

На правах рукописи

Колесников Алексей Сергеевич

**ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПЛОДОРОДИЕ
АГРОЧЕРНОЗЕМА КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОПАРОВОГО СЕВООБОРОТА**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Кураченко Наталья Леонидовна

Официальные оппоненты: **Гармашов Владимир Михайлович**,
доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Воронежский аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», заведующий отделом адаптивно-ландшафтного земледелия

Солодун Владимир Иванович,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», профессор кафедры земледелия и растениеводства

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук

Защита состоится «14» сентября 2022 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.037.06 при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел./факс: +7(391)-227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

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

Автореферат разослан «15» июля 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Халипский
Анатолий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние годы сельскохозяйственная наука большое внимание уделяет вопросам эффективности различных приемов основной обработки почвы с точки зрения минимизации земледелия и снижения прямых затрат на получение продукции земледелия (Власенко и др., 2003; Краснощеков, 2010; Немченко и др., 2011; Кирюшин, 2011; Каштанов, 2011; Трофимова, Коржов, 2014; Зацепкин, Шушко, Есаулко, 2015; Ивченко, Михайлова, 2019; Власенко, Утенков, 2021; Choudhary, Meena, 2022; Casas et al., 2022). Создание благоприятных условий для роста растений неразрывно связано с обработкой почвы. Наиболее важные ее задачи – создание оптимального сложения почвы, благоприятного водного, воздушного, пищевого режимов, борьба с засоренностью полей. Качественная обработка почвы повышает ее эффективное плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Внедрение ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы выступает в качестве приоритетного направления ведения растениеводства, является залогом развития сельскохозяйственного производства Красноярского края. Однако на современном этапе еще нет достаточного обоснования целесообразности и периодичности рыхления и оборачивания пахотного слоя при обработке почвы под различные культуры севооборота. Выбор основной обработки почвы определяется разнообразием почвенно-климатических условий, требованиями сельскохозяйственных культур и уровнем интенсификации производства, в частности обеспеченностью агрохимическими ресурсами. При оценке способа и глубины основной обработки почвы необходимо учитывать их влияние на процессы накопления влаги, улучшения агрофизических и агрохимических свойств почвы, сохранения почвенного плодородия.

Таким образом, изучение параметров плодородия агрочерноземов и продукционного потенциала сельскохозяйственных культур на фоне различных приемов основной обработки является актуальным исследованием.

Степень разработанности темы. В современной земледелии существует необходимость в перспективных ресурсо- и энергосберегающих технологиях производства сельскохозяйственной продукции, разработанных с учетом научных достижений и имеющегося опыта. Исследования сибирских ученых (Лисунов, Тимин, 1970; Яковлев, 1975; Берзин, Бекетов, Репа, 1982) позволяют сделать вывод о том, что длительное применение как безотвальных, так и отвальных обработок менее эффективно, чем их рациональное сочетание и чередование. Установление периодичности способов, глубины обработки почв в полях севооборота с учетом агроэкологических типов земель, предшественников, погодных условий и материально-технических ресурсов – одна из главных задач систем обработки (Лисунов, 1997; Едимейчев, Романов, 2009; Едимейчев и др., 2016; Едимейчев, Шпедт, 2020). В последнее десятилетие ресурсосберегающим технологиям возделывания сельскохозяйственных культур уделяется большое внимание. Изучена динамика водно-физических свойств черноземов Красноярской лесостепи в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки (Картавых, 2014); эффективность различных приемов основной обработки почвы при различных уровнях интенсификации на продуктивность зерновых культур (Ивченко, Михайлова, 2017); оценена структура и запасы гумусовых веществ в условиях основной

обработки почвы (Кураченко, Колесник, 2017); показано влияние способов обработки почвы на агрофизические показатели чернозема (Ивченко, Полосина, Штеле, 2019), засоренность посевов яровой пшеницы (Ивченко и др., 2020), микроагрегатный состав черноземов (Кураченко и др., 2020) и особенности пространственного распределения подвижных элементов питания (Кураченко, Колесник, 2020). Однако в научной литературе нет единого мнения о влиянии различных систем обработки в севообороте на агрофизические свойства и пищевой режим почвы, что и определило необходимость проведения исследований.

Цель исследований – оценить влияние приемов основной обработки на плодородие агрочернозема и продуктивность зерновых культур в условиях Красноярской лесостепи.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние различных приемов основной обработки на изменение агрофизических и агрохимических свойств агрочернозема.
2. Определить степень дифференциации 0-20 см слоя агрочернозема по показателям плодородия.
3. Установить влияние приемов основной обработки на состав и структуру сорного компонента агроценозов и фитопатологическое состояние почвы.
4. Оценить урожайность зерновых культур и экономическую эффективность их возделывания в севообороте на фоне отвальной обработки и ресурсосберегающих технологий.

Научная новизна. Получены новые материалы по оценке плодородия агрочерноземов в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки. Впервые в условиях Красноярской лесостепи установлено, что краткосрочная минимизация определяет сохранение оптимальных агрофизических параметров почвы. Прием обработки в большей степени влияет на содержание в агрочерноземе нитратного азота. Содержание подвижного фосфора и обменного калия на 33-55 % определялось взаимодействием факторов «агроценоз – способ обработки». Установлено, что урожайность зерновых культур на отвальной и минимальной обработке имеет близкие величины. Прямой посев снижает урожайность зерновых культур на 31-51 % по сравнению с отвальной обработкой.

Теоретическая значимость работы. Полученные результаты расширяют представления о возможности применения ресурсосберегающих технологий основной обработки на агрочерноземах Красноярской лесостепи. Материалы исследований необходимы при организации и проведении экологического мониторинга антропогенно-измененных экосистем.

Практическая значимость работы. Экспериментальные данные по изучению влияния приемов основной обработки на плодородие агрочернозема и продуктивность зерновых культур служат основой для разработки и внедрения технологии возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах в условиях Красноярской лесостепи. Предложенные теоретические и практические положения являются основой рационального использования почв региона и управления их плодородием. Материалы диссертации используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Агрочвоведение», «Агрохимия», «Управление плодородием почв», «Устойчивость почв» при подготовке бакалавров и магистров в Красноярского государственном аграрном университете. Результаты диссертационного исследования прошли производственную проверку и внедрены в ООО «Учхоз «Миндерлинское».

Методология и методы исследований. Для проведения исследований был заложен полевой опыт в Красноярском научно-исследовательском институте сельского хозяйства в трехкратной повторности в течение трех лет. Полученные данные не противоречат известным положениям агрономических и биологических наук и базируются на доказанных выводах многолетних исследований. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проведена методом описательной статистики и дисперсионного анализа по Е.А. Дмитриеву (1995) и Б.А. Доспехову (2014) на персональном компьютере в специализированной программе Microsoft Excel и показали высокую степень достоверности.

Защищаемые положения:

1. Краткосрочное применение ресурсосберегающих технологий основной обработки агрочерноземов Красноярской лесостепи способствует повышению плотности сложения 0-20 см слоя на 0,03-0,07 г/см³ с сохранением оптимальных параметров (0,97-1,05 г/см³) и отличного структурного состояния (68-74 %).

2. Обработка пара и возделывание зерновых культур по ресурсосберегающим технологиям определяют дифференциацию 0-20 см слоя агрочернозема по содержанию агрономически ценных агрегатов и поверхностную локализацию подвижного фосфора и обменного калия.

3. Нулевая обработка агрочернозема обуславливает сильную степень засорения паровых полей, высокую заселенность почвы в посевах зерновых культур возбудителями гельминтоспориозной корневой гнили *Bipolaris sorokiniana*, низкую обеспеченность нитратным азотом и снижение урожайности на 31-51 %.

Апробация работы. Материалы диссертации опубликованы в 9 научных работах, в том числе в изданиях «Перечня...» ВАК РФ - 2. Результаты исследований представлялись и обсуждались: на международной научно-практической конференции «Модернизация аграрного образования: технологический аспект» (Томск, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Почвенно-экологические процессы в естественных и антропогенно-преобразованных ландшафтах Сибири и Дальнего Востока» (Красноярск, 2014); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи» (Курган, 2014); Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки» (Красноярск, 2015); Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» (Пенза, 2016); Всероссийской научно-практической конференции «Почвенные ресурсы и их рациональное использование» (Красноярск, 2022). Ежегодно результаты исследований заслушивались и обсуждались на заседаниях кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (2012-2014 гг.).

Структура диссертационной работы. Диссертация изложена на 172 страницах, включая 34 таблицы, 29 рисунков, 22 приложения. Состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, который представлен 266 источниками, в том числе 24 на иностранном языке.

Личный вклад автора. Диссертация является результатом исследований автора, проведенных в 2013 - 2015 гг. Автором лично осуществлен отбор почвенных образцов и выполнены аналитические лабораторные исследования, подбор научной литературы по теме диссертационной работы, ее анализ и написание теоретических

глав, выполнена статистическая обработка данных и написание текста диссертации. В соавторстве с Н.Л. Кураченко, В.Н. Романовым, А.В. Заушинценой, И.В. Кожевниковым, А.А. Колесник получены результаты по агрофизическому состоянию почвы в условиях основной обработки и энергетической оценке ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур. В соавторстве с Н.Л. Кураченко, В.Н. Романовым и А.В. Шарапатовой интерпретированы данные по влиянию приемов основной обработки на пищевой режим и урожайность ячменя.

ГЛАВА 1 МИНИМИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Рассмотрены вопросы состояния внедрения ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы в практике сельскохозяйственного производства. Представлены теоретические основы применения минимальной обработки почв. Приведены результаты научных исследований по влиянию приемов обработки на плодородие почв.

ГЛАВА 2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Приводится анализ физико-географических условий Красноярской лесостепи по опубликованным материалам. Дано представление о структуре почвенного покрова региона исследований.

ГЛАВА 3 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Объекты и методика проведения исследований

Исследования проведены в 2013-2015 гг. в условиях полевого опыта на стационаре «Минино» Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенного в Красноярской лесостепи.

Объекты исследования – агрочернозем криогенно-мицелярный маломощный среднесуглинистый и пятипольный полевой севооборот (пар – пшеница – рапс – ячмень – овес). Почва опытного участка в слое 0-20 см характеризуется высоким содержанием гумуса (7,9-9,6 %), слабощелочной реакцией среды (pH_{H_2O} – 7,1-7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0-45,2 м-экв/100г).

Исследования проведены на трех блоках основной обработки почвы: I – отвальная обработка на глубину 20-22 см; II – минимальная обработка дискатором на глубину 10-12 см; III – нулевая обработка (прямой посев). Культуры размещены на фоне применения минеральных удобрений со стартовой дозой $N_{30}P_{30}$. Посевы зерновых культур в фазу кущения обрабатывали гербицидом Магнум, ВДГ в дозе 0,01 кг/га с учетом доминирования широколиственных сорняков. В опыте использовали сорта, рекомендованные к возделыванию в Красноярском крае: пшеница – Алтайская 70, ячмень – Буян, овес – Саян. Размещение вариантов опыта – систематическое, повторность – 3 кратная. Учетная площадь делянки – 100 м². Повторность отбора образцов и аналитических определений – 3-х кратная. Почвенные образцы отбирали в слоях 0-10, 10-20 см. Сроки отбора образцов были приурочены к фазам развития зерновых культур: июнь (всходы), колошение (июль), (август) молочная спелость.

Основные химические показатели по характеристике почвы получены при помощи общепринятых методов (Аринушкина, 1970; Агрохимические методы..., 1975): реакция почвенного раствора определялась потенциометрическим методом; сумма обменных оснований – по Каппену-Гильковицу; гумус – по Тюрину; нитратный азот – с помощью ион-селективного электрода; подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину. Агрофизические показатели определялись следующими методами: гранулометрический состав – по Качинскому (1965); структурный состав – по Саввинову (Методическое руководство..., 1969); плотность почвы – по Качинскому (Александрова, Найденова, 1967); влажность – термовесовым методом (Практикум..., 1986). Анализ почвенных образцов на заселенность возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили зерновых культур *Bipolaris sorokiniana* проводили в вегетационный сезон 2014-2015 гг. перед посевом и после уборки культур методом флотации (Ledingham, Chinn, 1955). Учет сорняков проводили количественным методом в фазу кущения зерновых культур. Видовой состав сорняков и их количество по видам определяли с учетных делянок площадью 0,25 м² в 4 кратной повторности. Учет урожая зерновых осуществляли в фазу полной спелости методом прямого комбайнирования. Результаты аналитических определений обработаны методами дисперсионного анализа и описательной статистики (Доспехов, 1985; Дмитриев, 1995).

3.2 Погодные условия в годы проведения опыта

Погодные условия вегетационного сезона 2013 г. характеризовались как избыточно увлажненные. Сумма осадков за период июнь-август составила 308 мм, что составляет 156 % к норме. Средняя температура воздуха за период наблюдений составила 16°С и соответствовала среднемноголетним данным. Условия вегетационного сезона 2014 г. характеризуются также избыточным увлажнением в мае-августе (среднее превышение нормы на 30-40 мм) и резким снижением количества осадков в сентябре (16 мм ниже нормы). Весна была холодной, средняя температура мая 7,3°С, что ниже нормы на 2,7° С. В остальные месяцы вегетационного периода температура атмосферного воздуха была на уровне среднемноголетнего показателя. Температурный режим 2015 г. соответствовал среднемноголетним данным. Средняя температура воздуха за период наблюдений составила 15°С, что превышает среднемноголетнее значение на 1°С. Сумма осадков за период май-сентябрь составила 207 мм, что ниже нормы на 26 мм. Избыточное увлажнение отмечалось только в июньский период (среднее превышение нормы на 27 мм).

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ ПРИЁМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОЧЕРНОЗЕМА

4.1 Запасы продуктивной влаги

Запасы продуктивной влаги, накопленные в 0-20 см слое агрочернозема криогенно-мицелярного среднесуглинистого гранулометрического состава в поле пара и зерновых культур, свидетельствуют об удовлетворительной влагообеспеченности почвы в годы исследований (20-36 мм). Оценка запасов влаги за период наблюдений показала, что роль основной обработки почвы в сохранении и накоплении запасов влаги определяется типом агроценоза (рис. 1). Нулевая

обработка паровых полей и возделывание пшеницы на этом фоне определяют повышение запасов продуктивной влаги в 0-20 см слое в среднем на 2 мм ($F_{ф} < F_{т}$) по сравнению со вспашкой и поверхностной минимальной обработкой. В посевах ячменя величина накопления продуктивной влаги на нулевой обработке оценивается уже на достоверном уровне с повышением на 3-4 мм. В агроценозе овса запасы продуктивной влаги на фоне ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы достигают 30-26 мм, что на 6-2 мм больше, чем на отвальной обработке.

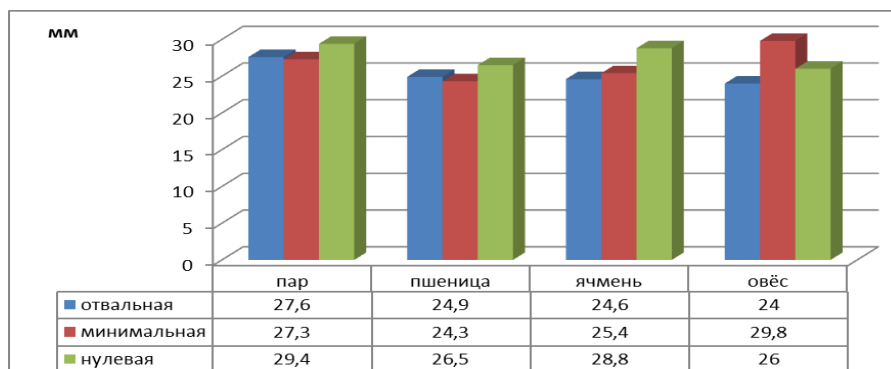


Рисунок 1 – Запасы продуктивной влаги в 0-20см слое агрочернозема (2013-2015 гг.); (HCP_{05} пар = $F_{ф} < F_{т}$; HCP_{05} пшеница = $F_{ф} < F_{т}$; HCP_{05} ячмень = 3,1; HCP_{05} овёс = 3,8), мм

Регулирование запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы определяется особенностями возделываемой культуры и сроками применения ресурсосберегающих технологий основной обработки. В первый год внедрения ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы существенную роль в содержание запасов продуктивной влаги вносили факторы, которые не были предметом изучения (32 %) и характер агроценоза (30 %). На второй и третий год использования минимальной и нулевой обработки почвы достаточно весомый вклад в запасы продуктивной влаги вносил фактор «прием обработки» (30-32 %) и взаимодействие этого фактора с агроценозом (29-31 %).

4.2. Плотность сложения

Внедрение минимальных и нулевых обработок должно быть увязано с агрофизическими свойствами различных типов почв и требованиями различных культур к сложению почвы. Агрочернозем в условиях основной обработки характеризуется рыхлым и нормальным сложением 0-20 см слоя (рис. 2). В отдельные периоды минимальная и нулевая обработка определяет уплотненное состояние почвы, достигающее 1,16-1,20 г/см³. Плотность сложения 0-20 см слоя агрочернозема на 19-28 % зависит от характера агроценоза. В наибольшей степени это влияние выражено в слое 10-20 см (26-37 %). Поля севооборота по величине плотности сложения на всех фонах основной обработки располагаются в следующий возрастающий ряд: пар (0,90-0,96 г/см³) – пшеница (0,95-1,02 г/см³) – ячмень (0,97-1,00 г/см³) – овес (0,98-1,05 г/см³). Влияние приема обработки почвы на величину плотности сложения оценивается по годам исследований на 9-19 %.

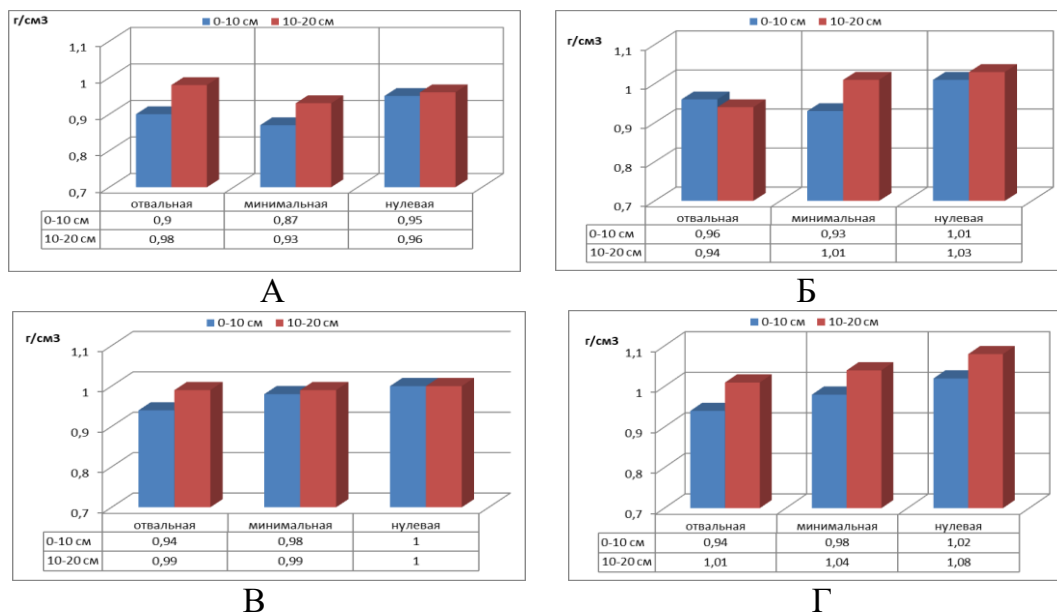


Рисунок 2 – Плотность сложения агрочернозема (2013-2015гг.): А – пар, Б – пшеница, В – ячмень, Г – овес, г/см³

Установлено, что возделывание сельскохозяйственных культур и парование поля на фоне отвальной вспашки формируют плотность на уровне 0,94-0,98 г/см³. Обработка почвы дискатором в посевах зерновых культур повышает сложение до 0,97-1,01 г/см³; нулевой посев – до 1,00-1,05 г/см³ (НСР₀₅ = 0,03-0,07). При этом величина исследуемого параметра не выходит за пределы оптимальных значений.

4.3 Структурный состав

Благоприятное структурное состояние агрочерноземов Красноярской лесостепи, обусловленное их генезисом и высоким естественным плодородием, сохраняется относительно стабильно в условиях применения ресурсосберегающих технологий основной обработки. В структурном составе агрочернозема на различных блоках основной обработки господствуют глыбистые отдельности. На их долю в среднем за весь период наблюдений приходится 22-32 % от массы 0-20 см слоя. Среди фракций агрономически ценного размера преобладают отдельности 2-1 мм, количество которых максимально в верхнем 0-10 см слое почвы (16-24 %). Количество пыли незначительное (1-2 %). Динамика структурного состава почвы по содержанию в ней агрегатов агрономически ценного размера от 10 до 0,25 мм имеет, как правило, одинаковую направленность в посевах сельскохозяйственных культур и паровых полях независимо от приема основной обработки. Ход динамики структурного состава сопровождается уменьшением содержания агрегатов ценного размера в июльский период. Далее отмечается незначительное увеличение (или снижение) ценных отдельностей перед уборкой сельскохозяйственных культур (Cv = 1-28 %).

Среднесезонная величина содержания агрономически ценной фракции (АЦФ) размером от 10 до 0,25 мм в агрочерноземе паровых полей и в посевах пшеницы, обрабатываемых по различным технологиям, оценивается на близком уровне (Fф<Fт). Отвальная и нулевая обработка почвы пара в равной степени определила дифференциацию 0-20 см слоя по содержанию АЦФ (рис. 3). Максимальное

количество ценных агрегатов, достигающее 76 %, отмечено в поверхностном 0-10 см слое. В слое 10-20 см установлено снижение АЦФ на 4-6 %. Минимальная обработка формирует гомогенный 0-20 см слой по структурному состоянию. Вспашка и ресурсосберегающие технологии основной обработки под яровую пшеницу в среднем также создают близкий уровень оструктуренности. Однородный слой по содержанию агрономически ценных фракций отмечен на вспашке и нулевой обработке (70-71 %). На фоне минимальной обработки отличная оструктуренность 0-10 см слоя (73 %) сменяется в нижележащем на хорошую (69 %).

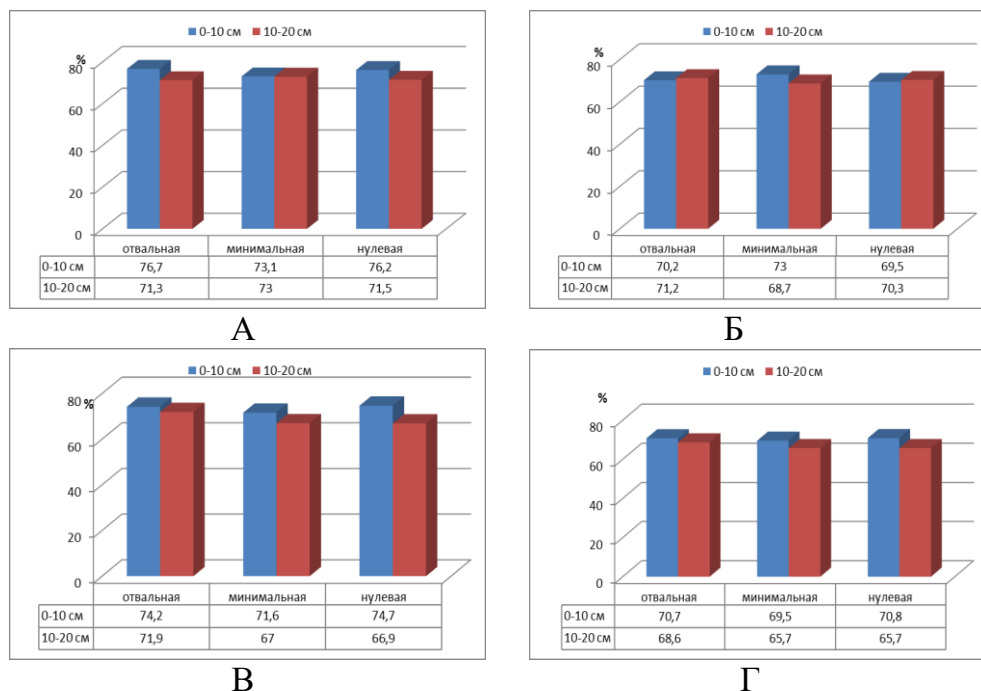


Рисунок 3 – Содержание агрономически ценных фракций в агрочерноземе (2013-2015 гг.): А – пар, Б – пшеница, В – ячмень, Г – овес, %

Ресурсосберегающие обработки почвы под посев ячменя определяют существенную дифференциацию 0-20 см слоя почвы по содержанию АЦФ. Здесь отмечено снижение количества агрономически ценных агрегатов размером от 10 до 0,25 мм на 6-8 % по сравнению с поверхностным слоем 0-10 см. Дифференциация 0-20 см слоя почвы в посевах овса, возделываемых по вспашке, минимальной и нулевой обработке, усиливается с уменьшением глубины обработки.

ГЛАВА 5 ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ АГРОЧЕРНОЗЕМА В УСЛОВИЯХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

5.1 Нитратный азот

Наблюдения за динамикой нитратного азота в агрочерноземе криогенно-мицелярном показали, что наиболее благоприятные условия для накопления нитратного азота складываются в паровых полях (рис. 4). Отвальная обработка паровых полей определяет в среднем очень высокую и высокую обеспеченность нитратным азотом 0-20 см слоя агрочернозема (20-21 мг/кг), минимальная – повышенную (14-15 мг/кг), нулевая – низкую и среднюю (8-12 мг/кг) ($НСР_{05}=4$). Применение отвальной и нулевой обработок в пару приводит к существенной

дифференциации пахотного слоя почвы по содержанию нитратного азота. Такие приемы основной обработки почвы определяют преимущественное накопление нитратного азота в агрочерноземе на глубине 10-20 см. Анализ среднестатистических данных содержания нитратного азота в почве за период наблюдений показал повышенный уровень обеспеченности посевов пшеницы азотом на вспашке (16 мг/кг) и средний уровень на минимальной обработке (9 мг/кг). Прямой посев пшеницы определил низкую обеспеченность 0-20 см слоя почвы нитратным азотом (5 мг/кг) ($НСР_{05} = 4$). Возделывание ячменя в севообороте по яровому рапсу формирует близкий средний уровень обеспеченности нитратным азотом. На вспашке его содержание составляет 11 мг/кг, на фоне ресурсосберегающих технологий – 8 мг/кг без существенной дифференциации 0-20 см слоя почвы. В среднем за период наблюдений отвальная и минимальная обработки под овес определяют повышенную обеспеченность агрочернозема азотом (12 мг/кг), нулевая обработка – низкую (6 мг/кг).

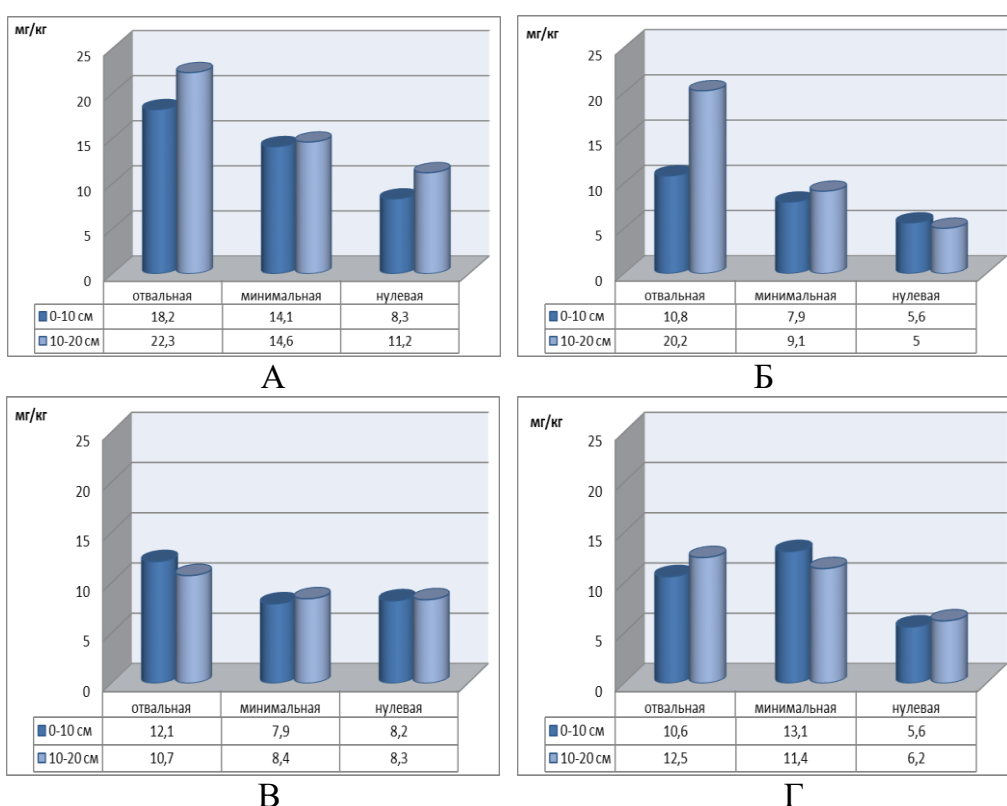


Рисунок 4 – Содержание нитратного азота в агрочерноземе (2013-2015 гг.): А – пар, Б – пшеница, В – ячмень, Г – овес, мг/кг

Таким образом, возделывание зерновых культур по вспашке и минимальной обработке определяет уровень обеспеченности нитратным азотом от повышенного до среднего. Прямой посев зерновых культур, как правило, формирует низкую обеспеченность агрочернозема нитратным азотом.

5.2 Подвижный фосфор

Агрочернозем криогенно-мицелярный в паровых полях и в посевах зерновых культур характеризуется обеспеченностью подвижным фосфором от повышенной до

очень высокой (рис. 5). За период исследований отмечено уменьшение на 5 мг/кг содержания P_2O_5 в 0-10 см слое почвы парового поля на вспашке. На фоне минимальной и нулевой обработки паровых полей выявлена преимущественная локализация подвижного фосфора в поверхностном 0-10 см слое. В наибольшей степени эта закономерность проявляется в условиях химического пара. Отсутствие достоверных отличий по уровню накопления P_2O_5 в 0-20 см слое агрочернозема при различных приемах основной обработки почвы под яровую пшеницу определяет близкий уровень его содержания. Отмечена тенденция накопления подвижного фосфора в посевах пшеницы на вспашке в 0-10 см слое почвы (57 мг/кг). На глубине 10-20 см количество подвижного фосфора снижено до 51 мг/кг. Минимальная и нулевая обработки формируют близкий уровень обеспеченности подвижным фосфором без дифференциации 0-20 см слоя почвы.

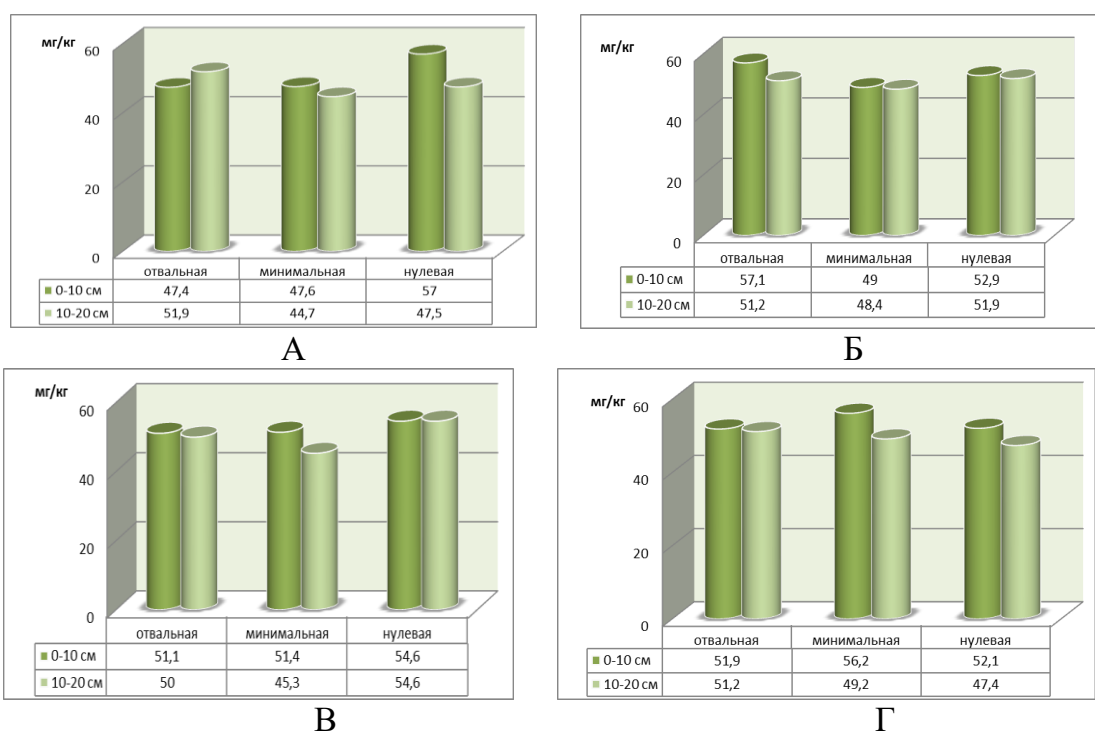
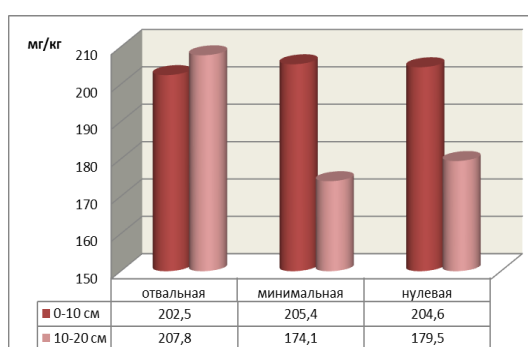


Рисунок 5 – Содержание подвижного фосфора в агрочерноземе (2013-2015 гг.): А – пар, Б – пшеница, В – ячмень, Г – овес, мг/кг

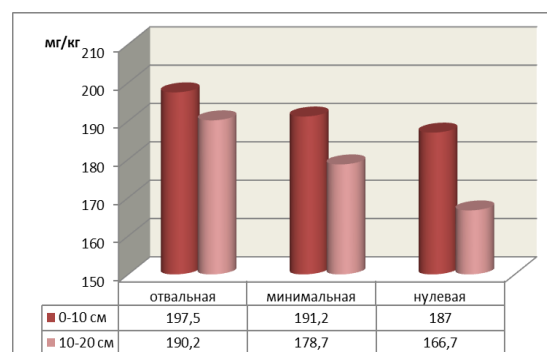
Почва в посевах ячменя, возделываемого в севообороте по яровому рапсу, также отличалась высокой обеспеченностью подвижным фосфором по годам исследований (50-60 мг/кг). Лучшие условия для накопления подвижных фосфатов в агрочерноземе складывались на нулевой обработке. Но эти различия по сравнению со вспашкой и минимальной обработкой математически не доказываются по срокам отбора образцов. Поверхностная обработка почвы дисковатором определяет небольшую дифференциацию 0-20 см слоя почвы по содержанию подвижного фосфора. Разница между слоями составила 6 мг/кг ($НСР_{05} = 4$). Исследованиями установлено, что при возделывании овса по зерновому предшественнику с применением ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы отмечена поверхностная локализация P_2O_5 в 0-10 см слое почвы. Разница между слоями почвы оценивается величиной 5-7 мг/кг ($НСР_{05} = 5$).

5.3 Обменный калий

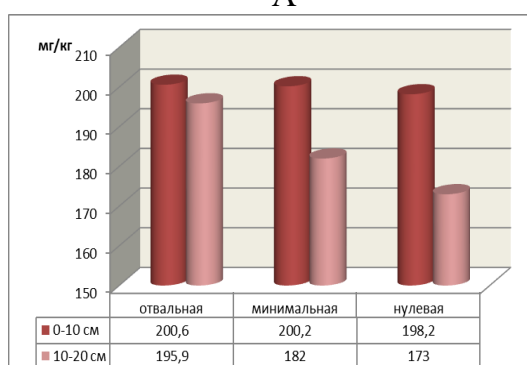
Средняя и низкая обеспеченность обменным калием агрочернозема опытного поля обусловлена среднесуглинистым гранулометрическим составом и более высокой его подвижностью. Исследованиями установлено, что фактор «прием обработки» оказал существенное влияние на содержание обменного калия в 10-20 см слое почвы. Его вклад оценивается на уровне 23-51 %. Содержание доступного для растений калия в поверхностном 0-10 см слое почвы на 34-43 % определяется характером агроценоза. Содержание обменного калия в почве паровых полей показало, что отвальная обработка определяет его аккумуляцию в слое 0-20 см (203-208 мг/кг) (рис. 6). В условиях обработки полей дискатором и применения химического пара отмечена дифференциация 0-20 см слоя и накопление K_2O в верхнем 0-10 см слое почвы до 205 мг/кг, определяющее среднюю обеспеченность этим элементом питания. В слое 10-20 см установлена низкая обеспеченность обменным калием. Отмечена тенденция постепенного снижения обеспеченности обменным калием в посевах пшеницы за период наблюдений в ряду обработок: отвальная (194 мг/кг) – минимальная (185 мг/кг) – нулевая (177 мг/кг) с увеличением степени дифференциации по элементу питания 0-20 см слоя агрочернозема. На вспашке и ресурсосберегающих технологиях основной обработки почвы под ячмень в слое 0-10 см сформирован близкий средний уровень обеспеченности элементом питания (20 мг/кг).



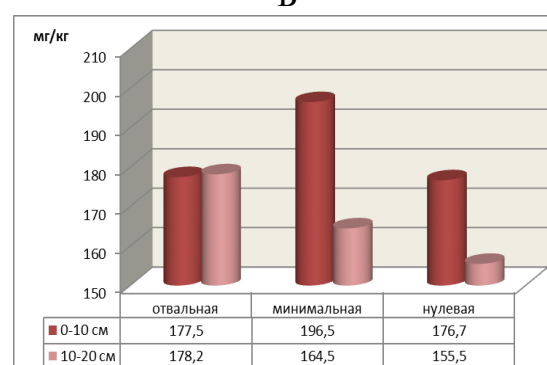
А



Б



В



Г

Рисунок 6 – Содержание обменного калия в агрочерноземе (2013-2015 гг.): А – пар, Б – пшеница, В – ячмень, Г – овес, мг/кг

В слое 10-20 см отмечается низкая обеспеченность обменным калием. Дифференциация 0-20 см слоя по содержанию K_2O с разницей на 18-25 мг/кг выявлена при использовании минимальной и нулевой обработок под ячмень (НСР₀₅ = 20). Оценка содержания обменного калия за период наблюдений показала низкую его обеспеченность в посевах овса. Установлено, что отвальная обработка агрочернозема определяет гомогенизацию 0-20 см слоя по содержанию в нем K_2O (178 мг/кг). Краткосрочное применение ресурсосберегающих технологий обуславливает накопление обменного калия в поверхностном слое почвы до 197-177 мг/кг, что на 32-20 мг/кг больше по сравнению с поверхностным 0-10 см слоем.

Таким образом, результаты исследований пищевого режима агрочернозема в условиях основной обработки позволяют утверждать, что разные приемы обработки почвы определяли существенные отличия по содержанию нитратного азота и близкие величины по подвижному фосфору и обменному калию. При этом они обуславливали неодинаковую дифференциацию 0-20 см слоя почвы по элементам питания.

ГЛАВА 6 ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИТОСАНИТАРНОГО И ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЦЕНОЗОВ

6.1 Состав и структура сорного компонента агроценозов

Результаты оценки засоренности полей показали, что степень засоренности определяется приемом основной обработки. Сильная степень засоренности типична для поля пара при нулевом посеве (54 шт/м²). В посевах пшеницы и ячменя количество сорных растений находилось в пределах 20-24 шт/м², что соответствует средней степени засоренности; в посевах овса – 16 шт/м², - слабая степень. Поверхностное рыхление почвы дискатором и отвальная вспашка снижают засоренность до слабой. Наличие и численность в зерновых агроценозах и полях пара малолетних и многолетних сорняков позволяет сделать вывод о формировании корнеотпрысково-малолетнего типа засоренности по всем приемам основной обработки.

6.2 Фитопатологическое состояние почвы

Анализ почвенных образцов, отобранных перед посевом культур севооборота, показал высокую заселенность почвы возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили зерновых культур *Bipolaris sorokiniana*. Все поля севооборота заселены конидиями выше порога вредности, который составляет для всех культур экспериментального севооборота 20 шт/1 гр. почвы и соответствуют опасному уровню. Это связано с высокой насыщенностью севооборота зерновыми культурами, на которых идет интенсивное размножение фитопатогена, и недостаточной супрессивностью почвы, увеличивающей длительность выживания покоящихся структур в почве. Блоки основной обработки по заселенности почвы возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили распределяются в следующий убывающий ряд: отвальная > нулевая > минимальная.

6.3 Урожайность сельскохозяйственных культур

Системы земледелия, их элементы и принятые агроприемы возделывания сельскохозяйственных культур обуславливают уровни их урожайности. Продуктивность зерновых культур определяется приёмами основной обработки и возделываемой культурой. Более высокая урожайность в условиях полевого опыта установлена для ячменя и овса (2,0-4,3 т/га) (табл. 1). Холодная и затяжная весна вегетационных сезонов 2013 и 2014 гг. способствовала снижению урожайности пшеницы. Яровая пшеница только в вегетационный сезон 2015 года сформировала урожайность, достигающую 1,8-3,3 т/га.

Таблица 1 – Урожайность зерновых культур в зависимости от обработки почвы, т/га

Прием обработки	2013	2014	2015	Среднее за 2013-2015 гг.
<i>Пшеница</i>				
Отвальная	2,34	2,40	3,07	2,60
Минимальная	2,32	2,20	3,25	2,59
Нулевая	1,61	1,10	1,83	1,51
<i>Ячмень</i>				
Отвальная	2,64	3,11	2,92	2,89
Минимальная	3,69	4,30	4,03	4,01
Нулевая	2,72	1,10	2,31	2,04
<i>Овёс</i>				
Отвальная	4,05	4,80	3,93	4,26
Минимальная	4,37	3,90	3,89	4,05
Нулевая	3,21	1,90	2,66	2,59
НСР ₀₅ фактор А – обработка почвы = 0,80 т/га; фактор Б – культура = 1,02 т/га				

Прямой посев снижает урожайность зерна яровой пшеницы в среднем на 42 %, ячменя – на 31-50 %, овса – на 40-51 % по сравнению с отвальной и минимальной обработками.

6.4 Экономическая оценка ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур

Обработка почвы является одним из самых энергоёмких и дорогостоящих элементов современных агротехнологий. Переход к минимальной и нулевой обработкам под зерновые культуры дает значительные преимущества в экономии затрат средств на 1 гектар (табл. 2). Возделывание яровой пшеницы, ячменя и овса по минимальной обработке снижает затраты средств по сравнению с отвальной обработкой в среднем за годы исследований на 8-9 %, по нулевой технологии на 39 %. При этом существенное снижение урожайности зерновых культур зернопарового севооборота на нулевой обработке определяет невысокую прибыль. При производстве зерна пшеницы и ячменя она составила 2564-2758 руб/га, овса – 3267 руб/га.

Таблица 2 - Экономическая эффективность основной обработки почвы при возделывании зерновых культур (среднее за 2013-2015 гг.)

Показатель	Приём обработки		
	отвальная	минимальная	нулевая
<i>Пшеница</i>			
Затраты средств, руб/га	14291,2	12974,8	8660,57
Себестоимость, руб/т	5567,19	5150,42	5978,65
Прибыль, руб/га	5816,2	6865,9	2758,3
Рентабельность, %	40,1	51,5	30,5
<i>Ячмень</i>			
Затраты средств, руб/га	14386,4	13221,3	8842,9
Себестоимость, руб/т	4999,2	3311,5	4982,8
Прибыль, руб/га	3579,3	11724,4	2564,1
Рентабельность, %	24,8	88,4	25,2
<i>Овес</i>			
Затраты средств, руб/га	14861,0	13478,1	9030,9
Себестоимость, руб/т	3513,0	3334,0	3637,4
Прибыль, руб/га	5903,2	6342,3	3266,8
Рентабельность, %	39,4	46,9	34,7

В среднем за годы исследований при производстве зерновых культур на отвальной обработке рентабельность оценивается на уровне 25-40 %, на минимальной – 47-88 %, на нулевой – 25-35 %. Экономически более выгодным явилось производство зерна пшеницы, ячменя и овса при обработке почвы дисковыми орудиями осенью, где рентабельность составила в среднем 47-88 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Агрочернозем криогенно-мицелярный Красноярской лесостепи характеризуется удовлетворительной влагообеспеченностью (20-36 мм) в полях зернопарового севооборота. Сохранение и накопление запасов влаги в 0-20 см слое почвы стабильно на 28-31 % определялось взаимодействием факторов «прием обработки – агроценоз». Нулевая обработка паровых полей и под посевы пшеницы и ячменя определяет накопление продуктивной влаги на 2-4 мм в среднем больше, чем отвальная и минимальная. В агроценозе овса запасы продуктивной влаги на фоне ресурсосберегающих технологий обработки почвы достигают 30-26 мм, что на 6-2 мм больше, чем на вспашке.

2. Возделывание сельскохозяйственных культур и парование поля на фоне отвальной обработки формируют рыхлое и нормальное сложение агрочернозема (0,94-0,98 г/см³). Минимальная обработка почвы под посевы зерновых культур повышает плотность сложения до 0,97-1,01 г/см³; нулевой посев – до 1,00-1,05 г/см³ с сохранением оптимальных значений. Поля севооборота по величине плотности сложения на всех фонах основной обработки располагаются в следующий возрастающий ряд: пар (0,90- 0,96 г/см³) – пшеница (0,95-1,02 г/см³) – ячмень (0,97-1,00 г/см³) – овес (0,98-1,05 г/см³).

3. В структурном составе агрочернозема криогенно-мицелярного на различных блоках основной обработки полей севооборота господствуют глыбистые отдельности. На их долю в среднем за весь период наблюдений приходится 22-32 % от массы 0-20 см слоя. Среди фракций агрономически ценного размера преобладают отдельности 2-1 мм (16-24 %). Минимальная и нулевая обработки способствуют огрублению структуры 0-20 см слоя агрочернозема, но эти изменения не превышают 4 % по сравнению с отвальной вспашкой.

4. Применение вспашки и ресурсосберегающих технологий основной обработки формирует хорошее и отличное структурное состояние агрочернозема. Содержание агрономически ценных агрегатов в почве паровых полей и агроценозов зерновых культур оценивается на уровне 68-74 %. Максимальное содержание агрономически ценных фракций в слое 0-20 см типично для парового поля и агроценоза пшеницы на вспашке и нулевом фоне (74 %). Возделывание овса по ресурсосберегающим технологиям создает хорошую оструктуренность почвы, не превышающую 68 %.

5. Наиболее благоприятные условия для нитрификации складывались в паровом поле, где содержание нитратного азота в 0-20 см слое агрочернозема на вспашке характеризовалось как очень высокое (21 мг/кг), на минимальной обработке – повышенное (15 мг/кг), на нулевой – среднее (10 мг/кг). Возделывание зерновых культур по вспашке и минимальной обработке определило обеспеченность нитратным азотом от повышенной до средней (9-16 мг/кг). Прямой посев зерновых культур формировал низкое содержание нитратного азота (1-5 мг/кг). Содержание нитратного азота в поверхностном 0-10 см слое в большей степени определялось сочетанием факторов «агроценоз – прием обработки» (49-52 %).

6. Агрочернозем криогенно-мицелярный характеризуется обеспеченностью подвижным фосфором от повышенной до очень высокой (4-6 мг/кг). Взаимодействие факторов «приём обработки» и «агроценоз» на 41-50 % определило содержание подвижных фосфатов в почве. Очень высокая обеспеченность подвижным фосфором (6 мг/кг) отмечена в слое 0-10 см в почве пара, обработанного по нулевой технологии, в посевах пшеницы по вспашке и посевах овса по минимальной обработке.

7. Среднесуглинистый гранулометрический состав агрочернозема определил среднюю и низкую обеспеченность обменным калием. Взаимодействие факторов «прием обработки» и «агроценоз» на 33-55 % повлияло на содержание доступного для растений калия в 0-20 см слое агрочернозема по годам исследований. Максимальное содержание K_2O установлено в почве паровых полей, обработанных плугом (21 мг/кг), минимальное – в посевах овса на нулевом фоне (17 мг/кг).

8. Дифференциация 0-20 см слоя агрочернозема по показателям плодородия в связи с различными приемами основной обработки, имеет неустойчивый характер и проявляется различно в полях севооборота. Применение ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы в течение 3 лет определило локализацию подвижного фосфора и обменного калия в 0-10 см слое почвы на 1-3 мг/кг, усилило степень дифференциации 0-20 см слоя почвы по содержанию агрономически ценных фракций размером от 10 до 0,25 мм на 4-8 %.

9. Применение прямого посева существенно ухудшает фитосанитарное состояние полей пара, характеризующихся сильной степенью засорения сорняками ярово-корнеотпрыскового типа (54 шт/м²). Высокая заселенность почвы

возбудителями гельминтоспориозной корневой гнили зерновых культур *Bipolaris sorokiniana* убывает в ряду обработок отвальная > минимальная > нулевая.

10. Продуктивность зерновых культур на блоке отвальной и минимальной обработок имеет близкие величины. В среднем за годы исследований на пшенице она составила 2,6 т/га, ячмене – 2,9-4,0 т/га, овсе – 4,1-4,3 т/га. Прямой посев снижает урожайность зерновых культур на 31-51 % по сравнению с отвальной обработкой. Экономически более выгодным является производство зерна пшеницы, ячменя и овса на минимальной обработке почвы при рентабельности 47-88 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения высоких урожаев зерновых культур в зернопаровом севообороте и достижения наибольшей экономической эффективности в условиях Красноярской лесостепи рекомендуется минимальная обработка агрочернозема, сохраняющая оптимальные параметры плотности сложения, формирующая хорошее и отличное структурное состояние, определяющая обеспеченность нитратным азотом от повышенной до средней, засоренность полей в слабой степени и урожайность зерновых культур, на уровне, превышающем или близком к отвальной обработке почвы.

Не рекомендуется возделывание зерновых культур в зернопаровом севообороте по нулевой обработке, определяющей низкое содержание нитратного азота, локализацию подвижного фосфора и обменного калия в 0-10 см слое агрочернозема, усиление дифференциации 0-20 см слоя по содержанию агрономически ценных фракций, существенное ухудшение фитосанитарного состояния почвы и формирование низкой урожайности в условиях Красноярской лесостепи.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации.

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК:

1. Романов, В.Н. Энергетическая оценка ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях лесостепи Красноярского края /В.Н. Романов, **А.С. Колесников**, А.В. Заушинцена, Н.В. Кожевников //Вестник КрасГАУ, 2018. – № 2. – С. 9-16.

2. **Колесников, А.С.** Влияние приёма основной обработки на пищевой режим агрочернозема Красноярской лесостепи и урожайность ячменя /А.С. Колесников, Н.Л. Кураченко, В.Н. Романов, А.В. Шарапатова //Вестник КрасГАУ, 2022. – № 4. – С. 82-88.

Работы, опубликованные в других изданиях:

3. **Колесников, А.С.** Динамика плотности сложения черноземов Красноярской лесостепи при минимизации основной обработки /А.С. Колесников //Модернизация аграрного образования: технологический аспект: материалы международной научно-практической конференции. - Томск: РГ «Графика», 2013. – С. 106-109.

4. **Колесников, А.С.** Влияние основной обработки на содержание нитратного азота в черноземе обыкновенном Красноярской лесостепи /А.С. Колесников //Почвенно-экологические процессы в естественных и антропогенно-преобразованных ландшафтах Сибири и Дальнего Востока: материалы

Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Красноярск, 2014. – С. 30-33.

5. **Колесников, А.С.** Запасы влаги в черноземах Красноярской лесостепи при минимизации основной обработки /А.С. Колесников //Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Курган, 2014. – С. 18-20.

6. **Колесников, А.С.** Сорный компонент агрофитоценозов в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки /А.С. Колесников //Инновационные тенденции развития Российской науки: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. – Красноярск, 2015. – С.33-35.

7. **Колесников, А.С.** Агрофизическое состояние паровых полей в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки черноземов / А.С. Колесников, А.А. Колесник, Н.Л. Кураченко // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза, 2016. - С. 11-14.

8. Кураченко, Н.Л. Влияние обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность яровой пшеницы /Н.Л. Кураченко, **А.С. Колесников**, В.Н. Романов //Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2018. – Т. 48. – № 1. – С. 44-50.

9. **Колесников, А.С.** Влияние приемов основной обработки на запасы продуктивной в агрочерноземе Красноярской лесостепи /А.С. Колесников, Н.Л. Кураченко //Почвенные ресурсы и их рациональное использование: материалы научно-производственной конференции. – Красноярск, 2022. – С.134-138.