при нулевой обработке – 98-137%. Эффективность внекорневой подкормки посевов яровой пшеницы по уровню рентабельности повышалась со снижением интенсивности обработки почвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение способов минимализации обработки почвы не ухудшало агрофизические свойства чернозёмов южных Поволжья. При нулевой и минимальной обработке структура почвы улучшалась по сравнению со вспашкой на 5,4-11,6%; плотность почвы весной увеличивалась на 0,03-0,07 г/см³; общая пористость почвы снижалась на 0,9-2,6%. Как минимальная, так и нулевая обработка способствовали сохранению содержания гумуса в почве. В среднем за годы исследований содержание гумуса при вспашке было меньше, чем при дисковании на 0,05%, а при нулевой обработке – на 0,08%. Количество нитратного азота на вариантах со вспашкой было выше, чем при минимализации обработки на 0,5-1,7 мг/кг почвы, содержание доступного фосфора и обменного калия не изменялось.

Наиболее чистые от сорняков посевы яровой пшеницы были после вспашки. При дисковании засорённость яровой пшеницы возрастала на 16,1-38,7%, а при нулевой обработке на 62,4%. Применение гербицидов значительно снизило количество сорняков в посевах яровой пшеницы. При вспашке запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом яровой пшеницы были наибольшими – 134,5 мм. При дисковании количество влаги снизилось на 22,5-22,7 мм, а при нулевой обработке – на 16 мм.

Применение способов минимальной обработки почвы снижало урожайность на 10,5-19,2% по сравнению со вспашкой, а нулевой обработки почвы – на 34,2%. Стрессовые коэффициенты при этом составляли соответственно 0,89; 0,80 и 0,66. Использование двукратной внекорневой подкормки яровой пшеницы препаратами Агрика, Микроэл, Страда N, Реасил, Биокомплекс заметно повышали урожайность яровой пшеницы, особенно при минимальной и нулевой обработке почвы. При вспашке урожайность от применения препаратов, способных оказывать антистрессовый эффект, повышалось на 15,7-36,8%, при минимальной обработке – на 20,6-38,0%, а при нулевой обработке на 28,9-48,6%. Коэффициенты адаптации при внекорневой подкормке при дисковании и нулевой обработке составляли 1,20-1,38 и 1,29-1,49. Наиболее эффективно повышали урожайность такие препараты как Биокомплекс, Реасил и Микроэл. Обработка посевов изучаемыми препаратами повысило содержание клейковины в зерне на 1,9-4,1% по сравнению с контролем.

Использование изучаемых препаратов значительно повышало экономические показатели возделывания яровой пшеницы при минимальной и нулевой обработке почвы по сравнению со вспашкой. При нулевой обработке почвы уровень рентабельности возрастал на 25-62% а при минимальной обработке почвы на 19 - 59%.

Рекомендации производству

На чернозёмах южных степного Поволжья для получения стабильных урожаев яровой пшеницы, снижения себестоимости зерна на 35,5-46,8% и увеличения рентабельности производства на 74-84% необходимо применять минимальную и нулевую обработки почвы совместно с внекорневой подкормкой в фазу кущения и колошения препаратами Микроэл нормой 0,2 л/га или Реасил нормой 2,0 л/га.

Высокую эффективность показало применение препарата Биокомплекс в норме 4 л/га, в связи с чем, он также может быть рекомендован к применению в производстве после его включения в государственный каталог пестицидов и агрохимикатов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. **Полетаев, И.С.** Влияние ресурсосберегающих обработок почвы на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы / И.С. Полетаев, Д.М. Лихацкий, Е.П. Денисов, Л.И. Чекмарёва и др. // Аграрный научный журнал. – 2014. – №10. – С.28-31 (0,5 печ. л.; авт. – 0,08).

2. Чекмарёва, Л.И. Изменение элементов агроценоза пшеницы под влиянием обработки почвы / Л.И. Чекмарёва, Е.П. Денисов, С.Г. Лихацкая, **И.С. Полетаев** и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С.20-22 (0,34 печ. л.; авт. – 0,07).

3. Денисов, Е.П. Влияние различных приемов основной обработки почвы и внекорневой подкормки на устойчивость к стрессу растений яровой пшеницы / Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, **И.С. Полетаев**, А.С. Линьков // Аграрный научный журнал. – 2016. – №8. – С.15-19 (0,62 печ. л.; авт. – 0,15).

Статьи в других изданиях:

4. **Полетаев, И.С.** Влияние совместного применения гербицидов и стимуляторов роста на качество зерна яровой пшеницы / И.С. Полетаев / Аграрная наука в XXI веке, проблемы и перспективы: Сборник статей. – Саратов. – 2014. – С.72-75 (0,34 печ. л.; авт. – 0,34).

5. **Полетаев, И.С.** Ресурсосберегающие обработки почвы и урожайность зерна яровой пшеницы / И.С. Полетаев, Э.А. Лаперье / Вклад молодых учёных в инновационном развитии АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза. – 2014. – С.189 – 190 (0,23 печ. л.; авт. – 0,12).

6. Яников, А.Д. Влияние энергосберегающих обработок на плодородие почвы / А.Д. Яников, **И.С. Полетаев**, Ф.П. Четвериков, Е.П. Денисов / Поиск инновационных путей развития земледелия в современных условиях: Матер. Межд. научно-практ. конф., посвящённой 70-летию Волгоградского государственного аграрного университета и кафедры «Земледелие и агрохимия». Волгоград. – 2014. – С. 73 -78, (0,31 печ. л.; авт. – 0,07).

7. Денисов, Е.П. Влияние совместного применения гербицида и стимуляторов роста на урожайность яровой пшеницы на чернозёмах Поволжья / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев** / Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XI Международной научной конференции. Брянск. – 2014. – С.187-189 (0,11 печ. л.; авт. – 0,06).

8. Денисов, Е.П. Влияние влажности и плотности почвы на урожайность зерновых культур / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев**, В.В. Карпец / Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей III Всерос. научно-практ. конф. / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – С.44-47 (0,24 печ. л.; авт. – 0,07).

9. Денисов, Е.П. Зависимость урожайности зерновых культур от различных факторов при энергосберегающей обработке почвы / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев**, В.В. Карпец / Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей III Всерос. научно-практ. конф. / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – С.47-50 (0,23 печ. л.; авт. – 0,07).

10. Денисов, Е.П. Влияние различных способов обработки почвы на эффективность применения стимуляторов роста при выращивании яровой пшеницы / Е.П. Денисов, Д.Г. Шестёркин, **И.С. Полетаев** / Конференция ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ по итогам 2014 года. – Саратов, ООО «ЦеСАин. – 2015. – С.26-28 (0,16 печ. л.; авт. – 0,06).

11. Денисов, Е.П. Влияние энергосберегающих обработок почвы на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы / Е.П. Денисов, Л.И. Чекмарёва, С.Г. Лихацкая, Д.М. Лихацкий, **И.С. Полетаев** / Матер. XII Межд. конф. «Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК»/Брянск. Издательство Брянского ГАУ. – 2015. – С.203-206 (0,23 печ. л.; авт. – 0,05).

12. Денисов, Е.П. Влияние стимуляторов роста на урожайность яровой пшеницы / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев**, Э.А. Лаперье / Вавиловские чтения – 2015: Сборник статей межд. науч.-практ. конф., посвященной 128-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов, Буква. – 2015. – С.29-30 (0,23 печ. л.; авт. – 0,07).

13. Денисов, Е.П. Формирование урожайности яровой пшеницы под влиянием различных факторов /Е.П. Денисов, Ф.П. Четвериков, **И.С. Полетаев** / Вавиловские чтения – 2015: Сборник статей межд. науч.-практ. конф., посвящ. 128-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов, Буква. – 2015. – С.30-32 (0,34 печ. л.; авт. – 0,11).

14. Денисов, Е.П. Влияние различных способов обработки почвы на эффективность применения стимуляторов роста при выращивании яровой пшеницы / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев** / Борьба с засухой и урожай: матер. Межд. научно-практ. конф. – Волгоград, Волгоградский ГАУ. – 2015. – С.53-56 (0,20 печ. л.; авт. – 0,10).

15. Денисов, Е.П. Влияние различных приёмов основной обработки почвы и применения внекорневой подкормки на устойчивость к стрессу растений яровой пшеницы / Е.П. Денисов, **И.С. Полетаев** / Матер. XIII Межд. науч. конф. «Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК». Брянск. Изд-во Брянского ГАУ. – 2016. – С.51-54 (0,23 печ. л.; авт. – 0,11).