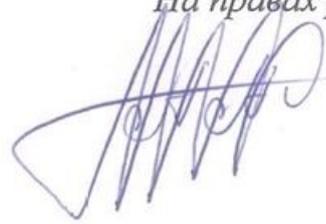


На правах рукописи



Антипова Анастасия Николаевна

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ
ПЛОДОРОДИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОИ
В УСЛОВИЯХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж
2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Научный руководитель: **Коржов Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», кафедра земледелия и защиты растений, профессор.

Официальные оппоненты: **Шабалда Ольга Георгиевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», базовая кафедра общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства им. профессора Ф. И. Бобрышева», профессор;

Солодовников Анатолий Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», кафедра земледелия, мелиорации и агрохимии, профессор.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

Защита диссертации состоится «16» апреля 2025 г. в 12⁰⁰ часов в ауд. 268 на заседании диссертационного совета 35.2.008.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; тел./факс: +7(473) 253-86-51; e-mail: d220.010.03@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 «12» марта 2025 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные и скрепленные гербовой печатью организации, просим направлять по адресу E-mail: d220.010.03@mail.ru ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета доктор с.-х. наук, профессор

Т. Г. Ващенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Соя стоит в одном ряду с наиболее значимыми сельскохозяйственными культурами. Зерно этой культуры используют в продовольствии, кормопроизводстве и даже в технических целях. В Российской Федерации в 2020 году площадь посевов сои составила 2858,3 тыс. га при урожайности 1,59 т/га, в 2021 году 3068,0 тыс. га с урожайностью 1,59 т/га и в 2022 году 3506,5 тыс. га – 1,79 т/га.

Для Центрального региона соя не является основной культурой, но в то же время площади ее посевов с каждым годом растут. Увеличение посевных площадей и урожайности сои является одним из приоритетных направлений развития отрасли сельского хозяйства Тульской области. Площади посева этой культуры в регионе составили в 2020 году 36,2 тыс. га с урожайностью 1,96 т/га, в 2021 году 42,4 тыс. га – 1,50 т/га, в 2022 году 47,0 тыс. га – 1,92 т/га. Использование научно обоснованных систем обработки почвы является одним из способов, позволяющих добиться наибольшей реализации сортом его генетического потенциала.

Для внедрения в производство в нечерноземной зоне на территории, которая относится к зоне неустойчивого увлажнения, систем обработки, способствующих сохранению и повышению плодородия почвы, увеличению урожайности и улучшению качества семян, необходимо теоретическое и практическое обоснование данных мероприятий в конкретных почвенно-климатических условиях. Таким образом, изучение закономерностей формирования агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного при различных системах обработки почвы под сою является актуальным.

Степень разработанности темы исследования. Зависимость от способа обработки агрофизических и агрохимических свойств почвы под зерновыми культурами исследовали: в Воронежской области в 2011–2022 гг. А. В. Дедов и А. В. Шевченко, в 2021 г. К. Е. Стекольников; в условиях Самарской области под соей и другими зерновыми культурами в 2018 г. Д. А. Кузнецов, в 2020 г. Т. С. Зубкова; в условиях Курской области в 2020–2022 гг. Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов, А. В. Шумаков; в условиях Кировской области под зерновыми культурами в 2020–2021 гг. Е. Н. Носкова, Л. М. Козлова, Ф. А. Попов, Е. В. Светлакова; в центральной зоне Краснодарского края под зерновыми культурами в 2013–2016 гг., в 2016–2018 гг. С. Н. Осауленко.

Агрохимические свойства почвы в зависимости от используемых агроприемов изучали: в условиях Воронежской области под зерновыми культурами в 2008–2015 гг. Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, А. П. Пичугин, Г. В. Котов, в 2017 г. А. М. Стручкова, Д. Н. Пищулин, Д. Ю. Артемьева, Д. И. Бережнов, К. Е. Стекольников, под соей В. А. Федотов, С. В. Гончаров, О. В. Столяров, Т. Г. Ващенко, Н. С. Шевченко; в условиях Белгородской области в различных севооборотах в 2012–2015 гг. С. И. Тютюнов, в 1964–2018 гг. П. А. Чекмарёв и С. В. Лукин.

Особенности роста и развития сои в зависимости от различных условий выращивания исследовали: в условиях Воронежской области в 2010–2011 гг. С. В. Кадыров, в 2019–2021 гг. Г. Г. Голева; в условиях лесостепи Тюменской области в 2017 г. Е. А. Краснова; в условиях Ростовской области в 2019–2020 гг. Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева; в условиях Нечерноземной зоны России (Московская область) в 2002–2017 гг. Н. П. Попова, М. Е. Бельшкіна, в 2018 г. М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева; в условиях Краснодарского края в 2018 г., 2019 г. О. Г. Шабалдас.

Проведенные исследования показывают, что обработка почвы играет важную роль в технологии возделывания сельскохозяйственных культур и требует дифференцированного подхода к своей оптимизации. Однако видно, что среди работ последнего десятилетия нет трудов, посвященных изучению влияния систем обработки почвы на показатели плодородия при возделывании сои в условиях Тульской области.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования заключается в определении закономерностей формирования агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного при различных системах обработки почвы под сою в условиях Тульской области.

Для достижения заявленной цели были поставлены следующие задачи:

- установить закономерности формирования агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного под соей при различных системах обработки почвы;
- выявить зависимость между применением различных систем обработки почвы и структурой сорного агрофитоценоза в посевах сои;
- изучить влияние различных систем обработки почвы на развитие растений сои и формирование элементов структуры урожая этой культуры;
- выявить влияние систем обработки почвы на структуру урожая и урожайность сои;
- определить энергетическую и экономическую эффективность различных систем обработки почвы при возделывании сои.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в выявлении закономерностей формирования агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного под соей. Показано, что при глубокой обработке почвы складываются оптимальные параметры плотности и питательного режима.

Минимизация системы обработки почвы способствовала увеличению ее плотности в пахотном слое 0–30 см при применении безотвального рыхления на 0,02 г/см³, на фоне дискования – на 0,10 г/см³.

Количество нитратов в слое 0–30 см по отвальной системе обработки почвы составило 15,98 мг/кг, что соответственно больше на 7,24 и 11,46% безотвального рыхления и дисковой обработки.

Содержание P_2O_5 в метровом слое почвы и при применении системы со вспашкой (48,16 мг/кг) и на системе с дискованием (49,66 мг/кг) оказалось низким, а высоким – на фоне системы с безотвальным рыхлением (51,45 мг/кг). Количество K_2O в слое 0–100 см при применении систем с отвальной обработкой и безотвальным рыхлением было соответственно больше дискования на 7,23 и 10,00 %.

Актуальная, обменная и гидролитическая кислотность показали разностороннюю направленность. В целом их значения были благоприятными для роста и развития сои.

За годы исследований сумма обменных оснований в слое 0–30 и 0–100 см составила 23,78–29,71 мг-экв/100 г почвы. Наибольшее содержание было отмечено при дисковой системе обработки почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлена связь между формированием агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного при различных системах обработки почвы и урожайностью сои.

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность (2,16 т/га) зафиксирована при отвальной обработке почвы. На безотвальном рыхлении и дисковании сбор зерна был в среднем меньше соответственно на 0,09 т/га и 0,29 т/га.

Наибольшее число семян на растении зафиксировано на варианте со вспашкой – 35,00 шт. с массой 4,85 г. Средний показатель по числу семян был на варианте с безотвальным рыхлением – 33,15 шт. с массой 4,34 г. Меньше всего семян было на варианте с дискованием – 29,84 шт. с массой 4,05 г.

Содержание белка в зерне было больше на вспашке (35,4%), чем при безотвальном рыхлении (34,6%) или дисковании (33,8%). Содержание жира было меньше на вспашке (20,3%), увеличиваясь на безотвальном рыхлении (до 20,5%) и дисковании (до 21,1%).

По основным положениям диссертационного исследования получены практические результаты в ходе производственной проверки в ИП Ульянич Д.В. Липецкой области Усманского района на площади 140 га, при этом отмечена экономия материальных затрат, а уровень рентабельности составил 28% при применении системы глубокой обработки почвы.

Методология и методы исследования. Исследования были организованы с учетом интегрированного подхода к анализу воздействия систем обработки почвы на ее плодородие и продуктивность сои в условиях юго-востока Тульской области. В процессе работы над диссертацией применялись методы полевых, лабораторных исследований, методы математической статистики. Учен опыт отечественных и зарубежных исследователей.

Степень достоверности результатов исследования обосновывается сведениями, полученными в результате комплексного изучения большого количества научной информации, опубликованной в российских и зарубежных периодических изданиях как печатных, так и электронных, соб-

ственными результатами исследований, полученными в процессе работы над достижением поставленной цели диссертации, посредством применения методов полевых и лабораторных исследований, организованных в соответствии с общепринятыми рекомендациями и ГОСТами, проведением статистического анализа полученных данных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности формирования агрофизических и агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного при различных системах обработки почвы под сою. Применение системы с отвальной обработкой почвы способствовало снижению плотности почвы на 0,03-0,11 г/см³. Содержание P₂O₅ в слое 0–30 см составило 52,42 мг/кг, что меньше системы с плоскорезной обработкой 2,02 мг/кг и системы с дисковым рыхлением на 4,34 мг/кг.

2. Сорный компонент зависит от системы обработки почвы в посевах сои: на системе, включающей отвальную обработку, количество сорняков составило до обработки гербицидами 53,58 шт./м², при системе с безотвальным рыхлением – 67,65 шт./м², при системе с дискованием – 87,17 шт./м².

3. Система отвальной обработки почвы способствует формированию большего количества активных клубеньков (на 24-68%), чем на других системах обработки. При этом повышает количество бобов на одном растении до 14,69 шт.

4. Оценка энергетической и экономической эффективности способов основной обработки почвы.

Апробация результатов исследования. Итоги диссертационного исследования и его главные утверждения отображены в изданных научных статьях и были представлены на нескольких научных заседаниях и конференциях: ежегодных научно-практических конференциях преподавателей ВГАУ (2020–2022 гг.), международной научно-практической конференции (15 апреля 2021 г., г. Макеевка), международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (8 апреля 2021 г., 14 апреля 2022 г., 21 апреля 2022 г., г. Макеевка), международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства» (27 декабря 2021 года, г. Воронеж), IV всероссийской конференции молодых ученых АПК (19-20 мая 2022 г., г. Ростов), VI международной студенческой научной конференции (24-25 мая 2022 года, г. Ульяновск), международной научно-практической конференции «Аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы развития» (7-8 декабря 2022 года, г. Воронеж), а также в виде публикаций в Аграрном научном журнале (2023 г., № 4), Агрохимическом вестнике (2024 г., № 3), журнале Земледелие (2024 г., № 5).

Личный вклад соискателя. Соискатель строил план работы и самостоятельно организовывал исследования, систематизировал полученные

показатели, писал статьи для публикаций, оформлял диссертационную работу. Участие автора оценивается в более чем 90%.

Публикация результатов исследования. Итоги диссертационной работы и ее главные утверждения отображены в 11 опубликованных статьях, в числе которых 3 работы напечатаны в рецензируемых научных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 7 глав, заключение, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список литературы (231 наименование, в т. ч. 45 – иностранных авторов). Работа изложена на 236 страницах компьютерного текста, проиллюстрирована 43 таблицами и 38 рисунками, содержит 1 приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность исследования, представлена информация по степени разработанности проблемы, определены цели и задачи исследования, научная новизна, обоснована теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, описаны методология и методы исследований, обоснована степень достоверности результатов исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, отображена апробация результатов исследования.

ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ СОИ (обзор литературы)

Дан анализ литературных источников, в которых рассмотрено влияние систем обработки почвы на ее плодородие, развитие растений сои в зависимости от совокупности абиотических, фитогенных и антропогенных факторов. Обобщены данные по влиянию систем обработки почвы на урожайность и качество зерна сои.

ГЛАВА 2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, СХЕМА ОПЫТА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательская работа проводилась с 2020 по 2022 г. на юго-востоке Тульской области, где преобладает лесостепная зона. Непосредственно место проведения исследований характеризуется почвами, представленными черноземом выщелоченным с глинистым типом основной почвообразующей породы.

Исследуемые вегетационные периоды, особенно 2021 и 2022 гг., были очень контрастными по влагообеспеченности. В 2021 г. начиная с фазы цветения растения испытывали нехватку влаги – ГТК в среднем за июнь составил 0,62. В июле и августе ситуация лучше не стала – ГТК в эти месяцы был соответственно 0,31 и 0,70. В 2022 г. наблюдалось аномально большое число осадков. ГТК в июне был несколько больше значения этого показателя в

2021 г. (0,67), в июле и сентябре он составил соответственно 1,63 и 1,00, что говорит о значительном избытке влаги. Кроме того, ГТК I-II декад сентября оказался в среднем 4,9.

Выращивали сою ультраскороспелого сорта Волма по предшественнику пшеница озимая. Схема однофакторного опыта включала 3 варианта (Таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта. Системы обработки почвы

| Вариант № 1 | Вариант № 2 | Вариант № 3 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Дискование на 3-5 см | Дискование на 3-5 см | Дискование на 3-5 см |
| Вспашка на 22-24 см | Рыхление на 22-24 см | Дискование на 16-18 см |
| Дискование на 8-10 см | Дискование на 8-10 см | Дискование на 8-10 см |
| Боронование на 2-4 см | Боронование на 2-4 см | Боронование на 2-4 см |
| Культивация на 2,5-3 см | Культивация на 2,5-3 см | Культивация на 2,5-3 см |

Учетная площадь делянок 100 м² (4,0 м х 25,0 м). Повторность в опыте 4-кратная. Способ сева сои – сплошной с шириной междурядий 15 см. Норма высева 126 кг/га (700 тыс. шт./га). Перед посевом семена на всех вариантах были обработаны препаратом Хайкоут супер соя с содержанием бактерий *Bradyrhizobium japonicum* – 2,84 л/т, с добавлением Хайкоут супер экстендер (олисахориды) – 1,42 л/т. До инокуляции проводили протравливание зерна с добавлением фунгицида Максим XL (мефеноксам + флудиоксонил) – 1,5 л/т.

Все исследования выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями и указаниями.

В фазах ветвления, начала формирования бобов и налива зерна проводили отбор образцов почвы: на глубину 0,5 м через каждые 10 см для определения количества доступной влаги (Ещенко В.Е., 2009) и плотности почвы (Федорец Н.Г. 2009); на глубину 1,0 м через каждые 10 см для определения актуальной и обменной кислотностей (Н.Г. Федорец, 2009), гидrolитической кислотности (Середина В.П. 2009), содержания органического вещества (метод Тюрина в модификации ЦИАНО), суммы обменных оснований (метод Каппена-Гильковица), подвижных форм фосфора и калия (метод Чирикова в модификации ЦИАНО), нитратов (ионометрический метод, ГОСТ 26951-86).

Фиксировали вегетативные (V1-V5) и репродуктивные (R1-R8) фазы развития растений сои (Хаджиматов В.А., 2018), которые определяли глазомерно одновременно на всем опыте (Ещенко В.Е., 2009). В фазах ветвления, начала формирования бобов и налива зерна определяли: высоту растений с помощью мерной линейки – измеряя стебель от поверхности почвы до верхней части растения; динамику накопления сухого вещества растениями сои – высушиванием сырой массы растений до абсолютно сухого вещества (Амелин А.В., 2016); площадь листовой поверхности – путем анализа отсканированных в программе APFill Ink Toner Coverage Meter ли-

стьев (Дмитриев Н.Н., 2016). Подсчет клубеньков проводили в фазе начала формирования бобов методом откапывания монолитов почвы с растениями (Бегун С.А., 2005). Перед уборкой проводили подсчет числа бобов, семян, массу семян на растении, фиксировали высоту прикрепления нижнего боба (Ещенко В.Е., 2009).

Учёт засоренности в посевах проводился перед обработкой гербицидами в фазе 1-3-го листа и в фазе налива зерна методом непосредственного подсчета стеблей сорных растений на пробных площадках 1 м² (Фетюхин И.В., 2018). Общую характеристику видовому составу сорной растительности давали согласно классификациям Д. Шпаара.

Урожайность определяли сплошным методом учета – весь урожай с учетной части каждой делянки убирали и взвешивали на весах, проводили зерно к стандартной влажности 13% и 100% чистоте (Ещенко В.Е., 2009). Влажность зерна сои определяли в сушильном шкафу по ГОСТ 13586.5-93. Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 12042-80. Натуру зерна определяли с помощью пурки по ГОСТ 54895-2012. Белок и жир определяли на ИК-анализаторе качества зерна Infratec™ 1241 Grain Analyzer.

ГЛАВА 3 ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

В среднем за период вегетации растений сои плотность почвы пахотного слоя 0–30 см, в зависимости от систем обработки, изменялась незначительно и составила 1,08-1,18 г/см³, с минимальным показателем на системе со вспашкой. В среднем по слою 0–50 см этот показатель несколько увеличивался – до 1,11-1,22 г/см³ (Таблица 2).

Таблица 2 – Плотность почвы под соей при различных системах обработки в среднем за годы исследований (2020–2022 гг.), г/см³

| Система обработки почвы (вариант) | Слой почвы, см | Фаза вегетации | | | Среднее |
|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|-------------|---------|
| | | ветвление | начало формирования бобов | налив семян | |
| 1 (контроль) | 0-30 | 1,06 | 1,09 | 1,09 | 1,08 |
| | 30-50 | 1,16 | 1,18 | 1,19 | 1,17 |
| | 0-50 | 1,10 | 1,12 | 1,13 | 1,11 |
| 2 | 0-30 | 1,07 | 1,11 | 1,12 | 1,10 |
| | 30-50 | 1,18 | 1,20 | 1,22* | 1,20 |
| | 0-50 | 1,11 | 1,15 | 1,16 | 1,14* |
| 3 | 0-30 | 1,10 | 1,20 | 1,24 | 1,18 |
| | 30-50 | 1,25 | 1,29 | 1,33 | 1,29 |
| | 0-50 | 1,16* | 1,23* | 1,27* | 1,22* |
| НСР ₀₅ | | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |

Примечание. Здесь и далее в таблицах: 1 вариант (контроль) – система обработки почвы с применением вспашки; 2 вариант – система с применением безотвального рыхления; 3 вариант – система с применением дискования. * – варианты достоверно различаются в сравнении с контролем на 5 % уровне значимости.

Уровень доступной влаги в исследуемом горизонте почв в слое 0–50 см на контроле был 42,99 мм, что было меньше систем с безотвальным рыхлением (52,49 мм) и дискованием (44,94 мм) соответственно на 22,09 и 4,53%. Однако в результате проведенного дисперсионного анализа значимых различий между системами обработки почвы не установлено ($F_{\phi} < F_{05}$).

Количество органического вещества в слое почвы 0–100 см на контроле был низким (3,13%), но больше, чем при системах с безотвальным рыхлением (2,77%) или дискованием (2,88%) (Рисунок 1).

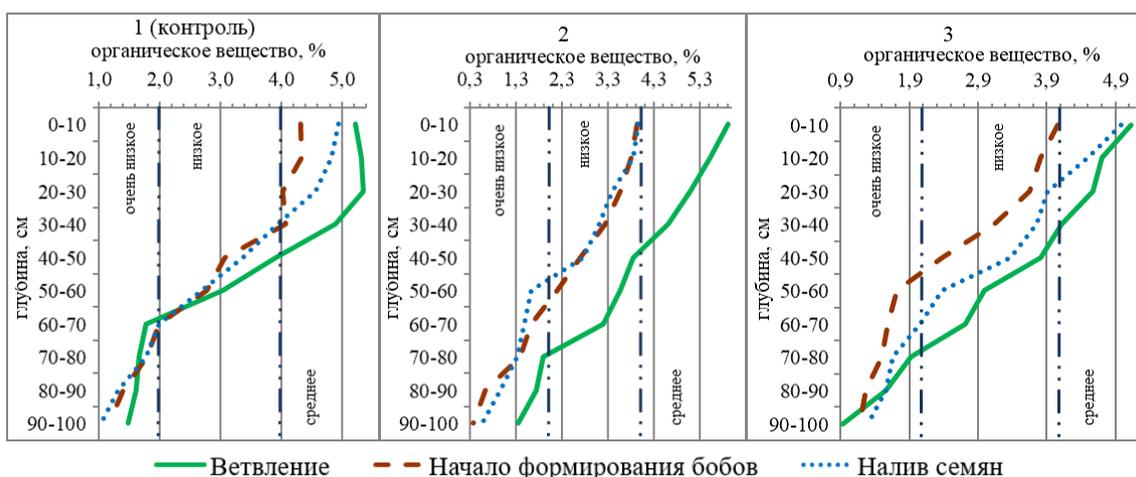


Рисунок 1 – Количество органического вещества в почве под соей в зависимости от системы обработки почвы, 2020–2022 гг.

Обозначения. Здесь и далее на рисунках: 1 вариант (контроль) – система с применением вспашки; 2 вариант – система с применением безотвального рыхления; 3 вариант – система с применением дискования.

Проведенный дисперсионный анализ установил, что достоверно от контроля отличались и система с применением безотвального рыхления, и система с дискованием ($HCP_{05} = 0,11\%$).

Содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см соответствовало среднему уровню при системах со вспашкой (14,84 мг/кг) и безотвальным рыхлением (13,25 мг/кг), и высокому (15,76 мг/кг) – при системе с дискованием. Градации обеспеченности почв азотом в метровом слое почвы нет, однако установлено, что в слое 0–100 см количество этого элемента отмечено несколько ниже, чем в пахотном слое: 9,21 мг/кг – при системе с отвальной вспашкой, 8,18 мг/кг – при системе с безотвальным рыхлением, 9,00 мг/кг – при системе с дискованием. В то же время дисперсионным анализом установлено, что достоверных различий между системами обработки почвы не было ($F_{\phi} < F_{05}$).

На варианте с отвальной обработкой, обеспеченность фосфором в слое 0–100 см была низкой (48,16 мг/кг). Безотвальное рыхление способствовало увеличению содержания фосфора, в данном горизонте почвы на 6,83% и оказалось со средним уровнем 51,45 мг/кг. Выше контроля на 3,02% уровень P_2O_5 в почве был и с дискованием, где в отличие от системы с безотвальным рыхлением он был низким с показателем 49,66 мг/кг. Дис-

персионным анализом установлено, что в среднем достоверно отличались от контроля системы, включающие и безотвальное рыхление, и вспашку ($НСР_{05} = 1,13 \text{ мг/кг}$).

Уровень K_2O на контрольном варианте был в среднем $75,63 \text{ мг/кг}$, но уровень этого элемента на системе с безотвальным рыхлением был незначительно больше контроля (на $2,53\%$), в то время как количество обменного калия при системе с дискованием было меньше системы со вспашкой на $6,74\%$. Установлено, что в среднем в течение периода вегетации от системы со вспашкой достоверно отличалась система с дискованием ($НСР_{05} = 2,19 \text{ мг/кг}$) (Рисунок 2).

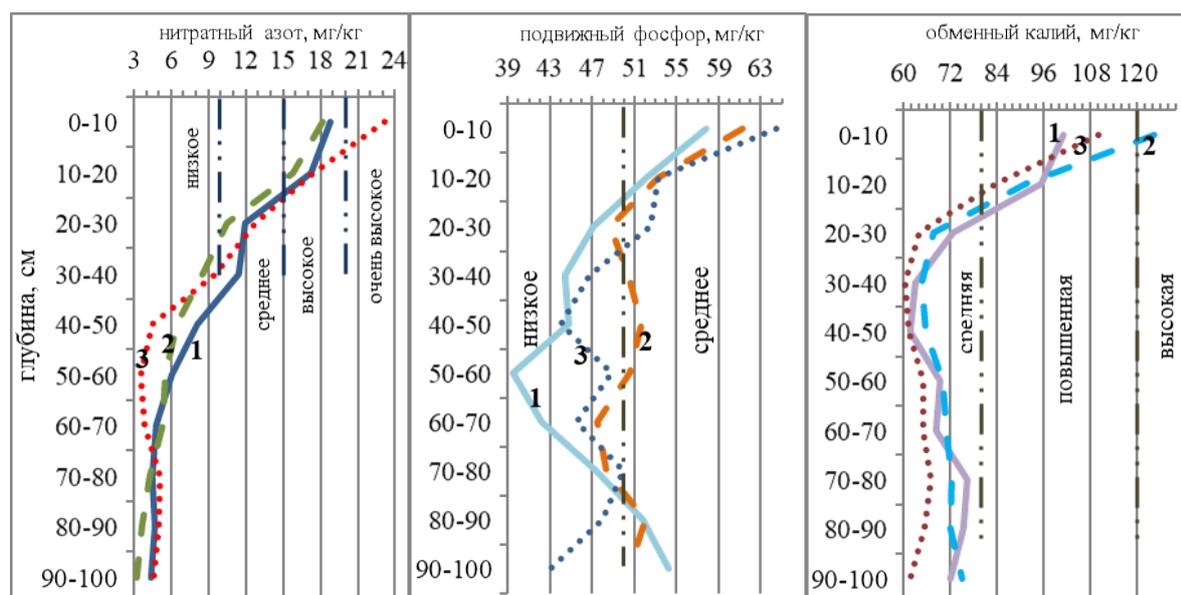


Рисунок 2 – Количество NO_3 , P_2O_5 , K_2O в почве под соей в зависимости от системы обработки почвы, 2020–2022 гг.

Значение рН на контроле ($6,14 \text{ ед.}$) было ниже систем с безотвальным рыхлением ($6,30 \text{ ед.}$) – на $2,65\%$, и дискованием ($6,27 \text{ ед.}$) – на $2,25\%$. Дисперсионный анализ показал, что другие исследуемые варианты достоверно отличались от контроля ($НСР_{05} = 0,07 \text{ ед.}$). Значение pH_{KCl} ($5,29 \text{ ед.}$) на контроле оказалось ниже, чем на других вариантах. Выше, чем на системе со вспашкой, показатель реакции почвенного раствора был на системе с безотвальным рыхлением (на $4,20\%$) – $5,51 \text{ ед.}$ и на системе с дискованием (на $6,85\%$) – $5,65 \text{ ед.}$ Все исследуемые варианты достоверно отличались по влиянию, оказываемому в течение периода вегетации на обменную кислотность почвы ($НСР_{05} = 0,18 \text{ ед.}$). H_T на контроле оказалась наиболее кислой в сравнении с другими вариантами и была слабокислой с показателем $3,71 \text{ мг-экв/100 г}$ почвы. При системе с безотвальным рыхлением значение гидролитической кислотности отличалось от контроля на $26,14\%$ и было близким к нейтральному с показателем $2,89 \text{ мг-экв/100 г}$ почвы. На варианте с системой, включающей безотвальное рыхление, значение реакции было слабокислым ($3,30 \text{ мг-экв/100 г}$ почвы), отличаясь от вспашки на

10,91%. Дисперсионный анализ показал, что все исследуемые системы обработки почвы достоверно отличались по влиянию, оказываемому на гидролитическую кислотность почвы ($НСР_{05} = 0,26$ ед.) (Рисунок 3).

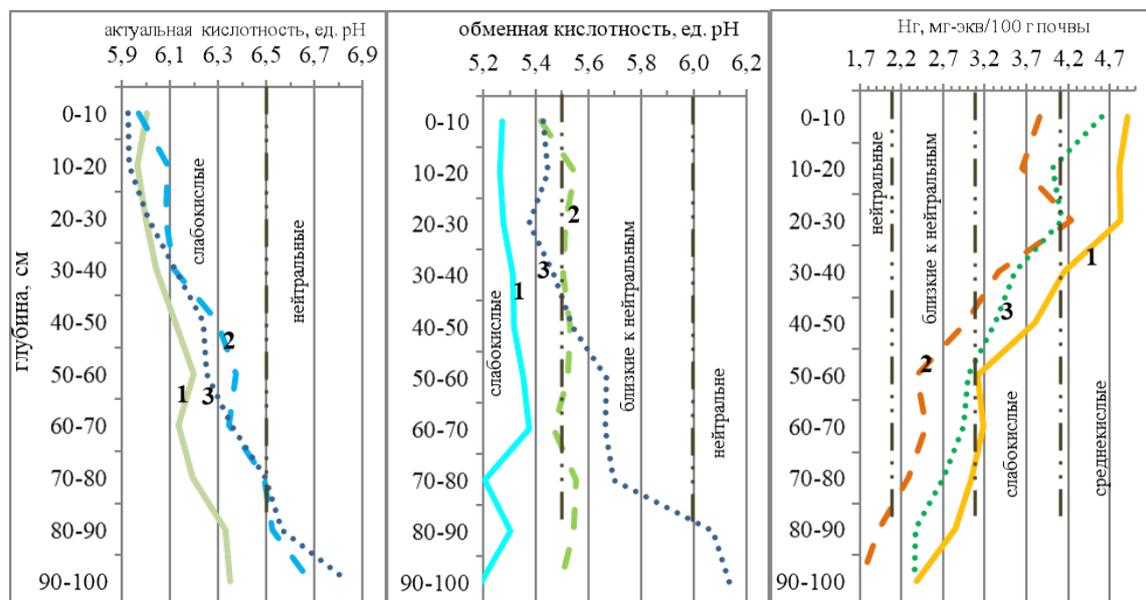


Рисунок 3 – Актуальная, обменная и гидролитическая кислотность почвы под соей в среднем за период вегетации, 2020–2022 гг.

На контроле значение S 22,44 мг-экв/100 г почвы было самым низким среди исследуемых вариантов. Выше, чем на системе со вспашкой, сумма обменных оснований была при системе с безотвальным рыхлением (на 15,56%) – 25,93 мг-экв/100 г почвы и при системе с дискованием (на 32,41%) – 29,71 мг-экв/100 г почвы. В течение вегетации все исследуемые варианты отличались между собой по влиянию, оказываемому на сумму обменных оснований в почве ($НСР_{05} = 0,60$ мг-экв/100 г почвы) (Рисунок 4).

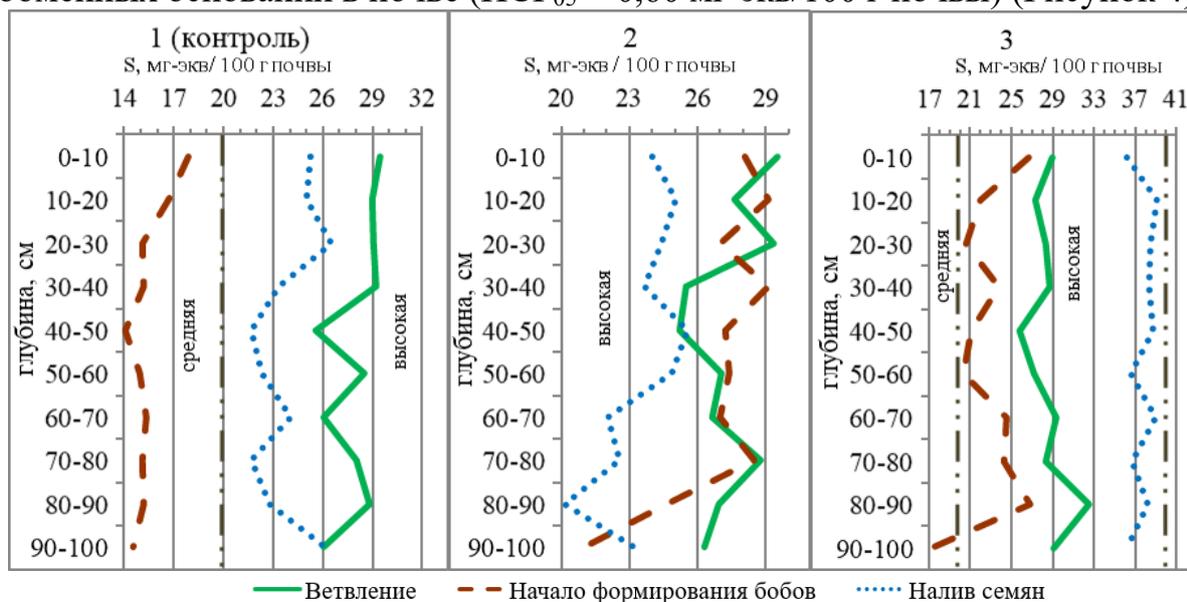


Рисунок 4 – Сумма обменных оснований в почве под соей в зависимости от системы обработки почвы, 2020–2022 гг.

Установлена степень насыщенности почв основаниями. В слое 0–30 см на варианте с применением вспашки V составила 82,75%, на фоне систем с безотвальным рыхлением и дискованием – 87,33%. В слое 0–100 см степень насыщенности основаниями на всех вариантах увеличивалась. Таким образом, этот показатель оказался выше 70% – не выявлено потребности в известковании почвы.

ГЛАВА 4 ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В фазе 1-3-го тройчатого листа на контрольном варианте было отмечено меньше всего сорняков – 53,58 шт./м², в то время как на системах с безотвальным рыхлением и дискованием их было больше соответственно в 1,26 и 1,63 раза. Разница между вариантами по численности этого компонента агрофитоценоза была существенной (при НСР₀₅ = 9,99 шт./м²). В результате обработки гербицидами к фазе налива семян сорные растения на системе со вспашкой снизили численность до 4,42 шт./м², и на этом варианте их оказалось меньше, чем на других вариантах, и она достоверно от них отличалась: в 1,13 раза меньше системы с безотвальным рыхлением и в 2,04 раза меньше системы с дискованием (при НСР₀₅ = 2,98 шт./м²).

В начале периода вегетации сои воздушно-сухая масса сорных растений на контрольном варианте (46,96 г/м²) была меньше в 1,39 раза, чем на системе с безотвальным рыхлением (65,08 г/м²), и меньше в 1,68 раза, чем на системе с дискованием (79,04 г/м²), однако достоверных различий между вариантами опыта не оказалось. К моменту налива семян сухая масса сорняков стала меньше при системе со вспашкой на 72,89%, на варианте с системой, включающей безотвальное рыхление - на 68,07%, на системе с дискованием - на 64,74%. При этом на контрольном варианте (12,73 г/м²) вес сорняков был меньше в 1,63 раза, чем на системе с безотвальным рыхлением (20,78 г/м²), и меньше в 2,19 раза (при НСР₀₅ = 11,17 г/м²), чем при системе с дискованием (34,87 г/м²).

ГЛАВА 5 РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Наиболее продолжительным период вегетации был на варианте системой, включающей вспашку (115,3 дня), в то время как при системе с безотвальным рыхлением период налива семян в сравнении с контролем оказался на 2,02% менее продолжительным (113,0 дней), а на системе с дискованием длился меньше на 4,91%, чем на системе со вспашкой, (109,7 дней) (при НСР₀₅ = 1,85 дня).

Интенсивный рост растений наблюдался с начала вегетационного периода на варианте с отвальной обработкой, и пик высоты по исследуемым вариантам был достигнут к фазе налива семян: на контрольном варианте высота растений достигла показателя 87,06 см, что оказалось больше

на 8,76%, чем на системе с безотвальным рыхлением (79,43 см), и на 12,25%, чем на системе с дискованием (76,39 см) (при НСР₀₅ = 2,29 см).

Площадь листовой поверхности растений по всем вариантам наиболее интенсивно нарастала с фазы ветвления и до фазы начала формирования бобов, особенно на контрольном варианте. К фазе налива семян при системе со вспашкой площадь поверхности листьев 1051,86 мм² на 1 растение (65,56 тыс. м²/га) превышала по этому показателю другие варианты: систему с безотвальным рыхлением (918,92 мм²/раст. или 52,68 тыс. м²/га) на 12,6%, систему с дискованием (630,90 мм²/раст. или 35,33 тыс. м²/га) на 40,0% (при НСР₀₅ = 196,09 мм²/раст.).

Высота прикрепления нижнего боба на контрольном варианте была наибольшей – 26,02 см. При применении системы с безотвальным рыхлением боб находился в среднем на высоте 23,19 см, что ниже контроля на 10,86%. На варианте с системой с дискованием высота прикрепления нижнего боба составила 25,24 см – меньше системы со вспашкой на 2,98% (при НСР₀₅ = 0,66 см).

Система обработки почвы оказала влияние на накопление сухого вещества растениями сои: с самых ранних периодов вегетации оно происходило более активно на варианте с системой, включающей вспашку, чем на системах с безотвальным рыхлением и дискованием. К фазе начала формирования бобов на контрольном варианте данный показатель (12,48 г на 1 растение) был больше систем с безотвальным рыхлением (10,87 г на 1 растение) на 12,92% и дискованием (9,42 г на 1 растение) – на 24,95% (при НСР₀₅ = 0,61 г на 1 растение). Причем от середины к концу периода вегетации воздушно-сухая масса растений сои на всех вариантах незначительно уменьшилась – в 0,95 раза на контрольном варианте, в 0,99 раза при системах с безотвальным рыхлением и дискованием.

Наибольшая масса клубеньков была сформирована при системе обработки почвы со вспашкой – в среднем 24,78 клубеньков на растении массой 0,374 г. На варианте с системой с безотвальным рыхлением бобово-ризобиальная система была развита несколько меньше – зафиксировано в среднем 18,53 клубенька на растении весом 0,234 г. На варианте с системой, включающей дискование, клубеньки были развиты сравнительно плохо – в среднем отмечено 7,92 клубенька на растении с массой 0,092 г (при НСР₀₅ = 2,59 шт. на 1 растение и НСР₀₅ = 0,051 г на 1 растение) (Таблица 3).

Таблица 3 – Число и масса активных клубеньков, сформированных на корнях сои, в зависимости от системы обработки почвы, 2020–2022 гг.

| Показатели | | Система обработки почвы | | | НСР ₀₅ |
|--------------|--|-------------------------|--------|--------|-------------------|
| | | 1 (контроль) | 2 | 3 | |
| 2020–2022гг. | Число активных клубеньков, шт. / раст. | 24,78 | 18,53* | 7,92* | 2,59 |
| | Масса активных клубеньков, г / раст. | 0,374 | 0,234* | 0,092* | 0,051 |

ГЛАВА 6 УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Бобов на растениях сои на контрольном варианте в среднем за исследуемый период оказалась больше всего – 14,69 шт. При системе с безотвальным рыхлением их было 13,67 шт., что оказалось меньше системы со вспашкой на 6,98%, при том, что на системе с дискованием их было 11,68 шт. – меньше контроля на 20,53% (при $НСР_{05} = 1,22$ шт.).

Контрольный вариант характеризовался наибольшим количеством семян на растении – их здесь было в среднем 35,00 шт. Применение безотвального рыхления способствовало незначительному снижению этого показателя – в среднем до 33,15 шт., что меньше системы со вспашкой на 5,29%. На фоне системы с дискованием количество зерен на растении снижалось в среднем до 29,84 шт. – меньше контроля на 14,74% (при $НСР_{05} = 3,08$ шт.).

На варианте с системой, включающей вспашку, масса семян на растении была 4,85 г – больше других исследуемых вариантов. При том, что на фоне системы с безотвальным рыхлением их масса оказалась 4,34 г – на 10,49% меньше контроля, а при системе с дискованием 4,05 г – на 16,46% меньше системы со вспашкой (при $НСР_{05} = 0,43$ г) (Таблица 4).

Таблица 4 – Структура урожая сои в зависимости от системы обработки почвы, 2020–2022 гг.

| Элементы структуры урожая | | | Система обработки почвы | | | НСР ₀₅ |
|---------------------------|----------------------------|-------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|
| | | | 1 (контроль) | 2 | 3 | |
| 2020 г. | Число на растении, шт. | бобов | 14,75 | 14,23 | 11,85 | F _φ < F ₀₅ |
| | | семян | 36,10 | 34,38 | 30,83 | |
| | Масса семян на растении, г | 4,91 | 4,56 | 4,22 | | |
| 2021 г. | Число на растении, шт. | бобов | 14,13 | 12,78 | 11,23* | 1,46 |
| | | семян | 32,43 | 30,98 | 27,75 | F _φ < F ₀₅ |
| | Масса семян на растении, г | 4,64 | 4,02 | 3,79 | | |
| 2022 г. | Число на растении, шт. | бобов | 15,20 | 14,00 | 11,95 | |
| | | семян | 36,48 | 34,10 | 30,95 | |
| | Масса семян на растении, г | 4,98 | 4,43 | 4,13 | | |
| 2020–2022 гг. | Число на растении, шт. | бобов | 14,69 | 13,67 | 11,68* | 1,22 |
| | | семян | 35,00 | 33,15 | 29,84* | 3,08 |
| | Масса семян на растении, г | 4,85 | 4,34* | 4,05* | 0,43 | |

Контрольный вариант отличался наивысшим значением натурности зерна – 738,67 г/л. При применении системы с безотвальным рыхлением этот показатель был незначительно ниже системы со вспашкой (на 0,39%) и составил 735,75 г/л. На варианте с системой, включающей дискование, нату-

ра была ниже контроля на 0,93% и оказалась в среднем 731,83 г/л (при НСР₀₅ = 3,0 г/л).

Самая высокая масса 1000 семян получена на варианте, включающем вспашку – 139,67 г. На варианте с системой с безотвальным рыхлением этот показатель хоть и незначительно, но оказался меньше контроля (на 2,39%), и составил 136,33 г. На фоне системы с дискованием масса 1000 семян была в среднем 132,75 г – меньше системы со вспашкой на 4,95% (при НСР₀₅ = 1,38 г) (Таблица 5).

Таблица 5 – Качество зерна сои в зависимости от различных систем обработки почвы, 2020–2022 гг.

| Элементы качества зерна | | Система обработки почвы | | | НСР ₀₅ | |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------|---------|-------------------|----------------------------------|
| | | 1 (контроль) | 2 | 3 | | |
| 2020 г. | Натура, г/л | | 738,00 | 736,00 | 732,50 | F _φ < F ₀₅ |
| | Масса 1000 зерен, г | | 136,75 | 135,75 | 132,00* | 2,50 |
| | Содержание, % | протеина | 36,38 | 36,13 | 35,90 | F _φ < F ₀₅ |
| | | жира | 18,18 | 18,23 | 18,63 | |
| 2021 г. | Натура, г/л | | 737,00 | 733,75 | 729,00* | 3,40 |
| | Масса 1000 зерен, г | | 140,50 | 135,75* | 129,75* | 1,71 |
| | Содержание, % | протеина | 34,85 | 33,43* | 32,35* | 0,39 |
| | | жира | 21,40 | 21,95 | 22,63* | 0,57 |
| 2022 г. | Натура, г/л | | 741,00 | 737,50 | 734,00* | 3,56 |
| | Масса 1000 зерен, г | | 141,75 | 137,50 | 136,50 | F _φ < F ₀₅ |
| | Содержание, % | протеина | 34,98 | 34,18* | 33,18* | 0,55 |
| | | жира | 21,30 | 21,40 | 21,93* | 0,36 |
| 2020–2022 гг. | Натура, г/л | | 738,67 | 735,75 | 731,83 | 3,00 |
| | Масса 1000 зерен, г | | 139,67 | 136,33 | 132,75 | 1,38 |
| | Содержание, % | протеина | 35,40 | 34,58 | 33,81 | 0,39 |
| | | жира | 20,29 | 20,53 | 21,06 | 0,20 |

Содержание белка в зерне было больше при системе со вспашкой (35,4%) по сравнению с системами с безотвальным рыхлением (34,6%) и дискованием (33,8%) соответственно в 1,02 и 1,05 раза, (при НСР₀₅ = 0,39%). Количество жира при применении системы со вспашкой было в среднем 20,3%, в то время как при системах с безотвальным рыхлением (20,5%) и дискованием (21,1%) уровень содержания этого элемента в семенах сои был выше соответственно в 1,01 и 1,04 раза (при НСР₀₅ = 0,20%).

Контрольный вариант характеризовался наиболее высокой урожайностью – она здесь была в среднем 2,16 т/га. Применение системы с безотвальным рыхлением способствовало незначительному ее снижению в среднем до 2,07 т/га – меньше системы со вспашкой на 4,43%. На фоне системы с дискованием урожайность снижалось в среднем до 1,87 т/га, что меньше контроля на 13,37% (при НСР₀₅ = 0,15 т/га) (Рисунок 5).

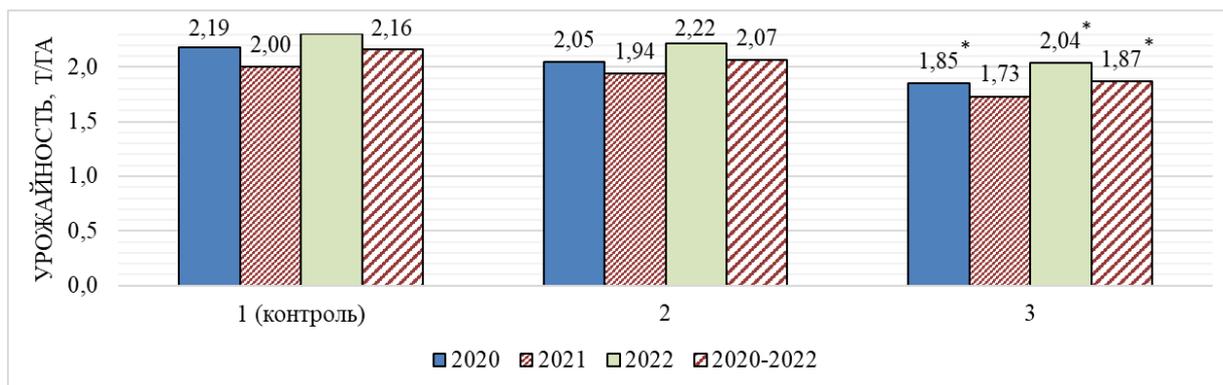


Рисунок 5 – Урожайность сои при различных системах обработки почвы. т/га (2020–2022 гг.).

Обозначения. * – варианты достоверно различаются в сравнении с контролем на 5 % уровне значимости.

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что при применении системы со вспашкой урожайность имела значимую умеренную связь с уровнем подвижного фосфора в почве в слое 0–100 см, уровнем обменного калия в пахотном слое почвы 0–30 см, обменной кислотностью в слое 0–100 см, гидролитической кислотностью в слое 30–50 см, суммой обменных оснований в слое 0–100 см, площадью листовой поверхности растений сои, высотой прикрепления нижнего боба, воздушно-сухой массой растений сои. Слабая зависимость на этом варианте установлена между урожайностью и уровнем обменного калия в среднем в слое 0–100 см, урожайностью и гидролитической кислотностью в слое 0–30 см.

На фоне системы с безотвальным рыхлением сильная зависимость выявлена между урожайностью и гидролитической кислотностью в верхнем пахотном слое 0–30 см. Умеренная корреляция установлена на этом варианте между урожайностью и количеством доступной влаги в слое почвы 0–50 см, гумусом в слое 0–100 см, подвижным фосфором, обменным калием, актуальной кислотностью в слое 0–30 см и в среднем по слою 0–100 см, обменной кислотностью в слое 30–100 см и в среднем по слою 0–100 см, гидролитической кислотностью в слое 0–30 см, суммой обменных оснований в слое 0–100 см, высотой прикрепления нижнего боба, воздушно-сухой массой растений сои. Слабая значимая корреляционная связь при системе с безотвальным рыхлением была отмечена между урожайностью и обменной кислотностью почвы только в слое 30–50 см.

На варианте с системой с дискованием умеренная корреляция установлена между урожайностью и уровнем доступной влаги в слое почвы 0–50 см, гумусом в слое 0–100 см, подвижным фосфором, обменным калием, актуальной кислотностью в слое 30–100 см и в среднем по слою 0–100 см, гидролитической кислотностью в слое 0–100 см, суммой обменных оснований в слое 0–100 см, высотой прикрепления нижнего боба. Слабая значимая корреляционная связь при системе с дискованием была между урожайностью и нитратным азотом в почве в слое 50–100 см.

ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

На контрольном варианте опыта со вспашкой показатель валовой продукции с 1 га (92 781,59 руб.) оказался больше, чем при системе с безотвальным рыхлением (88 669,88 руб.) и дискованием (80 374,95 руб.) соответственно на 4,43 и 13,37%, а производственные затраты (58 842,23 руб./га) были на 2,44% больше, чем при системе с безотвальным рыхлением (57 407,51 руб./га) и на 3,04% больше в сравнении с дискованием (57 052,60 руб./га). При применении системы со вспашкой доход с 1 га составил 33 939,35 руб., в то время как на фоне систем с безотвальным рыхлением (31 262,37 руб.) и дискованием (23 322,36 руб.) этот показатель оказался меньше на 7,89 и 31,28%.

Таким образом, на контрольном варианте уровень рентабельности был самым высоким – 57,68%, на фоне системы с безотвальным рыхлением этот показатель был меньше, чем на контроле в 1,06 раза – 54,46%, при применении системы с дискованием рентабельность составила 40,88% – также меньше в сравнении с контролем, но в 1,41 раза.

На контрольном варианте со вспашкой, при наибольшей рентабельности, коэффициент энергетической эффективности без учета плодородия почвы составил 11,2, что меньше в сравнении со вторым и третьим вариантами на 14,29 и 25,0%. Однако с учетом плодородия почвы картина несколько менялась: контрольный вариант здесь оказался с наибольшим значением коэффициента энергетической эффективности (6,1) при высокой в сравнении с другими вариантами опыта показателями рентабельности, меньшим было значение коэффициента энергетической эффективности при системе с безотвальным рыхлением (5,0), и самым низким этот показатель был на варианте с дискованием – 3,8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Минимизация глубины обработки почвы способствовала увеличению ее плотности в пахотном слое 0–30 см: на фоне системы со вспашкой плотность почвы (1,08 г/см³) была меньше системы с безотвальным рыхлением на 0,02 г/см³ и меньше системы с дискованием на 0,1 г/см³. В слое 0–50 см плотность почвы на контрольном варианте (1,11 г/см³) была меньше в сравнении с системами с безотвальным рыхлением (на 0,03 г/см³) и дискованием (на 0,11 г/см³).

На контрольном варианте количество доступной влаги в слое почвы 0–30 см было 28,28 мм – меньше системы с безотвальным рыхлением на 14,07% и меньше системы с дискованием на 8,86%. В слое 0–50 см уровень доступной влаги при применении системы со вспашкой составил 42,99 мм – это было меньше на 22,10%, чем при системе с безотвальным рыхлением, и меньше системы с дискованием на 4,54%.

2. При различных системах обработки почвы с различной интенсивностью происходили физико-химические и биологические процессы, в связи с этим запасы гумуса в пахотном слое 0–30 см на системе, включающей отвальную обработку, были 4,77% – больше, чем на системах с безотвальным рыхлением и дискованием, соответственно в 1,10 и 1,09 раза. В горизонте почвы 0–100 см на контрольном варианте количество органики в почве было 3,13%, что больше, чем на системах с безотвальным рыхлением и дискованием соответственно в 1,13 и 1,09 раза. Уровень гумуса в почве в среднем был низким на всех вариантах опыта.

Количество нитратов в слое 0–30 см на фоне системы со вспашкой оказалось 15,98 мг/кг, в то время как при применении систем с безотвальным рыхлением и дискованием уровень этого элемента в почве был меньше на 7,24 и 11,46%. В горизонте 0–100 см на контрольном варианте уровень нитратного азота составил 9,21 мг/кг, на системе с безотвальным рыхлением – 8,18 мг/кг и – 9,00 мг/кг на системе с дискованием.

Запасы подвижного фосфора в пахотном слое почвы 0–30 см при применении системы с отвальной обработкой составляли 52,42 мг/кг – меньше системы с безотвальным рыхлением на 3,85% и меньше системы с дискованием на 8,28%. Количество подвижного фосфора в среднем по профилю изучаемого горизонта 0–100 см составляло 48,16 мг/кг на контрольном варианте с системой, включающей вспашку, и было наименьшим в сравнении с системами с безотвальным рыхлением (51,45 мг/кг) и дискованием (49,66 мг/кг).

Уровень обменного калия в слое 0–30 см при применении системы со вспашкой составил 89,83 мг/кг, в то время как на фоне системы с безотвальным рыхлением количество этого элемента в почве было 94,59 мг/кг, а на системе с дискованием – 86,09 мг/кг. В слое 0–100 см на контроле количество обменного калия – 75,63 мг/кг, что было незначительно ниже, чем на системе с безотвальным рыхлением (77,59 мг/кг), но выше в сравнении с системой с дискованием (70,53 мг/кг).

3. В среднем в течение 2020–2022 гг. в исследуемом горизонте почв актуальная кислотность в слое 0–30 см при применении системы со вспашкой была 5,99 ед., на фоне системы с безотвальным рыхлением – 6,05 ед., на системе с дискованием – 5,96 ед.; в среднем по слою 0–100 см на контрольном варианте показатель рН составил 6,14 ед., на системе с безотвальным рыхлением – 6,30 ед., на системе с дискованием – 6,27 ед.

Обменная кислотность в пахотном слое 0–30 см на системе с отвальной обработкой составила 5,27 ед., в то время как при системе с безотвальным рыхлением она была 5,49 ед., а на системе с дискованием – 5,42 ед.; в горизонте почвы 0–100 см на контрольном варианте показатель рН_{KCl} оказался 5,29 ед., на системе с безотвальным рыхлением – 5,51 ед., на системе с дискованием – 5,65 ед.

Гидролитическая кислотность в слое 0–30 см на контрольном варианте была 4,85 мг-экв/100 г почвы, на варианте с системой, включающей безотвальное рыхление, – 3,92 мг-экв/100 г почвы, при применении системы с дискованием – 4,25 мг-экв/100 г почвы. В слое почвы 0–100 см на контрольном варианте Нг была 3,71 мг-экв/100 г почвы, на фоне системы с безотвальным рыхлением – 2,89 мг-экв/100 г почвы, на системе с дискованием – 3,30 мг-экв/100 г почвы.

4. В среднем за годы исследований в слое почвы 0–30 см сумма обменных оснований при применении системы с отвальной вспашкой составила 23,78 мг-экв/100 г почвы, что оказалось меньше систем с безотвальным рыхлением и дискованием, где содержание обменных катионов в почве было 27,13 и 29,78 мг-экв/100 г почвы. В горизонте 0–100 см на контрольном варианте сумма оснований была 22,44 мг-экв/100 г почвы, на системе с безотвальным рыхлением немного больше – 25,93 мг-экв/100 г почвы, на системе с дискованием – 29,71 мг-экв/100 г почвы.

5. Общая засоренность посевов сои сорта Волма в фазе 1-3-го тройчатого листа в среднем за 2020–2022 гг. до обработки гербицидами была 53,58 шт./м² на системе со вспашкой, 67,65 шт./м² на системе с безотвальным рыхлением, 87,17 шт./м² на системе с дискованием. После гербицидных обработок к фазе налива семян на контрольном варианте количество сорняков было 4,42 шт./м², на системе с безотвальным рыхлением – 5,00 шт./м², на системе с дискованием – 9,00 шт./м².

В начале периода вегетации воздушно-сухая масса сорных растений на контрольном варианте (46,96 г/м²) была меньше системы с безотвальным рыхлением (65,08 г/м²) в 1,39 раза и меньше системы с дискованием (79,04 г/м²) в 1,68 раза. К моменту налива семян сухая масса сорняков на контрольном варианте (12,73 г/м²) была меньше системы с безотвальным рыхлением (20,78 г/м²) в 1,63 раза и меньше системы с дискованием (27,87 г/м²) в 2,19 раза.

6. Продолжительность периода вегетации сои сорта Волма в условиях юго-востока Тульской области зависела от условий года и варьировалась на контрольном варианте в пределах 115,3 дней, при системе с безотвальным рыхлением – 113,0 дней, при системе с дискованием – 109,7 дней.

7. К фазе налива семян на контрольном варианте высота растений достигла показателя 87,1 см, что оказалось больше системы с безотвальным рыхлением (79,4 см) на 8,76% и больше системы с дискованием (76,4 см) на 12,25%. Площадь листовой поверхности в фазе налива семян была больше на контрольном варианте (65,6 тыс. м²/га), в то время как на системе с безотвальным рыхлением она достигла 52,7 тыс. м²/га и на системе с дискованием – 35,3 тыс. м²/га. Высота прикрепления нижнего боба в среднем по годам различалась незначительно. На контрольном варианте бобы располагались в среднем на высоте 26,02 см, на варианте с безотвальным рыхлением – 23,19 см, на варианте с дискованием – 25,24 см. К

моменту наступления фазы налива семян на растениях воздушно-сухая масса на контрольном варианте составила 11,9 г /раст., на варианте с безотвальным рыхлением – 10,8 г/ раст., а с дискованием – 9,4 г/ раст.

8. Наибольшая масса активных клубеньков формировалась на корнях растений сои при системе обработки почвы, включающей вспашку, в среднем – 24,78 шт./раст. массой 0,374 г. На варианте с безотвальным рыхлением бобово-ризобияльная система была развита несколько слабее – отмечено в среднем 18,53 шт./раст. весом 0,234 г, в то время как на системе с дискованием клубеньки были развиты плохо, в среднем отмечено 7,92 шт./раст. с массой 0,092 г.

9. Контрольный вариант характеризовался повышенным числом бобов на главном стебле (14,69 шт.) – их сформировалось на 1,02 шт. больше, чем при системе с безотвальным рыхлением и на 3,01 шт. больше, чем при системе с дискованием. Наибольшее число семян на растении получено при системе со вспашкой – 35,00 шт. с массой 4,85 г. Средним был показатель по числу семян на варианте с системой с безотвальным рыхлением – 33,15 шт. с массой 4,34 г. Меньше всего семян было отмечено на варианте при системе с дискованием – 29,84 шт. с массой 4,05 г.

10. Натура зерна на фоне системы со вспашкой (738,67 г/л) была больше, чем на вариантах с безотвальным рыхлением и дискованием, соответственно на 0,4 и 0,9%. Масса 1000 семян на контрольном варианте (139,67 г) оказалась наибольшей в сравнении с системами с безотвальным рыхлением (136,33 г) и дискованием (132,75 г). Содержание белка в зерне было больше на контрольном варианте (35,4%) по сравнению со вторым (34,6%) и третьим вариантами (33,8%). Содержание жира было меньше на контроле (20,3%), увеличиваясь на втором (до 20,5%) и третьем вариантах (до 21,1%).

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность (2,16 т/га) отмечена на контрольном варианте. На втором и третьем вариантах урожайность была ниже на 0,09 т/га и 0,29 т/га.

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что урожайность на контроле показала значимо умеренную положительную связь в различных слоях исследуемого горизонта почв: с уровнем подвижного фосфора ($r = 0,63-0,69$, $p = 0,0267-0,0134$), уровнем обменного калия ($r = 0,69$, $p = 0,0124$), обменной кислотностью ($r = 0,70-0,78$, $p = 0,0116-0,0030$), гидролитической кислотностью ($r = 0,63$, $p = 0,0273$), суммой обменных оснований ($r = 0,69-0,72$, $p = 0,0138-0,0084$), а также с площадью листовой поверхности растений сои ($r = 0,69-0,74$, $p = 0,0132-0,0064$), высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,71$, $p = 0,0091$), воздушно-сухой массой растений сои ($r = 0,61$, $p = 0,0368$). Слабая зависимость на этом варианте установлена между урожайностью и уровнем обменного калия в слое почвы 0–100 см ($r = 0,58$, $p = 0,0469$), урожайностью и гидролитической кислотностью в слое 0–30 см ($r = 0,58$, $p = 0,0497$).

На фоне системы с безотвальным рыхлением сильная зависимость выявлена между урожайностью и гидролитической кислотностью в верхнем пахотном слое 0–30 см ($r = 0,82$, $p = 0,0011$). Умеренная корреляция урожайности установлена на этом варианте в различных слоях исследуемого горизонта почв с количеством доступной влаги ($r = 0,65–0,77$, $p = 0,0216–0,0037$), гумусом ($r = 0,73–0,75$, $p = 0,0076–0,0048$), подвижным фосфором ($r = 0,67–0,75$, $p = 0,0179–0,0048$), обменным калием ($r = 0,73–0,79$, $p = 0,0069–0,0024$), актуальной кислотностью ($r = 0,71–0,73$, $p = 0,0096–0,0070$), обменной кислотностью ($r = 0,62–0,77$, $p = 0,0303–0,0034$), гидролитической кислотностью ($r = 0,61$, $p = 0,0341$), суммой обменных оснований ($r = 0,71–0,74$, $p = 0,0099–0,0059$), а также с высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,73$, $p = 0,0073$), воздушно-сухой массой растений сои ($r = 0,63$, $p = 0,0289$). Слабая значимая корреляционная связь при системе с безотвальным рыхлением была отмечена между урожайностью и обменной кислотностью почвы только в слое 30–50 см ($r = 0,58$; $p = 0,0467$).

На варианте с системой с дискованием умеренная корреляция в исследуемом горизонте почвы установлена между урожайностью и уровнем доступной влаги ($r = 0,59$, $p = 0,0047–0,0440$), гумусом ($r = 0,62–0,69$, $p = 0,0308–0,0137$), подвижным фосфором ($r = 0,73–0,76$, $p = 0,0065–0,0043$), обменным калием ($r = 0,70–0,75$, $p = 0,0119–0,0046$), актуальной кислотностью ($r=0,61–0,70$, $p=0,0363–0,0116$), гидролитической кислотностью ($r=0,61–0,74$, $p=0,0345–0,0065$), суммой обменных оснований ($r=0,66–0,76$, $p=0,0185–0,0040$), а также с высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,72$, $p = 0,0080$). Слабая значимая корреляционная связь при системе с дискованием была между урожайностью и нитратным азотом в почве в слое 50–100 см ($r = 0,59$, $p=0,0433$).

11. На контрольном варианте уровень рентабельности был самым высоким – 91,69%, на фоне системы с безотвальным рыхлением он составил 84,32%, т.е. меньше по сравнению с контролем в 1,09 раза, на третьем варианте рентабельность составила 68,32%, что также оказалось меньше в 1,34 раза в сравнении с контролем. В результате расчета коэффициента энергетической эффективности с учетом плодородия почвы установлено, что самым высоким он был на контрольном варианте – 6,1 при высокой, в сравнении с другими вариантами опыта, показателями рентабельности, значение коэффициента энергетической эффективности на втором варианте было ниже – 5,0, а самое низкое значение этого показателя (3,8) отмечено при системе обработки почвы с дискованием.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях Тульской области при выращивании сои после озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте рекомендуются системы с применением глубоких способов основной обработки почвы: после уборки предшественника выполнять поверхностную обработку дисковыми орудиями на глубину 3-5 см; по мере отрастания сорняков основную обработку – во влажные годы отвальную на 22-24 см, в засушливые годы – безотвальное рыхление на 22-24 см, при появлении сорных растений проводить дискование на 8-10 см. Весной на всех участках осуществлять закрытие влаги боронованием на 2-4 см. В день сева проводить предпосевную подготовку почвы на 2,5-3,0 см.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В современных условиях высоких цен на удобрения, пестициды и технику основной задачей сельскохозяйственного производства является снижение затрат на производство сельскохозяйственной продукции, что позволит получать больший денежный доход предприятию. Дальнейшее изучение систем обработки почвы, которые позволят минимизировать затраты на технологию возделывания культур и в полной мере сохранить плодородие как пахотного, так и подпахотного слоев чернозема выщелоченного.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях

1. Коржов, С. И. Влияние способов основной обработки почвы и влагообеспеченности на элементы структуры урожая сои / С. И. Коржов, А. Н. Антипова, А. В. Летучий // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 15-19. – DOI 10.28983/asj.y2023i4pp15-19. – EDN QNNQHU.

2. Антипова, А. Н. Содержание подвижного фосфора и обменного калия под соей при различных способах основной обработки почвы / А. Н. Антипова // Агрохимический вестник. – 2024. – № 3. – С. 100–106. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-3-018. – EDN ELRKCK.

3. Антипова, А. Н. Содержание нитратного азота в посевах сои при различных способах обработки почвы / А. Н. Антипова, С. И. Коржов, Т. А. Трофимова // Земледелие. – 2024. – № 5. – С. 27–32. – DOI 10.24412/0044-3913-2024-5-27-32. – EDN BRGTHW.

Публикации в аналитических сборниках и материалах конференций

4. Антипова, А. Н. Влияние способов основной обработки почвы на формирование клубеньков, накопление воздушно-сухой массы растений сои и сорняков / А. Н. Антипова // Молодежная наука: вызовы и перспективы : материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Макеевка, 8 апреля 2021 г. – г. Макеевка : ДОНАГРА, 2021. – Т. II. – С. 12–16. – Текст: непосредственный.

5. Антипова, А. Н. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность и качество зерна сои в почвенно-климатических условиях юго-востока Тульской области / Антипова А. Н., Коржов С. И. // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Макеевка, 15 апреля 2021 г. – г. Макеевка : ДОНАГРА, 2021. – Т. II. – С. 6–10. – Текст: непосредственный.

6. Антипова, А. Н. Влияние приемов основной обработки почвы под сою на динамику доступной влаги / А. Н. Антипова, С. И. Коржов // Агроэкологический вестник : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 27 декабря 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 145–150. – EDN VJXXEA.

7. Антипова, А.Н. Засоренность посевов сои при различных способах основной обработки почвы / А. Н. Антипова // Молодежная наука: вызовы и перспективы : материалы V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Макеевка, 14 апреля 2022 г. – г. Макеевка : ДОНАГРА, 2022. – Т. III. – С. 11–13. – Текст: непосредственный.

8. Коржов, С. И. Влияние влажности почвы на развитие симбиотического аппарата сои при различных способах основной обработки / Антипова А. Н., Коржов С. И. // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : материалы V Международной научно-практической конференции, г. Макеевка, 21 апреля 2022 г. – г. Макеевка: ДОНАГРА, 2021. – Т. III. – С. 84–88. – Текст: непосредственный.

9. Антипова, А. Н. Влияние метеорологических условий на биометрические показатели растений сои при различных способах основной обработки почвы / А. Н. Антипова, С. И. Коржов // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика : Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых АПК, п. Рассвет, 19–20 мая 2022 года. – п. Рассвет: Общество с ограниченной ответственностью «АзовПринт», 2022. – С. 27–32. – DOI 10.34924/FRARC.2022.45.15.001. – EDN QMSJNE.

10. Антипова, А. Н. Плотность сложения почвы под соей при различных способах основной обработки / А. Н. Антипова // В мире научных открытий : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 24–25 мая 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 14–17. – EDN YAJRHB.

11. Антипова, А. Н. Актуальная и потенциальная кислотность почвы под соей при различных способах основной обработки почвы / А. Н. Антипова, К. Е. Стекольников, С. И. Коржов // Аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры селекции и семеноводства и 135-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РСФСР Н.А. Успенского, Воронеж, 07–08 декабря 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 168–176. – EDN LGQJBW.

Подписано в печать 05.02.2025. Формат 60x84^{1/16}.

Бумага кн.-журн. Печать офсетная. П.л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 26895.

Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087 Воронеж, ул. Мичурина, 1