

На правах рукописи



Алаши Таер Ахмед Хасан

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА
ТИПИЧНОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И
ПЕСТИЦИДОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ЦЧР**

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж – 2023

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

Научный руководитель:	Ступаков Алексей Григорьевич – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, агрономический факультет ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», профессор
Официальные оппоненты:	Чуян Наталия Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, лаборатория агропочвоведения и экологии почв ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», ведущий научный сотрудник Гармашов Владимир Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, отдел адаптивно-ландшафтного земледелия ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ имени В. В. Докучаева», заведующий отделом
Ведущая организация:	ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А. Л. Мазлумова»

Защита диссертации состоится 21 декабря 2023 г. в 12⁰⁰ на заседании диссертационного совета 35.2.008.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ауд. 149; тел./факс: 8(473) 253-86-51; e-mail: murka1979@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на сайте www.ds.vsau.ru, с авторефератом на сайте ВАК Министерства образования и науки РФ www.vak.minobrnauki.gov.ru и ВГАУ www.ds.vsau.ru

Автореферат разослан «24» октября 2023 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные и скреплённые гербовой печатью организации, просим направить ученому секретарю диссертационного совета.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Высоцкая
Елена Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В современном земледелии назрела необходимость обоснования модернизации земледелия и разработки наукоемких агротехнологий при рассмотрении проблемы экологизации систем обработки почвы, применения удобрений и защиты растений, способных к эффективному управлению продуктивностью агроценозов и почвенными процессами, в частности, при возделывании озимой пшеницы. Выявление зависимости урожайности от факторов среды вызвано их многообразием и неоднозначностью действия, оптимизация которых дает возможность реализовать в полной мере потенциальную продуктивность озимой пшеницы, а также способствует воспроизводству естественному плодородию почвы с улучшением условий среды. В этой связи, достоверная оценка эффективности систем удобрения в зависимости от способов основной обработки почвы и средств защиты растений культуры для результативного управления продукционным процессом в агрофитоценозах озимой пшеницы определяет актуальность проведенных исследований.

Степень разработанности темы. Дальнейшее повышение урожайности озимой пшеницы требует совершенствования существующих и разработки новых агротехнических приемов, направленных на создание благоприятных условий для роста и развития растений, обеспечивающих максимальную реализацию потенциальной продуктивности новых высокоинтенсивных сортов (Давыдив, М. Я., 2022; Tedeeva A. A. et al., 2022). Установлено также, что чем полнее культура соответствует агроэкологическим условиям земельного участка, тем больше возможностей минимизации почвообработки, и чем хуже качество почвы, тем интенсивнее обработка (Кирюшин, В. И., 2013, 2018, 2019). Тем не менее, за последние более чем 30 лет нет единых основополагающих подходов к систематизации обработок почвы, что ведет к появлению самых разнообразных их систем (Пыхтин, И. Г. и др., 2015, 2016; Пыхтин, И. Г., 2017; Кузина, Е. В., 2020; Кравченко, Р. В. и др., 2021; Abdipur, M. et al, 2012; Khaliq, A. et al, 2013). По другим данным целью решения проблем обработки почвы в сочетании с удобрениями и пестицидами следует считать повышение экологичности и ресурсосбережения технологий, целесообразно определить оптимальное сочетание химических и технологических приемов (Солнцев, П. И. и др., 2015, 2023; Карабутов, А. П. и Ступаков А. Г., 2018; Разин, А. А. и др., 2021; Алаши Т. А. Х. и др., 2022).

Целью исследования являлось агроэкологическое обоснование систем удобрения в технологии возделывания озимой пшеницы, основанных на сочетании со способами обработки почвы и уровнями защиты растений при длительном использовании в условиях юго-западной части ЦЧР.

В ходе исследований решались следующие задачи:

1. Изучить закономерность влияния систем удобрения в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов на содержания подвижных форм элементов питания и агрофизические свойства в чернозёме типичном;
2. Определить влияние агротехнических приемов на засоренность посевов озимой пшеницы и запасы доступной влаги в почве;
3. Установить характер влияния комплекса агротехнических приёмов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы;
4. Провести анализ экономической эффективности удобрений в зависимости от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений.

Научная новизна диссертационного исследования. Впервые для условий юго-запада Центрально-Черноземного региона в многолетнем стационарном опыте, заложенном в 1987 году, выявлено комплексное влияние удобрений в минеральной, органической и органоминеральной системах в зависимости от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений на агрохимические и агрофизические свойства чернозема типичного, на формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы.

Установлено, что коэффициент структурности пахотного слоя почвы в органоминеральной системе удобрения более существенно повышался при проведении безотвального рыхления (на 1,1–1,2), чем по вспашке (на 0,7–0,8) при достоверном снижении плотности почвы на 0,05–0,07 г/см³ по обоим способам обработки. Показано, что более заметное повышение содержания азота нитратов в почве слоя 0–10 см, отмеченное при сочетании минеральных удобрений и навоза, наблюдалось по вспашке, а содержание подвижных фосфатов и обменного калия по безотвальному рыхлению. Выявлено, что средства защиты растений приводили к увеличению запасов доступной влаги как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и в метровом слое в посевах без удобрений и, наоборот, к их снижению при использовании органоминеральной системы удобрения. Экспериментально доказано, что совместное применение минеральных удобрений и навоза в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению одинаковой прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га. Наибольшее повышение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы отмечено при сочетании минеральных удобрений и навоза, а содержания и качества клейковины – при внесении минеральных удобрений.

Практическая и теоретическая значимость исследований. Анализ всей совокупности эффектов, полученных в результате действия и взаимодействия изучаемых факторов, показал, что фактор удобрения в сочетании со средствами защиты растений и способами обработки почвы являлся определяющим в регулировании режимов почвы и продукционного процесса озимой пшеницы. Выявленные в результате диссертационного исследования закономерности могут быть использованы при разработке технологий выращивания озимой пшеницы с применением оптимальных систем удобрения, новых видов пестицидов и приемов обработки почвы.

Показана целесообразность использования наиболее адаптивного сочетания органоминеральной системы удобрения озимой пшеницы и средств защиты растений при разных способах основной обработки почвы, позволяющее повысить урожайность зерна сорта Синтетик до 6,27 т/га по вспашке и 6,24 т/га по безотвальному рыхлению. Это обеспечивает получение условного чистого дохода 21 615 и 21 384 руб./га при уровне рентабельности 103,2 и 102,3 % и себестоимости прибавки урожая 6 890 и 6 919 руб./т зерна соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

Методология и методы исследования. Методологической основой работы являлся системный подход к оценке влияния систем удобрения в зависимости от способов основной обработки почвы и средств защиты растений в неустойчивых погодных условиях юго-западной части ЦЧР, а также данные обзора опубликованной научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Наблюдения, анализы и учеты проводились согласно общепринятым методам полевых и лабораторных исследований по земледелию. В работе использованы общепринятые методики и ГОСТы.

Положения, выносимые на защиту:

1. В условиях юго-западной части ЦЧР наиболее благоприятные агрохимические и агрофизические свойства чернозема типичного для выращивания озимой пшеницы обеспечены применением органоминеральной системы удобрения.

2. При одинаковой эффективности гербицидов в посевах озимой пшеницы без удобрений по обоим способам обработки почвы возрастание её в минеральной системой удобрения более заметно по вспашке, чем по безотвальному рыхлению почвы; повышение запасов доступной влаги в почве без удобрений наблюдалось при использовании средств защиты растений, а с органоминеральной системой удобрения, наоборот, их снижение.

3. Максимальная прибавка урожайности зерна озимой пшеницы получена в результате совместного применения минеральных удобрений и навоза и не зависела от способов обработки почвы; эта система удобрения способствовала наибольшему повышению содержания сырого протеина в зерне.

4. Сочетание минеральных удобрений и навоза в комплексе с пестицидами при возделывании озимой пшеницы обеспечило одинаковый максимальный условно чистый доход по обоим способам обработки почвы; окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавками урожайности зерна озимой пшеницы возрастала в сочетании с пестицидами и навозом.

Степень достоверности результатов диссертационного исследования подтверждается данными анализа значительного количества опубликованных источников информации, обобщением теоретических достижений российских и зарубежных исследователей, собственных экспериментальных данных, полученных в полевых и лабораторных условиях в соответствии с обоснованной схемой опыта, использованием апробированных методик, необходимого количества наблюдений, учетов и анализов, статистической обработкой результатов исследований с помощью методов дисперсионного анализа и внедрением их в производство.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования были доложены и получили одобрение на следующих научных конференциях: Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве: Международная студенческая научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина (Майский, 2022); Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны: Международная научная конференция (Майский, 2022); на заседаниях кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры и на Совете агрономического факультета Белгородского ГАУ (2020–2023).

Публикация результатов исследования. Основные положения, результаты и выводы диссертационного исследования нашли отражение в 9 опубликованных работах, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству, списка литературы и приложений, изложена на 156 страницах компьютерного текста, содержит 19 таблиц, 15 рисунков, 7 приложений. Список литературы включает 236 источника, в том числе 35 – на иностранных языках.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору А. Г. Ступакову, кандидату сельскохозяйственных наук, главному научному сотруднику, заведующему лабораторией защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» П. И. Солнцеву, сотрудникам лаборатории и агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, а также всем коллегам за всестороннюю помощь при выполнении диссертационного исследования и поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методика и условия проведения исследований. Диссертационное исследование проводилось на агрономическом факультете ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ на базе стационарного полевого опыта ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», заложенного в 1987 г. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса 4,5–5,0 %, S 37–40 мг-экв./100 г, Нг 1,6–1,8 мг-экв./100 г почвы, pH_{KCl} 5,8–5,9 и содержанием подвижного P_2O_5 и обменного K_2O (по Чирикову), соответственно, 55–60 и 105–125 мг/кг почвы.

Опыт заложен в 3-х кратной повторности. Изучалось действие и взаимодействие сочетаний 3 факторов технологических приемов, в том числе 2 способа обработки почвы, 4 системы удобрения и 2 системы защиты растений.

Схема опыта с удобрениями: 1. Без удобрений; 2. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3. Навоз 40 т/га – фон; 4. Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$. *Способы основной обработки почвы:* 1. Вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20-22 см; 2. Обработка плугом со стойками Параплау на глубину 20-22 см. *Система защиты растений имела 2 уровня:* 1. Протравливание семян (Доспех 3, КС – 0,50 л/т + Табу, ВСК – 0,50 л/т семян); 2. То же, что 1 + гербициды (в фазу кущения) Астерикс, СЭ – 0,60 л/га + фунгицид (в фазе трубкования) Алькор Супер, КЭ – 0,50 л/га.

В опыте использовались общепринятые методы учета и наблюдения:

- агрометеорологические показатели фиксировали на метеопосту, расположенном на территории опытного поля ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»;
- в почве определяли содержание нитратного азота (ГОСТ 26488-85), подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову (ГОСТ 26204-91), почвенные образцы отбирали в фазе кущения и в период уборки урожая озимой пшеницы в слоях почвы 0-10, 10-20, 20-30 см;
- влажность почвы определяли термостатно-весовым методом;
- плотность почвы определяли методом режущего кольца;
- учёт засоренности посевов озимой пшеницы проводили в два срока количественно-весовым методом по методике ВИЗР (1990). Первый учёт – перед обработкой посевов гербицидом, второй – через 30 дней после обработки;
- в фазу полной спелости озимой пшеницы отбирали сноповые образцы для определения структуры урожая (высота растений, общее число стеблей, число продуктивных стеблей, масса зерна с одного колоса);
- учёт урожая проводили при помощи комбайна Сампо-500 методом сплошной уборки учётной площади делянок опыта;
- полученную величину урожайности пересчитывать на 100 % чистоту и 14 % влажность. С каждой повторности варианта опыта отбирать пробы зерна для определения влажности (ГОСТ 13586.5), процента сорной примеси (ГОСТ 30483-97), массы 1000 зёрен (ГОСТ 10842-89), натуры зерна (ГОСТ 10840-64);

• статистическую обработку полученных данных проводить методом дисперсионного анализа с использованием компьютерных программ (NIRSMAN, Microsoft Office Excel 2010).

Метеорологические условия в период проведения исследований. За период исследований осадков выпадало в среднем за сельскохозяйственный год 474,4 мм или 85,8 % от нее при норме 553 мм. За 2019/2020 сельскохозяйственных год их выпало 521,0 мм, за 2020/2021 год 473,4 мм и за 2021/2022 год 428,9 мм. В период весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель–июль) в 2020 г. осадков выпало на 46,5 мм (21,1 %) выше среднемноголетних значений, а в 2021 и 2022 гг. их дефицит составил соответственно 5,0 и 22,7 мм (2,3 и 10,3 %). Отклонения от среднемноголетних значений температуры воздуха составили, соответственно + 0,2, + 1,5 и - 0,1°C. ГТК был равен 1,44, 1,07 и 1,08, а в среднем за три года 1,12 при среднемноголетней величине 1,20.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Содержание подвижных форм элементов питания в почве под озимой пшеницей. При возделывании озимой пшеницы без удобрений содержание азота нитратов в почве в среднем за 2020–2022 гг. характеризовалось как очень низкое и не зависело от способов основной обработки почвы и использования средств защиты растений. В фазе весеннего кушения его содержание находилось в пределах 6,4–7,7 мг/кг почвы слоя 0–30 см. Проявилась дифференциация со снижением содержания азота от слоя 0–10 см к слоям 10–20 и 20–30 см. Сезонная динамика по снижению содержания от фазы кушения до периода уборки урожая озимой пшеницы более выражена в верхнем 0–10 см слое почвы. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в слое почвы 0–30 см способствовали повышению содержания азота нитратов на 8,0 и 5,1 мг/кг по вспашке и на 13,7 и 6,4 мг/кг по безотвальному рыхлению соответственно без использования средств защиты растений и с ними, что характерно для фазы кушения. Для периода уборки урожая свойственно снижение показателей, обусловленное потреблением растениями, и их выравнивание. По безотвальному рыхлению по сравнению со вспашкой наблюдалось более интенсивное повышение содержания азота нитратов, как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и в верхнем 0–10 см слое, для которого изменения более заметны, соответственно на 13,7 и 21,9 мг/кг, в посевах озимой пшеницы без применения пестицидов. Влияние навоза в дозе 40 т/га на изменение содержания азота нитратов в почве практически не проявилось.

При совместном применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в фазе кушения проявилось более интенсивное повышение содержания азота нитратов по вспашке, как без пестицидов на 33,0 мг/кг, так и с ними на 31,3 мг/кг в слое почвы 0–10 см, чем по безотвальному рыхлению, соответственно на 20,8 и 25,2 мг/кг. Выявлено, что с использованием безотвального рыхления наблюдалось заметно меньшее содержание нитратов, чем по вспашке, по всем исследуемым слоям почвы. Содержание их к периоду уборки урожая было очень низким и не зависело от изучаемых агроприемов.

В фазе кушения озимой пшеницы минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовали повышению содержания фосфатов в слое почвы 0–30 см по вспашке на 86 мг/кг без использования пестицидов и на 100 мг/кг с ними, а по безотвальному рыхлению соответственно на 106 и 99 мг/кг. Роль пестицидов при этом не проявилась.

Внесение навоза в дозе 40 т/га вызвало малозаметное повышение содержания фосфора по вспашке на 2–7 мг/кг и по безотвальному рыхлению на 8–13 мг/кг, пестициды при этом на его варьирование влияния не оказали.

При совместном применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в посевах без использования средств защиты растений повышение содержания фосфора на 92 мг/кг по вспашке и на 96 мг/кг по безотвальному рыхлению соответствовало его повышению при внесении только минеральных удобрений. При использовании пестицидов интенсивность повышения более высокая, соответственно на 115 и 113 мг/кг. Для слоя почвы 0–10 см характерно более интенсивное повышение по вспашке на 116 и 182 мг/кг соответственно без пестицидов и с их применением и по безотвальному рыхлению на 125 и 177 мг/кг.

Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обусловило повышение содержания калия по вспашке на 31 и 41 мг/кг соответственно без пестицидов и с ними, а по безотвальному рыхлению на 29 и 12 мг/кг. Варьирование содержания калия от действия навоза в дозе 40 т/га практически не проявилось за исключением заметного его повышения на 24 мг/кг по безотвальному рыхлению в посевах с применением пестицидов. Сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га обеспечило в слое почвы 0–30 см наиболее значимое повышение содержания обменного калия на 94 и 41 соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без пестицидов и на 68 и 73 мг/кг с ними. В слое 0–10 см содержание калия по безотвальному рыхлению превышало его значения по вспашке на 16 и 61 мг/кг.

Агрофизические свойства почвы. Плотность почвы в посевах озимой пшеницы без удобрений в среднем за 2020–2022 гг. находилась в пределах 1,20–1,21 г/см³ и не зависела от способов основной обработки почвы и применения средств защиты растений. Коэффициент структурности проявлял слабую тенденцию к увеличению при использовании пестицидов и в результате проведения вспашки по сравнению с применением безотвального рыхления почвы. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ вызвало ясно выраженную тенденцию к снижению плотности почвы на 0,03–0,04 г/см³ по обоим способам обработки почвы без изменения коэффициента структурности.

Достоверному снижению плотности почвы, на 0,05–0,07 г/см³, способствовало применение в технологии возделывания озимой пшеницы навоза в дозе 40 т/га и его сочетания с минеральными удобрениями в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Коэффициент структурности более заметно повышался в органоминеральной системе удобрения – на 0,07–0,08 г/см³ по вспашке и на 0,11–0,12 г/см³ по безотвальному рыхлению, чем в органической – соответственно на 0,04–0,05 и 0,06–0,07 г/см³. В более благоприятных условиях увлажнения (превышение) и температуры воздуха (норма) в период весенне-летней вегетации (2020) плотность почвы была ниже, чем в менее благоприятных: близкие к среднесезонным значениям осадки и превышение температуры воздуха (2021), а также дефицит осадков и средней температуры (2022).

Засорённость посевов озимой пшеницы. Общая засорённость посевов озимой пшеницы сорта Синтетик в фазе кущения в среднем за 2020–2022 гг. до обработки посевов гербицидами находилась в пределах 70–102 шт./м² без их применения в севообороте и в пределах 36–58 шт./м² при систематическом применении гербицидов с использованием вспашки в качестве основной обработки почвы в технологии возделывания культуры, а также соответственно 85–120 и 39–73 шт./м² с применением безотвальной обработки. То есть, постоянная обработка сорной

растительности гербицидами в севообороте достоверно – в 1,5–1,9 и 1,6–2,2 раза способствовала снижению засоренности посевов в зависимости от вносимых удобрений. В посевах без удобрений снижение по вспашке составило 48,6 % и по безотвальному рыхлению 54,1 %. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ снижение по вспашке более заметно – 47,5 %, чем по безотвальному рыхлению – 40,9 %. Наименьшим оно было при внесении навоза в дозе 40 т/га соответственно со способами основной обработки почвы 32,9 и 36,4 %. Сочетание минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза обусловило величины снижения засоренности посевов озимой пшеницы, находящиеся в диапазоне значений, больших, чем при внесении навоза и меньших, чем при внесении минеральных удобрений.

В среднем за три года исследований обработка гербицидами посевов озимой пшеницы без использования удобрений способствовала снижению засоренности по вспашке и безотвальной обработке почвы практически на одинаковую величину, соответственно на 85,3 и 86,5 %. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ возрастание эффективности от гербицидов по вспашке более заметно – на 8,2 %, чем по безотвальному рыхлению – на 4,5 %. Разница в эффективности по разным способам обработки при внесении только навоза в дозе 40 т/га сохранилась, но она менее выражена: 2,3 и 1,1 %, как и в результате сочетания минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза: 4,8 и 3,7 %.

В 2022 г., в наиболее засушливом из лет, но с высокой урожайностью зерна культуры, наблюдалась наименьшая в фазе кущения засоренность в посевах без применения удобрений: 12 и 20 шт./м² соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без использования гербицидов под культуры севооборота, а также 9 и 11 шт./м² при проведении химической защиты всех культур от сегетальной растительности. В этих условиях более высокая эффективность гербицидов по безотвальному рыхлению, чем по вспашке выявлена: без внесения удобрений, при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и при их сочетании с 40 т/га навоза соответственно на 20,0, 8,2 и 16,9 %. С внесением только 40 т/га навоза зависимость, наоборот, иная, эффективность по вспашке выше на 32,6 %. Применение гербицидов в посевах озимой пшеницы в это же год (2022) менее эффективно, чем в другие годы. Без удобрений снижение засоренности составило 73,3 % по вспашке и 76,3 % по безотвальному рыхлению. Несколько выше по вспашке оно было при внесении минеральных удобрений (+ 4,0 %), но меньше при внесении навоза (- 16,2 %) и при сочетании его с минеральными удобрениями (- 7,0 %). По безотвальному рыхлению соответственно ниже на 16,2, 10,4 и 31,3 %. В год с более высокой влагообеспеченностью (2020) также выше эффект от гербицидов при возделывании озимой пшеницы без удобрений и с применением минеральных удобрений соответственно на 4,7 и 10,0 %, чем по безотвальному рыхлению.

В 2021 г. относительно благоприятном по увлажнению в период весенне-летний вегетации (- 5,0 мм или - 2,2 % от среднегодовых значений), но с заметно низким количеством осадков в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь 2020 г.) на 80,5 мм или на 83,9 % от среднегодовых значений, составивших 14,6 % их годовой величины, обусловлены, главным образом, наименьшие за 3 года исследований урожайность зерна, прибавки урожайности от применения удобрений и окупаемость единицы минеральных удобрений, при этом в этих условиях интенсивно развивалась сорная растительность. При возделывании озимой пшеницы в этом году без гербицидов и

удобрений засоренность по вспашке составила 165 шт./м² и по безотвальному рыхлению 199 шт./м², то есть больше на 35 шт./м² или на 21 %. При систематическом применении гербицидов разница в зависимости от способов обработки почвы значительно ниже, соответственно 77 и 80 шт./м² (+ 3 шт./м² или + 3,9 %).

Систематическое использование гербицидов в севообороте обусловило наиболее заметной снижение количества сорных растений в фазе кущения озимой пшеницы по сравнению более обеспеченным влагой годом (2020) и менее обеспеченным (2022). Наибольшее снижение численности сеgetальных растений отмечено по безотвальному рыхлению в посевах без удобрений – 59,8 % и при внесении 40 т/га навоза – 42,3 %. По вспашке эти значения ниже соответственно на 13,8 и 10,1 %. Более заметное снижение засоренности по вспашке наблюдались при использовании минеральных удобрений и их сочетаний с навозом, соответственно 46,0 и 46,8 %, которые превзошли показатели с аналогичными системами удобрения на 4,6 и 8,1 % с проведением безотвального рыхления почвы. При сложившихся условиях применение гербицидов было наиболее эффективным за 3 года исследований. Без удобрений снижение засоренности составило практически одинаковую величину по вспашке и безотвальному рыхлению, соответственно 88,6 и 87,9 %. Возрастание эффективности по вспашке наблюдалось при внесении минеральных удобрений, навоза и их сочетаний соответственно на 7,0, 3,3 и 5,3 %, а по безотвальному рыхлению интенсивность снижения численности сорных растений оказалась равной 6,7, 2,7 и 6,7 %.

Запасы доступной влаги в почве. В посевах без удобрений наблюдалось повышением запасов влаги в слое почвы 0–30 см в зависимости от использования средств защиты растений на 1,3–3,5 мм по вспашке и на 2,3–7,6 мм по безотвальному рыхлению. При совместном же применении минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и навоза в дозе 40 т/га использование пестицидов привело к снижению запасов влаги на 1,8 и 4,1 мм соответственно по вспашке и безотвальной обработке. Варьирование запасов доступной влаги в зависимости от удобрений практически не проявилось.

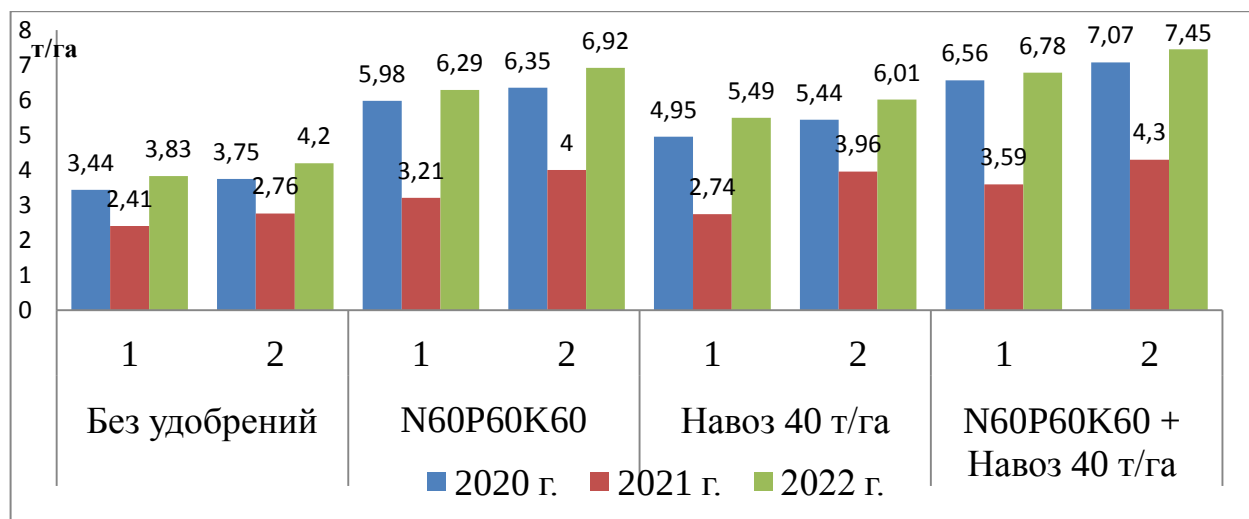
В слое почвы 0–100 см проявилась подобная закономерность с варьированием запасов доступной влаги: увеличение её при использовании пестицидов в посевах озимой пшеницы без удобрений на 7,9 мм по вспашке и на 11,8 мм по безотвальному рыхлению. В органоминеральной системе удобрения снижение составило соответственно 7,6 и 18,2 мм.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ШЕНИЦЫ.

Урожайность зерна озимой пшеницы. Урожайность зерна озимой пшеницы без внесения удобрений в среднем за годы исследований (2020-2022 гг.) была практически равной при проведении в качестве основной обработки почвы вспашки и безотвального рыхления, которая составила соответственно 3,23 и 3,22 т/га (Рисунки 1 и 2). Аналогичная закономерность в зависимости от способов обработки почвы отмечена и по влиянию пестицидов на урожайность, прибавки от которых оказались равными 0,34 и 0,36 т/га или 10,5 и 11,2 %. Одинаковой оказалась и эффективность использования минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀, где прирост урожайности с обоими способами обработки почвы составил 1,93 т/га или 59,8–59,9 %. Равной была и окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожайности зерна озимой пшеницы в посевах без пестицидов – 10,7 кг, близкой по значению при проведении вспашки и безотвальной обработки на фоне пестицидов, соответственно 12,2 и 12,0 кг, а также при сочетании с

ними – 14,1 и 14,0 кг. Мало отличались и прибавки от пестицидов – 0,60 и 0,59 т/га или 11,6 и 11,5 %, а также от суммарного действия удобрений и пестицидов – 2,53 и 2,52 т/га или 78,3 % по обоим способам обработки почвы.

В отдельные годы исследований проявились некоторые особенности по влиянию минеральных удобрений дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ в формировании прибавок урожайности зерна озимой пшеницы. В год с превышением осадков в период весенне-летней вегетации растений (апрель-июль) на 46,5 мм или на 21,1 % от средних многолетних значений (2020) урожайность зерна возрастала более значимо в посевах при проведении вспашки (+ 2,54 т/га; 73,8 %), чем при проведении безотвального рыхления (+ 2,43 т/га; 69,8 %), тогда как в год с дефицитом осадков в 22,7 мм или 10,3 % (2022) преимущество было за безотвальным рыхлением (+ 2,54 т/га; 67,2 %) по сравнению со вспашкой (+ 2,46 т/га; 64,2 %). Соответственно и выше была окупаемость единицы удобрений прибавкой урожайности зерна по вспашке в более увлажненный год – 14,1 кг/кг в посевах без применения пестицидов и 16,2 кг/кг с их использованием, чем по безотвальному рыхлению – 13,5 и 15,6 кг/кг. А в год с дефицитом осадков, наоборот, предпочтение было за безотвальным рыхлением – 14,1 и 17,6 кг/кг по сравнению со вспашкой – 13,7 и 17,2 кг/кг.



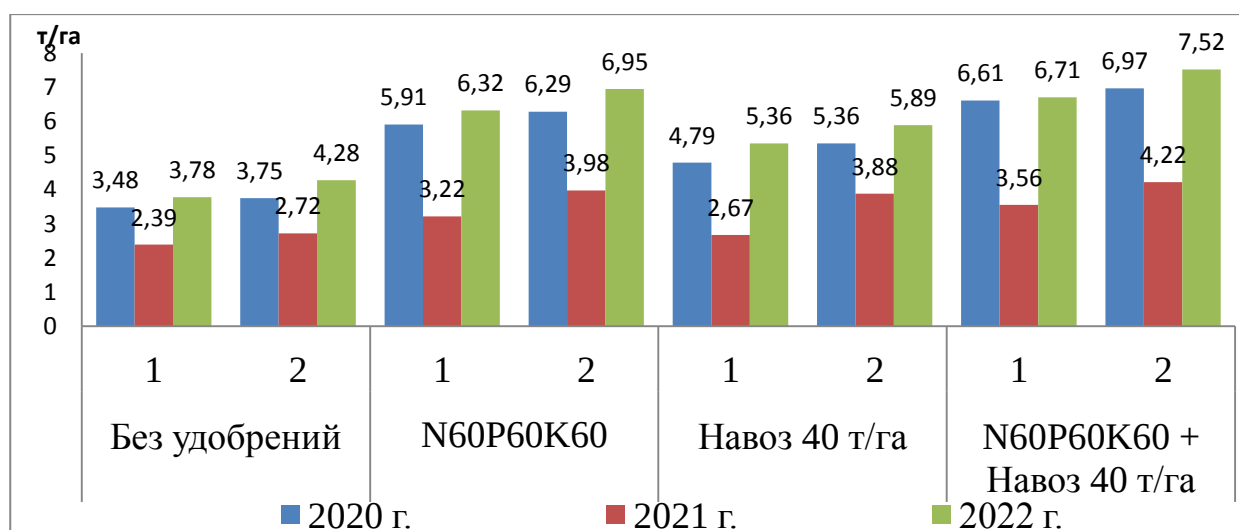
Примечание: 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Рисунок 1 – Влияние удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений по вспашке, т/га
(НСР₀₅: 2020 г. = 0,23 т/га; 2021 г. = 0,25 т/га; 2022 г. = 0,24 т/га)

Наименьшей урожайностью, меньшими абсолютными и относительными прибавками урожайности зерна от применения удобрений выделился среди других лет наблюдений 2021 г. За весь период дефицит осадков в нем составил 79,6 мм или 14,4 %, а за апрель-июль всего 5,0 мм или 2,3 %, хотя, температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,5°C. В 2022 г. дефицит осадков был ещё более заметен – 124,1 мм или 22,4 % за год и 22,7 мм или 10,3 % за весенне-летний период, однако урожайность была на уровне урожайности 2020 г., отличавшегося близким уровнем осадков к средним значениям за год и превышением их в период весенне-летней вегетации на 46,5 мм или 21,1 %.

Основной причиной получения меньшей урожайности в 2021 г., чем в 2020 и 2022 гг., по нашим оценкам, стало, по-видимому, снижение количества осадков от среднемноголетних значений в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь) на 80,5 мм или на 83,9 % от

среднегодовым значениям, составивших 14,6 % их годовой величины. В связи с этим урожайность зерна, прибавки урожайности от применения удобрений и окупаемость единицы минеральных удобрений оказались наименьшими за 3 года исследований. При этом как урожайность зерна в посевах без удобрений, так и увеличение урожайности от внесения минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ практически не зависели от способа обработки почвы. Прибавки урожайности составили 0,80 и 0,83 т/га или 33,2 и 34,7 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению, а окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожайности зерна 4,4 и 4,6 кг без использования пестицидов и 8,8 кг в сочетании с ними при обоих способах обработки почвы. Эффективность пестицидов также мало зависела от способов обработки почвы.



Примечание: 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Рисунок 2 – Влияние удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений по безотвальному рыхлению, т/га
(НСР₀₅: 2020 г. = 0,24 т/га; 2021 г. = 0,26 т/га; 2022 г. = 0,27 т/га)

Внесение навоза в дозе 40 т/га обусловило более значимое увеличение урожайности зерна озимой пшеницы по вспашке – на 1,16 т/га или на 35,9 %, чем по безотвальному рыхлению – на 1,05 т/га или на 32,6 %. Аналогичная закономерность наблюдалась также при сочетании действия удобрений и пестицидов, где прибавки составили соответственно 1,91 и 1,82 т/га или 59,1 и 56,5 %. Разница в прибавках урожайности зерна в зависимости от способов обработки почвы под влиянием только пестицидов практически отсутствует: 0,75 и 0,77 т/га или 17,1 и 18,0 %. Окупаемость 1 т навоза прибавками урожайности зерна озимой пшеницы также выше при проведении вспашки в качестве способа основной обработки почвы, которая составила без пестицидов и на их фоне соответственно 29,0 и 39,3 кг, а при проведении безотвальной обработки 26,3 и 36,5 кг. В наиболее засушливом году (2022) при внесении навоза получена более высокая прибавка урожайности зерна по вспашке – 1,66 т/га, чем в год с большей обеспеченностью влагой (2020) – 1,51 т/га, хотя относительное увеличение составило практически одинаковую величину – 43,3 и 43,9 %. Ещё значительнее разница в прибавках урожайности при проведении безотвального рыхления, соответственно 1,58 и 1,31 т/га. При этом наблюдался и более заметный относительный прирост урожайности – 41,8 и 37,6 %.

Различия в эффективности пестицидов менее выразительны: + 0,53 т/га или 9,9 % и + 0,57 т/га или 11,9 %. Эффект от сочетания навоза и пестицидов также более заметен в условиях с меньшей влагообеспеченностью (+ 2,18 т/га или 56,9 % и + 2,11 т/га или 55,8 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению), чем с большей влагообеспеченностью (+ 2,00 т/га или 58,1 % и + 1,88 т/га или 54,0 %).

В 2021 г. со средней за годы исследований влагообеспеченностью и превышением температуры воздуха в период весенне-летней вегетации на 1,5°C, а также с резким дефицитом влаги в 80,5 мм или 83,9 % от среднемноголетних значений в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь), внесение 40 т/га навоза способствовало получению наименьшей прибавки урожайности зерна, равной 0,33 и 0,28 т/га (13,7 и 11,7 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению. Однако, в этих погодных условиях проявился высокий эффект от применения пестицидов, который был выше в 2,4–2,5 раза по отвальной обработке почвы и в 2,1–2,3 раза по безотвальной по сравнению с их эффективностью в относительно более благоприятных условиях. Суммарная же эффективность от навоза и пестицидов была в 1,3–1,4 раза ниже по обоим способам основной обработки почвы.

Совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза в среднем за 2020–2022 гг. в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению равной прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га или 93,8–94,1 %.

Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы. В среднем за 2020–2022 гг. влияние способов обработки почвы и пестицидов не вызвало заметных изменений содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы при возделывании без удобрений. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовали достоверному повышению его, как по вспашке на 1,9 % без пестицидов и на 2,3 % с ними, также и по безотвальному рыхлению соответственно на 2,3 и 2,1 %. Пестициды обозначили явно выраженную тенденцию к повышению по вспашке (+ 0,6 %), в большей мере из-за достоверного повышения в 2021 г. (+ 1,3 %), выделившегося наименьшей урожайностью зерна ввиду критических погодных условий в период посева и начального роста и развития растений. Внесение навоза в дозе 40 т/га привело к существенному повышению содержания сырого протеина на 0,9 и 1,0 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без пестицидов и на 1,1 и 1,6 % с их использованием.

Наибольшим повышением содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы отметились сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га. В посевах по вспашке оно составило 2,6 и 3,0 % соответственно без пестицидов и при их применении, а также по безотвальному рыхлению на 3,1 и 3,4 %. Положительное влияние пестицидов, большей частью, проявилось в условиях с меньшей обеспеченностью влагой: 0,8 и 1,3 % сообразно способам основной обработки почвы. В среднем за три года при возделывании озимой пшеницы без удобрений и без пестицидов сбор протеина не изменялся в зависимости от способов основной обработки почвы и составил 312 и 310 кг/га соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению (Таблица 1). Прибавки сбора протеина от применения пестицидов также мало отличались: 39 и 42 кг/га или 12,5 и 13,5 %. Однако в зависимости от погодных условий наблюдались различия в их эффективности. Так, при превышении количества осадков от среднемноголетних значений в период весенне-летней вегетации (2020 г.) пестициды более эффективны по вспашке (+ 37 кг/га или

12,9 %), чем по безотвальному рыхлению (+ 23 кг/га или 8,1 %), а при их дефиците, наоборот, по безотвальному рыхлению (+ 54 кг/га или 14,6 %), чем по вспашке (+ 33 кг/га или 8,4 %). В условиях, близких к среднегодовым значениям (2021 г.), увеличение сбора протеина от пестицидов практически не зависело от способов основной обработки почвы: 48 и 49 кг/га или 18,6 и 17,8 %.

Таблица 1 – Влияние удобрений на сбор сырого протеина в зерне озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, кг/га

Варианты		2020 г	2021 г	2022 г	Сред нее	Прибавки от		
Удобрения	Уровни защиты					удоб рений	пести- цидов	пест.+ удобр
Вспашка								
Без удобрений	1*	286	258	391	312	-	-	-
	2	323	306	424	351	-	39	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	640	382	761	594	282	-	-
	2	692	528	858	693	-	99	381
Навоз 40 т/га	1	485	321	565	457	145	-	-
	2	560	471	643	558	-	101	246
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	833	467	766	689	377	-	-
	2	926	585	901	804	-	115	492
Безотвальное рыхление								
Без удобрений	1*	285	275	370	310	-	-	-
	2	308	324	424	352	-	42	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	644	428	765	612	302	-	-
	2	698	537	813	683	-	71	373
Навоз 40 т/га	1	474	328	547	450	140	-	-
	2	579	485	683	582	-	132	272
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	853	513	765	710	400	-	-
	2	913	612	972	832	-	122	522

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Внесение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ без применения пестицидов способствовало увеличению сбора протеина в среднем за 3 года на 282 кг/га или 90,4 % по вспашке и на 302 кг/га или 97,4 % по безотвальному рыхлению. Эффект от пестицидов составил соответственно 99 и 71 кг/га (16,7 и 11,6 %), а от суммарного действия минеральных удобрений и пестицидов 381 и 373 кг/га (122,1 и 120,3 %). Наиболее действенны пестициды при низкой урожайности озимой пшеницы, обусловленной критическими погодными условиями в момент посева и начальный период роста и развития растений (2021), когда прибавки сбора протеина от их использования составили 146 кг/га или 38,2 % по вспашке и 109 кг/га или 25,5 % по безотвальному рыхлению. Менее значимы прибавки в условиях с превышением осадков (соответственно 52 и 54 кг/га или 8,1 и 8,2 %) и их недостатком (97 и 48 кг/га или 12,7 и 6,3 %).

Внесение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ без применения пестицидов способствовало увеличению сбора протеина в среднем за 3 года на 282 кг/га или 90,4 % по вспашке и на 302 кг/га или 97,4 % по безотвальному

рыхлению. Эффект от пестицидов на фоне минеральных удобрений составил соответственно 99 и 71 кг/га (16,7 и 11,6 %), а от суммарного действия минеральных удобрений и пестицидов 381 и 373 кг/га (122,1 и 120,3 %). Наиболее действенны пестициды при низкой урожайности озимой пшеницы (2021), когда прибавки сбора протеина от их использования составили 146 кг/га или 38,2 % по вспашке и 109 кг/га или 25,5 % по безотвальному рыхлению. Менее значимы прибавки в условиях с превышением осадков (соответственно 52 и 54 кг/га или 8,1 и 8,2 %) и их недостатком (97 и 48 кг/га или 12,7 и 6,3 %).

Увеличение сбора протеина при внесении 40 т/га навоза без использования пестицидов оказалось равным 145 кг/га или 46,5 % по вспашке и 140 кг/га или 45,2 % по безотвальному рыхлению. Применение их на фоне навоза обеспечило рост сбора протеина соответственно на 101 и 132 кг/га (22,1 и 29,3 %), а совместное действие навоза и пестицидов – на 246 и 272 кг/га (78,8 и 87,7 %). При меньшей урожайности зерна озимой пшеницы в 2021 г. эффект по сбору протеина от средств защиты растений проявился в большей мере (+150 и 157 кг/га или 46,7 и 47,9 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению), чем в другие годы.

Наибольшие прибавки сбора протеина без использования пестицидов по вспашке 377 кг/га или 120,8 % и 400 кг/га или 129,0 % по безотвальному рыхлению обеспечены совместным внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га. На их фоне эффект от пестицидов составил 115 кг/га или 16,7 % и 122 кг/га или 17,2 % соответственно, а суммарный эффект от сочетания удобрений и пестицидов 492 кг/га или 157,7 % и 522 кг/га или 168,3 %. Наиболее заметное действие средств защиты растений проявилось при низкой урожайности зерна озимой пшеницы из-за критических условий погоды (2021) – 118 кг/га или 25,3 % по вспашке и 99 кг/га или 19,3 % по безотвальному рыхлению, а также при дефиците осадков (2022) соответственно – 135 кг/га или 17,6 % и 207 кг/га или 27,1 %.

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало повышению содержания клейковины на 2,62–2,79 % при проведении вспашки в качестве основной обработки почвы и на 3,08–3,10 % при проведении безотвального рыхления в зависимости от средств защиты растений. Без применения гербицидов обозначилась тенденция к превышению её содержания по безотвальному рыхлению по сравнению со вспашкой на 0,21 % и с применением их на 0,25 %.

Внесение навоза в дозе 40 т/га выразилось в менее значимом, чем при использовании минеральных удобрений в повышении содержания клейковины на 1,54 и 1,86 % соответственно без пестицидов и с ними по вспашке и на 1,81 и 1,41 % по безотвальному рыхлению.

Совместное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га не превысило уровень повышения содержания клейковины, отмеченный при использовании только минеральных удобрений. Без пестицидов оно составило 2,22 % и с ними 2,85 % по вспашке, а также 2,42 и 2,86 % по безотвальному рыхлению. При этом обозначилась явно выраженная тенденция к превышению содержания её на 0,63 % по вспашке и по безотвальному рыхлению вследствие применения в посевах озимой пшеницы средств защиты растений на фоне сочетания минеральных удобрений и навоза. Различия в действии способов обработки почв на варьирование содержания клейковины в зерне озимой пшеницы не наблюдались.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обусловило более заметное снижение значений индекса деформации клейковины (ИДК) без использования пестицидов по вспашке на 3,87 ед. и по безотвальному рыхлению на 4,67 ед., чем с их применением, соответственно 1,77 и 2,87 ед.

При внесении навоза в дозе 40 т/га снижение ИДК более заметно проявилось в посевах без применения гербицидов, как по вспашке – 0,77 ед., так и по безотвальному рыхлению – 2,36 ед. Сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га способствовало снижению ИДК по вспашке в большей мере с применением пестицидов – 2,93 ед., чем без них – 1,88 ед. По безотвальному рыхлению закономерность несколько иная: более заметное снижение отмечено без пестицидов – 3,53 ед., а с ними – менее выраженное – 2,17 ед.

Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы. В среднем за 2020–2022 гг. содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы, возделываемой без внесения удобрений, мало варьировало от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ без использования пестицидов способствовало достоверному повышению содержания азота, более выраженному при возделывании культуры по безотвальному рыхлению (+ 0,41 %), чем по вспашке (+ 0,33 %), по которой наблюдалась тенденция к росту содержания от применения пестицидов (Рисунок 3). Проявилась зависимость поступления азота в зерно и от погодных условий: эффективность минеральных удобрений в повышении содержания данного элемента питания выше год с большим от средне многолетних значений количеством осадков в весенне-летний период (2020), когда возрастание его содержания составило 0,41 % по вспашке и 0,48–0,52 % по безотвальному рыхлению. Тогда как в год при наименьшей урожайности из-за острого дефицита влаги при посеве и в начальный период роста и развития растений (2021) и в условиях недостатка осадков (2022) повышение содержания азота от внесения минеральных удобрений менее значимо, соответственно способам обработки почвы 0,22–0,34 и 0,29–0,33 %. Применение навоза в дозе 40 т/га способствовало повышению содержания азота в зерне на 0,15 и 0,17 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без использования средств защиты растений, а также на 0,18 и 0,29 % в посевах с ними. Наиболее значимое повышение его содержания наблюдалось в условиях с более высокой влагообеспеченностью (2020), соответственно со способами обработки почвы на 0,45 и 0,29 % без пестицидов и на 0,31 и 0,46 % с использованием средств защиты растений.

При остром недостатке влаги в почве в момент посева и в начале роста и развития растений, приведшем к резкому снижению урожайности зерна озимой пшеницы (2021), повышение содержания азота в зерне под влиянием навоза не достоверно. Однако, проявилась тенденция к повышению по обоим способам обработки почвы: по вспашке на 0,14–0,17 % и по безотвальному рыхлению на 0,12–0,13 %.

В условиях дефицита влаги в период весенне-летней вегетации (2022) существенное повышение содержания азота в зерне на 0,31 % отмечено только по вспашке с применением средств защиты растений. В среднем за 2020–2022 гг. наиболее значимое повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы проявилось при сочетании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га по вспашке и безотвальному рыхлению соответственно на 0,46 и 0,54 % в посевах без средств защиты растений и на 0,53 и 0,61 % с применением пестицидов.

Как с применением минеральной или органической систем удобрения, так и с применением органо-минеральной системы, наибольшее повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы наблюдалось при большем количестве осадков в весенне-летний период вегетации растений (2020), чем при среднемноголетних значениях, которое оказалось равным 0,77–0,79 % по вспашке и 0,82–0,86 % по безотвальному рыхлению, которое не зависело от средств защиты растений.

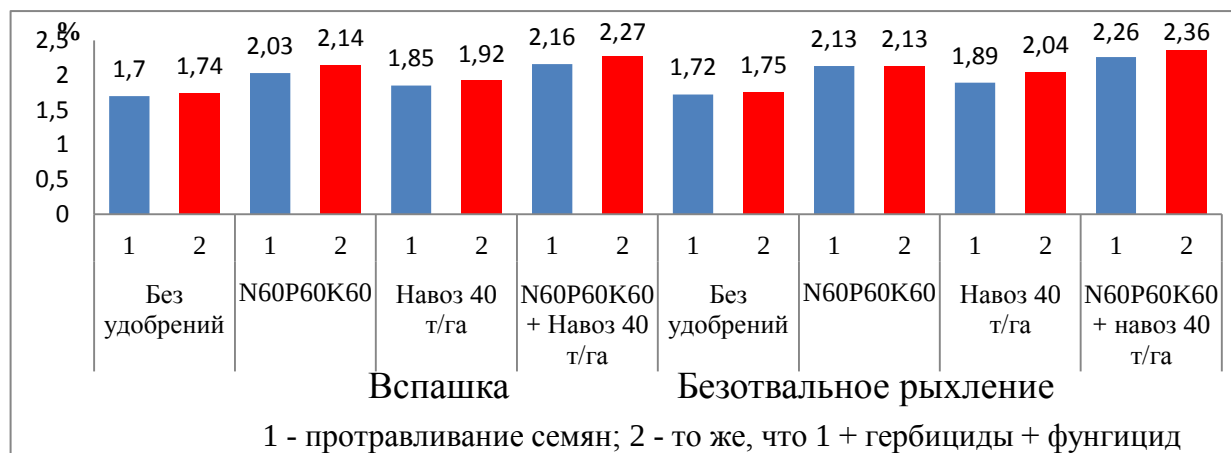


Рисунок 3 – Влияние удобрений на содержание азота в зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений и пестицидов, %, 2020–2022 гг.

Наименее значимое повешение содержания азота в зерне было в условиях недостатка количества осадков (2022), составившее 0,20–0,36 % по вспашке и 0,27–0,33 % по безотвальному рыхлению.

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечили повышение содержания фосфора на 0,08–0,09 и 0,04–0,05 % соответственно способам обработки почвы (Рисунок 4).

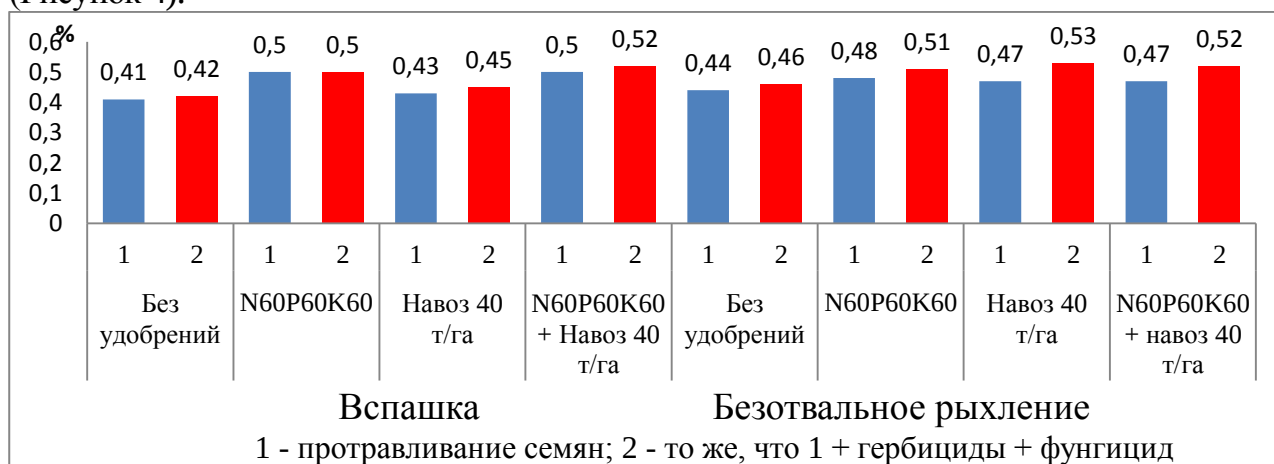


Рисунок 4 – Влияние удобрений на содержание фосфора в зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений и пестицидов, %, 2020–2022 гг.

Наиболее значимым оно было по вспашке в более увлажненных условиях периода весенне-летней вегетации – 0,13–0,14 %, а по безотвальному рыхлению в таких же условиях – 0,06–0,07 % и в условиях острого дефицита осадков – 0,7–0,8 %. Влияние пестицидов на этот показатель неустойчивое и мало выражено.

Содержание калия в зерне в меньшей степени варьировало в зависимости от агроприемов и погодных условий, чем содержание азота и фосфора. Несколько

больше его содержалось в зерне, полученном при недостатке увлажнения. Минеральные удобрения и навоз практически не повлияли на изменения содержания в зерне данного элемента. Достоверное повышение содержания калия в зерне на 0,05–0,07 % по вспашке и на 0,04–0,06 % по безотвальному рыхлению наблюдалось при совместном применении минеральных удобрений и навоза в условиях более высокого увлажнения в весенне-летний период.

Структура урожая озимой пшеницы. В среднем за 2020–2022 гг. минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обусловили существенное увеличение количества продуктивных стеблей в среднем за три года на 136 и 132 шт./м² (36,8 и 35,1 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без использования пестицидов и на 144 и 136 шт./м² (36,5 и 34,2 %) с их применением. Аналогичные значения изменений отмечены в 2022 г.: 127 и 130 шт./м² (28,2 и 28,6), а также 129 и 114 шт./м² (26,8 и 23,5 %). Наименьшими они были в 2021 г. (31–72 шт./м² или 11,5–26,1 %), а максимальными – в 2020 г. в условиях профицита осадков от среднеемноголетних показателей в весенне-летний период: 224 и 234 шт./м² (61,0 и 57,8 %), а также 231 и 227 шт./м² (54,1 и 52,7 %).

Влияние навоза, внесенного в дозе 40 т/га, выразилось в увеличении количества продуктивных стеблей на 77 и 68 шт./м² (20,8 и 18,1 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению при отсутствии средств защиты растений от вредных объектов и на 96 и 94 шт./м² (24,3 и 23,6 %) с применением их. Наибольшим оно было в условиях с превышением осадков (2020) независимо от способов обработки почвы и использования пестицидов: 120–138 шт./м² или 29,6–33,8 %, а минимальным – 61 шт./м² по вспашке и безотвальной обработке почвы (12,7 и 12,6 %). В год с кризисными условиями погоды (2021) варьирование без использования пестицидов не наблюдалось, а с ними увеличение составило 88 шт./м² или 31,9 % по вспашке и 84 шт./м² или 30,1 % по безотвальному рыхлению.

В среднем за годы исследований совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га проявилось в наибольшем увеличении количества продуктивных стеблей по сравнению с их количеством в посевах без удобрений, которое составило 156 и 145 шт./м² (42,2 и 38,6 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению при отсутствии средств защиты растений и 166 и 158 шт./м² (42,0 и 39,7 %) при их наличии. Более значимым оно было в условиях профицита осадков (2020) от среднеемноголетних показателей в весенне-летний период: 263 и 253 шт./м² (66,2 и 62,5 %) без использования пестицидов и несколько меньше – 256 и 249 шт./м² (60,0 и 57,8 %) – с их применением, а наименьшим – в экстремальных засушливых условиях периода посева и начальный период роста и развития растений (2021) – 64 и 58 шт./м² (23,8 и 21,6 %) в первом случае и 94 и 84 шт./м² (34,1 и 30,1 %) во втором. Следовательно, роль средств защиты растений значительнее в неблагоприятных условиях погоды, а менее значима в благоприятных для культурных растений условиях.

На изменение массы 1000 зерен озимой пшеницы не повлияли ни способы обработки почвы, ни средства защиты растений. Она составляла 39,8–40,9 г. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовали увеличению её на 2,3–2,6 г, навоз в дозе 40 т/га на 1,7–2,2 г и их сочетание на 3,0–3,1 г. Варьирование массы зерна с одного колоса в зависимости от способов основной обработки почвы не наблюдалось. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечили возрастание массы зерна с одного колоса на 0,15–0,16 г или на 16,3–16,7 % по вспашке и на 0,17–0,18 г или на 18,9–19,0 % по безотвальному рыхлению.

Пестициды способствовали увеличению её соответственно на 0,05 и 0,06 г (4,7 и 6,3 %). Внесение навоза в дозе 40 т/га способствовало практически одинаковому увеличению массы зерна с одного колоса по обоим способам обработки почвы – на 12,0–13,5 г или 12,0–13,5 % и равному её возрастанию от применения средств защиты растений – 0,06 г или 5,9 %. Наибольшее увеличение массы зерна с одного колоса обусловлено сочетанием минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га, составившее 0,20–0,21 г (21,7–21,9 %) по вспашке и 0,22–0,23 г (23,2–25,6 %) по безотвальному рыхлению. Значение пестицидов выразилось в её увеличении соответственно на 0,05 и 0,04 г (4,5 и 3,5 %).

Экономическая эффективность применения удобрений. Использование пестицидов в среднем за 2020–2022 гг. в посевах озимой пшеницы по вспашке без удобрений способствовало получению условно чистого дохода, равного 1 977 руб./га при уровне рентабельности 71,0 % и себестоимость прибавки урожая 8 185 руб./т зерна. По безотвальному рыхлению условно чистый доход был выше на 230 руб./га или на 11,6 % при большем на 7,9 % уровне рентабельности и меньшей себестоимости прибавки продукции на 316 руб./т или на 3,9 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в посевах без пестицидов обеспечило получение одинакового по обоим способам основной обработки почвы условно чистого дохода 14 968 руб./га, уровня рентабельности 124,2 % и себестоимость прибавки урожая 6 245 руб./т зерна. Применение пестицидов способствовало улучшению этих показателей по вспашке соответственно на 4 972 руб./га (+ 33,2 %), на 53,2 % и на - 126 руб./т (- 2,0 %). По безотвальному рыхлению изменения составили следующие величины: на 4 856 руб./га (+ 32,4 %), на 46,3 % и на - 76 руб./т (- 1,2 %).

Условно чистый доход от применения навоза в дозе 40 т/га по вспашке без пестицидов составил 9 163 руб./га, что выше, чем по безотвальному рыхлению на 1 267 руб./га (13,8 %). Уровень рентабельности был также выше на 13,5 %, а себестоимость прибавки урожая ниже на 379 руб./т зерна (6,2 %). Пестициды обусловили увеличение условно чистого дохода по вспашке и безотвальному рыхлению соответственно на 6 700 и 6 930 руб./га (73,1 и 87,8 %), уровня рентабельности на 16,3 и 23,2 % и снижение себестоимости прибавки продукции на 406 и 626 руб./т или на 6,7 и 9,7 %.

Совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га при возделывании озимой пшеницы без пестицидов позволило получить одинаковый условно чистый доход по вспашке и безотвальному рыхлению, равный 14 357 руб./га при себестоимости прибавки урожая 8 043 руб./т. Значение пестицидов в органо-минеральной системе удобрения проявилось в большей мере по вспашке, где условно чистый доход увеличился на 7 258 руб./га или на 50,6 %, тогда как по безотвальному рыхлению условно чистый доход за счет их применения вырос на 7 027 руб./га или на 48,9 %. И составил в итоге соответственно 21 615 и 21 384 руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Коэффициент структурности пахотного слоя почвы в органо-минеральной системе удобрения более существенно повышался при проведении безотвального рыхления (на 1,1–1,2), чем по вспашке (на 0,7–0,8) при достоверном снижении плотности почвы на 0,05–0,07 г/см³ по обоим способам обработки.

2. Более заметное повышение содержания азота нитратов в почве слоя 0–10 см, отмеченное при сочетании минеральных удобрений и навоза, наблюдалось по вспашке, а содержание подвижных фосфатов и обменного калия по безотвальному рыхлению.

3. Средства защиты растений приводили к увеличению запасов доступной влаги как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и в метровом слое в посевах без удобрений и, наоборот, к их снижению при использовании органоминеральной системы удобрения.

4. Снижение засоренности от гербицидов в посевах без удобрений по вспашке и безотвальному рыхлению составило соответственно 88,6 и 87,9 %. Возрастание их эффективности по вспашке оказалась равной при внесении минеральных удобрений, навоза и их сочетаний соответственно на 7,0, 3,3 и 5,3 %, а по безотвальному рыхлению 6,7, 2,7 и 6,7 %.

5. Совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению равной прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га или 93,8–94,1 %.

6. В год с превышением осадков от среднегодовых значений в период весенне-летней вегетации растений урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ возрастала более значимо в посевах при проведении вспашки (+ 2,54 т/га; 73,8 %), чем при проведении безотвального рыхления (+ 2,43 т/га; 69,8 %), тогда как в год с дефицитом осадков преимущество было за безотвальным рыхлением (+ 2,54 т/га; 67,2 %) по сравнению со вспашкой (+ 2,46 т/га; 64,2 %).

7. Внесение навоза в дозе 40 т/га обусловило более значимое увеличение урожайности зерна озимой пшеницы по вспашке – на 1,16 т/га или на 35,9 %, чем по безотвальному рыхлению – на 1,05 т/га или на 32,6 %.

8. Наибольшему повышению содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы на 2,6 и 3,0 % соответственно без пестицидов и при их применении по вспашке, а также на 3,1 и 3,4 % по безотвальному рыхлению способствовало сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га. При этом получены максимальные прибавки сбора протеина 377 кг/га по вспашке и 400 кг/га по безотвальному рыхлению без использования пестицидов, а суммарный эффект от сочетания удобрений и пестицидов составил соответственно 492 и 522 кг/га.

9. Увеличение содержания клейковины при использовании только минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ не было превышено в органоминеральной системе, где оно составило 2,22 % без пестицидов и 2,85 % с ними по вспашке, а также 2,42 и 2,86 % по безотвальному рыхлению.

10. Снижение индекса деформации клейковины на 3,87 и 4,67 ед. соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению вызвано, в большей мере, внесением минеральных удобрений без применения средств защиты растений, чем в сочетании с использованием пестицидов – 1,77 и 2,87 ед.

11. Наиболее значимое повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы проявилось при сочетании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га по вспашке и безотвальному рыхлению соответственно на 0,46 и 0,54 % в посевах без средств защиты растений и на 0,53 и 0,61 % с применением пестицидов.

12. Максимальный условно чистый доход 21 615 и 21 384 руб./га при уровне рентабельности 103,2 и 102,3 % и себестоимости прибавки урожая 6 890 и 6 919 руб./т зерна обеспечен применением сочетания минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и

навоза в дозе 40 т/га в комплексе с пестицидами при возделывании озимой пшеницы соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

Применение средств защиты растений способствовало повышению экономической эффективности минеральных удобрений на 33,2 и 32,4 %, навоза на 73,1 и 87,8 %, сочетания минеральных удобрений и навоза на 50,6 и 48,9 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях юго-западной части ЦЧР на черноземе типичном в посевах озимой пшеницы следует применять органоминеральную систему удобрения в составе минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га с использованием в качестве основной обработки почвы вспашку плугом ПЛН-5-35 или безотвальное рыхление плугом со стойками Параплау на глубину 20–22 см.

2. Для устойчивого производства зерна озимой пшеницы вне зависимости от разных погодных условий с целью защиты растений от вредоносных объектов и сегетальной растительности применять протравливание семян (Доспех 3, КС – 0,50 л/т + Табу, ВСК – 0,50 л/т семян), гербициды (в фазу кущения) Астэрикс, СЭ – 0,60 л/га и фунгицид (в фазу трубкования) Алькор Супер, КЭ – 0,50 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В условиях современного сельскохозяйственного производства проявляется потребность в совершенствовании технологии возделывания новых высокопродуктивных сортов озимой пшеницы, основанной на применении новых видов удобрений и средств защиты растений, современной техники по внесению и заделке удобрений, по обработке почвы с использованием системы управления комплексом агроприемов на основе цифровых технологий, что повлечет за собой экономное использование естественных и производственных ресурсов, улучшение экологических условий региона и государства в целом. Для этого будет востребована разработка математических моделей по воспроизводству плодородия почв, по формированию высокой устойчивой урожайности и заданного качества продукции, на что будут направлены наши дальнейшие исследования.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

В изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ:

1. Ступаков, А. Г. Сравнительная оценка биологизированной системы защиты растений озимой пшеницы от бактериальных и грибковых заболеваний в условиях юго-запада ЦЧР / А. Г. Ступаков, Д. О. Морозов, М. А. Куликова, В. В. Букреев, В. И. Желтухина, Ю. Е. Щедрина, **Т. А. Х. Алаши** // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – №4 (32). – С. 212–220.

2. Тютюнов, С. И. Комплексная оценка применения удобрений и средств защиты растений при возделывании озимой пшеницы в условиях юго-запада ЦЧР / С. И. Тютюнов, П. И. Солнцев, **Т. А. Х. Алаши**, К. В. Дорохин, А. И. Литвинов // Сахарная свекла. – 2022. – № 6. – С. 36–39.

3. Ступаков, А. Г. Разработка интегрированной системы защиты озимой пшеницы от болезней в Центральном Черноземье / А. Г. Ступаков, Д. О. Морозов, М. А. Куликова, В. В. Букреев, В. И. Желтухина, Ю. Е. Щедрина, **Т. А. Х. Алаши** // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 36–45.

4. Солнцев, П. И. Эффективность удобрений озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и пестицидов на юго-западе ЦЧР / П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков, М. А. Куликова, **Т. А. Х. Алаши** // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 45–52.

5. Ступаков А. Г. Удобрения как фактор повышения качества зерна озимой пшеницы при разных способах обработки почвы и средствах защиты растений в Центральном Черноземье / А. Г. Ступаков, П. И. Солнцев, **Т. А. Х. Алаши**, М. А. Куликова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 37–44.

Публикации в других изданиях:

6. **Алаши, Т. А. Х.** Роль способов обработки почвы в эффективности применения органических удобрений и средств защиты растений в посевах озимой пшеницы / Т. А. Х. Алаши, Ю. Е. Щедрина, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве: Материалы Международной студенческой научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина, Майский, 26 октября 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 90-91.

7. **Алаши, Т. А. Х.** Сочетание удобрений и средств защиты растений как фактор повышения урожайности озимой пшеницы / Т. А. Х. Алаши, Ю. Е. Щедрина, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны : Материалы Международной научной конференции, Майский, 29 сентября 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 168-169.

8. Ширяева, Н. В. Урожайность зерна озимой пшеницы разных сортов под влиянием предшественников, новых видов удобрений и регулятора роста / Н. В. Ширяева, А. Г. Ступаков, **Т. А. Х. Алаши** // Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны : Материалы Международной научной конференции, Майский, 29 сентября 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 185-187.

9. Щедрина, Ю. Е. Эффективность применения удобрений и средств защиты растений в посевах озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы / Ю. Е. Щедрина, **Т. А. Х. Алаши**, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Материалы Международной научной конференции «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» (14-15 марта 2023 года) : в 7 томах. – П. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2023. – Т. 1. – С. 170–171.

Подписано в печать 23.10.2023 г.

Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,0. Заказ 7370. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ЗАО «Белгородская областная типография».