Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

На правах рукописи



Трофимова Татьяна Александровна

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В ЦЧР

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Дедов А.В.

Воронеж – 2014

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4
1. РОЛЬ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПОВЫШЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 10
1.1. Приемы основной обработки как факторы оптимизации (регулирования) физических свойств почвы 10
1.2. Биологическая активность и питательный режим почвы под воздействием основной обработки почвы 23
1.3. Изменение плодородия почвы при применении различных обработок 31
1.4. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов основной обработки почвы 36
2. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, СХЕМЫ ОПЫТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ 48
2.1. Климат 48
2.2. Рельеф 57
2.3. Характеристика почв 58
2.4. Схема опытов и методика исследований 62
3. ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗЯБЛЕВОМ КОМПЛЕКСЕ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА 74
3.1. Плотность почвы 74
3.2. Твердость почвы 87
3.3. Структура почвы 92
3.4. Режим влажности почвы 104
4. ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 119
4.1. Содержание углекислого газа в почвенном воздухе 119
4.2. Выделение углекислого газа из почвенного воздуха 123
4.3. Разложение клетчатки 126
4.4. Интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне 132
4.5. Почвенная микрофлора 136
4.6. Ферментативная активность почвы 150

5. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 161
5.1. Нитратный азот 161
5.2. Подвижный фосфор и обменный калий 171
5.3. Подвижные гуминовые кислоты 185
5.4. Содержание гумуса 191
5.5. Легкогидролизуемый азот, валовой азот, кислотность, сумма поглощенных оснований 199
6. ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ И СИСТЕМАХ ЗЯБЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 206
7. УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 223
7.1. Корневая масса возделываемых культур 223
7.2. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов обработки почвы 225
7.3. Зависимость между показателями плодородия почвы и урожайностью сельскохозяйственных культур при различных приемах и системах основной обработки почвы 241
8. БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМ И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 252
ВЫВОДЫ 265
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ 273
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 274
ПРИЛОЖЕНИЯ 328

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях приоритетного развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия большое значение имеет совершенствование систем обработки почвы, их дифференциация в зависимости от ландшафтных условий, типов почв и их свойств, выбора возделываемых культур, применяемых приемов биологизации и т. д. Попытки использовать зарубежные технологии, не адаптированные к конкретным природным и почвенным условиям различных регионов Российской Федерации, приводят к снижению их эффективности.

Особую актуальность в современных экономических условиях хозяйствования приобретает изучение основной обработки почвы под пропашные культуры, так как ее минимализация зачастую не позволяет достичь желаемого эффекта, а результаты могут быть диаметрально противоположными, что обусловлено различиями почвенных и гидротермических условий, составом культур, разным уровнем интенсификации земледелия. В связи с этим поиск наиболее экономически и экологически эффективных приемов минимализации основной обработки почвы при длительном и краткосрочном применении в севооборотах с пропашными культурами в почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного района является актуальным.

Цель исследования – разработать научные основы регулирования плодородия черноземов ЦЧР и продуктивности сельскохозяйственных культур при длительном и краткосрочном применении основной обработки почвы в сочетании с минеральными и органическими удобрениями в севооборотах с пропашными культурами.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- установить длительное и краткосрочное влияние основной обработки почвы на агрофизические, биологические и агрохимические показатели ее плодородия, фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур полевых севооборотов с сахарной свеклой;

- дать научное обоснование применения различных систем основной обработки почвы под пропашные культуры на различных подтипах черноземов Центрального Черноземья;

- выявить изменение показателей потенциального плодородия черноземных почв лесостепи ЦЧР в зависимости от различных приемов обработки старопахотных земель, внесения различных норм органических и минеральных удобрений;

- оценить влияние систем основной обработки на разных подтипах черноземных почв на урожайность полевых культур и затраты техногенной энергии.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Основные закономерности и особенности изменения агрофизических показателей плодородия черноземных почв в зависимости от приемов основной обработки.

2. Особенности и уровень плодородия почвы при разных системах и способах обработки на фоне различных доз органических и минеральных удобрений.

3. Обоснование роли обработки почвы в регулировании фитосанитарного состояния посевов полевых культур.

4. Научные и практические основы минимализации обработки почвы в технологиях сберегающего земледелия.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в дальнейшей разработке научных основ регулирования плодородия черноземов ЦЧР и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Основные научные результаты, определяющие новизну проведенного исследования, состоят в следующем:

- в условиях ЦЧР в многолетних стационарных и краткосрочных опытах дано научное обоснование систем основной обработки черноземных почв в сочетании с органическими и минеральными удобрениями и изучено их

влияние на почвенное плодородие, фитосанитарное состояние посевов, урожайность культур в полевых севооборотах с сахарной свеклой;

- научно обоснована и разработана шкала оценки степени деградации (выпаханности) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия (1 балл – невыпаханные почвы, 2 балла – слабовыпаханные, 3 балла – средневыпаханные; 4 балла – сильновыпаханные), на основании которой определяется пригодность почвы к минимализации основной обработки: 1-2 балла – пригодные, 3 балла – малопригодные, 4 балла – непригодные;

- установлены приемы минимализации основной обработки почвы и предложены варианты их применения в комплексе с приемами биологизации в зависимости от уровня деградации длительно используемых черноземных почв;

- показана целесообразность замены ежегодной отвальной обработки на дифференцированную обработку в севооборотах с сахарной свеклой, а также на более экономичную безотвальную разноглубинную обработку почвы;

- экспериментально доказано негативное влияние применения длительной мелкой или поверхностной обработки почвы на сильновыпаханных черноземах на показатели плодородия и урожайность полевых культур;

- разработаны математические модели оценки уровня плодородия черноземов на основании зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от комплекса агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия и фитосанитарного состояния посевов при различных приемах и системах основной обработки почвы и уровнях органоминерального питания, применение которых позволяет получить качественные характеристики пашни.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Теоретическое значение исследований состоит в том, что:

- предложен научно обоснованный способ определения пригодности почвы к минимализации основной обработки на основе модифицированной шкалы деградации (выпаханности) черноземов;

- разработаны математические модели оценки плодородия черноземов при различных приемах основной обработки почвы и уровнях биологизации зональных систем земледеия;

- раскрыт методологический подход изучения основных направлений совершенствования обработки и регулирования плодородия почв в Центрально-Черноземном районе.

Проведена биоэнергетическая оценка эффективности систем основной обработки под культуры полевых севооборотов с сахарной свеклой на разных подтипах черноземов ЦЧР.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что на основании многолетних исследований производству рекомендованы оптимальные системы основной обработки почвы под культуры полевых севооборотов с сахарной свеклой, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Центрального Черноземья.

Рекомендованы для хозяйств ЦЧР приемы минимализации основной обработки почвы в сочетании с различными нормами органических и минеральных удобрений, применение которых обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур при сокращении затрат труда и средств, препятствует деградации черноземных почв.

Основные теоретические и практические положения диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов агрономических специальностей, при изучении таких дисциплин, как «Общее земледелие», «Системы земледелия», «Агропочвоведение» и др., а также различными специалистами сельскохозяйственных предприятий.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на различных международных научно-практических конференциях:

Брянск, 1999;

Смоленск, 1999;

Минск, 2001;

Пенза, 2002;

Барнаул, 2008;

Орел, 2008;

Ульяновск, 2008, 2011;

Каменная Степь, 2010, 2012;

Кемерово, 2011;

Воронеж, 2013;

Москва, 2013;

София, 2013;

Уфа, 2013;

Прага, 2014;

на Всероссийских научных и научно-практических конференциях:

Орел, 1999;

Курск, 2006;

Белгород, 2012;

на конференциях профессорско-преподавательского состава

Воронежского ГАУ (Воронеж, 1989-2013);

Липецкого ГПИ (Липецк, 1998, 2001, 2004);

Мичуринского ГАУ (1998, 2010);

Саратовского ГАУ (2009).

Публикации. Основные результаты проведенного исследования нашли отражение в 96 опубликованных научных и научно-методических работах, в том числе 20 опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Личный вклад. Автор диссертационной работы принимала непосредственное участие на всех этапах проведения исследований: в разработке программы и схем исследований, выборе и разработке методов, планировании и проведении экспериментальных исследований, закладке опытов, анализе и обобщении полученных результатов, их математической обработке и форму-

лировании выводов, в подготовке публикаций по теме исследования, оформлении диссертационной работы и автореферата.

Доля авторского участия в исследованиях – более 90%.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 399 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 8 глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы, включающего 524 наименования, в том числе 50 иностранных авторов, содержит 103 таблиц, 2 рисунка и 68 приложений.

Автор с чувством глубокой признательности обращается к памяти своих учителей: кандидату сельскохозяйственных наук Витеру А.Ф., доктору сельскохозяйственных наук, профессору Зезюкову Н.И.; выражает искреннюю благодарность коллегам за помощь в выполнении исследований, член-корреспонденту Турусову В.И., профессорам Дедову А.В., Коржову С.И., Придвореву Н.И., кандидатам сельскохозяйственных наук Пичугину А.П., Нужной Н.А., Воронкову В.А., Маслову В.А., старшему научному сотруднику Кузнецовой Л.П., а также всем сотрудникам отдела земледелия ГНУ «Воронежский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии» и кафедры земледелия ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

1. РОЛЬ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПОВЫШЕНИИ ЕЕ ПЛОДОРОДИЯ И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Приемы основной обработки как факторы оптимизации (регулирования) физических свойств почвы

Обработкой почвы наши предки еще в древние времена стремились разрыхлить почву перед посевом, заделать растительные остатки, бороться с сорными растениями и т. д. Было замечено, что урожайность возделываемых культур на взрыхленной почве повышается. На протяжении всей истории земледелия цели, которые пытались достичь за счет того или иного приема обработки почвы, не менялись, а только дополнялись новыми задачами.

Эволюция обработки почвы происходила за счет совершенствования почвообрабатывающих орудий. По мнению С.М. Скорнякова (1989), в каждом определенном месте обработка почвы проводилась тем орудием, которому исторически отдавали предпочтение [378]. В.Р. Вильямс (1951) считал, что на развитие приемов обработки почвы большое влияние оказало улучшение конструкции плуга [76].

Многие ученые в своих работах рекомендовали применять глубокую отвальную обработку почвы, приводя ссылки на указ царя Петра I, предписывавшего пахать «гораздо и мягко» (Скорняков С.М., 1989) [378]. Первые попытки научно обосновать приемы обработки почвы и ее глубину принадлежат А.Т. Болотову (1771) и И.М. Комову (1788), которые в своих трудах писали, что почву надо обрабатывать глубже [49, 204]. И.М. Комовым предложена двойная отвальная обработка полей после многолетних трав [204].

И.А. Стебут (1871) писал, что с увеличением глубины зяблевой обработки почвы «земля могла в течение зимы лучше и глубже проникаться влагой и долее ее сохранять весной на пользу растений в первое время их развития» [388].

В.В. Докучаев (1936, 1948), А.А. Измаильский (1949), А.В. Советов (1950) опубликовали данные о росте урожайности сельскохозяйственных культур при проведении глубокой вспашки [129, 130, 161, 385].

Большое значение обработке почвы придавал Д.И. Менделеев (1866), по мнению которого, увеличение глубины вспашки повышает содержание влаги в почве и улучшает ее физические свойства. При этом ученый предостерегал от чрезмерного увлечения глубокой вспашкой и не рассматривал ее как обязательный прием повышения почвенного плодородия [260].

В первой половине XX в. исследования многих ученых были направлены на развитие теории обработки почвы, основанной на применении отвальной обработки плугом с предплужником. Н.С. Соколов (1935), В.Р. Вильямс (1938), П.У. Бахтин (1969) обосновали применение глубокой обработки тем, что именно она создает оптимальные условия для растений за счет того, что нижний слой почвы с восстановленной структурой перемещается на поверхность, а бесструктурный, верхний, сбрасывается на дно борозды [386, 75, 36].

Обобщая полученные сотрудниками опытных учреждений данные по глубине вспашки черноземных почв, В.П. Мосолов (1954) делает заключение о положительном влиянии глубокой вспашки на урожайность сельскохозяйственных культур, отмечая что «… на всех разновидностях черноземов углубление вспашки неизменно ведет к увеличению урожая» [278].

За рубежом сторонниками глубокой обработки были такие ученые, как А. Розенберг-Липинский (1893), М. Краузе (1931) и др., которые рекомендовали проводить вспашку на глубину 30-35 см на почвах с мощным гумусовым слоем [341, 223].W. Nitsch (1937), R. Teipel, R. German (1955), H. Rid (1960), K. Rauche, Y. Lehne (1961), D. Ermich (1962) в своих публикациях высказывались за глубокую отвальную обработку почвы [508, 518, 514, 512, 485].

Положительную роль углубления пахотного слоя отмечают в своих более поздних работах В.И. Ларионов, В.С. Володин (1974), И.Д. Рудай (1985) [236, 346].

А.Н. Соколовским (1971) были получены экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что увеличение глубины отвальной обработки приводит к уменьшению плотности почвы, повышению общей и некапиллярной порозности, водопроницаемости [387]. Исследования М.Д. Васильева (1970) показали, что более глубокая обработка почвы повышает влажность и снижает плотность сложения карбонатных черноземов [65]. В опытах В.В. Вьюркова (1991) уменьшение глубины плоскорезной обработки черного пара с 25-27 см до 10-12 см приводило к уменьшению весенних запасов продуктивной влаги в полуметровом слое почвы с 205 м до 171 мм [93].

В конце XIX – начале XX вв. ряд ученых пропагандирует разноглубинную обработку почвы в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, влажности почвы, срока проведения основной обработки и т. д. Так, И.А. Стебут (1871) рекомендовал дифференцированную глубину обработки почвы. По его мнению, глубокую вспашку (до 27 см) следует применять при обработке почвы под зябь, а при обработке зеленого пара необходимо придерживаться небольшой глубины [398].

П.А. Костычев (1896) также высказывался за дифференцированную глубину обработки почвы в зависимости от почвенно-климатических условий. При поздней весенней обработке паров в черноземной зоне П.А. Костычев рекомендовал мелкую вспашку, в связи с тем, что дерновый слой в этом случае быстрее разлагается, однако на старопахотных полях хороший эффект давала глубокая зяблевая вспашка под яровые культуры [213].

А.П. Модестов (1914) пришел к выводу о необходимости проведения глубокой отвальной обработки под пропашные культуры и мелкой обработки под озимые культуры [275].

Д.Н. Прянишников (1965) писал, что в новой системе земледелия рекомендуется только мелкая вспашка, однако он также акцентировал внимание на том, что нельзя повсеместно рекомендовать глубокую отвальную обработку [327].

По мнению Н.Н. Ивановой (2008), на почвах, неустойчивых к уплотнению, необходимо периодически проводить глубокую обработку [160].

Многие исследователи (Бухар И.Е., 1960; Дубоносов Т.С., 1961; Зоря С.Е,, 1969; Каргин И.Ф., 2008 и др.) в своих работах отмечали положительную роль дифференцированной глубины обработки почвы [62, 139, 155, 172]. И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигистаева (2000) предлагали в севооборотах с короткой ротацией проводить углубление пахотного слоя парового поля до 30-32 см для ликвидации плужной подошвы, а остальные поля обрабатывать на глубину 8-10 см [435].

М.И. Сидоров (1981) рекомендовал проводить на черноземах разноглубинную обработку в севообороте, отмечая, что значение глубокой вспашки состоит в сохранении и восстановлении агрофизических свойств почвы, увеличении водопроницаемости пахотного слоя, улучшении питания корней влагой в результате увеличения их количества в более глубоких слоях почвы [371].

По данным З.Б. Борисоника, В.И. Яницкого (1959), В.А. Петраковой (1963), глубокая вспашка по сравнению с обычной имеет преимущества в накоплении влаги в годы с бóльшим количеством осадков в осенне-зимний период, при этом в годы с небольшим количеством влаги глубокая обработка не способствует ее накоплению [54, 317].

В то же время опубликованы данные исследований, авторы которых не установили преимущество глубокой вспашки в улучшении физических свойств почвы по сравнению со вспашкой на обычную глубину (Артеменко П.В., Кулина Е.Н., 1959; Инкина Л.А., 1975; Витер А.Ф., 1981) [19, 165, 79].

В.П. Гончаров, П.Д. Бойцов, В.М. Новиков (1981) пришли к заключению, что плотность почвы находится в оптимальных пределах для сельскохозяйственных культур независимо от глубины обработки, а оптимальной следует считать глубину вспашки на 20-22 см [110].

С обоснованием преимущества мелкой вспашки выступал В.Г. Ротмистров (1914) [344]. По результатам исследований, проведенных на Одесском

опытном поле в 1901-1912 гг., В.Г. Ротмистров писал, что глубокая обработка черноземов не только снижает запасы влаги по сравнению с мелкой обработкой, но вспашка глубже двух вершков экономически убыточна [344].

В конце XIX и в течение XX в. наметился отход от традиционной отвальной обработки и глубокого рыхления (Скорняков С.М., 1989) [378].

В сельскохозяйственной литературе остаются различные точки зрения на вопрос, каким способом обрабатывать почву и как различные способы обработки влияют на агрофизические свойства почвы. Острые дискуссии о выборе способа обработки почвы ведутся и в настоящее время на страницах периодической печати и в специальной научной литературе (Дьяченко В., 1987; Чалый П., 1987) [141, 420].

И.Е. Овсинский (1899) был автором «новой системы земледелия», в которой предлагалась поверхностная система обработки почвы [302]. Главным достоинством такой системы была устойчивость посевов и к засухам, и к переувлажнению. По мнению И.Е. Овсинского, обычная вспашка, уничтожая в почве сеть каналов, обращает почву в бесструктурную массу, следствием чего является ухудшение водного и воздушного режимов, в то время как рекомендуемая им поверхностная обработка на глубину 5 см уничтожает сорные растения и создает рыхлый поверхностный покровный слой, хорошо сохраняющий влагу в почве.

В истории развития научных основ обработки почвы следует отметить работы по почвозащитному земледелию Н.М. Тулайкова (1932), который разработал для засушливых районов страны теорию мелкой обработки почвы, способствующей лучшему накоплению влаги. В своих работах автор отмечал необходимость «… подготовить наилучшим образом тот слой почвы, в котором намерены помещать семена растений при их посеве» [402].

В начале XX в. ученые стали высказывать соображения о нецелесообразности оборачивания пахотного слоя. Так, Э.Х. Фолкнер (1959) в своей книге «Безумие пахаря» стал пропагандировать безотвальную обработку почвы [414].

В мировом земледелии со второй половины XX в. наметился поворот от многократных и тщательных обработок почвы к их сокращению и распространению «минимальных» и «нулевых» обработок с целью снижения антропогенной нагрузки на почву и уменьшения энергетических затрат (Шеняв-ский А.Л., 1965; Аллен Х.П., 1985; Mbagwu J.S.C., Bazzoffi P., 1989; Черепанов Г.Г., 1994) [450, 13, 506, 430].

Т.С. Мальцев (1954) выдвинул положение о формировании водопрочной структуры на основе анаэробного разложения корней однолетних растений [252]. Т.С. Мальцевым была предложена система поверхностной обработки почвы лущильником на 7-8 см с периодическим (раз в 4-5 лет) глубоким безотвальным рыхлением на глубину 35-40 см. Режим влажности на вариантах поверхностной обработки почвы не уступал вариантам отвальной обработки [252].

Дальнейшее развитие безотвальная система обработки почвы получила в исследованиях ВНИИ зернового хозяйства, коллективом ученых которого, под руководством А.И. Бараева (1966) была разработана почвозащитная система земледелия для засушливых степных районов нашей страны [32]. Безотвальная система обработки почвы основывается на применении плоскорезов-глубокорыхлителей, игольчатых борон, стерневых сеялок для сохранения на поверхности почвы мульчи. Весьма своевременно был использован опыт Канады по применению плоскорезных орудий. При почвозащитной системе земледелия на поверхности почвы сохраняется до 70-80% стерни. Растительные остатки зерновых культур препятствуют возникновению ветровой эрозии, улучшают водный режим и агрофизические свойства почвы, повышают содержание органического вещества (Бараев А.И., 1971) [30].

В исследованиях Н.К. Шикулы с соавт. (1984, 1987) безотвальная обработка по сравнению со вспашкой улучшала агрофизические показатели почвы, способствовала повышению макроструктурных агрегатов в черноземах в 1,5-2,0 раза, увеличивала на 25% коэффициент фильтрации, на 30% умень-

шала глубину промерзания почвы, на 30-50 мм снижала испарение с поверхности почвы [450, 451].

Многими исследованиями, проведенными как в нашей стране, так и за рубежом, доказано, что при снижении интенсивности обработки почвы агрофизические свойства улучшаются. Б.А. Доспехов (1978), И.П. Макаров (1984), А.И. Пупонин (1984), R.A. Nielsen, D.D. Baltensperger, F. Anderson (1991) показали, что при минимализации обработки почвы ее структурные качества улучшаются или остаются на уровне традиционной вспашки [136, 248, 249, 328, 329, 507].

Установлено, что в условиях недостаточного увлажнения Ставрополья безотвальная обработка по сравнению с отвальной способствует лучшей аккумуляции выпавших осадков (Федотов Н.И., 1972) [410]. По мнению Г.Р. Дорожко, В.Н. Ситникова (2004), применение безотвального способа зяблевой обработки чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения обуславливает формирование в большем количестве дефляционно-устойчивых агрегатов по сравнению с отвальным, улучшает водный режим [135].

В опытах П.Г. Семихненко, П.Н. Ярославской (1977), В.В. Медведева, С.Ю. Булыгина (1986), А.П. Козаченко (1996), В.В. Манейлова, С.М. Надежкина, В.В. Сысоева (2005) замена традиционной отвальной обработки на безотвальную обработку способсвует улучшению водного режима и агрофизических показателей почвы – водопроницаемости, количества доступной влаги, содержания водопрочных структурных агрегатов [366, 258, 201, 253].

С этими выводами совпадают данные В.С. Шаболиной (1963), И.А. Чуданова (1980), М.А. Парфенова (1982), П.Д. Максименко (1984), В.Г. Холмова, Г.Я. Палецкой (1984), Ю.П. Бурякова, В.С. Цикова, В.Ф. Кивер и др. (1985), В.Г. Холмова, Л.В. Юшкевич, В.А. Ершова (1985), M.J. Shipitalo, R. Protz (1987), Л.И. Акентьевой, М.С. Чижовой (1989), И.В. Фетюхина (2000), В.И. Макарова, Ф.И. Грязиной, В.Г. Кириллова (2008) [446, 438, 314, 250, 423, 61, 425, 515, 10, 411, 247].

П.Г. Семихенко, П.Н. Ярославская (1977), Н.К. Шикула (1984), А.Я. Бука, С.Ю. Булыгин, А.П. Коваленко (1985), В.В. Медведев, С.Ю. Булыгин (1986), В.Л. Андреев, С.Л. Демшин, Р.Р. Нуризянов (2008) отмечают повышение содержания доступной влаги, водопрочных структурных агрегатов и уровня водопроницаемости почвы по безотвальной обработке [366, 452, 57, 258, 14]. Оставление мульчи на поверхности почвы, выравнивание ее поверхности и отсутствие гребней при безотвальной обработке почвы позволяет снизить непродуктивное испарение с поверхности почвы и повысить уровень усвоения осенних осадков, увеличить снежный покров. Оставление мульчи на поверхности почвы снижает амплитуду колебания температуры в слое почвы 0-10 см на 0,5-2°С.

По мнению В.Г. Холмова, Л.В. Юшкевич (1988), в условиях неустойчивого увлажнения применение мульчирующих обработок улучшает водный режим в начале вегетации сельскохозяйственных культур. На варианте глубокой плоскорезной обработки мощность снежного покрова увеличилась на 5,9-8,8 см по сравнению с вариантом отвальной обработки почвы, запасы воды в снеге и усвоение зимних осадков повысились соответственно на 16,8 и 21,4% [424].

В.Ф. Голубченко (1971) пришел к выводу, что близкие к оптимальным значения плотности создаются на вариантах безотвальных обработок почвы. На вариантах со вспашкой более рыхлое сложение пахотного слоя повышает испарение влаги [109].

В.П. Стрельченко, А.А. Орлянский (1987) отмечают, что плоскорезное рыхление в сравнении с отвальной вспашкой создает более благоприятные условия для оптимизации агрофизического состояния пахотного слоя и стабилизации фильтрационного процесса [389]. В целях разуплотнения подпахотного горизонта, по мнению В.П. Бабакова, В.А. Бойкова (1990), эффективно проведение чизелевания [22].

В исследованиях R.B. Brinsfield, K.W. Slaver, W.L. Magette (1988), E.H. Halstead, de Jong E. (1988), M.A. Locke, F.M. Hons (1988), M. Nyborg, S.S. Malhi

(1990), H.N. Hayhoe, L.M. Dwyer, D. Balchin, J.L.B. Culley (1993) отмечается благоприятное действие безотвальной и нулевой обработок по сравнению с отвальной на водный режим в полуаридных условиях США, Канады, Австралии и других стран [478, 492, 504, 509, 495].

И.А. Чудановым, В.П. Васильевым (1986) установлено преимущество плоскорезной обработки почвы в годы с недостаточным увлажнением за счет влагонакопительной роли растительных остатков. В начале периода вегетации сельскохозяйственных культур по плоскорезной обработке запас доступной влаги в метровом слое почвы был на 15 мм больше, чем по отвальной обработке [437].

Исследования А.М. Гаврилова, В.Н. Левкина, Н.И. Телейченко (2001) показали значительное улучшение агрофизических свойств каштановых почв в годы с достаточной влагообеспеченностью при обработке ее безотвально и поверхностно [94].

И.П. Макаров (1984), А.И. Пупонин (1984), А.И. Пупонин с соавт. (1988), В.М. Круть, В.И. Тараненко, А.П. Бокуленко (1989), R. Lal, D.M. Jr. Van Doren (1990) отмечали, что при минимализации основной обработки почвы агрегатный состав улучшается или остается на уровне традиционной вспашки [249, 328, 329, 227, 502]. По данным Д.И. Никитчина, А.Е. Минковского, И.В. Аксенова (1995), при плоскорезной обработке наблюдается увеличение в слое почвы 0-10 см агрономически ценных агрегатов по сравнению с отвальной обработкой [296]. В публикациях К.Г. Шульмейстера (1988), И.А. Чуданова (1984) указывается на увеличение количества водопрочных агрегатов в пахотном слое черноземов при безотвальных обработках по сравнению со вспашкой [458, 439].

Однако некоторые исследователи, например: П.К. Иванов, Л.И. Коробов (1969), А.Л. Качанин (1999), М.А. Глухих, В.Б. Собянин (2000), считают, что агрофизические свойства почвы и запас влаги в период вегетации не зависят от способа обработки почвы [159, 106]. По мнению С.И. Зинченко (1999),

структура пахотного слоя черноземов обыкновенных также не зависит от того или иного приема и глубины почвозащитной обработки почвы [154].

В исследованиях, проведенных Д.И. Никитчиным, А.Е. Минковским, И.В. Аксеновым (1995), А.А. Бондарчуком, (1999), установлено, что различные способы основной обработки существенно не влияют на плотность почвы в слое 0-10 см в течение вегетации сельскохозяйственных культур. Перед уборкой по всем способам обработки в горизонте 20-30 см наблюдалось увеличение плотности почвы, существенно превышающее оптимальные показатели для большинства полевых культур [296, 51].

В опытах В.И. Шлыкова, В.М. Рындина, В.А. Покатаева (1983) в засушливые годы накапливалось влаги больше на вариантах поверхностной обработки почвы, а во влажные – отвальной обработки. Более плотное сложение сохранялось на вариантах поверхностной обработки до уборки урожая [457].

В опытах С.И. Смурова с соавт. (2003) наблюдалось высокое содержание структурных агрегатов в слое почвы 0-10 см (71,5-73,4%), не зависящее от приемов минимализации основной обработки почвы [384].

По мнению Л.И. Салищева, Н.Р. Бахтизина (1993), Г.И. Казакова (1997), системы обработки существенно не влияют на агрофизические свойства почвы, в том числе на количество агрегатов размером от 0,25 до 10 мм в слое почвы 0-30 см [356, 168].

А.Г. Тарарико, Г.И. Миронов, В.В. Заика (1983), А.О. Лымарь, В.А. Ищенко (1986), В.П. Андрюхов (1987), И.И. Попов (1989), Н.Ф. Бенедичук, Ф.А. Леринец (1991), А.А. Борин, И.Г. Мельцаев (1995), А.Н. Краевский (1995), А.П. Козаченко (2000), В.Н. Слесарев (2008), А.Т. Калинин (2009) в своих исследованиях не установили существенных различий в плотности пахотного горизонта по вспашке и при минимализации приемов обработки почвы в течение периода вегетации растений сельскохозяйственных культур [393, 243, 17, 323, 40, 52, 222, 199, 380, 170].

Некоторые авторы в своих работах подчеркивают отрицательное действие минимализации основной обработки на агрофизические свойства почвы (Яценко В.Г., Гаген В.С., 1957; Кибасов П.Т., 1969; Витер А.Ф., Гулидова В.А., 1979; Мухортов Я.Н., Мацнева Н.Г., Михайлова М.Ф., 1981; Зубенко В.Ф., 1988; Котоврасов И.П., Павловский И.Б., 1989; Andreini M.S., Steenhuis T.S., 1990; Кондратенко В.Н., Хмельницкий А.А., Шаповалов Н.К., 2002; Турусов В.И., 2004; А.А. Макаренко, 2008) [473, 186, 83, 283, 158, 218, 205, 475, 405, 245].

В.Р. Вильямс (1951) обосновывал необходимость отвальной вспашки на 20-22 см потерей структурности верхнего слоя почвы. При проведении вспашки верхний бесструктурный слой сбрасывается на дно борозды, а на поверхность выворачивается слой прочнокомковатой почвы нижнего горизонта [76].

В.П. Нарциссов (1959) установил, что после вспашки количество водопрочных агрегатов в слое 0-10 см было на 10,6-14,0% больше, чем на поверхностно обработанных вариантах [288].

В исследованиях В.Н. Кондратенко, А.А. Хмельницкого, Н.К. Шаповалова (2002), В.Т. Рымаря, В.И. Турусова (2007) показано, что отвальная обработка способствует улучшению структурного состояния слоя почвы 0-10 см, повышая содержание агрономически ценных агрегатов на 12-15% по сравнению с другими вариантами [205, 349].

Установлено (Котоврасов И.П., 1968; Дудинцев Е.В., Хлопюк М.С., Ушакова Л.А., 1987; Сдобников С.С., 1988; Chang C., Lindwall C.W., 1989; Zentner R.P., Selles F., Campbell C.A., 1992; Долгов Р.И., 2006; Гармашов В.М., Качанин А.Л., 2007; С. Долаберидзе, 2008), что бессменное применение безотвальных обработок приводит к увеличению распыления верхнего (0-10 см) слоя почвы, повышает ее плотность [219, 140, 364, 480, 524, 132, 103, 131].

З.М. Азизов (1986) отмечает, что ежегодная безотвальная обработка способствовала увеличению в верхнем (0-10 см) слое почвы микроагрегатов размером менее 0,25 мм. По мнению автора, при отвальной обработке распы-

ленный верхний слой почвы заделывается на дно борозды, а на поверхность почвы поступают структурные агрегаты. На варианте отвальной обработки содержание водопрочных агрегатов в слое почвы 0-10 см составляло 80,1%, при проведении плоскорезной обработки количество водопрочных агрегатов снизилось до 73,2% [8].

По данным И.А. Назарова, Г.Я. Палецкой, Я.Ф. Щиц (1978), ежегодная плоскорезная обработка почвы уменьшает фильтрацию почвы, вызывает повышенную рыхлость пахотного слоя почвы, что ведет к усилению конвекционно-диффузного испарения и потере влаги [285].

По данным исследований А.Ф. Витера (1985), проведенных на полях НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева, на вариантах плоскорезной обработки содержание влаги снижалось по сравнению со вспашкой. В начале периода вегетации в слое почвы 0-150 см содержание влаги в почвах на вариантах проведения отвальной обработки было на 22,9 мм больше, чем безотвальной обработки [84]. В исследованиях В.Г. Мирошника (1979), В.А. Гулидовой (1980), выполненных в этом же стационарном опыте, водопроницаемость почвы на вариантах применения безотвальной обработки была ниже по сравнению со вспашкой [263, 121].

J.L. N jr. Pikul, R.E. Ramig, D.E. Wilkins (1993) отмечают, что применение дискования, нулевой и плоскорезной обработок привело к уплотнению нижних горизонтов почвы по сравнению с отвальной обработкой. Установлена низкая эффективность прямого посева на почвах, неоднородных по механическому составу, бесструктурных, склонных к образованию корки, плотных и малоплодородных [510].

В исследованиях Н.С. Свиридова, Б.В. Егорова, В.Ф. Кулькова (1977), Г.С. Гончарук, (1987), В.В. Гамуева, А.С. Королькова, Н.Н. Мартыновича (1998) проведение плоскорезной обработки способствовало увеличению плотности пахотного слоя почвы по сравнению с отвальной обработкой [361, 111, 98].

В экспериментальных исследованиях И.В. Кузнецовой (1978), проведенных на южных черноземах, применение поверхностной обработки почвы привело к повышению плотности пахотного слоя и образованию «плужной подошвы», в результате чего снизилась водопроницаемость и проникновение корней полевых культур в более глубокие горизонты почвы. С целью разрушения «плужной подошвы» и улучшения структурного состояния почвы И.В. Кузнецовой рекомендуется периодическая глубокая отвальная обработка почвы в севообороте [231].

В исследованиях В.Н. Кондратенко, А.А. Хмельницкого, Н.К. Шаповалова (2002), проведенных в условиях Белгородской области, применение плоскорезной обработки на 0,15-0,17 г/см^3 повышало плотность почвы в слое 0-30 см по сравнению со вспашкой [205].

Л.А. Кузнецов, К.И. Шумских (1982), С.Я. Мухортов (1983), А.С. Найденов, А.А. Макаренко (2008) отмечают улучшение физических свойств почвы при отвальной обработке [229, 282, 286].

По результатам исследований, проведенных на черноземных почвах опытной станции Воронежского сельскохозяйственного института, А.В. Евсеев (1992) отмечал, что применение отвальной обработки улучшало агрофизические свойства почвы, снижало ее плотность и повышло содержание питательных веществ в пахотном слое. На вариантах применения отвальной обработки в верхнем слое почвы находилось 62% от общей массы корней, а на вариантах плоскорезной обработки – 44% [142].

Многочисленные опубликованные данные о влиянии приемов основной обработки почвы и особенно приемов ее минимализации на агрофизические свойства почв весьма противоречивы, что обуславливает необходимость проведения более детальных дальнейших исследований этого аспекта проблемы в конкретных почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного района.

1.2. Биологическая активность и питательный режим почвы под воздействием основной обработки почвы

Биогенность почвы связана с интенсивностью ее обработки. Прямым следствием механической обработки является изменение аэрации, влажности и других условий жизнедеятельности микроорганизмов, а косвенным – перераспределение по слоям почвы органического вещества, источника пищи и энергетического материала для микрофлоры.

Многочисленные исследования свидетельствуют о разнокачественности частей пахотного слоя по плодородию и биологической активности. Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская (1953), Л.Н. Абросимова, И.В. Ревут (1964) считают, что в необработанной почве минимум через 1,5-3 месяца происходит дифференциация почвенного горизонта по плодородию, в частности снижение биологической активности нижней части почвы [34, 1]. Явление дифференциации почвенного горизонта по биологической активности и плодородию отмечали в своих работах Е.Н. Мишустин (1960), И.В. Ревут, С.А. Чобану (1967) [273, 336]. Дифференциацию пахотного горизонта почвы Л.Н. Абросимова, И.В. Ревут (1970) связывают с действием прямых солнечных лучей [2], А.Н. Лебедянцев (1960) – с периодическим увлажнением и высушиванием [238], В.Р. Вильямс (1938), Е.Н. Мишустин (1972) – с ухудшением аэрации в нижних горизонтах почвы [75, 272], Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская, Т.И. Иванова (1959) – с накоплением в нижних слоях почвы токсических веществ [35].

Возросший интерес к дифференциации пахотного слоя по плодородию обусловлен применением безотвальной и нулевой обработок почвы. При минимализации обработки очень сильно проявляется дифференциация по основным показателям плодородия по профилю почвы: по количеству микроорганизмов, по содержанию органического вещества, подвижных форм фосфора и калия и др. В опытах А.Ф. Витера (1982) наблюдается резкое сниже-

ние плодородия нижней части пахотного слоя в длительно обрабатываемой почве без оборота пласта [78].

Н.К. Шикула (1985) отмечает, что при бесплужной обработке в слое 0-15 см сосредоточено наибольшее количество факторов, обуславливающих плодородие (ферменты, микроорганизмы) [453]. Сосредоточение микроорганизмов, корней растений в верхнем горизонте обусловлено тем, что здесь больше питательных элементов и влаги. Поэтому Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула, А.Г. Тарарико (1983), Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко, А.Д. Балаев (1987) считают необоснованным рассматривать дифференциацию пахотного слоя как отрицательное явление [276, 451].

Явление дифференциации пахотного слоя почвы в различных почвенно-климатических зонах при отказе от отвальной обработки отмечали К.И. Саранин, Н.А. Старовойтов (1982), А.В. Фисюнов (1982), Ф.Ф. Лаукарт (1986), Н.С. Чернилевский (1986), H.D. Foth (1988), Ф.Г. Бакиров (2007) [359, 412, 237, 432, 488, 27].

По мнению А.И. Пупонина (1984), полученные данные о дифференциации частей пахотного слоя почв Нечерноземной зоны не подтвердили мнения о необходимости ежегодной отвальной обработки почвы с целью восстановления плодородия нижней части [329].

Данные А. Тинджюлиса, А. Зимкувене (1969), И.П. Охинько, И.Ф. Татошина (1984) свидетельствуют об отсутствии отрицательного влияния дифференциации обрабатываемого слоя почвы на продуктивность возделываемых культур [296, 306].

В.А. Ушкаренко (1976) выявлено, что пахотный слой каштановых почв дифференцируется на различные по эффективному плодородию части через 2,5-3 месяца после его перемешивания. В связи с этим при возделывании яровых культур наилучшие результаты получены при вспашке [408].

Г.Я. Палецкая (1967), Н.В. Парахин (1976), В.М. Таскин, С.Г. Пасечкин (1982), Hayman P. (1991) считают, что при безотвальной обработке происхо-

дит заметная тенденция активизации биологической деятельности поверхностного слоя почвы (0-10 см) [309, 313, 395, 496]. По мнению Л.В. Орловой (2007), применение ресурсосберегающих технологий повышает биологическую активность почвы [304].

В.В. Яровенко, А.П. Щербаков, А.В. Яровенко (1971) получили данные о более интенсивном накоплении свободных аминокислот в пахотном слое почвы по поверхностной обработке [472].

В.К. Кашинская (1982) отмечает, что при ежегодном оборачивании повышается численность аммонифицирующих бактерий, актиномицетов, что приводит к непроизводительным потерям гумуса и нитратов. При применении безотвальной обработки отмечена большая численность групп микроорганизмов, участвующих в первичной переработке растительных остатков, целлюлозоразрушающих бактерий, аминокислот, что способствует большему сохранению и новообразованию органического вещества [181]. Эти данные В.К. Кашинской согласуются с результатами опытов И.Г. Зинченко (1971), В.И. Кирюшина, И.Н. Лебедевой (1972), А.С. Салихова, М.Д. Кадырова (2004), Ю.Н. Цыбаковой (2004), В.Н. Ситникова (2006) [153, 194, 355, 427, 376].

Однако В.Р. Вильямс (1951) считал ежегодную вспашку на глубину 20-22 см необходимой для создания однородного слоя, а также для активизации биогенности почвы [76].

В.А. Францесон (1963) отмечал снижение микробиологической деятельности на вариантах применения безотвальных обработок, считая, что для активизации нижних слоев целесообразно правильно чередовать отвальную и безотвальную обработку почвы в севообороте [415].

Радикальным средством устранения отрицательных свойств нижней части пахотного слоя Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская, Т.Н. Иванова (1959) считали оборачивание пахотного слоя [35].

Е.Н. Мишустин (1960) писал, что при проведении безотвальных обработок наибольшей биогенностью отличается верхний слой почвы в результа-

те концентрации здесь органических остатков, усиления микробиологических процессов и мобилизации питательных веществ. Принимая во внимание постоянное пересушивание верхнего слоя почвы, автор предлагал в засушливых зонах проводить отвальную обработку для заделки органических остатков в нижний, более увлажненный слой [273].

И.Б. Ревутом (1972), С. Русселем (1977) установлено повышение уровня биологических процессов во всем пахотном слое в результате тщательного его перемешивания [337, 348].

В опытах А.Д. Михновской, Т.П. Кириченко, О.Г. Сулеймановой (1986) применение безотвальных обработок приводило к четкой дифференциации пахотного слоя по количеству гетеротрофных и автотрофных микроорганизмов, в то время как по вспашке они расположены равномерно в почвенной толще [266].

В.В. Медведев, С.Ю. Булыгин (1986) на основании результатов многолетних экспериментальных исследований пришли к выводу, что длительное применение плоскорезной обработки на черноземах ведет к существенному снижению скорости деструкции клетчатки, поэтому чередование плоскорезной обработки со вспашкой (1 раз в 3 года) позволяет значительно снизить отрицательное действие на биологическую активность безотвальной обработки [258].

Положительное влияние глубокой вспашки на биологическую активность почвы отмечают Э. Рюбензам, К. Рауэ (1969), Ф.Х. Хазиев, Я.М. Агафаров (1977), М.И. Сидоров (1981) [353, 418, 371].

В исследованиях Н.Я. Кутовой (1984) разложение клетчатки и накопление аминокислот происходило интенсивнее на вариантах проведения отвальной обработки на глубину до 27 см [234], а в опытах, заложенных В.В. Рзаевой, Т.В. Симахиной, В.А. Поминовым (2007), – на вариантах проведения отвальной и комбинированной разноглубинной обработок почвы [340].

Таким образом, данные литературных источников по сравнительной оценке различных приемов обработки почвы и их влиянию на биологическую активность весьма противоречивы. Нет единого мнения в оценке явления дифференциации пахотного слоя по плодородию. В связи с этим глубокое микробиологическое обоснование рационального применения определенного способа и глубины обработки почвы с целью объяснения изменений показателей плодородия является актуальной задачей почвенных исследований.

С обработкой почвы тесно связана позиционная доступность растениям вносимых удобрений, распределение по почвенным слоям органических остатков.

Системы обработки почвы без оборачивания и перемешивания пахотного слоя приводят к резкой дифференциации почвенного профиля по содержанию органического вещества, обеспеченности подвижными формами питательных элементов. При ежегодной безотвальной обработке наблюдается существенное изменение послойного содержания элементов питания в сторону их увеличения в слое 0-10 см и уменьшения в нижних горизонтах (Зубенко В.Ф., 1988; Яворский А.Г., Максимчук И.П., Манько Ю.П., 1988; Hayman P., 1991; Сысоев В.В., 2005) [158, 470, 496, 391].

В опытах С.С. Сдобникова (1989) отношение показателей плодородия верхнего слоя к нижнему при ежегодной вспашке было близким к единице, при ежегодной безотвальной обработке верхний слой был в 3,2 раза плодороднее нижнего [365].

Явление дифференциации пахотного слоя почвы по питательным элементам отмечали в своих исследованиях А.В. Фисюнов (1982), К.И. Саранин, Н.А. Старовойтов (1982), Ф.Ф. Лаукарт (1986), Н.С. Чернилевский (1986), F. Pelgrin et al (1990) [412, 359, 237, 432, 511]. В опытах М.И. Сидорова (1981), С.С. Сдобникова (1980) дифференциация пахотного слоя по плодородию приводила к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 40-50% [371, 363].

Многие авторы рекомендуют для снижения дифференциации пахотного слоя почвы по плодородию сочетать безотвальную обработку в севообороте со вспашкой (Витер А.Ф., 1982; Сдобников С.С., 1988; Сидоров М.И., 1989; Тихонов А.В., Свитко С.М., 1988; Ильина Л.В., Иваницкая Е.И., 1991) [78, 364, 369, 397, 163].

По мнению H.N. Hayhoe (1993), А.В. Вражнова, Е.И. Шиятого (2000), А.Т. Бурякова, В.Г. Просвирина (2005), Г.И. Казакова, В.А. Корчагина (2009), необходимо чередовать различные системы обработки (отвальную, безотвальную, нулевую) с целью устранения дифференциации агрохимических свойств почвы в пахотном слое и улучшения ее физических свойств [495, 92, 60, 169].

В странах с умеренным климатом необходимо для улучшения распределения питательных веществ в пахотном слое проводить вспашку через каждые 3-5 лет (Hendrix P.F., Han C.R., Groffman P.M., 1988) [498].

Улучшение пищевого режима почв на вариантах применения безотвальных обработок отмечают в своих работах Т.С. Мальцев (1954), С.И. Пшеничная (1967), Н.К. Шикула (1990), J.E. Hairston et al (1990) [252, 328, 454, 49].

А.И. Пупонин (1984) считает, что повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия в верхнем слое по плоскорезной обработке по сравнению со вспашкой способствует лучшему развитию корневой системы зерновых культур, усилению процессов фотосинтеза, что приводит к повышению урожайности [329].

Г.В. Назаренко, М.П. Орлов (1982), В.И. Кирюшин, Г.И. Ткаченко (1986) относят безотвальную обработку к приему ингибирования нитрификации и охраны окружающей среды [284, 193]. Л.Е. Ревенский, И.П. Охинько (1982) рекомендуют применять плоскорезную обработку в условиях Казахстана для снижения нитрификационного процесса в почве с целью сбалансированности азотно-фосфорного питания растений [335].

По данным В.П. Андрюхова (1987), В.Ф. Трушина, С.К. Мингалева, С.А. Маланичева (1990), В.В. Паршикова, М.Е. Сычевского, А.М. Пичугина (1992), А.Н. Краевского, В.И. Кондратьева, П.Н. Винника (1993), А.А. Борина, А.М. Блинова, Е.М. Ветчининой (1994), А.А. Борина, И.Г. Мельцаева (1995), И.Г. Пыхтина (2002), И.Г. Пыхтина, Е.В. Шутова (2004), применение различных способов основной обработки почвы существенно не повлияло на содержание подвижных форм азота, фосфора и калия [17, 389, 315, 221, 53, 54, 333, 334].

Большинство исследователей отмечают ухудшение питательного режима растений на вариантах применения безотвальных обработок (Нарциссов В.П., Фролова А.Ф., Кузнецова Ю.П., 1970; Витер А.Ф., 1981; Холмов В.Г., Юшкевич Л.В., 1988; Котоврасов И.П., Павловский И.Б., 1989; Боронтов О.К., 2001) [287, 79, 425, 218, 56].

Опубликованы данные, что снижение содержания азота по плоскорезной и нулевой обработкам происходит за счет его биологического поглощения, вызванного увеличением массы неразложившихся растительных остатков в верхнем слое почвы, увеличения микробиологической активности и иммобилизации нитратного азота (Акентьева Л.И., 1982; Хабибрахманов Х.Х., Долотин И.И., 1984; Follett R.F., Schimel D.S., 1989; Wood C.W. et al, 1991) [9, 417, 487, 523].

В опытах Л.Е. Ревенского, И.П. Охинько (1982) уменьшение нитрификационной способности на вариантах применения безотвальной обработки происходило за счет ухудшения агрофизических свойств почвы [335].

По результатам исследований Г.П. Гамзикова, Н.В. Кочергова (1982), A.D. Halvorson, M.M. Alley, L.L. Murphy (1987), W.M. Edwards et al (1989), T.C. Kaspar, D.C. Erbach, R.M. Cruse (1990) на вариантах проведения поверхностной и нулевой обработок почвы преобладают процессы, ведущие к более высоким газообразным потерям азота, чем на вариантах применениятвальной обработки [97, 493, 484, 501].

В опытах P.M. Groffman, P.F. Hendrix, D.A. Crossley (1987) потери азота вследствие денитрификации при традиционной обработке составили 9,9 кг/га азота, а при нулевой – 22,5 кг/га [490]. C.A. Campbell et al (1986), F.O. Leuthold, C. Hart (1988) отмечают меньшую позиционную доступность подвижного азота для корней растений на вариантах применения безотвальной и нулевой обработок почвы по сравнению со вспашкой [479, 503].

До настоящего времени остается дискуссионным вопрос влияния глубины обрабатываемого слоя на пищевой режим. Так, В.В. Квасников (1951) считает, что углубление вспашки до 30-32 см увеличивает содержание нитратного азота в обрабатываемом слое [185]. Положительное влияние глубокой обработки как отвальной, так и безотвальной на пищевой режим и урожайность сельскохозяйственных культур отмечено в исследованиях П.К. Иванова, Л.Н. Коробова (1969), В.Н. Мосина (1980), А.В. Баранова (2002), А.И. Шабаева, Н.М. Жолинского, Н.М. Азизова (2007) [159, 277, 33, 444]. С другой стороны, ряд исследователей (Витер А.Ф., Гулидова В.А., 1979; Бездетный П.А., 1981; Новичихин А.М., 1984) отмечают ухудшение пищевого режима при углублении пахотного слоя более 25-27 см [83, 37, 300].

По мнению С.Н. Тайчинова, М.М. Хамидуллина (1963), после глубокой вспашки в верхнем слое почвы создаются менее благоприятные условия для роста и развития растений, поэтому для повышения ее агротехнического эффекта необходимо внесение удобрений [392]. В исследованиях А.Н. Сухова, А.К. Журбенко (1984) уменьшение глубины основной обработки приводило к снижению в слое почвы 0-30 см содержания нитратного и аммиачного азота и увеличению содержания этих элементов в верхнем слое 0-10 см [390].

Резюмируя вышесказанное о дифференциации почвенного горизонта по биологической активности в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы, а также о влиянии различных приемов обработки на питательный режим почвы, можно сделать вывод о противоречивости мнений по данному вопросу и необходимости его дальнейшего изучения.

1.3. Изменение плодородия почвы при применении различных обработок

Механическая обработка, способствуя улучшению питания растений за счет эффективного плодородия, в дальнейшем может привести к разложению и потере наиболее ценной части почвы – гумуса. Земледелие последних десятилетий без применения достаточного количества органических и минеральных удобрений, травосеяния, защиты почвы от эрозии, увеличения посевов пропашных культур привело к истощению природного плодородия черноземов. Ежегодная минерализация гумуса в пахотном слое почв ЦЧР составляет 600-900 кг/га (Щербаков А.П., Васенев И.И., 2000) [460]. В.А. Ковда (1980) считает, что за прошедшие 70-80 лет потери гумуса в пахотных почвах страны по сравнению с началом века составили 40-50% [197]. Мониторинг гумусового состояния чернозема обыкновенного ЦЧР за 110-летний период показал наличие активных процессов дегумификации агрогенного горизонта с потерей гумуса до 26,7% (Мухина С.В., 2009) [281]. Процесс дегумификации пахотного горизонта усилился в последние десятилетия (Ахтырцев Б.П., Шевченко Г.А., 1974) [20]. За 25 лет исследований на черноземе обыкновенном содержание гумуса снизилось на 0,16% (Каштанов А.Н., 1990) [183]. Уменьшение содержания гумуса в пахотном слое почвы в результате длительного использования черноземов отмечает в своих работах П.Г. Адерихин (1964) [6].

В прошлом и сейчас встречается распространенное мнение, что для сохранения гумуса почву не следует оборачивать (Мальцев Т.С., 1954; Фолкнер Э.Х., 1959; Богомазов С.В., Сысоев В.В., 2005) [252, 414, 47]. Сторонники безотвальной обработки указывают на большую роль в сохранении гумуса пожнивных остатков, остающихся на поверхности и разлагающихся в верхнем слое почвы при этом способе обработки. При вспашке в верхних слоях сосредотачивается около 32% негумифицированных органических веществ,

при плоскорезной обработке – свыше 40% (Тарарико А.Г., 1988) [394]. При проведении мелкой безотвальной и нулевой обработок в зернопропашном севообороте в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений баланс гумуса может быть положительным (Шикула Н.К., 1990) [454]. По мнению этого автора, безотвальная обработка в сочетании с органическими удобрениями ускоряет гумусообразование по сравнению с отвальной обработкой, так как моделирует дерновый процесс почвообразования.

В опытах Н.Х. Грабака (1982), В.А. Джамаль, А.Е. Горбачевой, А.Ф. Дзюбинского (1982), J.A. Stecker et al (1993), В.М. Новикова (2005), И.Н. Шаркова (2009) длительное применение нулевой и безотвальной обработки приводило к повышению плодородия верхнего 0-10 см слоя почвы, в нижних слоях плодородие уменьшилось или осталось без изменения, что связано с накоплением пожнивных и корневых остатков в поверхностном слое [112, 128, 517, 299, 448].

По мнению В.И. Кирюшина, И.Н. Лебедевой (1972), Л.И. Салищева, Н.Р. Бахтизина (1993), Л.Ю. Скопиной (2000), А.А. Юскина, В.И. Макарова, А.И. Венчикова (2009), почвообразовательный процесс при применении плоскорезной обработки направлен в сторону большего сохранения и новообразования органического вещества, уменьшения непроизводительных потерь гумуса и нитратов, особенно в насыщенном растительными остатками верхнем слое [194, 356, 377, 466].

М.И. Рубинштейн, В.А. Сергеенко (1982) объясняют увеличение гумуса на вариантах применения плоскорезной обработки как более высоким содержанием растительных остатков, так и лучшими гидротермическими условиями их гумификации [345].

Г.Я. Палецкая, В.Г. Холмов (1982) пришли к выводу, что снижение гумуса по отвальной обработке по сравнению с безотвальной связано с уменьшением аэрации почвы, повышением активности нитрификационных процессов [308].

Н.С. Матюк с соавт. (2008) отмечают наиболее высокие темпы гумусонакопления при минимальной обработке почвы, что связано со снижением скорости минерализации растительных остатков, соломы и навоза по сравнению со вспашкой [255].

В опытах А. Зайцевой, А. Бараева (1987) за 11 лет применения плоскорезной обработки содержание гумуса в слое 0-10 см составило 4,9%, при отвальной обработке – 4,61%, в слоях 10-20 см и 20-30 см различий в содержании гумуса не установлено [145].

Применение отвальной обработки почвы под культуры севооборота в течение 12 лет способствовало снижению содержания гумуса в слое 0-30 см на 0,19%, на вариантах длительного применения нулевых и мелких обработок почвы – повышению его содержания на 0,25% (Кислов А.В. и др., 2007) [196].

О положительном влиянии безотвальных приемов основной обработки почвы на накопление гумуса свидетельствуют опыты, проведенные в различных почвенно-климатических условиях (Глущак Н.М., Щербак И.Е., 1982; Картамышев Н.И. и др., 1982; Лобов М.Ф., 1988; Balesdent J., Mariotti A., Boisgontier D., 1990; Ходыкина В.В., 2006; Андреев В.Л., Демшин С.Л., Нуризянов Р.Р., 2008) [107, 174, 241, 476, 422, 14].

В зоне с недостаточным увлажнением (Канада) на темно-каштановой тяжелосуглинистой почве наибольшее содержание гумуса в слое 0-7,5 см наблюдалось при нулевой обработке. Одновременно в поверхностном слое резко увеличивалась доля водопрочных агрегатов (Weill A.N., Mehuys G.R., Mckyes E., 1990) [521]. В опытах, проведенных в шт. Флорида (США), на легкосуглинистых почвах через 10 лет после начала применения поверхностной обработки почвы в слое 0-5 см содержание органического вещества увеличивалось в 1,36 раза, а общего азота – в 1,43 раза (Gallaher R.N., Ferrer M.B., 1987) [489].

Опубликованы данные исследований, которые не показали существенной разницы в изменении содержания гумуса при различных способах обработки чернозема типичного в ЦЧР (Делакур Ф., 1994) [126].

Рядом исследователей получены противоположные результаты об отсутствии накопления гумуса по безотвальным обработкам почвы. Худшая гумификация органических веществ, распределенных по поверхности почвы и в приповерхностных слоях, установлена еще П.А. Костычевым (1896) [213]. В.Р. Вильямс (1938) считал, что перегной образуется в анаэробных условиях, с этой целью необходимо оборачивать пласт и обработку почвы проводить поздно осенью [75].

Э. Рюбензам, К. Рауэ (1969) отмечали, что при ежегодной поверхностной обработке почвы наблюдаются значительные потери гумуса, так как процессы разложения органического вещества в неглубоком пахотном слое протекают интенсивнее [353].

По мнению Л.Н. Александровой (1980), разлагающиеся на поверхности почвы органические остатки в большей мере минерализуются по сравнению растительными остатками, разлагаемыми в нижних слоях пахотного слоя, куда они попадают при отвальной обработке. Разложение органического вещества на поверхности почвы можно сравнить с процессом «медленного горения» [12].

Л.Н. Томпсон, Ф.Р. Троу (1982), О.В. Ябанжи (1989) высказали мнение, что для сохранения содержания гумуса необходима заделка растительных остатков в почву [398, 469].

В.А. Бойков (1990), В.Ф. Кирдин (2007) установили, что при размещении более плодородной прослойки в нижней части пахотного слоя за счет применения комбинированной ярусной системы обработки поддерживается непрерывный процесс трансформации органического вещества по сравнению с ежегодной вспашкой [48, 188].

В опытах Л.И. Никифоренко (1989) уменьшение содержания гумуса по безотвальным обработкам в нижних слоях почвы составило 0,15-0,42% [297]. Автор объясняет это тем, что основная масса органического вещества по безотвальным обработкам поступает в верхний слой почвы, а зона активной гу-

мификации органического вещества находится в более глубоких слоях [297]. Снижение содержания гумуса при ежегодной плоскорезной обработке в слое 20-40 см на 0,31-0,37% отмечено в опытах Н.А. Рендова (2005), когда стабильные показатели наблюдались при ежегодной вспашке [339].

Снижение содержания гумуса по безотвальным обработкам отмечается в работах А.Ф. Витера, А.М. Новичихина (1984), В.Ф. Зубенко, В.Н. Якименко, Л.А. Барштейн (1987), G.L. Helms, D. Bailey, T.F. Glover (1987) [80, 157, 497]. В.Ф. Зубенко (1988) считает, что при плоскорезной обработке гумусом не пополняются более глубокие слои почвы. Наблюдается подкисление верхней части обрабатываемого слоя почвы в результате мелкой заделки минеральных удобрений [158].

В опубликованных источниках информации исследователи придерживаются различного мнения по вопросу о глубине обработки почвы и ее влияния на плодородие.

М. Краузе (1931), А.А. Измаильский (1949), K. Rauhe (1961) отмечали положительное влияние глубокой вспашки, способствующей повышению плодородия почвы [223, 161, 512]. На увеличение содержания гумуса при глубоких обработках почвы указывали в своих работах П.М. Балаев (1958), М.Ф. Подвойский (1972) [29, 320]. По данным Э. Рюбензама, К. Рауэ (1985), чем глубже пашется почва, тем лучше развивается корневая система, за счет чего повышается накопление гумуса [353].

Однако некоторые ученые считают, что углубление пахотного слоя более 20-22 см понижает содержание гумуса (Котоврасов И.П., 1968, Нарциссов В.П., 1971; Витер А.Ф., 1985) [219, 289, 84]. В.Р. Вильямс (1938) пришел к выводу, что при бóльшем углублении происходит выворачивание «мертвого» слоя со слабой биогенностью, разжижение питательных веществ и как следствие снижение урожайности [75]. Причину уменьшения содержания гумуса по глубокой вспашке А.С. Мигуцкий, В.И. Ларионов (1970), П. Тур, Н. Картамышев (1972), Н.С. Матюк, И.Г. Платонов, В.Д. Полин (2010) ви-

дят в разбавлении верхних, более обеспеченных гумусом горизонтов менее плодородными нижними [261, 403, 254].

По данным В.А. Чернышова (1967), глубокая обработка уменьшает содержание гумуса в поверхностном слое почвы, повышенное содержание гумуса отмечается в слое 20-30 см по глубокой обработке [433]. Перераспределение запасов гумуса по почвенному профилю по глубокой вспашке отмечают в своих работах А.А. Ильина (1972), М.Ф. Подвойский (1972), С.Н. Наумов, Е.Н. Иваницкая (1974) [162, 320, 291].

На основании анализа литературных данных можно сделать вывод: для улучшения пищевого режима и повышения содержания гумуса одними исследователями рекомендуется оставлять на поверхности почвы растительные остатки и удобрения, другими – заделывать их в почву на различную глубину. Единого мнения по данному вопросу среди ученых нет.

1.4. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов основной обработки почвы

Роль механической обработки почвы в регулировании факторов жизни растений и повышении урожайности сельскохозяйственных культур в разных почвенно-климатических условиях всегда была актуальным вопросом исследований в земледелии. Научными основами обработки служат закономерности изменения агрофизических, биологических, агрохимических свойств и в целом плодородия почв под воздействием производственной деятельности человека и климатических факторов. Зная эти закономерности, можно регулировать условия жизни растений в направлении их оптимизации и тем самым повышать урожайность сельскохозяйственных культур.

Многими исследованиями установлено положительное влияние глубокой обработки на урожайность сельскохозяйственных культур (Подвойский М.Ф., 1966; Мосин В.Н., 1980; Фурман П.М., 1984) [319, 277, 416].

В.В. Квасников (1951) в опытах, проведенных на выщелоченном черноземе полей Воронежского сельскохозяйственного института, отмечал увеличение урожайности озимой пшеницы по глубокой обработке почвы [185].

По данным Тамбовской опытной станции (Байко В.П., 1966), увеличение глубины пахотного слоя мощных черноземов с 20-22 см до 30 см повышало урожайность сельскохозяйственных культур [26].

В опытах Воронежской опытной станции (Яценко В.Г., 1975) глубокая вспашка повысила запасы продуктивной влаги в почве и увеличила количество доступных питательных веществ, что положительно сказалось на урожайности сельскохозяйственных культур [474].

Исследованиями, выполненными на темно-серых лесных почвах на опытном поле кафедры земледелия Курского СХИ, доказано, что глубокая обработка почвы, независимо от способа, является важнейшим средством улучшения водного режима почвы, что гарантирует получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в зоне неустойчивого увлажнения (Григорьев Н.Я., 1976; Григорьев Н.Я., Шумаков М.Ф., 1976) [114, 115].

Более высокие урожаи пшеницы по глубокой отвальной обработке по сравнению со вспашкой на обычную глубину Д.Н. Бурнацкий, В.В. Яровенко (1961) объясняют лучшими условиями в обеспечении влагой и питательными элементами [58].

Углубление пахотного слоя под озимую пшеницу до 30-32 см повышало урожайность на 8% по сравнению с другими обработками почвы и положительно сказывалось на двух последующих культурах севооборота (Паневский Н.П., 1961) [310].

В исследованиях М.И. Сидорова, Г.Н. Ваньковича (1968) последействие глубокой вспашки на 50 см проявляется в течение 4 лет, что сказывается на повышении урожайности культур [370].

В опытах М.Ф. Грушко (1963), И.А. Чуданова (1964), П. Скоробогатова, А. Дидюка (1965) глубокая обработка повышала урожайность сельскохо-

зяйственных культур в результате увеличения влажности в метровом слое почвы, снижения засоренности посевов [119, 436, 379].

Глубокие обработки требуются под сахарную свеклу, картофель и другие культуры, для которых равновесная плотность почв превышает оптимальную плотность (Кирюшин В.И., 2007) [191].

В.М. Рындин (1977) пришел к выводу, что при достаточном увлажнении почвы глубокая отвальная и безотвальная обработи усиливали ее биогенность, способствовали бóльшему накоплению питательных веществ, повышали урожайность сельскохозяйственных культур. В засушливые годы глубокая обработка положительного влияния на урожайность не оказывала [352].

По мере повышения уровня интенсификации и улучшения фитосанитарного состояния посевов уменьшается степень влияния глубины основной обработки почвы (Соколов Н.С., 1935) [386].

Ряд авторов (Бухар Е.И., 1960; Григорьев М.А., Павлов А.И., 1961; Кибасов П.Т., 1969; Арлаускас М.П., 1984) отмечают отрицательное влияние глубокой обработки на урожайность сельскохозяйственных культур [62, 113, 186, 18].

В опытах А.Ф. Витера (1966), проведенных на Орловской опытной станции, увеличение глубины отвальной обработки до 30-32 см снизило урожайность озимой пшеницы [82]. Максимальная урожайность озимой пшеницы (23,7 ц/га) получена на варианте применения отвальной обработки на глубину 20-22 см. Увеличение глубины вспашки до 30-32 см снизило урожайность озимой пшеницы на 5,5%, а на варианте вспашки до 25 см + почвоуглубление на 15 см урожайность уменьшилась на 7,2%.

Д.С. Васильев (1983) по результутм проведенных исследований установил, что углубление пахотного слоя до 30-32 см не улучшило водно-физические свойства почвы, при этом урожайность озимой пшеницы по глубокой вспашке снизилась на 1,6 ц/га [64].

По мнению Н.Н. Бородина (1976), К.Г. Шульмейстера (1988), И.Н. Листопадова (2007), А.И. Шабаева, Н.М. Жолинского, Н.М. Азизова (2007) и некоторых других исследователей, в засушливой зоне наиболее эффективна разноглубинная обработка, при этом глубина обработки почвы зависит от почвенно-климатических условий, состава культур севооборота и конкретных агрономических задач [55, 458, 240, 444].

М.И. Сидоров (1981) рекомендует на черноземах ЦЧР разноглубинную обработку в севообороте: вспашку на глубину 25-27 и 30-32 см под пропашные культуры, многолетние травы и чистые пары, вспашку на глубину 20-22 см под зерновые и зернобобовые культуры сплошного сева, мелкую вспашку на глубину 14-16 см или поверхностную обработку дисковыми орудиями под озимые по занятым парам, зернобобовым культурам, кукурузе на силос [371].

В мировом земледелии со второй половины XX в. наметился отход от применения многократных и глубоких обработок почвы. Ведется активный поиск новых, более совершенных приемов обработки с целью снижения отрицательного действия на почву тяжелых машин, ветровой и водной эрозии, экономии времени, энергетических и трудовых ресурсов, сохранения плодородия почвы (Мальцев Т.С., 1954; Бараев А.И., 1966) [252, 32]. Интенсивно исследуются пути минимализации обработки почвы в США, Великобритании, Франции и других странах (Russell E.W., Keen B.A., 1938; Doran J.W., 1980; Hippa N.A., Hodgeon D.R., 1987) [513, 482, 500]. В отечественной научной литературе проблемы минимализации обработки почвы достаточно полно проанализированы Б.А. Доспеховым (1978), И.П. Макаровым (1984), Г.Г. Черепановым (1994), В.А. Кирюшиным (2007) [136, 248, 430, 191].

В настоящее время в нашей стране минимализация обработки почвы направлена на сокращение глубины и числа обработок, совмещение технологических операций путем создания комбинированных агрегатов, уменьшения поверхности обрабатываемого поля и т. д.

Возможности минимализации обработки почвы возрастают по мере обеспеченности производственными ресурсами, достаточной обеспеченности удобрениями, пестицидами, соблюдением севооборотов, высокой культуры земледелия. Посев специальными сеялками в необработанную почву по технологии «No-Till» с максимальным сохранением на поверхности всей измельченной растительной массы после отчуждения продукции является новым качественным скачком в минимализации обработки.

Б.А. Доспехов (1978) рекомендовал существующую систему основной обработки в Нечерноземной зоне заменить фрезерной минимальной обработкой, которая обеспечивала прибавку урожая на 7% [136].

В исследованиях, проведенных на дерново-подзолистой супесчаной почве, доказана возможность минимализации основной обработки почвы за счет применения под зерновые культуры и картофель поверхностной обработки, в результате чего урожайность сельскохозяйственных культур была максимальная (Смирнов Б.А., Шахрай А.А., Кузьмин В.Н., 2008) [382].

В опытах, проведенных сотрудниками различных научных учреждений России на черноземных и серых лесных почвах, урожайность зерновых, зернобобовых и пропашных культур не снижалась при применении плоскорезной обработки в течение 3-5 лет по сравнению со вспашкой (Наумов С.Н., 1979; Ватагин А.В., Кирдин В.Ф., 1980; Круть В.М., Тараненко В.И., Бокуленко А.П., 1989; Павликов А.А., 2011) [290, 68, 227, 307].

В районах, климатические условия которых отличаются недостаточным увлажнением и значительными проявлениями ветровой эрозии, при применении плоскорезной обработки урожайность зерновых культур на 4-8 ц/га выше, чем при вспашке (Бараев А.И., 1971, 1974; Каштанов А.Н., 1974; Чуданов И.А., 1980; Колпакова П.П., Нестеренко А.М., 1981; Шабаев А.И., Жолинский Н.М., Азизов Н.М., 2007) [30, 31, 182, 438, 203, 444].

Опубликованы результаты исследований, авторы которых отмечают, что наибольшая урожайность озимых зерновых в засушливые годы была по-

лучена при поверхностной обработке почвы (Бессонова А.С., 1961; Небольсин И.М., 1964; Яценко В.Г., 1975; Сидоров М.И., 1981; Новиков В.М., 2005) [45, 292, 474, 371, 299].

В.А. Федотов, Г.Н. Карасев (1987) рекомендуют в условиях Центрально-Черноземного района применять под озимые по занятым парам или после непаровых предшественников вспашку на глубину 18-20 см или поверхностное рыхление на глубину до 10 см [409], подчеркивая, что проведение вспашки целесообразно при необходимости внесения в почву навоза, мелиорантов, повышенной дозы минеральных удобрений и при достаточно влажной почве. В многолетних исследованиях сотрудников Воронежского СХИ урожайность озимой пшеницы после гороха составила по вспашке – 35,8 ц/га, по поверхностной обработке – 37,1 ц/га, после кукурузы на силос – соответственно 34,8 и 36,8 ц/га.

В опытах, проведенных А.В. Кисловым, М.В. Черных (2007) на Южном Урале, доказана возможность замены отвальной обработки под подсолнечник на минимальную [195].

Проведение мелкой основной обработки почвы в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края способствует сохранению бóльшего количества влаги в метровом слое почвы, в результате чего сбор зерна кукурузы увеличился на 6,8% по сравнению с отвальной обработкой на глубину 27-30 см (Кравченко Р.В., Тронева О.В., 2011) [220].

В юго-восточной части Ставропольского края система основной обработки почвы в севообороте должна быть дифференцирована в зависимости от агрофизических свойств и адаптирована к агроландшафтам: на почвах карбонатного ряда необходимо проводить поверхностную и мелкую обработку, на солонцеватых комплексах применять глубокое безотвальное рыхление (Мирской А.Б., 2007) [264].

В зоне умеренного увлажнения Ставропольского края отвальный способ обработки почвы увеличивал урожайность озимого ячменя по сравнению

с безотвальным способом и поверхностной обработкой – соответственно на 3,3 и 11,2 ц/га (Николенко Н.В., Есаулко А.Н., 2008) [298].

Исследования, проведенные в лесостепной и степной зонах Поволжья, показали, что нулевая обработка приводит к снижению урожайности всех культур, кроме озимой пшеницы. Самые высокие урожаи сельскохозяйственных культур за ротацию севооборота получены по вспашке и обработке стойками СибИМЭ [171].

Поверхностная обработка различными комбинированными агрегатами рекомендуется при подготовке почвы под озимые и яровые зерновые культуры (Карпович К.И., Якунин А.И., 2006; Двуреченский В.И., Гилевич С.И., 2008; Казаков Г.И., Корчагин В.А., 2009; Кузина Е.В., 2009) [173, 124, 169, 228].

На типичных черноземах Предуралья в 5-польном зернопропашном севообороте при комбинированной и минимальной системе обработки почвы достигнута сравнительно высокая урожайность по сравнению с традиционной обработкой (Салищев Л.И., Бахтизин Н.Р., 1993) и даются рекомендации по применению периодической отвальной обработки с целью улучшения фитосанитарного состояния почвы [356].

В условиях Башкортостана основными направлениями минимализации основной обработки почвы являются: сокращение глубины обработки почвы и замена глубоких обработок на поверхностные и мелкие, особенно при подготовке почвы под озимые культуры с использованием широкозахватных агрегатов (Халиуллин К.З., Давлетшин М.М., Хаматшин Т.И., 2007; Юхин И.П., Пожидаев Е.В., Осипов В.Н., 2009). Наибольшая продуктивность 6-польного зернопропашного севооборота получена при комбинированной системе обработки почвы, сочетающей глубокое рыхление, поверхностную обработку и вспашку [421, 468].

В опытах, проведенных на черноземных почвах северо-восточной части ЦЧР, при плоскорезной или чизельной осенней обработке чистого пара

получена максимальная урожайность озимой пшеницы по сравнению с традиционной обработкой, вследствие более высокого накопления доступной влаги (Воронцов В.А., 2007) [90].

Н.И. Картамышев, И.Т. Бардунова, В.М. Володин (1986) пришли к выводу, что при интенсификации земледелия в условиях ЦЧР глубокую сплошную обработку почвы можно заменить неглубокой полосной в зоне рядка [176]. Уменьшение глубины и площади обрабатываемого поля может служить важным средством не только защиты почв от эрозии, получения высоких урожаев возделываемых в севообороте сельскохозяйственных культур, но и поддержания естественного плодородия почвы.

Н.В. Беседин, С.В. Шелайкин, Н.М. Чернышова (2005) на типичных черноземах ЦЧР рекомендуют мелкую мульчирующую обработку под зерновые культуры и однолетние травы на глубину 10 см, под пропашные – на глубину 14 см. Урожайность зерновых культур зернопаропропашного и зернотравяного севооборотов при мелкой мульчирующей основной обработке почвы находится на уровне вспашки [44].

В исследованиях, проведенных в Краснодарском НИИ сельского хозяйства (Романенко А.А., Васюков П.П., 2006; Романенко А.А., Мазитов Н.К., 2011), максимальная прибавка зерновых и пропашных культур получена при применении комбинированной мульчирующей основной обработки почвы [342, 343]. При использовании поверхностной мульчирующей обработки почвы при возделывании озимой пшеницы по озимой пшенице и многолетним травам прибавка урожайности составила соответственно 2,5 ц/га и 3,1 ц/га по сравнению со вспашкой на обычную глубину (Васюков П.П., Цыганков В.И., 2008) [67].

В условиях Ростовской области замена вспашки поверхностной обработкой способствует росту урожайности озимой пшеницы при значительной экономии ресурсов (Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., 2009) [11].

В пределах различных зон РФ обработка почвы дифференцируется в соответствии с разнообразными почвенными условиями, в зависимости от чего применяются периодические глубокие отвальные или безотвальные обработки почвы.

По данным И.А. Чуданова, Л.Ф. Лигистаевой (2000), замена отвальной обработки на минимальную повышала урожайность озимых и яровых зерновых и снижала урожайность пропашных культур. Таким образом, в условиях Самарской области при обработке чернозема обыкновенного рекомендуется дифференцированная обработка почвы в севообороте [435].

Обработка серых лесных почв в Чувашской Республике по минимальной и нулевой технологиям снижала урожайность зерновых культур и их качество по сравнению с традиционной технологией (Кириллов Н.А., Волков А.И., 2008) [189].

В многолетнем опыте, заложенном сотрудниками ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии» (ВНИИЗиЗПЭ: Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., 2006), во второй ротации севооборота снижение урожайности по нулевой и мелкой безотвальной обработкам почвы составило соответственно 43 и 10 ц/га по сравнению с отвальной разноглубинной обработкой [431]. По мнению этих авторов, наиболее обоснованным в условиях ЦЧР является периодическое применение нулевых и мелких безотвальных обработок почвы на фоне разноглубинных отвальных и безотвальных.

Л.С. Зенин (2008) считает наиболее эффективной в ЦЧР комбинированную обработку, включающую мелкую обработку на глубину 10-12 см в сочетании с последующим или предшествующим глубоким (до 45 см) чизелеванием почвы [151].

Дифференцированная обработка в четырехпольных зернопаровых севооборотах рекомендуется на черноземных и светло-каштановых почвах Волгоградской области (Беленков А.И., 2006) [38].

В условиях Северного Зауралья на выщелоченном черноземе в зерно-паровом севообороте рекомендуется дифференцированная основная обработка почвы (рыхление на глубину 20-22 см под однолетние травы и вторую культуру – пшеницу, вспашка на глубину 28-30 см под первую культуру – яровую пшеницу). Максимальный урожай яровой пшеницы получен на варианте дифференцированной обработки почвы – 3,96 т/га, наименьший – 2,57 т/га на варианте нулевой обработки (Проскурина А.А., 2011) [326].

С.С. Сдобников (1988) на основании результатов исследований в Северном Казахстане, Западной Сибири и Центральном Нечерноземье рекомендует комбинированную ярусную систему обработки почвы с целью создания обратного гетерогенного строения пахотного слоя [364]. Сущность ее заключается в проведении вспашки двухъярусным плугом на глубину окультуренного слоя один раз в 4-5 лет в сочетании с минимальными обработками в последующие годы. Прибавка урожайности по сравнению с традиционной обработкой составила 4,8 ц/га.

В исследованиях В.В. Никитина, С.И. Попова, Ю.И. Часовских (2008), проведенных в степной части Центрально-Черноземного района, установлена бóльшая эффективность вспашки под сахарную свеклу в повышении урожайности по сравнению с различными вариантами минимализации основной обработки почвы [294].

В.И. Кирюшин (2007) считает необходимостью проведение вспашки и глубокого рыхления при окультуривании дерново-подзолистых почв, мелиорации солонцов и переувлажненных почв, распашки целины и многолетних трав [191]. Глубокие обработки требуются под сахарную свеклу, картофель и другие культуры, для которых равновесная плотность почв превышает оптимальную.

В опытах А.Н. Власенко, И.Н. Шаркова, Л.Н. Иодко (2006) переход от вспашки к мелким и поверхностным обработкам на выщелоченных черноземах Приобья приводило к снижению урожайности зерновых культур на

1-3 ц/га [87]. К негативным явлениям минимализации основной обработки почвы авторы относят повышение количества сорняков и фона листовых инфекций, а также ухудшение водного и питательного режимов и агрофизических свойств почвы.

Исследованиями И.Н. Листопадова (2007), проведенными в Донском НИИ сельского хозяйсива, установлено, что систематическое применение мелкой, поверхностной и нулевой обработки ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [240].

По данным Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Каличкин В.К., 2008), по мере уменьшения интенсивности механической обработки чернозема обыкновенного при возделывании зерновых без средств химизации выход зерна с 1 га пашни в зернопаропропашном севообороте в среднем за 35 лет сократился на 21% [171]. Одним из направлений совершенствования систем основной обработки почвы в Сибири, по мнению В.Н. Слесарева, Н.И. Буянкина, М.М. Шмидта (2007), является применение комбинированной обработки в севообороте [381].

В условиях северной лесостепи Тюменской области на выщелоченном черноземе максимальный выход продукции в кормовых единицах получен на вариантах дифференцированной и минимальной систем основной обработки почвы (Шахова О.А., Еремин Д.И., 2007) [449].

М.И. Сидоров (1980) считает, что минимализация основной обработки почвы эффективна на фоне вспашки [373]. В опытах, заложенных на полях Воронежского СХИ, установлена целесообразность замены вспашки под озимые, идущие по гороху и кукурузе. На вариантах применения поверхностной обработки дисковыми орудиями прибавка зерна составила 2,0 ц/га по сравнению со вспашкой.

Результатами многолетних экспериментов, выполненных в научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева, А.Ф. Витером (1986) доказана возможность ми-

нимализации обработки почвы в севообороте [85]. Максимальная урожайность сельскохозяйственных культур в 10-польном севообороте (49,5 ц/га кормовых единиц) была получена при вспашке на глубину 20-22 см в сочетании с удобрениями. Под озимые в неблагоприятные годы по увлажнению рекомендуется поверхностная обработка почвы.

В исследованиях С.В. Рымарь (2007), проведенных на обыкновенных черноземах ЦЧР, длительное применение безотвальных способов основной обработки в 10-польном зернопропашном севообороте снижает урожайность сельскохозяйственных культур на 4,1-6,1 ц/га по сравнению со вспашкой [350].

В опытах В.М. Гармашова, Е.В. Гармашовой (2008) безотвальные и поверхностные обработки приводили к снижению урожайности подсолнечника в среднем на 3,0-10,1% по сравнению со вспашкой в условиях юго-востока ЦЧР [102].

В условиях умеренно влажной зоны Ставрополья урожайность озимой пшеницы после занятого пара по вспашке составляла 3,56 т/га, по безотвальному рыхлению и мелкой обработке почвы – соответственно 3,36 и 3,12 т/га (Вольтерс И.А., Дорожко Г.Р., 2007) [89].

Таким образом, вопрос о выборе способа и глубины основной обработки почвы остается дискуссионным и в настоящее время. В почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного района необходимо продолжить изучение приемов минимализации основной обработки почвы в стационарных и краткосрочных опытах с целью выявления их влияния на показатели плодородия черноземов и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

2. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, СХЕМЫ ОПЫТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Климат

Климат Центрально-Черноземного региона среднеконтинентальный, характеризующийся умеренно холодной, мягкой и снежной зимой и умеренно теплым летом (Котлярова О.Г., Уваров Г.И., Котлярова Е.Г., 2004) [216]. Континентальность климата увеличивается в направлении с севера-запада на юго-восток, что связано с ростом солнечной радиации, испаряемости, уменьшением количества осадков и облачности, наличием засушливо-суховейных периодов.

Количество атмосферных осадков в ЦЧР определяется в основном циклонической деятельностью и убывает с запада на восток. Среднегодовое количество осадков колеблется от 500-550 мм в лесостепной зоне до 450-490 мм в степной зоне (Эффективность и совершенствование систем земледелия ЦЧЗ, 1986) [465]. Характеристика водного режима зон ЦЧР представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика водного режима ЦЧР (Зезюков Н.И., Острецов В.Е., 1999) [150]

Показатели	Лесостепь	Степь
Годовая сумма выпадающих атмосферных осадков, мм	500-560	450-500
В том числе: за апрель-октябрь	340-380	310-340
за ноябрь-март	160-170	140-160
Сумма осадков за период с температурой выше +10,0°С, мм	250-260	245-255
Гидротермический коэффициент (по Г.Т. Селянинову)	1,0-1,1	0,9-1,0
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см к началу вегетации, мм	130-140	120-130
Испаряемость, мм	600-630	630-660
Число дней с относительной влажностью воздуха менее 30% (апрель-май)	8	10
Число суховейных дней	12-18	19-24

Из годового количества осадков на холодный период приходится около 30-40%, на теплый период – 60-70%. По многолетним данным Воронежской метеостанции, количество осадков, выпадающих за холодный период, в среднем составляет около 227 мм, за теплый период – 327 мм (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Средние данные о многолетних осадках теплого и холодного периодов в ЦЧР (Сидоров М.И., Зезюков Н.И., 1992) [368]

Пункт наблюдения	Осадки за теплый период, мм							Осадки за холодный период, мм		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Всего	X-XII	XII-III	Всего
Курск	37	53	62	75	67	45	339	88	146	234
Воронеж	38	54	58	73	60	44	327	86	141	227
Тамбов	34	50	53	64	53	45	300	83	131	214
В среднем	36	52	57	70	60	45	322	86	137	225

Годовая сумма осадков может колебаться по годам с разницей в 2,2-3,0 раза. Территория ЦЧР характеризуется недостаточным и неустойчивым увлажнением. Гидротермический коэффициент составляет в среднем 0,9-1,1. Повторяемость длительных засух на территории ЦЧР – один раз в три года. Более интенсивные засухи наблюдаются в степной зоне Воронежской и Белгородской областей. Засушливые периоды часто сопровождаются низкой относительной влажностью воздуха, высокой температурой, суховейными ветрами. Вероятность наступления влажных лет в ЦЧР составляет 25-40%, полузасушливых и засушливых – 30-50% (Щербаков А.П., Васенев И.И., 2000) [460]. Интенсивность длительных засух в последние годы увеличилась. Наблюдаются весенние, летние и осенние засушливые периоды. Сильные засухи в первой половине вегетационного периода приводят к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур и недобору зерна. В Воронежской области засухи в августе наблюдались в 68% лет, когда осадков выпадало 59% от нормы, а ГТК равнялся 0,5 (Качанин А.Л., 1999) [178], что приводило к нарушению сроков сева озимых культур, изреженным всходам, недобору урожая.

Распределение тепла в течение года является неравномерным, более теплые периоды – весна и лето. Приход солнечной радиации за год в среднем составляет 96 Ккал/см^2, на фотосинтетическую активную радиацию приходится в среднем 32 Ккал/см^2. Характеристика теплового режима по зонам ЦЧР представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Тепловой режим ЦЧР (Зезюков Н.И., Острецов В.Е., 1999) [150]

Показатели	Зоны ЦЧР	
	Лесостепь	Степь
Среднегодовая t,°С	+4,7-5,6	+,5,8-6,4
Среднемесячная t,°С:		
января	-9,5-10,2	-8,8-9,2
июля	+19,5-20,7	+21,0-21,8
Переход среднесуточной t через +5°С:		
весной	11-15/IV	8-11/IV
осенью	17-20/X	21-23/X
Продолжительность периода с t выше +5°С	184-190	191-197
Дата перехода среднесуточной t через +10°С:		
весной	25-28/IV	25-26/IV
осенью	26-28/IX	30/IX-3/X
Продолжительность периода с t выше +10°С	150-155	156-160
Сумма среднесуточных температур за период:		
> +5°С	2700-3100	3100-3200
> +10°С	2400-2600	2600-2800
Безморозный период:		
дата наступления	1-4/V	5-6/V
дата окончания	1-4/X	5-6/X
продолжительность, дней	150-158	159-165
Дата установления снежного покрова	6-11/XII	12-15/XII
Дата схода снега	30/III-5/IV	25-29/III

Воронежская и Белгородская области характеризуются лучшей теплообеспеченностью вегетационного периода. Сумма активных температур на крайнем северо-западе составляет 2300-2400°С, на юго-востоке – 2800-3000°С, вегетационный период продолжается 180-200 дней. Абсолютный минимум температуры воздуха колеблется от -36°С в южных до -40°С в северных и северо-восточных районах, абсолютный максимум температуры – от +36°С в северо-западных до + 40°С в южной части региона.

Для климата региона характерно непостоянство температур, осадков, сроков образования, схода и высоты снежного покрова, что усложняет ведение сельскохозяйственного производства. В таблицах 2.4-2.9 представлены количество атмосферных осадков, температура воздуха и гидротермический коэффициент в годы проведения исследований (по данным метеостанции Каменная Степь и Воронежской АГМС).

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. В целом метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований были типичными для ЦЧР, но иногда с существенными отклонениями по осадкам и температурному режиму.

Анализ данных средних годовых температур и осадков последних лет исследований показывает устойчивую тенденцию к потеплению климата. Отмечается повышение среднегодовой температуры по отношению к среднемноголетней температуре – более чем на 2°С. Проведенная оценка увлажнения основного вегетационного периода сельскохозяйственных культур с помощью коэффициента ГТК (по Г.Т. Селянинову) показывает нарастающую тенденцию засушливости. В период 2007-2010 гг. ГТК составлял меньше единицы при среднемноголетней норме 1,13. Повышенные температуры воздуха в мае и в июне с недостаточным количеством осадков (особенно в 2009 и 2010 гг.) неблагоприятно влияли на рост и развитие зерновых и зернобобовых культур. В 2009 г. ГТК составил 0,68, в 2010 г. – 0,59 (при среднемноголетних значениях 1,13). Количество выпавших осадков в период роста полевых культур сильно варьировало по годам – от 24 мм в июне 2008 г. до 117 мм в 2012 г. при среднем многолетнем количестве осадков в июне 58 мм.

В целом почвенно-климатические условия Центрально-Черноземного района позволяют повысить продуктивность полевых культур, для этого необходимо проведение всесторонних исследований вопросов рационального использования черноземов.

Таблица 2.4 – Количество атмосферных осадков в годы проведения исследований (по данным метеостанции Каменная Степь), мм

Годы	Холодный период		Теплый период										В среднем за		
	В предыдущем году		В данном году												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	холодный период	теплый период	с.-х. год
1985	61	42	15	6	4	21	18	76	28	29	98	20	128	290	418
1986	85	33	48	28	0	11	72	39	10	2	106	37	194	277	471
1987	17	33	48	25	29	6	28	98	39	59	132	0	152	362	514
1990	32	38	36	11	27	33	30	27	83	98	73	47	144	391	535
1991	82	19	19	32	26	5	61	50	55	36	18	43	178	268	446
1992	17	33	31	35	34	14	12	76	149	7	72	66	150	396	546
1993	95	19	35	21	35	42	24	72	123	33	86	5	205	385	590
1994	2	71	48	7	56	59	64	72	69	64	17	19	184	364	548
Средне-много-летнее	30	36	35	25	25	29	42	59	54	56	35	33	151	308	459

Таблица 2.5 – Температура воздуха в годы проведения исследований (по данным метеостанции Каменная Степь), °С

Годы	Холодный период					Теплый период							В среднем за		
	В предыдущем году		В данном году												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	холодный период	теплый период	с.-х. год
1985	-0,6	-5,5	-8,3	-14,3	-1,2	6,8	16,9	17,6	18,6	19,7	12,0	5,2	-6,0	13,8	5,8
1986	-2,0	-6,2	-5,5	-14,6	-2,3	11,7	14,4	20,3	17,0	20,8	11,9	5,4	-6,1	11,6	5,9
1987	-2,7	-5,1	-5,5	-8,5	-8,5	8,1	15,1	19,7	18,9	17,0	11,0	3,7	-6,1	13,3	5,3
1990	-3,4	-7,6	-5,9	-1,2	-3,2	10,6	12,8	15,3	19,0	16,6	11,7	6,7	-4,3	13,2	5,9
1991	-2,2	-4,2	-5,5	-8,4	-3,6	8,5	15,2	20,6	21,1	18,9	13,7	9,9	-4,8	15,4	7,0
1992	-0,8	-6,6	-5,0	-6,9	-0,4	7,2	13,3	28,3	18,5	20,1	13,0	4,7	-3,9	15,0	7,1
1993	-0,1	-6,2	-7,8	-9,4	-2,5	6,3	15,3	16,0	18,5	17,3	9,7	8,8	-5,2	13,1	5,5
1994	-9,5	-4,3	-3,2	-12,9	-4,7	8,9	12,8	15,9	17,9	17,9	17,8	8,2	-6,9	14,2	5,4
Средне-много-летняя	-1,1	-6,7	-9,9	-9,2	-4,1	5,5	14,3,	17,7	20,1	18,9	13,2	5,6	-6,2	13,6	5,2

Таблица 2.6 – Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова в годы проведения исследований (по данным метеостанции Каменная Степь)

Годы	Месяцы					Среднее
	V	VI	VII	VIII	IX	
1985	0,34	1,44	0,48	0,47	2,72	1,09
1986	1,61	0,64	0,19	0,03	2,97	1,09
1987	0,59	1,66	0,66	1,12	4,00	1,61
1990	0,76	0,60	1,41	1,90	2,07	1,35
1991	1,29	0,81	0,84	0,62	0,44	0,80
1992	0,30	0,90	2,60	0,11	1,85	1,15
1993	0,51	1,50	2,14	0,62	2,95	1,54
1994	1,62	1,51	1,41	1,15	0,31	1,20
Средне-многолетний	1,00	1,11	0,87	0,96	1,12	1,01

Таблица 2.7 – Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова в годы проведения исследований (по данным Воронежской АГМС)

Годы	Месяцы					Среднее
	V	VI	VII	VIII	IX	
2006	0,58	0,84	1,35	1,42	1,69	1,18
2007	0,72	1,11	0,43	0,62	1,70	0,92
2008	1,58	0,46	0,71	0,46	1,65	0,98
2009	0,98	0,73	0,61	0,92	0,14	0,68
2010	0,71	0,54	0,40	0,34	0,94	0,59
2011	0,49	1,05	0,75	1,55	0,40	0,85
2012	0,38	1,94	0,39	2,84	1,00	1,31
Средне-многолетний	1,24	1,07	1,18	1,04	1,14	1,13

Таблица 2.8 – Количество атмосферных осадков в годы проведения исследований (по данным Воронежской АГМС), мм

Годы	Холодный период		Теплый период										В среднем за		
	В предыдущем году		В данном году												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	холодный период	теплый период	с.-х. год
2006	35	83	48	31	66	16	27	50	79	92	73	75	263	412	675
2007	81	17	55	53	17	22	38	64	28	43	72	40	223	307	530
2008	70	18	36	13	62	78	67	24	47	30	65	18	199	329	528
2009	35	21	41	45	46	7	45	44	41	50	7	29	188	223	411
2010	36	53	58	34	36	38	56	36	33	27	41	65	217	296	513
2011	66	104	44	24	14	26	26	65	55	97	17	19	252	305	557
2012	21	63	45	45	47	72	22	117	27	179	43	138	221	598	819
Средне-много-летнее	40	43	35	30	33	38	54	58	73	60	44	46	181	373	554

Таблица 2.9 – Температура воздуха в годы проведения исследований (по данным Воронежской-АГМС), °С

Годы	Холодный период					Теплый период							В среднем за		
	В предыдущем году		В данном году												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	холодный период	теплый период	с.-х. год
2006	1,7	-2,8	-11,4	-12,3	-2,8	8,1	14,9	19,9	18,9	20,9	14,4	8,4	-5,5	15,1	4,8
2007	1,5	0,6	0,1	-7,6	3,8	7,1	17,0	19,2	21,0	22,4	14,1	8,5	-0,3	15,6	7,7
2008	-1,1	-4,2	-8,5	-2,8	4,0	11,2	13,7	17,3	21,3	21,1	13,1	9,7	-2,5	15,3	6,4
2009	2,7	-3,3	-5,4	-4,4	-0,2	7,4	14,8	20,2	21,6	17,5	16,6	8,8	-2,1	15,3	8,7
2010	2,8	-5,4	-14,8	-6,4	-1,3	9,4	25,5	22,4	26,4	25,5	14,6	5,1	-5,0	18,4	6,7
2011	5,9	-3,3	-8,7	-11,9	-3,4	7,3	17,2	20,6	23,7	20,2	14,0	7,0	-4,3	15,7	5,7
2012	-1,0	-0,2	-6,8	-12,1	-2,5	11,9	18,4	20,1	22,1	20,3	14,3	9,8	-4,5	16,7	6,1
Средне-много-летняя	-1,1	-6,7	-9,3	-9,2	-4,1	5,9	14,0	18,0	19,9	18,7	12,8	5,6	-6,1	13,6	5,4

2.2. Рельеф

Центрально-Черноземный район характеризуется сложным рельефом, большой величиной местных базисов эрозии (Котлярова О.Г., 1990, 1995) [215, 217]. Рельеф региона разнообразен. Белгородская и Курская области, часть Воронежской и Липецкой областей находятся на правобережье р. Дон на отрогах Среднерусской возвышенности, с отметками водоразделов 200-220 м над уровнем моря. Густота овражно-балочной сети достигает 1,1-1,3 км/км^2. Северная часть левобережья р. Дон относится к Окско-Донской низменности, которая представляет собой плоскую равнину с абсолютными отметками 120-150 м над уровнем моря. Расчленность территории составляет 0,6-0,8 км/км^2. Здесь расположены северо-восточные районы Воронежской и восточные районы Липецкой областей, Тамбовская область. В пределах Калачской возвышенности находится юго-восточная часть Воронежской области. Высота сильно расчлененного плато составляет 200-230 м, густота овражно-балочной сети – 1,2 км/км^2 (Котлярова О.Г., Уваров Г.И., Котлярова Е.Г., 2004) [216].

Каменная Степь, на территории которой проведена часть исследований, располагается на северных склонах Калачской возвышенности в междуречье рек Битюг и Хопер. Данный район занимает относительно пониженные пространства с ровным спокойным рельефом, менее расчлененным оврагами и балками. Рельеф Каменной Степи слабоволнистый, пологобалочный. Наиболее возвышенные участки достигают 190-195 м над уровнем моря, самые малые отметки 130-135 м принадлежат тальвегу балки Таловая.

Рельеф опытного участка Воронежского ГАУ представляет собой довольно плоскую равнину с небольшим наклоном в юго-восточной части на юго-восток к долине реки Воронеж. Остальная часть участка, выходящая своим устьем в городской парк культуры и отдыха «Динамо», имеет незначительный наклон на юго-запад к глубокой и широкой балке (Цыганов М.С.,

Куклинова В.Ф., 1954) [428]. На территории с наиболее ясно выраженным уклоном и наибольшей разницей высот высшие точки превышают низшие на 12-13 м. В результате поверхностного стока талых и дождевых вод на данном опытном участке могут наблюдаться слабо выраженные эрозионные процессы.

На более выровненных участках микрорельеф представлен в виде слабо выраженных ложбин и открытых или замкнутых понижений. На плакорных участках и в микропонижениях наблюдаются значительные различия в содержании влаги, достигающие 200-700 $м^3$/га.

2.3. Характеристика почв ЦЧР

Центрально-Черноземный район – обширная земледельческая территория России. Земельные ресурсы ЦЧР составляют 16,8 млн га. Фактическое состояние, степень и эффективность использования характеризует структура земельных угодий, приведенная в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Земельные ресурсы ЦЧР (Природные ресурсы ЦЧЭР, перспективы их использования и охрана, 1985) [325]

Показатели, тыс. га	Административная область					
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская	ЦЧР
Площадь с.-х. угодий:	2175,6	4130,0	2467,5	1968,3	2750,2	13491,6
в т. ч.: пашня	1715,5	3268,7	2028,7	1704,2	2322,2	1039,3
сенокосы	69,0	155,7	160,4	55,5	102,0	542,6
пастбища	356,5	671,6	242,6	180,8	292,0	743,5
Площадь с.-х. угодий на душу населения, га	1,66	1,66	1,77	1,60	1,97	1,72
в т. ч. пашни	1,31	1,32	1,45	1,39	1,67	1,41

Бóльшая часть территории региона (83,3%) расположена в лесостепной зоне (Курская, Липецкая, Тамбовская области, северо-западная часть Воронежской области) и меньшая (16,7%) – в степной (юг Воронежской и юго-восток Белгородской областей) (табл. 2.11).

Таблица 2.11 – Размещение территорий областей Центрального Черноземья по природно-климатическим зонам, тыс. га (Эффективность и совершенствование систем земледелия ЦЧЗ, 1986) [465]

Области	Лесостепь		Степь	
	Вся территория	В т. ч. пашня	Вся территория	В т. ч. пашня
Белгородская	2270	1391	443	272
Воронежская	2992	1831	2228	1342
Курская	3000	1988	-	-
Липецкая	2405	1650	-	-
Тамбовская	3446	2286	-	-
Всего, тыс. га	14113	9146	2670	1614
%	83,3	84,2	16,7	15,8

По характеру почвенного покрова и климатическим особенностям территорию ЦЧР подразделяют на 12 почвенно-климатических районов (Адерихин П.Г., 1964) [6]. Почвенный покров ЦЧР (табл. 2.12) представлен в основном черноземами (88,5%), среди которых преобладают черноземы типичные и выщелоченные; серые лесные почвы составляют 6,8%. На долю интразональных почв приходится около 4,7% (Рудай И.Д., 1985) [346].

Территория Центрально-Черноземного района отличается значительным разнообразием почвенных условий, которые меняются по мере движения от северо-западных районов Курской области к юго-восточным районам Воронежской. В лесостепной зоне почвенный покров представлен выщелоченными, типичными и оподзоленными черноземами, а также дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. В степной части ЦЧР основной подтип черноземов это черноземы обыкновенные, переходящие к юго-востоку в маломощные и малогумусные черноземы южные.

Таблица 2.12 – Площадь основных типов почв ЦЧР, тыс. га (Рымарь В.Т., Покудин Г.П., 1997) [351]

Область	Светло и темно-серые лесные почвы	Чернозем			Прочие почвы
		выщелоченный	типичный	обыкновенный	
Белгородская	120,7	502,3	901,4	61,7	60,9
Воронежская	12,4	242,5	2581,6	78,4	218,5
Курская	459,5	949,1	515,8	3,5	43,0
Липецкая	98,4	1233,8	265,5	0,7	26,4
Тамбовская	35,0	1304,8	760,6	3,8	148,1
ЦЧР	726,0	4232,5	5024,9	148,1	496,8

Антропогенное воздействие на почвы с каждым десятилетием становится более интенсивным, что влияет на основные признаки и свойства почв, вызывая значительные изменения гумусного фонда. Существенный ущерб гумусному состоянию почв наносит эрозия, интенсивность которой тесно связана со степенью распаханности территории. В Центрально-Черноземном районе на склонах с крутизною более 3° расположено 11,5% пашни и с крутизной 1-3° – 38,9%.

Почвенный покров в Каменной Степи представлен обыкновенными черноземами тяжелосуглинистыми и легкосуглинистыми. Отдельными вкраплениями встречаются и другие разновидности лесостепного почвенного комплекса.

Черноземы обыкновенные характеризуются повышенной мощностью и гумусностью. Структура пахотного слоя пылевато-комковатая, подпахотного слоя – комковато-зернистая. Обыкновенные черноземы имеют высокое потенциальное плодородие.

Почвы содержат 10-20 мг/100 г гидролизуемого азота, 11-15 мг/100 г подвижного фосфора и 20-40 мг/100 г обменного калия (Адерихин П.Г.,

1964) [6]. Реакция обыкновенных черноземов близка к нейтральной и колеблется от 6,8-7,2. Почвообразующие породы представлены желто-бурой лессовидной глиной и суглинками. Почвы Каменной Степи содержат 6-7% гумуса (табл. 2.13).

Таблица 2.13 – Агрохимические показатели почвы опытного участка ГНУ «Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии» (опыты № 1 и № 2)

Слой почвы, см	Гумус, %	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	pH солевой вытяжки	Валовые		
		мг/экв. на 100 г			азот, %	фосфор, %	калий, %
0-10	6,85	1,02	47,2	6,95	0,3277	0,160	1,82
10-20	6,82	0,86	51,9	7,00	0,312	0,149	1,87
20-30	6,72	0,78	54,9	6,99	0,317	0,154	1,82
30-40	5,90	0,51	61,2	7,10	0,276	0,154	1,93
0-40	6,57	0,79	53,8	7,01	0,308	0,156	1,86

Почвы Каменной Степи обладают благоприятными водно-физическими свойствами: оптимальной плотностью сложения, высокой порозностью и полевой влагоемкостью. Структура пахотного слоя обыкновенного чернозема характеризуется высоким содержанием агрономически ценных агрегатов.

М.С. Цыгановым и В.Ф. Куклиновой (1954) на опытных полях Воронежского СХИ в составе почвенного комплекса выделены два почвенных типа: тип серых лесных почв лесостепи и тип черноземных почв [428]. В пределах каждого типа выделяется несколько подтипов, родов и видов почв. В почвенном покрове основным подтипом черноземов является чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, но встречаются чернозем оподзоленный и чернозем слабо осолоделый мощный. В черноземе выщелоченном содержание гумуса достигает 4-7%. Мощность гумусового горизонта равна 75 см, карбонаты залегают с глубины 75-105 см.

Характеристика чернозема выщелоченного среднесуглинистого стационарного опыта кафедры земледелия Воронежского ГАУ представлена в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Агрохимические показатели чернозема выщелоченного среднесуглинистого стационарного опыта Воронежского ГАУ (опыт № 3), по данным кафедры почвоведения [428]

Слой почвы, см	Общий гумус, % (по Тюрину)	Общий азот, % (по Къельдалю)	Емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %
0-10	4,12	0,356	33,72	73,6
20-30	3,56	0,313	30,59	75,5
40-50	1,37	0,216	24,51	80,5
60-70	0,38	0,265	-	-
80-90	0,20	0,152	-	-

2.4. Схема опытов и методика исследований

Опыт № 1 (стационарный многофакторный). Объектом исследований является чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый, место проведения – стационарный опыт отдела земледелия ГНУ «Воронежский научно-исследовательский институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии» (опыты № 1 и № 2) (агрохимическая характеристика почв опытного участка представлена в таблице 2.13).

Опыт был заложен в 1968 г. А.Ф. Витером с целью изучения влияния различных способов и глубины обработки почвы в 10-польном зернопропашном севообороте на основные показатели плодородия, эффективность удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур.

Диссертационное исследование проводилось через 19 лет после закладки опыта в 1985-1987 гг. Наблюдения и анализы велись по двум культурам севооборота – гороху и озимой пшенице. Для посева использовались следующие сорта: горох – Неосыпающийся I; озимая пшеница – Тарасовская 29.

Схема стационарного опыта № 1 по изучению обработки почвы представлена в таблице 2.15.

.

Таблица 2.15 – Схема стационарного опыта № 1, место проведения – стационарный опыт отдела земледелия ГНУ «Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии»

Культура севооборота	Варианты опыта									
	Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка двухъярусным плугом на глубину, см	Разноглубинная вспашка на глубину, см	Обработка в севообороте			Рыхление плугом без отвалов на глубину, см
							Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под озимые, под остальные культуры – вспашка на глубину, см	Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под зерновые и однолетние травы, под остальные культуры – вспашка на глубину, см	Разноглубинная плоскорезная обработка в севообороте на глубину, см	
Кукуруза на зеленый корм	20-22	25-27	30-32	35-37	25-27	25-27	25-27	25-27	25-27	25-27
Озимая пшеница					20-22	10-12	10-12	10-12	10-12	
Сахарная свекла					25-27	25-27	25-27	25-27	25-27	
Однолетние травы					20-22	20-22	20-22	10-12	20-22	
Озимая пшеница					20-22	10-12	10-12	10-12	10-12	
Кукуруза на зерно					25-27	25-27	25-27	25-27	25-27	
Горох					20-22	20-22	20-22	10-12	20-22	
Озимая пшеница					20-22	10-12	10-12	10-12	10-12	
Подсолнечник					25-25	25-27	25-27	25-27	25-27	
Ячмень					20-22	20-22	20-22	10-12	20-22	

Стационарный опыт включает шесть полей, каждое размером около трех гектаров. Повторность в опыте – трехкратная, размещение делянок – систематическое в трех ярусах. Размер делянки по обработкам почвы 720 м^2 (60 м·× 12 м). Так как в опыте изучалась эффективность удобрений на фоне различных обработок почвы, делянки с обработками почвы делились пополам: с удобрениями и без удобрений (метод расщепленных делянок). Размер элементарной делянки: общей – 360 м^2 (60 м·× 6 м), учетной – 200 м^2 (50 м × 4 м). Минеральные удобрения вносились ежегодно под основную обработку почвы по 60 кг/га д.в. NPK. Два раза за первую ротацию севооборота под кукурузу на зерно и зеленый корм вносился навоз в дозе 25-30 т/га.

Основная обработка почвы проводилась следующими орудиями:

- вспашка на глубину 20-22 см и 25-27 см – плугом ПН-4-35;
- вспашка на глубину 30-32 см и 35-37 см – плугом ПН-3-40;
- двухъярусная вспашка – плугом ПЯ-3-40;
- плоскорезная обработка – плоскорезом КПГ-250;
- рыхление плугом без отвалов – плугом ПН-4-35 со снятыми отвалами;
- лемешное лущение – лущильником ППЛ-10-25.

Опыт № 2. Краткосрочный трехфакторный опыт по изучению различных систем зяблевой обработки почвы в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник.

Звено севооборота развернуто во времени на трех полях. Фактор А – система основной обработки почвы, фактор В – способ основной обработки почвы, фактор С – уход за растениями (с ручной и без ручной прополки сахарной свеклы). Агрохимическая характеристика почвы опытного участка представлена в таблице 2.13.

На всех вариантах опыта система зяблевой обработки почвы под сахарную свеклу включала дисковое лущение в 2 следа на глубину 8-10 см и основную обработку на глубину 25-27 см (использовали плуг ПЯ-4-35, плоскорез КПГ-250, параплау), на вариантах II и III проводили плоскорез-

ное рыхление на глубину 10-12 см, а на варианте III – и осеннюю культивацию на глубину 6-8 см при отрастании сорняков. Основную обработку почвы под ячмень на всех вариантах проводили на глубину 20-22 см (использовали плуг ПН-4-35, плоскорез КПГ-250, параплау). Система основной обработки почвы под подсолнечник была такой же, как и под сахарную свеклу, но вместо плуга ПЯ-4-35 использовали плуг ПН-4-35.

Исследования в краткосрочном опыте № 2 проводились в 1990-1994 гг.

Схема опыта представлена на рисунке 2.1.

<table>
<tr><td colspan="3">Система основной обработки почвы под сахарную свеклу</td></tr>
<tr><td>I – обычная зяблевая обработка</td><td>II – улучшенная зяблевая обработка</td><td>III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара</td></tr>
<tr><td>Дисковое лущение в два следа на глубину 8-10 см</td><td>Дисковое лущение в два следа на глубину 8-10 см</td><td>Дисковое лущение в два следа на глубину 8-10 см</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Основная обработка на глубину 25-27 см:
- плуг ПЯ-4-35:
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td><td>Плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см</td><td>Плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Основная обработка на глубину 25-27 см:
- плуг ПЯ-4-35;
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td><td>Основная обработка на глубину 25-27 см:
- плуг ПЯ-4-35;
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td></tr>
<tr><td>Осенняя культивация на глубину 6-8 см при отрастании сорняков</td></tr>
<tr><td colspan="3">Система основной обработки почвы под ячмень</td></tr>
<tr><td>Основная обработка на глубину 20-22 см:
- плуг ПН-4-35:
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td><td>Основная обработка на глубину 20-22 см:
- плуг ПН-4-35:
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td><td>Основная обработка на глубину 20-22 см:
- плуг ПН-4-35;
- плоскорез КПГ-250;
- параплау</td></tr>
</table>

Рисунок 2.1 – Схема опыта № 2

Удобрения вносились осенью под основную обработку:

- под сахарную свеклу – по 120 кг/га д.в. NPK;
- под подсолнечник – по 60 кг/га д.в. NPK;
- под ячмень удобрения не вносились.

Агротехника возделывания культур – рекомендованная в зоне.

Повторность в опыте – трехкратная, размещение делянок – систематическое в трех ярусах, размер делянок посевных – 720 м^2 (длина – 60 м, ширина – 12 м). Посевные делянки сахарной свеклы делились пополам: с ручной прополкой и без ручной прополки. Размеры учетных делянок: по сахарной свекле – 135 м^2 (длина – 50 м, ширина – 2,7 м), по ячменю – 200 м^2 (длина – 50 м, ширина – 4 м), по подсолнечнику – 210 м^2 (длина – 50 м, ширина – 4,2 м).

Опыт № 3 (краткосрочный). Изучали различные способы основной обработки почвы под ячмень после различных предшественников (кукуруза на силос и сахарная свекла) в полевом краткосрочном опыте ООО НПКФ «Агротех-Гарант Березовский» Рамонского района Воронежской области. Опыт был заложен в 2006 г. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава, содержание гумуса в слое 0-30 см 6,6%, $pH_{сол}$ = 5,8. Исследования проводились в 2007-2009 гг.

Схема опыта: вариант I – вспашка на глубину 18-20 см плугом ПН-4-35 (контроль), вариант II – безотвальное рыхление на глубину 14-16 см КПЭ-3,8. Повторность в опыте – трехкратная. Расположение делянок – систематическое последовательное. Площадь элементарной делянки – 1400 м^2. В посевах ячменя в фазу кущения применяли гербицид Диален Супер (0,7 л/га).

Опыт № 4. Стационарный многофакторный опыт по определению оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия почв, заложен в 1985 г. на черноземе выщелоченном среднесуглинистом с содержанием гумуса 4,12%, общего азота – 0,35%, $pH_{сол}$ = 5,2.

Схема опыта включала внесение различных доз минеральных удобрений, навоза, запашку соломы озимой пшеницы и биомассы сидератов, возделываемых в пару (сидеральный пар) и в пожнивных посевах, дефеката (как порознь, так и в разных сочетаниях) в 4-польных севооборотах: пар (занятый, сидеральный) – озимая пшеница – ½ сахарная свекла + ½ кукуруза на силос – ячмень.

В 2007 г. профессором А.В. Дедовым в схему были внесены изменения, добавлены приемы основной обработки почвы (вспашка и дискование). Таким образом, исследования проводились в трехфакторном стационарном опыте, в котором фактор А – пар (занятый и сидеральный), фактор В – приемы основной обработки почвы (1 – дифференцированная разноглубинная обработка почвы (вспашка на глубину 25-27 см под сахарную свеклу, на глубину 20-22 см – под ячмень, дискование на глубину 6-8 и 12-14 см под озимую пшеницу; 2 – мелкая мульчирующая обработка на глубину 8-10 см под сахарную свеклу и ячмень, дискование на глубину 6-8 и 12-14 см под озимую пшеницу).

С 2012 г. в схему опыта включен вариант разноглубинной чизельной обработки почвы под культуры севооборота. Фактор С – различные дозы и сочетания минеральных и органических удобрений в 4-х польном севообороте пар (занятый, сидеральный) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.

Описание опыта № 4 – фактор С.

1. Пар занятый (Пз) – эспарцет. Минеральные удобрения вносили в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы – N30 кг/га д.в.; биологический урожай соломы озимой пшеницы – 5-7 т/га (Соп) + пожнивный посев горчицы сарептской на зеленый корм после озимой пшеницы (Ск).

2. Пз + внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + 40 т/га навоза (Н) + Ск + биологический урожай соломы озимой пшеницы – 5-7 т/га (Соп).

3. Пз + внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + Н + Ск.

4. Пз + (NPK)50, внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + Ск + двойная доза соломы озимой пшеницы (2Соп).

5. Пз + внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу (NPK)50 + Ск + Соп.

6. Пз + внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + Ск + Соп.

7. Внесение минеральных удобрений в занятый пар – (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)150 + Ск + Соп.

8. Пз + внесение минеральных удобрений в занятый пар – (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)200 + Ск + Соп.

9. Пз + внесение минеральных удобрений в занятый пар – (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)150 + Ск + Соп, под ячмень – (NPK)50.

10. Пз + внесение минеральных удобрений в занятый пар – (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)150 и дефеката 10 т/га (Д) + Ск + Соп.

11. Пар сидеральный (СП) – эспарцет, контроль, минеральные удобрения вносились в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы N30 + запашка биологического урожая соломы озимой пшеницы – 5-7 т/га (Соп) + солома ячменя (Ся) + пожнивный посев горчицы сарептской на зеленое удобрение после озимой пшеницы.

12. СП + внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 и 40 т/га навоза.

13. СП + Ся, внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + 40 т/га навоза + Ск.

14. СП + (NPK)50 + Ся, под озимую пшеницу – (NPK)100, пропашные культуры – (NPK)200 + Ск + 2Соп.

15. СП + Ся, внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)50, под пропашные культуры – (NPK)50 + Ск +Соп.

16. СП + Ся, внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)100 + Ск + Соп.

17. СП + Ся + (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)50 + Ск + Соп.

18. СП + Ся + (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)200 + Ск + Соп.

19. СП + Ся + NPK(350) + Ск + Соп.

20. СП + Ся + (NPK)50, под озимую пшеницу – (NPK)100, под пропашные культуры – (NPK)150 + Д + Ск + Соп.

Размещение вариантов в стационарном опыте – рендомизированное, повторность – трехкратная. Севооборот представлен всеми полями в пространстве. Всего в опыте насчитывалось 480 делянок. Размер делянок первого порядка – 440 м^2 (44 × 10), размер делянок второго порядка по обработке почвы – 220 м^2 (22 × 10).

Изучался севооборот с сидеральным паром, изучаемые культуры – сахарная свекла и ячмень. На фоне вспашки и мелкой обработки почвы под сахарную свеклу исследования проводились на следующих вариантах опыта (рис. 2.2).

№ варианта	Варианты опыта	
	Прием основной обработки под сахарную свеклу	
	Вспашка на глубину 25-27 см	Дискование на глубину 8-10 см
	Приемы повышения плодородия почвы	
1	Контроль (Ск – пожнивной посев горчицы сарептской на сидерат)	Контроль (Ск – пожнивной посев горчицы сарептской на сидерат)
2	(NPK)100 + 40 т/га навоза (Н) + пожнивной посев горчицы сарептской на сидерат после уборки озимой пшеницы (Ск) + биологический урожай соломы озимой пшеницы (Соп)	(NPK)100 + 40 т/га навоза (Н) + пожнивной посев горчицы сарептской на сидерат после уборки озимой пшеницы (Ск) + биологический урожай соломы озимой пшеницы (Соп)
4	(NPK)200 + Ск + 2Соп	(NPK)200 + Ск + 2Соп
10	(NPK)150 + дефекат (Д) + Соп	(NPK)150 + дефекат (Д) + Соп

Рисунок 2.2 – Схема стационарного опыта № 4

Развернутая схема опыта № 4 представлена в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Схема стационарного опыта по определению оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия почв (опыт № 4)

Номер варианта	Под предшественник			Под озимую пшеницу			Под сахарную свеклу					Под ячмень	Σ удобрений
	А		Б	А		Б	А			Б			
1	Солома ячменя на хозяйственные цели	Контроль	Солома ячменя на удобрение		Контроль (N30 – подкормка)		Солома озимой пшеницы на удобрение	Пожнивный посев горчицы на хозяйственные цели	Контроль		Пожнивный посев горчицы на удобрение	Контроль	N30
2		-			(NPK)100				(NPK)100 + навоз 40 т/га				(NPK)120 + навоз 40 т/га
3		-			(NPK)100		Без соломы		(NPK)100 + навоз 40 т/га	Без соломы		-	NPK(200) + навоз 40 т/га
4		(NPK)50			(NPK)100		2 дозы соломы		(NPK)200	2 дозы соломы		-	(NPK)350
5		-			(NPK)50		Солома озимой пшеницы на удобрение		(NPK)50	Солома озимой пшеницы на удобрение		-	(NPK)100
6		-			(NPK)100				(NPK)100			-	(NPK)200
7		(NPK)50			(NPK)100				(NPK)150			-	(NPK)300
8		(NPK)50			(NPK)100				(NPK)200			-	(NPK)350
9		(NPK)50			(NPK)100				(NPK)150			-	(NPK)350
10		(NPK)50			(NPK)100				(NPK)150 + дефекат 10 т/га				(NPK)300 + дефекат 10 т/га

Примечание: А – севооборот с занятым паром (эспарцет); Б – севооборот с сидеральным паром (эспарцет)

Опыт № 5 (производственный). Изучали мульчирующую и нулевую системы обработки почвы в звене севооборота сахарная свекла – яровая пшеница. Почва – чернозем выщелоченный глинистого гранулометрического состава, содержание гумуса в слое 0-30 см 6,6%, $pH_{сол}$ = 5,8.

На посевах сахарной свеклы использовали следующую схему защиты от сорняков: первая обработка – Бетанал 22 (1,5 л/га) + Лонтрел-300 (0,3 л/га), вторая – Бетанал 22 (1,5 л/га) + Центурион (0,2 л/га). В фазе выхода в трубку на посевах яровой пшеницы применяли гербицид Прима (0,4 л/га).

Посев яровой пшеницы проводили сеялкой прямого высева Horsh, сахарной свеклы – DB-60, мульчирующую обработку – на глубину 6-8 см культиватором Horsh.

Исследования, анализы и наблюдения проводились по следующим методикам.

1. Фенологические наблюдения – по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1971).

2. Плотность почвы определяли методом взятия почвенных проб с ненарушенным строением с помощью патронов.

3. Влажность почвы определяли методом высушивания образцов до постоянного веса при температуре 105°С (ГОСТ 26268-89).

4. Агрегатный состав почвы определяли по методике Саввинова (Доспехов Б.А. и др., 1977).

5. Твердость почвы определяли твердомером Ревякина.

6. Засоренность посевов определяли методом наложения учетных площадок количественным и количественно-весовым способами (Доспехов Б.А. и др., 1987).

7. Содержание в почвенном воздухе углекислого газа и кислорода определяли по методике ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (1981).

8. Выделение из почвы углекислого газа проводили по методу И.В. Штатнова (1952) под растениями и на чистых площадках.

9. Интенсивность разложения клетчатки определяли по методике И.С. Вострова, А.Н. Петровой (1961).

10. Биосинтез аминокислот на льняном полотне определяли по методу Е.Н. Мишустина, А.Н. Петровой (1963).

11. Ферментативную активность определяли в воздушно-сухих образцах; активность инвертазы, уреазы, каталазы – по унифицированным методам А.Ш. Галстяна (1978); активность пероксидазы и полифенолоксидазы – по Ф.Х. Хазиеву (1982).

12. Анализ основных физиологических групп почвенных микроорганизмов проводили по методике Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии путем высева определенных разведений почвенной суспензии на элективные питательные среды (Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.Н., 1979);

- количество аммонификаторов учитывали на мясопептонном агаре (МПА);

- бактерии, ассимилирующие минеральные формы азота, и актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре (КАА);

- плесневые грибы – на сусло-агаре;

- целлюлозоразлагающие микроорганизмы – на среде Виноградского с фильтрами;

- нитрифицирующие бактерии – на выщелоченном агаре с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты;

- азотобактер – на почвенных пластинах.

13. Определение динамики питательных веществ в почве: нитратный азот определяли ионометрическим методом; подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (1968) из одной вытяжки.

14. Определение агрохимических свойств почвы проводили по прописям методического руководства (Аринушкина К.В., 1961):

- pH солевой вытяжки – по методу Алямвского;

- гидролитическая кислотность – по Каппену;

- сумма поглощенных оснований – по Каппену (ГОСТ 27821-88);

- общий азот – по Гинзбург;

- общий фосфор – по Гинзбург и Щегловой;

- общий калий – по Ожигову;

- гумус почвы – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-84);

- подвижные гуминовые кислоты – по методу Тюрина и Панковой;

- гидролизуемый азот – по Тюрину и Кононовой.

15. Масличность семян подсолнечника определяли методом обезжиренного остатка по С.В. Рушковскому.

16. Содержание сахара в корнях сахарной свеклы определяли по Бертрану (ГОСТ Р53036-2008).

17. Содержание азота в зерне ячменя определяли по Къельдалю (ГОСТ 10846-91).

18. Учет урожайности сельскохозяйственных культур проводили методом сплошной уборки с последующей обработкой дисперсионным методом и приведением урожая к стандартной влажности.

19. Расчет энергетических затрат выполняли по методике ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе (Зезюков Н.И. и др., 1998; Володин В.М., 2000).

В результате обобщения экспериментальных данных было предложено расчет степени деградации (выпаханности) черноземов проводить по 4-балльной модифицированной шкале в отличие от 5-балльной, предложенной Ф.И. Козловским, В.А. Чаплиным (1994) [201]. Кроме плотности и морфологических признаков выпаханности черноземов, в шкалу были внесены показатели твердости почвы, содержания глыбистой фракции, на основании которых оценивается пригодность почв к минимализации основной обработки и приводятся рекомендуемые системы основной обработки почвы в севообороте.

3. ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗЯБЛЕВОМ КОМПЛЕКСЕ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА

3.1. Плотность почвы

Главным показателем физического состояния почв является плотность сложения, которая выражается через объемную массу или плотность почвы и общую скважность. Плотность почвы определяет интенсивность микробиологических и физико-химических процессов, направленность водного, теплового и воздушного режимов, что сказывается на мобилизации питательных веществ, их доступности и использовании растениями. С плотностью почвы непосредственно связаны эффективность и качество механической обработки, затраты на проведение обработки почвы. Фундаментальные исследования по агрофизике почв в нашей стране были проведены А.Г. Дояренко (1926), П.В. Вершининым (1959), Н.А. Качинским (1965), И.Б. Ревутом (1972) и другими [138, 74, 180, 337]. И.Б. Ревут (1972) считал плотность почвы главным элементом жизни растений [337].

Плотность почвы зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, структуры. Многочисленными исследованиями установлено, что в зависимости от типа почв, структуры плотность почвы меняется в широких пределах. В зависимости от гранулометрического состава дерново-подзолистые почвы имеют равновесную плотность в пахотном слое от 1,3 до 1,6 г/см^3, серые лесные – 1,1-1,4 г/см^3, черноземы – 1,0-1,3 г/см^3 (Казаков Г.И., 1997) [168].

По данным И.Б. Ревута (1972), Б.А.Доспехова (1978), В.И. Румянцева, Р.А. Салихова (1986), плотность почвы оказывает большое влияние на ее водные свойства [337, 136, 347]. В зоне черноземных почв с засушливым климатом рыхлое состояние почвы приводит к большим потерям воды за счет конвекционно-диффузного испарения. В плотных почвах величина наи-

меньшей влагоемкости снижается, увеличиваются мертвый запас влаги и влажность устойчивого завядания.

Уплотнение приводит к увеличению содержания в единице объема твердой фазы, уменьшению крупных некапиллярных пор и увеличению капиллярных пор, что изменяет условия газообмена и приводит к антагонизму воды и воздуха. При плотности почвы с содержанием менее 15% пор аэрации (от объема почвы) обмен почвенного и атмосферного воздуха практически прекращается, что ведет к увеличению в почве количества углекислого газа (Долгов С.И., Модина С.А., 1979) [133].

В настоящее время агрофизические свойства почв, в том числе черноземов отличаются от оптимальных величин и имеют устойчивую тенденцию ухудшения (Щербаков А.П., Васенев И.И., 2000): происходит переуплотнение почв, утрата зернистой структуры, снижение полевой влагоемкости, водопроницаемости [460].

В уплотненной почве нарушаются микробиологические процессы, накапливаются восстановленные соединения, снижается плодородие. При увеличении плотности почвы с 0,95 до 1,1 г/см^3 впитывание в почву влаги происходит в 2-19 раз медленнее (Демченко И.П., Полуэктов Е.В., 1983) [127]. При достаточной влажности исарение из плотной почвы выше, чем из неуплотненной почвы на 0,5-1,0 мм/сут. (Шипилов М.А., 1983) [455]. По данным Б.Н. Мичурина (1968), с увеличением плотности почвы с 1,1 до 1,6 г/см^3 влажность завядания возрастает с 11 до 19%, снижается содержание доступной влаги [267].

В опытах J.A. Currie (1984), после уплотнения структурной тяжелосуглинистой почвы с 0,86 до 1,20 г/см^3 и увлажнения до наименьшей влагоемкости, воздухопроницаемость уменьшилась на 82-97% [481]. Отрицательное влияние высокой плотности почвы в бóльшей мере проявляется при неблагоприятных гидротермических условиях (Грицай А.Д., 1982) [116]. По мнению В.В. Медведева (1984), в годы с бóльшим количеством осадков оптималь-

ная плотность черноземов должна быть ниже нормы на 0,05 г/см^3, в засушливые – больше на 0,08 г/см^3 [256].

Максимальной продуктивности культурные растения достигают при оптимальной плотности почвы, которая колеблется в широких пределах в зависимости от типа почв, гранулометрического состава (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Значения равновесной и оптимальной плотности для полевых культур некоторых типов почв (Пупонин А.И., 1984) [329]

Типы почв	Гранулометрический состав	Плотность почвы, г/см^3		
		Равновесная плотность	Оптимальная плотность для культур	
			зерновых	пропашных
Дерново-подзолистая	Супесчаная	1,3-1,4	1,2-1,35	1,1-1,45
	Суглинистая	1,35-1,5	1,1-1,3	1,0-1,2
Серая лесная	Тяжелосуглинистая	1,4	1,15-1,25	1,0-1,2
Чернозем	Суглинистая	1,0-1,3	1,2-1,3	1,0-1,3

Для различных культур требования к оптимальной плотности почвы различны: для пропашных культур необходима более рыхлая почва, плотность которой составляет 1,0-1,1 г/см^3, для зерновых – 1,1-1,2 г/см^3 (Сидоров М.И., Зезюков Н.И., 1992) [368]. В.В. Медведевым (1988) дается более широкий диапазон оптимальной плотности для основных сельскохозяйственных культур для черноземных почв (табл. 3.2) [257].

Таблица 3.2 – Оптимальная плотность черноземных почв для различных сельскохозяйственных культур (Медведев В.В., 1988) [257]

Почва	Гранулометрический состав	Культура	Диапазон оптимальных значений, г/см^3
Чернозем типичный	Тяжело и среднесуглинистый	Зерновые колосовые	1,05-1,30
		Сахарная свекла	1,00-1,26
		Горох	1,00-1,20
Чернозем обыкновенный и южный	Тяжелосуглинистый и легкосуглинистый	Зерновые колосовые	1,05-1,30
		Сахарная свекла	1,00-1,30
		Подсолнечник	1,25-1,30

Зерновые меньше реагируют на уплотнение, чем пропашные и другие культуры (Maillard A., Neyroud J.A., Ves A., 1984) [505]. На мощных гидро-

морфных почвах при увеличении плотности на 0,1 г/см^3 недобор урожая озимой пшеницы составлял 1,5-1,8%, кукурузы – до 19%.

По данным И.И. Васенева, Д.А. Букреева (1993), при повышении плотности пахотного слоя на 0,01 г/см^3 выше оптимальных значений урожайность зерновых культур снижается в среднем на 0,6 ц/га. Из-за чрезмерного переуплотнения урожайность сельскохозяйственных культур может уменьшаться в 2-3 раза [63]. Главными причинами снижения урожайности на плотной почве являются недостаток кислорода и избыток углекислого газа, ухудшение водного режима, большое сопротивление плотной почвы росту корней растений. Слишком рыхлая почва также оказывается неблагоприятной для роста культурных растений из-за бóльшего расхода воды на непроизводительное испарение, кроме того из-за естественного процесса уплотнения и оседания почвы повреждается корневая система растений.

Ф.И. Козловским, В.А. Чаплиным (1994) предложена 5-балльная шкала оценки агрофизической деградации черноземных почв по величинам равновесной плотности (табл. 3.3) [201].

Таблица 3.3 – Показатели агрофизической деградации по величинам равновесной плотности, г/см^3 (Козловский Ф.И., Чаплин В.А., 1972) [201]

Почва	Горизонт	Оценочные баллы шкалы плотностей				
		1	2	3	4	5
Чернозем обыкновенный	$АР_1$	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8-1,2	1,2-1,4	1,4
	$АР_2$	0,9-1,0	1,0-1,1	1,1-1,3	1,3-1,4	1,4
	$А_{р11}$	1,1-1,15	1,15-1,2	1,2-1,4	1,4-1,45	1,45
	$А_{Р12}$	1,1-1,15	1,10-1,15	1,15-1,20	1,2-1,45	1,45

В зависимости от балла агрофизическая деградация черноземов проявляется различной степенью уплотнения и разрушения зернисто-комковатой структуры, а также наличием или отсутствием почвенной корки на поверхности (табл. 3.4).

Таким образом, плотность почвы является одним из важнейших факторов повышения продуктивности полевых культур.

Таблица 3.4 – Морфологические признаки балльной оценки выпаханности черноземов (Козловский Ф.И., Чаплин В.А., 1972) [201]

Оценка,балл	Признаки	
	АР, (0-30 см)	А (АВ), 30-50 см
1	Плотность невысокая. При вспашке крошится и легко распадается на агрегаты. Корка не выражена.	Видимых изменений нет.
2	Корка неплотная, распадается на агрегаты. $А_{пах.}$ уплотнен, но твердость невысокая. При вспашке крошится слабо, но в пластах глыбы распадаются. Вертикальные трещины лишь по колеям.	Видимых изменений нет. Плужная подошва не выражена или слабо выражена.
3	На поверхности плотная корка. Уплотнен неравномерно, локально очень высокие плотность и твердость. Глыбы в пластах устойчивы. Вертикальные трещины до 1 см.	Выражена плужная подошва. Вертикальные трещины глубиной до 50-60 см и шириной до 2 мм через 5-10 см.
4	Крупные полигональные трещины, высокая плотность и крупноблоковое сложение. При распашке распадается на блоки в 20-25 см, сохраняющиеся до весны.	Уплотнен до всей верхней части. Густота вертикальных трещин более 2 на 10 см. Единичные трещины до 80 см.
5	Как предыдущий. Плотное сложение на глубину более 25 см.	Сильно уплотнен на всю мощность. Вертикальные трещины с засыпкой до 1 м.

В настоящее время основной задачей обработки почвы является регулирование плотности почвы. При сопоставлении величин равновесной и оптимальной для культур плотности почвы определяется потребность в той или иной механической обработке (Доспехов Б.А., Пупонин А.И., 1975) [137]. Снижение интенсивности обработки почвы, вплоть до полного отказа от нее, возможно только на таких почвах, у которых равновесная плотность приближается к оптимальной плотности или равна ей. Интенсивность механической обработки должна возрастать с увеличением разности между равновесной и оптимальной плотностью почвы.

Анализ данных, полученных в многолетнем стационарном опыте № 1 по изучению различных способов и глубин основной обработки чернозема обыкновенного, показал, что существенных различий между вариантами опыта по плотности почвы в период вегетации гороха не наблюдалось (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Плотность почвы под горохом в зависимости от различных способов и глубины основной обработки чернозема обыкновенного (опыт № 1, 1985-1987 гг.), г/см^3

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, г/см^3
		20-22	25-27	30-32	35-37				
Всходы	0-10	0,95	0,99	0,93	0,97	1,00	1,01	1,04	0.08
	10-20	1,03	1,09	1,07	1,05	1,06	1,10	1,11	0,10
	20-30	1,06	1,11	1,10	1,06	1,07	1,12	1,07	0,10
	30-40	1,13	1,10	1,11	1,04	1,13	1,08	1,06	0,10
	0-40	1,04	1,07	1,05	1,03	1,06	1,08	1,07	0,08
Цветение	0-10	0,98	1,02	1,01	1,01	1,00	1,12	1,03	0,11
	10-20	1,11	1,13	1,10	1,09	1,10	1,12	1,08	0,13
	20-30	1,11	1,07	1,09	1,07	1,06	1,13	1,11	0,12
	30-40	1,10	1,11	1,13	1,06	1,10	1,08	1,07	0,12
	0-40	1,07	1,08	1,08	1,06	1,07	1,11	1,07	0,11
Созревание	0-10	1,04	1,06	1,00	0,99	0,98	1,08	1,00	0,13
	10-20	1,18	1,18	1,17	1,00	1,06	1,18	1,07	0,16
	20-30	1,11	1,14	1,19	1,02	1,04	1,16	1,07	0,15
	30-40	1,10	1,11	1,09	1,08	1,08	1,07	1,08	0,09
	0-40	1,11	1,12	1,11	1,01	1,04	1,13	1,06	0,11

Здесь нужно учитывать, что исследования проводились на почвах, обладающих высоким содержанием водопрочных структурных агрегатов (67-76%, табл. 3.5). По шкале оценки структурного состояния пахотного слоя (Сидоров М.И., Зезюков Н.И., 1992) такое содержание водопрочных структурных агрегатов соответствует отличному и хорошему состоянию почвы [368].

С осени обработанная почва подвергается воздействию различных факторов как естественных, так и антропогенных. По мнению В.И. Остапова и А.Ф. Фесенко (1984), продолжительность действия зяблевой обработки на плотность почвы сохраняется только до посева яровых культур [305], по данным С. Блажене, В. Миляускаса (1984), – в течение года [46].

Во время предпосевной подготовки почвы и посева полевых культур в наших исследованиях верхние слои почвы подвергались максимальному воздействию сельскохозяйственной техники, что также могло привести к сглаживанию различий в сложении пахотного слоя по вариантам опыта.

Самое рыхлое сложение почвы в слое 0-40 см во все годы исследований было отмечено весной. К концу периода вегетации сельскохозяйственных культур происходило повышение показателей плотности почвы до равновесной величины.

В течение всех сроков определения показателей сложения сохраняется тенденция увеличения плотности почвы на вариантах ежегодной плоскорезной обработки по сравнению с вариантами отвальной обработки почвы (табл. 3.5).

Плотность почвы в слое 0-40 см в среднем за вегетацию на варианте обычной вспашки была на 0,04 г/см^3 меньше, чем на варианте плоскорезной обработки. Уплотнение почвы по плоскорезной обработке сохранялось до уборки сельскохозяйственных культур.

При отвальной обработке происходит перемещение верхней части почвы вниз, а нижней – вверх с перемешиванием, что способствует увеличению общей скважности, которая колебалась в пределах 54-64% (приложение 3.1).

При безотвальной обработке почвы не происходит перераспределения почвенных слоев, в результате чего образуется меньше пустот, наблюдается пониженная общая скважность по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Варианты ежегодного рыхления плугом без отвалов и разноглубинной обработки почвы в севообороте имели показатели сложения почвы на уровне контрольного варианта. При увеличении глубины вспашки с 20-22 см до 35-37 см прослеживалась тенденция снижения плотности почвы чернозема обыкновенного в среднем на 1-9%.

Анализ показателей сложения чернозема обыкновенного (опыт № 1) позволяет сделать вывод, что все изучаемые способы и глубины обработки почвы поддерживали плотность пахотного слоя в пределах нормы для сельскохозяйственных культур, что позволяет применять на данных почвах минимализацию обработки почвы.

Результаты наших исследований по изучению влияния различных приемов основной обработки почвы на плотность чернозема обыкновенного, полученные в 1990-1994 гг. в краткосрочном опыте № 2, свидетельствуют о том, что трехлетняя замена вспашки на безотвальную обработку не привела к ухудшению агрофизических свойств почвы (табл. 3.6).

Существенно изменить сложение почвы можно только в период проведения зяблевой обработки почвы.

К началу весенних полевых работ плотность почвы выравнивается по всем способам основной обработки почвы: как отвальным, так и безотвальным.

Наблюдения за динамикой плотности в зависимости от основной обработки при возделывании сахарной свеклы показывают, что при использовании двухъярусного плуга в системе зяблевой обработки в весенний период слой почвы 0-40 см был менее уплотнен.

Таблица 3.6 – Плотность почвы в зависимости от приемов основной обработки чернозема обыкновенного в звене севооборота (опыт № 2, 1990-1994 гг.), г/см^3

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта			$НСР_{05}$, г/см^3
		Вспашка	Плоскорезная обработка	Обработка параплау	
Плотность почвы под сахарной свеклой					
Третья пара настоящих листьев	0-10	0,95	1,08	1,09	0,24
	10-20	1,13	1,13	1,15	0,06
	20-30	1,12	1,16	1,14	0,05
	30-40	1,18	1,17	1,15	0,07
	0-40	1,10	1,14	1,13	0,06
Перед уборкой	0-10	1,17	1,14	1,17	0,13
	10-20	1,24	1,25	1,26	0,12
	20-30	1,24	1,23	1,21	0,14
	30-40	1,20	1,18	1,19	0,09
	0-40	1,21	1,20	1,21	0,10
Плотность почвы под ячменем					
Кущение	0-10	0,98	1,03	1,02	0,21
	10-20	1,12	1,21	1,11	0,11
	20-30	1,16	1,19	1,25	0,28
	30-40	1,23	1,13	1,16	0,15
	0-40	1,14	1,15	1,17	0,06
Полная спелость	0-10	1,10	1,03	0,98	0,14
	10-20	1,22	1,26	1,13	0,19
	20-30	1,19	1,19	1,17	0,11
	30-40	1,18	1,14	1,18	0,10
	0-40	1,17	1,15	1,11	0,09
Плотность почвы под подсолнечником					
Всходы	0-10	1,00	0,97	0,91	0,12
	10-20	1,07	1,06	1,02	0,08
	20-30	1,13	1,15	1,05	0,14
	30-40	1,19	1,14	1,12	0,10
	0-40	1,09	1,08	1,03	0,09
Созревание	0-10	0,97	1,00	0,94	0,10
	10-20	1,06	1,08	1,10	0,08
	20-30	1,04	1,18	1,17	0,16
	30-40	1,12	1,16	1,15	0,06
	0-40	1,05	1,11	1,09	0,09

При отвальной обработке чернозема обыкновенного плотность почвы в слое 0-40 см составила 1,10 г/см^3, по плоскорезной обработке и с использованием параплау – соответственно 1,14 и 1,13 г/см^3. Разница между вариантами

математически недоказуема. Ко времени уборки сахарной свеклы плотность почвы по всем вариантам основной обработки выравнивается. Такая же тенденция выявлена в опыте с ячменем, хотя статистически достоверных различий показателей в оба срока определения не обнаружено (табл. 3.6).

В опыте с подсолнечником наименьшей плотностью в оба срока определения обладал верхний слой почвы 0-10 см по всем вариантам обработки почвы. Устойчивой закономерности в изменении плотности по вариантам основной обработки почвы не выявлено. Величина плотности в слое 0-40 см колебалась по вариантам опыта от 1,03-1,11 г/см^3 весной до 1,05-1,11 г/см^3 перед уборкой подсолнечника (табл. 3.6).

Таким образом, кратковременное использование в системе зяблевой обработки чернозема обыкновенного безотвальных приемов основной обработки (плоскорезной и обработки параплау) не оказало существенного влияния на показатели сложения почвы. Плотность почвы по всем изучаемым культурам в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник в оба срока определения не превышала оптимальных значений, максимальная плотность в слое 0-40 см составляла 1,21 г/см^3.

В исследованиях, проведенных в краткосрочном опыте № 3 на черноземе выщелоченном, после вспашки на обычную глубину плотность слоя почвы 0-30 см была на 0,02-0,04 г/см^3 ниже в зависимости от предшественника и срока определения, чем после мелкой безотвальной обработки почвы (приложение 3.2).

Приемы, повышающие содержание в почве гумуса, способствуют снижению плотности почвы (Картамышев Н.И., Тарасов А.А., 1997) [175]. Запашка зеленого удобрения способствует улучшению физических свойств почвы: повышается содержание структурных агрегатов, почва меньше уплотняется (Каштанов А.Н., Заславский М.Н., 1984; Лыков А.М., Гриценко В.В., Кауричев И.С., 1986) [184, 242]. В опытах В.В. Агеева (1984) при запашке сидеральной массы плотность почвы снижалась на 29% [4].

В исследованиях Н.И. Зезюкова и В.Е. Острецова (1999) при запашке измельченной соломы наблюдалось улучшение агрофизических свойств почвы [150]. А.Г. Бондаревым, В.А. Русановым, А.Я. Поляком (1985), Н.И. Зезюковым, А.В. Дедовым (1991) отмечается меньшее уплотнение почвы под возделываемыми культурами на вариантах внесения дефеката и навоза [50, 149].

Исследования, проведенные в стационарном опыте № 4, позволяют проследить влияние основной обработки почвы и приемов биологизации на показатели плодородия чернозема выщелоченного в длительных временных периодах (табл. 3.7, приложение 3.3).

Таблица 3.7 – Плотность в слое почвы 0-30 см в зависимости от различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарной свеклой (опыт № 4, 2008-2012 гг.), г/см^3

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)							
	Вспашка				Дискование			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Первый срок определения (третья пара настоящих листьев)								
Контроль (Ск)	1,21	1,27	1,29	1,26	1,24	1,33	1,36	1,31
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	1,13	1,18	1,25	1,19	1,13	1,24	1,32	1,23
(NPK)200 + Ск + 2Соп	1,07	1,22	1,25	1,18	1,23	1,29	1,31	1,28
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	1,17	1,16	1,26	1,20	1,17	1,25	1,32	1,25
$НСР_{05}$, г/см^3 (частный эффект)	0,03	0,10	0,07	0,09				
$НСР_{05}$, г/см^3 (главный эффект, фактор В)	0,08	0,05	0,04	0,04				
$НСР_{05}$, г/см^3 (главный эффект, фактор С)	0,10	0,09	0,04	0,08				
Второй срок определения (перед уборкой)								
Контроль (Ск)	1,25	1,25	1,30	1,27	1,29	1,33	1,35	1,32
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	1,22	1,25	1,26	1,24	1,25	1,28	1,33	1,29
(NPK)200 + Ск + 2Соп	1,22	1,24	1,27	1,24	1,28	1,30	1,34	1,31
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	1,22	1,26	1,29	1,26	1,25	1,29	1,34	1,29
$НСР_{05}$, г/см^3 (частный эффект)	0,06	0,06	0,08	0,06				
$НСР_{05}$, г/см^3 (главный эффект, фактор В)	0,04	0,05	0,07	0,05				
$НСР_{05}$, г/см^3 (главный эффект, фактор С)	0,05	0,05	0,06	0,04				

В зависимости от приемов основной обработки почвы и ее глубины, вносимых удобрений, возделываемой сельскохозяйственной культуры плотность почвы изменялась в довольно широком диапазоне – от 1,07 до 1,36 г/см^3. При применении глубокой отвальной обработки под сахарную свеклу слой почвы 0-30 см был менее уплотненным по сравнению с мелким рыхлением в оба срока определения (табл. 3.7).

Наблюдалось существенное увеличение плотности почвы в слое 20-30 см на варианте дискования по сравнению со вспашкой независимо от приемов повышения плодородия, превышающее оптимальную плотность для сахарной свеклы (табл. 3.1, 3.2). Длительное (в течение 6 лет) проведение дискования под все культуры севооборота на черноземе выщелоченном малогумусном привело к переуплотнению почвы, особенно нижних горизонтов.

Применение комплекса органоминеральных удобрений под сахарную свеклу способствовало достоверному снижению плотности почвы в слое 0-30 см по сравнению с контролем на фоне различных приемов обработки почвы. Минимальная плотность в начале вегетации сахарной свеклы отмечалась при совместном внесении двойной дозы соломы с пожнивным сидератом в комплексе с (NPK)200 кг д.в./га под отвальную обработку почвы. Перед уборкой сахарной свеклы наименьшая плотность почвы отмечалась на вариантах внесения навоза или двойной дозы соломы под вспашку.

При применении различных приемов основной обработки почвы под ячмень в начале вегетации плотность почвы в слое 0-30 см не превышала 1,23 г/см^3 (приложение 3.3). Разница между приемами обработки почвы (фактор В) независимо от удобрений (фактор С) была не существенной. Перед уборкой ячменя наблюдалось значительное увеличение плотности почвы в слоях 10-20 см и 20-30 см на варианте мелкой основной обработки: в зависимости от вариантов опыта плотность почвы колебалась в интервале от 1,30 до 1,35 г/см^3, что превышает величину оптимальной плотности для зерновых культур.

Внесение удобрений под сахарную свеклу оказало положительное действие на следующую культуру севооборота. Последействие органоминеральных удобрений снижало плотность почвы на ячмене на 0,01-0,05 г/см^3 независимо от приемов основной обработки почвы.

В последние годы об агродеградации черноземов свидетельствует увеличение их плотности. В наших исследованиях при длительном отсутствии на черноземе выщелоченном (более 6 лет) отвальной обработки или глубокого рыхления отмечена повышенная плотность почвы (опыт № 5, табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Плотность почвы в зависимости от различных систем обработки чернозема выщелоченного под сахарную свеклу (опыт № 5, 2006-2008 гг.), г/см^3

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Системы обработки почвы		Залежь	$НСР_{05}$, г/см^3
		Мелкая мульчирующая	Совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка		
Третья пара настоящих листьев	0-10	0,93	0,94	1,13	0,03
	10-20	1,08	1,09	1,18	0,02
	20-30	1,14	1,16	1,29	0,07
	30-40	1,24	1,27	1,27	0,08
	40-50	1,30	1,37	1,27	0,08
	0-50	1,14	1,17	1,23	0,06
Смыкание рядков	0-10	1,01	0,98	1,15	0,10
	10-20	1,14	1,28	1,20	0,08
	20-30	1,32	1,48	1,35	0,08
	30-40	1,27	1,44	1,30	0,09
	40-50	1,38	1,34	1,30	0,04
	0-50	1,22	1,30	1,26	0,06
Перед уборкой	0-10	0,98	1,03	1,21	0,09
	10-20	1,40	1,57	1,25	0,13
	20-30	1,42	1,49	1,33	0,10
	30-40	1,36	1,37	1,32	0,05
	40-50	1,23	1,42	1,33	0,07
	0-50	1,28	1,32	1,29	0,07

Диапазон сезонного изменения плотности чернозема выщелоченного от начала до конца вегетации сельскохозяйственных культур после нулевой обработки может достигать 0,28-0,48 г/см^3, в почве залежного участка – всего 0,02-0,06 г/см^3. Значительное переуплотнение почвы, вызываемое нулевой и мелкой мульчирующей обработками, наблюдалось в середине и в конце вегетации растений, существенно превышающее оптимальную плотность для сахарной свеклы.

Особенно сильно переуплотнение почвы прослеживается в конце вегетации в горизонтах 10-20 и 20-30 см после проведения совмещенной с посевом предпосевной минимальной обработки (1,57 и 1,49 г/см^3). Также прослеживаются признаки наличия плужной подошвы.

Таким образом, на деградированных черноземах с целью снижения сильного переуплотнения почв, ликвидации плужной подошвы необходимо проводить периодическую отвальную или безотвальную глубокую обработку почвы. Дифференциация способов и технологий обработки почвы зависит от плодородия черноземов и степени их деградации.

3.2. Твердость почвы

Для оценки сложения почвы кроме плотности изучался и такой показатель, как твердость почвы. Твердость почвы определяет условия развития корневой системы растений, сопротивление почвы при обработке (Картамышев Н.И., Тарасов А.А., 1997) [175]. С увеличением твердости ухудшаются агрофизические свойства почвы, требуется больше затрат на обработку почвы. Твердость почвы зависит от влажности, плотности почвы, структуры, содержания органического вещества. Твердость может изменяться в большом диапазоне значений: от 3-7 до 50 кг/см^2.

По мнению Г.И. Казакова (1997), оптимальная твердость пахотного слоя на черноземах для зерновых культур находится в пределах от 8 до 16

кг/см^2 [168]. Твердость почвы больше 25 кг/см^2 считается неблагоприятной для большинства сельскохозяйственных растений.

М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков (1992) приводят следующую классификацию почв по твердости, кг/см^2 [368]:

- рыхлая – давление менее 10;
- плотная – давление 30-50;
- весьма плотная – 50-100;
- слитная – более 100.

Оптимальная плотность для пропашных культур составляет 5-15 кг/см^2, для зерновых – 5-25 кг/см^2.

Твердость пахотного слоя изменяется в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственных культур, глубины и способа основной обработки почвы. В опытах П.К. Исакова, И.А. Чуданова (1980), К.М. Яловицкого (1987), В.В. Медведева (1988) в результате воздействия тракторов (2-4 прохода) твердость почвы в слое 0-30 см увеличивалась в 2-10 раз [167, 471, 257].

Во все сроки исследований наименьшие величины твердости отмечались по ячменю, а наибольшие – под сахарной свеклой (опыт № 2, табл. 3.9). В опыте с сахарной свеклой в начале вегетации наблюдалось увеличение твердости почвы при использовании в системе зяблевой обработки безотвальных орудий. При использовании параплау в слое 20-25 см отмечено достоверное увеличение твердости почвы по сравнению со вспашкой двухъярусным плугом на эту же глубину.

Перед уборкой сахарной свеклы твердость почвы по всем вариантам опыта практически выравнивалась, разница между вариантами входит в ошибку опыта.

В опыте с ячменем достоверных различий значений твердости почвы по различным способам основной обработки чернозема обыкновенного не выявлено (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Твердость почвы в зависимости от приемов основной обработки чернозема обыкновенного под сахарную свеклу (опыт № 2, 1990-1992 гг.), кг/см^2

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта			НСР$_{05}$, кг/см^2
		Вспашка	Плоскорезная обработка	Обработка параплау	
Твердость почвы под сахарной свеклой					
Третья пара настоящих листьев	0-5	13,9	13,1	17,4	7,0
	5-10	15,8	17,1	17,6	7,3
	10-15	16,1	19,1	20,2	4,8
	15-20	17,9	17,0	21,3	8,2
	20-25	17,4	19,8	21,6	3,1
	0-25	16,2	17,2	19,6	4,7
Перед уборкой	0-5	10,5	10,3	10,2	2,0
	5-10	13,2	13,0	15,2	4,7
	10-15	23,5	17,5	24,1	8,3
	15-20	25,7	21,1	24,9	6,1
	20-25	29,4	23,4	27,9	8,6
	0-25	20,4	17,1	20,4	5,0
Твердость почвы под ячменем					
Кущение	0-5	6,0	7,8	7,3	3,1
	5-10	10,2	10,7	11,0	4,2
	10-15	12,0	12,7	11,6	2,4
	15-20	13,1	13,9	13,3	2,4
	20-25	13,3	13,9	12,5	3,0
	0-25	10,9	11,8	11,1	2,9
Полная спелость	0-5	14,9	17,5	11,4	10,4
	5-10	14,0	14,8	13,9	4,9
	10-15	15,8	17,8	15,7	6,7
	15-20	17,2	18,7	17,0	3,5
	20-25	17,5	20,8	17,3	5,4
	0-25	15,8	17,9	15,0	3,8
Твердость почвы под подсолнечником					
Всходы	0-5	7,2	7,6	10,2	5,1
	5-10	11,3	11,6	13,6	4,9
	10-15	11,9	11,9	15,4	5,3
	15-20	13,9	14,0	15,8	7,5
	20-25	15,2	15,6	16,8	5,8
	0-25	11,9	12,2	14,4	6,9
Созревание	0-5	10,2	8,6	11,2	4,5
	5-10	13,9	14,5	15,8	3,4
	10-15	15,8	16,4	17,5	6,0
	15-20	16,4	18,4	17,2	5,9
	20-25	16,8	18,9	19,3	6,7
	0-25	14,6	15,4	16,2	5,0

При применении безотвальных орудий в системе зяблевой подготовки почвы под подсолнечник отмечается тенденция увеличения твердости почвы по сравнению с отвальной обработкой (табл. 3.9).

Исходя из полученных данных, можно отметить, что при использовании в течение трех лет плоскорезов или параплау в системе зяблевой обработки чернозема обыкновенного наблюдается некоторое повышение твердости почвы.

В опыте № 4 наблюдается достоверное увеличение твердости почвы под сахарной свеклой (более 30 кг/см^2) при проведении мелкой основной обработки почвы под эту культуру по сравнению с отвальной обработкой (табл. 3.10).

Таблица 3.10 – Твердость почвы под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов основной обработки чернозема выщелоченного (фактор В, опыт № 4, 2008-2012 гг.), кг/см^2

Слой почвы, см	Приемы основной обработки почвы	Сроки взятия образцов			
		Третья пара настоящих листьев	$НСР_{05}$, кг/см^2	Перед уборкой	$НСР_{05}$, кг/см^2
0-5	Вспашка	13,9	4,5	15,8	5,9
	Дискование	26,8		22,9	
5-10	Вспашка	18,1	3,8	21,9	8,0
	Дискование	33,7		36,6	
10-15	Вспашка	22,1	6,0	29,0	10,0
	Дискование	36,6		42,7	
15-20	Вспашка	25,6	6,8	30,8	8,9
	Дискование	37,4		45,2	
20-25	Вспашка	27,7	7,0	34,2	5,6
	Дискование	39,0		44,9	
0-25	Вспашка	22,0	7,8	25,7	6,8
	Дискование	34,7		39,4	

В начале вегетации сахарной свеклы твердость почвы в слое 0-25 см на вариантах дискования увеличилась на 12,7 кг/см^2 по сравнению с вариантами глубокой отвальной обработки, перед уборкой – на 13,7 кг/см^2. В конце вегетации сахарной свеклы твердость почвы в слоях 15-20 и 20-25 см достигала величины 44,9-45,2 кг/см^2, что оказывало неблагоприятное влияние на развитие растений.

Таблица 3.11 – Твердость почвы в зависимости от различных систем обработки чернозема выщелоченного под сахарную свеклу (опыт № 5, 2006-2008 гг.), кг/см^2

Сроки взятия образцов	Слой почвы, см	Системы обработки почвы		Залежь	НСР$_{05}$, кг/см^2
		Мелкая мульчирующая	Совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка		
Третья пара настоящих листьев	0-5	12,1	8,4	10,5	8,0
	5-10	21,4	21,1	12,2	10,0
	10-15	28,0	26,6	13,5	6,0
	15-20	33,0	27,8	13,8	8,2
	20-25	35,8	29,6	13,5	10,1
	0-25	26,1	22,7	12,7	9,1
Смыкание рядков	0-5	12,4	11,9	12,3	4,9
	5-10	23,9	31,0	13,8	9,4
	10-15	31,2	36,8	14,5	10,0
	15-20	32,9	37,0	14,5	11,6
	20-25	33,3	38,9	16,3	12,6
	0-25	26,7	31,1	14,3	8,7
Перед уборкой	0-5	11,2	12,9	17,4	6,1
	5-10	25,8	52,6	17,5	20,4
	10-15	33,1	55,0	20,2	15,6
	15-20	34,5	56,9	21,3	14,1
	20-25	34,4	56,3	21,6	15,8
	0-25	27,8	46,7	19,6	19,0

Анализ данных, полученных в стационарном опыте № 4, показал, что при проведении под ячмень дискования на глубину 8-10 см твердость почвы в слое 0-25 см увеличилась на 36-75% в зависимости от сроков взятия образцов по сравнению со вспашкой (приложение 3.4).

В наших исследованиях между плотностью и твердостью почвы наблюдается прямая линейная корреляционная зависимость, степень корреляционной связи сильная: r = 0,734.

Максимальные различия значений твердости наблюдаются при сравнении почвы залежного участка со старопахотными почвами, где более 6 лет проводились различные системы минимальной обработки почвы (опыт № 5, табл. 3.11). При нулевой и при мульчирующей системах обработки чернозема выщелоченного отмечается сильное увеличение твердости почвы (более 30-50 кг/см^2).

Максимальное увеличение твердости почвы наблюдалось перед уборкой сахарной свеклы по нулевой обработке в слоях 5-25 см – 52,6-59,9 кг/см^2, что в соответствии с классификацией М.И. Сидорова, Н.И. Зезюкова (1992) относится к очень плотной почве [368]. В верхнем слое 0-5 см твердость почвы по мульчирующей и нулевой обработкам была минимальной и изменялась в интервале от 8,4 до 12,9 кг/см^2.

3.3. Структура почвы

Физические свойства почвы являются одним из основных показателей почвенного плодородия, условием получения высоких и устойчивых урожаев полевых культур. А.А. Измаильский (1949), П.А. Костычев (1949) считали почвенную структуру главным условием улучшения физических свойств почв [161, 217]. По мнению В.Р. Вильямса (1938), Н.А. Качинского (1965), плодородие почвы во многом зависит от структурного состояния, в структурной почве продуктивность выше по сравнению с бесструктурными поч-

вами [75, 180]. В. Р. Вильямс (1951) считал структуру главным фактором плодородия и с целью ее сохранения для всех зон страны рекомендовал травопольную систему земледелия и единую систему обработки почвы отвальными плугами [76].

Структура почвы оказывает влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почв, микробиологическую деятельность и образование в почве доступных питательных веществ (Доспехов Б.А., 1978) [136]. Длительная распашка целинных почв при возделывании сельскохозяйственных культур сопровождается разрушением структуры, образованием глыб и пыли.

На пашне по сравнению с целиной уменьшается содержание агрономически ценных агрегатов (Адерихин П.Г., 1964) [6]. По данным В.В. Медведева (1988), при длительной обработке черноземов снижается содержание водоустойчивых агрегатов, коэффициент структурности уменьшается в 2 раза по сравнению с залежью [257].

В исследованиях А.П. Щербакова, И.И. Васенева (1999) при длительном использовании типичного чернозема содержание зернистой фракции размером 1-3 мм падало в 2-3 раза, содержание глыбистой фракции возрастало с 2-5% до 50-59% [462].

Различное сельскохозяйственное использование оказывает различное влияние на структурное состояние чернозема выщелоченного (табл. 3.12).

Почва под естественной растительностью имела максимальное содержание водопрочных агрегатов в пределах 80-82% (табл. 3.12). В структурно-агрегатном составе (сухой рассев) зернистая фракция (1-3 мм) преобладала – до 32-36%.

На варианте бессменного пара количество водопрочных агрегатов сократилось в 2-2,5 раза. В верхнем слое почвы (0-10 см) произошло увеличение количества пыли – до 20%; в нижних горизонтах отмечено увеличение до 38-39% глыбистой фракции.

Таблица 3.12 – Структурное состояние и плотность чернозема выщелоченного Опытной станции ВГАУ (Пичугин А.П., 2002) [318]

Виды сельскохозяйственного использования	Слой почвы, см	Показатели							
		Структурно-агрегатный состав, %						Водопрочная структура, %	Плотность почвы, г/см^3
		> 7 мм	7-5 мм	5-3 мм	3-1 мм	1-0,25 мм	< 0,25 мм		
Целина	0-10	7,2	10,6	25,7	36,3	11,8	8,4	80,4	0,94
	10-20	11,5	12,7	23,9	32,6	11,2	8,1	82,4	0,95
	20-30	8,3	17,9	21,0	32,9	16,8	3,0	81,3	0,97
Залежь	0-10	9,4	8,5	17,3	39,4	13,8	11,6	59,7	1,02
	10-20	17,1	12,3	22,3	32,3	9,2	6,7	68,0	1,16
	20-30	11,2	10,1	17,2	37,0	14,0	10,5	61,1	1,20
Бессменный пар	0-10	13,0	16,5	9,1	18,6	22,7	20,1	30,9	1,09
	10-20	38,7	12,6	8,0	11,2	19,2	10,3	34,1	1,07
	20-30	39,6	8,4	9,7	19,9	13,3	9,1	40,1	1,12

Уменьшение содержания водопрочных агрегатов в черноземных почвах ниже 40% отрицательно сказывается на физических свойствах, в том числе на водопроницаемости (Кирюшин В.И., 2006) [192].

Для оценки водопрочной структуры почв среднего и тяжелого гранулометрического состава и отвечающего ей сложения почв И.В. Кузнецова (1979) предложила ориентировочную шкалу оценки, приведенную в таблице 3.13 [230].

Верхний предел указанных в таблице интервалов содержания водопрочных агрегатов относится к черноземным почвам, нижний предел – к дерново-подзолистым почвам. На структурных почвах с хорошим и отличным содержанием водопрочных агрегатов и оптимальным сложением создаются условия для минимализации обработки почвы, вплоть до отказа от основной обработки.

Таблица 3.13 – Оценка структуры и сложения пахотного слоя почв (Кузнецова И.В., 1979) [230]

Содержание водопрочных агрегатов размером > 0,25, %	Оценка		Равновесная плотность сложения, г/см^3	Оценка плотности сложения
	водопрочности структуры	устойчивости сложения по структуре		
< 10	Неводопрочная	Неустойчивое	> 1,5	Очень плотное
10-20	Неудовлетворительная	Неустойчивое	1,4-1,5	Очень плотное
20-30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое	1,3-1,4	Плотное
30-40	Удовлетворительная	Устойчивое	1,2-1,3	Уплотненное
40-60	Хорошая	Устойчивое	1,1-1,2	Оптимальное для большинства культур
60-75 (80)	Отличная	Высокоустойчивое	1,0-1,2	Оптимальное для большинства культур
75 (80)	Избыточно высокая	Высокоустойчивое	< 1,0	Рыхлое (пашня вспушена)

П.В. Вершинин (1959), С.Н. Тайчинов, М.М. Хамидуллин (1963), Д.И. Буров (1972), В.И. Румянцев, Р.А. Салихов (1986) и другие авторы большое значение придавали обработке почвы как способу улучшения структуры [74, 392, 59, 347]. Исследования последних лет показывают, что интенсивная механическая обработка приводит к ухудшению структурных качеств почвы, в то время как минимализация обработки почвы способствует некоторому увеличению водопрочных структурных агрегатов (Доспехов Б.А., 1978; Пупонин А.И., 1984; Макаров И.П., 1984; Шикула Н.К., 1990; Карпович К.И., Якунин А.И., 2006 и др.) [136, 329, 249, 454, 173].

В наших исследованиях длительное использование плоскорезной обработки почвы, при которой отсутствовало взаимное перемешивание и перемещение, привело к дифференциации пахотного слоя на различные по агрегатному составу нижнюю и верхнюю части (опыт № 1, табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Влияние различных приемов основной обработки почвы на содержание воздушно-сухих частиц > 0,25 мм (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, %
		20-22	25-27	30-32	35-37				
Всходы	0-10	4,8	8,6	7,2	9,2	8,0	11,5	7,3	5,8
	10-20	5,4	4,4	3,0	7,5	5,5	4,6	4,8	2,5
	20-30	4,5	3,5	4,0	5,0	6,9	3,7	2,9	2,6
	30-40	4,0	6,5	3,5	4,3	4,7	4,9	4,8	2,7
	0-40	4,7	5,8	4,4	6,5	6,3	6,2	5,0	3,9
Цветение	0-10	4,9	3,8	6,9	6,1	5,8	5,7	6,5	5,1
	10-20	4,7	4,1	4,0	5,7	5,1	4,3	3,6	2,9
	20-30	4,7	4,7	3,9	7,4	5,8	4,3	5,3	3,4
	30-40	5,2	4,6	4,5	7,0	6,0	4,0	5,6	2,8
	0-40	4,9	4,3	4,8	6,6	5,7	4,6	5,2	4,3
Созревание	0-10	5,2	6,0	5,5	6,7	5,1	6,8	6,1	3,8
	10-20	3,6	5,3	3,9	4,6	4,0	3,8	5,1	3,4
	20-30	2,8	4,5	4,3	4,6	3,6	3,4	4,8	2,9
	30-40	3,4	6,4	4,0	6,5	4,0	4,0	4,7	3,2
	0-40	3,8	5,6	4,4	5,6	4,2	4,5	5,2	3,4

В верхнем (0-10 см) слое почвы в начальный период вегетации по безотвальным обработкам возросло количество пылеватых частиц, в нижних горизонтах их содержание находилось на уровне контроля. В слое почвы 0-10 см содержание воздушно-сухих частиц менее 0,25 мм по плоскорезной обработке увеличилось на 6,7%, по безотвальному рыхлению – на 2,5% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

В отдельные годы содержание пылеватых частиц на варианте плоскорезной обработки превышало величину 15%, при которой начинается ухудшение физических свойств почвы (Семихненко П.Г., Ярославская П.Н., 1977; Медведев В.В., 1988) [366, 257].

Полученные данные свидетельствуют о некотором распыляющем действии безотвальных способов обработки почвы, которое усиливается за счет ежегодного воздействия на один и тот же (верхний) слой почвы ходовых частей и рабочих органов сельскохозяйственной техники.

При увеличении глубины оборачиваемого слоя с 20-22 см до 35-37 см в фазу всходов гороха наблюдалось некоторое увеличение пылеватых частиц в слое почвы 0-10 см, что явилось, вероятнее всего, результатом выноса в верхние горизонты нижней, менее плодородной части почвы при глубокой вспашке.

К концу вегетации растений различия по микроагрегатному составу почвы в зависимости от приемов обработки по вариантам опыта сглаживаются, чему способствовали такие факторы, как развитие корневой системы растений, попеременное иссушение и увлажнение верхнего горизонта почвы.

Определение водопрочности структурных агрегатов показало, что по всем вариантам опыта их содержание находилось в пределах оптимальной величины – 70-80% (Кузнецова И.В., 1979; Медведев В.В., 1986) [230, 258].

Различные способы и глубина основной обработки почвы в наших исследованиях существенно не повлияли на водопрочность структурных агрегатов (табл. 3.15).

Таблица 3.15 – Влияние различных приемов основной обработки почвы на содержание водопрочных агрегатов (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, %
		20-22	25-27	30-32	35-37				
Всходы	0-10	69,5	74,6	67,0	67,4	69,0	75,0	70,1	8,9
	10-20	72,0	74,9	69,5	67,7	73,9	67,3	74,3	10,1
	20-30	69,4	72,5	75,0	73,8	65,7	72,2	74,2	8,7
	30-40	74,8	73,1	76,5	72,3	73,3	68,7	75,0	9,6
	0-40	71,4	73,8	72,1	70,3	70,5	70,8	73,4	7,2
Цветение	0-10	67,7	74,0	73,3	69,3	69,2	71,3	70,1	6,4
	10-20	71,9	71,2	68,9	70,9	73,4	68,9	74,3	9,9
	20-30	72,7	70,9	70,5	71,8	70,1	73,5	74,2	5,1
	30-40	73,8	69,0	74,2	67,8	71,7	76,0	75,0	11,0
	0-40	71,6	71,1	71,7	69,9	71,1	72,4	73,4	5,9
Созревание	0-10	68,8	67,9	69,7	68,8	73,3	72,4	68,4	9,3
	10-20	73,8	75,0	70,1	70,5	76,7	70,9	68,6	8,3
	20-30	70,8	74,6	74,5	72,6	73,5	73,9	73,2	9,0
	30-40	76,2	69,7	76,1	69,9	76,5	73,4	74,8	6,6
	0-40	72,4	71,8	72,2	70,5	75,0	72,6	71,3	5,3

В фазу всходов гороха на вариантах применения плоскорезной обработки наблюдалось незначительное снижение общего количества водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм в слое 0-40 см по сравнению с вариантом вспашки на глубину 20-22 см. На варианте применения ежегодной вспашки на глубину 25-27 см отмечается тенденция увеличения количества водопрочных агрегатов.

Дальнейшее углубление вспашки до 35-37 см практически не повлияло на водопрочность структурных агрегатов. К концу периода вегетации на варианте разноглубинной обработки в севообороте отмечалось увеличение количества водопрочных агрегатов в слое 0-40 см по отношению к контрольному варианту.

Определенной закономерности по влиянию различных способов и глубины основной обработки почвы на водоустойчивость агрегатов в наших исследованиях не обнаружено.

Исследования показали (опыт № 3), что содержание водопрочных агрегатов в слое почвы 0-30 см не зависело от предшественников ячменя и от приемов основной обработки (табл. 3.16).

По всем изучаемым вариантам содержание водопрочных структурных агрегатов было в пределах 57-66%, что в соответствии со шкалой, предложенной И.В. Кузнецовой (1979) [230], позволяет оценить состояние черноземных почв как хорошее, при котором возможно использовать приемы минимализации основной обработки почвы.

Различные способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на содержание воздушно-сухих агрегатов в слое почвы 0-30 см.

Количество макроагрегатов по результатам воздушно-сухого рассева составляло 72-75%, разница по вариантам опыта математически не доказуема.

Таблица 3.16 – Структурное состояние слоя почвы 0-30 см в зависимости от приемов основной обработки чернозема выщелоченного под ячмень в среднем за вегетацию (опыт № 3, 2007-2009 гг.), %

Содержание в навеске, %	Слой почвы, см	Варианты опыта					
		Предшественник – кукуруза на силос			Предшественник – сахарная свекла		
		Вспашка на глубину 20-22 см (ПН-4-35)	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см (КПЭ-3,8)	$НСР_{05}$, %	Вспашка на глубину 20-22 см (ПН-4-35)	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см (КПЭ-3,8)	$НСР_{05}$, %
Бесструктурных частиц < 0,25 мм	0-10	6,50	2,42	5,6	7,96	5,60	3,5
	10-20	5,05	2,54	2,9	6,0	5,51	2,1
	20-30	5,35	3,17	3,5	5,36	5,26	1,1
	0-30	5,63	2,71	4,1	6,44	5,46	1,9
Бесструктурных агрегатов > 10 мм	0-10	22,1	20,6	4,0	20,4	20,2	3,0
	10-20	22,2	21,2	3,8	23,5	19,5	6,1
	20-30	20,6	20,6	1,5	19,8	19,0	1,9
	0-30	21,7	20,8	3,9	21,3	19,6	1,8
Воздушно-сухих агрегатов (0,25-10 мм)	0-10	71,4	77,0	9,5	71,6	74,2	4,5
	10-20	72,7	76,3	7,6	70,5	75,0	7,4
	20-30	74,0	76,2	6,2	74,8	75,7	3,6
	0-30	72,7	76,5	7,1	72,3	75,0	4,9
Водопрочных агрегатов	0-10	57,2	62,3	7,9	59,5	60,7	2,1
	10-20	57,8	64,4	8,3	57,4	64,9	8,1
	20-30	60,1	61,4	3,9	66,6	60,1	8,4
	0-30	58,4	62,7	5,1	61,2	61,9	5,0

Анализ основных показателей структурно-агрегатного состава чернозема выщелоченного показал ухудшение агрофизических свойств при длительном сельскохозяйственном использовании (табл. 3.17). Почва залежного участка не обрабатывалась с 1992 г., и за 15 лет под действием естественной растительности (корневищные злаки, стержнекорневые растения) содержание наиболее агрономически ценных агрегатов (воздушно-сухой рассев) в слое 0-30 см достигло 92,6%, водопрочных агрегатов – 73,8%, что по шкале оценки структурного состояния (Кузнецова И.В., 1979) соответствует отличному состоянию. Аналогичные показатели структурно-агрегатного состава отмечены в почве под лесной полосой.

Таблица 3.17 – Структурное состояние слоя почвы 0-30 см в зависимости от систем обработки чернозема выщелоченного (опыт № 5, 2006-2008 гг.), %

Содержание в навеске, %	Слой почвы, см	Варианты опыта					
		Залежь (опытная станция ВГАУ)	Лесная полоса (опытная станция ВГАУ)	Системы обработки почвы			$НСР_{05}$, %
				Комбинированная (опытная станция ВГАУ)	Мелкая мульчирующая	Совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка	
Бесструктурных частиц < 0,25 мм	0-10	2,32	2,60	6,99	3,60	2,90	1,9
	10-20	0,64	5,12	1,37	2,70	0,70	6,1
	20-30	0,82	3,96	1,32	3,15	1,15	3,9
	0-30	1,26	3,02	3,23	3,15	1,58	2,5
Бесструктурных агрегатов > 10 мм	0-10	5,07	6,54	8,61	16,30	20,90	8,4
	10-20	6,07	4,36	27,7	43,30	46,50	21,0
	20-30	6,70	9,30	27,3	40,30	51,40	14,8
	0-30	6,18	6,73	21,2	33,30	39,60	18,2
Воздушно-сухих агрегатов (0,25-10 мм)	0-10	92,6	90,9	84,4	80,1	76,2	8,9
	10-20	93,3	92,5	70,9	54,0	52,8	21,4
	20-30	92,5	86,7	71,4	56,6	47,4	19,9
	0-30	92,6	90,2	75,6	63,6	58,8	21,3
Водопрочных агрегатов	0-10	78,4	74,8	66,7	76,2	57,4	17,1
	10-20	73,1	72,0	67,9	52,8	64,7	8,9
	20-30	69,8	62,0	68,3	47,4	70,5	23,4
	0-30	73,8	69,6	67,6	58,8	64,2	16,5

Любая система обработки почвы (отвальная, мульчирующая, нулевая) существенно изменяет агрофизические свойства чернозема выщелоченного. При сравнении почвы залежного участка и после применения системы комбинированной обработки (стационарный опыт № 4 кафедры земледелия ВГАУ) отмечено, что количество агрономически ценных агрегатов в слое 0-30 см уменьшилось на 26%, на 10% снизилась их водопрочность, в четыре раза повысилось содержание глыбистой фракции при сухом рассеве (агрегаты крупнее 10 мм).

Снижение интенсивности обработки не оказало положительного влияния на показатели структурно-агрегатного состава чернозема выщелоченного. При отсутствии основной обработки почвы (прямой сев) в течение 6 лет

или при мелкой мульчирующей обработке наблюдалось резкое увеличение глыбистой фракции в слоях 10-20 и 20-30 см.

На основании анализа полученных данных нами предложена шкала оценки степени выпаханности (деградации) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия черноземов, позволяющая определять пригодность почвы к минимализации основной обработки (табл. 3.18). Расчет степени выпаханности проводится по 4-балльной усовершенствованной шкале, в отличие от 5-балльной, предложенной Ф.И. Козловским, В.А. Чаплиным (1994) [201]. Кроме плотности и морфологических признаков оценки выпаханности черноземов, в шкалу были внесены показатели твердости почвы, содержание глыбистой фракции, на основании которых оценивается пригодность почв к минимализации основной обработки и приводятся рекомендуемые системы основной обработки почвы в севообороте.

В соответствии с усовершенствованной шкалой:

- к невыпаханным и слабовыпаханным черноземам относятся почвы, имеющие оценку 1-2 балла (плотность пахотного слоя соответствует оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур, признаки агрофизической деградации почв отсутствуют или проявляются в незначительной степени);

- к средневыпаханным – имеющие оценку 3 балла (плотность в слое 0-30 см составляет 1,3-1,4 г/см^3, наблюдается наличие глыбистой структуры в пределах 40% и плужной подошвы);

- к сильновыпаханным – имеющие оценку 4 балла (плотность в слое 0-30 см составляет более 1,4 г/см^3, твердость – 50-100 кг/см^2, содержание глыбистых агрегатов достигает 40-60%, наблюдается наличие плужной подошвы).

На основании оценки степени выпаханности (деградации) почв определяется их пригодность к минимализации основной обработки: 1-2 балла – пригодные, 3 балла – малопригодные, 4 балла – непригодные.

Применение приемов минимализации основной обработки может быть эффективным и рекомендуется на почвах, устойчивых к уплотнению, невыпаханных или слабовыпаханных.

Таблица 3.18 – Оценка степени деградации (выпаханности) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия

Оценка, балл	Степень выпаханности почв / пригодности к минимализации	Показатели агрофизической деградации почв			Рекомендуемые системы основной обработки почвы в севообороте
		Плотность, г/см^3	Твердость, кг/см	Содержание агрегатов >10 мм, %	
1	Невыпаханные – пригодные	1,1-1,2	10-25	до 10	- отвальная; - безотвальная; - комбинированная разноглубинная; - мелкая мульчирующая, совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка
2	Слабовыпаханные – пригодные	1,2-1,3	25-30	10-30	
3	Средневыпаханные – малопригодные	1,3-1,4; наличие признаков плужной подошвы	30-50	30-40	- отвальная, - безотвальная, - комбинированная разноглубинная с периодической мелкой и поверхностной обработкой под озимые после занятых паров и непаровых предшественников и под яровые зерновые после пропашных культур совместно с использованием биологических приемов воспроизводства плодородия черноземных почв
4	Сильно выпаханные – непригодные	>1,4; выражена плужная подошва	50-100	40-60	- отвальная, - безотвальная, - комбинированная разноглубинная обработка с обязательным применением приемов биологизации (сидеральные пары, пожнивная сидерация, многолетние травы, оставление нетоварной части урожая, внесение навоза, дефеката)

3.4. Режим влажности почвы

Почвенная влага является одним из главных элементов плодородия почвы и важнейшим фактором, определяющим условия произрастания сельскохозяйственных культур. В ЦЧР влага находится в минимуме и согласно закону минимума, оптимума и максимума во многом определяет величину и качество урожая. В связи с этим одна из основных задач зонального земледелия состоит в накоплении, сохранении и рациональном использовании влаги сельскохозяйственными растениями. К мерам, улучшающим водный режим почвы, относятся рекомендации по созданию оптимальных агрофизических и агрохимических параметров черноземных почв, по снижению количества сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. В исследованиях Г.И. Казакова (1997) минимальный расход почвенной влаги растениями достигается на черноземах среднесуглинистого гранулометрического состава при плотности почвы 1,10-1,15 г/см^3 [168]. Увеличение количества многолетних сорных растений до 3-5 шт./м^2 повышает расход доступной влаги на создание 1 ц продукции на 0,5 мм.

Большое значение в накоплении, сохранении и использовании почвенной влаги принадлежит приемам основной обработки почвы. Основная обработка, изменяя физические свойства почвы, влияет на режим ее влажности, процессы водопотребления сельскохозяйственных культур.

Исследования, проведенные в стационарном опыте № 1, показали, что ко времени посева гороха содержание доступной влаги в слое почвы 0-20 см по всем вариантам опыта соответствовало норме – 25-30 мм (Пупонин А.И., 1984) [329].

Различия в плотности (табл. 3.5) и содержании агрономически ценных структурных агрегатов (табл. 3.15) по различным способам и глубине основной обработки почвы во многом обусловили различия в содержании доступной влаги по вариантам исследования.

Длительное применение безотвальных обработок почвы под все культуры севооборота (в течение 19 лет) способствовало снижению запасов доступной влаги в слое почвы 0-150 см под горохом (табл. 3.19). За осенне-зимний период больше влаги накапливалось на вариантах отвальной обработки вследствие более высокой скважности и меньшей плотности почвы по сравнению с безотвальными приемами обработки почвы.

На снижение водопроницаемости при обработке почвы без оборота пласта оказало влияние ухудшение структурного состава верхнего (0-10 см) слоя почвы. В слое 0-150 см в фазу всходов гороха содержание доступной влаги по безотвальным обработкам было на 7-11% ниже по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. Меньшее содержание влаги на вариантах плоскорезной обработки и обработки плугом без отвалов наблюдалось до конца периода вегетации гороха.

Увеличение глубины основной обработки почвы способствовало бóльшему накоплению влаги осенних и зимних осадков. Более рыхлое сложение почвы по глубоким обработкам увеличивало фильтрацию влаги в почву. Предыдущими исследованиями В.А. Гулидовой (1980) в данном стационарном опыте установлено увеличение водопроницаемости почвы при углублении обработки с 20-22 см до 35-37 см и отмечается снижение водопроницаемости по безотвальным обработкам [121].

Особенно существенная разница в содержании доступной влаги прослеживалась в более глубоких почвенных горизонтах. Так, в начале вегетации гороха доступной влаги по вспашке на глубину 20-22 см в полутораметровом слое почвы содержалось 223,9 мм, по вспашке на глубину 35-37 см – 258,5 мм, в метровом слое – соответственно 152,8 и 171,9 мм.

В верхнем слое почвы 0-20 см различия в содержании доступной влаги в зависимости от глубины основной обработки почвы были не существенными, однако наблюдалась тенденция увеличения содержания доступной влаги с увеличением глубины обработки почвы.

Таблица 3.19 – Содержание доступной влаги в почве под горохом в зависимости от способов и глубины основной обработки чернозема обыкновенного (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мм

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, мм
		20-22 (к)	25-27	30-32	35-37				
Всходы	0-20	27,5	29,8	30,8	28,1	26,1	26,8	24,9	2,6
	0-50	70,5	73,0	76,4	75,9	68,7	68,1	65,0	5,4
	0-100	152,8	141,0	148,3	171,9	145,8	134,6	136,0	17,6
	0-150	223,9	210,1	217,4	258,5	221,7	206,2	200,3	20,4
Цветение	0-20	10,9	9,5	10,1	10,9	9,1	8,5	8,7	4,2
	0-50	23,8	22,3	23,1	26,3	21,9	18,0	20,3	5,3
	0-100	75,4	72,5	68,2	84,8	74,0	61,6	66,3	10,2
	0-150	143,3	138,2	130,3	158,1	138,9	125,2	129,2	17,2
Созрева-ние	0-20	17,8	20,5	20,2	17,7	19,1	17,8	14,1	3,7
	0-50	28,8	32,7	35,5	31,9	33,4	31,3	26,5	6,5
	0-100	69,9	76,6	80,4	76,6	72,6	70,3	62,7	6,5
	0-150	141,8	149,5	149,4	147,2	137,4	134,6	130,2	7,6

Увеличение содержания доступной влаги по отвальной обработке на 35-37 см в полутораметровом слое почвы прослеживалось до конца вегетации гороха.

Наблюдения за режимом влажности под озимой пшеницей показали, что безотвальные приемы основной обработки почвы не способствовали снижению содержания доступной влаги. Осеннее определение содержания доступной влаги под озимой пшеницей не показало преимущества отвального или безотвального способа обработки по количеству влаги в слое почвы 0-20 см. Содержание доступной влаги в исследуемые годы по всем вариантам опыта было близким к норме и не лимитировало продуктивность озимой пшеницы (табл. 3.20).

Весной по глубокой отвальной обработке почвы наблюдалось математически достоверное увеличение содержания доступной влаги в метровом и полутораметровом слоях почвы по сравнению с контрольным вариантом. В слое почвы 0-20 см запасы доступной влаги по всем вариантам отвальной обработки почвы были одинаковыми. Перед уборкой озимой пшеницы существенных различий по содержанию доступной влаги в зависимости от различных приемов основной обработки почвы не установлено.

Как показали исследования, при сравнении различных приемов основной обработки под сахарную свеклу в краткосрочном опыте № 2 существенных различий запасов доступной влаги в пахотном слое и метровом слое чернозема обыкновенного не отмечено (табл. 3.21).

Исследования в краткосрочном опыте № 2 на черноземе обыкновенном не показали существенной разницы в накоплении доступной влаги в метровом слое почвы по глубокой двухъярусной вспашке, плоскорезной обработке и рыхлению чизельной стойкой параплау.

Таблица 3.20 – Содержание доступной влаги под озимой пшеницей в зависимости от различных способов и глубины основной обработки чернозема обыкновенного (опыт № 1, 1985-1986 гг.), мм

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под озимую пшеницу лемешное лущение на глубину 10-12 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под озимую пшеницу на глубину 10-12 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, мм
		20-22 (к)	25-27	30-32	35-37				
Всходы	0-20	27,3	25,3	24,9	24,4	26,8	26,5	28,8	2,3
	0-50	59,2	51,6	47,8	53,2	58,0	59,7	69,3	9,4
	0-100	98,6	91,6	81,8	117,7	99,4	97,4	153,5	26,9
Начало выхода в трубку	0-20	28,0	31,6	28,1	28,9	26,0	28,3	28,8	6,3
	0-50	70,8	76,3	71,6	73,8	67,6	74,0	73,8	6,2
	0-100	137,2	146,4	143,0	150,6	136,2	143,5	146,0	11,6
	0-150	213,4	224,8	221,3	231,7	206,4	217,6	219,4	16,5
Цветение	0-20	0,2	1,5	1,9	1,6	1,6	3,9	3,2	3,6
	0-50	2,2	8,0	9,2	17,0	7,7	14,5	18,3	16,0
	0-100	27,4	44,2	34,8	67,9	44,4	52,5	77,7	35,6
	0-150	86,4	106,0	94,7	132,9	107,2	120,3	150,0	20,4
Созревание	0-20	10,2	14,0	13,0	13,0	12,7	10,4	11,5	5,6
	0-50	18,6	21,6	19,4	19,2	16,0	15,2	17,8	8,9
	0-100	43,4	44,3	40,8	39,9	28,2	34,0	36,0	14,0
	0-150	98,0	101,4	84,8	94,2	79,0	87,2	97,5	17,0

Таблица 3.21 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под сахарную свеклу на содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см (опыт № 2, 1990-1992 гг.), мм

Слой почвы, см	Способы основной обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев				Перед уборкой			
		1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-20	Двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см	42,4	33,9	33,2	36,5	36,7	3,1	29,8	23,2
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	38,5	35,0	36,1	36,5	39,3	2,9	28,6	23,6
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	38,1	34,3	34,8	35,7	37,6	3,9	33,3	24,9
	$НСР_{05}$, мм	2,8	3,3	3,8	-	2,8	3,8	6,2	-
0-50	Двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см	103,8	82,1	83,3	89,7	80,9	10,4	43,4	44,9
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	92,8	87,7	83,2	87,9	80,8	5,2	37,0	41,0
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	97,4	86,6	84,2	89,4	75,4	8,7	51,8	45,3
	$НСР_{05}$, мм	6,6	8,9	6,8	-	9,4	8,4	11,4	-
0-100	Двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см	197,7	181,8	155,8	178,4	147,6	33,6	59,4	80,2
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	175,2	170,9	159,8	168,6	142,5	21,1	51,6	71,7
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	187,8	165,4	190,0	181,1	132,4	21,4	82,0	72,6
	$НСР_{05}$, мм	15,1	18,7	13,3	-	28,0	10,4	19,5	-

В начале вегетации сахарной свеклы в среднем за три года наибольшее количество доступной влаги в метровом слое почвы было на варианте обработки почвы параплау на глубину 3-12 мм. По годам наблюдаются различия в накоплении влаги в зависимости от вариантов опыта. Проведение под сахарную свеклу двухъярусной вспашки повысило содержание влаги в 1990 и 1991 гг. (существенное в отдельные годы исследований). В 1993 г. основная обработка с использованием чизельной стойки параплау способствовала существенному повышению содержания доступной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации сахарной свеклы по сравнению с другими вариантами опыта. В верхних слоях почвы 0-20 см и 0-50 см разница в содержании влаги по вариантам опыта была незначительной и составила всего 1-2 мм.

Перед уборкой сахарной свеклы существенных различий в запасах влаги в верхнем (0-20 см) слое почвы в зависимости от приемов основной обработки почвы не наблюдалось. Наибольшее количество доступной влаги в метровом слое почвы в среднем за три года исследований в конце вегетации отмечено на варианте глубокой отвальной обработки почвы (табл. 3.20).

В краткосрочном опыте № 2 кроме приемов основной обработки почвы изучались три системы основной обработки под сахарную свеклу и подсолнечник (приложение 3.5). Проведение в системе основной обработки дополнительных поверхностных обработок существенно не изменило содержание доступной влаги в слое почвы 0-20 см (независимо от приемов основной обработки почвы) в начале вегетации сахарной свеклы. Разница в содержании влаги в слоях почвы 0-20 см и 0-50 см между обычной зяблевой обработкой и улучшенной обработкой с элементами полупара составила всего 1-2 мм. Выравнивание зяби в осенний период способствовало меньшему накоплению влаги осенне-зимних осадков и переводу влаги в более глубокие слои почвы. В метровом слое почвы весной доступной влаги по улучшенной зяби с элементами полупара было существенно меньше по сравнению с обычной зяблевой обработкой почвы на 6-12 мм (независимо от приемов основной обработки почвы).

В опыте с ячменем содержание почвенной влаги по вариантам опыта в верхних слоях почвы не различалось в оба срока исследований (табл. 3.22). В метровом слое почвы в начале вегетации по отвальной обработке из трех лет наблюдений в двух отмечалось достоверное увеличение содержания доступной влаги по сравнению с плоскорезной обработкой и с рыхлением почвы параплау. Перед уборкой ячменя содержание влаги по всем вариантам обработки почвы практически выравнивалось, особенно в верхних слоях почвы.

Наблюдения за содержанием почвенной влаги в период всходов подсолнечника показали, что влажность почвы в метровом слое на вариантах безотвальной обработки почвы была на 6,8-10,8% меньше, чем на вариантах вспашки на ту же глубину (табл. 3.23). В 1992-1993 гг. наблюдалось достоверное снижение доступной влаги в слое почвы 100 см при проведении под подсолнечник глубокой плоскорезной обработки и обработки чизельной стойкой параплау. В 1994 г. применение плоскорезной обработки под подсолнечник существенно повысило содержание доступной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации культуры. В верхних горизонтах различия в содержании влаги по вариантам опыта были минимальными, за исключением 1992 г., когда наблюдалось достоверное увеличение содержания доступной влаги в слое почвы 0-30 см по обработке параплау.

Перед уборкой на вариантах применения глубокого безотвального рыхления наблюдалось существенное снижение содержания почвенной влаги в метровом слое почвы во все годы исследований (табл. 3.22). Содержание доступной влаги в метровом слое почвы на вариантах безотвальной обработки было на 14,9-17,1 мм меньше, чем по отвальной обработке. Применение в течение трех лет безотвальных приемов основной обработки почвы (обработка плоскорезом и параплау) в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник привело к росту засоренности посевов, что может являться одной из причин снижения запасов влаги в почве данных вариантов опыта.

Таблица 3.22 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см (опыт № 2, 1991-1993 гг.), мм

Слой почвы, см	Способы основной обработки почвы	Фазы развития растений							
		Кущение				Полная спелость			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
0-20	Вспашка на глубину 20-22 см	25,1	23,8	23,2	24,0	5,4	20,4	23,2	16,3
	Плоскорезная обработка на глубину 20-22 см	25,4	24,4	24,7	24,8	2,2	13,5	24,7	13,5
	Обработка параплау на глубину 20-22 см	28,5	22,4	21,9	24,3	4,3	17,6	27,4	16,4
	$НСР_{05}$, мм	8,7	2,7	4,4	-	9,8	5,3	12,5	-
0-50	Вспашка на глубину 20-22 см	73,1	58,0	55,8	62,3	13,1	52,4	55,8	40,4
	Плоскорезная обработка на глубину 20-22 см	70,5	58,8	56,8	62,0	6,7	43,6	60,2	36,8
	Обработка параплау на глубину 20-22 см	72,3	53,8	52,7	59,6	13,1	49,7	52,7	38,5
	$НСР_{05}$, мм	11,3	4,3	10,0	-	18,2	7,5	7,8	-
0-100	Вспашка на глубину 20-22 см	181,3	133,0	112,6	142,3	49,3	111,1	112,6	91,0
	Плоскорезная обработка на глубину 20-22 см	149,1	116,2	129,0	131,4	34,2	101,5	129,0	88,2
	Обработка параплау на глубину 20-22 см	146,5	113,3	110,6	123,5	37,3	96,4	110,5	81,4
	$НСР_{05}$, мм	19,4	11,3	14,5	-	23,1	22,2	14,5	-

Таблица 3.23 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под подсолнечник на содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см (опыт № 2, 1992-1994 гг.), мм

Слой почвы, см	Способы основной обработки почвы	Фазы развития растений							
		Всходы				Полная спелость			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
0-20	Вспашка на глубину 25-27 см	27,8	25,4	34,8	29,3	29,3	31,8	8,0	23,0
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	28,8	24,7	35,9	29,8	29,3	32,2	8,9	23,4
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	34,2	27,2	36,7	32,7	31,1	30,2	10,0	23,8
	$НСР_{05}$, мм	6,3	7,7	8,1	-	1,4	2,1	4,3	-
0-50	Вспашка на глубину 25-27 см	72,6	68,6	92,6	77,9	58,5	76,1	21,3	51,9
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	63,0	67,7	93,6	74,8	50,7	77,2	22,0	49,9
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	72,7	73,4	95,3	80,5	57,9	71,2	18,3	49,1
	$НСР_{05}$, мм	8,9	7,9	7,3	-	3,7	5,1	7,1	-
0-100	Вспашка на глубину 25-27 см	176,9	160,3	198.3	178,5	108,9	158,1	51,7	106,2
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	128,2	138,8	20,6	159,2	81,0	146,4	40,0	89,1
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	136,5	154,2	208,6	166,4	102,8	136,4	34,8	91,3
	$НСР_{05}$, мм	24,5	11,3	17,0	-	16,1	8,1	10,8	-

Однократное применение приемов основной обработки почвы под ячмень после разных предшественников (на фоне отвальной обработки) не позволило установить определенной закономерности в изменении показателей почвенной влаги в краткосрочном опыте № 3 (приложение 3.6).

Состояние пахотного слоя черноземных почв в условиях неустойчивого увлажнения во многом определяет накопление влаги осенне-зимних осадков и сохранение ее от испарения. По мнению М.И. Сидорова (1967), наличие хорошего запаса влаги в метровом слое почвы (более 160 мм) к посеву полевых культур является важным условием повышения устойчивости сельскохозяйственных культур в засушливые периоды [367].

Обработка почвы обеспечивает перевод осадков в более глубокие слои почвы, уменьшает физическое испарение с поверхности почвы, что особенно важно в условиях неустойчивого увлажнения лесостепной части ЦЧР. Исследования, проведенные в стационарном опыте № 4, показали, что мелкая основная обработка под сахарную свеклу приводит к существенному снижению содержания доступной влаги в метровом слое почвы по сравнению с глубокой отвальной обработкой.

В среднем за исследуемый период содержание доступной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации сахарной свеклы по дискованию составило 130,7 мм, по вспашке – 140,4 мм (независимо от уровня удобренности), перед уборкой – соответственно 52,2 и 56,2 мм (табл. 3.24). Проведение мелкой обработки также уменьшило содержание влаги в пахотном слое почвы по сравнению с глубокой вспашкой. На вариантах проведения мелкой обработки наблюдалась более высокая плотность почвы (табл. 3.7), а вследствие снижения водопроницаемости основной запас влаги осенних и зимних осадков находился в более поверхностных слоях и быстрее испарялся.

Изучаемые приемы повышения плодородия чернозема выщелоченного обеспечивали лучшее накопление и меньшие потери влаги за счет испарения (табл. 3.24).

Таблица 3.24 – Содержание доступной влаги в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу (опыт № 4, 2008-2012 гг.), мм

Фазы развития растений	Удобрения (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)					
		Вспашка			Дискование		
		0-30	0-50	0-100	0-30	0-50	0-100
4-5 пар настоящих листьев	Контроль (Ск)	44,1	65,9	135,6	43,1	63,1	124,1
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	46,0	71,8	137,3	48,3	74,0	139,4
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	49,2	75,6	142,2	45,0	67,4	135,7
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	51,9	75,5	146,6	40,1	61,0	123,6
	$НСР_{05}$, частный эффект, мм	8,3	9,5	10,4			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мм	2,3	6,0	6,8			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мм	6,2	7,2	9,9			
Перед уборкой	Контроль (Ск)	25,4	34,2	54,1	22,8	26,5	49,0
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	24,7	35,9	56,4	17,4	35,7	54,3
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	23,2	32,2	61,9	24,9	27,0	55,2
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	19,3	36,7	52,3	19,6	30,3	50,2
	$НСР_{05}$, частный эффект, мм	8,5	12,0	9,2			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мм	2,5	2,9	5,2			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мм	7,5	7,0	4,5			

Использование органоминеральных удобрений под сахарную свеклу способствовало существенному повышению содержания доступной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации на 5,3-9,2 мм (независимо от приемов основной обработки почвы) и перед уборкой на 3,8-7,0 мм по сравнению с контролем. Максимальное содержание почвенной влаги в слое почвы 0-100 см отмечалось при совместном внесении дефеката, соломы с пожнивным сидератом в комплексе с (NPK)150 кг д.в./га под отвальную обработку почвы. В конце вегетации наибольшее содержание влаги в метровом слое почвы отмечалось на вариантах внесения (NPK)200 кг д.в./га, двойной дозы соломы, а также на варианте пожнивного сидерата под вспашку. В пахотном слое почвы разница между вариантами опыта в содержании доступной влаги была минимальной.

Проведение мелкой обработки почвы под ячмень существенно снизило содержание почвенной влаги в метровом слое почвы по сравнению с традиционной обработкой в начале вегетации на 15,8% (приложение 3.7). К концу вегетации показатели запасов доступной влаги в пахотном слое почвы в зависимости от приема основной обработки почвы существенных различий не имели. В метровом слое почвы сохранилось преимущество в содержании влаги на варианте отвальной обработки почвы. Внесение навоза, соломы, дефеката в комплексе с минеральными удобрениями оказало положительное влияние на содержание доступной влаги в пахотном и метровом слоях почвы.

Заключение

Агрофизические показатели черноземных почв изменяются в зависимости от обработки почвы, приемов повышения плодородия почв, возделываемых культур в севообороте, предшественников, фаз развития растений, погодных условий.

Отвальная обработка снижает плотность почвы по сравнению с другими приемами основной обработки.

Применение безотвальных приемов обработки почвы (плоскорезы, чизельные стойки парапау, плуги без отвалов) способствует увеличению плотности почвы по сравнению с отвальной обработкой, но ее величина не превышает оптимальных значений для растений – 1,2-1,3 г/см^3.

Наблюдается существенное увеличение плотности почвы в нижних горизонтах при длительном применении мелкой обработки (дискования на глубину 8-10 см) под культуры севооборота или при отсутствии обработки почвы.

На почвах, плотность которых не превышает 1,3 г/см^3, установлена возможность минимализации основной обработки почвы за счет сокращения глубины обрабатываемого слоя, замены отвальных обработок почвы на безотвальные обработки.

На деградированных черноземах, имеющих по шкале выпаханности оценку 3 и более балла, показатели плотности в слое 0-30 см более 1,3 г/см^3, с целью снижения сильного переуплотнения почв, ликвидации плужной подошвы необходимо проводить периодическую отвальную или безотвальную глубокую обработку.

Снижение интенсивности обработки не оказало положительного влияния на показатели структурно-агрегатного состава черноземных почв. Длительное (19 лет) применение под все культуры севооборота безотвальных способов основной обработки почвы свидетельствует об их распыляющем действии, которое усиливается за счет ежегодного воздействия на один и тот же (верхний) слой почвы ходовых частей и рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Определенной закономерности по влиянию различных способов и глубин основной обработки почвы на водоустойчивость агрегатов в исследованиях не выявлено.

Отвальная обработка (обычная и глубокая) обеспечивает перевод осадков в более глубокие слои почвы по сравнению с другими приемами основ-

ной обработки. Увеличение глубины основной обработки почвы способствует большему накоплению влаги осенних и зимних осадков.

Длительное применение безотвальных обработок в севообороте способствует снижению запасов доступной влаги в метровом слое.

При периодическом использовании в системе зяблевой обработки плоскорезов, чизельных стоек параплау не наблюдалось существенной разницы в накоплении влаги.

Систематическая мелкая основная обработка (дискование на глубину 8-10 см) под культуры севооборота приводит к существенному снижению содержания доступной влаги в метровом слое почвы по сравнению с обычной и глубокой отвальной обработками.

4. ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

4.1. Содержание углекислого газа в почвенном воздухе

В.И. Вернадский подчеркивал, что «почва, взятая без газов, не есть почва, и, говоря о значении биохимических процессов в почвах и о значении почвы в области биосферы, мы скрыто указываем на первенствующую роль газов в почвенных процессах и на значение этих газов в газовом обмене земной коры» (1960) [180].

Опытами Н.И. Самойлова (1931), Л.Д. Козловой, И.Б. Ревута (1972), В.А. Ковды (1983), было доказано участие выделяемого почвой углекислого газа в формировании урожая [357, 200, 337, 197]. Изменения в содержании CO_2 в почвенном воздухе характеризуют биологические процессы в почве (Авдеенко А.П., Ревут И.Б., 1972) [3]. В связи с этим изучение содержания CO_2 в почвенном воздухе в зависимости от приемов основной обработки почвы является актуальным. Приводимые в литературе данные по вопросу о влиянии различных приемов основной обработки почвы на содержание в почвенном воздухе CO_2 и O_2 довольно противоречивы.

И.Б. Ревут (1972) подчеркивает, что независимо от способов обработки почвы в слое 0-20 см содержание O_2 в почвенном воздухе редко падает ниже 20%, а количество CO_2 не поднимается выше 0,2-0,5% [337]. По данным П.И. Шкуринова, М.П. Передневой (1975), вспашка приводит к незначительному увеличению содержания углекислого газа и мало изменяет количество кислорода в почвенном воздухе [456].

Исследованиями В.И. Турусова (1985) установлено уменьшение концентрации CO_2 в почвенном воздухе по плоскорезной обработке по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см [404]. Аналогичные результаты были получены в опытах А.И. Пупонина, К.А. Миронычева (1984), в которых мак-

симальная концентрация углекислого газа в почвенном воздухе наблюдалась на вариантах применения отвальной обработки почвы [328].

Э.Г. Лютц (1971) отмечает возрастание содержания углекислого газа в почвенном воздухе на вариантах глубокой безотвальной обработки – на 0,06-0,11% в связи с увеличением содержания в почве корней подсолнечника и числа микроорганизмов по сравнению со вспашкой на обычную глубину [244]. В опытах R.J. Dowdell et al (1972) наблюдалась лучшая аэрация по минимальной обработке почвы в связи с наличием системы непрерывных пор и каналов [483].

В то же время многие исследователи ограниченную аэрацию по минимальной обработке почвы объясняют высокой плотностью почвы (Triplett G.B., Van Doren D.M., Schmidt B.L., 1968; Finney J.R., Knight B.A, 1973; Милащенко Н.З., Зерфус В.М., 1979) [520, 262, 486].

Количество углекислого газа в почвенном воздухе во многом обусловлено жизнедеятельностью микроорганизмов, дыханием корней растений, почвенной фауны и другими биохимическими процессами. Большое значение на состав почвенного воздуха оказывают режим увлажнения почвы, ее температура и другие физико-химические факторы.

Содержание углекислого газа в почвенном воздухе значительно изменялось в течение вегетационного периода в связи с изменением влажности почвы (табл. 4.1). Корреляционный анализ позволил установить существенную среднюю зависимость между содержанием CO_2 в почвенном воздухе и запасами доступной влаги в почве ($r = 0,40$). При недостатке влаги и высокой температуре содержание CO_2 в почве резко сокращалось, что наблюдалось в 1985 г. в фазу образования бобов (приложение 4.1).

Увеличение влажности почвы (в фазу созревания гороха) вызывало усиление биологических процессов и рост концентрации углекислого газа в почвенном воздухе.

Таблица 4.1 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на динамику углекислого газа в почвенном воздухе в слое 0-40 см под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Варианты опыта							
	Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, %
	20-22	25-27	30-32	35-37				
Ветвление	0,25	0,35	0,56	0,48	0,28	0,27	0,19	0,12
Бутонизация	0,42	0,39	0,53	0,45	0,35	0,27	0,22	0,10
Цветение	0,28	0,31	0,28	0,29	0,29	0,17	0,19	0,06
Образование бобов	0,19	0,20	0,17	0,20	0,20	0,14	0,18	0,04
Созревание	0,34	0,27	0,18	0,23	0,29	0,22	0,21	0,07
Полная спелость	0,28	0,22	0,17	0,20	0,27	0,19	0,16	0,06
Среднее за вегетацию	0,29	0,29	0,31	0,31	0,28	0,21	0,19	0,04

Содержание углекислого газа в почвенном воздухе уменьшалось к концу вегетации по всем обработкам почвы, что связано с созреванием растений и снижением биологической активности почвы. За период исследований концентрация CO_2 в почвенном воздухе по всем вариантам опыта не поднималась выше критической величины и изменялась в интервале от 0,10 до 0,50% (табл. 4.1).

Минимальная концентрация углекислого газа в почвенном воздухе в слое почвы 0-40 см наблюдалась на вариантах безотвальных приемов основной обработки почвы. Если по отвальной обработке на глубину 20-22 см концентрация CO_2 в среднем за вегетацию была 0,29%, то по плоскорезной обработке установлено достоверное снижение углекислого газа до 0,21%, по обработке плугом без отвалов – до 0,19%, что можно объяснить результатом поверхностного расположения при длительных безотвальных обработках основной массы растительных остатков и корней (табл. 7.1), что приводит к уменьшению в нижних слоях почвы энергетического материала для жизнедеятельности микроорганизмов и снижению биологической активности почвы в слое 0-40 см. Концентрация углекислого газа в почвенном воздухе по безотвальным обработкам приближалась к концентрации углекислого газа на залежи некосимой (приложение 4.1).

Концентрация углекислого газа в зависимости от глубины основной обработки почвы по фазам развития различалась. В фазу ветвления и бутонизации гороха самое высокое содержание углекислого газа в почвенном воздухе было по вспашке на глубину 30-32 см и 35-37 см, что можно объяснить более высоким содержанием влаги по глубоким обработкам в начальный период вегетации гороха (табл. 4.1). К середине периода вегетации различия в содержании CO_2 в почвенном воздухе в зависимости от глубины основной обработки сглаживаются, а в период созревания гороха наблюдается существенное увеличение концентрации углекислого газа по вспашке на глубину 20-22 см по сравнению с другими вариантами опыта.

Снижение биогенности нижних слоев почвы по глубоким обработкам, а также выравнивание содержания доступной влаги почвы по различным глубинам отвальной обработки привело к снижению концентрации CO_2. Вариант с разноглубинной обработкой почвы в севообороте, где под горох проводилась вспашка на глубину 20-22 см, по содержанию CO_2 в почвенном воздухе приближался к варианту ежегодной отвальной обработки на обычную глубину.

На залежи некосимой наблюдалась минимальная концентрации CO_2 в почвенном воздухе. Необрабатываемая почва характеризовалась низкими показателями действительной биологической активности (приложение 4.1).

Почвенный воздух по всем вариантам опыта содержал достаточное количество кислорода (приложение 4.2).

В течение периода вегетации гороха концентрация кислорода в почвенном воздухе в слое почвы 0-40 см колебалась в интервале 19,5-20,8% к объему воздуха.

Влияние различных приемов основной обработки на содержание O_2 в почвенном воздухе не было выявлено, что связано с высокой аэрацией чернозема обыкновенного и метеорологическими условиями исследуемых лет, когда недостаток влаги в почве также повышал степень аэрации.

4.2. Выделение углекислого газа из почвенного воздуха

Создание биологически активного пахотного слоя является одной из задач основной обработки почвы. В качестве оценочного критерия действительной биологической активности почвы используется ряд показателей: выделение из почвы CO_2, аппликационный метод (разложение льняного полотна), накопление свободных аминокислот.

Уровень выделения CO_2 из почвы отражает интенсивность биологических процессов и темпы разложения органического вещества в пахотном

слое (Квасников В.В., 1951; Абросимова Л.Н., Ревут И.Б., 1964; Sollins P., Spycher G., Classman C.A., 1984; Казаков Г.И., 1997; Мельникова О.В., 2009) 185, 1, 516, 168, 259]. Чем плодороднее почва, чем выше на ней урожай, тем интенсивнее ее «дыхание» (Макаров Б.Н., Френкель Э.Я., 1956; Андреюк Е.И., Дульгеров А.Н., 1978; Гармашов В.М., Рымарь С.В., Михина Т.И., 2007) [246, 16, 104].

В наших опытах между уровнем выделения CO_2 из почвы и содержанием гумуса в слое 0-40 см наблюдалась сильная прямолинейная корреляционная зависимость (r = 0,72) и средняя зависимость (r = 0,42) между «дыханием» почвы и содержанием подвижных гуминовых кислот (табл. 4.15).

Исследования показали, что интенсивность выделения CO_2 из почвы под посевами гороха была значительно выше, чем на паровых площадках, что подтверждает большую роль корневой системы в продуцировании углекислого газа почвой (табл. 4.2, опыт № 1).

Максимальный уровень выделения CO_2 из почвы наблюдался в фазу бутонизации гороха. По мере созревания растений интенсивность продуцирования углекислого газа снижалась. Корреляционный анализ позволил установить сильную прямолинейную корреляционную зависимость между интенсивностью выделения углекислого газа из почвы и концентрацией CO_2 в почвенном воздухе (r = 0,79, табл. 4.15). Повышение содержания углекислого газа в слое почвы 0-40 см сопровождалось увеличением диффузии углекислого газа в приземный слой воздуха.

Длительное применение безотвальных обработок привело к существенному снижению интенсивности «дыхания» почвы, что связано с уменьшением уровня биологической активности на этих вариантах по сравнению с контролем. На варианте ежегодной плоскорезной обработки выделение CO_2 в фазу бутонизации гороха уменьшилось на 17,3%, на варианте обработки плугом без отвалов – на 16,3%; на чистых площадках – соответственно на 23,6 и 13,8% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Таблица 4.2 – Влияние различных приемов обработки почвы на интенсивность выделения углекислого газа из почвы под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.), г/м^2 за сутки

Фазы развития растений		Варианты опыта							
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	$НСР_{05}$, %
		20-22	25-27	30-32	35-37				
Под растениями	Бутонизация	7,00	6,84	6,90	6,06	6,32	5,79	5,86	0,61
	Созревание	5,55	5,10	4,65	4,78	5,17	4,43	4,02	0,66
	Среднее	6,27	5,97	5,77	5,42	5,74	5,11	4,94	-
На паровых площадках	Бутонизация	5,94	5,92	6,23	5,62	5,36	4,54	5,12	0,85
	Созревание	4,09	4,01	3,70	3,48	4,04	4,20	3,24	0,52
	Среднее	5,01	4,96	4,96	4,50	4,70	4,37	4,18	-

Перед уборкой в посевах гороха сохранилось математически достоверное снижение интенсивности «дыхания» по безотвальным обработкам. На паровых площадках выделение углекислого газа из почвы на варианте с ежегодной плоскорезной обработкой было на уровне отвальной обработки на глубину 20-22 см. Ежегодное рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см достоверно снизило «дыхание» почвы.

Углубление отвальной обработки более 20-22 см снижало выделение углекислого газа из почвы в посевах гороха во все сроки определений. На паровых площадках в начале вегетации гороха максимальный уровень выделения CO_2 отмечался при проведении ежегодной отвальной обработки на глубину 30-32 см. К концу периода вегетации на чистых площадках отмечалось достоверное снижение интенсивности «дыхания» почвы на вариантах глубоких обработок по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. На варианте разноглубинной обработки почвы в севообороте в течение периода вегетации гороха наблюдалось снижение интенсивности «дыхания» почвы на 6-8% по сравнению с контролем.

Исследования, проведенные в опыте № 3, показали, что количество углекислого газа на варианте отвальной обработки было на 5-28% выше по сравнению с безотвальной обработкой (Трофимова Т.А., Коржов С.И., Орехова Е.С., 2009) [399].

4.3. Разложение клетчатки

Определение актуальной биологической активности аппликационным методом позволяет анализировать скорость распада растительных остатков, в состав которых входит клетчатка. Уровень разложения льняного полотна в пахотном слое почвы определяется водным и воздушным режимами, а также доступностью различных элементов питания для микроорганизмов (Востров И.С., Петрова А.Н., 1961; Хазиев Ф.Х., 1976; Коржов С.И., 2012) [91, 420, 210].

Установлена средняя корреляционная зависимость между количеством подвижного фосфора в пахотном слое почвы и разложением льняного полотна (r = 0,68), слабая связь между содержанием нитратного азота и уровнем разложения клетчатки (r = 0,21) и средняя зависимость между обменным калием и интенсивностью распада ткани (r = 0,63).

В первую половину вегетации гороха (всходы – бутонизация) более активным процесс разрушения целлюлозы по всем вариантам опыта был в слоях почвы 10-20 см и 20-30 см, что связано с пересыханием верхнего (0-10 см) слоя почвы из-за недостатка влаги в этот период (табл. 4.3, опыт № 1).

Длительное применение безотвальных приемов основной обработки снизили целлюлозоразлагающую активность микрофлоры в слое почвы 0-40 см в первую половину вегетации гороха. По сравнению с вариантом отвальной обработки на глубину 20-22 см, на котором степень разложения льняного полотна в слое 0-40 см составила 13,5%, применение ежегодной плоскорезной обработки в севообороте уменьшило разложение целлюлозы до 9,20%, ежегодное рыхление плугом без отвалов – до 11,2%.

В годы исследований наиболее благоприятные условия для повышения актуальной биологической активности почвы в период всходов – бутанизации гороха складывались по вспашке на глубину 20-22 см, где наблюдался максимальный уровень разложения льняного полотна. Углубление обрабатываемого слоя более 20-22 см снизило активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов почвы в слое 0-40 см, что согласуется со снижением подвижного азота по глубокой вспашке (табл. 5.1).

В период бутонизации – полной спелости гороха различия по интенсивности распада ткани в слое почвы 0-40 см в зависимости от обработки почвы сглаживаются. Наблюдается снижение активности распада целлюлозы на варианте плоскорезной обработки по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Таблица 4.3 – Разложение клетчатки при различных способах и глубине основной обработки почвы под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг., %

Варианты опыта	Всходы – бутонизация					Бутонизация – полная спелость				
	Слой почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	12,0	12,2	16,4	13,3	13,5	14,5	15,2	11,4	11,5	13,2
Вспашка на глубину 25-27 см	10,0	11,3	9,82	11,1	10,6	11,3	12,5	11,4	12,5	11,9
Вспашка на глубину 30-32 см	11,7	12,9	13,5	12,8	12,7	14,4	10,9	11,9	13,2	12,6
Вспашка на глубину 35-37 см	12,9	14,0	8,96	9,04	11,4	14,2	13,5	10,1	12,3	12,5
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	6,72	7,50	15,1	13,8	10,8	16,8	13,6	11,3	11,9	13,4
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	9,91	8,11	9,49	9,31	9,20	13,7	13,2	10,4	10,5	11,9
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	7,34	8,83	15,7	13,1	11,2	14,9	13,2	12,3	13,4	13,5
Залежь некосимая	10,9	10,3	11,8	11,1	11,0	16,5	10,6	10,1	10,9	12,0

Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов на варианте обработки плугом без отвалов была на уровне контрольного варианта, также как и варианта разноглубинной обработки почвы в севообороте, где под горох применялась вспашка на глубину 20-22 см. Углубление основной обработки почвы более 20-22 см в период бутонизации – полной спелости гороха снизило целлюлозоразлагающую активность микроорганизмов.

Разложение льняного полотна в необрабатываемой почве (залежь некосимая) во все сроки определений в слое 0-40 см было ниже, чем на варианте применения вспашки на глубину 20-22 см. На залежи некосимой наблюдалась резкая дифференциация почвы по уровню биологической активности – в верхнем слое (0-10 см) разложилось 3% клетчатки по отношению ко всему 0-40 см слою почвы.

В обрабатываемой почве дифференциация пахотного слоя по целлюлозоразрушающей активности выражена менее четко, с глубиной степень разложения льняного полотна также убывает.

Исследования, проведенные в краткосрочном опыте № 2 на черноземе обыкновенном, не показали преимуществ отвальной обработки в повышении биологической активности почвы по сравнению с другими приемами основной обработки почвы. В опыте с сахарной свеклой однократное применение глубокой безотвальной обработки не приводило к снижению мобилизационных процессов в почве и уровня разложения клетчатки в слое почвы 0-40 см (опыт № 2, табл. 4.4.). Максимальная скорость утилизации клетчатки в оба срока исследований наблюдалась на варианте применения глубокой плоскорезной обработкой почвы. В первую половину вегетации сахарной свеклы проведение плоскорезной обработки ускорило разложение клетчатки на 25,0% по сравнению с отвальной обработкой, в период смыкания листьев в междурядьях – перед уборкой на 37,8%.

При обработке почвы параплау в первую половину вегетации сахарной свеклы интенсивность распада льняной ткани была на уровне варианта при-

менения отвальной обработки. Во второй половине периода вегетации применение чизельной стойки параплау способствовало более активному разложению клетчатки в слое почвы 0-40 см.

В 1992 г. наблюдалось существенное увеличение интенсивности распада льняной ткани по сравнению с вариантом применения двухъярусной вспашки.

Таблица 4.4 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под сахарную свеклу на интенсивность разложения клетчатки (опыт № 2, 1990-1992 гг.), %

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев – смыкание листьев в междурядьях				Смыкание листьев в междурядьях – перед уборкой			
		1990 г.	1990 г.	1991 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	4,7	13,6	14,8	11,0	9,4	12,5	8,0	10,0
	2	5,9	15,3	24,0	15,0	15,2	14,9	12,2	14,1
	3	6,4	12,8	18,3	12,5	14,0	14,7	13,5	14,0
10-20	1	6,1	8,2	13,7	9,3	15,6	10,1	5,0	10,2
	2	7,7	10,8	22,6	13,7	16,9	10,2	7,6	11,6
	3	4,2	4,3	12,7	7,1	13,4	11,2	9,4	11,3
20-30	1	7,0	8,8	15,2	10,3	15,0	9,3	4,8	9,7
	2	4,7	8,0	16,0	9,6	23,2	10,6	7,2	13,7
	3	3,3	4,8	3,5	3,9	10,4	10,4	7,7	9,5
30-40	1	5,2	7,4	11,7	8,1	11,7	9,7	6,8	9,4
	2	4,4	8,7	14,0	9,0	22,9	12,3	8,9	14,7
	3	3,5	10,6	7,5	7,2	7,4	12,5	10,5	7,1
0-40	1	5,8	9,9	13,8	9,8	12,9	10,4	6,2	9,8
	2	5,7	11,7	19,2	12,2	19,6	12,0	9,0	13,5
	3	4,4	8,2	10,4	7,7	11,3	12,2	10,3	11,3
$НСР_{05}$, %		3,2	4,1	10,2	-	6,2	3,0	3,4	-

Примечание: 1 – двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см, 3 – обработка параплау на 25-27 см

Существенных различий в уровне разложения льняной ткани в зависимости от различных приемов основной обработки почвы в первую половину вегетации ячменя не обнаружено. Во второй половине вегетации ячменя наиболее интенсивно разлагалась клетчатка в слое почвы 0-40 см при проведе-

нии под ячмень безотвальных приемов основной обработки почвы (приложение 4.3).

В опыте с подсолнечником не отмечено существенных различий в интенсивности разложения клетчатки в зависимости от варианта опыта (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под подсолнечник на интенсивность разложения клетчатки (опыт № 2, 1992-1994 гг.), %

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев – образование корзинок				Цветение – созревание			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
0-10	1	23,3	17,4	8,7	16,5	20,1	29,3	14,9	21,4
	2	32,3	18,2	5,0	18,5	14,9	24,8	14,3	18,0
	3	21,9	17,0	9,3	16,1	14,5	37,2	10,4	20,7
10-20	1	21,9	12,8	9,5	14,7	24,2	33,5	5,8	21,2
	2	18,1	15,1	3,4	12,2	12,8	18,7	1,4	11,0
	3	19,4	22,7	14,4	18,8	13,4	28,9	4,1	15,5
20-30	1	18,4	6,2	7,0	10,5	15,5	24,4	5,6	15,2
	2	14,4	6,0	2,7	7,7	13,8	14,9	1,0	9,9
	3	13,1	7,6	12,6	11,1	11,0	26,2	1,7	13,0
30-40	1	8,1	6,4	7,0	7,2	12,0	29,1	9,1	16,7
	2	13,1	5,2	10,3	9,5	14,1	25,4	9,9	16,5
	3	4,6	7,0	9,3	7,0	14,8	25,0	5,0	14,9
0-40	1	18,0	10,7	8,0	12,2	17,9	29,1	8,9	18,6
	2	19,5	11,1	5,4	12,0	13,9	20,7	6,6	13,7
	3	14,8	13,6	11,4	13,3	13,4	29,3	5,3	16,0
$НСР_{05}$, %		9,5	11,0	5,2	-	10,8	9,4	5,0	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Анализ данных по разложению в почве льняного полотна в опыте № 3 показал снижение целлюлозоразлагающей активности микрофлоры в слое 0-30 см на вариантах применения безотвальной обработки по обоим предшественникам (Трофимова Т.А., Коржов С.И., Орехова Е.С., 2009) [399].

4.4. Интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне

В сложных взаимоотношениях между высшими растениями и микроорганизмами большая роль отводится почвенным аминокислотам. Свободные аминокислоты накапливаются в результате деятельности почвенной микрофлоры и частично выделяются в почву корнями растений (Гауэрт В.И., 1973) [105].

Разложение льняного полотна целлюлозоразлагающими микроорганизмами сопровождается развитием сопутствующей микрофлоры, использующей продукты ее распада. На разлагающемся в почве льняном полотне в результате жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов выделяются аминокислоты, содержание которых свидетельствует об уровне микробиологических процессов в почве (Кутовая Н.Я., Черенков В.В., 1994) [233]. Накопление аминокислот на льняном полотне интенсивнее происходит при увеличении в почве нитратного азота (Иляллетдинов А.Н., 1976) [164].

В составе свободных аминокислот чернозема обыкновенного, отобранного в Каменной Степи, содержатся дикарбоновые кислоты – глутаминовая и аспарагиновая, нейтральные кислоты – лейцин, серин, глицин и др., оксиаминокислоты – треонин и др. (Кутовая Н.Я., 1984) [234]. Качественный состав свободных аминокислот не зависит от способа сельскохозяйственного использования чернозема обыкновенного.

В наших исследованиях использование различных приемов основной обработки почвы влияет на количественные показатели биосинтеза аминокислот на льняном полотне.

Изучение показателей биологической активности в стационарном опыте № 1 показало, что в период всходов – бутонизации гороха максимальная интенсивность биосинтеза свободных аминокислот на льняном полотне наблюдалась в почве вариантов применения ежегодной отвальной обработки на глубину 30-32 см.

Во второй половине вегетации интенсивность биосинтеза аминокислот увеличивалась в почве варианта разноглубинной обработки почвы в севообороте, где под горох проводилась вспашка на глубину 20-22 см, а также в почве варианта ежегодной плоскорезной обработки.

Данные определения интенсивности биосинтеза аминокислот при различных обработках показывают, что периодическое применение безотвальных приемов основной обработки почвы не привело к существенному снижению биологической активности (опыт № 2, табл. 4.6, 4.7, приложение 4.4).

В среднем за три года исследований максимальное значение биосинтеза аминокислот отмечается в оба срока определения при проведении плоскорезной обработки под сахарную свеклу (табл. 4.6).

Количественные показатели биосинтеза аминокислот в зависимости от вариантов опыта по годам исследований различались. Отмечается увеличение накопления свободных аминокислот в первую половину вегетации возделываемых сельскохозяйственных культур. С глубиной накопление аминокислот уменьшается, их максимальное количество наблюдалось в слое почвы 0-10 см, что связано с распределением по почвенному профилю элементов минерального питания и микроорганизмов.

Определенной закономерности в накоплении свободных аминокислот в зависимости от приемов основной обработки почвы под ячмень не выявлено (приложение 4.4).

Наблюдалась активизация биосинтеза свободных аминокислот при использовании безотвальных обработок в первую половину вегетации подсолнечника (табл. 4.8). Во второй половине проведение глубокой отвальной обработки под подсолнечник повысило интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне в слое почвы 0-40 см, особенно существенно это проявилось в 1994 г. по сравнению с безотвальными приемами основной обработки почвы.

Таблица 4.6 – Интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне при различных способах и глубине основной обработки почвы под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.), ед. опт. плотности на 1 г полотна

Варианты опыта	Всходы – бутонизация					Бутонизация – полная спелость				
	Слой почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	0,111	0,123	0,179	0,156	0,142	0,125	0,088	0,086	0,083	0,096
Вспашка на глубину 25-27 см	0,119	0,127	0,112	0,143	0,125	0,140	0,118	0,091	0,094	0,111
Вспашка на глубину 30-32 см	0,163	0,146	0,157	0,158	0,156	0,172	0,153	0,116	0,106	0,137
Вспашка на глубину 35-37 см	0,104	0,138	0,111	0,140	0,123	0,173	0,129	0,106	0,105	0,128
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	0,098	0,111	0,155	0,170	0,134	0,176	0,159	0,118	0,120	0,144
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	0,127	0,108	0,184	0,148	0,142	0,186	0,176	0,097	0,122	0,145
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	0,124	0,128	0,128	0,144	0,131	0,118	0,113	0,091	0,107	0,107
Залежь некосимая	0,193	0,153	0,130	0,139	0,154	0,162	0,115	0,095	0,088	0,115

Таблица 4.7 – Влияние различных способов основной обработки почвы под сахарную свеклу на интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне, (опыт № 2, 1990-1992 гг.), ед. опт. плотности на 1 г полотна

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев – смыкание листьев в междурядьях				Смыкание листьев в междурядьях – перед уборкой			
		1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	0,15	0,13	0,21	0,16	0,20	0,07	0,18	0,15
	2	0,14	0,17	0,35	0,22	0,15	0,09	0,23	0,16
	3	0,16	0,10	0,37	0,21	0,18	0,10	0,16	0,15
10-20	1	0,12	0,08	0,16	0,13	0,20	0,05	0,12	0,12
	2	0,14	0,10	0,26	0,17	0,19	0,04	0,13	0,12
	3	0,11	0,05	0,12	0,09	0,20	0,12	0,11	0,14
20-30	1	0,15	0,08	0,19	0,14	0,18	0,06	0,11	0,12
	2	0,10	0,08	0,23	0,14	0,26	0,04	0,12	0,13
	3	0,10	0,04	0,07	0,07	0,18	0,09	0,12	0,13
30-40	1	0,13	0,06	0,19	0,13	0,14	0,05	0,13	0,11
	2	0,09	0,07	0,30	0,15	0,36	0,09	0,17	0,21
	3	0,05	0,07	0,11	0,07	0,12	0,07	0,14	0,11
0-40	1	0,14	0,09	0,19	0,14	0,18	0,06	0,14	0,13
	2	0,12	0,10	0,28	0,17	0,24	0,07	0,16	0,16
	3	0,11	0,06	0,17	0,11	0,17	0,09	0,13	0,13
$НСР_{05}$, ед. опт. плотности на 1 г полотна		0,05	0,03	0,19	-	0,10	0,02	0,08	-

Примечание: 1 – двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Полученные в проведенных исследованиях результаты показывают, что существенных устойчивых различий в накоплении в почве свободных аминокислот в зависимости от приемов основной обработки почвы не обнаружено. Вероятно, это связано с тем, что основная часть аминокислот в почве находится в связанном состоянии в белковых комплексах и только незначительная часть – в свободном виде, причем свободные аминокислоты метаболизируются в почве (Щербаков А.П., 1978) [459].

Таблица 4.8 – Влияние различных способов основной обработки почвы под подсолнечник на интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне (опыт № 2, 1992-1994 гг.), ед. опт. плотности на 1 г полотна

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев – образование корзинок				Цветение – созревание			
		1992 г.	1993 г.	1993 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
0-10	1	0,25	0,18	0,15	0,19	0,31	0,31	0,35	0,32
	2	0,43	0,19	0,15	0,26	0,30	0,24	0,21	0,25
	3	0,28	0,31	0,19	0,26	0,23	0,39	0,20	0,27
10-20	1	0,33	0,16	0,12	0,20	0,38	0,26	0,17	0,27
	2	0,22	0,17	0,13	0,17	0,24	0,18	0,09	0,17
	3	0,16	0,30	0,16	0,21	0,23	0,27	0,07	0,19
20-30	1	0,25	0,11	0,07	0,14	0,26	0,20	0,14	0,20
	2	0,22	0,11	0,12	0,15	0,16	0,16	0,10	0,14
	3	0,15	0,21	0,16	0,17	0,21	0,24	0,11	0,19
30-40	1	0,17	0,15	0,07	0,13	0,26	0,28	0,13	0,22
	2	0,33	0,15	0,11	0,20	0,18	0,26	0,16	0,20
	3	0,14	0,33	0,14	0,20	0,24	0,24	0,10	0,19
0-40	1	0,25	0,15	0,10	0,17	0,30	0,26	0,20	0,25
	2	0,31	0,15	0,13	0,20	0,22	0,21	0,14	0,19
	3	0,18	0,29	0,16	0,21	0,23	0,28	0,12	0,21
$НСР_{05}$, ед. опт. плотности на 1 г полотна		0,05	0,14	0,06	-	0,13	0,06	0,08	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

4.5. Почвенная микрофлора

Значительная роль в создании почвенного плодородия, в частности, в процессах синтеза и минерализации гумуса, водопрочной структуры, в обеспеченности сельскохозяйственных растений элементами минерального питания, принадлежит почвенным микроорганизмам. По мнению Е.Н. Мишустина (1984) черноземы насыщены микроорганизмами в значительно большей степени, чем другие типы почв [268].

Исследованиями Д.Г. Звягинцева (1987), С.И. Коржова (2003) установлено, что численность микроорганизмов наряду с агрохимическими показателями может служить характеристикой типа почв [147, 209]. Численность микроорганизмов во многом зависит от содержания в почве органического вещества и элементов минерального питания (Адерихин П.Г., Щербаков А.П., 1974; Верзилин В.В., Трунова В.А., 1992) [5, 71].

Показатели биологической активности почв крайне вариабельны в отличие от физических свойств почвы, существенно изменяются в течение вегетационного периода в зависимости от поступления в почву питательных веществ, растительных остатков, температуры и влажности почвы, удобрений и т.д. (Кирюшин В.И., 2013) [190].

Почвенная микрофлора служит своеобразным индикатором реакции почвы на различные агротехнические мероприятия, в частности на обработку почвы. Влияние механической обработки на почвенную микрофлору проявляется в основном через изменение воздушного, водного, теплового режимов почвы, распределение в обрабатываемом слое корневых и послеуборочных остатков.

Е.Н. Мишустин (1972), А.Н. Иляллетдинов (1976) считают, что оценочным критерием почвенного плодородия являются микроорганизмы, связанные с циклом азота [272, 164]. К числу показателей, используемых для оценки биогенности почвы, относится численность аммонифицирующих бактерий, развивающихся на МПА. Аммонифицирующие бактерии, относящиеся к зимогенной микрофлоре, усваивают органические формы азота, благодаря высокой ферментативной активности. Численность аммонификаторов во многом определяет скорость разложения растительных остатков, накопление в почве элементов минерального питания (Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., 1987) [270].

При статистической обработке данных стационарного опыта № 1 установлено, что в начале вегетации гороха отвальная обработка на глубину

20-22 см вызывает увеличение численности аммонификаторов на 17-20% в слое почвы 0-40 см по сравнению с безотвальными приемами обработки (табл. 4.9). Дальнейшее углубление основной обработки более 20-22 см приводило к снижению численности бактерий на МПА. Перед уборкой гороха на вариантах применения глубокой вспашки и безотвальных обработок численность аммонифицирующих бактерий возрастала по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см (табл. 4.10).

Глубина заделки органических остатков в результате различных способов и глубины основной обработки почвы повлияла на распределение аммонифицирующих микроорганизмов по почвенному профилю (приложение 4.5, 4.6). По мере увеличения глубины отвальной обработки увеличивалось количество бактерий на МПА в нижних горизонтах почвенного профиля и уменьшилось в верхних по сравнению с ежегодной вспашкой на 20-22 см. Поверхностное распределение послеуборочных и корневых остатков по безотвальным обработкам обусловило сосредоточение основного количества аммонификаторов в верхних слоях почвы.

Микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота (на КАА), показывают уровень мобилизационных процессов, протекающих в почве (Мишустин Е.Н., Рунов Е.В., 1957) [274].

Определение численности микроорганизмов, ассимилирующих минеральные формы азота, показало увеличение численности данной группы микроорганизмов по глубокой вспашке по сравнению со вспашкой на обычную глубину (табл. 4.9).

По ежегодным безотвальным обработкам в фазу ветвления гороха уровень численности микроорганизмов, развивающихся на КАА, в слое почвы 0-40 см приближался к контролю. В фазу созревания гороха обработка почвы безотвальными орудиями увеличила численность микроорганизмов на КАА в 1,5-2,5 раза по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см (табл. 4.10).

Таблица 4.9 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на численность микроорганизмов в слое почвы 0-40 см в фазу ветвления гороха (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта	Азотобактер, клеток в 50 г почвы	Нитрификаторы	Целлюлозо-разлагающие	Грибы	Микроорганизмы, усваивающие азот		Актиномицеты
					органический азот (на МПА)	минеральный азот (на КАА)	
		тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы			млн клеток в 1 г абс. сухой почвы		
Вспашка на глубину 20-22 см	248	0,69	144,8	30,1	18,8	28,4	3,8
Вспашка на глубину 25-27 см	316	0,76	188,6	31,4	13,8	26,3	5,0
Вспашка на глубину 30-32 см	163	0,74	169,0	31,9	18,3	30,6	5,8
Вспашка на глубину 35-37 см	210	0,60	157,9	26,5	15,8	30,8	6,2
Разноглубинная вспашка, под горох на 20-22 см	174	0,56	121,4	24,7	15,6	36,0	6,9
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	166	0,38	131,0	27,9	15,0	28,6	4,8
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	166	0,46	133,4	26,7	15,6	23,9	3,7
Залежь некосимая	-	0,16	33,8	29,6	23,7	40,3	3,1

Таблица 4.10 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на численность микроорганизмов в слое почвы 0-40 см перед уборкой гороха (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта	Азотобактер, клеток в 50 г почвы	Нитрификаторы	Целлюлозо-разлагающие	Грибы	Микроорганизмы, усваивающие азот		Актиномицеты
					органический азот (на МПА)	минеральный азот (на КАА)	
		тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы			млн клеток в 1 г абс. сухой почвы		
Вспашка на глубину 20-22 см	184	0,36	198,9	17,0	16,4	30,3	4,6
Вспашка на глубину 25-27 см	281	0,46	258,0	23,5	22,2	49,4	6,5
Вспашка на глубину 30-32 см	186	0,34	271,5	22,2	20,8	49,2	4,8
Вспашка на глубину 35-37 см	251	0,35	281,1	18,0	21,6	47,7	6,0
Разноглубинная вспашка, под горох на 20-22 см	177	0,35	157,6	33,8	18,3	33,9	4,5
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	79	0,41	185,3	42,3	19,9	45,1	5,2
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	137	0,63	254,4	58,3	24,5	75,8	6,2
Залежь некосимая	22	0,10	75,1	37,9	18,5	34,5	4,3

Степень активности процесса минерализации органических остатков в почве косвенно характеризуется соотношением числа бактерий, развивающихся на КАА, к числу бактерий, развивающихся на МПА, – КАА/МПА.

Установлено, что глубокая отвальная обработка по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см вызывает более глубокую минерализацию азотсодержащих органических соединений в почве, что сопровождается расширением соотношения между микроорганизмами, использующими для питания минеральные формы азота, и микроорганизмами, усваивающими органический азот (табл. 4.11).

Усиление темпов мобилизации на вариантах ежегодной глубокой отвальной обработки можно объяснить перемещением из глубоких горизонтов почвы богатого недоокисленными формами органического вещества. Попадая на поверхность почвы в иные условия (лучшая обеспеченность кислородом, действие света, резкие колебания температуры), органическое вещество подвергается сильной минерализации, что ведет к непроизводительным потерям гумуса (Абросимова Л.Н., Ревут И.В., 1970) [2].

В наших исследованиях влияние безотвальных обработок на соотношение КАА/МПА различалось по срокам определения. Если в начале периода вегетации гороха соотношение КАА/МПА на вариантах использования безотвальных приемов обработки почвы было на уровне варианта вспашки на обычную глубину, то в конце вегетации отмечалось увеличение активности минерализационных процессов органического вещества по безотвальным обработкам.

На варианте применения разноглубинной обработки в севообороте в фазу ветвления гороха наблюдалось расширение соотношения КАА/МПА; в фазу созревания гороха соотношение между количеством микроорганизмов, ассимилирующих минеральный и органический азот, приближалось к значениям контрольного варианта.

Таблица 4.11 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на соотношение микроорганизмов, ассимилирующих минеральный и органический азот (КАА/МПА) под горохом (1985-1987 гг.)

Слой почвы, см	Ежегодная вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка	Разноглубинная плоскорезная обработка	Рыхление плугом без отвалов	Залежь некосимая
	20-22	25-27	30-32	35-37				
Фаза ветвления гороха								
0-10	1,41	1,71	1,75	2,86	2,13	1,95	1,62	1,91
10-20	1,30	1,95	1,71	2,19	1,87	1,96	1,14	1,56
20-30	1,19	2,13	1,79	2,05	3,19	1,88	1,78	1,60
30-40	2,33	1,89	1,36	1,16	2,39	1,68	1,66	1,57
0-40	1,56	1,92	1,66	2,06	2,40	1,87	1,55	1,66
Перед уборкой								
0-10	2,16	2,09	1,62	2,82	1,76	2,13	3,72	2,26
10-20	1,72	2,63	2,41	1,84	2,26	2,12	4,26	1,74
20-30	1,91	2,02	2,34	1,99	1,59	2,21	2,32	1,27
30-40	1,39	2,24	3,37	2,04	1,65	2,72	1,56	2,22
0-40	1,80	2,24	2,44	2,17	1,82	2,30	2,96	1,87

Исследованиями Е.Н. Мишустина (1956) установлено, что актиномицеты менее требовательны по сравнению с другими микроорганизмами к условиям существования и в основном развиваются на субстрате, обедненном мобильными соединениями [271]. Актиномицеты способны разлагать органические соединения, недоступные другим бактериям и грибам (Зенова Г.М., Широких Я.Г., Звягинцев Д.Г., 1993) [152]. Актиномицеты меньше реагируют на изменение экологических условий, чем бактерии.

Было выявлено, что численность актиномицетов зависит от приемов основной обработки почвы (табл. 4.9, 4.10). В слое почвы 0-40 см на вариантах ежегодной обработки плоскорезом и плугом без отвалов численность актиномицетов была выше на 10-30% по сравнению с вариантами отвальной обработки на обычную глубину. Углубление обработки почвы более 20-22 см

увеличило рост актиномицетов в слое почвы 0-40 см во все сроки определений. По численности актиномицетов вариант переменной обработки в севообороте был на уровне или превышал вариант вспашки на глубину 20-22 см в зависимости от фазы развития растений.

При статистической обработке данных стационарного опыта № 1 установлена сильная положительная корреляционная зависимость между микроорганизмами, усваивающими минеральные формы азота (на КАА), показывающими уровень мобилизационных процессов, и численностью актиномицетов (r = 0,83, табл. 4.12).

Особое значение в мобилизации азота в почве принадлежит нитрифицирующим бактериям. Данная группа микроорганизмов наиболее чувствительна к изменению среды обитания – водному, воздушному, питательному и тепловому режимам, содержанию в почве органического вещества.

В начале вегетации гороха ежегодная безотвальная обработка снижает численность нитрифицирующих бактерий в слое 0-40 см по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину в среднем на 40% (табл. 4.9). Перед уборкой наблюдалось увеличение численности нитрифицирующих микроорганизмов в почве вариантов применения плоскорезной обработки и рыхления плугом без отвалов (табл. 4.10).

Следует отметить, что в почве без обработки (залежь некосимая) численность нитрификаторов в среднем была на 80-90% меньше, чем в почве вариантов вспашки на глубину 20-22 см. На залежи некосимой прослеживалась четко выраженная дифференциация по численности нитрификаторов в почвенном профиле – в верхнем слое было сосредоточено 40-60% микроорганизмов по отношению ко всему 0-40 см слою почвы (приложение 4.5, 4.6).

Глубина вспашки незначительно повлияла на изменение количества нитрификаторов в слое почвы 0-40 см. Углубление вспашки более 25-27 см приводило к снижению количества нитрифицирующих бактерий в оба срока определения.

Таблица 4.12 – Корреляционная зависимость между группами микроорганизмами, элементами питания в среднем за вегетацию в слое почвы 0-40 см (стационарный опыт № 1)

Показатель	Коэффициент корреляции							
	Азотобактер	Нитрификаторы	Целлюлозо-разлагающие	Грибы	МПА	КАА	Актиномицеты	Клубеньковые бактерии
Азотобактер	-	0,63	0,68	0,48	-0,25	-0,29	-0,20	0,52
Нитрификаторы	0,63	-	0,78	0,69	0,34	0,08	0,15	0,61
Целлюлозоразлагающие	0,68	0,78	-	0,46	0,25	-0,30	0,19	0,62
Грибы	0,48	0,69	0,46	-	0,35	-0,38	0,67	0,72
МПА	-0,25	0,34	0,25	0,35	-	0,16	-0,15	0,29
КАА	-0,29	0,08	-0,30	-0,38	0,16	-	0,83	-0,29
Актиномицеты	-0,20	0,15	0,19	0,67	-0,15	0,83	-	-0,24
Клубеньковые бактерии	0,52	0,61	0,62	0,72	0,29	-0,29	-0,24	-
NO_3	0,46	0,21	0,03	0,27	0,11	-0,30	-0,51	0,30
P_2O_5	0,47	0,77	0,24	0,29	0,48	0,32	0,11	0,20
K_2O	0,42	0,65	0,42	0,49	0,68	-0,01	-0,16	0,70

Содержание микроорганизмов в слоях почвы 20-30 см и 30-40 см на вариантах глубоких отвальных обработок (на глубину 30-32 и 35-37 см) увеличивалось за счет более глубокой заделки органических остатков на этих вариантах и уменьшилось в верхних слоях (0-10 и 10-20 см) по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Наблюдалась сильная прямолинейная корреляционная зависимость между количеством нитрифицирующих бактерий и численностью целлюлозолитических микроорганизмов в слое почвы 0-40 см (r = 0,78, табл. 4.12), средняя зависимость между количеством нитрифицирующих бактерий и азотобактером (r = 0,68), нитрификаторами и грибами (r = 0,69), нитрифицирующими бактериями и аммонификаторами (r = 0,34).

Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов отражает степень мобилизационных процессов в обрабатываемом слое почвы и уровень обеспеченности растений доступными формами азота (С.Н. Виноградский, 1952) [77]. Разложение растительных остатков, около 70% которых составляет целлюлоза, осуществляется целлюлозоразлагающими микроорганизмами, к которым относятся бактерии, актиномицеты, грибы. Некоторые авторы считают, что жизнедеятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов связана с гидротермическими условиями, а не только с уровнем азота в почве (Иляллетдинов А.Н., 1976; Кутовая Н.Я., 1984 и др.) [164, 234].

Ежегодное перемешивание почвы в результате применения отвальной обработки увеличивало численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов по сравнению с вариантами использования безотвальных орудий обработки (табл. 4.9, 4.10). Так, в почве залежи некосимой количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов было на 70-80% меньше, чем в почве, ежегодно обрабатываемой на глубину 20-22 см. В зависимости от глубины вспашки численность данной группы микроорганизмов различалась по срокам определения. В начале вегетации гороха установлено положительное влияние на численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов примене-

ния вспашки на глубину до 25-27 см, а в конце вегетации максимальное количество микроорганизмов было в почве варианта вспашки на глубину 30-32 см и 35-37 см.

Применение переменных обработок в севообороте не способствовало повышению численности как нитрифицирующих, так и целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

Наблюдалось различное распределение по почвенному профилю целлюлозоразлагающих микроорганизмов в зависимости от приемов и глубины основной обработки (приложение 4.5, 4.6).

На залежи некосимой в верхнем (0-10 см) слое почвы содержалось 40-50% микроорганизмов по отношению к слою 0-40 см.

Обработка почвы безотвальными орудиями привела к незначительной активизации более глубоких слоев почвы (20-30 см и 30-40 см) по сравнению с необрабатываемой почвой. Безотвальный способ обработки почвы способствовал большей разнокачественности обрабатываемого слоя по численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, чем ежегодное оборачивание.

На вариантах применения плоскорезной обработки и обработки плугом без отвалов в верхнем (0-10см) слое почвы содержалось 36-37% микроорганизмов по отношению к слою 0-40 см, а на варианте вспашки на глубину 20-22 см – 29-33%. Глубокие обработки способствовали увеличению численности микроорганизмов в нижних слоях почвы (20-30 см и 30-40 см) и уменьшению в верхних слоях.

По мнению Е.Н. Мишустина (1972), бóльшая численность грибов наблюдается на малоплодородных почвах с незначительной биодинамикой [272]. Почвенные грибы первыми начинают разлагать растительные остатки по сравнению с другими микроорганизмами (Панов Н.П., 1993; А.И. Подколзин А.И., 1997) [312, 321]. С замедлением процессов разложения растительных остатков продолжительность участия в нем микроскопических грибов увеличивается.

Анализ результатов по определению численности грибов в стационарном опыте № 1 показал увеличение их количества в 2,5-3,5 раза на вариантах ежегодной плоскорезной обработки и рыхления плугом без отвалов в конце вегетации гороха, в начале периода вегетации гороха численность грибов была на уровне варианта вспашки на глубину 20-22 см (табл. 4.9, 4.10).

Глубина основной обработки почвы существенно не повлияла на численность грибной микрофлоры в фазу ветвления гороха. В период созревания растений наблюдался рост численности грибов на 6-30% при увеличении глубины отвальной обработки более 20-22 см.

Численность клеток азотобактера в почве является одним из важных показателей биологической активности почв. Азотобактер отрицательно реагирует на ухудшение ценных агрономических качеств почв, чувствителен к недостатку влаги, поставляет в почву биологически активные вещества, подавляет продукты метаболизма фитопатогенных грибов. Данная группа микроорганизмов хорошо развивается в почве с нейтральной реакцией среды, в достаточной мере содержащей доступные соединения фосфора, обеспеченной запасами органических веществ (Мочалов Ю.М., 1984; Мирчинк Т.Г., 1984) [279, 265], поэтому многие исследователи (Бабьева И.П., Зенова Г.М., 1989; Свистова И.Д и др., 2004) рекомендуют в качестве тест-организма для определения наличия в почве токсинов применять численность колоний азотобактера [23, 362].

Численность колоний азотобактера во многом определялась тем, какие применялись приемы основной обработки почвы. В необрабатываемой почве (залежь некосимая) азотобактер вообще отсутствовал или содержался в минимальных количествах (табл. 4.9, 4.10). Значительное сокращение этой важной группы микроорганизмов наблюдалось во все годы исследований по безотвальным приемам обработки почвы. В начале вегетации гороха применение плоскорезной обработки почвы и рыхление плугом без отвалов снизили численность колоний азотобактера на 33% по сравнению со вспашкой на

глубину 20-22 см. В конце вегетации гороха численность данной группы микроорганизмов по плоскорезной обработке снизилась на 57%, по рыхлению плугом без отвалов – на 26%.

В необрабатываемой почве и частично по безотвальным обработкам в верхнем слое накапливаются еще неразложившиеся растительные остатки, которые, по мнению А.Н. Иляллетдинова (1976), приводят к накоплению токсичных веществ, что явилось одной из причин снижения или отсутствия азотобактера в почве этих вариантов опыта [164].

Максимальная численность азотобактера была отмечена по отвальным обработкам на глубину до 25-27 см. Дальнейшее углубление обрабатываемого слоя до 30-32 см и 35-37 см привело к снижению численности колоний азотобактера. Применение переменной обработки в севообороте в фазу ветвления гороха снизило численность колоний азотобактера на 30% по сравнению с контрольным вариантом. В период созревания численность микроорганизмов была на уровне варианта вспашки на глубину 20-22 см.

Анализ экспериментальных данных показал, что длительное применение различных приемов основной обработки (вспашки или безотвального рыхления) существенно изменяет направление биологических процессов в почве, что проявляется повышением численности основных групп микроорганизмов и в конечном итоге усилением минерализационных процессов в обрабатываемой почве по сравнению с залежью.

Установлено положительное влияние вспашки на глубину 20-22 см и 25-27 см на развитие азотобактера, нитрифицирующих и целлюлозоразрушающих бактерий. Углубление вспашки более 25-27 см, также как и ежегодные безотвальные обработки привели к значительному сокращению данных групп микроорганизмов. Ежегодная глубокая вспашка, а также безотвальное рыхление почвы под все культуры севооборота способствуют увеличению численности бактерий, усваивающих минеральные формы азота, расширению соотношения КАА/МПА по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см, что

свидетельствует о более глубокой минерализации азотсодержащих органических соединений в почве, в результате чего усиливаются непроизводительные потери гумуса.

Наблюдалось различное распределение по почвенному профилю изучаемых групп микроорганизмов в зависимости от приемов и глубины основной обработки почвы. Ежегодная безотвальная обработка способствовала бóльшей разнокачественности обрабатываемого слоя по численности основных групп микроорганизмов по сравнению с ежегодным оборачиванием почвы. Поверхностное распределение органических остатков по безотвальным обработкам обусловило размещение основной массы микроорганизмов в верхнем слое почвы. Углубление вспашки более 20-22 см привело к увеличению численности микроорганизмов в нижних слоях пахотного горизонта (20-30 см и 30-40 см) и уменьшению в верхних.

Важным источником пополнения азотного запаса пахотных почв является биологическая фиксация атмосферного азота, находящегося в недоступной для растений форме. На основании опытов было выявлено, что разработка приемов повышения симбиотической азотофиксации основана на создании оптимальных условий для развития бобовых растений, клубеньковых бактерий и их симбиоза. К таким условиям относятся аэрация, влажность, минеральное питание, температура почвы (Мишустин Е.Н., Шильникова В.К., 1968; Витер А.Ф., Гулидова В.А., 1979; Витер А.Ф., 1987) [269, 83, 81]. На активность азотофиксации у бобовых растений влияет обогащение приземного слоя воздуха углекислотой, а почвы – органическими остатками (Берестецкий О.А., 1976) [43].

Различные агротехнические приемы влияют на параметры почвы, что в конечном итоге сказывается на изменении уровня азотофиксации и продуктивности растений. Отвальная обработка почвы привела к достоверному увеличению числа клубеньков на каждом растении по сравнению с безотвальными приемами основной обработки почвы (приложение 4.7).

Применение ежегодного плоскорезного рыхления снизило количество клубеньков на корнях растений на 28%, рыхление плугом без отвалов – на 40% по сравнению с контролем. К причинам, уменьшающим процесс симбиотической азотофиксации при длительном применении безотвальных приемов обработки, относятся ухудшение физических свойств почвы, условий минерального питания, а также уменьшение количества органических остатков в нижних горизонтах почвенного профиля, которые на этих вариантах находились в основном на поверхности почвы.

При углублении отвальной обработки почвы более 20-22 см наблюдалась тенденция снижения количества клубеньков на корнях растений на 6-12%. В почве варианта переменной обработки в севообороте численность клубеньков снизилась на 54% по сравнению с почвой варианта вспашки на глубину 20-22 см.

4.6. Ферментативная активность почвы

Биологическая активность почвы является интегральным показателем протекающих в ней биохимических процессов. К показателям, отражающим потенциальную биологическую активность почвы, относится ферментативная активность (Низова А.А., 1970; Купревич В.Ф., 1974; Щербакова Т.А., 1974; Галстян А.Ш., 1978; Щербаков А.П., Стахурлова Л.Д., 1996; Чупрова В.В., 1997) [293, 232, 464, 95, 461, 443].

Ферментативная активность почвы является более устойчивым показателем по сравнению с численностью микроорганизмов и выделением почвой углекислого газа (Галстян А.Ш., 1974; Хазиев Ф.Х., 1976; Щербаков А.П., Кутовая Н.Я., Девятова Т.А., 1993) [96, 420, 463]. По мнению Е.Н. Мишустина (1956), Н.А. Красильникова (1966), В.Х. Хазиева (1976), большое значение в накоплении почвенных ферментов принадлежит корневым выделениям растений и микроорганизмам [271, 197, 420]. В.В. Верзилин (1988, 1997, 2004),

Н.Я. Кутовая, В.В. Черенков (1994) предлагают использовать ферментативную активность для оценки степени окультуривания почв [69, 70, 73, 233].

Агротехнические приемы оказывают влияние на ферментативную активность почвы (Чундерова А.И., Зубец Т.П., 1969; Хазиев Ф.Х., 1976; Васильева Л.В., 1980; Берестецкий О.А., Зубец Т.П., 1981) [441, 420, 66, 42]. Основная обработка, оказывая комплексное влияние на свойства почвы, является одним из важных агротехнических приемов регулирования ферментативного уровня почвы.

Почвенные ферменты относятся к классу гидролаз и классу оксидоредуктаз. Гидролитические ферменты участвуют в реакциях гидролиза органических соединений, играют значительную роль в обогащении почвы доступными питательными веществами (Галстян А.Ш., 1974, 1978) [95, 96].

Уреаза, относится к гидролитическим ферментам, с действием этого фермента связаны процессы гидролиза и превращения в доступную форму азота мочевины (Коновалова А.С., 1970; Галстян А.Ш., 1974) [206, 96]. А.П. Щербаков (1978) считает уровень уреазной активности условием формирования оптимального азотного режима почвы [459]. Исследованиями А.В. Колосковой, С.Г. Муртазиной (1978), В.М. Гармашова, А.Л. Качанина (2007) доказано, что активность ферментов азотного обмена является важным диагностическим показателем активности процессов мобилизации азота в почве [202, 103].

Исследования, проведенные в стационарном опыте № 1, показали, что наибольшая уреазная активность в слое 0-40 см наблюдается в необрабатываемой почве (табл. 4.13). С увеличением глубины отвальной обработки активность этого фермента падает. В фазу ветвления гороха при вспашке на глубину 25-27 см уреазная активность уменьшилась на 11% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см, при вспашке на глубину 30-32 см – на 15%, при вспашке на глубину 35-37 см – на 21%, в фазу созревания – соответственно на 7, 34 и 26%.

Таблица 4.13 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на ферментативную активность в слое 0-40 см под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта	Активность уреазы, мг NH_3 / 100 г воздушно-сухой почвы за сутки		Активность сахаразы, мг глюкозы на 100 г воздушно-сухой почвы за сутки		Активность каталазы, мл O_2 / 1 г воздушно-сухой почвы за 3 мин.	
	Ветвление	Созревание	Ветвление	Созревание	Ветвление	Созревание
Вспашка на глубину 20-22 см	216	261	4255	4553	17,8	18,9
Вспашка на глубину 25-27 см	194	242	4125	4576	17,4	16,7
Вспашка на глубину 30-32 см	185	171	4091	5178	17,0	15,8
Вспашка на глубину 35-37 см	171	192	3758	4458	19,4	19,0
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	222	262	4920	4588	17,2	18,4
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	257	242	4612	5596	18,8	16,0
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	158	242	4589	4928	17,8	17,5
Залежь некосимая	317	411	5433	5662	17,3	12,4

Уровень уреазной активности почвы при разноглубинной обработке в севообороте приближался к показателям контрольного варианта, при этом по плоскорезной обработке в начале периода вегетации гороха отмечено превышение контрольного варианта. Что касается уровня уреазной активности почвы перед уборкой, то произошло его снижение по сравнению с вариантом вспашки на глубину 20-22 см.

Ежегодная обработка почвы плугом без отвалов на глубину 25-27 см уменьшила уреазную активность на 7-27% по отношению к варианту вспашки на обычную глубину. Особенно резко при безотвальной обработке почвы активность фермента падает в нижних слоях почвы (приложение 4.8).

Ведущую роль в накоплении в почве уреазы играют высшие растения, особенно бобовые культуры (Купревич В.Ф., 1974) [232]. В результате улучшения физических условий и пищевого режима почвы на варианте вспашки на глубину 20-22 см образовалась более мощная корневая система, усилились биохимические процессы в слое 0-40 см, что, вероятно, повлияло на увеличение уреазной активности на этом варианте по сравнению с другими приемами обработки почвы.

Сахараза относится к гидролитическим ферментам, активность которого позволяет характеризовать процессы превращения соединений углеводов в почве (Галстян А.Ш., 1978; Хазиев Ф.Х., 1976) [95, 420].

Глубокая вспашка снижает активность фермента сахаразы по сравнению со вспашкой на обычную глубину (табл. 4.13). Вариант с переменной обработкой в севообороте, где под горох проводилась вспашка на глубину 20-22 см, по уровню активности сахаразы в фазу ветвления гороха превысил контрольный вариант на 15%, в фазу созревания гороха – был на уровне контроля. Применение безотвальных приемов обработки повысило уреазную активность в слое почвы 0-40 см на 8-23% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. Пова залежи некосимой имела самый высокий показатель сахаразной активности в слое 0-40 см.

Каталаза, по классификации Ф.Х. Хазиева (1977), относится к дыхательным ферментам – оксидоредуктазам [419]. Активность каталазы характеризует интенсивность окислительных процессов в почве, этот фермент может участвовать в реакциях пероксидазного типа, в ходе которых окислению подвергаются различные восстановленные соединения (Низова А.А., 1970; Звягинцев Д.Г., 1980; Фокин А.Д., 1996) [293, 147, 413]. М.М. Кононова (1963), Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков (2002) считают, что активность каталазы связана с деятельностью корней высших растений, почвенных водорослей и грибов [208, 100].

Каталазная активность является одним из показателей биологической активности почвы и имеет сильную коррелятивную связь с интенсивностью выделения из почвы углекислого газа и общей численностью микроорганизмов (Щербакова Т.А., 1974; Шапошникова И.М., Новиков А.А., 1986; Фокин А.Д., 1996) [464, 447, 413].

Исследования показали, что в обрабатываемой почве наблюдается значительное увеличение каталазной активности по сравнению с залежью некосимой (табл. 4.13). Активность каталазы на длительно обрабатываемой почве зависела от приемов основной обработки почвы. Если в начале вегетации гороха каталазная активность по ежегодным безотвальным обработкам была на уровне ежегодной вспашки на глубину 20-22 см, то перед уборкой плоскорезная обработка и безотвальное рыхление способствовали снижению активности фермента на 7-15% по отношению к контролю. С глубиной каталазная активность в слое почвы 0-40 см повышалась. Самый высокий показатель был по вспашке на глубину 35-37 см, что может быть связано с более высокой степенью аэрации почвы.

В процессах синтеза гумусовых веществ принимают участие окислительно-восстановительные ферменты типа полифенолоксидаз, а в процессах их минерализации определенное значение принадлежит реакциям, осуществляемым пероксидазой (Кононова М.М., 1965; Лисова А.П., 1968; Купревич

В.Ф., 1974; Галстян А.Ш., 1974; Хазиев Ф.Х., 1976; Орлов Д.С., 1992) [207, 239, 232, 96, 420, 303].

По соотношению окислительно-восстановительных ферментов – полифенолоксидазы и пероксидазы можно судить о процессах трансформации органического вещества в обрабатываемом слое почвы (Лисова Н.Г., 1968; Чундерова А.И., 1970; Хазиев Ф.Х., 1976) [239, 440, 420].

Для характеристики интенсивности накопления гумуса в почвах используют условно названный коэффициент накопления гумуса ($К_г$), рассчитываемый с помощью показателей активности ферментов – через отношение активности полифенолоксидазы и активности пероксидазы (Чундерова А.И., 1973) [442].

Приемы основной обработки почвы оказали влияние на активность таких окислительно-восстановительных ферментов, как полифенолоксидаза и пероксидаза (табл. 4.14). Самые существенные изменения активности пероксидазы отмечены в почве при использовании глубокой отвальной обработки; при ежегодной безотвальной обработке наблюдается увеличение пероксидазной активности по сравнению со вспашкой на глубину 20-22см. В связи с этим коэффициент накопления гумуса ($К_г$) был выше в почве при вспашке на глубину 20-22см по сравнению с другими вариантами опыта.

Таблица 4.14 – Коэффициент накопления гумуса (Кг) в слое 0-40 см в среднем за период вегетации гороха в зависимости от различных приемов основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Активность почвенных ферментов	Вспашка на глубину 20-22 см	Вспашка на глубину 35-37 см	Разноглубинная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Залежь некосимая
Полифенолоксидаза, мг пурпургаллина на 100 г воздушно-сухой почвы за 30 мин.	58,5	62,8	54,8	56,7
Пероксидаза, мг пурпургаллина на 100 г воздушно-сухой почвы за 30 мин.	72,3	81,7	82,2	71,1
Кг = активность полифенолоксидазы / активность пероксидазы	0,82	0,77	0,67	0,80

Анализ ферментативной активности показал, что целинные почвы имеют бóльшую активность гидролитических ферментов, в пахотных почвах в связи с разрыхляющим действием отвальных и безотвальных орудий усиливаются процессы минерализации и повышается активность окислительно-восстановительных ферментов. Отвальная обработка почвы на обычную глубину и переменная обработка в севообороте способствуют более интенсивной микробиологической деятельности в слое почвы 0-30 см, чем длительное применение безотвальных приемов основной обработки почвы.

В таблице 4.15 представлены коэффициенты корреляции между показателями биологической активности почвы, элементами эффективного и потенциального плодородия при длительном (19 лет) применении различных способов и глубины основной обработки чернозема обыкновенного стационарного опыта № 1.

Корреляционный анализ полученных данных показал, что уровень разложения клетчатки имеет обратную корреляционную связь слабой и средней степени с гидролитичскими ферментами – уреазой и сахаразой и прямую слабую степень коррелятивной связи с окислительно-восстановительным ферментом – каталазой. Выявлена положительная корреляционная связь слабой степени (r = 0,21) между содержанием в слое почвы 0-40 см нитратного азота и скоростью утилизации клетчатки и средняя – между содержанием подвижного фосфора (r = 0,68), обменного калия (r = 0,63).

Разложение клетчатки слабо коррелирует с численностью микроорганизмов, за исключением аммонифицирующих микроорганизмов (r = 0,83) и нитрификаторов (r = 0,42), численность которых во многом определяет скорость разложения растительных остатков.

Интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне имеет прямую среднюю степень коррелятивной связи с численностью микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (КАА) и актиномицетами.

Таблица 4.15 – Корреляционная зависимость между ферментативной активностью, показателями действительной биологической активности, группами микроорганизмов, элементами питания в среднем за вегетацию в слое почвы 0-40 см (стационарный опыт № 1)

Показатель	Коэффициент корреляции					
	Клетчатка	Аминокислоты	Выделение CO_2	Гуминовые кислоты	Гумус	CO_2 в почвенном воздухе
Уреаза	-0,28	0,07	0,15	0,60	0,44	-0,34
Сахараза	-0,38	0,58	-0,49	-0,24	-0,09	-0,72
Каталаза	0,30	-0,41	-0,02	0,09	-0,36	0,13
Клетчатка	-	-0,28	0,45	0,15	0,14	0,34
Аминокислоты	-0,28	-	-0,19	-0,62	-0,62	0,04
Выделение СО2	0,34	-0,19	-	0,42	0,72	0,79
Гуминовые кислоты	0,15	-0,62	0,42	-	0,86	0,05
Гумус	0,14	-0,62	0,72	0,86	-	0,22
Легкогидролизуемый азот	-0,20	0,02	0,49	0,50	0,40	0,51
Валовой азот	-0,20	-0,30	0,56	0,87	0,88	0,64
NO_3	0,21	-0,59	0,56	0,90	0,73	-0,03
P_2O_5	0,68	-0,29	0,91	0,60	0,71	0,67
K_2O	0,63	-0,32	0,68	0,16	0,10	0,68
МПА	0,83	0,15	0,43	-0,09	0,05	0,36
КАА	0,07	0,59	0,28	-0,15	0,02	0,52
Актиномицеты	-0,20	0,61	0,10	-0,35	-0,14	0,54
Грибы	0,11	-0,06	0,52	0,12	0,40	0,71
Целлюлозоразлагающие	-0,06	-0,27	0,43	0,12	0,28	0,55
Нитрификаторы	0,42	-0,24	0,83	0,29	0,55	0,83
Азотобактер	-0,06	0,67	0,62	0,71	0,65	0,40

Установлена обратная корреляционная зависимость слабой и средней степени между образованием аминокислот и численностью азотобактера, нитрифицирующих и целлюлозоразлагающих микроорганизмов и грибов.

Отмечается средняя прямая коррелятивная связь (r = 0,59) аминокислот с уровнем сахаразной активности и отрицательная (r = -0,41) с активностью каталазы. Корреляционная связь аминокислот с содержанием в почве подвижных питательных веществ – NO_3, K_2O, P_2O_5 носит обратный характер и изменяется от слабой до средней степени.

В наших исследованиях выделение из почвы углекислого газа связано с численностью основных групп микроорганизмов. Выявлена положительная коррелятивная связь сильной степени между уровнем выделения из почвы CO_2 и численностью нитрификаторов (r = 0,83), а также средняя степень корелятивной связи между азотобактером, целлюлозоразлагающими микроорганизмами, грибами и выделением углекислого газа.

Многими авторами отмечается корреляционная зависимость между выделением из почвы CO_2 и ферментативной активностью (Андреюк Е.И., 1974; Ганжара Н.Ф., Байбеков Р.Ф., Верзилин В.В., 2003) [15, 101].

Анализ полученных в стационарном опыте № 1 данных показал, что интенсивность продуцирования почвой углекислого газа отрицательно корелирует с активностью гидролитического фермента сахаразы (r = -0,49).

Количество углекислого газа, выделяемое почвой, имеет прямую корелятивную связь с содержанием в почве элементов минерального питания и показателями потенциального почвенного плодородия. Наблюдается средняя степень коррелятивной связи между уровнем выделения CO_2 и содержанием в слое почвы 0-40 см нитратного азота и обменного калия, а также сильная степень сопряженности (r = 0,91) с количеством подвижного фосфора.

С увеличением количества гумуса в зависимости от приемов основной обработки почвы происходит рост биологической активности почвы, что сопровождается повышением уровня «дыхания» почвы, коэффициент корреля-

ции между двумя этими признаками составил 0,72. Средняя степень сопряженности в наших исследованиях существует между уровнем выделения из почвы CO_2 и содержанием подвижных гуминовых кислот, легкогидролизуемого и валового азота.

Содержание в почве свободных гуминовых кислот и гумуса имеют среднюю коррелятивную связь (соответственно r = 0,60 и r = 0,44) с уреазной активностью и слабую отрицательную зависимость с сахаразной активностью (r = -0,24 и r = -0,09). Интенсивность окислительных процессов в почве (каталазная активность) отрицательно коррелирует с содержанием гумуса (r = -0,36).

Содержание углекислого газа в почвенном воздухе имеет положительную связь разной степени сопряженности с численностью основных групп микроорганизмов и окислительно-восстановительных ферментов и отрицательную – с активностью гидролитических ферментов.

Заключение

Длительное применение различных способов основной обработки (вспашки или безотвального рыхления) существенно изменяет направление биологических процессов в почве. Ежегодная безотвальная обработка под все культуры севооборота снижает показатели действительной биологической активности почвы – выделение из почвы CO_2, разложение льняного полотна – по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину или разноглубинной обработкой в севообороте.

Состав почвенной микрофлоры изменяется в зависимости от способов и глубины основной обработки почвы. Увеличение глубины вспашки более 25-27 см, также как и ежегодные безотвальные обработки привели к значительному сокращению азотобактера, нитрифицирующих и целлюлозоразрушающих бактерий. Ежегодная глубокая вспашка, а также безотвальное рыхление почвы под все культуры севооборота способствуют увеличению чис-

ленности бактерий, усваивающих минеральные формы азота, расширению соотношения КАА/МПА по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см, что свидетельствует о более глубокой минерализации азотсодержащих органических соединений в почве, в результате чего усиливаются непроизводительные потери гумуса.

Ежегодная безотвальная обработка способствовала бóльшей разнокачественности обрабатываемого слоя по численности основных групп микроорганизмов по сравнению с ежегодным оборачиванием почвы.

Поверхностное распределение органических остатков по безотвальным обработкам обусловило размещение основной массы микроорганизмов в верхнем слое почвы. Углубление вспашки более 20-22 см привело к увеличению численности микроорганизмов в нижних слоях пахотного горизонта (20-30 см и 30-40 см) и уменьшению в верхних.

Необрабатываемые почвы (залежь косимая и некосимая) имеют бóльшую активность гидролитических ферментов, в пахотных почвах в связи с разрыхляющим действием отвальных и безотвальных орудий усиливаются процессы минерализации и повышается активность окислительно-восстановительных ферментов.

При глубокой отвальной обработке и при ежегодной безотвальной обработке наблюдается увеличение пероксидазной активности. В связи с этим коэффициент накопления гумуса ($К_г$), рассчитанный через отношение активности полифенолоксидазы и активности пероксидазы, был выше на варианте применения вспашки на глубину 20-22 см.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки не привело к существенному снижению биологической активности черноземных почв.

5. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

5.1. Нитратный азот

Мобилизация элементов почвенного плодородия путем повышения биологической активности почвы, перевод элементов питания в доступную для растений форму являются важными задачами, достижение которых ставится перед основной обработкой почвы.

Различная активность и направленность микробиологических процессов в почве при длительном применении приемов основной обработки в стационарном опыте № 1 оказали влияние на нитратный режим чернозема обыкновенного (табл. 5.1).

В начальный период роста гороха количество нитратного азота в почве под растениями было максимальным, перед уборкой наблюдалось его уменьшение, что связано с усиленным потреблением азота растениями и изменением влажности почвы.

В зависимости от приемов основной обработки почвы различия в содержании нитратного азота в начале и в середине вегетации растений были минимальными. В фазу созревания гороха на вариантах безотвальной обработки существенно снизилось содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см независимо от уровня удобренности.

При безотвальных обработках почвы разложение растительных остатков предшествующей культуры (кукурузы), с широким соотношением C : N, находящихся на этих вариантах обработок в основном на поверхности и в верхнем слое почвы, частично переносится с осени на весенне-летний период, в результате чего происходит биологическая иммобилизация азота.

Таблица 5.1 – Содержание нитратного азота в слое 0-40 см под горохом в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Варианты опыта		Фазы развития гороха						
		Под растениями				Паровые площадки		
		Всходы	Цетение	Созревание	Среднее	Цветение	Созревание	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см	а	12,1	12,5	10,7	11,8	30,4	23,9	27,2
	б	8,8	11,9	7,9	9,5	24,2	23,6	23,9
Вспашка на глубину 25-27 см	а	9,3	10,9	7,2	9,1	26,4	25,1	25,8
	б	8,2	10,7	7,5	8,8	24,8	22,3	23,6
Вспашка на глубину 30-32 см	а	9,6	12,5	7,4	9,8	24,7	21,7	23,2
	б	9,1	10,7	6,8	8,9	21,0	18,3	19,6
Вспашка на глубину 35-37 см	а	10,7	11,8	7,9	10,1	25,1	22,0	23,6
	б	9,0	10,8	7,6	9,1	25,1	23,1	23,2
Разноглубинная вспашка	а	12,1	11,2	8,1	10,5	25,7	23,2	24,4
	б	9,4	10,5	8,1	9,3	19,5	20,7	20,1
Разноглубинная плоскорезная обработка	а	13,1	11,7	8,3	11,1	26,4	23,0	24,7
	б	8,2	11,6	7,0	8,9	25,1	22,6	23,8
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	11,7	13,9	7,5	11,0	27,3	21,6	24,4
	б	9,1	11,1	7,3	9,2	18,6	18,3	18,4
$НСР_{05}$, мг/кг, обработка	частный эффект	2,92	2,29	2,39	1,41	8,47	9,82	5,52
	главный эффект	2,06	1,62	1,69	1,00	5,99	6,94	3,90
$НСР_{05}$, мг/кг, удобрение	частый эффект	2,60	1,73	1,51	1,20	8,60	5,50	4,60
	главный эффект	0,98	0,65	0,57	0,45	3,25	2,08	1,74

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

Оборачивание почвы на глубину 20-22 см способствовало росту численности групп микроорганизмов, участвующих в процессах накопления азота в почве, – нитрифицирующих, клубеньковых, азотобактера, целлюлозоразлагающих (табл. 4.9, 4.10), что повлияло на увеличение содержания нит-

ратного азота в слое 0-40 см на варианте применения этого приема обработки почвы.

Углубление пахотного слоя более 20-22 см не оказало положительного влияния на содержание нитратного азота. В среднем за период вегетации снижение нитратного азота на удобренном фоне по вспашке на глубину 25-27 см по сравнению с контрольным вариантом составило 23%, при вспашке на глубину 30-32 см – 17%, при вспашке на глубину 35-37 см – 14%. Аналогичное снижение количества нитратного азота при углублении вспашки более 20-22 см наблюдалось на неудобренном фоне. При разноглубинной обработке почвы в севообороте преимуществ в содержании нитратного азота по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см не отмечено. Максимальный эффект удобрений в повышении содержания нитратного азота в слое почвы 0-40 см под растениями достигался при внесении удобрений под вспашку на глубину 20-22 см.

Нитратный азот определялся также на паровых площадках, что позволило наиболее детально изучить динамику нитратного азота в почве в зависимости от различных приемов и глубины основной обработки почвы, так как исключалось поглощение азота растениями. На увеличение нитратного азота на чистых площадках повлияла более высокая влажность почвы по сравнению с влажностью почвы под растениями. На чистых площадках наибольшее содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см наблюдалось при отвальной обработке на глубину 20-22 см независимо от фона удобренности (табл. 5.1).

Нитратный азот по различным приемам и глубине основной обработки почвы определялся на глубину до 2 м два раза за период вегетации (табл. 5.2). Интенсивная минерализация органического вещества, происходящая в почве в результате воздействия на нее различных обрабатывающих орудий, ведет к бóльшим потерям нитратного азота за счет миграции за пределы корнеобитаемого слоя.

Таблица 5.2 – Распределение нитратного азота по почвенному профилю при различных способах и глубине основной обработки почвы под горох в среднем за вегетацию (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Варианты опыта					
	Под растениями			Чистые площадки		
	Вспашка на глубину 20-22 см	Вспашка на глубину 35-37 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Вспашка на глубину 20-22 см	Вспашка на глубину 35-37 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см
0-20	9,1	8,4	8,3	23,8	22,0	22,2
20-40	7,6	8,2	6,9	23,4	20,4	23,2
40-60	5,6	7,2	5,1	16,5	23,5	24,7
60-80	5,4	5,8	5,1	13,8	22,2	22,2
80-100	5,3	5,7	5,1	12,0	22,2	17,2
100-120	4,4	5,2	4,4	10,8	19,9	14,5
120-140	3,6	5,2	4,0	6,0	19,6	12,9
140-160	3,6	4,4	4,4	3,3	17,4	10,7
160-180	3,4	4,5	3,8	3,1	16,4	9,2
180-200	3,7	4,0	3,4	3,1	15,4	6,7

Во все годы проведения исследований было обнаружено значительное количество нитратного азота на глубине до 2 м независимо от применяемых способов и глубины основной обработки почвы.

На паровых площадках передвижение нитратного азота из верхних горизонтов в нижние слои было более сильным, чем под растениями, что связано с поглощением азота корнями растений. В почве без обработки (залежь) нитратный азот обнаружен в незначительных количествах лишь в самых верхних горизонтах (Кирюшин В.И., Ткаченко Г.И., 1986) [193].

Вспашка на глубину 35-37 см способствовала наибольшему перемещению нитратного азота за пределы корнеобитаемого слоя по сравнению с другими приемами обработки почвы в результате более интенсивной минерализации органического вещества (табл. 4.11, 4.13, 4.14) и более глубокой заделки растительных остатков и удобрений по этой обработке.

По данным В.И. Никитишина (1984), нитратный азот, вымытый на глубину более 50 см, считается потерянным для зерновых культур [295]. Уменьшение глубины вспашки до 20-22 см и плоскорезная обработка почвы снизили миграцию азота по сравнению со вспашкой на глубину 35-37 см. Следовательно, более интенсивная минерализация органического вещества по глубокой вспашке ведет к более непроизводительному расходу нитратного азота по сравнению с другими обработками почвы.

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см (опыт № 2) во многом зависело от срока определения, культуры звена севооборота, погодных условий, слоя почвы и в меньшей степени от изучаемых приемов основной обработки.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки не повлияло на ход и направление минерализационных процессов в почве. На всех вариантах опыта наблюдалась плотность почвы в пределах оптимальных значений, что положительно сказалось на жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий (табл. 3.2).

Одногодичное применение глубокого безотвального рыхления почвы под сахарную свеклу не приводило к ухудшению азотного режима чернозема обыкновенного (табл. 5.3). В 1990 и 1991 г. в начале вегетации сахарной свеклы не наблюдалось существенной разницы в содержании подвижного азота в слое почвы 0-40 см по всем вариантам опыта. Достоверное снижение содержания нитратного азота в слое почвы 0-40 см отмечалось при проведении плоскорезной обработки под сахарную свеклу в 1992 г.

К концу вегетационного периода уровень нитратного азота в почве всех вариантов опыта снизился. Отмечается тенденция снижения содержания нитратного азота при применении безотвальных обработок. Так, в 1992 г. имело место существенное уменьшение содержания нитратного азота при обработке чизельной стойкой параплау по сравнению с двухъярусной обработкой почвы.

Таблица 5.3 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под сахарную свеклу на содержание NO_3 (опыт № 2, 1990-1992 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев				Перед уборкой			
		1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	57,0	44,9	28,7	43,66	19,7	10,4	26,9	19,0
	2	57,9	39,1	25,0	40,7	8,2	9,5	25,8	14,5
	3	57,5	49,1	30,1	45,6	20,0	9,1	20,3	16,5
10-20	1	40,7	38,7	26,6	35,3	18,8	7,8	18,5	15,0
	2	41,3	35,2	22,9	33,1	12,0	6,8	20,4	13,1
	3	38,3	46,3	26,3	37,0	16,5	6,9	16,9	13,4
20-30	1	25,4	34,8	27,1	29,1	9,7	6,2	14,8	10,2
	2	26,0	30,0	20,4	25,5	8,9	5,4	14,5	9,6
	3	24,6	42,2	23,3	30,0	15,6	4,4	11,0	10,3
30-40	1	19,5	26,6	24,6	23,6	9,9	3,9	7,8	7,2
	2	22,4	25,9	20,3	22,9	8,0	3,3	8,8	6,7
	3	18,9	36,4	18,6	24,6	8,2	3,2	8,9	6,8
0-40	1	35,7	36,2	26,7	32,9	14,6	7,1	17,0	12,9
	2	36,9	32,6	22,1	30,5	9,3	6,2	17,0	11,0
	3	34,8	43,5	24,6	34,3	14,6	5,9	14,3	11,6
$НСР_{05}$, мг/кг		10,3	8,8	3,6	-	7,9	2,1	1,3	-

Примечание: 1 – двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Различные приемы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на изменение азотного режима питания под ячменем (табл. 5.4).

По всем вариантам опыта № 2 изменение содержания нитратного азота в слое почвы 0-40 см входило в ошибку опыта. В оба срока определения наблюдалась тенденция увеличения нитратного азота в слое почвы 0-40 см на вариантах обработки почвы плоскорезом и параплау.

Применение в течение трех лет безотвальных приемов основной обработки в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник способствовало уменьшению содержания подвижного азота в почве под подсолнечником по сравнению с отвальной обработкой (приложение 5.1).

Таблица 5.4 – Влияние различных способов основной обработки почвы под ячмень на содержание NO_3 (опыт № 2, 1991-1993 гг.), мг на кг абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Кущение				Перед уборкой			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
0-10	1	25,7	23,7	13,2	20,8	13,7	15,7	11,7	13,7
	2	27,2	25,3	15,3	22,6	13,8	16,2	12,0	14,0
	3	19,7	22,1	14,0	18,6	13,2	16,2	13,4	14,2
10-20	1	23,5	18,1	16,3	19,3	11,5	14,8	10,8	12,4
	2	19,9	24,4	17,4	20,6	9,7	18,8	9,9	12,8
	3	18,2	21,4	15,0	18,2	11,1	17,4	10,8	13,1
20-30	1	21,8	17,7	14,9	18,1	8,8	12,9	9,8	10,5
	2	15,7	27,9	22,5	22,0	7,8	16,8	8,6	11,1
	3	15,2	25,5	14,0	18,2	8,3	17,1	10,1	11,8
30-40	1	16,2	14,4	10,7	13,8	6,6	14,4	8,6	9,9
	2	11,9	21,3	19,4	17,5	6,7	14,9	8,1	9,9
	3	12,8	19,2	10,1	14,0	6,4	16,3	9,2	10,6
0-40	1	21,8	18,5	13,8	18,0	10,1	14,4	10,2	11,6
	2	18,7	24,7	18,7	20,7	10,5	16,7	9,7	12,3
	3	16,4	22,0	13,2	17,2	9,8	16,8	10,9	12,5
$НСР_{05}$, мг/кг		10,6	7,0	9,1	-	1,6	4,3	2,1	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

В 1992 г. в начале вегетации проведение плоскорезной обработки почвы под подсолнечник существенно снизило содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см на 29%, на варианте обработки параплау количество азота сократилось на 12% по сравнению с контролем. Перед уборкой по безотвальным обработкам количество нитратного азота снизилось на 10-12%. В 1993 г. в фазу всходов колебания в содержании азота по вариантам опыта входили в ошибку опыта. В конце вегетации подсолнечника по плоскорезному рыхлению и обработке чизельной стойкой параплау наблюдалось существенное снижение содержания азота в слое почвы 0-40 см по сравнению со вспашкой.

Исследования, проведенные в краткосрочном опыте № 3, показали, что содержание нитратного азота в слое почвы 0-50 см зависело от предшественников ячменя и приемов основной обработки почвы (приложение 5.2). Применение безотвального рыхления под ячмень после кукурузы на силос снижало снабжение растений азотом в оба срока определения.

Использование безотвальной обработки под ячмень после сахарной свеклы не уменьшило содержания нитратного азота в слое почвы 0-50 см в оба периода наблюдений по сравнению с отвальной обработкой, что связано с химическим составом растительных остатков предшествующей культуры (Н.И. Зезюков, В.Е. Острецов, 1999) [150]. Меньше содержится азота в растительных остатках кукурузы, соотношение углерода к азоту составляет 33 : 37, у сахарной свеклы растительные остатки богаче азотом, соотношение углерода к азоту сужается до 20 : 24, в связи с чем уменьшается их период разложения. Снижение содержания нитратного азота по безотвальной обработке после предшественника кукурузы на силос можно объяснить его биологическим поглощением, обусловленным наличием неразложившихся органических остатков на поверхности почвы.

Исследования, проведенные в стационарном опыте № 4, показали, что содержание в пахотном слое подвижных питательных веществ определяется культурой севооборота, приемом обработки почвы, различным уровнем удобренности, погодными условиями года. При применении под сахарную свеклу отвальной обработки наблюдалось увеличение на 3-35% по сравнению с дискованием содержания нитратного азота в слое почвы 0-30 см на всех уровнях удобренности, существенное в зависимости от сроков определений в 2008 и 2009 г. (табл. 5.5, 5.6).

Применение различных приемов повышения плодородия способствовало увеличению содержания подвижного азота в слое почвы 0-30 см в начале вегетации сахарной свеклы и перед уборкой по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 5.5 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание NO_3 в слое 0-30 см в фазу 4-5 пар настоящих листьев (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	16,4	12,3	10,6	13,1
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	8,3	2,1	16,0	8,8
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	27,1	6,5	18,5	17,4
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	25,1	2,1	21,0	16,1
Вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	15,0	8,5	13,8	12,4
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	18,9	15,8	14,9	16,5
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	20,2	4,8	19,6	14,9
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	24,1	4,1	27,4	18,5
$НСР_{05}$, частный эффект, мг/кг		4,3	5,1	6,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг/кг		2,5	3,0	5,1	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг/кг		3,0	4,9	4,5	-

Максимальное содержание нитратного азота в начале вегетации сахарной свеклы отмечено на варианте внесения (NPK)150 + Д + Ск + Соп на фоне вспашки – 18,5 мг/кг, на контрольном варианте содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см составило 12,4 мг/кг.

В конце вегетации сахарной свеклы по содержанию NO_3 в слое почвы 0-30 см наиболее эффективным под отвальную обработку на глубину 25-27 см был вариант применения (NPK)100 + Н + Ск + Соп: на этом варианте количество нитратного азота составило 14,7 мг/кг, в то время как в почве контрольного варианта количество азота было 9,3 мг/кг.

Засушливые условия 2009 и 2010 гг. способствовали снижению содержания нитратного азота в слое почвы 0-30 см под ячменем в оба срока определений (приложение 5.3, 5.4).

В 2008 г. установлено существенное снижение снабжения растений азотом в начале вегетации при использовании дискования на глубину 8-10 см по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину независимо от вносимых удобрений.

Перед уборкой ячменя запасы нитратного азота в почве вариантов использования различных приемов основной обработки были на одном уровне во все годы проведения исследований.

Таблица 5.6 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание NO_3 в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	12,8	4,6	7,0	8,2
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	10,0	4,8	5,2	6,7
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	14,2	5,2	12,0	10,5
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	15,2	10,8	12,5	12,8
Комбинированная обработка, под сахарну свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	12,5	7,7	7,6	9,3
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	23,5	12,9	7,7	14,7
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	12,2	6,5	10,2	9,6
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	16,2	12,6	13,3	14,0
$НСР_{05}$, частный эффект, мг/кг		4,1	3,9	3,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг/кг		3,0	3,4	2,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг/кг		2,9	2,5	3,5	-

Применение различных видов органоминеральных удобрений в севообороте способствовало существенному повышению содержания NO_3 в слое почвы 0-30 см независимо от приемов основной обработки в 2008 г.

Определенной закономерности в изменении количества нитратного азота при применении различных удобрений в 2009-2010 гг. не обнаружено.

5.2. Подвижный фосфор и обменный калий

Содержание в почве подвижных форм фосфора является одним из важных показателей эффективного плодородия. Обеспеченность растений подвижным фосфором повышается за счет его перевода из неусвояемых форм в усвояемые не только с помощью внесения удобрений, интенсивность минерализации органического фосфора во многом определяется агротехническими приемами, оказывающими влияние на биохимическую активность почвы (Пупонин А.И., 1984) [328].

Определенной закономерности в зависимости содержания доступного фосфора в слое почвы 0-40 см под растениями от различных приемов основной обработки не выявлено (табл. 5.7).

На паровых площадках в фазу цветения гороха на удобренном фоне наблюдалось уменьшение подвижных соединений фосфора при применении ежегодной плоскорезной обработки.

К концу вегетации гороха при внесении удобрений по безотвальным обработкам существенно снизилось содержание доступного фосфора в слое почвы 0-40 см. По ежегодной плоскорезной обработке количество доступного фосфора уменьшилось на 18%, по ежегодной обработке плугом без отвалов – на 20% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

На неудобренном фоне содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по безотвальным обработкам на чистых площадках было на уровне контрольного варианта.

При углублении отвальной обработки более 25-27 см под растениями гороха в среднем за вегетацию наблюдалась тенденция снижения доступного фосфора в слое почвы 0-40 см как на удобренном, так и неудобренном фонах.

На чистых площадках в фазу цветения гороха на всех вариантах применения отвальной обработки независимо от глубины содержание P_2O_5 было на одном уровне.

Таблица 5.7 – Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в слое почвы 0-40 см под горохом при различных способах и глубине обработки (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг/100 г абс. сухой почвы

Варианты опыта		Фазы развития гороха						
		Под растениями				Паровые площадки		
		Всходы	Цветение	Созревание	Среднее	Цветение	Созревание	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см	а	11,8	13,1	11,1	12,0	14,2	14,3	14,2
	б	6,7	7,3	6,7	6,9	8,2	7,8	8,0
Вспашка на глубину 25-27 см	а	12,1	12,9	10,8	11,9	14,4	12,8	13,6
	б	6,3	7,3	7,9	7,2	8,2	6,9	7,6
Вспашка на глубину 30-32 см	а	11,2	12,7	11,6	11,8	14,6	12,5	13,5
	б	5,9	6,5	6,9	6,4	8,4	6,7	7,6
Вспашка на глубину 35-37 см	а	10,8	11,2	10,2	10,7	14,5	11,5	13,0
	б	6,3	6,7	6,3	6,4	8,0	7,3	7,6
Разноглубинная вспашка	а	12,1	12,0	11,4	11,8	14,4	13,2	13,8
	б	6,4	6,2	6,4	6,3	8,4	7,7	8,0
Разноглубинная плоскорезная обработка	а	12,0	13,0	11,0	12,0	12,7	11,8	12,2
	б	6,5	7,7	6,8	7,0	8,2	7,9	8,0
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	12,0	13,0	10,9	12,0	14,2	11,5	12,8
	б	6,5	6,9	6,6	6,7	9,3	6,8	8,0
$НСР_{05}$, мг/100 г почвы, обработка	частый эффект	1,50	2,35	2,63	1,36	2,44	2,50	1,67
	главный эффект	1,06	1,66	1,86	0,96	1,73	1,80	1,18
$НСР_{05}$, мг/100 г почвы, удобрение	частый эффект	1,31	2,01	2,56	1,40	3,15	1,94	1,63
	главный эффект	0,49	0,76	0,97	0,53	1,19	0,73	0,62

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

В фазу созревания на удобренном фоне глубокая отвальная обработка на 35-37 см привела к существенному снижению подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по отношению к вспашке на глубину 20-22 см.

Вариант переменной обработки в севообороте, где под горох проводилась вспашка на глубину 20-22 см, по содержанию доступного фосфора в слое почвы 0-40 см был на уровне контроля.

При внесении удобрений содержание подвижного фосфора достигло оптимального уровня – 10-15 мг на 100 г почвы (Сдобников С.С., 1980; Казаков Г.И., 1997) [363, 168]. Максимальный эффект внесения удобрений в повышение содержания доступного фосфора в слое почвы 0-40 см под растениями в среднем за период вегетации отмечался на варианте переменной обработки в севообороте. При увеличении глубины вспашки до 35-37 см эффективность удобрений снижалась по сравнению с вариантом отвальной обработки на глубину 20-22 см. По безотвальным приемам обработки почвы под растениями действие удобрений в повышении содержания доступного фосфора было на уровне контрольного варианта.

На чистых площадках внесение удобрений под плоскорезную обработку и обработку плугом без отвалов снизило содержание P_2O_5 в слое почвы 0-40 см по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. В фазу цветения эффективность удобрений при применении отвальной обработки на различную глубину была на одном уровне.

В конце вегетации наибольшая эффективность удобрений наблюдалась при их перемешивании в пахотном слое почвы 0-20 см нежели при их более глубокой заделки.

Глубина и приемы основной обработки во многом обусловили различное распределение по почвенным слоям органических остатков и вносимых удобрений, что отразилось на доступности элементов минерального питания корням растений (приложение 5.5).

Приемы основной обработки без оборачивания и перемешивания почвы привели к расположению подвижных фосфатов преимущественно в верхней (0-10 см) части пахотного слоя. Ежегодная плоскорезная обработка почвы на удобренном фоне привела к увеличению содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см до 31,3% (в % к слою 0-40 см), на варианте вспашки на глубину 20-22 см содержание P_2O_5 в верхнем слое почвы составило 29,6%, по вспашке на глубину 35-37 см – 24,8%.

Оборачивание почвы на глубину 20-22 см способствовало созданию гомогенного по содержанию подвижного фосфора 0-20 см слоя. На варианте применения этой обработки наблюдалось менее резкое снижение доступного фосфора в слоях 20-30 см и 30-40 см по сравнению с плоскорезной обработкой. Глубокая отвальная вспашка привела к относительно равномерному распределению доступного фосфора в слое 0-40 см, но в целом в 0-40 см части почвенного профиля содержание фосфора снизилось вследствие вовлечения в обработку менее плодородного нижнего (20-40 см) слоя почвы (приложение 5.5).

Более глубокая заделка органических остатков по вспашке на глубину 35-37 см привела к перераспределению доступного фосфора в почвенном профиле по сравнению с применением отвальной обработки на глубину 20-22 см – уменьшению P_2O_5 в 0-40 см части почвенного профиля и увеличению в слое 40-60 см (приложение 5.6). При этом следует отметить, что фосфаты, взаимодействуя с неорганической частью почвы, менее активно мигрируют в почвенном профиле по сравнению с нитратным азотом (Black C.A., 1968) [477].

Достоверных различий в содержании подвижного фосфора (опыт № 2) в слое почвы 0-40 см в зависимости от способов основной обработки под сахарную свеклу не обнаружено (табл. 5.8).

При безотвальных приемах основной обработки почвы наблюдается изменение послойного содержания P_2O_5 за счет увеличения в слое 0-10 см и уменьшения в нижних горизонтах по сравнению со вспашкой.

В первый срок исследований на варианте применения плоскорезной обработки в слое почвы 0-10 см было сосредоточено 32,2% подвижного фосфора (в % к слою 0-40 см), на вариантах обработки чизельной стойкой параплау – 33,8% и двухъярусной вспашки – 28,8%; перед уборкой содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см на этих вариантах было соответственно 31,7; 33,8 и 21,4%.

Таблица 5.8 – Влияние различных способов основной обработки почвы под сахарную свеклу на содержание P_2O_5 (опыт № 2, 1990-1992 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев				Перед уборкой			
		1990 г.	1990 г.	1991 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	16,8	16,1	9,9	14,3	12,5	14,9	9,7	8,2
	2	18,6	17,6	15,6	17,3	13,9	17,3	13,3	14,8
	3	18,6	20,7	15,5	18,3	10,9	15,8	15,4	14,0
10-20	1	20,4	15,3	9,3	15,0	11,4	13,8	9,1	11,4
	2	18,8	14,5	14,4	15,9	11,0	17,0	10,3	12,8
	3	17,4	15,7	16,3	16,5	8,7	16,6	12,1	12,5
20-30	1	12,8	12,7	8,3	11,3	8,1	13,4	7,4	9,6
	2	14,2	10,2	10,8	11,7	8,4	15,4	6,6	10,1
	3	9,1	10,3	12,9	10,8	7,0	11,0	7,4	8,5
30-40	1	9,6	9,4	7,3	8,8	11,1	10,3	5,9	9,1
	2	8,9	8,4	9,0	8,8	10,8	10,9	5,3	9,0
	3	7,6	8,5	9,3	8,5	11,9	12,1	6,3	10,1
0-40	1	14,9	13,1	8,7	12,3	10,9	13,1	8,2	10,7
	2	15,1	12,7	12,4	13,4	11,0	15,2	8,9	11,7
	3	13,2	13,8	13,5	13,5	9,7	14,0	10,3	11,3
$НСР_{05}$, мг/100 г		5,2	2,7	4,1	-	3,3	2,6	3,8	-

Примечание: 1 – двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

В опытах с ячменем (опыт № 2, табл. 5.9) по безотвальной обработке отмечалось более высокое содержание подвижного фосфора по сравнению с отвальной в слое почвы 0-40 см, наиболее существенное в 1992 и в 1993 гг. в первый срок исследований. Перед уборкой ячменя существенных различий в содержании P_2O_5 в слое почвы 0-40 см в зависимости от приемов основной обработки почвы не наблюдалось. При обработке плоскорезом и чизельной стойкой параплау происходит увеличение содержания подвижного фосфора в верхнем слое почвы (0-10 см) по сравнению со вспашкой.

Таблица 5.9 – Влияние различных способов основной обработки почвы под ячмень на содержание P_2O_5 (опыт № 2, 1991-1993 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Кущение				Созревание			
		Годы			Среднее	Годы			Среднее
		1991	1992	1993		1991	1992	1993	
0-10	1	17,5	13,4	16,7	15,8	16,8	10,5	18,7	15,0
	2	16,9	14,9	20,6	17,4	15,7	14,2	19,9	16,6
	3	19,9	16,1	21,4	19,1	15,6	15,1	20,8	17,2
10-20	1	18,6	12,4	17,1	16,0	17,0	10,0	18,4	15,1
	2	18,9	14,0	20,4	17,8	14,5	13,7	18,6	15,6
	3	19,2	17,8	20,7	19,2	16,4	13,3	19,6	16,4
20-30	1	17,6	12,5	16,3	15,4	12,6	8,4	16,4	12,5
	2	16,9	14,0	19,4	16,8	8,0	8,8	16,2	11,0
	3	14,4	15,9	17,1	15,8	12,7	7,7	17,8	12,7
30-40	1	15,1	11,6	13,8	13,8	8,8	7,2	13,0	9,7
	2	18,0	12,0	18,7	16,2	9,0	6,9	14,7	10,2
	3	12,0	16,0	11,7	13,2	9,6	5,,4	14,4	9,8
0-40	1	17,5	12,5	16,1	15,4	13,5	9,0	16,6	13,0
	2	17,7	13,7	19,8	17,1	14,1	10,9	17,4	14,1
	3	16,4	16,4	17,5	16,8	13,6	10,4	18,1	14,0
$НСР_{05}$, мг на 100 г		2,7	3,5	3,4	-	2,8	2,5	2,6	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Различия по содержанию подвижных форм фосфора в слое почвы 0-40 см в зависимости от способов обработки почвы под подсолнечник были незначительными (опыт № 2, приложение 5.7). Существенных различий в содержании подвижного фосфора по различным приемам основной обработки почвы (фактор В) под сахарную свеклу независимо от уровня удобренности (фактор С) не обнаружено (опыт № 4, табл. 5.10, 5.11).

При внесении под сахарную свеклу удобрений количество подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см в начале вегетации увеличилось в среднем за три года исследований на 24-35% по сравнению с контролем, перед уборкой на 2-11% (независимо от приемов основной обработки, табл. 5.10, 5.11).

Таблица 5.10 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание P_2O_5 в слое 0-30 см в фазу 4-5 пар настоящих листьев (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	10,9	12,6	9,4	11,0
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	14,1	15,2	9,6	13,0
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	7,1	16,7	14,3	12,7
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	10,1	16,7	13,0	13,3
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	5,9	15,6	10,7	10,7
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	18,5	18,9	10,8	16,1
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	14,4	15,4	12,6	14,1
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	7,1	24,8	11,8	14,6
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		3,1	4,7	2,5	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		1,5	4,3	0,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		2,0	2,8	2,1	-

Таблица 5.11 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание P_2O_5 в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	18,4	14,7	11,6	14,9
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	15,5	19,4	11,1	15,3
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	17,2	21,3	7,9	15,5
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	17,3	18,2	15,3	16,9
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	17,9	14,8	12,1	14,9
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	18,3	15,4	10,0	14,6
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	18,4	21,7	11,2	17,1
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	16,8	19,3	12,1	16,1
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		2,0	3,1	2,3	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		0,9	2,0	1,9	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		1,7	2,6	1,5	-

Внесение 40 т/га навоза совместно с (NPK)100 + Ск + Соп на фоне отвальной обработки повысило содержание подвижного фосфора до 16,1 мг на 100 г абс. сух почвы в первый срок определения, когда на контроле количество P_2O_5 было 10,7 мг на 100 г абс. сух почвы (табл. 5.11). В конце вегетации сахарной свеклы по содержанию подвижного фосфора наиболее эффективным был вариант внесения двойной дозы соломы в комплексе с (NPK)200 + Ск под глубокую вспашку.

Приемы основной обработки существенно не изменили количество подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см в начале вегетации и перед уборкой ячменя (опыт № 4, приложение 5,8, 5.9). Внесение под культуры севооборота минеральных удобрений в сочетании с органическими существенно повысило содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы во все сроки определений.

Известно, что большое количество калия в почве находится в труднодоступной форме, при этом его переход из труднодоступных форм в обменные происходит под влиянием биологических и химических процессов, в определенной мере регулируемых приемами обработки почвы. В наших исследованиях различные приемы основной обработки почвы на различную глубину в стационарном опыте № 1 существенно не изменили содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под растениями по сравнению с контрольными вариантами (табл. 5.12).

На чистых площадках при внесении удобрений более высокое содержание обменного калия наблюдалось по вспашке на глубину 20-22 см.

Безотвальные приемы основной обработки существенно снизили содержание доступного калия в слое почвы 0-40 см. В фазу цветения гороха на варианте ежегодной плоскорезной обработки на удобренном фоне количество обменного калия в слое почвы 0-40 см было на 19% ниже, чем по вспашке на глубину 20-22 см, на варианте ежегодного рыхления плугом без отвалов – на 12%, в фазу созревания – соответственно на 22 и на 29% меньше по сравне-

нию с контролем. Углубление отвальной обработки более 20-22 см на удобренном фоне снизило содержание K_2O в слое почвы 0-40 см. На фоне без удобрений содержание обменного калия при применении различных приемов основной обработки почвы приближалось к показателям контрольного варианта.

Таблица 5.12 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под горохом при различных способах и глубине основной обработки (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Варианты опыта		Фазы развития гороха						
		Под растениями				Паровые площадки		
		Всходы	Цветение	Созревание	Среднее	Цветение	Созревание	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см	а	7,6	11,5	8,6	9,2	12,7	12,3	12,5
	б	6,4	8,8	6,3	7,2	8,0	8,4	8,2
Вспашка на глубину 25-27 см	а	7,8	9,1	9,2	8,7	10,6	11,0	10,8
	б	6,7	7,6	6,9	7,1	8,7	7,7	8,2
Вспашка на глубину 30-32 см	а	8,4	11,3	10,1	9,9	11,3	11,3	11,3
	б	7,1	7,7	7,2	7,3	8,1	7,8	8,0
Вспашка на глубину 35-37 см	а	9,7	9,1	10,0	9,6	11,2	12,0	11,6
	б	6,8	7,6	7,1	7,2	8,9	9,6	9,2
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	а	9,7	9,3	8,6	9,2	10,8	9,3	10,0
	б	6,5	7,2	6,6	6,8	7,9	8,0	8,0
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	а	7,8	9,9	7,1	8,3	10,3	9,6	10,0
	б	5,5	7,7	5,9	6,4	8,1	7,4	7,8
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	9,2	10,3	8,1	9,2	11,2	8,8	10,0
	б	6,0	7,7	6,4	6,7	8,1	7,5	7,8
$НСР_{05}$, мг/100 г почвы, обработка	частый эффект	2,43	3,06	2,09	1,46	2,45	2,35	1,56
	главный эффект	1,72	2,16	1,48	1,03	1,74	1,66	1,11
$НСР_{05}$, мг/100 г почвы, удобрение	частый эффект	2,42	1,93	1,66	1,15	2,35	1,78	1,35
	главный эффект	0,92	0,73	0,63	0,43	0,89	0,67	0,51

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

На чистых площадках в фазу цветения и созревания гороха максимальная эффективность удобрений в повышении содержания обменного калия в слое почвы 0-40 см отмечалась при внесении удобрений под вспашку на глубину 20-22 см. Под растениями в среднем за вегетацию эффективность удобрений на вариантах применения различных приемов обработки почвы на различную глубину была на одном уровне.

Длительное применение различных приемов основной обработки на различную глубину привело к неодинаковой дифференциации 0-40 см слоя почвы по доступному калию (приложение 5.5). Расположение в верхней (0-10 см) части почвенного профиля растительных остатков и удобрений при ежегодной безотвальной обработке привело к увеличению гетерогенности 40-сантиметрового слоя почвы. При длительном применении плоскорезной обработки повысилось содержание K_2O в верхнем (0-10 см) слое почвы и сократилось в нижних слоях. На варианте ежегодной плоскорезной обработки содержание обменного калия в верхнем (0-10 см) слое почвы на удобренном фоне было 34,7%, на варианте рыхления плугом без отвалов – 33,3%, по вспашке на глубину 20-22 см – 31,5%, на неудобренном фоне – соответственно 34,9; 33,4 и 29,5%. При вспашке на глубину 20-22 см создается более гомогенный 20-сантиметровый слой почвы, наблюдается некоторое повышение доступного калия в слое 20-30 см по сравнению с ежегодной плоскорезной обработкой.

Обеспечение растений питательными веществами в засушливый период ухудшилось из-за повышенной концентрации по безотвальным обработкам в верхней (0-10 см) части пахотного слоя доступных фосфора и калия. Наиболее благоприятным для роста растений является наличие обогащенной прослойки на глубине 10-20 см.

Отвальные обработки на глубину 30-32 см и 35-37 см повысили содержание обменного калия в слоях почвы 20-40 см и 40-60 см и снизили в слое 0-20 см по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см (приложение 5.6).

Уменьшение в верхних слоях почвы по глубоким отвальным обработкам доступных форм калия и фосфора может оказать отрицательное влияние на развитие растений в начальный период их роста. По данным А.В. Петербургского (1967), голодание растений в ранний период роста накладывает депрессирующий эффект, который невозможно преодолеть нормальным последующим питанием [316].

На варианте разноглубинной обработки почвы в севообороте распределение доступного калия в слое почвы 0-40 см приближалось к показателям варианта ежегодной вспашки на глубину 20-22 см и 25-27 см.

Исследования, проведенные в краткосрочном опыте № 2 в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник, показали, что различные способы обработки не влияли на содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см (табл. 5.13, 5.14, приложение 5.10).

Отмечалось увеличение содержания обменного калия в слое почвы 0-40 см в начале вегетации сахарной свеклы на вариантах плоскорезной обработки и обработки чизельными стойками параплау, существенное в 1992 г. (табл. 5.13).

Перед уборкой сахарной свеклы разница в количестве K_2O в слое 0-40 см в зависимости от приемов основной обработки почвы была не существенной. На вариантах безотвальной обработки отмечена более выраженная дифференциация 0-40 см слоя по содержанию обменного калия: в верхнем слое 0-10 см по плоскорезной обработке содержалось 34,9-36,5% K_2O в зависимости от фазы развития растений (в % к слою 0-40 см), по обработке параплау – 34,4-36,7%, по отвальной обработке – 29,3-33,0%.

Периодическое применение безотвальной обработки почвы в краткосрочном опыте № 2 не снизило содержания обменного калия в слое 0-40 см под ячменем (табл. 5.14), даже наблюдалось некоторое увеличение его содержания при безотвальной обработке почвы, математически достоверное в 1992 г.

Таблица 5.13 – Влияние различных способов основной обработки почвы под сахарную свеклу на содержание K_2O (опыт № 2, 1990-1992 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Третья пара настоящих листьев				Перед уборкой			
		1990 г.	1990 г.	1991 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	9,9	13,2	9,4	10,8	8,4	11,1	10,1	9,9
	2	13,3	17,6	14,6	15,2	10,1	14,6	13,8	12,8
	3	13,3	19,9	14,9	16,0	10,4	11,0	13,	11,5
10-20	1	11,7	13,3	10,6	11,9	7,5	11,4	7,5	8,8
	2	11,3	13,2	13,9	12,8	6,0	15,3	7,5	9,6
	3	10,9	11,5	17,0	13,1	6,0	15,2	8,0	9,7
20-30	1	6,4	8,6	9,1	8,0	5,0	10,4	4,2	6,5
	2	6,5	8,6	10,8	8,6	4,4	13,6	4,1	7,4
	3	5,9	6,1	13,2	8,4	3,2	9,5	4,9	5,9
30-40	1	4,9	6,4	7,1	6,1	4,0	5,0	3,4	4,0
	2	5,0	7,2	8,6	6,9	5,9	6,6	3,4	5,3
	3	4,6	4,6	9,	6,1	5,5	8,5	5,0	6,3
0-40	1	8,2	10,4	9,1	9,2	6,2	10,1	6,3	7,5
	2	9,0	9,9	12,0	10,3	6,6	12,8	7,2	8,9
	3	8,7	10,5	13,5	10,9	6,3	11,0	7,8	8,4
$НСР_{05}$, мг/100 г		1,5	2,7	3,0	-	3,1	2,9	4,4	-

Примечание: 1 – двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Переход на безотвальную обработку повлиял на перераспределение K_2O по профилю пахотного слоя, его содержание повысилось в верхнем 0-10 см слое почвы по сравнению со вспашкой.

Разница в содержании обменного калия в слое 0-40 см в зависимости от различных способов основной обработки почвы под подсолнечник была не достоверна (опыт № 2, приложение 5.10). Минимализация основной обработки почвы усиливала дифференциацию слоя почвы 0-40 см по содержанию обменного калия.

Таблица 5.14 – Влияние различных способов основной обработки почвы под ячмень на содержание K_2O (опыт № 2, 1991-1993 гг.), мг на 100г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Кущение				Созревание			
		Годы			Среднее	Годы			Среднее
		1991	1992	1993		1991	1992	1993	
0-10	1	10,9	11,6	11,8	11,4	12,6	12,0	20,1	14,9
	2	14,4	17,6	17,8	16,6	11,3	20,0	17,8	16,4
	3	21,1	14,5	18,1	17,9	14,9	17,8	19,1	17,3
10-20	1	12,9	11,3	13,4	12,5	13,0	12,0	19,0	14,7
	2	18,5	21,3	14,5	18,1	13,2	16,2	12,2	13,9
	3	17,2	19,3	14,6	17,0	15,4	13,9	15,9	15,1
20-30	1	11,5	10,4	12,1	11,3	9,3	8,3	11,8	9,8
	2	11,2	20,4	18,3	16,6	11,8	8,6	8,8	9,7
	3	10,2	21,2	9,5	13,6	10,7	6,0	11,7	9,5
30-40	1	12,5	10,2	8,9	10,5	5,9	6,3	9,2	7,1
	2	6,1	16,7	15,5	12,8	8,2	5,2	8,2	7,2
	3	6,4	17,7	7,5	10,5	7,6	3,6	7,4	6,2
0-40	1	12,0	10,6	11,6	11,4	10,2	9,6	15,0	11,6
	2	12,5	19,0	16,5	16,0	11,1	12,5	11,8	11,8
	3	13,7	18,2	12,4	14,8	12,2	10,3	13,5	12,0
$НСР_{05}$, мг на 100 г		5,4	3,7	5,7	-	4,8	4,9	5,6	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Определенной закономерности в изменении содержания обменного калия при различных приемах основной обработки почвы в опыте № 4 с сахарной свеклой не обнаружено (табл. 5.15, 5.16).

В начале вегетации содержание K_2O в слое 0-30 см на вариантах дискования сократилось на 16% по сравнению с отвальной обработкой под сахарную свеклу (независимо от удобрений). Перед уборкой содержание обменного калия по вариантам опыта в среднем за три года проведения исследований было практически одинаковым.

Таблица 5.15 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание K_2O в слое 0-30 см в фазу 4-5 пар настоящих листьев (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	11,6	8,9	8,4	9,6
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	10,7	14,1	9,1	11,3
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	22,8	13,1	11,5	15,8
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	8,9	9,5	9,9	9,4
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	9,0	16,6	9,0	11,5
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	19,2	26,0	9,2	18,1
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	9,8	15,9	11,4	12,4
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	5,8	17,1	14,3	12,4
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		5,0	5,8	3,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		2,5	3,8	1,5	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		4,1	5,6	2,5	-

Таблица 5.16 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под сахарную свеклу на содержание K_2O в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	11,9	11,1	8,3	10,4
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	10,1	24,1	10,6	14,9
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	8,5	29,5	11,8	16,6
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	11,2	16,5	16,9	14,9
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	8,1	12,7	10,7	9,4
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	12,6	18,3	16,6	15,8
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	9,6	28,8	13,9	17,4
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	7,4	24,5	15,1	15,7
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		2,6	7,0	2,9	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		1,8	1,3	2,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		1,2	8,9	5,0	-

При применении под сахарную свеклу минеральных удобрений в комплексе с органическими наблюдается повышение содержания обменного калия в слое 0-30 см в оба срока определений. Установлено существенное увеличение содержания K_2O в пахотном слое почвы в фазу трех пар настоящих листьев при внесении 40 т/га навоза совместно с (NPK)100 + Ск + Соп (независимо от приема основной обработки почвы, табл. 5.15).

Перед уборкой сахарной свеклы наиболее эффективным по содержанию K_2O в слое почвы 0-30 см в среднем за годы исследований был вариант внесения двойной дозы соломы в комплексе с (NPK)200 + Ск (табл. 5.16).

При замене под ячмень вспашки на глубину 20-22 см на мелкую обработку почвы содержание обменного калия в слое 0-30 см существенно не изменилось в оба срока определений (независимо от уровня удобренности, приложение 5.11, 5.12).

Применение биологических и техногенных приемов повышения плодородия в севообороте повысило уровень обменного калия в слое почвы 0-30 см в опыте с ячменем в среднем на 16-38% по сравнению с контрольным вариантом.

5.3. Подвижные гуминовые кислоты

Подвижные гуминовые кислоты черноземных почв являются преимущественно продуктами новообразования (Бельчикова Н.П., 1951; Панкова Н.А., 1965) [39, 311]. Содержание в почве подвижных гуминовых кислот характеризует уровень биологической активности и ее направленность.

Корреляционный анализ позволил установить сильную степень корреляционной связи между содержанием свободных гуминовых кислот и запасами гумуса ($r = 0,85$), а также среднюю степень сопряженности данного признака с количеством углекислого газа, выделяемого почвой ($r = 0,42$) (табл. 4.12).

Различные приемы основной обработки почвы, изменяя условия жизнедеятельности микроорганизмов, перераспределяя по слоям почвы корневые и пожнивные остатки, изменили содержание гуминовых кислот по вариантам опыта (табл. 5.17, 5.18).

Таблица 5.17 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы и удобрений на количество гуминовых кислот в почве в фазу ветвления гороха (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,140	0,135	0,118	0,078	0,118
	без удобрений	0,103	0,101	0,077	0,050	0,083
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,115	0,121	0,106	0,092	0,108
	без удобрений	0,092	0,087	0,088	0,060	0,082
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,073	0,067	0,066	0,051	0,065
	без удобрений	0,084	0,077	0,074	0,061	0,074
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,081	0,081	0,074	0,064	0,075
	без удобрений	0,065	0,061	0,049	0,045	0,055
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,107	0,097	0,092	0,060	0,089
	без удобрений	0,094	0,088	0,086	0,052	0,080
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,099	0,097	0,083	0,066	0,086
	без удобрений	0,098	0,098	0,092	0,069	0,089
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,085	0,069	0,068	0,036	0,064
	без удобрений	0,082	0,074	0,054	0,033	0,061
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
	главный эффект	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
$НСР_{05}$, %, удобрение	частный эффект	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	главный эффект	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Залежь косимая		0,311	0,168	0,092	0,044	0,154
Залежь некосимая		0,569	0,225	0,144	0,098	0,259

Таблица 5.18 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы и удобрений на количество гуминовых кислот в почве в фазу созревания гороха (опыт №1, 1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,136	0,133	0,122	0,078	0,117
	без удобрений	0,107	0,115	0,088	0,062	0,093
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,151	0,144	0,124	0,076	0,124
	без удобрений	0,108	0,095	0,078	0,073	0,089
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,092	0,082	0,068	0,047	0,072
	без удобрений	0,080	0,067	0,062	0,044	0,063
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,081	0,080	0,073	0,058	0,073
	без удобрений	0,079	0,080	0,078	0,074	0,078
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,139	0,118	0,117	0,092	0,116
	без удобрений	0,096	0,093	0,080	0,078	0,087
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,108	0,098	0,067	0,038	0,078
	без удобрений	0,119	0,109	0,095	0,073	0,099
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,146	0,139	0,110	0,073	0,117
	без удобрений	0,097	0,,094	0,086	0,058	0,084
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	главный эффект	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
$НСР_{05}$, %, удобрение	частный эффект	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
	главный эффект	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Залежь косимая		0,265	0,110	0,070	0,038	0,121
Залежь некосимая		0,644	0,380	0,202	0,112	0,334

Анализ данных по содержанию свободных гуминовых кислот под горохом показывает, что в фазу ветвления бóльшее их количество в слое почвы 0-40 см независимо от фона удобренности было при вспашке на глубину 20-22 см. В фазу созревания почва на варианте отвальной обработки на глу-

бину 25-27 см содержала максимальное количество новообразованных гуминовых кислот (приложение 5.13, 5.14).

Глубокая отвальная обработка на 30-32 см и 35-37 см, увеличивая аэрацию и усиливая минерализацию азотсодержащих органических соединений в почве, о чем свидетельствует расширение соотношений КАА/МПА по этим вариантам (табл. 3.5, 4.11), снижает количество новообразованных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см независимо от уровня удобренности по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. Отсутствие оборачивания почвы в течение длительного периода времени привело к уменьшению количества новообразованных кислот в слое почвы 0-40 см независимо от уровня удобренности как в фазу ветвления, так и в фазу созревания гороха.

В начальный период развития гороха по вспашке на глубину 20-22 см содержание подвижных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см независимо от фона удобренности составило 0,100%, ежегодная плоскорезная обработка снизила их содержание до 0,088%, по безотвальному рыхлению произошло существенное снижение гуминовых кислот до 0,62%. В конце периода вегетации в почве варианта отвальной обработки на обычную глубину содержание подвижных гуминовых кислот составило 0,105%, вариантов плоскорезной обработки и безотвального рыхления – соответственно 0,088 и 0,100%. Наиболее существенное снижение содержания новообразованных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см наблюдалось на удобренном фоне – в фазу ветвления гороха на варианте ежегодного рыхления плугом без отвалов, перед уборкой – на варианте ежегодной плоскорезной обработки.

Вносимые удобрения в оба срока определений способствовали достоверному повышению содержания свободных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см независимо от приемов основной обработки. Максимальный эффект удобрений в повышении количества новообразованных органических соединений в фазу ветвления гороха был отмечен при их внесении под вспашку на глубину 20-22 см.

Поверхностное внесение удобрений при безотвальной обработке и глубокая их заделка при вспашке на глубину 30-32 см и 35-37 см оказались неэффективными в повышении содержания новообразованных гуминовых кислот. В фазу созревания наибольший эффект удобрений в повышении содержания подвижных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см наблюдался при вспашке на глубину 25-27 см.

Варианты дальнейшего увеличения глубины отвальной обработки почвы и ежегодного плоскорезного рыхления способствовали снижению эффективности удобрений.

При всех приемах основной обработки верхняя часть (0-10 см) почвенного профиля имела самое высокое содержание гуминовых кислот по сравнению с нижележащими. Наиболее резкая дифференциация почвенного профиля по содержанию подвижных гуминовых кислот наблюдалась в необрабатываемой почве (залежь косимая и некосимая). Если принять общее содержание новообразованных гуминовых кислот в необрабатываемой почве в слое 0-40 см за 100%, то в слое 0-10 см находилось 51,2-52,2% гуминовых кислот, в слое 10-20 см – 25,2-25,5%, в слое 20-30 см – 14,6-14,7%, а в слое 30-40 см – всего 7,4-8,9% (табл. 5.19).

Безотвальные приемы основной обработки приводили к большей дифференциации слоя почвы 0-40 см по сравнению с отвальной обработкой. При проведении ежегодной плоскорезной обработки на удобренном фоне в слое 0-10 см было сосредоточено 31,7% свободных гуминовых кислот (в % к слою 0-40 см), при рыхлении плугом без отвалов – 32,2%, при отвальной обработке на глубину 20-22 см – 29,2%, при отвальной обработке на глубину 35-37 см – 27,4%; в слое 30-40 см – соответственно 15,8;, 15,0; 16,5 и 20,6%. Незначительное увеличение содержания свободных гуминовых кислот на глубине 40-60 см по глубокой вспашке явилось результатом неодинакового распределения пожнивных и корневых остатков растений при различных приемах обработки почвы (приложение 5.15).

Таблица 5.19 – Распределение подвижных гуминовых кислот в слое почвы 0-40 см в среднем за вегетацию гороха в зависимости от способов и глубины основной обработки (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта		Подвижные гуминовые кислоты, % к слою 0-40 см			
		Слой почвы, см			
		0-10	10-20	20-30	30-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	29,2	28,4	25,4	16,5
	без удобрений	29,8	30,7	23,3	15,9
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	28,7	28,4	24,8	18,1
	без удобрений	29,4	26,8	24,4	19,4
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	30,1	27,2	24,6	18,
	без удобрений	30,1	26,5	25,0	19,1
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	27,4	27,0	25,0	20,6
	без удобрений	27,2	26,5	24,2	22,7
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	2,8	26,2	25,2	18,4
	без удобрений	28,6	27,1	25,0	19,6
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	31,7	29,9	22,9	15,8
	без удобрений	28,7	27,6	25,0	18,9
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	32,2	28,9	24,7	15,0
	без удобрений	31,2	29,2	24,3	16,0
Залежь косимая		52,2	25,2	14,7	7,4
Залежь некосимая		51,2	25,5	14,6	8,9

Проведенные исследования показали наличие подвижных гуминовых кислот в незначительном количестве на глубине до 2 м, что согласуется с данными, опубликованными В.В. Понамаревой (1974) о способности гуминовых кислот в небольшом количестве (5-10% от общего содержания) проходить через толщу карбонатного горизонта [322].

По изучаемым приемам основной обработки различий в содержании свободных гуминовых кислот, начиная со слоя почвы 60-80 см, не выявлено.

5.4. Содержание гумуса

По мнению М.М. Кононовой (1963), состояние органической части почвы определяется целой совокупностью факторов и условий почвообразования – растительным покровом, деятельностью микроорганизмов (важнейшими биологическими факторами почвообразования), а также гидротермическими условиями, химическими свойствами почвы и минералогическим составом [208].

В проведенных нами исследованиях различные приемы основной обработки почвы оказывали существенное влияние на численность и видовой состав микробных популяций, на количество органических остатков, их распределение и разложение в почвенном профиле, что вызывало изменения в гумусном состоянии чернозема обыкновенного (стационарный опыт № 1).

Длительное сельскохозяйственное использование чернозема обыкновенного привело к уменьшению содержания гумуса в верхних слоях почвенного профиля (табл. 5.20).

Полученные нами данные показывают, что обработка почвы обусловила усиление процесса минерализации гумуса в верхних почвенных горизонтах. Интенсивность обработки почвы и увеличение ее глубины нарушали равновесие между синтезом и разложением гумуса (Адерихин П.Г., Щербаков А.П., 1974) [5].

Данные о влиянии различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание гумуса свидетельствуют о том, что разница между количеством гумуса в почве на залежи и на пашне в более глубоких горизонтах уменьшается, а на глубине 60-80 см и 80-100 см сходит на нет, вероятнее всего, из-за меньшего изменения с глубиной окислительных процессов в почве и уменьшения различий в мощности корневых систем культурной и естественной растительности (табл. 5.21).

Таблица 5.20 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание гумуса в слое почвы 0-40 см по шести полям (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,93	6,91	6,55	5,86	6,56
	без удобрений	6,85	6,82	6,72	5,90	6,57
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,93	6,92	6,69	5,93	6,62
	без удобрений	6,91	6,91	6,81	6,00	6,66
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,84	6,83	6,70	6,12	6,62
	без удобрений	6,65	6,61	6,48	5,95	6,42
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,40	6,49	6,30	5,79	6,24
	без удобрений	6,41	6,40	6,31	5,89	6,25
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,91	6,77	6,70	5,93	6,58
	без удобрений	6,77	6,83	6,63	5,95	6,54
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,83	6,73	6,39	5,61	6,39
	без удобрений	6,79	6,85	6,29	5,46	6,35
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,91	6,74	6,49	5,75	6,47
	без удобрений	6,76	6,71	6,47	5,62	6,39
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	0,24	0,28	0,31	0,39	0,27
	главный эффект	0,17	0,20	0,22	0,28	0,19
$НСР_{05}$, %, удобрение	частый эффект	0,15	0,20	0,20	0,32	0,15
	главный эффект	0,06	0,07	0,07	0,12	0,06
Залежь косимая		8,66	7,76	6,52	6,42	7,34
Залежь некосимая		10,58	9,40	7,48	5,99	8,36
Исходное содержание гумуса за 1968-1970 гг., среднее из шести полей		7,78	8,05	7,80	6,92	7,64

В стационарном опыте № 1 содержание гумуса в слое почвы 0-40 см в начале первой ротации севооборота составило 7,64%. Ежегодная убыль гумуса в опыте в среднем достигла в слое 0-40 см 0,06% (сравниваются исход-

ные данные перед закладкой опыта в среднем по шести полям с содержанием гумуса после 19-летнего применения различных способов и глубины сновной обработки), что явилось результатом мобилизации питательных элементов в почве при ее обработке без внесения достаточного количества органических удобрений.

Таблица 5.21 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание гумуса в слое почвы 0-100 см по шести полям стационарного опыта № 1 (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-40	40-60	60-80	80-100	0-100
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,56	4,31	2,88	2,00	5,06
	без удобрений	6,57	4,20	2,74	2,00	5,03
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,62	4,19	2,77	2,07	5,07
	без удобрений	6,66	4,41	2,80	1,95	5,11
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,62	4,57	3,03	2,26	5,19
	без удобрений	6,42	4,35	3,02	2,02	5,01
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,24	4,24	2,63	1,91	4,82
	без удобрений	6,25	4,19	2,61	1,88	4,81
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,58	4,38	2,96	1,98	5,09
	без удобрений	6,54	4,16	2,37	1,71	4,92
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,39	4,18	2,76	2,25	4,96
	без удобрений	6,35	3,90	2,55	1,74	4,79
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,47	4,06	2,60	1,83	4,91
	без удобрений	6,39	3,74	2,61	1,59	4,78
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	0,27	0,50	0,54	0,43	0,31
	главный эффект	0,19	0,35	0,3	0,30	0,20
$НСР_{05}$, %, удобрение	частый эффект	0,15	0,46	0,44	0,33	0,20
	главный эффект	0,06	0,17	0,17	0,13	0,09
Залежь косимая		7,34	4,72	2,80	1,74	5,52
Залежь некосимая		8,36	5,06	3,16	2,08	6,25

Пожнивные и корневые остатки зерновых культур могут компенсировать лишь 20-30% общей потери гумуса в почве, которая имеет место при возделвании этих культур (Лаврентьев В.В., 1983) [235]. По мнению Н.И. Зезюкова и В.Е. Острецова (1999), основная причина снижения запасов гумуса в обрабатываемых почвах – это ежегодное отчуждение бóльшей части вновь созданного урожая, поскольку вместе с ним выносятся азот, фосфор, калий и другие питательные элементы [150].

Содержание гумуса существенно различалось по вариантам опыта в зависимости от приемов и глубины основной обработки почвы. Длительная безотвальная обработка почвы приводила к большей убыли гумуса в слое 0-40 см по сравнению с контрольным вариантом на удобренном и не удобренном фонах. На 19-й год опыта содержание гумуса на варианте вспашки на глубину 20-22 см независимо от фона удобренности составляло 6,56% (в слое 0-40 см), по плоскорезному рыхлению – 6,37%, по рыхлению плугом без отвалов – 6,43; в метровом слое – соответственно – 5,04; 4,88 и 4,84% (приложение 5.16).

Наиболее существенное снижение количества гумуса по безотвальным обработкам наблюдалось в слоях 20-30 см и 30-40 см, так как из-за размещения в верхнем слое почвы (0-10 см) удобрений, растительных остатков, корневой системы растений, происходит уменьшение органического вещества в более глубоких слоях почвы (табл. 7.1). Поверхностное распределение удобрений и растительных остатков по безотвальным обработкам не способствует повышению содержания гумуса в почве, а, наоборот, приводит к увеличению нерациональных потерь по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см.

Снижение уровня гумификации органического вещества, распределенного по поверхности почвы и заделанного в неглубоком слое почвы, установлена исследованиями И.В. Тюрина (1957), Э. Рюбензама и К. Рауэ (1969), Л.Н. Александровой (1980), А.Ф. Витера, А.М. Новичихина (1984) и др. [406,

353, 12, 80]. Доказано, что поверхностно заделанные пожнивные остатки и удобрения минерализуются в течение короткого времени, что сопровождается большими потерями питательных веществ, в результате не наблюдается накопление гумуса (Groffman P.M., Hendrix P.F., Crossley D.A., 1987; Kaspar T.C., Erbach D.C., Cruse R.M., 1990) [490, 501].

Снижение содержание гумуса по безотвальным приемам обработкам почвы по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину можно объяснить также снижением урожайности полевых культур в результате ухудшения условий роста растений, что уменьшает количество пожнивных и корневых остатков, поступающих в почву (табл. 7.2, 7.3).

Увеличение глубины отвальной обработки до 30-32 см и 35-37 см снижало содержание гумуса в слое почвы 0-40 см по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см независимо от уровня удобренности (табл. 5.20, приложение 5.16).

Расширение соотношения между микроорганизмами на КАА и МПА (табл. 4.11), увеличение каталазной и пероксидазной активности с увеличением глубины отвальной обработки (табл. 4.13, 4.14) свидетельствуют о бóльшей интенсивности и глубине трансформации органического вещества по глубокой отвальной обработке по сравнению со вспашкой на обычную глубину, что повлияло на уменьшение содержания гумуса по глубокой вспашке.

Глубина отвальной обработки оказала определенное значение в распределении гумуса по слоям почвы. Вовлечение по глубокой обработке в пахотный горизонт менее гумусированных слоев почвы (20-30 см и 30-40 см), а также распределение по этой обработке пожнивных и корневых остатков в основном в нижней части пахотного слоя и лишь частично в верхней части способствовало существенному снижению содержания гумуса в слоях 0-10 см и 10-20 см по сравнению с контрольным вариантом (приложение 5.17, 5.18). В нижнем слое (30-40 см) наблюдалось минимальное снижение

количества гумуса по вспашке на глубину 35-37 см по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см, а по вспашке на глубину 30-32 см – даже несущественное повышение его содержания.

На варианте сочетания различных обработок и глубин под культуры севооборота содержание гумуса на удобренном фоне и на фоне без удобрений было на уровне вспашки на глубину 20-22 см.

Систематическое внесение минеральных удобрений (60 кг/га д.в. NPK) не оказало существенного влияния на повышение содержания гумуса в почве (органическое удобрение вносилось только два раза за первую ротацию севооборота в дозе 25-30 т/га), так как обеспечение положительного баланса органического вещества в севооборотах без многолетних трав только за счет внесения минеральных удобрений невозможно (Зезюков Н.И., Острецов В.Е., 1999) [150].

Гумусовые соединения при высоком содержании в почве элементов минерального питания подвергаются интенсивному разложению, поэтому в этих условиях особое значение приобретает внесение органических удобрений, богатых легкодоступным микроорганизмам энергетическим материалом (Туев Н.А., 1989) [401]. При этом следует отметить, что повышение количества растительных остатков при внесении минеральных удобрений не компенсирует потери гумуса из-за его усиленного окисления, обусловленного интенсивным выносом с урожаем.

Исследованиями, проведенными в опыте № 1, установлено, что наилучшие условия для снижения потерь гумуса создаются при относительно равномерном распределении растительных остатков и удобрений в наиболее биологически активном 20-25-сантиметровом пахотном горизонте. Повышенная биогенность почвы при отвальной обработке на глубину 20-22 см, максимум на глубину 25-27 см, способствует образованию бóльшего количества новообразованных гуминовых кислот (табл. 5.17, 5.18), которые положительно влияют на количество гумуса.

Выявлена сильная степень коррелятивной связи между содержанием в почве новообразованных гуминовых кислот и содержанием гумуса в слое 0-30 см (r = 0,85, табл. 4.12).

Увеличение глубины отвальной обработки почвы, а также безотвальные приемы основной обработки способствовали бóльшему расходу гумуса на минерализацию, подавлению синтеза новообразованных гуминовых кислот, что приводило к снижению плодородия почвы.

Многие исследователи (Кононова М.М., 1963; Муха В.Д., 1979; Верзилин В.В., Рябчикова В.В., 1989; Зезюков Н.И., Острецов В.Е., 1999; Дедов А.В., 2000; Коржов С.И., 2012 и др.) в условиях дефицита органических удобрений предлагают использовать другие источники повышения плодородия, увеличивающие поступление в почву свежего органического вещества, к которым относятся использование соломы в качестве удобрения, замена чистых паров на сидеральные и занятые, посев промежуточных культур на сидерат, внесение повышенных норм минеральных удобрений, увеличивающих массу поступающих в почву послеуборочных остатков [208, 280, 72, 150, 125, 210].

В стационарном опыте № 4 в четырехпольном севообороте увеличение свежего органического вещества достигалось за счет внесения навоза (Н) и дефеката (Д), использования соломы озимой пшеницы (Соп) на удобрение, замены чистого пара на занятый пар и сидеральный, пожнивного посева горчицы сарептской на сидерат, а также за счет внесения возрастающих норм минеральных удобрений – от (NPK)100 до (NPK)350.

Биологические приемы воспроизводства плодородия (сидеральный пар, пожнивная сидерация, внесение в почву соломы озимой пшеницы, навоза, дефеката) в комплексе с минеральными удобрениями существенно повысили содержание гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с контрольным вариантом (табл. 5.22, 5.23).

Таблица 5.22 – Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на содержание гумуса в слое 0-30 см в среднем за вегетацию (опыт № 4, 2008-2010 гг.), %

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Исходное содержание гумуса, 1986 г	Годы исследований			
			2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	4,11	3,90	4,0	4,06	4,0
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,18	4,22	4,36	4,11	4,23
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,15	4,04	4,49	4,12	4,22
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	4,24	4,16	4,18	4,52	4,29
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	4,11	4,13	3,98	4,22	4,21
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,18	4,13	4,18	4,31	4,21
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,15	4,54	4,35	4,28	4,39
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	4,24	4,35	4,24	4,85	4,48
$НСР_{05}$, частный эффект, %			0,41	0,26	0,40	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, %			0,25	0,10	0,30	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, %			0,38	0,22	0,35	-

Таблица 5.23 – Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание гумуса в слое 0-30 см в среднем за вегетацию (опыт № 4, 2008-2010 гг.), %

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Исходное содержание гумуса, 1986 г	Годы исследований			
			2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	4,11	4,18	4,10	4,09	4,12
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,18	3,99	4,32	4,18	4,16
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,15	4,04	4,57	3,83	4,15
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	4,24	3,63	4,26	4,47	4,12
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	4,11	4,01	4,36	4,21	4,19
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,18	3,87	4,43	4,25	4,18
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,15	4,06	4,41	3,83	4,10
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	4,24	4,11	4,45	4,06	4,21
$НСР_{05}$, частный эффект, %			0,60	0,22	0,45	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, %			0,47	0,20	0,38	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, %			0,30	0,15	0,35	-

Однако не всегда в исследованиях поступление в почву дополнительной массы свежего органического вещества сопровождалось увеличением содержания гумуса, что может быть связано с высокими дозами вносимых минеральных удобрений, усиливающих биологическую активность и интенсивность трансформации органических веществ, а также с высокой долей пропашных культур в структуре севооборота (25%), повышающих минерализацию органического вещества в почве (Берестецкий О.А., 1984; Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., 1997) [41, 99].

В проведенных нами исследованиях влияние фактора В (обработки почвы) на содержание гумуса было не существенным. В опыте с сахарной свеклой и ячменем получены результаты, которые показывают тенденцию уменьшения содержания гумуса на варианте проведения дискования в слое почвы 0-30 см (независимо от удобрений) по сравнению с вариантом применения отвальной обработки. Максимальное содержание гумуса в слое почвы 0-30 см в среднем за три года проведения исследований наблюдалось на вариантах внесения (NPK)150 + Д + Ск + Соп под отвальную обработку (табл. 5.22, 5.23).

5.5. Легкогидролизуемый азот, валовой азот, кислотность, сумма поглощенных оснований

Анализ результатов проведенных исследований по определению содержания легкогидролизуемого азота, учитывающего минеральные и легкоминерализующие органические соединения азота (амиды, аминосахара, частично аминокислоты), показал, что применение длительной механической обработки почвы приводит к снижению этого показателя.

Наиболее существенное уменьшение содержания легкогидролизуемого азота наблюдалось в верхнем слое почвы 0-10 см – на 28-36% по сравнению с залежью косимой и некосимой (табл. 5.24).

Таблица 5.24 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание легкогидролизуемого азота в почве по шести полям опыта (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	81,6	82,0	76,8	74,6	78,7
	без удобрений	75,9	81,2	71,8	72,4	75,3
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	71,5	97,0	76,3	59,8	76,2
	без удобрений	77,6	65,7	58,3	59,2	65,2
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	71,1	59,5	58,4	57,0	61,5
	без удобрений	67,6	65,8	58,7	58,7	62,7
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	75,4	71,5	68,1	56,1	67,8
	без удобрений	76,5	71,0	63,3	59,4	67,6
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	75,9	74,4	68,7	68,7	71,9
	без удобрений	82,2	88,0	83,0	75,9	82,5
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	78,2	69,3	66,2	60,8	68,6
	без удобрений	72,6	65,8	61,5	57,7	64,4
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	83,2	93,2	64,2	62,2	75,7
	без удобрений	68,8	67,1	59,5	55,1	62,6
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	22,3	49,2	17,9	22,3	24,2
	главный эффект	15,8	37,8	12,6	15,6	17,1
$НСР_{05}$, %, удобрение	частый эффект	23,2	48,1	20,4	19,3	22,3
	главный эффект	8,8	18,2	7,7	7,3	8,4
Залежь косимая		106,2	79,8	64,9	73,5	81,1
Залежь некосимая		117,7	91,1	88,2	76,7	93,4

Приемы основной обработки почвы оказали различное влияние на минерализацию азотсодержащих органических соединений, что сказалось на изменении содержания легкогидролизуемого азота по вариантам опыта.

Прослеживается тенденция повышения содержания легкогидролизуемого азота в слое почвы 0-40 см по вспашке на глубину 20-22 см на удобрен-

ном фоне и на варианте разноглубинной обработки в севообороте без внесения удобрений (табл. 5.24). Интенсивная минерализация органического вещества по ежегодной глубокой отвальной обработке ведет к снижению содержания легкогидролизуемого азота в слое почвы 0-40 см относительно вспашки на глубину 20-22 см.

Достоверное снижение содержания легкогидролизуемого азота наблюдалось по вспашке на глубину 30-32 см и 35-37 см в нижней части 40-сантиметрового слоя почвы. Ежегодная безотвальная обработка почвы не способствовала повышению содержания легкогидролизуемого азота, несмотря на меньшую интенсивность процесса нитрификации по сравнению с отвальной обработкой. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на повышение содержания легкогидролизуемого азота в почве по сравнению с неудобренными вариантами.

Содержание в почве валового азота является одним из количественных показателей потенциального плодородия. По сравнению с залежью на всех вариантах опыта наблюдалось заметное уменьшение содержания общего азота в верхней части почвенного профиля, что обусловлено повышенной минерализацией органического вещества в связи с изменением направленности биологических процессов в сторону окисления и увеличения выноса азота с урожаем (табл. 5.25).

При ежегодных безотвальных обработках наметилась тенденция снижения содержания валового азота в слоях почвы 0-40 см (табл. 5.25) и 0-100 см (приложение 5.22). На неудобренном фоне в нижних слоях почвенного профиля (в слое 40-60 см варианта плоскорезной обработки и в слоях 40-60 см и 60-80 см варианта рыхления плугом без отвалов) отмечалось существенное снижение содержания валового азота по отношению к контролю. Установлено, что ежегодная глубокая вспашка чернозема обыкновенного не повышает содержание общего азота по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см. Следовательно, минимализация основной обработки почвы, целью

которой является уменьшение глубины отвальной обработки, привела к изменению направленности минерализации органического вещества и лучшему сохранению запасов азота по сравнению с глубокой вспашкой. Внесение минеральных удобрений существенно не отразилось на повышении запасов общего азота в почве.

Таблица 5.25 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание валового азота в почве по шести полям опыта (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,324	0,319	0,307	0,271	0,305
	без удобрений	0,327	0,312	0,317	0,276	0,308
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,335	0,324	0,307	0,268	0,308
	без удобрений	0,323	0,326	0,323	0,283	0,314
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,342	0,324	0,303	0,278	0,312
	без удобрений	0,307	0,307	0,307	0,270	0,298
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,323	0,316	0,300	0,275	0,304
	без удобрений	0,317	0,305	0,289	0,266	0,294
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,324	0,318	0,304	0,265	0,303
	без удобрений	0,316	0,324	0,314	0,274	0,307
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,327	0,317	0,291	0,264	0,300
	без удобрений	0,332	0,321	0,299	0,262	0,304
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,324	0,319	0,293	0,268	0,301
	без удобрений	0,328	0,309	0,299	0,262	0,299
$НСР_{05}$, %, обработка	частый эффект	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	главный эффект	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
$НСР_{05}$, %, удобрение	частый эффект	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	главный эффект	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Залежь косимая		0,406	0,392	0,339	0,336	0,368
Залежь некосимая		0,528	0,428	0,335	0,284	0,393

По мнению М.М. Кононовой (1963), Л.Н. Александровой (1980), отношение углерода к азоту (С : N) в гумусе черноземных почв составляет 10 : 12, а содержание азота доходит до 3-6% к массе [208, 12]. Различные приемы основной обработки чернозема обыкновенного не вызвали существенных изменений в отношении углерода к азоту, являющегося показателем относительного богатства гумуса азотом (приложение 5.22). Наиболее широкое отношение С : N характерно для верхних горизонтов почвенного профиля, с глубиной оно несколько сужается.

Состав и свойства почвенно-поглощающего комплекса оказывают влияние на формирование почвенных режимов. Длительное применение различных приемов основной обработки почвы (стационарный опыт № 1) не оказало существенного влияния на изменение суммы поглощенных оснований в слое почвы 0-40 см (приложение 5.23). Степень насыщенности основаниями чернозема обыкновенного при регулярном внесении минеральных удобрений существенно не изменилась. Реакция среды по всем вариантам опыта № 1 – нейтральная. Изучаемые приемы основной обработки почвы не вызвали статистически достоверных изменений физико-химических свойств чернозема обыкновенного (приложение 5.24). Внесение минеральных удобрений (NPK)60 существенно снизило pH с 6,93 на неудобренном фоне до 6,84 (главный эффект, независимо от приемов основной обработки почвы).

Минимализация основной обработки чернозема выщелоченного существенно не изменила реакцию среды (опыт № 4, приложение 5.25, 5.26). Внесение различных норм минеральных удобрений от (NPK)100 до (NPK)200 в сочетании с навозом и соломой не оказало влияния на реакцию среды чернозема выщелоченного. Внесение 10 т/га дефеката в комплексе с (NPK)150 + Ск + Соп под сахарную свеклу повысило pH с 4,7 на контрольном варианте до 5,4 (независимо от приемов основной обработки почвы, приложение 5.25). Последействие дефеката на изменение реакции среды чернозема выщелоченного прослеживается в опыте с ячменем (приложение 5.26).

Заключение

Отвальная обработка на обычную глубину, также как дифференцированная разноглубинная обработка в севообороте способствуют улучшению питательного режима почвы по сравнению с ежегодной безотвальной обработкой – разноглубинной или мелкой.

Динамика образования нитратного азота совпадает с динамикой развития азотобактера (r = 0,46), нитрификаторов (r = 0,21), общим уровнем биологической активности почвы по количеству продуцирования почвой CO_2 (r = 0,56). В то же время интенсивность процессов нитрификации определяется условиями аэрации, влажности, предшественником, наличием энергетического материала и др.

Длительное применение безотвальных приемов основной обработки почвы снизило содержание нитратного азота в пахотном слое почвы на 3-35%. Меньшее содержание азота в почве вариантов безотвальной обработки связано с более сильной иммобилизацией послеуборочными остатками нитратной формы азота, находящимися на поверхности почвы. Разложение растительных остатков предшествующей культуры на вариантах применения безотвальных обработок частично переносится на весну следующего года, что приводит к закреплению минеральных форм азота и обеднению почвы.

Нитратный азот в почве без обработки (залежь) обнаружен в незначительных количествах лишь в самых верхних горизонтах (В.И. Кирюшин, Г.И. Ткаченко, 1986) [193]. При безотвальных обработках почвы, особенно мелких и поверхностных, начиная с глубины 10 см, затухают биологические процессы, снижается нитрификационная активность, падает эффективное плодородие, происходит «оцелинивание» нижних горизонтов почвы.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки существенно не повлияло на ход и направление минерализационных процессов в почве.

Ежегодная глубокая отвальная обработка почвы способствовала наибольшей миграции нитратного азота за пределы корнеобитаемого слоя, что является результатом более интенсивной минерализации органического вещества и более глубокой заделки растительных остатков и удобрений.

Углубление вспашки с 20-22 см до 35-37 см увеличивало содержание нитратного азота в слое почвы 60-200 см на 19%.

Содержание подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое в меньшей степени зависит от воздействия различных приемов основной обработки почвы. Более сильное влияние оказывает способ обработки почвы на дифференциацию пахотного слоя почвы по плодородию.

Глубина и способы основной обработки почвы во многом обусловили различное распределение по почвенным слоям органических остатков и вносимых удобрений, что отразилось на доступности элементов минерального питания корням растений. При безотвальной обработке почвы наблюдается изменение послойного содержания подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) за счет увеличения в слое 0-10 см и уменьшения в нижних горизонтах по сравнению со вспашкой.

Скопление в верхней части (0-10 см) почвенного профиля растительных остатков и удобрений при ежегодных безотвальных обработках привело к увеличению гетерогенности пахотного слоя почвы. В зоне неустойчивого увлажнения, где велика вероятность пересыхания поверхностного слоя почвы, особенно важно иметь оптимальное содержание подвижных форм фосфора и калия по всему пахотному слою.

6. ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ И СИСТЕМАХ ЗЯБЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Ущерб, причиняемый сорными растениями, может быть очень большим и проявляется как прямо, так и косвенно. Сорные растения являются конкурентами культурных растений за воду, питательные вещества, свет и т.д. Косвенный ущерб от сорняков состоит в снижении качества продукции, сорные растения являются промежуточными хозяевами возбудителей болезней и вредителей, засоренные поля увеличивают энергетические и трудовые затраты. На обработку сильно засоренных полей расходуется на 37% больше горючего, чем на обработку такой же площади с меньшей засоренностью (Жирмунский Н.М., 1986) [143].

Ущерб от сорняков в РФ в последние годы составляет 30-40% от общего сбора урожая (Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д., 2004) [25]. Повышение степени засоренности пахотных земель обусловлено не только биологическими особенностями сорняков, но также несоблюдением организационно-хозяйственных мероприятий: нарушением оптимальных сроков проведения полевых работ, севооборотов, в том числе, постоянно увеличивающейся площадью пашни, на которой используются различные приемы минимализации основной обработки почвы.

Механический метод является одним из ведущих в уничтожении сорняков и предупреждении их распространения. Различные приемы основной обработки почвы по-разному влияют на засоренность посевов сельскохозяйственных культур.

Многие исследователи считают, что отвальная обработка почвы является самым эффективным средством борьбы с засоренностью посевов. Результаты исследований, проведенных в ГНУ «Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева» (Гармашов В.М., Рымарь С.В., Михина Т.И., 2007), показали, что поверхностное размещение растительных остатков и заделка их в верхнем

слое почвы приводили к увеличению засоренности посевов ячменя на 31-36% по сравнению со вспашкой [104]. Применение в зернотравянопропашном севообороте разноглубинной безотвальной обработки увеличивало засоренность посевов возделываемых сельскохозяйственных культур на 41%, применение поверхностной обработки – на 59% по сравнению с отвальной (Корнилов И.М., Нужная Н.А., 2012) [211]. При переходе на нулевые и мелкие безотвальные обработки почвы, по данным Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., 2006), количество сорных растений в посевах ячменя было соответственно в 4,1 и в 1,2 раза больше, чем в посевах, почвы под которыми подвергались систематической вспашке [431].

Отвальная и комбинированные глубокие обработки почвы являются высокоэффективными приемами основной обработки для районов Поволжья, Северного Кавказа, Уральского региона по сравнению с мелкими обработками и особенно «нулевыми» (Казаков Г.И., 1997; Кильдюшкин В.М., 2005; Бакиров Ф.Г., Кислов А.В., 2006; Кислов А.В., Черных М.В., 2007; Громов А.А., Давлятов И.Я., 2006; Кузина Е.В., 2009) [168, 187, 28, 195, 117, 228].

По данным Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, переход к мелким и поверхностным обработкам ведет к негативным явлениям, в том числе к росту засоренности посевов и связанному с этим ухудшению обеспечения растений влагой и питательными веществами (Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н., 2006) [87]. В опытах Сибирского отделения Россельхозакадемии в связи с ростом засоренности посевов по безотвальным и мелким обработкам почвы, в том числе нулевым, повышалась потребность в дополнительном числе обработок посевов гербицидами (Каличкин В.К., 2008) [171].

Многие авторы в своих работах отмечают, что при минимальных обработках количество сорняков в посевах возделываемых сельскохозяйственных культур возрастает, причем не только в первые годы применения, но и на

протяжении всей ротации севооборотов (Витер А.Ф., 1986; Черячукин М.И., 1986; Гулидова В.А., Гришина А.Н., 1997; Корытник В.Н., Малиенко А.М., 1994) [85, 434, 122, 215].

Т.С. Мальцев рост засоренности при переходе от вспашки к дискованию и глубокой безотвальной обработке преодолевал за счет таких агротехнических мероприятий, как чистый пар, сроки посева, гербициды (Кирюшин В.И., 2006) [192].

В исследованиях А.И. Мальцева (1962), В.А. Юферова (1965) при разноглубинной отвальной обработке около 70% семян сорных растений погибало в почве на глубине 25-30 см за 4-5 лет [251, 467]. По данным сотрудников МСХА им. К.А. Тимирязева, оптимальная глубина появления всходов семян сорных растений составляет 2-3 см, поэтому заделка их на глубину более 10 см при вспашке исключает возможность появления всходов (Захаренко А.В., Матюк Н.С., 2010) [146].

В исследованиях, проведенных сотрудниками ТСХА, НИИСХ ЦРНЦЗ (Баздырев Г.И., 1990) [24], Ставропольского НИИСХ (Рябов Е.И., Орлов В.В., 1981; Годунова Е.И., Желнакова П.И., Удовыдченко В.И., 2011) [108], Тамбовского плодоовощного института (Носов Д.К., Пархоменко М.В., Сонина Н.И., 1984) [301], Башкирского ГАУ (Юхин И.П., Пожидаев Е.В., Осипов В.Н., 2009) [468], при переходе от отвальной обработки к мелким и поверхностным обработкам почвы основная масса семян сорняков располагалсь в слое 0-10 см, из которого они в больших количествах прорастали, тем самым еще более увеличивая засоренность посевов.

В опытах многих исследователей установлено, что применение минимальных обработок более эффективно снижает засоренность посевов сельскохозяйственных культур по сравнению со вспашкой. Сотрудниками Краснодарского НИИ сельского хозяйства получены данные, свидетельствующие о том, что при использовании системы мульчирующей минимальной и нулевой обработки почвы отмечается уменьшение количества сорняков и улуч-

шение фитосанитарного состояния посевов (Романенко А.А., Васюков П.П., 2006) [342] .

По данным исследований И.И. Исайкина, М.К. Волкова (2007), проведенных в Мордовии, применение отвальной обработки почвы способствует размножению сорняков, так как семена сорняков при вспашке равномерно распределяются по пахотному горизонту и прорастают не одновременно [166]. Минимальная засоренность посевов наблюдалась при проведении поверхностно-безотвальной обработки почвы.

В опытах А.В. Аюханова (1987), Ф.Т. Моргуна, Н.К. Шикулы, А.Г. Тарарико (1983), проведенных в Полтавской области, безотвальные обработки почвы более эффективно освобождали поля от сорняков по сравнению с отвальной обработкой [21, 276]. Для борьбы с многолетними корнеотпрысковыми сорняками при подготовке почвы под пропашные культуры применялась улучшенная зябь, состоящая из трех плоскорезных обработок на глубину 10-12, 14-16 и 25-30 см (Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г., 1983) [276]. Аналогичные результаты получены в опытах В.В. Заики (1982), В.И. Санковского (1985), K.U. Heyland (1983), B. Wilson (1983) [144, 358, 499, 522]. В опытах Ворошиловской опытной станции по плоскорезной обработке в чистом пару было уничтожено в 3 раза больше сорняков, чем по вспашке, что объясняется их лучшем прорастанием и уничтожением последующими обработками (Шабашов В.В., Токаренко В.М., Шепелев Г.Г., 1981) [445].

Таким образом, данные о влиянии приемов минимализации основной обработки почвы на засоренность посевов довольно противоречивы. Это, прежде всего, обусловлено различными почвенно-климатическими условиями проведения исследований, а также тем, что в различных опытах изучаются либо отдельные приемы основной обработки почвы, либо система обработки почвы, состоящая из нескольких приемов. Некоторые авторы причину увеличения засоренности посевов по минимальным обработкам видят в нарушении севооборотов и в ограниченном наборе культур (Haugen-Kozyra K.,

Juma N.G., Nyborg M., 1973; Thomas G.W., 1985; Zentner R.P et al, 1992) [494, 519, 524]. По мнению этих исследователей, рост цен на химические средства защиты растений сдерживает распространение поверхностных и нулевых обработок почвы, так как затраты на гербициды по таким обработкам выше, чем по традиционным.

Многие исследователи, с целью снижения засоренности посевов, рекомендуют применение комбинированной отвально-безотвальной обработки почвы в севообороте, дополненной мелкими и поверхностными обработками (Циков В.С., Матюха Л.А., Шевченко М.С., 1988; Круть В.М., Тараненко В.И., Бокуленко А.П., 1989; Смирнов Б.М., Мазохин А.С., 1990; Картамышев Н.И., Шмат З.М., Гончаров Н.Ф., 1992) [426, 226, 383, 177].

В современном земледелии важная роль в подавлении сорной растительности принадлежит механической обработке почвы. В наших исследованиях (опыт № 2) изучались различные варианты зяблевой обработки почвы (обычная; улучшенная; улучшенная, дополненная осенней культивацией) на основе отвальной или безотвальной основной обработки почвы (табл. 6.1, приложение 6.1).

Засоренность посевов сельскохозяйственных культур зависела от культуры севооборота, погодных условий, системы зяблевой обработки, способа основной обработки почвы. Увеличение количества приемов в системе зяблевой обработки почвы способствовало снижению засоренности посевов сахарной свеклы.

Проведение дополнительной плоскорезной обработки на глубину 10-12 см (улучшенная зябь) способствовало снижению количества сорных растений в посевах сахарной свеклы (независимо от способа обработки) на 22%, применение дополнительно плоскорезного рыхления на глубину 10-12 см и осеннего выравнивания зяби на глубину 6-8 см уменьшило засоренность на 33,3% по сравнению с обычной (двухфазной) зяблевой обработкой почвы (приложение 6.2, главный эффект).

Таблица 6.1 – Количество сорняков в посевах сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки почвы (опыт № 2, 1990-1992), шт./м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Способы ухода за посевами (фактор С)	Количество сорняков, шт./м^2			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	а	14	26	11	17
		б	58	47	58	54
	2	а	12	36	15	21
		б	117	86	75	93
	3	а	9	29	17	18
		б	148	70	91	103
II – улучшенная зяблевая обработка	1	а	6	13	8	9
		б	38	30	45	38
	2	а	20	26	16	21
		б	84	66	70	73
	3	а	14	30	22	22
		б	120	44	64	76
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	а	4	14	10	9
		б	46	32	28	35
	2	а	10	28	20	19
		б	66	70	43	60
	3	а	12	23	19	18
		б	86	42	66	65
$НСР_{05}$(для частных различий), шт./м^2			46	26	43	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор А), шт./м^2			19	10	21	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор В), шт./м^2			25	11	13	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор С), шт./м^2			40	25	42	-

Примечание: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см; а – ручная прополка, б – без ручной прополки

Наибольший эффект в подавлении сорняков в посевах сахарной свеклы наблюдался при использовании двукратного лущения: первого дисковыми лущильниками на 8-10 см, второе плоскорезами на 10-12 см в сочетании со вспашкой двухъярусным плугом на 25-27 см (табл. 6.1, приложение 6.2). Улучшенная зябь на основе отвальной обработки почвы способствует снижению засоренности посевов на 41-52% по сравнению с трехфазной обработкой безотвальными орудиями. Отвальная обработка в сочетании с дополни-

тельными лущениями и осенним выравниванием зяби также более эффективно борется с сорняками по сравнению с обработками в сочетании с плоскорезом или стойками параплау.

На исследуемых полях отмечался смешанный тип засоренности, среди многолетних сорняков преобладали корнеотпрысковые (осот розовый, осот полевой). Использование в системе зяблевой обработки дополнительных приемов обработки почвы снижало засоренность многолетними сорняками на 25-67% в зависимости от варианта опыта (приложение 6.1). При двукратном лущении на глубину 8-10 см и 10-12 см с последующей вспашкой двухъярусным плугом уничтожалось максимальное количество многолетних корнеотпрысковых сорняков – до 67%. Послойная зяблевая обработка почвы ускоряет пробуждение почек возобновления корнеотпрысковых сорняков и способствует истощению растений.

Последействия различных систем зяблевой обработки почвы под предшествующую культуру в посевах ячменя не наблюдалось (приложение 6.4, 6.5).

Проведение дополнительного лущения и осенней культивации в системе зяблевой обработки почвы под подсолнечник не приводило к достоверному снижению количества сорняков: засоренность посевов по всем вариантам опыта была на одном уровне (табл. 6.2, приложение 6.7).

Воздушно-сухая масса сорных растений в посевах с.-х. культур является одним из важнейших показателей оценки их фитосанитарного состояния, показывает уровень конкуренции сорняков за факторы жизни растений (Груздев Г.С., 1980) [118]. Увеличение количества сорняков практически во всех опытах приводило к возрастанию их массы (табл. 6.3).

Применение улучшенной зяблевой обработки под сахарную свеклу по сравнению с обычной двухфазной способствовало снижению воздушно-сухой массы сорняков, в 1990 и в 1992 г. наблюдалась существенная разница по сравнению с обычной зябью (табл. 6.2, приложение 6.3).

Таблица 6.2 – Количество сорняков, в том числе многолетних в посевах подсолнечника в зависимости от различных систем основной обработки почвы (опыт № 2, 1992-1994 гг.), шт./м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)	Количество сорняков, шт./м^2				В том числе количество многолетних сорняков, шт./м^2			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	10	32	336	126	1,0	12	34	16
	2	26	40	490	185	1,0	11	41	18
	3	16	23	679	239	1,0	10	44	19
II – улучшенная зяблевая обработка	1	16	33	323	124	2,0	12	19	11
	2	26	38	490	185	2,0	7,0	70	26
	3	24	37	776	279	3,0	12	53	23
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	3,0	35	533	190	1,0	15	73	29
	2	16	29	536	194	2,0	10,0	54	22
	3	9	32	551	197	1,0	13	69	28
$НСР_{05}$ (для частных различий), шт./м^2		4,0	7,0	177	-	2,0	6,0	23	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор А), шт./м^2		21	6	42	-	2,0	5,0	19	
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор В), шт./м^2		3,0	7,0	51	-	1,0	4,0	13	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

В среднем за три года проведения исследований применение трехфазной зяблевой обработки почвы уменьшило массу сорняков на 15,8%, применение дополнительного плоскорезного рыхления и осеннего выравнивания зяби – на 24,4% по сравнению с обычной зябью (независимо от способа основной обработки почвы). Различия массы сорняков в посевах ячменя и подсолнечника в зависимости от системы зяблевой обработки почвы входят в ошибку опыта (приложение 6.6, 6.8).

Таким образом, при смешанном типе засоренности, в том числе многолетними корнеотпрысковыми сорняками, эффективна под сахарную свеклу система улучшенной зяби. Послойная система зяблевой обработки почвы включает два лущения – дисковое на глубину 8-10 см и плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см, глубокую отвальную или безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков.

Результаты исследований показали, что применение безотвальных способов основной обработки почвы в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник приводит к усилению засоренности посевов сельскохозяйственных культур, независимо от системы зяблевой обработки почвы (табл. 6.1, приложение 6.2). Более высокий уровень засоренности при применении плоскорезной обработки и обработки орудием параплау наблюдался на протяжении всех лет исследований, хотя отдельные варианты с посевами сахарной свеклы пропалывали вручную. Применение для отвальной обработки сахарной свеклы двухъярусного плуга является наиболее эффективным методом борьбы с сорняками, вследствие более полного оборачивания обрабатываемого слоя, лучшей и более глубокой заделке семян сорных растений и более качественной обработки (Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д., 2004) [25].

При использовании различных приемов безотвальной обработки почвы под всеми изучаемыми культурами отмечалось увеличение засоренности посевов (табл. 6.1, 6.3, приложение 6.4).

Таблица 6.3 – Воздушно-сухая масса сорняков в зависимости от систем основной обработки обыкновенного чернозема под сахарную свеклу (опыт № 2, 1990-1992), г/м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Способы ухода за посевами (фактор С)	Масса сорняков, г/м^2			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	а	57	57	39	51
		б	180	69	328	192
	2	а	80	63	60	68
		б	218	171	434	274
	3	а	80	109	53	81
		б	257	141	342	247
II – улучшенная зяблевая обработка	1	а	49	42	22	38
		б	152	62	293	169
	2	а	83	52	33	56
		б	162	177	327	222
	3	а	70	100	35	68
		б	208	127	318	218
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	а	39	27	20	29
		б	100	51	228	126
	2	а	50	44	63	52
		б	180	158	255	198
	3	а	98	135	32	88
		б	117	210	271	199
$НСР_{05}$ (для частных различий), г/м^2			51,0	46,0	102	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор А), г/м^2			17,0	9,0	14,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор В), г/м^2			33,0	42,0	126	-
$НСР_{05}$ (для главных эфф., фактор С), г/м^2			49,0	42,0	93,0	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см; а – ручная прополка, б – без ручной прополки

Применение в качестве приемов основной обработки почвы плоскореза и стоек параплау увеличивало засоренность посевов сахарной свеклы соответственно на 78 и 85%, подсолнечника – на 28 и 62%, ячменя – на 12 и 50% по сравнению с отвальной обработкой почвы (независимо от систем зяблевой обработки почвы, приложение 6.2, 6.5, 6.7).

Меньшее количество сорняков в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник обеспечивала разноглубинная отвальная обработка почвы. При отвальной разноглубинной обработке семена сорняков, заделанные на определенную глубину, в течение нескольких лет теряют свою жизнеспособность.

При систематической безотвальной основной обработке почвы в составе сорного компонента увеличивается доля многолетних сорняков (приложение 6.1) на 3-16% в зависимости от вариантов опыта по сравнению со вспашкой. Увеличение количества сорняков в посевах сахарной свеклы по безотвальной обработке приводило к существенному возрастанию их массы (табл. 6.3, приложение 6.3). Воздушно-сухая масса сорняков в посевах сахарной свеклы по плоскорезной обработке выросла на 44% в сравнении со вспашкой, по обработке параплау – на 48% (независимо от системы зяблевой обработки почвы).

При проведении безотвальных обработок почвы под ячмень и подсолнечник не отмечено существенного повышения массы сорняков (табл. 6.4, приложение 6.6, 6.8). Результаты, полученные в опыте № 3, показывают, что засоренность посевов ячменя сильно зависела от предшествующих культур и приема основной обработки почвы (приложение 6.9). Наибольшая степень засоренности посевов наблюдалась после кукурузы на силос по всем приемам основной обработки почвы.

Независимо от предшественника безотвальные приемы обработки повышали количество сорняков в посевах ячменя по сравнению со вспашкой и увеличивали их массу. Применение под ячмень безотвальных приемов увеличивало засоренность посевов ячменя после кукурузы в 1,9-3,0 раза, после сахарной свеклы – в 1,4-2,0 раза. Максимальная засоренность ячменя наблюдалась на варианте обработки почвы КПЭ-3,8 (предшественник – кукуруза на силос). Меньше были засорены посевы ячменя на варианте вспашки в звене севооборота сахарная свекла – ячмень.

Таблица 6.4 – Воздушно-сухая масса сорняков в зависимости от систем основной обработки чернозема обыкновенного под подсолнечник (опыт № 2, 1992-1994 гг.), г/м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)	Масса сорняков, г/м^2			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	Вспашка на глубину 25-27 см	1,7	27,2	77,9	35,6
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	6,1	16,6	66,7	29,8
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	6,5	41,7	101	49,8
II – улучшенная зяблевая обработка	Вспашка на глубину 25-27 см	8,9	20,0	70,0	33,0
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	16,2	50,8	77,5	48,2
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	3,7	18,9	81,3	34,6
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	Вспашка на глубину 25-27 см	5,8	49,1	72,9	42,6
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	4,5	32,9	96,2	44,5
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	4,9	68,4	98,3	57,2
$НСР_{05}$ (для частных различий), г/м^2		11,2	16,4	57,0	
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор А), г/м^2		10,9	15,9	49,5	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор В), г/м^2		7,2	33,9	56,1	-

Примечание: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Наименьшая масса сорняков, в среднем за три года исследований отмечена на варианте отвальной обработки в звене севооборота сахарная свекла – ячмень. При применении безотвальной обработки почвы под ячмень масса сорняков увеличилась на 28,9%. В звене севооборота кукуруза на силос – ячмень масса сорняков по безотвальной обработке была на 96,6% больше по сравнению со вспашкой. Численность сорняков в опыте № 4 зависела от основной обработки почвы, уровня удобренности и погодных условий года.

В среднем за годы исследований минимальное количество сорняков в посевах ячменя было на вариантах отвальной обработки (табл. 6.5).

Проведение под ячмень мелкой обработки почвы достоверно повышало засоренность посевов на 35,5% по сравнению со вспашкой (независимо от удобрений, приложение 6.10).

Таблица 6.5 – Количество сорняков в посевах ячменя в зависимости от приемов основной обработки почвы и последействия внесения органоминеральных удобрений в севообороте (опыт № 4, 2008-2012 гг.), шт./м^2

Факторы		Годы исследований					
А – обработка почвы	В – сумма удобрений в севообороте	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
		Количество сорняков, шт./м^2					
I – дискование на глубину 8-10 см	N30 (контроль)	103	164	241	149	208	173
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	198	380	442	192	130	268
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	210	203	243	107	101	173
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	157	326	341	178	178	236
II – комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	N30 (контроль)	44	99	105	24	135	81
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	66	133	255	36	116	98
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	78	130	120	56	83	93
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	70	89	146	43	120	94
$НСР_{05}$ (для частных различий), шт./м^2		49	186	120	120	51	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор А), шт./м^2		30	66	43	35	38	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор В), шт./м^2		31	93	60	11	40	-

Внесение различных видов органических удобрений в сочетании с минеральными удобрениями под культуры севооборота способствовало существенному росту количества сорных растений в посевах ячменя в среднем на 4,7-53,5% по сравнению с контролем. В исследованиях Е.А. Сидякова, Н.И. Придворева (2007) рост засоренности посевов при применении приемов воспроизводства плодородия почвы объясняется не только поступлением семян сорняков с органическими удобрениями, но и улучшениями условий минерального питания сорных растений [374].

Установлена средняя корреляционная зависимость (r = 0,6-0,7) между количеством сорняков и содержанием в почве азота, фосфора и калия (Сидяков Е.А., 2009) [375]. В наших исследованиях, максимальная засоренность посевов ячменя отмечена при внесении в севообороте минеральных удобрений, навоза и соломы (NPK)200 + Н + Ск + Соп (независимо от фона основной обработки почвы) – 195 шт./м^2 (приложение 6.10).

Длительная поверхностная заделка органических и минеральных удобрений в четырехпольном севообороте способствовала существенному росту количества сорняков и увеличению их массы по сравнению с разноглубинной отвальной обработкой под культуры севооборота. Наименьшая масса сорняков в посевах ячменя в среднем за годы исследований была отмечена на варианте отвальной обработки (независимо от удобрений) – 14,3 г/см^3 (табл. 6.6, приложение 6.11). При замене вспашки на дискование масса сорняков возросла до 38,8 г/см^3 (независимо от удобрений).

Изучаемые приемы воспроизводства плодородия почвы способствовали росту воздушно-сухой массы сорняков в посевах ячменя по сравнению с контролем.

При внесении в четырехпольном севообороте минеральных удобрений (NPK)200 в комплексе с 40 т/га навоза, соломой озимой пшеницы и пожнивным сидератом масса сорняков (независимо от приема обработки почвы) увеличилась на 98,8% по сравнению с контролем.

Таблица 6.6 – Воздушно-сухая масса сорняков в посевах ячменя в зависимости от приемов основной обработки почвы и последействия внесения органоминеральных удобрений в севообороте (опыт № 4, 2008-2012 гг.), г/м^2

Факторы		Годы исследований					
А – обработка почвы	В – сумма удобрений в севообороте	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
		Масса сорняков, г/м^2					
I – дискование на глубину 8-10 см	N30 (контроль)	20,6	14,0	32,0	21,0	41,2	25,8
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	37,5	46,0	58,0	43,8	27,9	42,6
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	50,4	27,2	65,0	18,9	25,4	37,4
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	32,5	71,0	39,4	44,5	26,9	42,9
II – комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	N30 (контроль)	6,7	9,0	15,0	12,0	20,1	12,6
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	11,0	17,5	26,3	19,1	12,5	17,3
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	14,2	6,5	19,0	14,0	7,9	12,3
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	16,4	8,0	18,5	15,8	10,0	13,7
$НСР_{05}$ (для частных различий), г/м^2		15,1	28,0	30,0	23,6	21,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор А), г/м^2		4,6	10,0	17,0	12,1	15,4	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор В), г/м^2		10,1	14,0	19,5	13,5	16,0	-

Использование комплекса агроприемов, включающих двойную дозу соломы озимой пшеницы, пожнивной сидерат и 350 кг/га минеральных удобрений, увеличило массу сорняков на 65%, а внесение дефеката в сочетании с минеральными удобрениями (300 кг/га NPK), соломой озимой пшеницы и биомассой горчицы способствовало увеличению массы сорных растений на 89% по сравнению с контролем.

Отсутствие механической обработки или поверхностное рыхление почвы (мульчирующая обработка почвы), оставление на поверхности почвы растительных остатков способствует увеличению засоренности посевов (приложение 6.12, опыт № 5). По нулевой обработке засоренность яровой пшеницы была выше, чем по мульчирующей. С соломой в почву поступает дополнительное количество семян сорняков, что повышает потенциальную засоренность, особенно если посевы уже были засорены. По данным Г.И. Баздырева, Л.И. Зотова, В.Д. Полина (2004), если солома и полова остаются в поле, то в почву попадает примерно третья часть семян сорняков, вегетирующих в данном поле [25]. В опытах Н.И. Придворева, В.В. Верзилина, Е.А. Сидякова (2008) использование соломы озимой пшеницы в качестве органического удобрения способствовало увеличению засоренности посевов от 7 до 21% по сравнению с вариантом без внесения соломы [324].

По нулевой и мульчирующей обработке почвы сорные растения в посевах яровой пшеницы были представлены видами, относящимися к разным агробиологическим группам. Отмечено увеличение по нулевой и мульчирующей обработкам корнеотпрысковых (осот розовый) и корневищных (пырей ползучий) сорняков. Поверхностная обработка почвы стимулирует развитие и распространение многолетних сорняков, так как в результате измельчения корневой системы сорного растения пробуждаются спящие почки, и распространение этих злостных сорняков возрастает.

Заключение

Таким образом, на засоренность посевов сельскохозяйственных культур влияли как системы зяблевой обработки почвы, так и приемы основной обработки почвы.

Изучаемые системы зяблевой обработки почвы (обычная; улучшенная; улучшенная, дополненная осенней культивацией) показали различную эффективность в подавлении сорного компонента в звене севооборота сахарная

свекла – ячмень – подсолнечник. Увеличение количества приемов в системе зяблевой обработки почвы способствовало снижению засоренности посевов сельскохозяйственных культур. При смешанном типе засоренности, в том числе многолетними корнеотпрысковыми сорняками эффективна под сахарную свеклу система улучшенной зяби, дополненная осенней культивацией, включающая послойную систему зяблевой обработки почвы (два лущения – дисковое на глубину 8-10 см и плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см, глубокую отвальную или безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков).

При минимализации основной обработки почвы (замена отвальной обработки на безотвальное рыхление, поверхностную или мелкую обработку почвы или полый отказ от обработки) установлено увеличение численности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, в том числе корнеотпрысковых. Успешное внедрение приемов минимализации основной обработки почвы возможно при использовании полей, сравнительно чистых от сорняков, при подборе сельскохозяйственных культур, обеспечивающих урожай при минимальных обработках не ниже, чем при традиционных приемах обработки почвы (прежде всего зерновые культуры).

Длительная поверхностная заделка органических и минеральных удобрений способствовала существенному росту количества сорняков и увеличению их массы по сравнению с разноглубинной дифференцированной обработкой под культуры севооборота. Применение различных видов органических удобрений в сочетании с минеральными удобрениями под культуры севооборота способствовало существенному росту количества сорных растений в посевах ячменя в среднем на 4,7-53,5%, что объясняется поступлением семян сорняков с органическими удобрениями и улучшением условий их минерального питания.

7. УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

7.1. Корневая масса возделываемых культур

Исследования Н.А. Качинского (1931) показывают, что масса корневой системы растений в значительной степени зависит от почвенных условий [179]. Расположение корней в почве обусловлено биологическими особенностями культуры, способностью корней данного растения использовать плодородие почвы, а также применяемой агротехникой.

Различные приемы основной обработки существенно влияют на физические и биологические свойства почвы, распределение пожнивных остатков и удобрений по слоям, что сказывается на росте и развитии корневой системы возделываемых растений. Е.Н. Мишустиным (1972), С.С. Сдобниковым (1988), Н.С. Матюком, И.Г. Платоновым, В.Д. Полиным (2010) установлено, что основная масса корней образуется в зоне расположения растительных остатков, в слоях, где есть питательные элементы [272, 364, 255].

Анализ полученных в наших исследованиях данных показал, что основная масса корней гороха и озимой пшеницы (около 60%) независимо от приемов основной обработки располагалась в верхнем слое почвенного профиля (0-20 см), что связано с более высоким плодородием и с лучшей аэрацией данного слоя почвы.

Длительная безотвальная обработка почвы ведет к увеличению основного количества корневых остатков полевых культур в верхнем (0-10 см) слое почвы по сравнению с ежегодной отвальной обработкой (табл. 7.1).

Если принять количество корней гороха в слое 0-40 см за 100%, то при ежегодной плоскорезной обработке, ежегодной отвальной обработке на глубину 20-22 см и при ежегодной отвальной обработке на глубину 35-37 см в слое почвы 0-10 см находится соответственно 40,6; 28,4 и 27,0% корневых

остатков, в слое 10-20 см – 28,5; 35,3 и 24,5% и в слое 20-40 см – 30,9; 36,2 и 48,5% корневых остатков. По озимой пшенице разница в распределении корней по почвенному профилю была менее четкой.

Наблюдалось увеличение корневых остатков в слое почвы 0-10 см по безотвальной обработке по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Таблица 7.1 – Распределение корневой массы полевых культур в почвенном профиле в зависимости от различных способов и глубины основной обработки (опыт № 1, 1985-1987 гг.), ц/га

Варианты опыта	Слой почвы, см	Горох		Озимая пшеница	
		Масса воздушно-сухих корневых остатков, ц/га	% к слою 0-40 см	Масса воздушно-сухих корневых остатков, ц/га	% к слою 0-40 см
Ежегодная вспашка на глубину 20-22 см	0-10	6,2	28,4	6,2	27,9
	10-20	7,7	35,3	7,0	31,5
	20-40	7,9	36,2	9,0	40,5
	0-40	21,8	100	22,2	100
Ежегодная вспашка на глубину 35-37 см	0-10	4,4	27,0	5,0	30,0
	10-20	4,0	24,5	4,0	24,1
	20-40	8,4	48,5	7,6	46,0
	0-40	16,3	100	16,6	100
Разноглубинная плоскорезная обработка	0-10	8,4	40,6	4,6	31,0
	10-20	5,9	28,5	3,6	24,0
	20-40	6,4	30,9	6,8	45,2
	0-40	20,7	100	15,0	100

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения ЦЧР пересыхание верхнего 10-сантиметрового слоя почвы при ежегодной безотвальной обработке из-за слабого использования корневой системой растений сосредоточенных там элементов питания приводит к снижению урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

При углублении пахотного слоя до 35-37 см наблюдается увеличение массы корней в слое 20-40 см по сравнению с вариантом вспашки на глубину 20-22 см и уменьшение в слое 0-20 см.

М.И. Сидоров (1967), М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков (1992) в своих работах отмечали повышение эффективности использования питательных веществ, внесенных в слой почвы 10-15 см [367, 368].

В опытах, проведенных сотрудниками ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, существенное преимущество наблюдалось при обработке почвы, способствующей размещению удобрений в слое 10-20 см (Пыхтин И.Г., 1992) [332].

В наших исследованиях в слое почвы 10-20 см максимальная корневая масса как гороха, так и озимой пшеницы была отмечена на варианте применения ежегодной вспашки на глубину 20-22 см.

Различные способы и глубины основной обработки почвы оказали влияние не только на распределение корней в слое почвы 0-40 см. Корневая система гороха и озимой пшеницы при вспашке на глубину 20-22 см была более развитой, масса ее значительно превосходила показатели вариантов применения других обработок.

Увеличение глубины отвальной обработки до 35-37 см обусловило снижение общей массы корневых остатков в слое 0-40 см на 25%, применение ежегодной плоскорезной обработки – на 6-32% по сравнению с показателем этого же слоя почвы варианта проведения вспашки на глубину 20-22 см.

7.2. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от приемов обработки почвы

Основным показателем оценки различных приемов и систем основной обработки почвы является урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур. Этот показатель является интегральным и отражает уровень воздействия на растение тех факторов, которые, с одной стороны, обуславливают их жизнедеятельность, а с другой стороны, подвержены изменениям вследствие применения различных обработок почвы.

В наших исследованиях урожайность сельскохозяйственных культур зависела от погодных и почвенных условий, предшественников, уровня минерального питания, приемов воспроизводства плодородия почв, приемов основной обработки почвы, систем зяблевой обработки почвы.

Обобщение опытных данных, полученных в результате исследований в длительном стационарном опыте № 1, расположенном в юго-восточной части ЦЧР, позволили определить эффективные приемы основной обработки чернозема обыкновенного в полевом 10-польном севообороте.

Отвальная обработка почвы на глубину 20-22 см обеспечивала оптимизацию земных факторов жизни для растений гороха, что положительно сказалось на его урожайности. Ежегодная отвальная обработка на обычную глубину способствовала повышению биологической активности почвы, более равномерному распределению элементов минерального питания в пахотном слое по сравнению с ежегодной безотвальной обработкой почвы.

Проведение вспашки на глубину 20-22 см в среднем за 3 года исследований обусловило повышение урожайности гороха по сравнению с другими приемами основной обработки почвы независимо от фона удобренности (табл. 7.2). При сочетании внесения удобрений и проведения отвальной обработки на глубину 20-22 см получена наибольшая урожайность гороха.

Варианты разноглубинной отвальной обработки почвы в севообороте как обычным плугом, так и двухъярусным по уровню урожайности приближались к показателям контрольного варианта.

Длительное применение безотвальных обработок почвы в севообороте снизило урожайность гороха. Так, в среднем за 3 года снижение урожайности этой культуры на варианте ежегодной разноглубинной плоскорезной обработки составило 13,1%, на варианте ежегодного рыхления плугом без отвалов на глубину 25-27 см – на 7% по сравнению с вариантом вспашки на глубину 20-22 см.

Таблица 7.2 – Урожайность гороха при различных способах и глубине основной обработки почвы в сочетании с удобрениями (опыт № 1, 1985-1987 гг.), т/га

Варианты опыта		Годы исследований			
		1985	1986	1987	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см	а	2,38	1,28	3,26	2,31
	б	2,15	0,97	2,76	1,96
Вспашка на глубину 25-27 см	а	2,41	1,03	3,07	2,17
	б	2,05	1,02	2,85	1,97
Вспашка на глубину 30-32 см	а	1,89	0,98	3,33	2,07
	б	1,89	0,76	2,81	1,82
Вспашка на глубину 35-37 см	а	2,24	1,11	30,7	2,14
	б	2,53	0,97	2,59	2,03
Разноглубинная вспашка двухъярусным плугом, под горох – на глубину 20-22 см	а	2,48	1,42	3,08	2,33
	б	2,35	1,34	2,80	2,16
Разноглубинная вспашка, под горох – на глубину 20-22 см	а	2,42	1,00	3,24	2,22
	б	1,59	0,82	2,75	1,72
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под озимые, под остальные – вспашка, под горох – на глубину 20-22 см	а	2,09	1,3	3,04	2,14
	б	1,78	1,16	2,77	1,90
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под зерновые и однолетние травы, под остальные – вспашка, под горох – на глубину 10-12 см	а	1,81	1,29	2,99	2,03
	б	1,51	0,70	2,74	1,65
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох – на глубину 20-22 см	а	1,65	1,04	3,27	1,99
	б	1,47	0,93	2,75	1,72
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	2,06	1,18	3,19	2,14
	б	1,69	1,16	2,68	1,84
$НСР_{05}$, т/га, обработка	а	0,72	0,42	0,62	-
	б	0,51	0,30	0,44	-
$НСР_{05}$, т/га, удобрение	а	0,46	0,43	0,31	-
	б	0,14	0,14	0,10	-

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений; для $НСР_{05}$: а – частный эффект; б – главный эффект

При увеличении доли плоскорезной обработки в севообороте (30%, 60%, 100%) отмечается тенденция уменьшения урожайности гороха. Существенное снижение урожайности при применении безотвальной обработки под горох наблюдалось в 1985 г. в связи с недостатком влаги в весенне-летний период, в результате чего пересыхание верхнего слоя почвы с сосредоточенными в нем основным количеством подвижных питательных веществ и массы корней привело к ухудшению условий роста и развития растений. В благоприятном по погодным условиям 1987 г. при рыхлении почвы как плоскорезом, так и плугом без отвалов урожайность гороха была на уровне контрольного варианта.

Глубина отвальной обработки существенно не повлияла на урожайность гороха, отмечена тенденция снижения урожайности этой культуры при увеличении глубины вспашки более 20-22 см независимо от фона удобренности.

Применение под горох минеральных удобрений (NPK)60 кг/га д.в. достоверно повысило урожайность культуры. При внесении минеральных удобрений под глубокую отвальную обработку их эффективность снижалась по сравнению с контрольным вариантом. Максимальная прибавка от удобрений получена на варианте разноглубинной отвальной обработки в севообороте, в котором под горох применялась вспашка на глубину 20-22 см, – 0,5 т/га в среднем за 3 года.

Урожайность озимой пшеницы в среднем за 3 года исследований по мере увеличения доли плоскорезной обработки в севообороте (30%, 60%, 100%) снижалась на обоих фонах удобренности (табл. 7.3). Обработка почвы лемешными лущильниками на варианте разноглубинной обработки в севообороте была эффективнее плоскорезного рыхления на одинаковую глубину – 10-12 см. Однако в сильно засушливые годы (когда верхний слой почвы пересыхает и осуществить мелкую обработку лемешными лущильниками трудно, а зачастую невозможно) применяется рыхление почвы плоскорезами.

Таблица 7.3 – Урожайность озимой пшеницы при различных способах и глубине основной обработки почвы в сочетании с удобрениями (опыт № 1, 1985-1987 гг.), т/га

Варианты опыта		Годы исследований			
		1985	1986	1987	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см	а	2,09	3,48	4,78	3,45
	б	1,98	2,31	3,34	2,54
Вспашка на глубину 25-27 см	а	2,17	3,70	4,64	3,50
	б	1,79	2,15	3,40	2,45
Вспашка на глубину 30-32 см	а	2,25	4,07	4,63	3,65
	б	1,82	2,19	3,19	2,40
Вспашка на глубину 35-37 см	а	2,18	3,76	4,97	3,64
	б	1,69	2,39	3,42	2,50
Разноглубинная вспашка двухъярусным плугом, под озимую пшеницу – на глубину 20-22 см	а	2,20	3,78	5,14	3,71
	б	1,86	2,62	3,36	2,61
Разноглубинная вспашка, под озимую пшеницу – отвальное лущение на глубину 10-12 см	а	1,90	3,71	4,91	3,51
	б	1,77	2,60	3,31	2,56
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см под озимые, под остальные – вспашка	а	1,64	3,49	5,09	3,41
	б	1,74	2,34	3,22	2,43
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под зерновые и однолетние травы, под остальные – вспашка	а	2,0	2,95	5,06	3,34
	б	1,84	2,0	3,31	2,38
Разноглубинная плоскорезная обработка, под озимую пшеницу на глубину 10-12 см	а	2,32	3,03	4,58	3,31
	б	1,99	2,22	2,98	2,4
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	2,12	3,06	3,95	3,04
	б	1,84	2,21	3,38	2,48
$НСР_{05}$, т/га, обработка	а	0,48	0,62	0,60	
	б	0,34	0,44	0,42	
$НСР_{05}$, т/га, удобрение	а	0,24	0,64	0,51	
	б	0,08	0,20	0,16	

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений; для $НСР_{05}$: а – частный эффект; б – главный эффект

Математическая оценка изучаемых в опыте факторов показала, что влияние глубины основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы несущественно (табл. 7.3). При увеличении глубины отвальной обработки более 20-22 см в среднем за 3 года на фоне без удобрений в результате выноса менее плодородного слоя на поверхность почвы наблюдалось снижение урожайности изучаемой культуры. При внесении удобрений прослеживается тенденция повышения урожайности озимой пшеницы при увеличении глубины отвальной обработки с 20-22 см до 30-32 см и 35-37 см.

Влияние минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы было существенным во все годы исследований. Максимальная эффективность внесенных удобрений наблюдалась на фоне отвальной обработки на глубину 30-32 см и 35-37 см – соответственно 1,25 и 1,14 т/га. Минимальная прибавка от удобрений получена на варианте ежегодного безотвального рыхления на глубину 25-27 см – 0,56 т/га.

Учет урожайности сахарной свеклы в краткосрочном опыте № 2 показал эффективность улучшенной зяблевой обработки почвы и улучшенной зяблевой обработки почвы, дополненной осенней культивацией по сравнению с обычной системой обработки (независимо от приемов основной обработки почвы). Сбор корнеплодов от проведения дополнительного лущения почвы возрос в зависимости от варианта опыта на 3-16%, осенней культивации зяби – на 6,9-34,9% (табл. 7.4). Использование в системе зяблевой обработки дополнительных приемов обработки почвы позволяет сохранить влагу, ускорить прорастание сорняков с целью их последующего уничтожения.

Максимальная урожайность сахарной свеклы в среднем за три года исследований наблюдалась при проведении под сахарную свеклу улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией на фоне глубокой плоскорезной обработки почвы.

Двухъярусная вспашка (независимо от систем зяблевой обработки почвы) в среднем за годы исследований обеспечила существенное повышение

урожайности сахарной свеклы по сравнению с другими способами обработки (приложение 7.1). При этом способе обработки отмечена ме́ньшая засоренность посевов, кроме того на этом варианте создавались наиболее оптимальные условия в пахотном слое для роста и развития растений.

Таблица 7.4 – Урожайность сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки обыкновенного чернозема (опыт № 2, 1990-1992 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода за растениями	Урожайность, т/га			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	а	50,0	38,4	39,5	42,6
		б	44,1	32,0	28,2	34,8
	2	а	50,8	35,0	38,7	41,5
		б	29,8	36,8	33,9	33,5
	3	а	47,8	33,4	41,9	41,0
		б	32,6	32,4	24,5	29,8
II – улучшенная зяблевая обработка	1	а	53,6	38,6	36,3	42,8
		б	34,6	35,8	36,3	35,6
	2	а	50,1	41,1	40,6	43,9
		б	29,4	35,7	31,4	32,2
	3	а	42,9	40,4	40,1	41,1
		б	28,4	43,0	32,8	34,7
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	а	51,4	38,9	23,6	38,0
		б	35,5	41,7	34,5	37,2
	2	а	54,9	37,5	43,1	45,2
		б	31,2	29,4	31,4	30,7
	3	а	51,0	38,0	39,0	42,7
		б	36,9	30,0	31,6	32,8
$НСР_{05}$, частный эффект, т/га			13,5	14,1	6,5	-
$НСР_{05}$, главный эффект (системы основной обработки), т/га			12,1	13,8	6,2	-
$НСР_{05}$, главный эффект (приемы основной обработки почвы), т/га			4,0	3,0	6,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект (способы ухода за растениями), т/га			4,0	2,8	5,2	-

Примечание: способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за растениями: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Следует отметить, что чем более благоприятные условия складывались для роста сахарной свеклы, тем выше была эффективность отвальной обработки чернозема обыкновенного. В более благоприятном для роста и развития сельскохозяйственных культур 1990 г. отмечалось существенное снижение урожайности сахарной свеклы при проведении безотвальной обработки почвы – на 9-12% по сравнению с отвальной обработкой. В засушливые годы (1991 и 1992 гг.) разница между вариантами опыта была несущественной. Однократное применение в 1992 г. глубокой обработки плоскорезами или стойками параплау достоверно не снизило урожайность культуры по сравнению с двухъярусной вспашкой, а 1993 г. наблюдалась тенденция увеличения урожайности сахарной свеклы по этим вариантам (независимо от систем зяблевой обработки).

Переход на длительную безотвальную обработку под все культуры севооборота приводит к росту засоренности посевов, ухудшению режима питания и снижению урожайности возделывания сельскохозяйственных культур (табл. 7.2).

Повторное применение в краткосрочном опыте № 2 безотвальных приемов основной обработки почвы способствовало снижению урожайности ячменя, существенное в 1991 и 1992 гг. (табл. 7.5, приложение 7.2). В среднем за три года исследований наиболее эффективным приемом основной обработки почвы под ячмень можно отметить вспашку на глубину 20-22 см. При использовании этого приема средняя урожайность составила 2,95 т/га, в то время как при использовании плоскореза и параплау урожайность ячменя в среднем за 1991-1993 гг. была соответственно 2,72 и 2,82 т/га.

Прослеживается тенденция увеличения урожайности ячменя при проведении в системе зяблевого комплекса дополнительных обработок почвы под предшествующей культурой, в 1993 г. наблюдалось достоверное увеличение сбора зерна, что связано с уменьшением массы сорняков на вариантах этих обработок (приложение 6.6).

Таблица 7.5 – Урожайность ячменя в зависимости от способов основной обработки обыкновенного чернозема (опыт № 2, 1991-1993 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Приемы ухода за предшест-венником	Урожайность, т/га			
			1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	а	3,75	2,19	2,55	2,83
		б	3,52	2,35	2,26	2,71
	2	а	3,98	2,1,8	3,06	3,07
		б	3,12	2,04	2,49	2,55
	3	а	3,95	1,91	3,23	3,03
		б	4,00	1,76	2,22	2,66
II – улучшенная зяблевая обработка	1	а	3,42	2,59	3,43	3,15
		б	3,51	2,62	2,71	2,95
	2	а	3,20	2,11	2,65	2,65
		б	2,39	2,26	2,68	2,44
	3	а	3,50	2,21	3,11	2,94
		б	2,95	2,10	2,70	2,58
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	а	3,89	2,57	3,02	3,16
		б	3,42	2,52	2,71	2,88
	2	а	3,23	1,94	3,31	2,83
		б	3,81	1,78	2,72	2,77
	3	а	3,64	1,90	3,28	2,94
		б	3,53	1,85	2,84	2,74
$НСР_{05}$, частный эффект, т/га			0,65	4,2	0,35	-
$НСР_{05}$, главный эффект (системы основной обработки, фактор А), т/га			0,60	0,33	0,19	-
$НСР_{05}$, главный эффект (приемы основной обработки почвы, фактор В), т/га			0,29	0,27	0,23	-
$НСР_{05}$, главный эффект (способы ухода за растениями, фактор С), т/га			0,24	0,12	0,13	-

Примечание: способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см. Способы ухода за предшествующей культурой: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Урожайность подсолнечника в меньшей степени зависела от системы и способа зяблевой обработки почвы по сравнению с другими культурами краткосрочного опыта № 2. Проведение дополнительного плоскорезного лущения и осенней культивации зяби не способствовало повышению урожайности подсолнечника (табл. 7.6, приложение 7.3).

Таблица 7.6 – Урожайность подсолнечника в зависимости от систем основной обработки обыкновенного чернозема (опыт № 2, 1992-1994 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода	Урожайность, т/га			
			1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I – обычная зяблевая обработка	1	а	2,03	1,11	1,13	1,42
		б	2,23	1,06	1,21	1,50
	2	а	2,05	1,18	1,12	1,45
		б	2,20	1,36	1,33	1,63
	3	а	2,20	1,13	1,00	1,44
		б	2,21	1,00	1,13	1,45
II – улучшенная зяблевая обработка	1	а	2,29	1,08	1,26	1,54
		б	2,31	1,21	1,25	1,59
	2	а	2,19	1,13	1,17	1,50
		б	2,16	0,92	1,14	1,41
	3	а	2,34	1,00	1,33	1,56
		б	2,04	0,99	1,22	1,42
III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	1	а	2,39	1,18	1,49	1,69
		б	2,04	1,18	1,28	1,50
	2	а	1,84	1,22	1,27	1,44
		б	2,05	1,01	1,19	1,42
	3	а	1,87	1,09	1,09	1,35
		б	2,29	0,98	1,17	1,48
$НСР_{05}$, частный эффект, т/га			0,49	0,18	0,27	-
$НСР_{05}$, главный эффект (системы основной обработки, фактор А), т/га			0,43	0,15	0,21	-
$НСР_{05}$, главный эффект (приемы основной обработки почвы, фактор В), т/га			0,26	0,11	0,11	-
$НСР_{05}$, главный эффект (способы ухода за растениями, фактор С), т/га			0,10	0,10	0,09	-

Примечание: способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

В среднем за все годы исследований урожайность подсолнечника по всем вариантам опыта отличалась незначительно, за исключением 1994 г., когда проведение безотвальных приемов основной обработки почвы сущест-

венно снизило урожайность этой культуры по сравнению со вспашкой. Трехкратное использование безотвальных обработок в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник уменьшило урожайность культуры в 1994 г. на 6-9%.

Максимальная урожайность подсолнечника в среднем за три года получена на варианте улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией на основе отвальной обработки почвы.

Приемы основной обработки чернозема обыкновенного (опыт № 2) повлияли не только на величину урожая возделываемых культур, но и на качество полученной продукции (приложение 7.4, 7.5). Так, в среднем за три года при применении в системе зяблевой обработки почвы двухъярусного плуга сахаристость свеклы составила 16,5%, по плоскорезной обработке и обработке параплау – соответственно 16,2 и 16,0% (главный эффект).

Наиболее существенным снижение сахаристости свеклы при применении безотвальной обработки почвы отмечено в 1990 г. Различные системы зяблевой обработки почвы не оказали влияния на содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы. Ручная прополка сахарной свеклы создавала не только лучшие условия для роста и развития растений, но и повышала качество продукции – сахаристость свеклы при ручной прополке составила 16,5%, без прополки – 15,9% (главный эффект).

Способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на содержание белка в зерне ячменя (приложение 7.6). Применение дополнительных агротехнических приемов в системе зяблевой обработки почвы под предшествующую культуру звена севооборота способствовало достоверному повышению содержания белка в зерне ячменя во все годы исследований. Такая же закономерность отмечена в опыте с подсолнечником (приложение 7.7).

Применение улучшенной зяблевой обработки почвы, а также улучшенной, дополненной осенней культивацией зяби способствовало повышению

содержания жира в подсолнечнике, в 1992 и 1994 гг. достоверное. Влияние различных способов основной обработки почвы на качество продукции не существенное.

Исследования показали (опыт № 3), что урожайность ячменя зависит от предшественника и от способа основной обработки почвы (табл. 7.7).

Таблица 7.7 – Урожайность ячменя в зависимости от различных способов основной обработки почвы и предшественников (опыт № 3, 2007-2009 гг.), т/га

Варианты опыта	Предшественники							
	Кукуруза на силос				Сахарная свекла			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее
Вспашка на глубину 20-22 см (к)	1,72	2,68	3,49	2,63	3,37	3,83	3,58	3,59
Безотвальное рыхление на глубину 14-16 см	1,96	3,04	3,34	2,78	2,50	3,50	3,33	3,11
$НСР_{05}$, т/га	0,39	0,69	0,15	-	0,51	0,29	0,26	-

Возделывание ячменя после сахарной свеклы повысило урожайность культуры на 24% по сравнению с предшественником кукурузой на силос, когда посевы были больше засорены (приложение 6.9).

Влияние способов обработки на урожайность ячменя зависело от предшественников. В среднем за три года исследований урожайность ячменя после предшественника кукурузы на силос была на 5,7% выше по безотвальной обработке по сравнению с отвальной обработкой.

По годам влияние способов основной обработки различалось. В 2007 и 2008 гг. наблюдалась тенденция увеличения урожайности ячменя при применении безотвального рыхления, в 2009 г. применение вспашки достоверно повысило урожайность культуры. В звене севооборота сахарная свекла – ячмень наибольшей эффективностью отличалась отвальная обработка, существенно повысившая урожайность ячменя во все годы исследований.

Анализ данных, полученных в стационарном опыте № 4, показал существенное увеличение плотности и твердости почвы при проведении дискования под сахарную свеклу и ячмень, особенно в нижних горизонтах (10-20 и 20-30 см), а также снижение содержания доступной влаги в слое почвы 0-100 см в начале вегетации сельскохозяйственных культур в среднем на 7-10 мм по сравнению с отвальной обработкой. При замене отвальной обработки почвы на дискование отмечается рост количества сорняков и увеличение воздушно-сухой массы.

Ухудшение физических свойств чернозема обыкновенного, рост засоренности посевов при минимализации основной обработки почвы оказали влияние на урожайность изучаемых культур, возделываемых в севообороте.

В опыте с сахарной свеклой влияние трех изучаемых факторов (предшественника, основной обработки почвы, удобрений) достоверно во все годы исследований (приложение 7.8, 7.9).

Анализ урожайности сахарной свеклы по главным эффектам показал, что по блоку с сидеральным паром (предшественник озимой пшеницы) урожайность существенно выше, чем по блоку с занятым паром – прибавка составила 4,9 т/га.

При минимализации основной обработки почвы наблюдается снижение урожайности сахарной свеклы. Замена отвальной обработки на глубину 25-27 см на дискование на глубину 8-10 см привело к существенному снижению урожайности сахарной свеклы в среднем за годы исследований на 31,1% (приложение 7.8, 7.9).

В 2011 г. в схеме стационарного опыта произошли изменения: добавился вариант чизельной разноглубинной обработки под культуры севооборота. В результате анализа данных, полученных в 2012 г., при проведении чизельной обработки урожайность сахарной свеклы достоверно уменьшилась на 6% по сравнению со вспашкой, при дисковании – на 10%.

Внесение органоминеральных удобрений повысило урожайность сахарной свеклы по сравнению с контрольным вариантом. При этом следует отметить, что не всегда увеличение нормы вносимых минеральных удобрений сопровождается повышением урожайности сахарной свеклы, что может быть обусловлено как недостатком влаги, так и токсичностью почвы (Верзилин В.В., 2004) [69].

Наибольшая прибавка урожайности сахарной свеклы по фактору С (удобрения) наблюдалась при внесении (NPK)150 + Ск + Соп (независимо от факторов А и В).

Наилучшим вариантом в среднем за годы проведения исследований является внесение NPK(150) + Ск + Соп под отвальную обработку на фоне сидерации.

В опыте с ячменем влияние обработки почвы (фактор В) и удобрений (фактор С) на урожайность математически достоверно, предшественника (фактор А) – не достоверно (табл. 7.8, приложение 7.10).

Ухудшение агрофизических свойств почвы, а также рост засоренности посевов при применении мелкой обработки почвы способствовали снижению урожайности ячменя.

Проведение под ячмень дискования почвы на глубину 8-10 см снизило урожайность в среднем за годы исследований на 7,8% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см (главный эффект).

В 2008, 2010 и 2012 гг. снижение урожайности ячменя при проведении дискования было существенным, в остальные годы отклонение между вариантами опыта не превышало $НСР_{05}$.

Максимальная урожайность ячменя получена в блоке с сидеральным паром на варианте внесения в севообороте NPK(350) + Ск + 2Соп под вспашку.

Таблица 7.8 – Урожайность ячменя в зависимости от различных предшественников, приемов основной обработки почвы и удобрений (опыт № 4, 2008-2011 гг.), т/га

Факторы			Годы исследований					
A	B	C (сумма удобрений в севообороте)	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
Занятый пар	I – дискование (8-10 см)	1. N30 (контроль)	4,36	2,36	1,63	2,10	1,97	2,48
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	4,88	2,60	2,08	2,64	2,78	3,00
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	5,33	2,95	2,38	2,41	3,10	3,23
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	4,49	3,31	2,03	2,07	3,46	3,07
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	5,43	2,55	2,04	2,09	2,68	2,96
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	4,51	2,71	1,79	2,29	3,10	2,88
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	4,04	3,18	2,31	2,39	3,78	3,14
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	3,72	3,30	2,10	2,39	2,79	2,86
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	4,99	3,41	2,25	2,33	3,62	3,32
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	4,89	3,17	2,17	2,23	3,24	3,14
	II – вспашка (20-22 см)	1. N30 (контроль)	4,51	2,21	2,16	1,68	2,75	2,66
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	5,81	2,84	2,70	2,30	3,55	3,44
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	4,85	3,15	2,70	2,31	3,63	3,33
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	5,12	3,19	2,69	2,34	3,37	3,34
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	4,89	2,59	2,31	2,25	3,38	3,08
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	4,49	2,84	2,67	2,03	3,27	3,06
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	4,84	3,56	2,44	1,98	3,16	3,20
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	4,37	3,40	2,85	1,99	4,19	3,36
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	4,76	3,32	2,78	2,67	3,10	3,33
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	5,31	3,01	2,71	2,17	4,29	3,50
Сидеральный пар	I – дискование (8-10 см)	1. N30 (контроль)	4,59	2,21	1,34	2,07	1,77	2,40
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	4,36	2,97	1,66	2,38	3,71	3,02
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	4,81	2,97	2,56	2,29	2,56	3,04
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	2,84	3,07	1,90	2,38	3,09	2,66
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	4,75	2,67	1,75	2,31	2,81	2,86
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	4,74	2,77	1,84	2,35	3,50	3,04
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	4,46	3,16	1,88	2,25	2,89	2,93
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	5,05	3,02	1,86	2,10	2,65	2,94
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	4,97	3,52	1,57	2,34	3,43	3,17
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,43	2,99	2,13	2,34	3,72	2,92
	II – вспашка (20-22 см)	1. N30 (контроль)	4,10	2,69	2,32	2,09	2,47	2,73
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	5,22	2,89	2,37	2,35	3,88	3,34
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	5,68	2,80	2,71	2,33	3,39	3,38
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	5,47	3,26	2,82	2,53	3,74	3,56
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	4,29	2,79	2,53	2,37	3,60	3,12
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	4,32	2,99	2,38	2,59	3,47	3,15
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	4,96	3,01	2,68	2,42	4,13	3,44
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	4,42	3,09	2,53	2,45	3,09	3,12
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	4,11	3,32	2,86	2,47	2,91	3,13
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,76	3,34	2,74	2,42	4,46	3,34
$НСР_{05}$, частный эффект, т/га			0,96	0,46	0,46	0,29	0,56	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор А, т/га			0,22	0,10	0,10	0,06	0,10	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, т/га			0,22	0,10	0,10	0,06	0,12	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, т/га			0,48	0,23	0,23	0,14	0,23	-

Заключение

Применение длительной безотвальной обработки увеличивает количество корневых остатков полевых культур в верхнем слое почвы по сравнению со вспашкой.

В условиях неустойчивого увлажнения при ежегодной безотвальной обработке пересыхание верхнего 10-сантиметрового слоя ведет к снижению урожайности из-за слабого использования сосредоточенных там элементов питания.

При увеличении доли безотвальной обработки в севообороте (30%, 60%, 100%) отмечается снижение урожайности сельскохозяйственных культур: гороха соответственно на 5,6; 14; 13,7%, озимой пшеницы на 2,7; 4,6; 5,0% по сравнению со вспашкой на 20-22 см.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки почвы в звене севооборота снизило урожайность сахарной свеклы на 1,8%, подсолнечника на 4,5%, ячменя на 7,8-13,4% после предшественника сахарной свеклы и повысило на 5,7% после предшественника кукурузы на силос.

Замена комбинированной разноглубинной обработки в севообороте на ежегодное дискование на глубину 8-10 см существенно снизила урожайность сельскохозяйственных культур: сахарной свеклы – на 31,1%, ячменя – на 7,8%.

Внесение органоминеральных удобрений повысило урожайность сахарной свеклы по сравнению с контрольным вариантом. Наилучшим вариантом в среднем за годы исследований является внесение NPK(150) + Ск + Соп под отвальную обработку на фоне сидерации.

Доказана эффективность улучшенной зяблевой обработки почвы и улучшенной зяблевой обработки почвы, дополненной осенней культивацией под пропашные культуры по сравнению с обычной системой обработки.

Сбор корнеплодов сахарной свеклы от проведения дополнительного лущения почвы возрос в зависимости от варианта опыта на 3-16%, осенней культивации зяби – на 6,9-34,9%. Максимальная урожайность подсолнечника получена на варианте улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией на основе отвальной обработки почвы.

Корреляционный и регрессионный анализ позволил рассчитать ряд закономерных связей между показателями плодородия различных подтипов черноземов и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Разработаны математические модели оценки уровня плодородия чернозема обыкновенного и выщелоченного на основании зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от комплекса агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия и фитосанитарного состояния посевов при различных приемах и системах основной обработки почвы и уровнях органоминерального питания, применение которых позволяет получить качественные характеристики пашни.

7.3. Зависимость между показателями плодородия почвы и урожайностью сельскохозяйственных культур при различных приемах и системах основной обработки почвы

Урожайность сельскохозяйственных культур служит обобщенным критерием состояния плодородия черноземов при изучении различных приемов и систем основной обработки почвы. Корреляционный анализ позволяет установить оптимальные значения показателей плодородия черноземных почв при различных приемах обработки.

Проведенный нами корреляционный анализ экспериментальных данных, полученных в опыте № 1, свидетельствует о связи урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур с агрофизическими, агрохимическими и биологическими показателями плодородия чернозема обыкновенного (табл. 7.9).

Таблица 7.9 – Зависимость между урожайностью сельскохозяйственных культур и показателями плодородия чернозема обыкновенного

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации
Урожайность гороха, т/га	1,86-2,14	-	-	-
Плотность, г/см^3	1,03-1,10	b_{yx1} =-14,85	-0,40	0,16
Влажность, мм	155-188	b_{yx2} = 0,049	0,60	0,35
Водопрочность структурных агрегатов, %	70,2-72,7	b_{yx3} = -0,403	-0,33	0,11
Гумус, %	6,24-6,64	b_{yx4} = 0,596	0,67	0,45
Гуминовые кислоты, %	0,068-0,103	b_{yx5} = 10,78	0,28	0,08
Легкогидролизуемый азот, %	62,1-77,2	b_{yx6} = 0,018	0,51	0,26
Валовой азот, %	0,299-0,306	b_{yx7} = 27,6	0,26	0,07
Биомасса микроорганизмов, кг/га	9649-10268	b_{yx8} = 0,001	0,20	0,04
NO_3, мг на кг абс. сухой почвы	23,2-27,2	b_{yx9} = 0,139	0,56	0,31
P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы	12,2-14,2	b_{yx10} = 0,193	0,66	0,44
K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы	10,0-12,5	b_{yx11} = 0,173	0,54	0,29

Таким образом, колебания показателей урожайности в стационарном опыте № 1 на 7-45% обусловлены изменениями показателей потенциального плодородия, на 11-35% – агрофизических показателей, на 29-31% – элементов эффективного плодородия. Для биомассы микроорганизмов коэффициент детерминации составляет всего 4%, что не является модифицирующим фактором, ограничивающим урожайность при различных приемах обработки чернозема обыкновенного.

Более точную картину связей между показателями плодородия можно получить при использовании метода множественной корреляции, при котором учитывается связь урожайности с основными показателями плодородия. Данный метод позволяет выделить ведущие показатели плодородия почвы и вклад каждого элемента плодородия в формирование урожайности сельско-

хозяйственных культур. Разработанная математическая модель позволяет рассчитать уровень плодородия чернозема обыкновенного при различных приемах основной обработки почвы на основании зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от комплекса агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия.

$$Y = 51,5 - 14,85X_1 + 0,049X_2 - 0,403X_3 + 0,596X_4 + 10,78X_5 + \\ + 0,018X_6 + 27,6X_7 + 0,001X_8 + 0,139X_9 + 0,193X_{10} + 0,173X_{11}, \quad (1)$$

где Y – урожайность гороха, т/га;

X_1 – плотность, г/см^3;

X_2 – запас доступной влаги, мм;

X_3 – водопрочность структурных агрегатов, %;

X_4 – гумус, %;

X_5 – гуминовые кислоты, %;

X_6 – легкогидролизуемый азот, %;

X_7 – валовой азот, %;

X_8 – биомасса микроорганизмов, кг/га;

X_9 – нитратный азот (NO_3), мг на кг абс. сухой почвы;

X_{10} – подвижный фосфор (P_2O_5), мг на 100 г абс. сухой почвы;

X_{11} – обменный калий (K_2O), мг на 100 г абс. сухой почвы.

Результаты расчетов урожайных данных с использованием предлагаемой математической модели близки к показателям фактической урожайности.

Длительное применение различных приемов основной обработки существенно изменяет направление биологических процессов в почве. Был проведен более детальный расчет зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от биологических показателей плодородия чернозема обыкновенного (опыт № 1, табл. 7.10).

Таблица 7.10 – Зависимость между урожайностью сельскохозяйственных культур и биологическими показателями плодородия чернозема обыкновенного

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации
Урожайность гороха, т/га	1,86-2,14	-	-	-
Биомасса микроорганизмов, кг/га	9649-10268	$b_{yx1} = 0,001$	0,20	0,04
МПА, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы	15,0-18,8	$b_{yx2} = 0,12$	0,23	0,05
КАА, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы	23,9-36,0	$b_{yx3} = -0,038$	-0,15	0,02
Актиномицеты, млн клеток в 1 г абс. сух. почвы	3,7-6,9	$b_{yx4} = -0,167$	-0,21	0,04
Целлюлозоразлагающие, тыс. клеток в 1 г абс. сух. почвы	121-189	$b_{yx5} = -0,015$	-0,38	0,14
Нитрификаторы, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы	0,38-0,76	$b_{yx6} = 3,98$	0,60	0,36
Азотобактер, клеток в 50 г почвы	163-316	$b_{yx7} = 0,709$	0,71	0,50
Грибы, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы	24,7-31,9	$b_{yx8} = 0,063$	0,18	0,03
Уреаза, мг NH_3/100 г воздушно-сухой почвы за сутки	178-250	$b_{yx9} = -0,005$	-0,15	0,02
Сахараза, мг глюкозы на 100 г воздушно-сухой почвы за сутки	4108-5104	$b_{yx10} = -0,003$	-0,86	0,74
Каталаза, мл O_2 за 3 мин./1 г воздушно-сухой почвы	16,4-18,4	$b_{yx11} = 0,572$	0,55	0,30
Выделение CO_2, г/м^2 за сутки	4,94-6,27	$b_{yx12} = 1,236$	0,61	0,37
Концентрация CO_2 в почвенном воздухе, %	0,19-0,31	$b_{yx13} = 9,92$	0,50	0,25
Клетчатка, %	10,6-13,4	$b_{yx14} = 0,57$	0,55	0,30
Аминокислоты, ед. опт. плотности на 1 г полотна	0,118-0,146	$b_{yx15} = -56,33$	-0,75	0,56

Корреляционный анализ показал, что колебания урожайности в стационарном опыте № 1 на 2-74% обусловлены изменением ферментативной активности, на 25-56% зависят от уровня биологической активности почвы; на 2-50% вызваны изменением численности различных групп микроорганизмов (табл. 7.10).

Четко выраженное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур при различных приемах основной обработки почвы оказывает численность азотобактера (r = 0,71) и нитрификаторов (r = 0,60). Показатели биологической активности почвы (уровень разложения клетчатки, выделение углекислого газа из почвенного воздуха и концентрация CO_2 в почвенном воздухе) имеют среднюю прямую корреляционную зависимость с урожайностью сельскохозяйственных культур.

По результатам обработки данных, полученных в стационарном опыте № 1, предлагается блок математической модели оценки зависимости биологических показателей плодородия чернозема обыкновенного от различных приемов основной обработки почвы.

$$Y = 7{,}05 - 0{,}001X_1 + 0{,}12X_2 - 0{,}038X_3 - 0{,}167X_4 - 0{,}015X_5 + 3{,}98X_6 + 0{,}012X_7 + \\ + 0{,}063X_8 - 0{,}005X_9 - 0{,}003X_{10} + 0{,}572X_{11} + 1{,}24X_{12} + 9{,}92X_{13} + 0{,}57X_{14} - 56{,}33X_{15}, \quad (2)$$

где Y – урожайность гороха, т/га;

X_1 – биомасса микроорганизмов, кг/га;

X_2 – МПА, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_3 – КАА, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_4 – актиномицеты, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_5 – целлюлозоразлагающие, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_6 – нитрификаторы, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_7 – азотобактер, клеток в 50 г почвы;

X_8 – грибы, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы;

X_9 – уреаза, мг NH_3/100 г воздушно-сухой почвы за сутки;

X_{10} – сахараза, мг глюкозы на 100 г воздушно-сухой почвы за сутки;

X_{11} – каталаза, мл O_2 за 3 мин./1 г воздушно-сухой почвы;

X_{12} – выделение CO_2, г/м^2 за сутки;

X_{13} – концентрация CO_2 в почвенном воздухе, %;

X_{14} – клетчатка, %;

X_{15} – аминокислоты, ед. опт. плотности на 1 г полотна.

Различные приемы основной обработки почвы по-разному влияют на засоренность посевовсельскохозяйственных культур.

Анализ экспериментальных данных, полученных в опыте №2, показал сильную корреляционную зависимость между урожайностью сахарной свеклы и засоренностью посевов при различных системах зяблевой обработки почвы (табл. 7.11). В опыте с подсолнечником, наблюдалась слабая корреляционная зависимость между урожайностью культуры и количеством сорняков, средняя корреляционная связь между урожайностью и воздушно-сухой массой сорняков в зависимости от систем основной обработки чернозема выщелоченного.

Таблица 7.11 – Зависимость между урожайностью сельскохозяйственных культур и засоренностью посевов при различных системах основной обработки почвы чернозема обыкновенного

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации
Урожайность сахарной свеклы, т/га	29,8-45,2	-	-	-
Количество сорняков, шт./м^2	9-103	b_{yx1} = -0,143	-0,87	0,76
Воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2	38-274	b_{yx2} = -0,054	-0,89	0,79
Урожайность подсолнечника, т/га	1,42-1,60	-	-	-
Количество сорняков, шт./м^2	124-279	b_{yx1} = -0,003	-0,242	0,06
Воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2	28,8-57,2	b_{yx2} = -0,042	-0,60	0,36

Засоренность посевов сахарной свеклы является одним из основных модифицирующих факторов, ограничивающих получение высоких урожаев при различных обработках почвы. Вариации урожайности сахарной свеклы в опыте № 2 на 76-79% были обусловлены изменением уровня засоренности и массой сорняков в посевах при различных системах зяблевой обработки почвы.

В результате обработки экспериментальных данных методом множественной корреляции рассчитано уравнение линейной регрессии, описывающее зависимость между урожайностью сахарной свеклы и фитосанитарным состоянием посевов:

$$Y = 44{,}92 - 0{,}143X_1 - 0{,}054X_2 , \quad (3)$$

где Y – урожайность сахарной свеклы, т/га;

X_1 – количеств сорняков, шт./м^2;

X_2 – воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2;

Изменение урожайности подсолнечника по вариантам опыта на 6-36% обусловлено колебаниями засоренности посевов. Уравнение линейной регрессии, показывающее зависимость между урожайностью подсолнечника и засоренностью посевов в зависимости от различных систем зяблевой обработки, имеет следующий вид:

$$Y = 16{,}63 - 0{,}003X_1 - 0{,}042X_2 , \quad (4)$$

где Y – урожайность подсолнечника, т/га;

X_1 – количество сорняков, шт./м^2;

X_2 – воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2.

Нами проанализирована зависимость между урожайностью сельскохозяйственных культур и показателями плодородия чернозема выщелоченного в стационарном опыте № 4 (табл. 7.12).

Урожайность сахарной свеклы при различных обработках почвы и уровнях удобренности зависела от агрофизических и агрохимических показателей почвы. Наблюдается обратная корреляционная зависимость сильной степени между урожайностью сахарной свеклы и плотностью чернозема выщелоченного. Колебания урожайности сахарной свеклы на 48-92% были обусловлены изменениями агрофизических показателей чернозема выщелоченного, на 45% – показателей содержания гумуса и на 14-38% зависели от изменений уровня эффективного плодородия по различным вариантам опыта.

Таблица 7.12 – Зависимость между урожайностью сельскохозяйственных культур и показателями плодородия чернозема выщелоченного

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации
Урожайность сахарной свеклы, т/га	29,8-44,8	-	-	-
Плотность, г/см^3	1,24-1,32	b_{yx1} = -196,0	-0,96	0,92
Влажность, мм	124,1-146,6	b_{yx2} = 0,52	0,69	0,48
NO_3, мг на кг абс. сухой почвы	8,8-18,5	b_{yx3} = 0,74	0,38	0,14
P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы	11,0-16,1	b_{yx4} = 2,13	0,62	0,38
K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы	9,4-15,8	b_{yx5} = 0,88	0,43	0,18
Гумус,%	4,00-4,48	b_{yx6} = 29,4	0,67	0,45
Урожайность ячменя, т/га	2,40-3,56	-	-	-
Плотность, г/см^3	1,24-1,34	b_{yx1} = -158,1	-0,48	0,23
Влажность, мм	113,8-146,4	b_{yx2} = 0,42	0,51	0,26
NO_3, мг на кг абс. сухой почвы	7,0-10,9	b_{yx3} = -0,29	-0,04	0,002
P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы	9,1-15,2	b_{yx4} = 1,46	0,26	0,07
K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы	7,3-12,0	b_{yx5} = 1,29	0,28	0,08
Гумус,%	4,10-4,21	b_{yx6} = 12,1	0,12	0,01
Количество сорняков, шт./м^2	81-268	b_{yx7} = -0,02	-0,40	0,16
Воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2	12,3-42,9	b_{yx8} = -0,124	-0,43	0,18

Результаты корреляционного и регрессионного анализа экспериментальных данных позволяют сделать вывод, что плодородие чернозема выщелоченного при длительном применении различных удобрений и приемов основной обработки почвы изменяется. Нами предложен блок математической модели оценки зависимости плодородия чернозема выщелоченного от различных приемов основной обработки и уровней органоминерального питания. Данное уравнение описывает зависимость между урожайностью сахарной свеклы и агрофизическими и агрохимическими показателями плодородия чернозема выщелоченного.

$$Y = 43,3 - 196,1X_1 + 0,52X_2 + 0,74X_3 + 2,13X_4 + 0,88X_5 + 29,4X_6 , \quad (5)$$

где Y – урожайность сахарной свеклы, т/га;

X_1 – плотность, г/см^3;

X_2 – влажность, мм;

X_3 – NO_3, мг на кг абс. сухой почвы;

X_4 – P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X_5 – K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X_6 – гумус, %.

Результаты расчетов урожайных данных по отдельным вариантам опыта с использованием предлагаемого регрессионного уравнения близки к показателям фактической урожайности.

Урожайность ячменя зависит от колебаний показателей плодородия по различным вариантам опыта в меньшей степени, чем урожайность сахарной свеклы. Корреляционная зависимость между агрофизическими показателями плодородия чернозема выщелоченного, засоренностью посевов и урожайностью ячменя при различных приемах основной обработки и уровнях органоминерального питания – средняя; между показателями эффективного плодородия и урожайностью культуры – слабая. Вариации урожайности ячменя по вариантам опыта всего на 23-26% вызваны изменением агрофизических показателей, на 16-18% – показателей фитосанитарного состояния посевов.

Для нитратного азота, подвижного фосфора и калия, содержания гумуса коэффициент детерминации составляет всего 0,2-8%, что говорит о том, что данные показатели чернозема выщелоченного не являются модифицирующими факторами, ограничивающими получение высоких урожаев ячменя при различных обработках и уровнях удобренности.

Обработка полученных экспериментальных данных методом множественной корреляции позволила рассчитать уравнение линейной регрессии, описывающее зависимость между урожайностью ячменя, показателями плодородия чернозема выщелоченного и фитосанитарным состоянием посевов.

$$Y = 115,7 - 158,1X_1 + 0,42X_2 - 0,29X_3 + 1,46X_4 + 1,29X_5 + 12,0X_6 - 0,021X_7 - 0,124X_8, \quad (6)$$

где Y – урожайность ячменя, т/га;

X_1 – плотность, г/см^3;

X_2 – влажность, мм;

X_3 – NO_3, мг на кг абс. сухой почвы;

X_4 – P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X_5 – K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X_6 – гумус, %;

X_7 – количество сорняков, шт./м^2;

X_8 – воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2.

Заключение

Применение длительной безотвальной обработки увеличивает количество корневых остатков полевых культур в верхнем слое почвы по сравнению со вспашкой.

В условиях неустойчивого увлажнения при ежегодной безотвальной обработке пересыхание верхнего 10-сантиметрового слоя ведет к снижению урожайности из-за слабого использования сосредоточенных там элементов питания.

При увеличении доли безотвальной обработки в севообороте (30%, 60%, 100%) отмечается снижение урожайности сельскохозяйственных культур: гороха – соответственно на 5,6; 14,0 и 13,7%, озимой пшеницы – на 2,7; 4,6 и 5,0% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки почвы в звене севооборота снизило урожайность сахарной свеклы на 1,8%, подсолнечника – на 4,5%, ячменя – на 7,8-13,4% после предшественника сахарной свеклы и повысило на 5,7% после предшественника кукурузы на силос.

Замена комбинированной разноглубинной обработки в севообороте на ежегодное дискование на глубину 8-10 см существенно снизило урожайность сельскохозяйственных культур: сахарной свеклы – на 31,1%, ячменя – на 7,8%.

Внесение органоминеральных удобрений повысило урожайность сахарной свеклы по сравнению с контрольным вариантом. Наилучшим вариантом в среднем за годы исследований является внесение NPK (150) + Ск + Соп под отвальную обработку на фоне сидерации.

Результутами исследований доказана эффективность улучшенной зяблевой обработки почвы и улучшенной зяблевой обработки почвы, дополненной осенней культивацией под пропашные культуры по сравнению с обычной системой обработки.

Сбор корнеплодов сахарной свеклы от проведения дополнительного лущения почвы возрос в зависимости от варианта опыта на 3-16%, осенней культивации зяби – на 6,9-34,9%.

Максимальная урожайность подсолнечника получена на варианте улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией на основе отвальной обработки почвы.

Корреляционный и регрессионный анализ позволил рассчитать ряд закономерных связей между показателями плодородия различных подтипов черноземов и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Разработаны математические модели оценки уровня плодородия чернозема обыкновенного и выщелоченного на основании зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от комплекса агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия и фитосанитарного состояния посевов при различных приемах и системах основной обработки почвы и уровнях органоминерального питания, применение которых позволяет получить качественные характеристики пашни.

8. БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМ И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В настоящее время из-за постоянных колебаний цен на затратные средства и получаемую продукцию использование стоимостных показателей оценки приемов и систем основной обработки почвы является не только не эффективным, но и не корректным.

Одной из основных задач земледелия является энергосбережение, экономия трудовых ресурсов. В связи с этим основным направлением совершенствования обработки почвы является ее минимализация, цель которой – экономия горючего, сокращение затрат, проведение полевых работ в оптимальные сроки. Выбор той или иной системы, того или иного способа обработки почвы связан с анализом их энергетических затрат, а также с учетом природно-климатических условий зоны возделывания и требований сельскохозяйственных культур к почвенным условиям, уровнем интенсификации производства.

Большое значение приобретают методы энергетической оценки эффективности систем земледелия и их составных частей (Володин В.М., 2000; Дедов А.В., 2000; Донских И.Н., 2004) [88, 125, 134].

Коэффициент энергетической эффективности ($К_{ЭЭ}$) является интегральным показателем биоэнергетической оценки изучаемых приемов основной обработки почвы, который рассчитывается как отношение выхода энергии с урожаем основной продукции к затратам техногенной энергии. При $К_{ЭЭ} < 1,0$ энергетическая эффективность производства сельскохозяйственной продукции отсутствует, при $К_{ЭЭ} = 1\text{-}3$ – низкая, при $К_{ЭЭ} = 3\text{-}5$ – средняя, при $К_{ЭЭ} = 5\text{-}10$ – высокая, при $К_{ЭЭ} = 10$ – очень высокая.

Анализ биоэнергетической оценки различных приемов основной обработки почвы в стационарном опыте № 1 показал, что увеличение глубины отвальной обработки более 20-22 см снижает коэффициент энергетической

эффективности с 2,02 на контрольном варианте до 1,6 при применении ежегодной глубокой обработки в севообороте на глубину 35-37 см (независимо от фона удобренности, табл. 8.1).

Таблица 8.1 – Биоэнергетическая оценка эффективности различных способов и глубины основной обработки почвы под горох в сочетании с удобрениями (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта		Показатели энергетической эффективности			
		Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, КЭЭ
Вспашка на глубину 20-22 см, контроль	а	2,31	3,10	6,44	2,08
	б	1,96	2,78	5,48	1,97
Вспашка на глубину 25-27 см	а	2,17	3,28	6,05	1,85
	б	1,97	2,96	5,51	1,86
Вспашка на глубину 30-32 см	а	2,07	3,47	5,76	1,66
	б	1,82	3,16	5,08	1,61
Вспашка на глубину 35-37 см	а	2,14	3,66	5,97	1,63
	б	2,03	3,34	5,65	1,69
Разноглубинная вспашка двухъярусным плугом, под горох на глубину 20-22 см	а	2,33	3,66	6,49	1,77
	б	2,16	3,34	6,04	1,81
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	а	2,22	3,10	6,19	2,00
	б	1,72	2,78	4,80	1,72
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под озимые, под остальные – вспашка, под горох – на глубину 20-22 см	а	2,14	3,10	5,98	1,93
	б	1,90	2,78	5,31	1,91
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под зерновые и однолетние травы, под остальные – вспашка, под горох – плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см	а	2,03	2,71	5,66	2,09
	б	1,65	2,40	4,59	1,91
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	а	1,99	2,83	5,55	1,96
	б	1,72	2,52	4,79	1,90
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	2,14	2,96	5,98	2,02
	б	1,84	2,64	5,15	1,95

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

Глубокие отвальные обработки повышают затраты техногенной энергии и снижают выход энергии с урожаем основной продукции (табл. 8.1). Максимальные затраты техногенной энергии были на вариантах применения ежегодной отвальной обработки почвы на глубину 35-37 см – 3,66 ГДж/га и на варианте разноглубинной обработки в севообороте двухъярусным плугом – 3,66 ГДж/га на удобренном фоне. Внесение минеральных удобрений (NPK)60 увеличивало эффективность энергозатрат за счет роста урожайности культуры.

Минимальные затраты техногенной энергии были на варианте комбинированной обработки в севообороте (доля плоскорезной обработки в севообороте – 60%), на котором под горох применялась плоскорезная обработка – 2,71 и 2,40 ГДж/га соответственно на удобренном фоне и на фоне без удобрений. Ежегодное применение плоскорезной обработки (доля плоскорезной обработки в севообороте – 100%) снизило коэффициент энергетической эффективности с 2,08 (контрольный вариант) до 1,96 на удобренном фоне, без удобрений – с 1,97 (контрольный вариант) до 1,90 на удобренном фоне, несмотря на снижение техногенных затрат на проведение безотвальной обработки на 8,7-9,4%. Следует отметить, что максимальный коэффициент энергетической эффективности наблюдался на варианте комбинированной отвально-безотвальной разноглубинной обработки в севообороте (доля плоскорезной обработки – 60%) на удобренном фоне.

Энергетическая оценка эффективности различных приемов основной обработки почвы под озимую пшеницу в стационарном опыте № 1 приведена в таблице 8.2.

Наиболее энергозатратными были варианты проведения под озимую пшеницу глубокой отвальной обработки на фоне (NPK)60, что сказалось на снижении $К_{ЭЭ}$ по сравнению с контрольным вариантом. Уменьшение глубины отвальной обработки до 20-22 см способствует экономии энергетических ресурсов и повышению коэффициента использования энергии.

Мелкая обработка почвы на глубину 10-12 см под озимую пшеницу существенно уменьшает затраты техногенной энергии по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину.

Таблица 8.2 – Биоэнергетическая оценка эффективности различных способов и глубины основной обработки почвы под озимую пшеницу в сочетании с удобрениями (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта		Показатели энергетической эффективности			
		Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, КЭЭ
Вспашка на глубину 20-22 см, контроль	а	3,45	4,63	9,28	1,98
	б	2,54	4,18	6,84	1,64
Вспашка на глубину 25-27 см	а	3,50	4,78	9,43	1,95
	б	2,45	4,37	6,62	1,51
Вспашка на глубину 30-32 см	а	3,65	4,96	9,81	1,96
	б	2,40	4,56	6,46	1,41
Вспашка на глубину 35-37 см	а	3,64	5,16	7,33	1,88
	б	2,50	4,76	6,71	1,41
Разноглубинная вспашка двухъярусным плугом, под озимую пшеницу на глубину 20-22 см	а	3,71	5,16	9,97	1,91
	б	2,61	4,76	7,03	1,48
Разноглубинная вспашка, под озимую пшеницу отвальное лущение на глубину 10-12 см	а	3,51	4,23	9,43	2,20
	б	2,56	3,84	6,90	1,81
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под озимые на глубину 10-12 см, под остальные – вспашка	а	3,41	4,21	9,16	2,14
	б	2,43	3,81	6,55	1,72
Комбинированная обработка, плоскорезное рыхление под зерновые и однолетние травы, под остальные – вспашка	а	3,34	4,21	8,97	2,10
	б	2,38	3,81	6,38	1,68
Разноглубинная плоскорезная обработка, под озимую пшеницу на глубину 10-12 см	а	3,31	4,21	7,73	2,09
	б	2,40	3,81	6,46	1,70
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	3,04	4,45	8,18	1,82
	б	2,48	4,05	6,64	1,64

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

Затраты энергии на топливо при проведении мелкого отвального лущения сократились на 47% по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см, применение плоскорезной обработки на глубину 10-12 см уменьшило затраты на 37% по сравнению с контрольным вариантом.

Сокращение затрат при применении мелкой обработки под озимую пшеницу не привело к уменьшению выхода энергии с урожаем основной продукции, в результате чего на этих вариантах наблюдался максимальный коэффициент энергетической эффективности.

Таким образом, наиболее высокие коэффициенты энергетической эффективности при возделывании озимой пшеницы были на вариантах комбинированной (отвально-безотвальной) обработки в севообороте, на которых под культуру применялась мелкая обработка плоскорезом или отвальным лущильником.

Максимальные затраты техногенной энергии по сравнению с другими изучаемыми культурами наблюдались при возделывании сахарной свеклы (опыт № 2, табл. 8.3).

Применение под сахарную свеклу безотвальных приемов основной обработки почвы снизило расход топлива по сравнению с отвальной обработкой на эту же глубину на 27-32%.

Проведение в системе зяблевой обработки почвы дополнительной плоскорезной обработки на глубину 10-12 см (улучшенная зябь) повысило расход горючего на 32% по сравнению с обычной зябью, добавление осеннего выравнивания зяби увеличило затраты на горючее на 43% по сравнению с двухфазной обработкой почвы.

Коэффициент энергетической эффективности варианта проведения вспашки двухъярусным плугом на глубину 25-27 см составил 1,41 (независимо от системы зяблевой обработки почвы), плоскорезной обработки на эту же глубину – 1,41 и обработки чизельными стойками параплау – 1,37.

Таблица 8.3 – Биоэнергетическая оценка эффективности различных систем основной обработки почвы под сахарную свеклу (опыт № 2, 1990-1992 гг.)

Системы основной обработки почвы	Приемы основной обработки почвы	Способы ухода за растениями	Показатели энергетической эффективности			
			Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, КЭЭ
I	1	а	42,6	15,4	23,5	1,53
		б	34,8	14,0	19,2	1,37
	2	а	41,5	15,0	22,9	1,53
		б	33,5	13,6	18,5	1,36
	3	а	41,0	15,2	22,6	1,49
		б	29,8	13,8	16,4	1,19
II	1	а	42,8	15,9	23,6	1,48
		б	35,6	14,4	19,6	1,36
	2	а	43,9	15,5	24,2	1,56
		б	32,2	14,1	17,8	1,26
	3	а	41,1	15,7	22,7	1,44
		б	34,7	14,3	19,1	1,34
III	1	а	38,0	16,1	20,9	1,30
		б	37,2	14,6	20,5	1,40
	2	а	45,2	15,7	24,9	1,58
		б	30,7	14,3	16,9	1,18
	3	а	42,7	15,9	23,5	1,48
		б	32,8	14,5	18,1	1,25

Примечание: системы основной обработки почвы под сахарную свеклу: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Приемы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см; а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Применение в системе основной обработки почвы улучшенной зяби не снизило коэффициент энергетической эффективности в связи с ростом выхода энергии с урожаем основной продукции из-за уменьшения засоренности посевов. $К_{ЭЭ}$ двухфазной и трехфазной систем обработки составил 1,40, применение осенней культивации зяби уменьшило $К_{ЭЭ}$ до 1,37.

В краткосрочном опыте № 2 с сахарной свеклой коэффициент энергетической эффективности был наиболее высоким на варианте зяблевой обработки почвы, включающей два лущения – дисковое на глубину 8-10 см и плоскорезное рыхление на глубину 10-12 см, глубокую безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков.

Замена под ячмень отвальной обработки на безотвальную способствует экономии энергетических ресурсов за счет снижения затрат на горючее, в результате коэффициент энергетической эффективности всех изучаемых способов основной обработки почвы имеет одинаковые значения, несмотря на уменьшение выхода энергии с урожаем при применении плоскорезной обработки и обработки параплау на 5-8%: $К_{ЭЭ}$ вспашки на глубину 20-22 см составил 2,12, плоскорезной обработки на глубину 20-22 см – 2,11, обработки параплау на глубину 20-22 см – 2,11 (приложение 8.1).

Биоэнергетическая оценка эффективности различных систем основной обработки почвы под подсолнечник (опыт № 2) показала рост затрат техногенной энергии на вариантах улучшенной зяблевой обработки и улучшенной зяби с элементами полупара, который не сопровождался увеличением выхода энергии с урожаем основной продукции (табл. 8.4).

Коэффициент энергетической эффективности при применении под подсолнечник обычной двухфазной зяблевой обработки составил 3,30 (независимо от приемов основной обработки почвы и способов ухода за растениями), при проведении улучшенной зяби – 2,93, улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией, – 2,77.

Сокращение энергозатрат при применении безотвальных приемов основной обработки почвы под подсолнечник без снижения урожайности культуры привело к увеличению энергетической эффективности этих обработок. $К_{ЭЭ}$ отвальной обработки на глубину 25-27 см под подсолнечник (независимо от системы зяблевой обработки почвы и способов ухода за растениями) составил 3,02, плоскорезной обработк на эту же глубину – 3,09, обработки чизельными стойками параплау – 2,90.

Таблица 8.4 – Биоэнергетическая оценка эффективности различных систем основной обработки почвы под подсолнечник (опыт № 2, 1992-1994 гг.)

Системы основной обработки почвы	Приемы основной обработки почвы	Способы ухода за растениями	Показатели энергетической эффективности			
			Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, КЭЭ
I	1	а	1,42	3,99	11,9	2,99
		б	1,50	2,85	12,6	3,32
	2	а	1,45	3,72	12,2	3,27
		б	1,63	3,54	13,69	3,87
	3	а	1,44	3,91	12,1	3,09
		б	1,45	3,72	12,2	3,27
II	1	а	1,54	4,52	12,9	2,86
		б	1,59	4,31	13,4	3,10
	2	а	1,50	4,25	12,6	2,96
		б	1,41	4,05	11,84	2,92
	3	а	1,56	4,45	13,1	2,94
		б	1,42	4,24	11,9	2,82
III	1	а	1,69	4,71	14,2	3,01
		б	1,50	4,49	12,6	2,81
	2	а	1,44	4,44	12,1	2,72
		б	1,42	4,23	11,9	2,82
	3	а	1,35	4,64	11,3	2,44
		б	1,48	4,42	12,4	2,82

Примечание: системы основной обработки почвы под сахарную свеклу: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Приемы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см; а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Анализ биоэнергетической эффективности различных приемов основной обработки почвы под ячмень в краткосрочном опыте № 3 показал, что применение мелкого рыхления КПЭ-3,8 по сравнению со вспашкой на обычную глубину снижает расход топлива на 50-52% в зависимости от предшественника (табл. 8.5, приложение 8.2).

Таблица 8.5 – Биоэнергетическая оценка эффективности различных приемов основной обработки почвы и удобрений под ячмень (опыт № 4, 2008-2012 гг.)

Факторы			Показатели энергетической эффективности			
A	B	C (сумма удобрений в севообороте)	Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, КЭЭ
Занятый пар	I	1. N30 + Ск (контроль)	2,48	3,37	6,60	1,96
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	3,00	3,37	7,99	2,37
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	3,23	3,37	8,60	2,55
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	3,07	3,37	8,18	2,43
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	2,96	3,37	7,89	2,34
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	2,88	3,37	7,67	2,28
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	3,14	3,37	8,36	2,48
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	2,86	3,37	7,62	2,26
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	3,32	3,37	8,84	2,62
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,14	3,37	8,36	2,48
	II	1. N30 + Ск (контроль)	2,66	3,70	7,08	1,91
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	3,44	3,70	9,16	2,48
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	3,33	3,70	8,87	2,40
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	3,34	3,70	8,90	2,40
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	3,08	3,70	8,20	2,22
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	3,06	3,70	8,15	2,20
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	3,20	3,70	8,52	2,30
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	3,36	3,70	8,95	2,42
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	3,33	3,70	8,87	2,40
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,50	3,70	9,32	2,52
Сидеральный пар	I	1. N30 + Ск (контроль)	2,40	3,37	6,39	1,90
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	3,02	3,37	8,04	2,39
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	3,04	3,37	8,1	2,40
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	2,66	3,37	7,09	2,10
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	2,86	3,37	7,62	2,26
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	3,04	3,37	8,10	2,40
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	2,93	3,37	7,80	2,31
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	2,94	3,37	7,83	2,32
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	3,17	3,37	8,45	2,51
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	2,92	3,37	7,78	2,31
	II	1. N30 + Ск (контроль)	2,73	3,70	7,27	1,97
		2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	3,34	3,70	8,90	2,40
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	3,38	3,70	9,00	2,43
		4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	3,56	3,70	9,48	2,56
		5. (NPK)100 + Ск + Соп	3,12	3,70	8,31	2,25
		6. (NPK)200 + Ск + Соп	3,15	3,70	8,39	2,27
		7. (NPK)300 + Ск + Соп	3,44	3,70	9,16	2,48
		8. (NPK)350 + Ск + Соп	3,12	3,70	8,31	2,25
		9. (NPK)350 + Ск + Соп	3,13	3,70	8,34	2,25
		10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,34	3,70	8,90	2,40

Примечание: фактор А – предшественники озимой пшеницы: занятый пар, сидеральный пар. Фактор В – приемы основной обработки почвы: I – дискование на глубину 8-10 см; II – вспашка на глубину 20-22 см. Фактор С – сумма удобрений в севообороте, под ячмень изучалось последействие удобрений

Затраты совокупной энергии при проведении отвальной обработки были на 12-13% выше, чем безотвальной основной обработки почвы. По обоим изучаемым предшественникам (кукуруза на силос и сахарная свекла) $К_{ээ}$ был выше при проведении под ячмень мелкой безотвальной обработки по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см.

А.Ф. Сафонов (2004) предлагает оценивать системы обработки почвы с учетом коэффициента интенсивности воздействия на почву и энергоемкости, при этом системы обработки почвы подразделяют на следующие группы:

- интенсивная – коэффициент более 1,0;
- обычная – от 0,9 до 1,0;
- сокращенная – от 0,6 до 0,8;
- минимальная – от 0,5 и менее.

Коэффициент интенсивности воздействия на почву и энергоемкости системы обработки почвы представляет собой отношение затраченной совокупной энергии в МДж/га при данной системе обработки почвы к затраченной совокупной энергии системы отвальной обработки почвы в севообороте, на полях с уклоном не более 3°.

В опыте № 1 оценка ежегодной отвальной обработки под культуры севооборота по данной шкале позволяет оценить ее как интенсивную. По коэффициенту интенсивности воздействия на почву и энергоемкости системы обработки применяемые нами плоскорезная обработка, обработка плугом без отвалов, обработка чизельными стойками параплау (опыты № 1 и № 2) относятся к обычным системам обработки почвы.

В опыте № 3 мелкую безотвальную обработку под ячмень можно классифицировать по данной шкале как сокращенную.

Биоэнергетическая оценка изучаемых приемов основной обработки в стационарном опыте № 4 показала, что применение под сахарную свеклу дискования на глубину 8-10 см понизило коэффициент энергетической эффективности до 1,22, несмотря на снижение затрат техногенной энергии.

Коэффициент энергетической эффективности отвальной обработки на глубину 25-27 см составил 1,40 (независимо от факторов А и С).

Дискование на глубину 8-10 см по коэффициенту интенсивности воздействия на почву и энергоемкости можно оценить как сокращенную систему обработки по отношению к традиционной отвальной обработке.

Увеличение нормы минеральных удобрений и внесение органических удобрений приводили к росту затрат техногенной энергии, которые не всегда сопровождались увеличением выхода энергии с урожаем основной продукции, что приводило к снижению $К_{ЭЭ}$ (приложение 8.3).

В среднем по опыту наибольшей энергетической эффективностью отличался вариант внесения под вспашку NPK(50) + Ск + Соп в блоке с занятым паром.

Результаты стационарного опыта № 4 показывают, что наибольшие затраты энергии отмечены при проведении под ячмень традиционной отвальной обработки почвы (табл. 8.5).

Несмотря на снижение на 9% выхода энергии с урожаем основной продукции при проведении дискования на глубину 8-10 см под ячмень по сравнению с отвальной обработкой на обычную глубину, коэффициент энергетической эффективности изучаемых вариантов опыта был практически одинаковым и составил по дискованию 2,34 и по вспашке 2,32 (независимо от факторов А и С). Максимальный коэффициент энергетической эффективности в среднем за годы исследований наблюдался на варианте внесения в севообороте NPK(350) + Ск + Соп на фоне дискования в блоке с занятым паром.

Заключение

Основным направлением совершенствования обработки почвы является ее минимализация, целью которой является сокращение затрат (экономия горючего) и проведение полевых работ в оптимальные сроки. Выбор той или

иной системы, того или иного способа обработки почвы связан с анализом их энергетических затрат, а также с учетом природно-климатических условий зоны возделывания и требований сельскохозяйственных культур к почвенным условиям.

Замена отвальной обработки на безотвальную снижает затраты энергетических ресурсов, в результате коэффициент энергетической эффективности вариантов всех безотвальных способов основной обработки почвы или имеет одинаковые значения, или выше, чем $К_{ЭЭ}$ варианта применения вспашки, несмотря на уменьшение выхода энергии с урожаем.

Максимальный коэффициент энергетической эффективности наблюдался на варианте применения комбинированной отвально-безотвальной разноглубинной обработки в севообороте (доля плоскорезной обработки – 60%) на удобренном фоне, где под горох применялась плоскорезная обработка на глубину 10-12 см.

Наиболее высокие коэффициенты энергетической эффективности при возделывании озимой пшеницы были на вариантах применения комбинированной обработки в севообороте, где под данную культуру применялась мелкая обработка плоскорезом или отвальным лущильником, при этом коэффициент энергетической эффективности повышался с 1,81 (вариант вспашки на глубину 20-22 см) до 1,90-2,00.

Коэффициент энергетической эффективности выращивания сахарной свеклы на варианте вспашки двухъярусным плугом на глубину 25-27 см составил 1,41, на варианте плоскорезной обработки на эту же глубину – 1,41 и на варианте обработки стойками параплау – 1,37. Аналогичные результаты получены на вариантах опытов при выращивании ячменя и подсолнечника.

Коэффициент энергетической эффективности применения двухфазной и трехфазной систем зяблевой обработки составил 1,40, осенней культивации зяби – 1,37. В опытах с сахарной свеклой коэффициент энергетической эффективности был наиболее высоким на варианте применения зяблевой обра-

ботки почвы, включающей два лущения, глубокую безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков.

Применение под сахарную свеклу дискования на глубину 8-10 см привело к снижению коэффициента энергетической эффективности до 1,22, $К_{ЭЭ}$ применения отвальной обработки на глубину 25-27 см составил 1,40 (несмотря на снижение затрат техногенной энергии).

Анализ биоэнергетической эффективности различных приемов основной обработки почвы под ячмень (опыты № 3 и № 4) показал, что на вариантах с различными предшественниками – кукурузы на силос и сахарной свеклы $К_{ЭЭ}$ мелкой безотвальной обработки или дискования под ячмень был выше, чем $К_{ЭЭ}$ отвальной обработки на глубину 20-22 см.

При проведении под ячмень мелкой безотвальной обработки или дискования $К_{ЭЭ}$ был выше, чем на варианте применения отвальной обработки на глубину 20-22 см.

ВЫВОДЫ

Изучаемые способы и системы основной обработки почвы в сочетании с удобрениями существенно влияют на показатели плодородия и урожайность полевых культур в условиях лесостепи Центрально-Черноземного района.

1. На сильновыпаханных черноземах при длительном отсутствии отвальной обработки и глубокого рыхления отмечается повышенная плотность почвы – 1,3-1,4 г/см^3, превышающая оптимальную величину для полевых культур. Оптимальная плотность сложения пахотного слоя наблюдается при отвальной, безотвальной, комбинированной системах обработки почвы в севообороте. Длительное проведение дискования под все культуры севооборота приводит к переуплотнению почвы, особенно горизонта 20-30 см.

2. На основании полученных данных предложена модифицированная шкала оценки степени деградации (выпаханности) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия:

- к невыпаханным и слабовыпаханным черноземам относятся почвы, имеющие оценку 1-2 балла (плотность пахотного слоя соответствует оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур, признаки агрофизической деградации почв отсутствуют или проявляются в незначительной степени);

- к средневыпаханным – имеющие оценку 3 балла (плотность в слое 0-30 см составляет 1,3-1,4 г/см^3, наблюдается наличие глыбистой структуры в пределах 40% и плужной подошвы);

- к сильновыпаханным – имеющие оценку 4 балла (плотность в слое 0-30 см составляет более 1,4 г/см^3, твердость – 50-100 кг/см^2, содержание глыбистых агрегатов достигает 40-60%, наблюдается наличие плужной подошвы).

На основании оценки степени деградации (выпаханности) почв определяется их пригодность к минимализации основной обработки: 1-2 балла – пригодные, 3 балла – малопригодные, 4 балла – непригодные.

Применение приемов минимализации основной обработки может быть эффективным и рекомендуется на почвах, устойчивых к уплотнению, невыпаханных или слабовыпаханных.

3. Снижение интенсивности обработки не оказывает положительного влияния на показатели структурно-агрегатного состава черноземных почв. Длительное (в течение 19 лет) применение под все культуры севооборота безотвальных способов основной обработки почвы свидетельствует об их распыляющем действии, которое усиливается за счет ежегодного воздействия на один и тот же (верхний) слой почвы ходовых частей и рабочих органов сельскохозяйственной техники. В слое почвы 0-10 см содержание воздушно-сухих частиц размером менее 0,25 мм увеличивалось на варианте проведения ежегодной плоскорезной обработки на 6,7% по сравнению со вспашкой.

На варианте без проведения основной обработки почвы (предпосевная минимальная обработка, совмещенная с посевом) в течение 6 лет или на варианте применения мелкой мульчирующей обработки на сильновыпаханных черноземах в слоях 10-20 см и 20-30 см наблюдалось увеличение глыбистой фракции до 40-51%.

4. Отвальная обработка (обычная и глубокая) обеспечивает перевод осадков в более глубокие слои почвы по сравнению с другими приемами основной обработки. Длительное применение безотвальных обработок в севообороте способствует снижению запасов доступной влаги в метровом слое – в среднем за вегетацию на 7-11%. При периодическом использовании в системе зяблевой обработки плоскорезов и чизельных стоек параплау не отмечено существенных различий в накоплении влаги в почве.

Систематическая мелкая основная обработка (дискование на глубину 8-10 см) под культуры севооборота приводит к существенному снижению

содержания доступной влаги в метровом слое почвы по сравнению с комбинированной обработкой – в среднем за вегетацию на 6,9-15,8%.

5. Ежегодная безотвальная обработка под все культуры севооборота снижает выделение из почвы CO_2 на 19-21% и разложение льняного полотна – на 7-20% по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см. Ежегодное использование безотвальных обработок способствует повышению экземплярной насыщенности микроорганизмами верхних слоев почвы по сравнению с ежегодным оборачиванием почвы, так как поверхностное распределение органических остатков при проведении безотвальных обработок обуславливает повышение экземплярной насыщенности микроорганизмами верхних слоев почвы.

6. Проведение отвальной и комбинированной обработок в севообороте способствует улучшению питательного режима почвы по сравнению с ежегодной безотвальной обработкой.

Длительное применение безотвальных приемов основной обработки почвы снижает содержание нитратного азота в пахотном слое почвы на 3-35%, что связано с его более сильной иммобилизацией послеуборочными остатками, находящимися на поверхности почвы.

При проведении ежегодных безотвальных обработок почвы наблюдается затухание биологических процессов, начиная с глубины 10 см, снижение нитрификационной активности, падение эффективного плодородия, а также «оцелинивание» нижних горизонтов почвы.

7. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое мало зависит от различных приемов основной обработки почвы. Более существенное влияние способ обработки оказывает на дифференциацию пахотного слоя почвы по плодородию.

Скопление в верхней части (0-10 см) почвенного профиля растительных остатков и удобрений при проведении ежегодных безотвальных обработок приводит к увеличению гетерогенности пахотного слоя почвы. В зоне

неустойчивого увлажнения, где велика вероятность пересыхания поверхностного слоя почвы, особенно важно иметь оптимальное содержание подвижных форм фосфора и калия по всему пахотному слою.

8. Длительная безотвальная обработка почвы приводит к бóльшей убыли гумуса в слое 0-40 см по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см как на удобренном, так и не удобренном фонах. Через 19 лет после закладки опыта на варианте вспашки на глубину 20-22 см независимо от фона удобренности содержание гумуса составляло 6,56%, на варианте плоскорезного рыхления – 6,37%, на варианте рыхления плугом без отвалов – 6,43% в слое 0-40 см, а в метровом слое – соответственно 5,04; 4,88 и 4,84%.

Поверхностное распределение удобрений и растительных остатков при проведении безотвальных обработок не способствует повышению содержания гумуса в почве, а, наоборот, приводит к увеличению нерациональных потерь по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см.

Углубление пахотного слоя более 25-27 см приводит к уменьшению содержания гумуса за счет вовлечения в оборот нижних слоев почвы, бедных гумусом. Увеличение показателя степени минерализации растительных остатков (КАА:МПА), каталазной и пероксидазной активности при проведении глубокой отвальной обработки свидетельствует о бóльшей интенсивности и глубине трансформации органического вещества.

Исследования показали тенденцию уменьшения содержания гумуса в слое почвы 0-30 см на вариантах применения длительной мелкой обработки по сравнению с дифференцированной обработкой.

9. Повышенная биогенность почвы при отвальной обработке на глубину 20-22 см, максимум на 25-27 см способствует образованию большего количества новообразованных гуминовых кислот. Увеличение глубины отвальной обработки почвы, а также безотвальные приемы основной обработки обуславливали снижение синтеза гуминовых кислот, что снижало плодородие почвы.

10. Биологические приемы воспроизводства плодородия (сидеральный пар, пожнивная сидерация, внесение в почву соломы озимой пшеницы, навоза, дефеката) в комплексе с минеральными удобрениями существенно повышают содержание гумуса в пахотном слое почвы. Максимальным содержание гумуса в слое почвы 0-30 см наблюдалось на вариантах внесения органоминеральных удобрений под отвальную обработку.

11. На засоренность посевов сельскохозяйственных культур влияют как системы зяблевой обработки почвы, так и способы основной обработки почвы.

Применение улучшенной зяблевой обработки способствует снижению количества сорных растений в посевах сахарной свеклы на 22%, дополнительного осеннего выравнивания зяби на глубину 6-8 см – засоренности на 33,3% по сравнению с обычной (двухфазной) зяблевой обработкой почвы. При смешанном типе засоренности и наличии многолетних корнеотпрысковых сорняков под сахарную свеклу эффективна система улучшенной зяби, дополненная осенней культивацией на основе глубокой отвальной или безотвальной обработки почвы.

12. Минимализация основной обработки почвы (замена отвальной обработки на безотвальное рыхление, мелкую обработку почвы или предпосевную минимальную обработку, совмещенную с посевом) способствует увеличению численности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, в том числе корнеотпрысковых. Применение в качестве приемов основной обработки почвы плоскореза и стоек параплау увеличивает засоренность посевов сахарной свеклы соответственно на 78 и 85%, подсолнечника – на 28 и 62%, ячменя – на 12 и 50% по сравнению с отвальной обработкой почвы.

13. Способы и глубина основной обработки почвы существенно влияют на расположение корней полевых культур в почвенном профиле. При проведении ежегодной плоскорезной обработки в слое почвы 0-10 см находится 40,6% корневых остатков, в слое 10-20 см – 28,5% и в слое 20-40 см – 30,9%;

при проведении ежегодной отвальной обработки на глубину 20-22 см в слое почвы 0-10 см количество корневых остатков снижается до 28,4%, а в слоях 10-20 см и 20-40 см – повышается до 35,3 и 36,2%; что касается ежегодной отвальной обработки на глубину 35-37 см, то количество корневых остатков в почвенном профиле составляло соответственно 27,0; 24,5 и 48,5%.

В условиях неустойчивого увлажнения при проведении ежегодной безотвальной обработки пересыхание верхнего 10-сантиметрового слоя способствует снижению урожайности из-за недостаточного использования сосредоточенных в этом слое элементов питания.

14. Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от погодных, почвенных условий, предшественников, уровня минерального питания, приемов воспроизводства плодородия почв, способов и глубины основной обработки почвы, систем зяблевой обработки почвы. При увеличении доли безотвальной обработки в севообороте (30%, 60%, 100%) отмечается снижение урожайности сельскохозяйственных культур: гороха – соответственно на 5,6; 14,0 и 13,7%; озимой пшеницы – на 2,7; 4,6 и 5,0% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Периодическое применение безотвальных приемов основной обработки почвы снизило урожайность сахарной свеклы на 1,8%, подсолнечника – на 4,5%, ячменя – на 7,8-13,4% после предшественника сахарной свеклы и повысило на 5,7% после предшественника кукурузы на силос.

Замена комбинированной разноглубинной обработки в севообороте на ежегодное дискование на глубину 8-10 см существенно снизило урожайность сельскохозяйственных культур: сахарной свеклы – на 31,1%, ячменя – на 7,8%.

15. Доказана эффективность улучшенной зяблевой обработки почвы и улучшенной зяблевой обработки почвы, дополненной осенней культивацией под пропашные культуры по сравнению с обычной системой обработки. Сбор корнеплодов сахарной свеклы при проведении дополнительного луще-

ния почвы повышался в зависимости от варианта опыта на 3-16%, при проведении осенней культивации зяби – на 6,9-34,9%.

Максимальная урожайность подсолнечника получена на варианте улучшенной зяблевой обработки, дополненной осенней культивацией на основе отвальной обработки почвы.

16. Замена отвальной обработки на безотвальную снижает затраты энергетических ресурсов, в результате коэффициент энергетической эффективности вариантов всех безотвальных способов основной обработки почвы или имеет одинаковые значения, или выше, чем варианта применения вспашки, несмотря на уменьшение выхода энергии с урожаем.

Максимальный коэффициент энергетической эффективности наблюдался на варианте применения комбинированной отвально-безотвальной разноглубинной обработки в севообороте (доля плоскорезной обработки – 60%) на удобренном фоне, где под горох применялась плоскорезная обработка на глубину 10-12 см.

Наиболее высокие коэффициенты энергетической эффективности при возделывании озимой пшеницы отмечены на вариантах комбинированной обработки в севообороте, на которых под возделываемую культуру применялась мелкая обработка плоскорезом или отвальным лущильником, при этом коэффициент энергетической эффективности повышался с 1,81 (вариант вспашки на глубину 20-22 см) до 1,90-2,00.

Коэффициент энергетической эффективности выращивания сахарной свеклы на варианте применения вспашки двухъярусным плугом на глубину 25-27 см составил 1,41, на варианте плоскорезной обработки на эту же глубину – 1,41 и на варианте обработки чизельными стойками параплау – 1,37. Аналогичные результаты получены на вариантах опытов при выращивании ячменя и подсолнечника.

Коэффициент энергетической эффективности применения двухфазной и трехфазной систем зяблевой обработки составил 1,40; осенней культивации

зяби – 1,37. В опытах с сахарной свеклой коэффициент энергетической эффективности был наиболее высоким при применении зяблевой обработки почвы, включающей два лущения, глубокую безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков.

Применение под сахарную свеклу дискования на глубину 8-10 см привело к снижению коэффициента энергетической эффективности до 1,22, $К_{ЭЭ}$ применения отвальной обработки на глубину 25-27 см составил 1,40 (несмотря на снижение затрат техногенной энергии).

При проведении под ячмень мелкой безотвальной обработки или дискования $К_{ЭЭ}$ был выше, чем на варианте отвальной обработки на глубину 20-22 см.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Эффективное внедрение приемов минимализации основной обработки почвы возможно при использовании полей, сравнительно чистых от сорняков, при подборе сельскохозяйственных культур, обеспечивающих урожайность при минимальных обработках не ниже, чем при традиционных приемах обработки почвы (прежде всего озимые и яровые зерновые культуры, в последнюю очередь зернобобовые и пропашные).

Под сахарную свеклу рекомендуется система зяблевой обработки почвы, включающая два лущения, глубокую отвальную или безотвальную обработку почвы и культивацию по мере появления сорняков.

2. Доказана необходимость дифференцированного применения систем основной обработки почвы в севооборотах ЦЧР. На невыпаханных и слабовыпаханных черноземах, агрофизические показатели плодородия которых соответствуют оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур, при отсутствии или проявлении в незначительной степени признаков агрофизической деградации рекомендуются следующие системы основной обработки почвы в севообороте:

- отвальная;
- безотвальная;
- комбинированная разноглубинная;
- мелкая мульчирующая;
- предпосевная минимальная обработка, совмещенная с посевом.

На сильновыпаханных черноземах рекомендуются следующие системы основной обработки почвы в севообороте:

- отвальная;
- безотвальная;
- комбинированная разноглубинная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова, Л. Н. Биологическая активность и состав воздуха пахотного слоя [Текст] / Л. Н. Абросимова, И. Б. Ревут // Почвоведение. – 1964. – № 7. – С. 34-35.

2. Абросимова, Л. Н. Некоторые пути регулирования обмена углекислотой между почвой и атмосферой [Текст] / Л. Н. Абросимова, И. Б. Ревут // Физические проблемы мелиорации и обработки почвы. – Москва, 1970. – С. 100-106.

3. Авдеенко, А. П. Влияние орошения (дождевания) на тепловой и водно-воздушный режим дерново-подзолистых суглинистых почв северо-восточной части БССР и на урожай картофеля [Текст] / А. П. Авдеенко, И. Б. Ревут // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1972. – Вып. 3. – С. 261-276.

4. Агеев, В. В. Интенсивное использование пашни [Текст] / В. В. Агеев. – Москва : Россельхозиздат, 1984. – 200 с.

5. Адерихин, П. Г. Азот в почвах Центрально-Черноземной полосы [Текст] : учеб. пособие / П. Г. Адерихин, А. П. Щербаков. – Воронеж : ВГУ, 1974. – 169 с.

6. Адерихин, П. Г. Изменение черноземных почв ЦЧО при использовании их в сельском хозяйстве [Текст] / П. Г. Адерихин // Черноземы ЦЧО и их плодородие. – Москва, 1964. – С. 61-89.

7. Адерихин, П. Г. Почвы Воронежской области, их генезис, свойства и краткая агропроизводственная характеристика [Текст] / П. Г. Адерихин. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1963. – 264 с.

8. Азизов, З. М. Повышение эффективности приемов основной обработки почвы в заключительном звене зернопарового севооборота на южных черноземах засушливой степи Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / З. М. Азизов. – пос. Немчиновка, 1986. – 22 с.

9. Акентьева, Л. И. Влияние плоскорезной обработки и удобрений на изменение свойств черноземов и продуктивность сельскохозяйственных культур [Текст] / Л. И. Акентьева // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 74-82.

10. Акеньтева, Л. И. Почвозащитная обработка в использовании влаги на черноземах [Текст] / Л. И. Акентьева, М. С. Чижова // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 36-38.

11. Алабушев, А. В. Основная обработка почвы и продуктивность озимой пшеницы [Текст] / А. В. Алабушев, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова // Земледелие. – 2009.– № 4. – С. 23-24.

12. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации [Текст] / Л. Н. Александрова. – Ленинград : Наука (Ленингр. отд-ние), 1980. – 287 с.

13. Аллен, Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы [Текст] / Х. П. Аллен ; перевод с англ. и предисл. М. Ф. Пушкарева. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 208 с.

14. Андреев, В. Л. Ресурсосбережение при основной обработке почвы [Текст] / В. Л. Андреев, С. Л. Демшин, Р. Р. Нуризянов // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 22-23.

15. Андреюк, Е. И. Взаимодействие микроорганизмов в ассоциациях [Текст] / Е. И. Андреюк // Проблемы сельскохозяйственной микробиологии. – Ленинград, 1974. – С. 48-52.

16. Андреюк, Е. И. Некоторые математические подходы к оценке биологического состояния орошаемых почв юга Украины [Текст] / Е. И. Андреюк, А. Н. Дульгеров // Микробиологические процессы в почве и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1978. – С. 14-15.

17. Андрюхов, В. П. Эффективность плоскорезной основной обработки почвы под подсолнечник [Текст] / В. П. Андрюхов // Вестник с.-х. науки. – 1987. – № 8. – С. 37-40.

18. Арлаускас, М. П. Дифференцировать обработку почвы [Текст] / М. П. Арлаускас // Земледелие. – 1984. – № 4. – С. 24-25.

19. Артеменко, П. В. Обработка черных паров на Юго-востоке [Текст] / П. В. Артеменко, Е. Н. Кулина // Земледелие. – 1959. – № 6. – С. 26-28.

20. Ахтырцев, Б. П. Лесные черноземы Среднерусской лесостепи [Текст] / Б. П. Ахтырцев, Г. А. Шевченко // Научные записки Воронежского отдела географического общества СССР. – Воронеж, 1974. – С. 60-75.

21. Аюханов, А. В. Агротехнические меры борьбы с овсюгом [Текст] / А. В. Аюханов // Земледелие. – 1987. – № 9. – С. 45-46.

22. Бабаков, В. П. Улучшение физического состояния орошаемой дерново-подзолистой почвы при окультуривании [Текст] / В. П. Бабаков, В. А. Бойков // Осушение с.-х. угодий. – 1990. – № 3. – С. 15.

23. Бабьева, И. П. Биология почв : учебник ; под ред. Д.Г. Звягинцева [Текст] / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.

24. Баздырев, Г. И. Почвозащитные системы обработки почвы плюс гербициды [Текст] / Г. И. Баздырев // Земледелие. – 1990. – № 2. – С. 45-48.

25. Баздырев, Г. И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г. И. Баздырев, Л. И. Зотов, В. Д. Полин. – Москва : МСХА, 2004. – С. 288.

26. Байко, В. П. Осенняя и предпосевная обработка почвы [Текст] / В. П. Байко. – Москва : Россельхозиздат, 1966. – 64 с.

27. Бакиров, Ф. Г. Влияние обработки почвы на плодородие чернозема южного [Текст] / Ф. Г. Бакиров // Земледелие. – 2007. – № 5. – С. 18-19.

28. Бакиров, Ф. Г. Возможности использования ресурсосберегающих систем основной обработки черноземов южных в земледелии Оренбуржья [Текст] / Ф. Г. Бакиров, А. В. Кислов // Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК. – Курган, 2006. – С. 200-206.

29. Балаев, П. М. Значение основных факторов плодородия в улучше-

нии старопахотного оподзоленного суглинка [Текст] / П. М. Балаев // Изв. ТСХА. – 1958. – Вып. 2. – С. 55-73.

30. Бараев, А. И. Защита почв от ветровой эрозии [Текст] / А. И. Бараев // Берегите землю. – Москва : Знание, 1971. – С. 4-22.

31. Бараев, А. И. Роль науки в освоении целинных и залежных земель [Текст] / А. И. Бараев // Вестник с.-х. науки. – 1974. – № 5. – С. 5-14.

32. Бараев, А. И. Система обработки почвы [Текст] / А. И. Бараев // Земледелие. – 1966. – № 4. – С. 16-22.

33. Баранов, А. В. Влияние систем основной обработки почвы на свойства лугово-черноземных комплексов северной Барабы [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. В. Баранов. – Новосибирск : Новосибирский ГАУ, 2002. – 17 с.

34. Барсуков, Л. Н. Изменение условий плодородия в различных прослойках пахотного слоя в зависимости от обработки [Текст] / Л. Н. Барсуков, К. М. Забавская // Почвоведение. – 1953. – № 12. – С. 18-27.

35. Барсуков, Л. Н. Об агротехнической роли отвальной вспашки [Текст] / Л. Н. Барсуков, К. М. Забавская, Т. И. Иванова // Земледелие. – 1959. – № 9. – С. 67-71.

36. Бахтин, П. У. Проблемы обработки почвы [Текст] / П. У. Бахтин. – Москва : Знание, 1969. – 62 с.

37. Бездетный, П. А. Влияние способов обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожай сельскохозяйственных культур [Текст]: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / П. А. Бездетный. – Каменец-Подольский, 1981. – 21 с.

38. Беленков, А. И. Оценка севооборотов и основной обработки почвы в Волгоградской области [Текст] / А. И. Беленков // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 22-23.

39. Бельчикова, Н. П. Некоторые закономерности содержания состава гумуса и свойств гуминовых кислот в главнейших группах почв Союза ССР

[Текст] / Н. П. Бельчикова // Тр. ин-та имени В. В. Докучаева, 1951. – Т. 38. – С. 33-59.

40. Бенедичук, Н. Ф. Севооборот и обработка почвы против сорняков [Текст] / Н. Ф. Бенедичук, Ф. А. Леринец // Земледелие. – 1991. – № 8. – С. 57-58.

41. Берестецкий, О. А. Биологические основы плодородия почвы [Текст] / О. А. Берестецкий. – Москва : Колос, 1984. – 228 с.

42. Берестецкий, О. А. Влияние сельскохозяйственных культур на численность микрофлоры и биологическую активность дерново-подзолистой почвы [Текст] / О. А. Берестецкий, Т. П. Зубец // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 94-99.

43. Берестецкий, О. А. Интенсификация земледелия и почвенная микробиология [Текст] / О. А. Берестецкий // Экология и физиология почвенных микроорганизмов. – Ленинград : Наука, 1976. – С. 5-13.

44. Беседин, Н. В. Влияние бессменных посевов ячменя на свойства почвы [Текст] / Н. В. Беседин, С. В. Шелайкин, Н. М. Чернышова // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 29.

45. Бессонова, А. С. Влияние способов и глубины основной обработки почвы на микрофлору в условиях Центральной зоны Молдавии [Текст] : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. С. Бессонова. – Кишинев, 1961. – 18 с.

46. Блажене, С. Глубина вспашки на легких почвах при обильном удобрении навозом [Текст] / С. Блажене, В. Миляускас // Науч. тр. Лит. НИИЗ. – Вильнюс, 1984. – Т. 31. – С. 50-61.

47. Богомазов, С. В. Выбор оптимальных систем зяблевой обработки почвы под ячмень в замыкающем поле зернопаропропашного севооборота [Текст] / С. В. Богомазов, В. В. Сысоев // Науч. тр. РИО ПГСХА. – Пенза : Пензенская ГСХА, 2005. – С. 180-181.

48. Бойков, В. А. Эффективность применения двухъярусной вспашки и

чизелевания для окультуривания и обработки осушаемых дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв в прифермском кормовом севообороте [Текст] : автореф. дис. …канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. А. Бойков. – пос. Немчиновка (Московская обл.) : НПО «Подмосковье», 1990. – 16 с.

49. Болотов, А. Т. Избранные сочинения по агрономии, полеводству, лесоводству, ботанике [Текст] / А. Т. Болотов. – Москва : Изд-во Московского общ-ва испытателей природы, 1952. – 524 с.

50. Бондарев, А. Г. Проблема обостряется [Текст] / А. Г. Бондарев, В. А. Русанов, А. Я. Поляк // Земледелие. – 1985. – № 2. – С. 23-25.

51. Бондарчук, А. А. Плотность почв и продуктивность [Текст] / А. А. Бондарчук // Сахарная свекла. – 1999. – № 10. – С. 3-5.

52. Борин, А. А. Какая обработка почвы лучше? [Текст] / А. А. Борин, И. Г. Мельцаев // Земледелие. – 1995. – № 4. – С. 32.

53. Борин, А. А. Технология обработки почвы в севообороте [Текст] / А. А. Борин, А. М. Блинов, Е. М. Ветчинина // Земледелие. – 1994. – № 2. – С. 16-17.

54. Борисоник, З. Б. О глубине вспашки черного пара в засушливой степи Украины [Текст] / З. Б. Борисоник, В. И. Яницкий // Земледелие. – 1959. – № 3. – С. 83-89.

55. Бородин, Н. Н. Это повышает устойчивость урожаев озимых [Текст] / Н. Н. Бородин // Земледелие. – 1976. – № 8. – С. 48-51.

56. Боронтов, О. К. Водный режим и продуктивность [Текст] / О. К. Боронтов // Сахарная свекла. – 2001. – № 8. – С. 10.

57. Бука, А. Я. Влагообеспеченность почвы при различных способах обработки [Текст] / А. Я. Бука, С. Ю. Булыгин, А. П. Коваленко // Земледелие. – 1985. – № 11. – С. 10-12.

58. Бурнацкий, Д. П. Влияние глубины вспашки обыкновенного чернозема на элементы плодородия почвы и урожай [Текст] / Д. П. Бурнацкий, В. В. Яровенко // Почвоведение. – 1961. – № 3. – С. 83-89.

59. Буров, Д. И. Научные основы обработки почвы Заволжья [Текст] / Д. И. Буров. – Куйбышев : Волжская коммуна, 1972. – 294 с.

60. Буряков, А. Т. Ресурсосберегающая технология производства зерна в Центральном Нечерноземье [Текст] / А. Т. Буряков, В. Г. Просвирин // Земледелие. – 2005. – № 5. – С. 6-7.

61. Буряков, Ю. П. Об эффективности консервирующей обработки склоновых земель [Текст] / Ю. П. Буряков, В. С. Циков, В. Ф. Кивер [и др.] // Земледелие. – 1985. – № 10. – С. 31-34.

62. Бухар, И. Е. Влияние глубокой вспашки на некоторые элементы плодородия почвы и урожай сельскохозяйственных культур в условиях Центральной зоны Молдавии [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / И. Е. Бухар. – Кишинев, 1960. – 18 с.

63. Васенев, И. И. Способ оценки качества почвенного покрова экосистем [Текст] / И. И. Васенев, Д. А. Букреев // Почвоведение. – 1993. – № 9. – С. 82-86.

64. Васильев, Д. С. Агротехника подсолнечника [Текст] / Д. С. Васильев. – Москва : Колос, 1983. – 197 с.

65. Васильев, М. Д. Динамика плодородия пахотного слоя почвы при различных способах и глубине основной обработки [Текст] / М. Д. Васильев // Материалы науч. конф. – Кишинев, 1970. – С. 11-13.

66. Васильева, Л. В. Ферментативная активность и плодородие почв [Текст] : лекция / Л. В. Васильева. – Харьков, 1980. – 28 с.

67. Васюков, П. П. Минимальная обработка почвы при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам [Текст] / П. П. Васюков, В. И. Цыганков // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 27-28.

68. Ватагин, А. В. Основная обработка почвы в Татарии [Текст] / А. В. Ватагин, В. Ф. Кирдин // Земледелие. – 1980. – № 1. – С. 26-27.

69. Верзилин, В. В. Биологические факторы воспроизводства плодородия черноземов в агроценозах лесостепи ЦЧР [Текст] : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01; 06.01.03 / В. В. Верзилин. – Курск, 2004. – 36 с.

70. Верзилин, В. В. Влияние севооборотов на ферментативную активность выщелоченного чернозема [Текст] / В. В. Верзилин // Плодородие почвы в интенсивном земледелии : материалы региональной науч.-техн. конф. – Волгоград, 1988. – С. 27-29.

71. Верзилин, В. В. Влияние способов возделывания озимой пшеницы на формирование комплекса почвенных микроорганизмов [Текст] / В. В. Верзилин, В. А. Трунова // Воспроизводство плодородия черноземов в ЦЧЗ. – Воронеж, 1992. – С. 116-126.

72. Верзилин, В. В. Пути регулирования уровня плодородия почвы в агроэкосистемах методами биоценологии [Текст] / В. В. Верзилин, В. В. Рябчикова // Проблемы землепользования на современном этапе перестройки : материалы республиканской науч. конф. – Киев, 1989. – С. 82-84.

73. Верзилин, В. В. Ферментативная активность почвы как показатель трансформации органического вещества в агроценозах [Текст] / В. В. Верзилин // Научные основы совершенствования современных систем земледелия, 1997. – С. 150-159.

74. Вершинин, П. В. Твердая фаза почвы как основа ее физического режима [Текст] / П. В. Вершинин // Основы агрофизики ; под общ. ред. А. Ф. Иоффе и И. Б. Ревута. – Москва : Физмат-гиз, 1959. – С. 209-404.

75. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения : учеб. пособие для с.-х. вузов [Текст] / В. Р. Вильямс. – 4-е изд., пересмотр. и доп. – Москва : ОГИЗ Сельхозгиз, 1938. – 447 с.

76. Вильямс, В. Р. Травопольная система земледелия. Собр. соч. Т. 1 [Текст] / В. Р. Вильямс. – Москва, 1951. – 508 с.

77. Виноградский, С. Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы [Текст] / С. Н. Виноградский. – Москва : Изд-во АН СССР. – 1952. – 792 с.

78. Витер, А. Ф. Влияние обработки почвы и удобрений на количество гумуса и плодородия черноземов [Текст] / А. Ф. Витер // Интенсивное земледелие и пути повышения плодородия почв в ЦЧЗ. – Каменная Степь, 1982. – С. 3-12.

79. Витер, А. Ф. Влияние способов и глубины обработки (в сочетании с удобрениями) на плодородие черноземов и урожайность сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземной зоне [Текст] / А. Ф. Витер // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева, 1981. – С. 115-120.

80. Витер, А. Ф. Изменение плодородия обыкновенного чернозема ЦЧЗ под влиянием приемов основной обработки [Текст] / А. Ф. Витер, А. М. Новичихин // Вестник с.-х. науки. – 1984. – № 1. – С. 77-85.

81. Витер, А. Ф. Обработка почвы и регулирование ее плодородия [Текст] / А. Ф. Витер // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева. – Каменная Степь, 1987. – С. 8-17.

82. Витер, А. Ф. Обработка почвы и урожай [Текст] / А. Ф. Витер // Науч. тр. Орловской (Шатил.) с.-х. станции. – Орел, 1966. – С. 48-60.

83. Витер, А. Ф. Образование клубеньков на корнях гороха и способы обработки почвы [Текст] / А. Ф. Витер, В. А. Гулидова // Зерновое хозяйство. – 1979. – № 9. – С. 38-39.

84. Витер, А. Ф. Повышение почвенного плодородия различными обработками / А.Ф. Витер // Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на плодородие почв. – Каменная Степь, 1985. – С. 94-101.

85. Витер, А. Ф. Регулирование плодородия черноземов различными обработками почвы в сочетании с удобрениями [Текст] / А. Ф. Витер // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева. – Каменная Степь, 1986. – С. 4-10.

86. Витер, А. Ф. Система обработки почв в ЦЧЗ [Текст] / А. Ф. Витер // Земледелие. – 1986. – № 1. – С. 23-25.

87. Власенко, А. Н. Экономические аспекты минимализации основной обработки почвы [Текст] / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, Л. Н. Иодко // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 18-20.

88. Володин, В. М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв [Текст] / В. М. Володин. – Москва : ЦИНАО, 2000. – 316 с.

89. Вольтерс, И. А. Влияние предшественников на строение пахотного

слоя [Текст] / И. А. Вольтерс, Г. Р. Дорожко // Аграрная наука. – № 4. – 2007. – С. 11-12.

90. Воронцов, В. А. Ресурсосберегающие способы основной обработки черного пара [Текст] / В. А. Воронцов // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 21-22.

91. Востров, И. С. Определение биологической активности почвы различными методами [Текст] / И. С. Востров, А. Н. Петрова // Микробиология. – 1961. – Вып. 4. – С. 665-672.

92. Вражнов, А. В. Оптимизация систем обработки почвы на Южном Урале [Текст] / А. В. Вражнов, Е. И. Шиятый // Земледелие. – 2000. – № 5. – С. 16-17.

93. Вьюрков, В. В. Озимая твердая пшеница в Приуралье [Текст] / В. В. Вьюрков, М. А. Габдулов // Зерновые культуры. – 1991. – № 6. – С. 23-25.

94. Гаврилов, А. М. Водно-физические свойства светло-каштановой почвы в зависимости от основной обработки черного пара [Текст] / А. М. Гаврилов, В. Н. Левкин, Н. И. Телейченко // Земледелие. – 2001. – № 1. – С. 23-27.

95. Галстян, А. Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв [Текст] / А. Ш. Галстян // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 107-114.

96. Галстян, А. Ш. Ферментативная активность почв Армении [Текст] / А. Ш. Галстян // Науч. тр. НИИ почвоведения и агрохимии. – Ереван : Айстан, 1974. – Вып. 8. – 275 с.

97. Гамзиков, Г. П. Особенности азотного режима черноземных почв при сокращении числа и глубины механических обработок [Текст] / Г. П. Гамзиков, Н. В. Кочергов // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 41-48.

98. Гамуев, В. В. Поиск рациональных способов обработки почвы [Текст] / В. В. Гамуев, А. С. Корольков, Н. Н. Мартынович [и др.] // Сахарная свекла. – 1998. – № 6. – С. 19-23.

99. Ганжара, Н. Ф. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв [Текст] / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов. – Москва : Агроконсалт, 1997. – 82 с.

100. Ганжара, Н. Ф. Практикум по почвоведению : учеб. пособие [Текст] / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков ; под ред. Н.Ф. Ганжары. – Москва : Агроконсалт, 2002. – 279 с.

101. Ганжара, Н. Ф. Состояние органического вещества дерново-подзолистых и черноземных почв в условиях длительного применения удобрений [Текст] / Н. Ф. Ганжара, Р. Ф. Байбеков, В. В. Верзилин // Агрохимический вестник. – 2003. – № 3. – С. 24-25.

102. Гармашов, В. М. Агро- и биоэнергетическая эффективность возделывания подсолнечника при разных способах обработки почвы [Текст] / В. М. Гармашов, Е. В. Гармашова // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 4-7.

103. Гармашов, В. М. Минимализация обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне [Текст] / В. М. Гармашов, А. Л. Качанин // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 8-10.

104. Гармашов, В. М. Совершенствование технологии способов обработки почвы [Текст] / В. М. Гармашов, С. В. Рымарь, Т. И. Михина // Вестник Россельхозакадемии. – 2007. – № 5. – С. 47-49.

105. Гауэрт, В. И. Биологическая активность черноземов и черноземно-луговых почв горного Алтая [Текст]: автореф. дис. … канд. биол. наук : 11.00.11 / В. И. Гауэрт. – Новосибирск, 1973. – 29 с.

106. Глухих, М. А. Обработка почвы в Зауралье [Текст] / М. А. Глухих, В. Б. Собянин // Земледелие. – 2000. – № 5. – С. 32-33.

107. Глущак, Н. М. Обработка почвы, гумус и урожай в южной степи Украины [Текст] / Н. М. Глущак, И. Е. Щербак // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 78-89.

108. Годунова, Е. И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополья [Текст] / Е. И. Годунова, П. И. Желнакова, В. И. Удовыдченко // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 8-12.

109. Голубченко, В. Ф. Обработка почвы под озимую пшеницу после кукурузы на юге Украины [Текст]: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. Ф. Голубченко. – Одесса, 1971. – 32 с.

110. Гончаров, В. П. Результаты исследований по изучению возможности минимализации системы основной обработки почвы в звене севооборота с зернобобовыми культурами [Текст] / В. П. Гончаров, П. Д. Бойцов, В. М. Новиков // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ. – 1981. – Т. 8. – С. 39-50.

111. Гончарук, Г. С. Агрофизические свойства почвы [Текст] / Г. С. Гончарук // Сахарная свекла. – 1987. – № 10. – С. 24-25.

112. Грабак, Н. Х. Итоги изучения совершенствования и опыт внедрения в производство прогрессивных технологий обработки почвы в хозяйствах Николаевской области [Текст] / Н. Х. Грабак // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 102-109.

113. Григорьев, М. А. Зяблевая обработка почвы под сахарную свеклу [Текст] / М. А. Григрьев, А. И. Павлов // Науч. тр. Веселоподолянской опытно-селекционной станции. – Киев, 1961. – С. 25-37.

114. Григорьев, Н. Я. Приемы зяблевой обработки темно-серой лесной почвы под сахарную свеклу в плодосменном севообороте [Текст] / Н. Я. Григорьев, М. Ф. Шумаков // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1976. – С. 136-140.

115. Григорьев Н. Я. Урожайность картофеля при различных способах и глубине основной обработки темно-серой лесной почвы в плодосменном севообороте [Текст] / Н. Я. Григорьев // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1976. – С. 178-185.

116. Грицай, А. Д. Влияние плотности сложения пахотного слоя серой оподзоленной легкосуглинистой почвы на условия развития и продуктивность растений [Текст] / А. Д. Грицай // Проблемы снижения уплотняющего воздействия на почву ходовых систем трактора, мобильной сельхозтехники и рабочих органов почвообрабатывающих машин // Науч. тр. УСХА, 1982. – С. 59-62.

117. Громов, А. А. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника в Оренбургском Предуралье [Текст] / А. А. Громов, И. Я. Давлятов // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 26-27.

118. Груздев, Г. С. Применение гербицидов в системе мер борьбы с сорняками в зернопропашных севооборотах [Текст] / Г. С. Груздев // Изв. ТСХА. – 1980. – № 4. – С. 120.

119. Грушко, М. Ф. Овочев горох и квасоля [Текст] / М. Ф. Грушко. – Киев : Держльгоспвидав УССР, 1963. – С. 3-40.

120. Губарева, Н. С. Минимализация обработки почвы под подсолнечник [Текст] / Н. С. Губарева // Технические культуры. – 1991. – № 5. – С. 17-18.

121. Гулидова, В. А. Влияние способов основной обработки в сочетании с удобрениями на плодородие почвы, урожайность озимой пшеницы и гороха в условиях юго-востока Центрально-Черноземной зоны [Текст]: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01; 06.01.09 / В. А. Гулидова. – Воронеж, 1980. – 19 с.

122. Гулидова, В. А. Рапс в севообороте [Текст] / В. А. Гулидова, А. Н. Гришина // Кормопроизводство. – 1997. – № 4. – С. 21-24.

123. Гуляка, М. И. Оптимизация основной обработки [Текст] / М. И. Гуляка // Сахарная свекла. – 2000. – № 9. – С. 9-10.

124. Двуреченский, В. И. Минимизация агротехнологий в степной зоне Казахстана [Текст] / В. И. Двуреченский, С. И. Гилевич // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 10-11.

125. Дедов, А. В. Воспроизводство органического вещества почвы в земледелии ЦЧР (вопросы теории и практики) [Текст] : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / А. В. Дедов. – Воронеж, 2000. – 39 с.

126. Делакур, Ф. Влияние агроценозов и обработки на экологическое состояние чернозема типичного [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 11.00.11 / Ф. Делакур : Курский ГАУ. – Курск, 1994. – 23 с.

127. Демченко, И. П. Надежный комплекс почвозащитных мероприя-

тий [Текст] / И. П. Демченко, Е. В. Полуэктов // Земледелие. – 1983. – № 3. – С. 22-24.

128. Джамаль, В. А. Влияние обработки почвы на плодородие черноземов [Текст] / В. А. Джамаль, А. Е. Горбачева, А. Ф. Дзюбинский // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 74-82.

129. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь [Текст] / В. В. Докучаев. – Москва-Ленинград : ОГИЗ Сельхозгиз, 1936. – 116 с.

130. Докучаев, В. В. Учение о зонах природы и классификация почв / В. В. Докучаев. – Москва : Географгиз, 1949. – 64 с.

131. Долаберидзе, С. Почему мы пашем? [Текст] / С. Долаберидзе // Новое сельское хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 64.

132. Долгов, С. И. Физические свойства почв разной степени гумусированности [Текст] / С. И. Долгов, С. А. Модина // Вестник с.-х. науки. – 1979. – № 1. – С. 27-33.

133. Долгов, Р. И. Эффективность основной обработки почвы и гербицидов в посевах нута в зоне неустойчивого увлажнения [Текст] / Р. И. Долгов // Земельные ресурсы: состояние и перспективы использования: сб. науч. тр. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 71-76.

134. Донских, И. Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе удобрения : учеб. пособие [Текст] / И. Н. Донских. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : КолосС, 2004. – 144 с.

135. Дорожко, Г. Р. Химическая борьба с сорной растительностью в посевах подсолнечника в условиях колхоза «Колос» Александровского района [Текст] / Г. Р. Дорожко, В. Н. Ситников // Науч. тр. СтГАУ. – Ставрополь, 2004. – С. 102-108.

136. Доспехов, Б. А. Минимализация обработки почвы : направление исследований и перспективы внедрения в производство [Текст] / Б. А. Доспехов // Земледелие. – 1978. – № 9. – С. 26-31.

137. Доспехов, Б. А. Обработка почвы в Нечерноземье [Текст] / Б. А. Доспехов, А. И. Пупонин // Вестник с.-х. науки. – 1975. – № 12. – С. 12-27.

138. Дояренко, А. Г. Избранные работы и статьи : в 2-х т. Т. 1. Работы теоретического характера / А. Г. Дояренко. – Москва : Изд-во Московского земельного отдела, 1926. – 247 с.

139. Дубоносов, Т. С. Сравнительное изучение различных систем обработки почвы в зоне выщелоченных черноземов Краснодарского края : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Т. С. Дубоносов. – Краснодар, 1961. – 18 с.

140. Дудинцев, Е. В. Влияние обработки на структуру выщелоченного чернозема [Текст] / Е. В. Дудинцев, М. С. Хлопюк, Л. А. Ушакова // Почвоведение. – 1987. – № 5. – С. 53-60.

141. Дьяченко, В. Ржавеют плоскорезы [Текст] / В. Дьяченко // Коммуна, 1987. – 16 сентября.

142. Евсеев, А.В. Изучение биологических процессов в пахотном слое различного уровня плодородия и при разных способах обработки почвы [Текст] : автореф. … дис. канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. В. Евсеев. – Воронеж, 1992. – 24 с.

143. Жирмунский, Н. М. Химические средства борьбы с сорняками [Текст] / Н. М. Жирмунский. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 413 с.

144. Заика, В. В. Агроэкономическая эффективность почвозащитных технологий возделывания ячменя на склоновых землях северной Лесостепи УССР [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. В. Заика. – Киев, 1982. – 14 с.

145. Зайцева, А. Плодородие почв улучшается [Текст] / А. Зайцева, А. Бараев // Земледелие. – 1987. – № 4. – С. 53-60.

146. Захаренко, А. В. Роль механической обработки почвы в регулировании сорного компонента агрофитоценоза [Текст] / А. В. Захаренко, Н. С. Матюк // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Москва : Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 85-112.

147. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии :

учеб. пособие [Текст] / Д. Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк ; под ред. Д.Г. Звягинцева. – Москва : Изд-во МГУ, 1980. – 224 с.

148. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы [Текст] / Д. Г. Звягинцев. – Москва : Изд-во МГУ, 1987. – 255 с.

149. Зезюков, Н. И. Роль растительных остатков, соломы и сидератов в воспроизводстве плодородия черноземов [Текст] / Н. И. Зезюков, А. В. Дедов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 12. – С. 44-46.

150. Зезюков, Н. И. Сохранение и повышение плодородия черноземов [Текст] / Н. И. Зезюков, В. Е. Острецов. – Воронеж : Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1999. – 312 с.

151. Зенин, Л. С. Резервы ресурсосбережения и экологическая безопасность при возделывании сахарной свеклы [Текст] / Л. С. Зенин // Сахарная свекла. – 2008. – № 1. – С. 19-22.

152. Зенова, Г. М. Изменение комплекса почвенных актиномицетов при длительном применении удобрений в выработанном торфянике [Текст] / Г. М. Зенова, Я. Г. Широких, Д. Г. Звягинцев // Вести Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 1993. – № 2. – С. 43-47.

153. Зинченко, И. Г. Эффективность различных систем почвозащитной основной обработки в севообороте [Текст] / И. Г. Зинченко // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1971. – Т. 4. – С. 34-51.

154. Зинченко, С. И. Агрофизические основы повышения эффективности почвозащитной обработки черноземов Центрально-Казахстанского мелкосопочника [Текст] : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / С. И. Зинченко. – Омск : Омский ГАУ, 1999. – 32 с.

155. Зоря, С. Е. Системы разноглубинной обработки почвы в свекловичном севообороте в условиях южной части левобережной лесостепи Украины [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С. Е. Зоря. – Киев, 1969. – 24 с.

156. Зубарев А.А. Опыт интенсификации выращивания картофеля [Текст] / А. А. Зубарев [и др.] // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 34.

157. Зубенко, В. Ф. Баланс элементов питания и плодородие почвы в свекловичных севооборотах при разных способах основной обработки в лесостепи УССР [Текст] / В. Ф. Зубенко, В. Н. Якименко, Л. Н. Барштейн // Агрохимия. – 1987. – С. 15-26.

158. Зубенко, В. Ф. Эффективна ли бесплужная обработка почвы в зерносвекловичных севооборотах? [Текст] / В. Ф. Зубенко // Земледелие. – 1988. – № 5. – С. 19.

159. Иванов, П. К. Плотность почвы и плодородие [Текст] / П. К. Иванов, Л. И. Коробов // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1969. – С. 45-53.

160. Иванова, Н. Н. Влияние сельскохозяйственных культур и обработки на свойства аллювиальных почв Республики Мордовия [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Н. Н. Иванова. – Саранск : Мордовский гос. ун-т, 2008. – 18 с.

161. Измаильский, А. А. Как высохла наша степь. Избр. соч. [Текст] / А. А. Измаильский. – Москва : Сельхозгиз, 1949. – С. 27-28.

162. Ильина, А. А. Влияние глубины основной обработки супесчаных почв на их плодородие и урожай сельскохозяйственных культур [Текст] / А. А. Ильина // Науч. тр. НИИСХ ЦРНЗ : науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва ЦРНЗ, 1972. – Вып. 7. – С. 64-71.

163. Ильина, Л. В. Какой должна быть обработка почвы в Рязанской области [Текст] / Л. В. Ильина, Е. И. Иваницкая // Земледелие. – 1991. – № 4. – С. 52-54.

164. Иляллетдинов, А. Н. Микробиологические превращения азотсодержащих соединений в почве [Текст] / А. Н. Иляллетдинов. – Алма-Ата : Наука. – 1976. – 281 с.

165. Инкина, Л. А. Агрофизические основы оптимальной минимализации обработки черноземной почвы под озимую пшеницу на Ставрополье

[Текст] / Л. А. Инкина // Науч. тр. СтНИИСХ : Ставр. науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва, 1975. – Вып. 20. – С. 127-144.

166. Исайкин, И. И. Плуг – сорнякам друг [Текст] / И. И. Исайкин, М. К. Волков // Земледелие. – 2007. – № 1. – С.23-24.

167. Исаков, П. К. Уплотнение почвы ходовыми частями тракторов. Обработка почвы в степном Заволжье [Текст] / П. К. Исаков, И. А. Чуданов. – Куйбышев, 1980. – С. 25-32.

168. Казаков, Г. И. Обработка почвы в Среднем Поволжье [Текст] / Г. И. Казаков. – Самара : Сан Вен, 1997. – 196 с.

169. Казаков, Г. И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье [Текст] / Г. И. Казаков, В. А. Корчагин // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 26-28.

170. Калинин, А. Т. Технология обработки почвы и уход за посевами пропашных культур [Текст] / А. Т. Калинин. – Воронеж : Истоки, 2009. – 212 с.

171. Каличкин, В. К. Минимальная обработка почвы в Сибири : проблемы и перспективы [Текст] / В. К. Каличкин // Землеледелие. – 2008. – № 5. – С. 24-26.

172. Каргин, И. Ф. Влияние последействия глубины и способов основной обработки на водно-физические свойства пойменных почв [Текст] / И. Ф. Каргин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 1. – С. 17-19.

173. Карпович, К. И. Совершенствование обработки почвы в Лесостепи Поволжья [Текст] / К. И. Карпович, А. И. Якунин // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 21-23.

174. Картамышев, Н. И. Почвозащитная обработка почвы в Центрально-Черноземном районе [Текст] / Н. И. Картамышев [и др.] // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 116-122.

175. Картамышев, Н. И. Проблемы переуплотнения почв и пути их ре-

шения : учеб. пособие [Текст] / Н. И. Картамышев, А. А. Тарасов. – Курск : Изд-во Курской с.-х. академии, 1997. – 106 с.

176. Картамышев, Н. И. Развивать теорию, совершенствовать практику обработки почв [Текст] / Н. И. Картамышев, И.Т. Бордунова, В.М. Володин // Земледелие. – 1986. – № 2. – С. 26-29.

177. Картамышев, Н. И. Снижать засоренность полей в почвозащитном земледелии [Текст] / Н. И. Картамышев, З. М. Шмат, Н. Ф. Гончаров // Земледелие. – 1992. – № 2. – С. 55-58.

178. Качанин, А. Л. Повышение производительной способности чернозема в Центрально-Черноземной зоне Российской Федерации [Текст] : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / А. Л. Качанин. – Каменная Степь, 1999. – 378 с.

179. Качинский, Н. А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений [Текст] / Н. А. Качинский. – Москва : Сельхозгиз, 1931. – 109 с.

180. Качинский, Н. А. Физика почвы : учебник [Текст] / Н. А. Качинский. – Москва : Высшая школа, 1965. – 323 с.

181. Кашинская, В. К. Биологическая активность южных карбонатных черноземов при использовании их в системе плоскорезной обработки в сравнении с отвальной [Текст] / В. К. Кашинская // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 16-23.

182. Каштанов, А. Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии [Текст] / А. Н. Каштанов. – Москва : Россельхозиздат, 1974. – 207 с.

183. Каштанов, А. Н. Научные основы почвоохранного земледелия в Белгородской области [Текст] / А. Н. Каштанов // Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области. – Москва : Росагропромиздат, 1990. – С. 44-60.

184. Каштанов, А. Н. Почвозащитное земледелие [Текст] / А. Н. Каштанов, М Н. Заславский. – Москва : Россельхозиздат, 1984. – 462 с.

185. Квасников, В. В. Глубокая вспашка на черноземах – мощное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур : тезисы докла-

дов – лекции В.В. Квасникова [Текст] / В. В. Квасников. – Москва : Изд-во Мин-ва сельского хоз-ва, 1951. – 52 с.

186. Кибасов, П. Т. Обработка почвы под озимую пшеницу в Молдавии [Текст] / П. Т. Кибасов // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1969. – С. 389-395.

187. Кильдюшкин, В. М. Совершенствование системы основной обработки почвы в эрозионноопасных и равниннозападинностепных агроландшафта Западного Предкавказья [Текст] : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / В. М. Кильдюшкин. – Курск, 2005. – 355 с.

188. Кирдин, В. Ф. Воспроизводство плодородия и минимализация обработки почвы в Нечерноземной зоне [Текст] / В. Ф. Кирдин // Земледелие. – 2007. – № 2. – С. 21-22.

189. Кириллов, Н. А. Минимальная обработка почвы при возделывании зерновых культур в Чувашской Республике [Текст] / Н. А. Кириллов, А. И. Волков // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 30-31.

190. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебник [Текст] / В. И. Кирюшин. – Санкт-Петербург : КВАДРО, 2013. – 679 с.

191. Кирюшин, В. И. Минимализация обработки почвы: итоги дискуссии [Текст] / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 28-30.

192. Кирюшин, В. И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия [Текст] / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 7. – С. 12-14.

193. Кирюшин, В. И. О нисходящей миграции нитратов в черноземах Сибири при сельскохозяйственном использовании [Текст] / В. И. Кирюшин, Г. И. Ткаченко // Почвоведение. – 1986. – № 2. – С. 34-44.

194. Кирюшин, В. И. Опыт изучения изменения органического вещества в черноземах Северного Казахстана при их сельскохозяйственном использовании [Текст] / В. И. Кирюшин, И. Н. Лебедева // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 128-133.

195. Кислов, А. В. Минимализация обработки почвы под подсолнечник

на Южном Урале [Текст] / А. В. Кислов, М. В. Черных // Вестник Российской академии с.-х. наук. – 2007. – № 3. – С. 25.

196. Кислов, А. В. Проблемы повышения плодородия почв на Южном Урале [Текст] / А. В. Кислов [и др.] // Плодородие. – 2007. – № 3 (36). – С. 5-7.

197. Ковда, В. А. Управление продуктивностью экосистем [Текст] / В. А. Ковда // Почвоведение. – 1980. – № 5. – С. 7-21.

198. Козаченко, А. П. Земельная реформа в Челябинской области [Текст] / А. П. Козаченко // Вестник ЧГАУ. – 1996. – № 14. – С. 166-172.

199. Козаченко, А. П. Обоснование систем обработки почв, подверженных деградации, для различных зон Челябинской области: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А.П. Козаченко. – Оренбург : Оренбургский ГАУ, 2000. – 23 с.

200. Козлова, Л. Д. Биологическая активность и плодородие почвы при различных приемах ее обработки [Текст] / Л. Д. Козлова, И. Б. Ревут // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1972. – Вып. 3. – С. 155-161.

201. Козловский, Ф. И. Мелиоративные проблемы освоения пойм степной зоны [Текст] / Ф. И. Козловский, Э. А. Корнблюм. – Москва : Наука, 1972. – 220 с.

202. Колоскова, А. В. Формы азота и активность ферментов при азотном обмене в некоторых почвах Татарии [Текст] / А. В. Колоскова, С. Г. Муртазина // Почвоведение. – 1978. – № 5. – С. 58-64.

203. Колпакова, П. П. Минимальная обработка почвы [Текст] / П. П. Колпакова, А. М. Нестеренко. – Москва : Колос, 1981. – 240 с.

204. Комов, И. М. О земледелии [Текст] / И. М. Комов. – Санкт-Петербург, 1788. – 312 с.

205. Кондратенко, В. Н. Какому способу основной обработки отдать предпочтение [Текст] / В. Н. Кондратенко, А. А. Хмельницкий, Н. К. Шаповалов // Сахарная свекла. – 2002. – № 12. – С. 28.

206. Коновалова, А. С. Ферментативная активность как диагностический показатель для целинных и окультуренных дерново-подзолистых почв [Текст] / А. С. Коновалова // Почвоведение. – 1970. – № 7. – С. 29-36.

207. Кононова, М. М. Гумус почвы и жизнь растений [Текст] / М. М. Кононова // Агрохимия. – 1965. – № 1. – С. 3-12.

208. Кононова, М. М. Органические вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения [Текст] / М. М. Кононова. – Москва : Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

209. Коржов, С. И. Биологическая активность черноземов [Текст] / С. И. Коржов // Агро XXI. – 2003. – № 1-6. – С. 101-104.

210. Коржов, С. И. Биологические показатели плодородия чернозема выщелоченного [Текст] / С. И. Коржов // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – повышения плодородия почвы, роста продуктивности с.-х. культур и сохранении окружающей среды : мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Т. I. – Белгород: Отчий край, 2012. – С. 107-117.

211. Корнилов, И. М. Обработка почвы и сорный компонент [Текст] / И. М. Корнилов, Н. А. Нужная // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранении окружающей среды: мат. Всероссийской науч. практ. конф. – Т. I. – Белгород : Отчий край, 2012. – С. 122-125.

212. Корытник, В. Н. Своевременно бороться с сорняками [Текст] / В. Н. Корытник, А. М. Милиенко // Земледелие. – 1994. – № 2. – С. 13-14.

213. Костычев, П. А. Почва, ее обработка и удобрения : практическое руководство [Текст] / П. А. Костычев. – 3-е изд. – Москва, 1908. – 302 с.

214. Костычев, П. А. Почвы черноземной области России. Их происхождение, состав и свойства [Текст] / П. А. Костычев. – Москва : Госсельхозиздат, 1949. – 239 с.

215. Котлярова, О. Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-

Черноземной Зоны [Текст] / О. Г. Котлярова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Белгород : Изд-во Белгородской ГСХА, 1995. – 293 с.

216. Котлярова, О. Г. Плодородие агроландшафтоов Центрально-Черноземной зоны : монография [Текст] / О. Г. Котлярова, Г. И. Уваров, Е. Г. Котлярова. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2004. – 277 с.

217. Котлярова, О. Г. Почвозащитная система в интенсивном земледелии Центрально-Черноземной Зоны [Текст] / О. Г. Котлярова. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1990. – 268 с.

218. Котоврасов, И. П. Опыт минимализации обработки почвы – на Украине [Текст] / И. П. Котоврасов, И. Б. Павловский // Земледелие. – 1989. – № 11. – С. 46-47.

219. Котоврасов, И. П. Роль основной обработки в изменении плодородия дерново-подзолистой почвы и мощного чернозема [Текст] : автореф. … дис. канд. с.-х. наук : 06.01.01 / И. П. Котоврасов. – Москва, 1968. – 35 с.

220. Кравченко, Р. В. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность гибридов кукурузы [Текст] / Р. В. Кравченко, О. В. Тронева // Земледелие. – 2011. – № 7. – С. 27-28.

221. Краевский, А. Н. Безотвальная обработка почвы под подсолнечник [Текст] / А. Н. Краевский, В. И. Кондратьев, П. Н. Винник // Технические культуры. – 1993. – № 3-4. – С. 2-3.

222. Краевский, А. Н. Сроки возвращения подсолнечника в севообороте [Текст] / А. Н. Краевский // Земледелие. – 1995. – № 6. – С. 31-33.

223. Краузе, М. Обработка почвы как фактор урожайности [Текст] / М. Краузе. – Москва-Ленинград : Сельхозгиз, 1931. – 296 с.

224. Красильников, Н. А. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов [Текст] / Н. А. Красильников. – Москва : Наука, 1966. – 215 с.

225. Красильников, Н. А. Определитель бактерий и актиномицетов [Текст] / Н. А. Красильников. – Москва - Ленинград, 1949. – 829 с.

226. Круть, В. М. Комбинированная система обработки почвы в лесостепи УССР [Текст] / В. М. Круть, В. И. Тараненко, А. П. Бокуленко // Земледелие. – 1989. – № 2. – С. 59-63.

227. Круть, В. М. Плоскорезная обработка почвы в зернопаровом севообороте Украины [Текст] / В. М. Круть, Н. Ф. Бенедичук // Земледелие. – 1979. – № 8. – С. 25-27.

228. Кузина, Е. В. Влияние способов основной обработки почвы на агрофизические параметры чернозема выщелоченного и продуктивность пшеницы [Текст] / Е. В. Кузина // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 24-25.

229. Кузнецов, Л. А. Влияние минимальной обработки почвы на ее агрофизические свойства [Текст] / Л. А. Кузнецов, К. И. Шумских // Интенсификация земледелия в Сибири и на Дальнем Востоке : науч. тр. – Новосибирск, 1982. – С. 161-166.

230. Кузнецова, И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв [Текст] / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 81-88.

231. Кузнецова, И. В. Физические свойства южных черноземов Ростовской области и некоторые вопросы их обработки [Текст] / И. В. Кузнецова // Физические условия почвенного плодородия. – Москва, 1978. – 110 с.

232. Купревич, В. Ф. Почвенная энзимология [Текст] / В. Ф. Купревич. – Минск : Наука и техника, 1974. – Т. 4. – 404 с.

233. Кутовая, Н. Я. Влияние возделывания культур в севообороте и бессменно на микробиологические процессы в обыкновенном черноземе [Текст] / Н. Я. Кутовая, В. В. Черенков // Почвоведение. – 1994. – № 8. – С. 58-63.

234. Кутовая, Н. Я. Суммарные показатели биологической активности почвы при различных обработках обыкновенного чернозема [Текст] / Н. Я. Кутовая // Повышение плодородия черноземов и агротехника возделывания сельскохозяйственных культур : науч. тр. – Каменная Степь, 1984. – С. 22-30.

235. Лаврентьев, В. В. Мобилизация азота гумуса в черноземных поч-

вах Европейской части СССР [Текст] / В. В. Лаврентьев // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. – Москва, 1983. – С. 142-153.

236. Ларионов, В. И. Формирование урожая гороха в связи с приемами обработки почвы / В. И. Ларионов, В. С. Володин // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1974. – Т. 65. – С. 141-153.

237. Лаукарт, Ф. Ф. Сложение почвы при минимальной обработке [Текст] / Ф. Ф. Лаукарт // Земледелие. – 1986. – № 12. – С. 35-36.

238. Лебедянцев, А. Н. Избранные труды [Текст] / А. Н. Лебедянцев. – Москва : Сельхозгиз, 1960. – 568 с.

239. Лисова, А. П. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы почвы при различных условиях выращивания растений [Текст] / А. П. Лисова // Сб. докладов симпозиума по ферментам почвы. – Минск, 1968. – С. 396-404.

240. Листопадов, И. Н. Минимализация, а не упрощение [Текст] / И. Н. Листопадов // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 25-26.

241. Лобов, М. Ф. Гумусосохраняющая система обработки почвы [Текст] / М. Ф. Лобов // Чтобы щедра была земля: опыт, проблемы, решение. – Ростов, 1988. – С. 18-34.

242. Лыков, А. М. Современные системы земледелия – сущность, теоретические основы, принципы разработки и освоения [Текст] / А. М. Лыков, В. В. Гриценко, И. С. Кауричев // Земледелие. – 1986. – № 12. – С. 12-16.

243. Лымарь, А. О. Эффективность разных способов обработки почвы на орошаемых землях [Текст] / А. О. Лымарь, В. А. Ищенко // Масличные культуры. – 1986. – № 4. – С. 15-16.

244. Лютц, Э. Г. Влияние различных систем обработки дерново-подзолистой почвы на динамику содержания углекислоты в почвенном воздухе под подсолнечником [Текст] / Э. Г. Лютц // Биологические науки. – 1971. – № 12. – С. 105-108.

245. Макаренко, А. А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений

и гербицидов на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. А. Макаренко. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2008. – 24 с.

246. Макаров, Б. Н. Газообмен между почвой и атмосферой на различных угодьях дерново-подзолистых почв и влияние пахотного слоя на этот процесс [Текст] / Б. Н. Макаров, Э. Я. Френкель // Тр. ин-та имени В. В. Докучаева. – 1956. – Т. 49. – С. 162-181.

247. Макаров, В. И. Влияние обработки на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы [Текст] / В. И. Макаров, Ф. И. Грязина, В. Г. Кириллов // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 24-25.

248. Макаров, И. П. Обработка серых лесных почв в Татарии [Текст] / И. П. Макаров, Г. Д. Аверьянов, М. С. Матюшин // Земледелие. – 1984. – № 1. – С. 13-16.

249. Макаров, И. П. Эффективность приемов минимализации обработки почвы. Актуальные проблемы земледелия [Текст] / И. П. Макаров. – Москва : Колос, 1984. – С. 86-89.

250. Максименко, П. Д. Система обработки почвы в севообороте [Текст] / П. Д. Максименко // Земледелие. – 1984. – № 9. – С. 12-13.

251. Мальцев, А. И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней : учеб. пособие [Текст] / А. И. Мальцев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва - Ленинград : Сельхозиздат, 1962. – 272 с.

252. Мальцев, Т. С. О методах обработки почвы и посевов, способствующих получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур : докл. на Всерос. совещании … [Текст] / Т. С. Мальцев. – Москва, 1954. – 45 с.

253. Манейлов, В. В. Культуры севооборота и система основной обработки почвы как факторы структурного состояния чернозема выщелоченного [Текст] / В. В. Манейлов, С. М. Надежкин, В. В. Сысоев // Науч. тр. РИО ПГСХА. – Пенза : Пензенский ГАУ, 2005. – С. 73-74.

254. Матюк, Н. С. Изменение строения профиля дерново-подзолистых почв, свойств и режимов корнеобитаемого слоя под действием антропогенной нагрузки разной степени интенсивности [Текст] / Н. С. Матюк, И. Г. Платонов, В. Д. Полин // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Москва : Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 113-132.

255. Матюк, Н. С. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от ее обработки и удобрения [Текст] / Н. С. Матюк [и др.] // Плодородие. – 2008. – № 1. – С. 38-40.

256. Медведев, В. В. Методологические основы оптимизации физических свойств почвы [Текст] / В. В. Медведев // Минимализация обработки почвы. – Москва : Колос, 1984. – С. 60-73.

257. Медведев, В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов [Текст] / В. В. Медведев. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 160 с.

258. Медведев, В. В. Физическая характеристика чернозема обыкновенного при отвальной и безотвальной обработках [Текст] / В. В. Медведев, С. Ю. Булыгин // Почвоведение. – 1986. – № 2. – С. 45-53.

259. Мельникова, О. В. Технологии возделывания культур и биологическая активность почвы [Текст] / О. В. Мельникова // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 22-24.

260. Менделеев, Д. И. Об углублении пахотного слоя подзолистых и черноземных почв [Текст] / Д. И. Менделеев // Работы по сельскому хозяйству и лесоводству. – Москва : Изд-во АН СССР, 1954. – С. 110-159.

261. Мигуцкий, А. С. Изменение качественного состава гумуса в связи с обработкой солонцов Курумбальской степи [Текст] / А. С. Мигуцкий, В. И. Ларионов // Науч. тр. – Омск : Омский СХИ. – 1970. – С. 155-166.

262. Милащенко, Н. З. Мобилизационные процессы и пищевой режим выщелоченнного чернозема при сокращении числа механических обработок [Текст] / Н. З. Милащенко, В. М. Зерфус // Науч. тр. ВАСХНИЛ, 1979. – С. 167-174.

263. Мирошник, В. Г. Влияние различных способов основной обработки почвы и удобрений на показатели почвенного плодородия и урожайность кукурузы в юго-восточной части Центрально-Черноземной зоны [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. Г. Мирошник. – пос. Немчиновка (Московская обл.), 1979. – 17 с.

264. Мирской, А. Б. Изменение морфологических признаков и состояния ППК черноземов по различным элементам ландшафта [Текст] / А. Б. Мирской // Тр. Кубанского аграрного ун-та. – 2007. – № 2 (6). – С. 126-129.

265. Мирчинк, Т. Г. Почвенные грибы как компонент биогеоценоза [Текст] / Т. Г. Мирчинк // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза : сб. ст. – Москва : Наука, 1984. – С. 47-56.

266. Михновская, А. Д. Влияние способов обработки на микробиологические процессы, содержание и качество органического вещества черноземов лесостепи Украины [Текст] / А. Д. Михновская, Т. П. Кириченко, О. Г. Сулейманова // Науч. тр. ВНИИСХМ / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. микробиологии, 1986. – Т. 56. – С. 62-73.

267. Мичурин, Б. Н. Связь содержания влаги с всасывающим давлением и плотностью почвы [Текст] / Б. Н. Мичурин // Теоретические вопросы обработки почв. – Ленинград : Гидрометиоиздат, 1968. – Вып. I. – С. 40-43.

268. Мишустин, Е. Н. Ассоциация почвенных микроорганизмов. Ценозы почвенных микроорганизмов [Текст] / Е.Н. Мишустин // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза : сб. ст. – Москва : Наука, 1984. – С. 5-24.

269. Мишустин, Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота [Текст] / Е. Н. Мишустин, В.К. Шильникова. – Москва : Наука, 1968. – 532 с.

270. Мишустин, Е. Н. Микробиология [Текст] / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 367 с.

271. Мишустин, Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы [Текст] / Е. Н. Мишустин. – Москва : Изд-во АН СССР, 1956. – 248 с.

272. Мишустин, Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия [Текст] / Е. Н. Мишустин. – Москва : Наука, 1972. – 343 с.

273. Мишустин, Е. Н. Обработка почвы и ее эффективное плодородие [Текст] / Е. Н. Мишустин // Изучение влияния обработки почвы на микробиологические процессы. – Москва, 1960. – С. 7-17.

274. Мишустин, Е. Н. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почвы [Текст] / Е. Н. Мишустин, Е. В. Рунов // Успехи современной биологии. – 1957. – Вып. 215. – С. 256-268.

275. Модестов, А. П. Главнейшие вопросы южно-русского земледелия (по многолетним работам опытных учреждений) [Текст] / А. П. Модестов. – Москва : Изд-во товарищества «Агроном», 1914. – 326 с.

276. Моргун, Ф. Т. Почвозащитное земледелие [Текст] / Ф. Т. Моргун, Н. К. Шикула, А. Г. Тарарико. – Киев: Урожай, 1983. – 238 с.

277. Мосин, В. Н. Результаты изучения интенсивного углубления и окультуривания пахотного слоя дерново-подзолистой суглинистой почвы в звеньях севооборота [Текст] / В. Н. Мосин // Науч. тр. ПСХИ. – Пермь : Пермский СХИ, 1980. – Т. 139. – С. 43-48.

278. Мосолов, В. П. Собр. соч. в 5-ти т. Т. 4 : Углубление пахотного слоя [Текст] / В. П. Мосолов. – Москва : Сельхозгиз, 1954. – – 568 с.

279. Мочалов, Ю. М. Влияние севооборота и монокульруры на некоторые свойства почвы и потенциальную активность бактерий [Текст] / Ю. М. Мочалов // Тез. докл. IV съезда Украинского науч. общ-ва. – Киев : Наукова думка. – 1984. – С. 19.

280. Муха, В. Д. Общие закономерности и зональные особенности изменения почв главных генетических типов под воздействием сельскохозяйственной культуры [Текст]: автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.03 / В. Д. Муха. – Харьков, 1979. – 36 с.

281. Мухина, С. В. Агрохимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземах юго-востока ЦЧЗ [Текст]: автореф. дис. … д-ра

с.-х. наук : 06.01.04 / С. В. Мухина. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2006. – 41 с.

282. Мухортов, С.Я. Характеристика эффективного плодородия пахотного слоя выщелоченного чернозема при различных способах и глубине основной обработки [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С. Я. Мухортов. – Воронеж : Воронежский СХИ, 1983. – 15 с.

283. Мухортов, Я. Н. Преимущества глубокой вспашки [Текст] / Я. Н. Мухортов, Н. Г. Мацнева, М. Ф. Михайлова // Сахарная свекла. – 1981. – № 9. – С. 29.

284. Назаренко, Г. В. Регулирование питательного режима чернозема типичного на исходном этапе бессменной плоскорезной обработки почвы [Текст] / Г. В. Назаренко, М. П. Орлов // Науч. тр. почвенного ин-та Укр. с.-х. академии, 1982. – С. 39-42.

285. Назаров, И. А. Эффективность влагонакопительных мероприятий [Текст] / И. А. Назаров, Г. Я. Палецкая, Я. Ф. Щиц // Земледелие. – 1978. – № 8. – С. 67-72.

286. Найденов, А. С. Влияние систем основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на агрофизические показатели выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы [Текст] / А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Тр. КубГАУ. – 2008. – № 5 (14). – С. 36-45.

287. Нарциссов, В. П. К вопросу о системе основной обработки черноземов в Горьковской области [Текст] / В. П. Нарциссов, А. Ф. Фролова, Ю. П. Кузнецова // Науч. тр. – Горький : Горьковский СХИ, 1970. – Т. 25. – С. 82-102.

288. Нарциссов, В. П. О нецелесообразности отказа от отвальной обработки почвы в Горьковской области [Текст] / В. П. Нарциссов // Земледелие. – 1959. – № 11. – С. 67-72.

289. Нарциссов, В. П. Углубление пахотного слоя и окультуривание светло-серых лесных почв [Текст] / В. П. Нарциссов // Науч. тр. – Горький : Горьковский СХИ, 1971. – С. 235-254.

290. Наумов, С. Н. Минимальная обработка серых лесных почв Нечерноземной зоны [Текст] / С. Н. Наумов. – Москва : Колос, 1979. – С. 18-24.

291. Наумов, С. Н. Что дает окультуривание почвы [Текст] / С. Н. Наумов, Е. Н. Иваницкая // Земледелие. – 1974. – № 8. – С. 37-39.

292. Небольсин, И. М. Водно-физические свойства почвы и влагообеспеченность растений [Текст] / И. М. Небольсин // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1964. – Т. 30. – С. 225-262.

293. Низова, А. А. Активная микрофлора и активность сахаразы в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве разных угодий [Текст] / А. А. Низова // Почвоведение. – 1970. – № 10. – С. 97-100.

294. Никитин, В. В. Влияние различных способов основной обработки почвы на эффективность удобрений, применяемых под сахарную свеклу [Текст] / В. В. Никитин, С. И. Попов, Ю. И. Часовских // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 32-33.

295. Никитишен, В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии [Текст] / В. И. Никитишен. – Москва : Наука, 1984. – 214 с.

296. Никитчин, Д. И. Основная обработка почвы под подсолнечник [Текст] / Д. И. Никитчин, А. Е. Минковский, И. В. Аксенов // Земледелие. – 1995. – № 12. – С. 17.

297. Никифоренко, Л. И. Безотвальная обработка и гумусовое состояние эродированного чернозема [Текст] / Л. И. Никифоренко // Земледелие. – 1989. – № 3. – С. 27-29.

298. Николенко, Н. В. Система удобрений и обработки почвы при возделывании озимого ячменя на черноземе выщелоченном [Текст] / Н. В. Николенко, А. Н. Есаулко // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 41-42.

299. Новиков, В. М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте [Текст] / В. М. Новиков // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 24-25.

300. Новичихин, А. М. Эффективность приемов основной обработки в

сочетании с удобрениями на плодородие почвы [Текст] / А. М. Новичихин // Науч. тр. НИИ ЦЧП им. В. В. Докучаева. – Каменная Степь, 1984. – С. 39-50.

301. Носов, Д. К. Влияние поверхностной обработки почвы под озимые на засоренность и урожайность последующих культур [Текст] / Д. К. Носов, М. В. Пархоменко, Н. И. Сонина // Совершенствование обработки почвы и приемов борьбы с сорняками в севооборотах ЦЧЗ : сб. науч. тр. – Воронеж : ВСХИ, 1984. – С. 44-50.

302. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия [Текст] / И. Е. Овсинский. – Киев - Харьков, 1899. – 138 с.

303. Орлов, Д. С. Химия почв : учебник [Текст] / Д. С. Орлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во Московского ун-та, 1990. – 325 с.

304. Орлова, Л. В. Быть или не быть ресурсосберегающим технологиям в России [Текст] / Л. В. Орлова // Земледелие. – 2007. – № 2. – С. 18-19.

305. Остапов, В. И. Почвозащитная обработка почвы на орошаемых землях юга Украины [Текст] / В. И. Остапов, А. Ф. Фесенко // Минимализация обработки почвы. – Москва : Колос, 1984. – С. 90-97.

306. Охинько, И. П. Влияние обработки почвы на дифференциацию обрабатываемого слоя и урожайность зерновых культур [Текст] / И. П. Охинько, И. Ф. Татошин // Земледелие. – 1984. – № 5. – С. 22-24.

307. Павликов, А. А. Агроэкологическая роль приемов земледелия в оптимизации фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур в условиях Среднего Поволжья [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. А. Павликов. – Москва : МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 18 с.

308. Палецкая, Г. Я. Влияние способов обработки на запасы гумуса и изменение органического вещества на выщелоченных черноземах Западной Сибири [Текст] / Г. Я. Палецкая, В.Г. Холмов // Интенсификация земледелия в Сибири и на Дальнем Востоке : сб. науч. тр. – Новосибирск, 1982. – С. 10-16.

309. Палецкая, Г. Я. Фосфатный режим черноземной почвы при от-

вальной и безотвальной обработке [Текст] / Г. Я. Палецкая // Агрохимия. – 1967. – № 5. – С. 22-24.

310. Паневский, Н. П. Способы глубокой вспашки под основные полевые культуры на южных черноземах Крыма [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Н. П. Паневский. – Воронеж, 1961. – 21 с.

311. Панкова, Н. А. Определение гуминовых кислот – свободных и связанных с подвижными формами полуторокисей [Текст] / Н. А. Панкова // Агрохимические методы исследования почв. – Москва, 1965. – С. 59-60.

312. Панов, Н. П. Повышение плодородия почв – важнейшее условие получения высоких урожаев [Текст] / Н. П. Панов // Вестник с.-х. науки. – 1993. – № 10. – С. 68-74.

313. Парахин, Н. В. Влияние различных способов основной обработки на биологическую активность почвы [Текст] / Н. В. Парахин // Докл. Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – 1976. – Вып. 219. – С. 73-76.

314. Парфенов, М. А. Плоскорезная обработка почвы под подсолнечник [Текст] / М. А. Парфенов // Земледелие. – 1982. – № 12. – С. 53-55.

315. Паршиков, В. В. Почвозащитная обработка в Присивашье [Текст] / В. В. Паршиков, М. Е. Сычевский, А. М. Пичугин // Земледелие. – 1992. – № 11-12. – С. 19-21.

316. Петербургский, А. В. Агрохимия и система удобрения [Текст] / А. В. Петербургский. – Москва : Колос, 1967. – 423 с.

317. Петракова, В. А. Влияние различных способов обработки на некоторые физические и химические свойства выщелоченного чернозема [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. А. Петракова. – Уфа, 1963. – 21 с.

318. Пичугин, А. П. Эффективность приемов комплексного повышения плодородия чернозема выщелоченного в звене севооборота : пар (занятый, сидеральный) – озимая пшеница [Текст] : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. П. Пичугин. – Воронеж, 2002. – 158 с.

319. Подвойский, М. Ф. Влияние глубокой пахоты на некоторые эле-

менты плодородия обыкновенного чернозема [Текст] / М. Ф. Подвойский // Почвоведение. – 1966. – № 1. – С. 54-59.

320. Подвойский, М. Ф. Влияние глубокой пахоты на некоторые элементы плодородия обыкновенного чернозема [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / М. Ф. Подвойский. – Харьков, 1972. – 36 с.

321. Подколзин, А. И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии юга России [Текст] / А. И. Подколзин. – Москва : МГУ, 1997. – 182 с.

322. Пономарева, В. В. О генезисе гумусового профиля черноземов [Текст] / В. В. Пономарева // Почвоведение. – 1974. – № 7. – С. 27-37.

323. Попов, И. И. Разработка и применение минимальной технологии обработки почвы в Среднем Поволжье [Текст] / И. И. Попов // Земледелие. – 1989. – № 10.– С. 63-64.

324. Придворев, Н. И. Комплекс приемов воспроизводства плодородия почвы и засоренность посевов [Текст] / Н. И. Придворев, В. В. Верзилин, Е. А. Сидяков // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 20-22.

325. Природные ресурсы ЦЧЭР, перспективы их использования и охрана [Текст] / Б. П. Ахтырцев, В. А. Бугаев, К. Ф. Хмелев и др. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1985. – 200 с.

326. Проскурина, А. А. Урожайность и засоренность яровой пшеницы по основной обработке почвы [Текст] / А. А. Проскурина // Вестник Красноярского ГАУ. – Красноярск, 2011. – № 9. – С. 309-311.

327. Прянишников, Д. Н. Избранные произведения : в 3-х т. Т. 3 : Общие вопросы земледелия и химизации [Текст] / Д. Н. Прянишников. – Москва : Колос, 1965. – Т. 3. – 639 с.

328. Пупонин, А. И. Действие минимальной обработки на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и урожайность полевых культур [Текст] / А. И. Пупонин, К. А. Миронычев // Вестник с.-х. науки. – 1984. – № 2. – С. 56-63.

329. Пупонин, А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны [Текст] / А. И. Пупонин. – Москва : Колос, 1984. – 184 с.

330. Пупонин, А. И. Чизельная обработка дерново-подзолистых почв [Текст] / А. И. Пупонин [и др.] // Земледелие. – 1988. – № 12. – С. 34-36.

331. Пшеничная, С.И. Влияние приемов основной обработки мощного чернозема левобережной лесостепи Украины на некоторые элементы почвенного плодородия [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С.И. Пшеничная. – Харьков, 1967. – 28 с.

332. Пыхтин, И. Г. О принципах построения севооборотов [Текст] / И. Г. Пыхтин // Земледелие. – 1992. – № 9-10. – С. 17-18.

333. Пыхтин, И. Г. Принципы формирования севооборотов и основной обработки почвы в ландшафтных системах земледелия : метод. подходы [Текст] / И. Г. Пыхтин. – Курск : ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2002. – 40 с.

334. Пыхтин, И. Г. Систематические отвальные и безотвальные обработки в севообороте и бессменных посевах [Текст] / И. Г. Пыхтин, Е. В. Шутов // Земледелие. – 2004. – № 3. – С. 18-19.

335. Ревенский, Л. Е. Влияние плоскорезной обработки почвы на мобилизацию нитратного азота [Текст] / Л. Е. Ревенский, И. П. Охинько // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 3-15.

336. Ревут, И. Б. Биологическая активность и плодородие легкосуглинистых черноземно-луговых почв Приднестровья. Физика почв и приемы их обработки [Текст] / И. Б. Ревут, С. А. Чобану. – Ленинград, 1967. – С. 7-17.

337. Ревут, И. Б. Физика почв [Текст] / И. Б. Ревут. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ленинград : Колос, 1972. – 366 с.

338. Ремер, Т. Общее земледелие [Текст] / Т. Ремер, Ф. Шеффер. – Москва-Ленинград : Изд-во колхоз. и совхоз. литературы, 1935. – 390 с.

339. Рендов, Н. А. Сидеральные пары на поля фермерских хозяйств [Текст] / Н. А. Рендов // Плодородие. – 2005. – № 2 (23). – С. 37.

340. Рзаева, В. В. Компоненты агрофитоценоза в зависимости от обра-

боток почвы в лесостепи Тюменской области [Текст] / В. В. Рзаева, Т. В. Симахина, В. А. Поминов // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5. – С. 44-46.

341. Розенберг-Липинский, А. Практическое земледелие [Текст] / А. Розенберг-Липинский. – 5-е изд. – Санкт-Петербург, 1893. – 443 с.

342. Романенко, А. А. Кто поставит точку в войне с землей [Текст] / А. А. Романенко, П. П. Васюков // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 23-25.

343. Романенко, А. А. Противозасушливая энергосберегающая система обработки почвы [Текст] / А. А. Романенко, Н. К. Мазитов // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 18-19.

344. Ротмистров, В. Г. О глубине подрыхления черноземов [Текст] / В. Г. Ротмистров // Земледельческая газета. – 1914. – № 1.

345. Рубинштейн, М. И. Влияние обработки почвы на плодородие богарных сероземов [Текст] / М. И. Рубинштейн, В. А. Сергеенко // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1982. – С. 37-41.

346. Рудай, И. Д. Агроэкологические проблемы повышения плодородия почв [Текст] / И. Д. Рудай. – Москва : Россельхозиздат, 1985. – 255с.

347. Румянцев, В. И. Влияние уплотняющего действия и последействия ходовых систем тракторов на плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственных культур [Текст] / В. И. Румянцев, Р. А. Салихов // Агротехника полевых культур в Нечерноземной зоне РСФСР : Тр. ВСХИЗО, 1986. – С. 21-27.

348. Руссель, С. Микроорганизмы и жизнь почвы [Текст] / Стефан Руссель; перевод с польск. Г.Н. Мирошниченко. – Москва : Колос, 1977. – 223 с.

349. Рымарь, В. Т. Агробиологические основы возделывания подсолнечника в Центральном Черноземье [Текст] / В. Т. Рымарь, В. И. Турусов. – Воронеж : Истоки, 2007. – 152 с.

350. Рымарь, С. В. Длительное применение различных способов основной обработки и плодородие чернозема обыкновенного [Текст] / С. В. Рымарь // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 22-23.

351. Рымарь, В. Т. Прошлое, настоящее и будущее чернозема [Текст] /

В. Т. Рымарь, Г. П. Покудин. – Каменная Степь: Бутурлиновское кн. изд-во, 1997. – 125 с.

352. Рындин, В. М. Глубина основной обработки [Текст] / В. М. Рындин // Земледелие. – 1977. – № 1. – С. 47-49.

353. Рюбензам, Э. Земледелие [Текст] / Э. Рюбензам, К. Рауэ; пер. с нем. А.М. Лыкова. – Москва : Колос, 1969. – 520 с.

354. Рябов, Е. И. Эффективные способы защиты почв от эрозии [Текст] / Е. И. Рябов, В. В. Орлов // Земледелие. – 1981. – № 2. – С. 32-33.

355. Салихов, А. С. Способы основной обработки почвы и урожайность яровых зерновых культур [Текст] / А. С. Салихов, М. Д. Кадыров // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 12-13.

356. Салищев, Л. И. Минимальная обработка и воспроизводство плодородия типичного чернозема [Текст] / Л. И. Салищев, Н. Р. Бахтизин. – Уфа, 1993. – 120 с.

357. Самойлов, Н. И. Опыт практической оценки значения навоза как источника углекислоты [Текст] / Н. И. Самойлов // Биол. Ленингр. лаб. ВИАП. – 1931. – Вып. 42. – С. 26-36.

358. Санковский, В. И. Чизелевание в условиях Белоруссии [Текст] / В.И. Санковский // Земледелие. – 1985. – № 9. – С. 40-41.

359. Саранин, К. И. Влияние основной обработки на плодородие почвы [Текст] / К. И. Саранин, Н. А. Старовойтов // Земледелие. – 1982. – № 9. – С. 24-26.

360. Сафонов, А. Ф. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия Нечерноземной зоны [Текст] / А. Ф. Сафонов. – Москва : МСХА, 2004. – 100 с.

361. Свиридов, Н. С. Применение плоскорезов [Текст] / Н. С. Свиридов, Б. В. Егоров, В. Ф. Кульков // Земледелие. – 1977. – № 2. – С. 40-41.

362. Свистова, И. Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглотительный комплекс и микробное сообщество выщелоченно-

го чернозема [Текст] / И. Д. Свистова [и др.] // Агрохимия. – 2004. – № 6. – С. 16-23.

363. Сдобников, С. С. Обработка почвы и питание растений [Текст] / С. С. Сдобников // Земледелие. – 1980. – № 8. – С. 18-21.

364. Сдобников, С. С. Острые проблемы теории обработки почвы [Текст] / С. С. Сдобников // Земледелие. – 1988. – № 12. – С. 16-22.

365. Сдобников, С. С. Пахать или не пахать? [Текст] / С. С. Сдобников. – Москва : Знание, 1989. – 61 с.

366. Семихненко, П. Г. Влияние основной обработки на структуру и сложение пахотного слоя выщелоченного чернозема [Текст] / П. Г. Семихненко, П. Н. Ярославская // Почвоведение. – 1977. – № 8. – С. 93-99.

367. Сидоров, М. И. Агротехнические основы полевых севооборотов и вопросы основной обработки почвы в Молдавской ССР [Текст] / М. И. Сидоров // Доклад по опубликованию работы на соискание уч. степени д-ра с.-х. наук. – Москва, 1967. – 68 с.

368. Сидоров, М. И. Земледелие на черноземах [Текст] / М. И. Сидоров, Н. И. Зезюков. – Воронеж : ВГУ, 1992. – 184 с.

369. Сидоров, М. И. И плуг, и плоскорез [Текст] / М. И. Сидоров // Земледелие. – 1989. – № 6. – С. 21-25.

370. Сидоров, М. И. К вопросу о повышении плодородия глубоко гумусированных черноземов Молдавии [Текст] / М. И. Сидоров, Г. Н. Ванькович // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1968. – С. 147-152.

371. Сидоров, М. И. Плодородие и обработка почвы [Текст] / М. И. Сидоров. – Воронеж : Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1981. – 96 с.

372. Сидоров, М. И. Современные тенденции в системе обработки почвы в связи с интенсификацией земледелия [Текст] / М. И. Сидоров // Науч. тр. ВСХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1980. – Т. III. – С. 135-146.

373. Сидоров, М. И. Современные тенденции в обработке почвы [Текст] / М. И. Сидоров // Земледелие. – 1980. – № 7. – С. 59-61.

374. Сидяков, Е. А. Влияние различных комплексов приемов воспроизводства плодородия почвы на засоренность посевов культур севооборота с сидеральным паром [Текст] / Е. А. Сидяков, Н. И. Придворев // Эволюция и деградация почвенного покрова : мат. 3-й межд. науч.-практ. конф. – Воронеж : ВГАУ, 2007. – Ч. I. – С. 263-269.

375. Сидяков, Е. А. Содержание элементов питания в почве, засоренность и урожайность культур севооборота при разных комплексах приемов воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного в лесостепи ЦЧР [Текст] : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Е. А. Сидяков. – Воронеж : Воронежский гос. аграр. ун-т, 2009. – 189 с.

376. Ситников, В. Н. Интегрированное влияние способов основной обработки почвы и гербицидов на агроценоз и урожайность подсолнечника в зоне неустойчивого увлажнения [Текст]: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. Н. Ситников. – Ставрополь : Ставропольский ГАУ, 2006. – 23 с.

377. Скопина, Л. Ю. Влияние систем обработки и гербицидов на плодородие выщелоченного чернозема и продуктивность пашни в звене зернового севооборота с занятым паром [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Л. Ю. Скопина. – Тюмень : Тюменская ГСХА, 2000. – 22 с.

378. Скорняков, С. М. Плуг: крушение традиций? [Текст] / С. М. Скорняков. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 174 с.

379. Скоробогатов, П. О некоторых приемах выращивания гороха на целине [Текст] / П. Скоробогатов, А. Дидюк // Зерновые культуры. – 1965. – № 5. – С. 8-9.

380. Слесарев, В. Н. Почвенные деформации пахотного слоя сибирских черноземов [Текст] / В. Н. Слесарев // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 22-23.

381. Слесарев, В. Н. Энергосберегающие приемы обработки сибирских черноземов [Текст] / В. Н. Слесарев, Н. И. Буянкин, М. М. Шмидт // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 19-20.

382. Смирнов, Б. А. Агрофизические свойства почвы в зависимости от

систем обработки, удобрений и гербицидов [Текст] / Б. А. Смирнов, А. А. Шахрай, В. Н. Кузьмин // Плодородие. – 2008. – № 3. – С. 23-27.

383. Смирнов, Б. М. Минимализация основной обработки почвы и засоренность посевов [Текст] / Б. М. Смирнов, А. С. Мазохин // Земледелие. – 1990. – № 2. – С. 43-45.

384. Смуров, С. И. Безотвальная обработка снижает затраты на выращивание подсолнечника [Текст] / С. И. Смуров, Д. Х. Джалалзаде, О. А. Подлегаев, О. В. Григоров // Земледелие. – 2003. – № 5. – С. 28-29.

385. Советов, А. В. О системах земледелия. Избранные сочинения [Текст] / А. В. Советов. – Москва : Сельхозгиз, 1950. – 419 с.

386. Соколов, Н. С. Общее земледелие [Текст] / Н. С. Соколов. – Москва : Сельхозгиз, 1935. – 666 с.

387. Соколовский, А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение : учеб. пособие [Текст] / А. Н. Соколовский. – Москва, 1956. – 336 с.

388. Стебут, И. А. Обработка почвы [Текст] / И. А. Стебут. – Москва, 1871. – 44 с.

389. Стрельченко, В. П. Водопроницаемость дерново-подзолистых почв при различных способах обработки [Текст] / В. П. Стрельченко, А. А. Орлянский // Почвоведение. – 1987. – № 8. – С. 69-74.

390. Сухов, А. Н. Питательный режим светло-каштановых почв [Текст] / А. Н. Сухов, А. К. Журбенко // Степные просторы. – 1984. – № 1. – С. 22-23.

391. Сысоев, В. В. Агромелиоративная оценка изменения плодородия чернозема выщелоченного под влиянием сельскохозяйственных культур и обработки почвы [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.02; 06.01.01 / В. В. Сысоев. – Пенза : Пензенская ГСХА, 2005. – 23 с.

392. Тайчинов, С. Н. Приемы повышения эффективности глубокой вспашки в Башкирии [Текст] / С. Н. Тайчинов, М. М. Хамидуллин // Земледелие. – 1963. – № 8. – С. 46-49.

393. Тарарико, А. Г. Влияние обработки чернозема на его устойчивость к эрозии [Текст] / А. Г. Тарарико, Г. И. Миронов, В. В. Заика [и др.] // Земледелие. – 1983. – № 12. – С. 16-18.

394. Тарарико, А. Г. Что показала дискуссия по полтавскому эксперименту [Текст] / А. Г. Тарарико // Земледелие. – 1988. – № 12. – С. 13-16.

395. Таскин, В. М. Влияние основной обработки на биологическую активность почвы и урожайность пшеницы [Текст] / В. М. Таскин, С. Г. Пасечкин // Интенсификация земледелия в Сибири и на Дальнем Востоке : сб. науч. тр. – Новосибирск, 1982. – С. 126-134.

396. Тинджюлис, А. Влияние глубины зяблевой вспашки и удобрений на плодородие частей пахотного слоя и на сроки обработки почвы [Текст] / А. Тинджюлис, А. Зимкувене // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград, 1969. – С. 212-214.

397. Тихонов, А. В. Периодическая вспашка необходима [Текст] / А. В. Тихонов, С. М. Свитко // Земледелие. – 1988. – № 5. – С. 24-25.

398. Томпсон, Л. М. Почвы и их плодородие [Текст] / Л. М. Томпсон, Ф. Р. Троу: пер. с англ. – Москва : Колос, 1982. – 462 с.

399. Трофимова, Т. А. Возделывание ячменя по различным приемам обработки почвы [Текст] / Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, Е. С. Орехова // Агробиологические основы повышения урожайности и качества продукции полевых культур в ЦЧР. – Воронеж : ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. – 270 с.

400. Трушин, В. Ф. Опыт минимализации обработки на Среднем Урале [Текст] / В. Ф. Трушин, С. К. Мингалев, С. А. Маланичев // Земледелие. – 1990. – № 2. – С. 60-63.

401. Туев, Н. А. Микробиологические процессы гумусообразования [Текст] / Н. А. Туев. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 236 с.

402. Тулайков, Н. М. К вопросу об основной вспашке [Текст] / Н. М. Тулайков // Социалистическое земледелие. – 1932. – 4 мая.

403. Тур, П. Углубление пахотного слоя [Текст] / П. Тур, Н. Картамышев // Земледелие. – 1972. – № 8. – С. 21-23.

404. Турусов, В. И. Исследование газообмена в почве при различных способах и глубине основной обработки [Текст] / В. И. Турусов // Тр. науч.-исслед. ин-та сельского хоз-ва ЦЧП им. В. В. Докучаева. – Каменная Степь, 1985. – С. 109-112.

405. Турусов, В. И. Основная обработка почвы и продуктивность подсолнечника [Текст] / В. И. Турусов // Земледелие. – 2004. – № 2. – С. 24.

406. Тюрин, И. В. Из результатов работы бригады АН СССР по изучению системы обработки почв по способу Т. С. Мальцева на Шадринской опытной станции [Текст] / И. В. Тюрин // Почвоведение. – 1957. – № 8. – С. 1-11.

407. Усовершенствованные и новые способы механической обработки почвы и приемы применения удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья [Текст] ; под общ. ред. Г. Н. Черкасова. – Курск : Изд-во Всерос. науч.-исслед. ин-та земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2009. – 43 с.

408. Ушкаренко, В. А. Теоретическое обоснование и агротехнические условия интенсивного использования орошаемых каштановых почв юга УССР [Текст] : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / В. А. Ушкаренко. – Кишинев, 1976. – 34 с.

409. Федотов, В. А. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы [Текст] / В. А. Федотов, Г. Н. Карасев. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд.-во, 1987. – 192 с.

410. Федотов, Н. И. Безотвальная обработка почвы в засушливой зоне Ставрополья [Текст] / Н. И. Федотов // Тез. докл. – Ставрополь, 1972. – С. 28-30.

411. Фетюхин, И. В. Углубление пахотного слоя почвы путем чизелевания [Текст] / И. Ф. Фетюхин // Земледелие. – 2000. – № 6. – С. 17.

412. Фисюнов, А. В. Нужен дифференцированный подход [Текст] / А. В. Фисюнов // Земледелие. – 1982. – № 9. – С. 24-26.

413. Фокин, А. Д. Идеи В. В. Докучаева и проблема органического вещества почв [Текст] /А. Д. Фокин // Почвоведение. – 1996. – № 2. – С. 186-196.

414. Фолкнер, Э. Х. Безумие пахаря [Текст] / Э. Х. Фолкнер ; пер. с англ. – Москва : Госиздат с.-х. литературы, 1959. – 276 с.

415. Францесон, В. А. Избранные труды. Черноземные почвы СССР [Текст] / В. А. Францесон. – Москва : Сельхозиздат, 1963. – 383 с.

416. Фурман, П. М. Эффективность углубления пахотного слоя почвы в западных областях Украины [Текст] / П. М. Фурман. – Москва, 1984. – 106 с.

417. Хабибрахманов, Х. Х. Некоторые результаты изучения длительной безотвальной обработки почвы в Татарии. Минимализация обработки почвы [Текст] / Х. Х. Хабибрахманов, И. И. Долотин. – Москва, 1984. – 222 с.

418. Хазиев, Ф. Х. Активность ферментов азотного обмена и динамика азота в черноземах [Текст] / Ф. Х. Хазиев, Я. М. Агафаров // Азотный фонд и биохимические свойства почв Башкирии : сб. науч. тр. – Уфа, 1977. – С. 41-70.

419. Хазиев, Ф. Х. Влияние минеральных удобрений на некоторые биохимические процессы в черноземах [Текст] / Ф. Х. Хазиев // Агрохимия. – 1977. – № 6. – С. 99-105.

420. Хазиев, Ф. Х. Ферментативная активность почв : метод. пособие [Текст] / Ф. Х. Хазиев. – Москва : Наука, 1976. – 180 с.

421. Халиуллин, К. З. Минимализация обработки почвы в Республике Башкортостан [Текст] / К. З. Халиуллин, М. М. Давлетшин, Т. И. Хаматшин // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 18-19.

422. Ходыкина, В. В. Влияние основной обработки почвы и удобрений на урожайность и качество кориандра в условиях юго-востока ЦЧЗ [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. В. Ходыкина. – Белгород : Белгородская ГСХА. – Белгород, 2006. – 19 с.

423. Холмов, В. Г. Влияние продолжительного применения минимальной обработки на водный режим и запасы гумуса в выщелоченном черноземе

южной лесостепи Западной Сибири [Текст] / В. Г. Холмов, Г. Я. Палецкая // Минимализация обработки почвы. – Москва, 1984. – С. 285-290.

424. Холмов, В. Г. Влияние способа обработки на урожай и качество зерна [Текст] / В. Г. Холмов, Л. В. Юшкевич // Земледелие. – 1988. – № 9. – С. 44-46.

425. Холмов, В. Г. Совершенствование технологии основной обработки почвы под твердую пшеницу в южной лесостепи Западной Сибири [Текст] / В. Г. Холмов, Л. В. Юшкевич, В. А. Ершов // Сибирский вестник с.-х. наук. – 1985. – № 6. – С. 1-5.

426. Циков, В. С. Борьба с сорняками при почвозащитных обработках [Текст] / В. С. Циков, Л. А. Матюха, М. С. Шевченко // Земледелие. – 1988. – № 3. – С. 54-56.

427. Цыбакова, Ю. Н. Биологическая активность темно-серой лесной почвы при различном уровне антропогенной нагрузки [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Ю.Н. Цыбакова. – Орел : Орловский ГАУ, 2004. – 20 с.

428. Цыганов, М. С. Почвы и условия почвообразования территории опытного поля полевой опытной станции ВСХИ [Текст] / М. С. Цыганов, В. Ф. Куклинова. – Воронеж, 1954. – 134 с.

429. Чалый, П. Пахота без плуга [Текст] / П. Чалый // Коммуна. – 1987. – 26 сентября.

430. Черепанов, Г. Г. Нулевая обработка почвы: итоги исследований и опыт применения: обзорная информация НИИТЭИагропром [Текст] / Г. Г. Черепанов. – Москва : НИИТЭИагропром, 1994. – 44 с.

431. Черкасов, Г. Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы [Текст] / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 20-22.

432. Чернилевский, Н. С. Изучение способов обработки почвы в Полесье Украины [Текст] / Н. С. Чернилевский // Земледелие. – 1986. – № 12. – С. 35-36.

433. Чернышов, В. А. Приемы обработки дерново-подзолистых почв Северо-Запада РСФСР [Текст] : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / В. А. Чернышов. – Ленинград - Пушкин : Ленинградский СХИ, 1967. – 43 с.

434. Черячукин, М. И. Система обработки почвы и продуктивность культур [Текст] / М. И. Черячукин // Вестник с.-х. науки. – 1986. – № 2.– С. 15-16.

435. Чуданов, И. А. Минимализация обработки черноземов [Текст] / И. А. Чуданов, Л. Ф. Лигистаева // Земледелие. – 2000. – № 4. – С. 15-16.

436. Чуданов, И. А. Обработка почвы под горох [Текст] / И. А. Чуданов // Зернобобовые культуры. – 1964. – № 9. – С. 20-21.

437. Чуданов, И. А. Обработка черноземных почв в Среднем Заволжье [Текст] / И. А. Чуданов, В. П. Васильев // Земледелие. – 1986. – № 8. – С. 24-26.

438. Чуданов, И. А. Плоскорезная обработка почвы в борьбе с засухой [Текст] / И. А. Чуданов // Земледелие. – 1980. – № 5. – С. 13-15.

439. Чуданов, И. А. Почвозащитная обработка в севооборотах степного Заволжья [Текст] / И. А. Чуданов // Минимализация обработки почвы. – Москва : Колос, 1984. – С. 237-244.

440. Чундерова, А. И. Активность почвенных ферментов и pH [Текст] / А. И. Чундерова // Агрохимия. – 1970. – № 5. – С. 71-78.

441. Чундерова, А. И. Активность фосфатазы в дерново-подзолистых почвах [Текст] / А. И. Чундерова, Т. П. Зубец // Почвоведение. – 1969. – № 11. – С. 15-18.

442. Чундерова, А. И. Ферментативная активность дерново-подзолистых почв северо-западной зоны [Текст] : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / А. И. Чундерова. – Таллин, 1973. – 46 с.

443. Чупрова, В. В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири [Текст] / В. В. Чупрова. – Красноярск : Красноярский гос. ун-т, 1997. – 166 с.

444. Шабаев, А. И. Ресурсосберегающая почвозащитная обработка почвы в агроландшафтах Поволжья [Текст] / А. И. Шабаев, Н. М. Жолинский, Н. М. Азизов // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 20-22.

445. Шабашов, В. В. Ефективність способів основного обробітку грунту під чисті пари після соняшнику [Текст] / В. В. Шабашов, В. М. Токаренко, Г. Г. Шепелев // – Вісн. с.-г. науки. – 1981. – № 9. – С. 16-18.

446. Шаболина, В. С. Влияние отвальной и безотвальной обработок на влажность почвы [Текст] / В. С. Шаболина // Докл. ТСХА. – 1963. – Вып. 83. – С. 33-37.

447. Шапошникова, И. М. Изменение органического вещества почв при их сельскохозяйственном использовании [Текст] / И. М. Шапошникова, А. А. Новиков // Почвоведение. – 1986. – № 8. – С. 58-62

448. Шарков, И. Н. Минимализация обработки и ее влияние на плодородие почвы [Текст] / И. Н. Шарков // Земледелие. – 2009. – № 3. – С. 24-25.

449. Шахова, О. А. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях внедрения ресурсосберегающих технологий в лесостепной зоне Северного Зауралья [Текст] / О. А. Шахова, Д. И. Еремин // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2007. – С. 149-153.

450. Шенявский, А. Л. «Минимальная», «нулевая» и другие способы обработки почвы [Текст] / А.Л. Шенявский. – Москва, 1965. – 86 с.

451. Шикула, Н. К. Влияние длительной бесплужной обработки на содержание и качество гумуса [Текст] / Н. К. Шикула, Г. В. Назаренко, А. Д. Балаев // Земледелие. – 1987. – № 4. – С. 24-27.

452. Шикула, Н. К. Выращивание сахарной свеклы при бессменной минимальной обработке черноземов типичных [Текст] / Н. К. Шикула, Г. В. Назаренко, М. П. Орлов // Вестник с.-х. науки. – 1984. – № 4. – С. 37-46.

453. Шикула, Н. К. Динамика гумуса при минимализации обработки чернозема типичного тяжелосуглинистого [Текст] / Н. К. Шикула // Повышение эффективности использования удобрений и плодородия почв в УССР : сб. докл. – Харьков, 1985. – С. 125-126.

454. Шикула, Н. К. Почвозащитная бесплужная обработка полей / Н. К. Шикула. – Москва : Знание, 1990. – 62 с.

455. Шипилов, М. А. Влияние уплотнения почвы ходовыми системами тракторов на агрофизические, биологические свойства и плодородие обыкновенного чернозема [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / М. А. Шипилов. – Каменная Степь, 1983. – 200 с.

456. Шкуринов, П. И. Влияние обработки на воздушный режим торфяно-болотной почвы [Текст] / П. И. Шкуринов, М. П. Переднева // Тр. Белорус. науч.-исслед. ин-та почвовед. и агрохим. – 1975. – Вып. 12. – С. 40-46.

457. Шлыков, В. И. Основная обработка почвы под озимую пшеницу по стерневым предшественникам [Текст] / В. И. Шлыков, В. М. Рындин, В. А. Покатаев // Науч. тр. Ставропольского НИИ сельского хоз-ва. – Ставрополь, 1983. – С. 49-64.

458. Шульмейстер, К. Г. Борьба с засухой и урожай [Текст] / К. Г. Шульмейстер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1988.– 263 с.

459. Щербаков, А. П. Азотсодержащие компоненты черноземов и серых лесных почв, их трансформация и роль в современном почвообразовании [Текст] : автореф. дис. … д-ра биол. наук / А.П. Щербаков. – Москва : МГУ, 1978. – 46 с.

460. Щербаков, А. П. Антропогенная эволюция черноземов [Текст] / А. П. Щербаков, И. И. Васенев. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. – 412 с.

461. Щербаков, А. П. Влияние различных способов внесения азотных удобрений на динамику минеральных соединений азота и ферментативную активность чернозема выщелоченного [Текст] / А. П. Щербаков, Л. Д. Стахурлова // Почвоведение. – 1996. – № 8. – С. 992-998.

462. Щербаков, А. П. Проблемы использования и охраны черноземов [Текст] / А. П. Щербаков, И. И. Васенев // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 83-89.

463. Щербаков, А. П. Характеристика биологической активности чер-

ноземов Центрально-Черноземной зоны [Текст] / А. П. Щербаков, Н. Я. Кутовая, Т. А. Девятова // Агроэкологические принципы земледелия. – Москва : Колос, 1993. – С. 197-219.

464. Щербакова, Т. А. Использование показателей ферментативной активности почвы для характеристики функциональной активности ее живого населения [Текст] / Т. А. Щербакова // Динамика микробиологических процессов в почве : сб. науч. тр. – Таллин, 1974. – Ч. I. – С. 44-50.

465. Эффективность и совершенствование систем земледелия ЦЧЗ [Текст] / М. И. Сидоров, Н. И. Хабаров, И. М. Небольсин, Н. И. Зезюков. – Воронеж : Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1986. – 93 с.

466. Юскин, А. А. Влияние систем обработки почвы и севооборотов на фракционный состав гумуса [Текст] / А. А. Юскин, В. И. Макаров, А. И. Венчиков // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 20-21.

467. Юферов, В. А. Безотвальная обработка почвы [Текст] / В. А. Юферов. – Москва : Россельхозиздат, 1965. – 87 с.

468. Юхин, И. П. Способы основной обработки почвы и продуктивность сахарной свеклы в Башкортостане [Текст] / И. П. Юхин, Е. В. Пожидаев, В. Н. Осипов // Земледелие. – 2009. – № 3. – С. 28-30.

469. Ябанжи, О. В. Влияние способов заделки органических удобрений на показатели плодородия и продуктивность дерново-подзолистой почвы [Текст] : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / О. В. Ябанжи. – пос. Немчиновка (Московская обл.) : НПО «Подмосковье», 1989. – 22 с.

470. Яворский, А. Г. Дифференциация обработки почвы в Лесостепи Украины [Текст] / А. Г. Яворский, И. П. Максимчук, Ю. П. Манько // Земледелие. – 1988. – № 3. – С. 44-45.

471. Яловицкий, К. М. Влияние технологий возделывания кукурузы на твердость почвы [Текст] / К. М. Яловицкий // Защита почв от эрозии в условиях применения индустриальных технологий. – Кишинев, 1987. – С. 47-54.

472. Яровенко, В. В. Динамика содержания свободных аминокислот

как показатель интенсивности биологических процессов [Текст] / В. В. Яровенко, А. П. Щербаков, А. В. Яровенко // Биологические науки. – 1971. – № 5. – С. 116-119.

473. Яценко, В. Г. Основные элементы системы земледелия [Текст] / В. Г. Яценко, В.С. Гаген // С каждого гектара полной мерой : мат. II съезда агрономов Липецкой области. – Липецк, 1957. – С. 29-41.

474. Яценко, В. Г. В помощь свекловоду [Текст] / В. Г. Яценко. – Воронеж : Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1975. – 136 с.

475. Andreini M.S. Preferential paths of flow under conservation and conventional tillage / M.S. Andreini, T.S. Steenhuis // Geoderma. – 1990. – Vol. 46, Issue 1-3 March. – P. 85-102.

476. Balesdent J. Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields / J. Balesdent, A. Mariotti, D. Boisgontier // Journal of Soil Science. – 1990. – Vol. 41, Issue 4, December. – P. 587-596.

477. Black C.A. Soil-Plant Relationships / C.A. Black. – 2nd ed. – New York: John Wiley and Sons, 1968. – 792 pp.

478. Brinsfield R.B. Leaching of pesticides in coastal plain soils as influenced by tillage system / R.B. Brinsfield, K.W. Staver, W.L. Magette // American Society of Agricultural Engineers Journal. – 1988. – Fiche No. 88-2650.

479. Campbell C.A. Snow and fertilizer management for continuous zero-till spring wheat / C.A. Campbell, W. Nicholaichuk, R.P. Zentner, J.D. Beaton // Canadian Journal of Soil Science. – 1986. – Vol. 66. – P. 535-551.

480. Chang C. Effect of long-term minimum tillage practices on some physical properties of Chernozemic clay loam / C. Chang, C.W. Lindwall // Canadian Journal of Soil Science. – 1989. – Vol. 69 (3). – P. 443-449.

481. Currie J.A. Gas diffusion through soil crumbs: the effects of compaction and wetting / J.A. Currie // Journal of Soil Science. – 1984. – Vol. 6. – P. 1-16.

482. Doran J.W. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage / J.W. Doran // Soil Science Society of America Journal. – 1980. – Vol. 44. – P. 518-524.

483. Dowdell R.J. Field studies of ethylene in the soil atmosphere: Equipment and preliminary results / R.J. Dowdell, K.A. Smith, R. Crees, S.W.F. Restall // Soil Biol. Biochem. – 1972. – Vol. 4. – P. 325-331.

484. Edwards W.M. Water and nitrate movement in earthworm burrows within long-term no-till cornfield / W.M. Edwards, M.J. Shipitalo, L.B. Owens, L.D. Norton // Journal of Soil and Water Conservation. – 1989. – Vol. 44. – P. 240-243.

485. Ermich D. Zur Verbesserung der Pflug Bearbeitung auf schweren Boden / D. Ermich // Deutsche Landwirtschaft. – 1962. – № 10. – S. 121-126.

486. Finney J.R. The effect of soil physical conditions produced by various cultivation systems on the root development of winter wheat / J.R. Finney, B.A. Knight // Journal of Agricultural Science, Cambridge. – 1973. – Vol. 80. – P. 435-442.

487. Follett R.F. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics / R.F. Follett, D.S. Schimel // Soil Science Society of America Journal. – 1989. – Vol. 53. – P. 1091-1096.

488. Foth H.D. Soil fertility / H.D. Foth, B.G. Ellis. – New York : John Wiley and Sons, 1988. – 121 pp.

489. Gallaher R.N. Effect of no tillage versus conventional tillage on soil organic matter and nitrogen contents / R.N. Gallaher, M.B. Ferrer // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 1987. – Vol. 18 (10). – P. 1061-1076.

490. Groffman P.M. Nitrogen dynamics in conventional and no-tillage agroecosystems with inorganic fertilizer or legume nitrogen inputs / P.M. Groffman, P.F. Hendrix, D.A. Crossley // Plant and Soil. – 1987. – Vol. 97. – P. 315-332.

491. Hairston J.E. Tillage and fertilizer management effects on soybean

growth and yield on three Mississippi soils / J.E. Hairston, W.F. Jones, P.K. McConnaughey, L.K. Marshall, K.B. Gill // Journal of Production Agriculture. – 1990. – Vol. 3. – P. 317-323.

492. Halstead E.H. Innovative cropping systems for Saskatchewan / E.H. Halstead, de Jong E. – University of Saskatchewan, 1988. – 5 pp.

493. Halvorson A.D. Nutrient requirements and fertilizer use / A.D. Halvorson, M.M. Alley, L.L. Murphy // *In* E.G. Heyne, ed. Wheat and Wheat Improvement. – 2nd ed. Agron. Monograph. – Madison, WI, USA, 1987. – Vol. 13. – P. 347-383.

494. Haugen-Kozyra K. Nitrogen partitioning and cycling in barley-soil systems under conventional and zero tillage in Central Alberta / K. Haugen-Kozyra, N.G. Juma, M. Nyborg // Canadian Journal of Soil Science. – 1973. – Vol. 73. – P. 183-196.

495. Hayhoe H.N. Tillage effects on corn emergence rates / H.N. Hayhoe, L.M. Dwyer, D. Balchin, J.L.B. Culley // Soil & Tillage Research. – 1993. – Vol. 26. – P. 45-53.

496. Hayman P. Minimum tillage / P. Hayman // Power Farming. – 1991. – Vol. 101. – P. 32.

497. Helms G.L. Government programs and adoption of conservation tillage practices on non-irrigated wheat farms / G.L. Helms, D. Bailey, T.F. Glover // American Journal of Agricultural Economics. – 1987. – Vol. 69. – No. 4. – P. 786-795.

498. Hendrix P.F. Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations / P.F. Hendrix, C.R. Han, P.M. Groffman // Soil & Tillage Research. – 1988. – Vol. 12. – P. 135-148.

499. Heyland K.U. Zwischenfrucht in der «Rheinischen Fruchtfolge» ein Gewinn? / K.U. Heyland // Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland. – 1983. – Vol. 149. – № 37. – S. 2217-2219.

500. Hippa N.A. The effect of a slant-legged sub coiler in soil compaction

and the grant of direct-drilled winter wheat / N.A. Hippa, D.R. Hodgeon // Soil Science Society of America Journal. – 1987. – Vol. 1109. – P. 305-319.

501. Kaspar T.C. Corn response to seed-row residue removal / T.C. Kaspar, D.C. Erbach, R.M. Cruse // Soil Science Society of America Journal. – 1990. – Vol. 54. – P. 1112-1117.

502. Lal R. Influence of 25 years of continuous corn production by three tillage methods on water infiltration for two soils in Ohio / R. Lal, D.M. Jr. Van Doren // Soil & Tillage Research. – 1990. – Vol. 16. – P. 71-83.

503. Leuthold F.O. West Tennessee farmer's use of no-till planting / F.O. Leuthold, C. Hart // Annual Report of the Tennessee Agricultural Experiment Station. – University of Tennessee, Knoxville, 1988. – Bull. 660, July. – 49 pp.

504. Locke M.A. Fertilizer placement effects on seasonal nitrogen accumulation and yield of no-tillage and conventional tillage sorghum / M.A. Locke, F.M. Hons // Agronomy Journal. – 1988. – Vol. 80 (2). – No. 1. – P. 180-185.

505. Maillard A. Effet du tassement du sol avant la preparation final du lit de semence / A. Maillard, J.A. Neyroud, A. Ves. – Revue Suisse d'Agriculture. – 1984. – Vol. 16. – No. 5. – P. 249-253.

506. Mbagwu J.S.C. Properties of soil aggregates as influenced by tillage practices / J.S.C. Mbagwu, P. Bazzoffi // Soil Use and Management. – 1989. – Vol. 5. – P. 180-188.

507. Nielsen R.A. Response of wheat to phosphorus placement under three tillage systems in a wheat-fallow rotation / R.A. Nielsen, D.D. Baltensperger, F. Anderson // American Society of Agronomy Annual Meeting, 1991. – Madison, 1991. – P. 296.

508. Nitsch W. Bessere Bodenbearbeitung / W. Nitsch. – Berlin, 1937. – 237 s.

509. Nyborg M. Effect of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate nitrogen content, moisture and temperature of soil in north-central Alberta / M. Nyborg, S.S. Malhi // Soil & Tillage Research. – 1990. – Vol. 15. – P. 1-9.

510. Pikul J.L. N jr. Soil properties and crop yield among four tillage systems in wheat-pea rotation / J.L. N jr. Pikul, R.E. Ramig, D.E. Wilkins // Soil & Tillage Research. – 1993. – Vol. 26. – P. 151-162.

511. Pelgrin F. The influence of tillage methods on soil physical properties and water balance for a typical crop rotation in SW Spain / F. Pelgrin, F. Moreno, J. Martin-Aranda, M. Camps // Soil & Tillage Research. – 1990. – Vol. 16. – P. 345-358.

512. Rauche K. Verbesserung leichter Boden durch melioratives Pflugen / K. Rauche, V. Lehne. – Berlin, 1961. – 158 s.

513. Russell E.W. Studies in soil cultivation: VII. The effect of cultivation on crop yield / E.W. Russell, B.A. Keen // The Journal of Agricultural Science. – 1938. – Vol. 28. – Issue 2. – P. 8-38.

514. Rid H. Uber der Komplexwirkung der Untergrundlockening / H. Rid // Zeitschrift fur Acker und Pflanzenbau. – 1960. – № 4. – S. 17-21.

515. Shipitalo M.J. Comparison of morphology and porosity of a soil under conventional and zero tillage / M.J. Shipitalo, R. Protz // Canadian Journal of Soil Science. – 1987. – Vol. 67. – P. 445-456.

516. Sollins P. Net nitrogen mineralization from light and heavy-fraction forest soil organic matter / P. Sollins, G. Spycher, C.A. Classman // Soil Biol. Biochem. – 1984. – Vol. 16. – P. 31-37.

517. Stecker J.A. Application placement and timing of nitrogen solution for no-till corn / J.A. Stecker, D. Buchholz, R.G. Hanson, N.C. Wollenhaupt, K.A. McVey // Agronomy Journal. – 1993. – Vol. 85. – P. 645-650.

518. Teipel R. Weitere Versuche mit Untergrundlockening und Tieplugen / R. Teipel, R. German // Deutsche Landwirtschaft. – 1955. – № 3. – S. 24-28.

519. Thomas G.W. The future of no-tillage / G.W. Thomas // Proceedings of the 1985 Southern Region No-till Conference: July 16-17, 1985, Griffin, Georgia, Agricultural Experimental Station. – University of Georgia, Athens, Georgia, USA. – P. 242-247.

520. Triplett G.B. Effect of corn (Zea mays L.) stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration / G.B. Triplett, D.M. Van Doren, B.L. Schmidt // Agronomy Journal. – 1968. – Vol. 60 – P. 236-239.

521. Weill A.N. Effect of tillage reduction and fertilizer type on soil properties during corn (Zea mays L.) production / A.N. Weill, G.R. Mehuys, E. Mckyes // Soil & Tillage Research. – 1990. – Vol. 17. – P. 63-76.

522. Wilson B. Population models in strategic planning for control of Avena fatua / B. Wilson // Plant Protection for Human Welfare: 10th International Congress of Plant Protection: Proceedings of a conference held at Brighton, England, 20-25 November, 1983. – P. 174.

523. Wood C.W. Long-term crop management affects soil fertility / C.W. Wood, J.H. Edwards, M.E. Ruf, J.T. Eason // Highlights of Agricultural Research: Alabama Agricultural Experiment Station. – 1991. – Vol. 38 (3). – P. 7.

524. Zentner R.P. Economics of fertilizer-N-management for zero-tillage continuous spring wheat in the Brown soil zone / R.P. Zentner, F. Selles, C.A. Campbell, K. Handford, B.G. McConkey // Canadian Journal of Plant Science. – 1992. – Vol. 72 (4). – P. 981-995.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 3.1

Общая скважность чернозема обыкновенного в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы под горох (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта						
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка в севообороте, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см
		20-22	25-27	30-32	35-37			
Всходы	0-10	63,4	64,3	64,2	62,4	60,8	60,4	59,6
	10-20	60,6	57,8	58,9	59,6	58,9	57,5	57,2
	20-30	59,8	58,1	58,5	60,1	59,6	57,6	59,7
	30-40	57,2	58,2	58,0	60,7	57,4	59,1	59,7
	0-40	60,3	59,6	59,9	60,7	59,2	58,7	59,0
Цветение	0-10	62,1	60,4	61,1	60,8	61,7	58,8	60,0
	10-20	57,0	56,2	57,1	57,9	57,3	56,5	58,3
	20-30	58,2	59,6	59,0	59,0	60,1	57,2	58,1
	30-40	58,4	57,8	57,3	59,4	57,8	59,1	59,5
	0-40	58,9	58,5	58,6	59,3	59,2	57,9	59,0
Созревание	0-10	59,5	58,8	61,0	61,7	61,9	58,2	61,2
	10-20	54,5	54,4	54,7	61,3	58,9	54,3	58,5
	20-30	58,0	57,2	54,6	61,2	60,9	56,0	59,5
	30-40	58,1	58,1	58,3	54,0	58,9	57,0	59,0
	0-40	57,5	57,1	57,2	59,6	60,2	56,4	59,6

Приложение 3.2

Плотность почвы в зависимости от способов основной обработки чернозема выщелоченного под ячмень (опыт № 3, 2007-2009 гг.), г/см^3

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта					
		Предшественник – кукуруза на силос			Предшественник – сахарная свекла		
		Вспашка на глубину 20-22 см ПН-6-35	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, г/см^3	Вспашка на глубину 20-22 см ПН-6-35	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, г/см^3
Кущение	0-10	0,99	0,97	0,04-0,05	1,04	0,95	0,12
	10-20	1,08	1,07	0,02-0,03	1,12	1,06	0,11
	20-30	1,09	1,05	0,06-0,07	1,11	1,12	0,04
	0-30	1,05	1,03	0,04-0,06	1,09	1,04	0,10
Цветение	0-10	1,16	1,22	0,08-0,09	1,09	1,16	0,07
	10-20	1,24	1,22	0,05-0,08	1,20	1,22	0,04
	20-30	1,27	1,28	0,02-0,04	1,24	1,26	0,02
	0-30	1,22	1,24	0,04-0,06	1,18	1,21	0,05
Созревание	0-10	1,23	1,26	0,03-0,06	1,13	1,15	0,04
	10-20	1,29	1,30	0,02-0,05	1,25	1,28	0,03
	20-30	1,28	1,37	0,04-0,08	1,34	1,37	0,04
	0-30	1,27	1,31	0,03-0,04	1,24	1,27	0,06

Приложение 3.3

Плотность в слое почвы 0-30 см в зависимости от различных приемов обработки почвы и последействия удобрений под ячмень (опыт № 4, 2008-2012 гг.), г/см^3

Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Приемы обработки почвы (фактор В)							
	Вспашка				Дискование			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Первый срок определения (выход в трубку)								
1. N30 + Ск (контроль)	1,16	1,19	1,21	1,19	1,18	1,24	1,28	1,23
2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	1,22	1,22	1,26	1,23	1,17	1,20	1,29	1,22
4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	1,18	1,23	1,24	1,22	1,18	1,20	1,28	1,22
10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	1,20	1,21	1,24	1,22	1,16	1,20	1,28	1,21
$НСР_{05}$ (частный эффект)	0,05	0,05	0,06	0,05				
$НСР_{05}$ (главный эффект, фактор В)	0,05	0,05	0,06	0,04				
$НСР_{05}$ (главный эффект, фактор С)	0,05	0,04	0,06	0,06				
Второй срок определения (перед уборкой)								
1. N30 + Ск (контроль)	1,24	1,26	1,29	1,26	1,32	1,34	1,35	1,34
2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	1,24	1,24	1,29	1,26	1,22	1,30	1,33	1,28
4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	1,22	1,24	1,28	1,24	1,22	1,32	1,34	1,29
10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	1,25	1,24	1,25	1,25	1,23	1,32	1,34	1,29
$НСР_{05}$ (частный эффект)	0,06	0,05	0,06	0,05				
$НСР_{05}$ (главный эффект, фактор В)	0,04	0,04	0,04	0,03				
$НСР_{05}$ (главный эффект, фактор С)	0,05	0,04	0,04	-0,04				

Приложение 3.4

Твердость почвы под ячменем в зависимости от различных приемов основной обработки чернозема выщелоченного (опыт № 4, 2008-2012 гг.), кг/см^2

Слой почвы, см	Приемы обработки почвы (фактор В)	Фазы развития растений			
		Выход в трубку	$НСР_{05}$, кг/см^2	Созревание	$НСР_{05}$, кг/см^2
0-5	Вспашка	9,91	6,7	10,5	9,2
	Дискование	10,4		20,1	
5-10	Вспашка	14,8	6,9	18,3	11,2
	Дискование	23,9		31,8	
10-15	Вспашка	17,6	7,8	21,8	12,1
	Дискование	25,4		38,2	
15-20	Вспашка	20,7	8,4	25,3	16,3
	Дискование	31,8		44,7	
20-25	Вспашка	26,7	7,9	28,8	15,0
	Дискование	34,8		45,2	
0-25	Вспашка	17,9	5,4	21,0	14,1
	Дискование	24,4		36,8	

Приложение 3.5

Влияние различных систем обработки почвы под сахарную свеклу
на содержание доступной влаги в весенний период
в слое почвы 0-100 см (опыт № 2, 1990 и1992 гг.), мм

Системы основной обработки почвы	Приемы основной обработки почвы	Слой почвы, см	1990 г.	1992 г.	Среднее
Обычная зяблевая обработка почвы	Двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см	0-20	41,1	37,4	39,2
		0-50	99,1	94,7	96,9
		0-100	188,2	181,4	184,8
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	0-20	42,5	36,3	39,4
		0-50	97,1	89,1	93,1
		0-100	190,3	186,0	188,2
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	0-20	39,8	34,3	37,0
		0-50	100,6	88,4	94,5
		0-100	198,5	174,3	186,4
Улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара	Двухъярусная вспашка на глубину 25-27 см	0-20	42,4	33,1	37,8
		0-50	102,4	83,4	92,9
		0-100	194,8	155,8	175,3
	Плоскорезная обработка на глубину 25-27 см	0-20	38,5	36,1	37,3
		0-50	101,6	83,1	93,4
		0-100	175,2	159,8	167,5
	Обработка параплау на глубину 25-27 см	0-20	38,1	34,8	36,4
		0-50	97,4	84,2	90,8
		0-100	187,8	190,0	188,9
$НСР_{05}$, мм (частный эффект)		0-20	1,5	2,3	-
$НСР_{05}$, мм (частный эффект)		0-50	1,9	3,5	-
$НСР_{05}$, мм (частный эффект)		0-100	4,5	5,6	-

Приложение 3.6

Содержание доступной влаги в зависимости от приемов основной обработки почвы под ячмень (опыт № 3, 2007-2009 гг.), мм

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта					
		Предшественник – кукуруза на силос			Предшественник – сахарная свекла		
		Вспашка на глубину 20-22 см ПН-6-35	Безотвальная обработка на глубину 16-18 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, мм	Вспашка на глубину 20-22 см ПН-6-35	Безотвальная обработка на глубину 16-18 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, мм
Выход в трубку	0-30	27,9	31,8	5,4	31,9	34,6	5,9
	0-50	45,6	52,7	11,2	55,1	57,6	6,2
	0-100	84,4	95,1	15,0	106,0	106,8	3,5
Цветение	0-30	11,9	16,2	6,0	17,3	18,3	4,0
	0-50	24,7	22,9	1,9	27,5	27,0	2,4
	0-100	46,6	36,9	6,7	50,8	61,9	20,0
Созревание	0-30	13,5	14,3	2,7	12,9	11,3	3,0
	0-50	23,9	25,5	3,7	19,5	17,0	2,4
	0-100	32,5	34,1	3,9	44,2	25,9	14,0

Приложение 3.7

Содержание доступной влаги в зависимости от приемов основной обработки почвы
и последействия удобрений под ячмень (опыт № 4, 2008-2012 гг.), мм

Фазы развития растений	Количество удобрений в севообороте (фактор С)	Приемы обработки почвы (фактор В)					
		Вспашка			Дискование		
		0-30	0-50	0-100	0-30	0-50	0-100
Выход в трубку	N30 (контроль)	40,5	58,6	131,4	37,2	56,0	117,8
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	45,6	60,2	134,5	41,3	53,0	113,8
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	40,2	57,6	146,1	42,5	59,6	122,4
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	36,2	68,8	146,4	37,8	53,8	121,6
	$НСР_{05}$, частный эффект, мм	5,9	8,1	13,7			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мм	3,6	5,6	17,8			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мм	2,6	5,2	9,3			
Полная спелость	N30 (контроль)	11,7	25,9	45,7	10,4	22,3	33,6
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	14,4	23,4	41,2	12,9	26,4	41,1
	(NPK)350 + Ск + 2Соп	14,4	28,6	44,8	14,5	26,0	35,2
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	14,0	28,8	37,8	10,8	28,0	33,0
	$НСР_{05}$, частный эффект, мм	6,1	8,9	13,1			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мм	4,0	5,2	6,7			
	$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мм	4,9	7,0	8,8			

Приложение 4.1

Содержание углекислого газа в почвенном воздухе в слое 0-40 см в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы под горох (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Слой почвы, см	Варианты опыта								
		Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка	Разноглубинная плоскорезная обработка	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	Залежь	$НСР_{05}$, %
		20-22	25-27	30-32	35-37					
Ветвление	1985	0,24	0,38	0,37	0,30	0,27	0,22	0,14		0,09
	1986	0,24	0,37	0,86	0,66	0,25	0,34	0,21	-	0,25
	1987	0,26	0,30	0,44	0,47	0,33	0,24	0,21		0,17
Бутонизация	1985	0,54	0,39	0,50	0,33	0,35	0,20	0,06		0,10
	1986	0,31	0,36	0,54	0,52	0,22	0,18	0,15	0,18	0,10
	1987	0,42	0,42	0,56	0,50	0,47	0,44	0,46		0,13
Цветение	1985	0,26	0,23	0,23	0,28	0,36	0,18	0,21		0,03
	1986	0,34	0,48	0,37	0,34	0,30	0,15	0,18	0,12	0,08
	1987	0,24	0,21	0,24	0,25	0,22	0,18	0,18		0,07
Образование бобов	1985	0,14	0,18	0,15	0,21	0,24	0,13	0,15		0,06
	1986	0,26	0,24	0,18	0,17	0,19	0,15	0,22	0,14	0,08
	1987	0,17	0,17	0,17	0,22	0,18	0,14	0,16		0,07
Созревание	1985	0,51	0,45	0,25	0,35	0,49	0,39	0,25		0,10
	1986	0,32	0,14	0,13	0,15	0,22	0,15	0,17	0,17	0,09
	1987	0,18	0,21	0,16	0,21	0,17	0,13	0,22		0,08
Полная спелость	1985	0,50	0,39	0,30	0,36	0,52	0,38	0,22		0,10
	1986	0,51	0,12	0,07	0,08	0,12	0,08	0,14	0,19	0,03
	1987	0,18	0,15	0,14	0,15	0,16	0,12	0,13		0,06
Среднее за период вегетации	1985	0,36	0,34	0,30	0,30	0,37	0,25	0,17		0,04
	1986	0,27	0,29	0,36	0,32	0,22	0,18	0,18	0,16	0,05
	1987	0,24	0,24	0,28	0,30	0,25	0,21	0,23		0,07

Приложение 4.2

Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на динамику кислорода в почвенном воздухе в слое 0-40 см под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Фазы развития растений	Варианты опыта						
	Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см
	20-22	25-27	30-32	35-37			
Ветвление	20,2	20,4	20,0	20,0	20,2	19,8	20,0
Бутонизация	20,0	19,6	19,6	20,2	19,9	20,4	20,5
Цветение	20,3	20,2	20,2	20,3	20,0	20,2	20,4
Образование бобов	20,2	20,2	19,9	20,0	20,0	19,2	19,4
Созревание	20,2	20,2	20,6	20,7	20,4	19,8	19,6
Полная спелость	20,3	20,2	20,0	20,3	19,8	19,8	20,6
Среднее за вегетацию	20,2	20,2	20,0	20,2	20,0	20,2	20,0

Приложение 4.3

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на интенсивность разложения клетчатки (опыт № 2, 1991-1993 гг.), %

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Всходы – колошение				Цветение – созревание			
		Годы исследований			Среднее	Годы исследований			Среднее
		1991	1992	1993		1991	1992	1993	
0-10	1	32,3	11,3	9,0	17,5	5,0	11,9	13,2	10,0
	2	30,2	16,5	11,2	19,3	3,7	21,6	13,9	13,1
	3	26,7	12,0	8,0	15,6	11,0	17,8	22,8	17,2
10-20	1	34,3	8,3	3,8	15,5	5,0	9,1	11,6	8,6
	2	23,5	7,6	1,7	10,9	5,4	19,5	13,0	12,6
	3	26,6	6,6	3,6	12,3	9,0	11,5	17,4	12,6
20-30	1	43,6	6,5	1,1	17,1	3,7	11,4	10,8	8,6
	2	25,7	6,1	0,6	10,8	5,0	9,6	11,0	8,5
	3	30,3	5,0	5,0	13,4	8,2	6,4	17,2	10,6
30-40	1	32,4	7,4	0,0	13,3	5,0	7,8	10,3	7,7
	2	20,7	7,9	3,7	10,8	6,9	5,3	12,8	8,3
	3	26,9	7,0	6,7	13,5	9,9	8,7	16,2	11,6
0-40	1	35,7	7,8	3,5	15,7	4,7	10,0	11,5	8,7
	2	35,0	8,4	4,3	15,9	5,2	14,0	12,7	10,6
	3	26,8	7,6	5,8	13,4	9,5	11,2	18,4	13,0
$НСР_{05}$, %		18,6	4,6	3,2	-	4,4	4,1	3,1	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 4.4

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на интенсивность биосинтеза аминокислот на льняном полотне, (опыт № 2, 1991-1993 гг.), ед. опт. плотности на 1 г полотна

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений							
		Всходы – колошение				Цветение – созревание			
		Годы исследований			Среднее	Годы исследований			Среднее
		1991	1992	1993		1991	1992	1993	
0-10	1	0,24	0,25	0,17	0,22	0,08	0,16	0,15	0,13
	2	0,21	0,22	0,16	0,20	0,10	0,17	0,15	0,14
	3	0,21	0,15	0,12	0,16	0,09	0,19	0,19	0,16
10-20	1	0,25	0,18	0,09	0,17	0,10	0,14	0,13	0,12
	2	0,15	0,12	0,09	0,12	0,12	0,18	0,13	0,14
	3	0,26	0,15	0,10	0,17	0,10	0,14	0,16	0,13
20-30	1	0,25	0,12	0,05	0,14	0,12	0,13	0,13	0,13
	2	0,21	0,09	0,08	0,13	0,10	0,12	0,11	0,11
	3	0,31	0,08	0,10	0,16	0,13	0,09	0,14	0,12
30-40	1	0,22	0,13	0,04	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13
	2	0,14	0,12	0,08	0,11	0,12	0,07	0,16	0,12
	3	0,28	0,11	0,11	0,17	0,15	0,13	0,15	0,14
0-40	1	0,24	0,17	0,09	0,17	0,11	0,14	0,14	0,13
	2	0,18	0,14	0,10	0,14	0,11	0,13	0,14	0,13
	3	0,27	0,12	0,11	0,17	0,12	0,14	0,16	0,14
$НСР_{05}$, ед. опт. плотности на 1 г полотна		0,16	0,04	0,06	-	0,02	0,05	0,03	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 4.5

Численность микрофлоры в почвенном профиле в фазу ветвления гороха в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Азотобактер, клеток в 50 г почвы	Нитрификаторы	Целлюлозо-разлагающие	Грибы	Микроорганизмы, усваивающие азот		Актиномицеты
						органический (на МПА)	минеральный (на КАА)	
			тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы			млн клеток в 1 г абс. сух. почвы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вспашка на глубину 20-22 см	0-10	204	0,89	194,9	30,8	25,4	35,9	4,6
	10-20	187	0,91	121,1	35,4	19,4	25,3	4,3
	20-30	322	0,73	124,9	27,4	15,7	18,7	3,1
	30-40	279	0,20	138,5	26,8	14,5	33,8	3,0
	0-40	248	0,69	144,8	30,1	18,8	28,4	3,8
Вспашка на глубину 25-27 см	0-10	350	1,03	188,2	34,9	16,5	28,2	4,9
	10-20	355	0,91	221,9	30,4	13,8	26,9	5,5
	20-30	374	0,66	155,1	35,5	13,3	28,3	5,9
	30-40	185	0,46	189,3	24,7	11,5	21,7	3,7
	0-40	316	0,76	188,6	31,4	13,8	26,3	5,0
Вспашка на глубину 30-32 см	0-10	201	1,05	209,7	26,6	19,9	35,1	6,7
	10-20	157	0,76	150,2	36,5	20,4	35,0	7,3
	20-30	153	0,64	197,9	36,6	17,2	30,8	5,2
	30-40	140	0,49	118,0	28,0	15,7	21,3	4,0
	0-40	163	0,74	169,0	31,9	18,3	30,6	5,8

Продолжение приложения 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вспашка на глубину 35-37 см	0-10	239	0,66	184,4	28,8	12,8	36,6	6,4
	10-20	212	0,64	169,3	22,7	14,8	32,4	6,7
	20-30	228	0,52	114,7	29,5	14,6	29,9	6,8
	30-40	159	0,57	163,3	25,1	20,8	24,2	4,8
	0-40	210	0,60	157,9	26,5	15,8	30,8	6,2
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	0-10	141	0,61	140,3	22,6	17,4	37,1	6,3
	10-20	259	0,65	116,4	29,7	20,2	37,8	7,6
	20-30	182	0,63	115,5	27,7	12,9	41,1	7,4
	30-40	114	0,33	113,4	18,8	11,8	28,2	6,4
	0-40	174	0,56	121,4	24,7	15,6	36,0	6,9
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	0-10	136	0,31	195,3	26,1	17,0	33,2	4,7
	10-20	259	0,50	109,4	31,3	20,5	40,2	7,0
	20-30	158	0,44	120,1	33,6	15,0	28,2	4,0
	30-40	111	0,28	99,2	20,5	7,6	12,8	3,3
	0-40	166	0,38	131,0	27,9	15,0	28,6	4,8
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	0-10	233	0,66	123,0	26,2	16,3	26,5	3,4
	10-20	190	0,44	131,4	31,6	16,8	19,1	3,4
	20-30	100	0,54	111,9	21,4	14,9	26,5	4,5
	30-40	142	0,21	167,2	27,6	14,2	23,6	3,6
	0-40	166	0,46	133,4	26,7	15,6	23,9	3,7
Залежь некосимая	0-10	-	0,26	68,8	30,6	35,7	68,1	4,5
	10-20	-	0,20	24,3	41,8	30,2	47,2	3,2
	20-30	-	0,11	23,0	26,6	13,0	20,8	1,7
	30-40	-	0,05	19,2	19,4	15,9	25,0	2,0
	0-40	-	0,16	33,8	29,6	23,7	40,3	3,1

Приложение 4.6

Численность микрофлоры в почвенном профиле перед уборкой гороха в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Азотобактер, клеток в 50 г почвы	Нитрификаторы	Целлюлозо-разлагающие	Грибы	Микроорганизмы, усваивающие азот		Актиномицеты
						органический (на МПА)	минеральный (на КАА)	
			тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы			млн клеток в 1 г абс. сух. почвы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вспашка на глубину 20-22 см	0-10	195	0,49	230,6	23,8	21,2	45,9	6,8
	10-20	157	0,41	222,7	13,8	25,9	44,7	5,8
	20-30	226	0,29	193,5	16,4	9,4	18,0	3,6
	30-40	157	0,25	148,8	14,1	9,1	12,7	2,1
	0-40	184	0,36	198,9	17,0	16,4	30,3	4,6
Вспашка на глубину 25-27 см	0-10	308	0,53	243,1	24,9	30,3	63,4	7,6
	10-20	422	0,58	253,4	30,2	19,1	50,3	7,3
	20-30	205	0,53	210,1	23,1	22,9	46,2	5,9
	30-40	190	0,19	325,4	15,8	16,7	37,5	5,3
	0-40	281	0,46	258,0	23,5	22,2	49,4	6,5
Вспашка на глубину 30-32 см	0-10	282	0,37	262,1	27,2	23,0	37,3	5,3
	10-20	136	0,28	224,6	22,8	18,1	43,6	4,1
	20-30	168	0,33	337,6	20,2	24,7	57,8	6,0
	30-40	156	0,37	261,6	18,8	17,3	58,3	3,9
	0-40	186	0,34	271,5	22,2	20,8	49,2	4,8

Продолжение приложения 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вспашка на глубину 35-37 см	0-10	282	0,45	265,3	20,6	25,1	70,8	6,6
	10-20	308	0,30	297,2	19,3	17,9	32,9	3,7
	20-30	221	0,30	306,7	14,2	22,1	44,1	6,6
	30-40	193	0,34	255,3	17,7	21,1	43,1	6,9
	0-40	251	0,35	281,1	18,0	21,6	47,7	6,0
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	0-10	295	0,59	174,1	30,5	27,4	48,3	6,5
	10-20	244	0,33	187,0	20,7	20,2	45,6	6,0
	20-30	107	0,24	141,6	51,8	14,1	22,4	3,2
	30-40	63	0,25	127,5	32,2	11,6	19,2	2,4
	0-40	177	0,35	157,6	33,8	18,3	33,9	4,5
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	0-10	105	0,53	267,8	59,1	24,5	52,2	5,9
	10-20	51	0,44	211,6	33,0	21,5	45,7	4,8
	20-30	59	0,48	125,7	43,5	16,9	37,3	4,6
	30-40	102	0,20	136,2	33,7	16,6	45,1	5,5
	0-40	79	0,41	185,3	42,3	19,9	45,1	5,2
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	0-10	192	0,38	378,8	84,8	29,8	111,0	9,2
	10-20	99	0,75	270,0	37,8	26,0	110,7	9,2
	20-30	100	0,52	204,5	59,4	20,2	46,9	3,8
	30-40	157	0,87	164,2	51,2	22,0	34,4	2,8
	0-40	137	0,63	254,4	58,3	24,5	75,8	6,2
Залежь некосимая	0-10	0	0,24	108,5	38,4	21,5	48,7	6,4
	10-20	1	0,06	85,1	41,5	20,3	35,3	3,6
	20-30	0	0,03	41,6	25,1	18,3	23,3	2,4
	30-40	87	0,07	65,2	46,6	13,8	30,6	4,9
	0-40	22	0,10	75,1	37,9	18,5	34,5	4,3

Приложение 4.7

Количество клубеньков на корнях гороха в зависимости от различных способов и глубины основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Показатели	Варианты опыта						
	Вспашка на глубину, см				Разноглубинная вспашка под горох на 20-22 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см
	20-22	25-27	30-32	35-37			
Среднее количество клубеньков на одном растении (выборка из 50 растений)	34,2	31,2	30,0	32,2	12,4	24,6	17,8
% содержание клубеньков на одном растении к 100% контролю	100	91,2	87,7	94,2	36,2	71,9	52,0
$НСР_{05}$	5,5						

Приложение 4.8

Активность уреазы в слое почвы 0-40 см под горохом (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг NH_3/100 г воздушно-сухой почвы за сутки

Варианты опыта	Фазы развития растений									
	Ветвление					Перед уборкой				
	Слой почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	218	229	213	202	216	272	290	256	228	261
Вспашка на глубину 25-27 см	196	206	204	168	194	274	267	256	171	242
Вспашка на глубину 30-32 см	204	198	194	143	185	182	127	196	180	171
Вспашка на глубину 35-37 см	172	167	171	176	171	179	197	190	202	192
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	247	273	215	153	222	295	251	296	204	262
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	267	302	245	213	257	268	297	179	224	242
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	202	155	153	123	158	280	242	244	201	242
Залежь некосимая	399	384	285	199	317	346	516	440	341	411

Приложение 5.1

Влияние различных способов основной обработки почвы под подсолнечник на содержание NO_3 (опыт № 2, 1992-1993 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений					
		Всходы			Созревание		
		1992 г.	1993 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	Среднее
0-10	1	34,7	28,3	31,5	19,0	24,1	21,5
	2	26,8	31,1	28,9	16,1	18,4	17,2
	3	33,7	35,1	34,4	15,1	20,7	17,9
10-20	1	33,5	33,7	33,6	16,3	20,7	18,5
	2	23,4	31,7	27,3	14,7	16,7	15,7
	3	30,0	40,1	35,1	13,9	18,7	16,3
20-30	1	29,4	26,8	28,1	13,2	17,6	15,4
	2	19,4	33,9	26,6	11,7	13,9	12,8
	3	24,5	38,5	31,5	11,5	15,6	13,5
30-40	1	27,3	25,3	26,3	12,0	14,2	13,1
	2	19,2	21,6	20,4	10,9	12,7	11,8
	3	22,0	28,0	25,0	8,3	14,5	11,4
0-40	1	31,2	28,5	29,8	15,1	19,1	17,1
	2	22,2	29,6	25,9	13,3	15,5	14,4
	3	27,5	35,5	31,5	12,2	17,4	14,8
$НСР_{05}$, мг/кг		6,0	18,0	-	1,3	0,4	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 5.2

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-50 см в зависимости от способов основной обработки чернозема выщелоченного под ячмень (опыт № 3, 2007-2009 гг.), мг/кг абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Годы исследований	Варианты опыта					
		Предшественник – кукуруза на силос			Предшественник – сахарная свекла		
		Вспашка на глубину 20-22 см	Безотвальная обработка на глубину 16-18 см	$НСР_{05}$, мг/кг	Вспашка на глубину 20-22 см	Безотвальная обработка на глубину 16-18 см	$НСР_{05}$, мг/кг
0-30	2007	9,7	2,5	3,4	2,2	1,36	1,0
	2008	16,5	8,7	4,1	11,0	20,2	6,2
	2009	16,7	8,9	6,0	12,1	13,7	2,4
	Среднее	14,3	6,7	-	8,4	11,8	-
0-50	2007	6,74	2,06	3,2	1,78	0,82	1,10
	2008	23,3	15,5	4,9	15,8	27,3	7,4
	2009	-	-		-	-	-
	Среднее	15,0	8,78		8,79	14,1	-

Приложение 5.3

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание NO_3 в слое 0-30 см в фазу кущения (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на кг абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	12,6	7,3	2,7	7,5
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	7,2	13,8	4,1	8,4
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	20,7	9,1	2,8	10,9
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	15,1	7,6	3,5	8,7
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	12,7	13,8	2,5	9,7
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	10,0	7,7	3,2	7,0
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	16,8	6,0	2,5	8,4
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	18,1	8,5	3,2	9,9
$НСР_{05}$, частный эффект, мг/кг		2,9	3,5	1,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг/кг		0,5	1,0	1,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг/кг		2,6	3,2	1,2	-

Приложение 5.4

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание NO_3 в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг), мг на кг абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	4,6	1,2	1,8	2,5
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	6,4	1,4	3,4	3,7
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	5,8	1,2	3,3	3,4
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	12,0	1,5	2,9	5,5
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	7,2	1,6	1,5	3,4
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	12,4	1,2	2,8	5,5
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	7,4	1,21	1,7	3,4
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	8,0	1,3	2,0	3,8
$НСР_{05}$, частный эффект, мг/кг		3,4	0,6	1,4	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг/кг		3,0	0,5	0,9	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг/кг		1,8	0,3	1,2	-

Приложение 5.5

Распределение доступных P_2O_5 и K_2O в слое 0-40 см под горохом
(опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта		P_2O_5, % к слою 0-40 см				K_2O, % к слою 0-40 см			
		0-10 см	10-20 см	20-30 см	30-40 см	0-10 см	10-20 см	20-30 см	30-40 см
Вспашка на глубину 20-22 см	а	29,6	29,4	23,2	17,7	31,5	33,3	22,0	13,8
	б	26,4	26,8	24,3	22,5	29,5	29,8	21,0	19,7
Вспашка на глубину 25-27 см	а	27,3	27,5	25,8	19,3	30,0	30,3	24,3	15,3
	б	25,1	26,5	25,8	22,6	28,2	30,3	24,3	16,5
Вспашка на глубину 30-32 см	а	26,6	26,4	25,3	21,7	26,1	29,1	24,9	19,8
	б	25,3	25,7	25,3	24,1	26,9	29,3	25,5	18,3
Вспашка на глубину 35-37 см	а	24,8	26,0	24,8	24,4	25,9	29,1	24,9	20,0
	б	23,8	24,2	23,8	28,1	27,0	27,7	24,2	20,4
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	а	27,7	27,3	25,2	19,7	31,8	30,2	22,0	16,0
	б	28,7	24,8	24,0	22,5	32,3	29,7	22,7	15,2
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	а	31,3	29,6	22,5	16,5	34,7	29,6	20,8	14,8
	б	29,2	27,0	22,4	21,4	34,9	31,4	19,2	14,5
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	29,2	28,2	24,2	18,4	33,3	30,0	22,7	14,2
	б	27,2	26,0	24,2	22,5	33,4	29,3	22,6	14,7

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

Приложение 5.6

Распределение подвижного фосфора и обменного калия по почвенному профилю до 2 м при различных приемах основной обработки почвы в среднем за вегетацию гороха (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Слой почвы, см	P_2O_5, мг на 100 г абс. сухой почвы			K_2O, мг на 100 г абс. сухой почвы		
	Вспашка на глубину 20-22 см,	Вспашка на глубину 35-37 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	Вспашка на глубину 20-22 см,	Вспашка на глубину 35-37 см	Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см
0-20	7,0	6,2	7,6	8,4	7,6	7,8
20-40	6,4	6,2	6,4	4,4	6,2	3,6
40-60	5,8	6,8	6,2	2,8	3,0	2,8
60-80	5,0	5,0	5,1	2,5	2,6	2,9
80-100	4,4	4,9	5,4	2,7	2,2	2,1
100-120	4,4	4,8	4,5	2,0	2,0	2,0
120-140	4,8	5,2	4,7	2,1	2,0	2,1
140-160	4,6	4,9	5,0	2,2	2,2	2,6
160-180	4,8	5,6	4,9	2,9	2,5	3,3
180-200	4,4	4,8	4,6	3,6	3,4	3,0
0-200	5,2	5,4	5,6	3,4	3,4	3,2

Приложение 5.7

Влияние различных способов основной обработки почвы под подсолнечник на содержание P_2O_5 (опыт № 2, 1992-1993 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений					
		Всходы			Созревание		
		1991 г.	1992 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	14,3	23,3	18,8	12,5	18,3	15,4
	2	12,3	20,6	16,	14,1	15,7	14,9
	3	16,9	25,8	21,3	15,0	19,4	17,2
10-20	1	12,7	27,0	19,8	13,2	18,8	16,0
	2	13,7	21,1	17,4	12,5	16,1	14,3
	3	13,6	25,4	19,5	14,1	17,9	16,0
20-30	1	9,8	21,6	15,7	9,2	15,0	12,1
	2	13,0	21,3	17,1	8,9	13,0	10,9
	3	12,7	23,4	18,0	8,9	13,1	11,0
30-40	1	9,6	17,6	13,6	8,4	11,5	9,9
	2	11,9	17,5	14,7	8,3	11,6	9,9
	3	10,3	17,4	13,8	7,2	10,0	8,6
0-40	1	11,6	22,4	17,0	10,9	15,9	13,4
	2	12,7	19,6	16,1	10,9	14,1	12,5
	3	13,5	23,0	18,2	11,3	15,1	13,2
$НСР_{05}$, мг/100 г		3,6	7,2	-	2,5	5,1	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 5.8

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание P_2O_5 в слое 0-30 см в фазу кущения (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	6,2	9,6	11,5	9,1
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	11,6	13,3	14,3	13,1
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	6,0	14,1	16,0	12,0
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	7,1	11,9	18,7	12,6
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	4,5	11,9	15,4	10,6
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	11,3	15,7	18,7	15,2
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	6,4	13,3	20,4	13,4
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	4,8	12,0	21,0	12,6
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		4,0	2,8	2,4	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		2,3	1,5	1,6	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		3,4	2,5	1,9	-

Приложение 5.9

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание P_2O_5 в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	15,1	15,6	12,7	14,5
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	9,9	23,6	12,5	15,3
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	13,4	20,7	19,7	17,9
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	12,8	17,4	14,6	14,9
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	11,7	13,7	14,7	13,3
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	14,1	14,8	13,8	14,2
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	13,3	24,2	18,3	18,6
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	11,8	20,7	19,9	17,5
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		2,0	4,0	4,6	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		1,0	2,0	4,4	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		1,7	3,1	3,5	-

Приложение 5.10

Влияние различных способов основной обработки почвы под подсолнечник на содержание K_2O (опыт № 2, 1992-1993 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Слой почвы, см	Способы обработки почвы	Фазы развития растений					
		Всходы			Созревание		
		1991 г.	1992 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	Среднее
0-10	1	12,2	15,2	13,7	11,0	12,5	11,7
	2	12,1	16,4	14,2	12,5	17,8	15,1
	3	14,6	19,5	17,0	14,1	17,9	16,0
10-20	1	10,5	18,1	14,3	12,0	12,0	12,0
	2	15,2	16,9	16,0	10,1	13,4	11,7
	3	12,7	20,4	16,5	15,6	16,2	15,9
20-30	1	7,4	14,1	10,7	6,3	8,1	7,2
	2	14,0	15,7	14,8	6,2	8,0	7,1
	3	10,7	16,5	13,6	7,0	7,3	7,1
30-40	1	7,0	10,3	8,6	4,4	5,3	4,8
	2	11,1	9,1	10,1	5,1	5,2	5,1
	3	9,3	10,2	9,7	4,8	3,6	4,2
0-40	1	9,3	14,4	11,4	8,4	9,5	8,9
	2	13,1	14,5	13,8	8,4	11,1	9,7
	3	11,8	16,6	14,2	10,4	11,3	10,8
$НСР_{05}$, мг/100 г		6,5	4,9	-	7,9	6,1	-

Примечание: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 5.11

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание K_2O в слое 0-30 см в фазу кущения (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	5,1	9,1	10,7	8,3
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	8,0	12,9	15,0	12,0
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	5,0	10,5	16,5	10,7
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	5,4	8,9	7,7	7,3
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	4,8	12,2	6,3	7,8
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	8,3	13,8	8,4	10,2
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	5,0	10,3	10,5	8,6
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	5,4	11,1	6,4	7,5
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		1,7	3,0	2,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		0,8	1,0	1,5	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		1,6	2,2	2,5	-

Приложение 5.12

Влияние различных приемов основной обработки почвы под ячмень на содержание K_2O в слое 0-30 см перед уборкой (опыт № 4, 2008-2010 гг.), мг на 100 г абс. сухой почвы

Приемы обработки почвы (фактор В)	Сумма удобрений в севообороте (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	1. N30 (контроль)	6,7	13,7	7,4	9,3
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	3,3	20,0	9,1	10,8
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	3,3	11,7	13,1	9,4
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	5,3	13,0	9,0	9,1
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	1. N30 (контроль)	3,1	11,1	6,0	6,7
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га	6,7	13,3	12,3	10,8
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп	4,6	16,5	8,0	9,7
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	3,6	16,9	8,6	9,7
$НСР_{05}$, частный эффект, мг на 100 г		1,5	4,0	5,6	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, мг на 100 г		1,0	1,5	5,4	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, мг на 100 г		1,2	3,5	2,0	-

Приложение 5.13

Влияние различных приемов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание подвижных гуминовых кислот в фазу ветвления гороха в слое почвы 0-40 см (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание подвижных гуминовых кислот,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,118	-	-	+0,035	+0,011
	без удобрений	0,083	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,108	-0,010	-0,005	+0,026	
	без удобрений	0,082	-0,001		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,065	-0,053	-0,03	-0,009	
	без удобрений	0,074	-0,009		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,075	-0,043	-0,035	+0,020	
	без удобрений	0,055	-0,028		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,089	-0,029	-0,016	+0,009	
	без удобрений	0,080	-0,003		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,086	-0,032	0,012	-0,003	
	без удобрений	0,089	+0,006		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,064	-0,054	-0,038	+0,003	
	без удобрений	0,061	-0,022		-	
$НСР_{05}$, %			0,05	0,03	0,03	0,01

Приложение 5.14

Влияние различных приемов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание подвижных гуминовых кислот перед уборкой гороха в слое почвы 0-40 см (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание подвижных гуминовых кислот,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,117	-	-	+0,024	+0,015
	без удобрений	0,093	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,124	+0,007	+0,001	+0,035	
	без удобрений	0,089	-0,004		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,072	-0,045	-0,037	+0,009	
	без удобрений	0,063	-0,030		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,073	-0,044	-0,029	-0,005	
	без удобрений	0,078	-0,015		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,116	-0,01	-0,003	+0,029	
	без удобрений	0,087	-0,006		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,077	-0,040	-0,017	-0,021	
	без удобрений	0,099	+0,006		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,117	-	-0,005	+0,033	
	без удобрений	0,084	-0,009		-	
$НСР_{05}$, %			0,06	0,04	0,03	

Приложение 5.15

Распределение подвижных гуминовых кислот по почвенному профилю до 2 м при различных приемах основной обработки почвы (опыт № 1, 1985-1987 гг.), %

Слой почвы, см	Ежегодная вспашка на глубину 20-22 см			Ежегодная вспашка на глубину 35-37 см			Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см		
	Фазы развития растений								
	Ветвления	Созревания	В среднем за вегетацию	Ветвления	Созревания	В среднем за вегетацию	Ветвления	Созревания	В среднем за вегетацию
0-20	0,102	0,111	0,106	0,063	0,080	0,072	0,096	0,114	0,105
20-40	0,064	0,075	0,070	0,047	0,080	0,063	0,080	0,084	0,082
40-60	0,028	0,028	0,028	0,024	0,052	0,038	0,030	0,026	0,028
60-80	0,012	0,017	0,014	0,019	0,012	0,016	0,014	0,008	0,011
80-100	0,017	0,014	0,015	0,017	0,010	0,014	0,014	0,003	0,008
100-120	0,012	0,017	0,014	0,012	0,010	0,011	0,016	0,002	0,009
120-140	0,012	0,009	0,010	0,010	0,002	0,006	0,016	0,002	0,009
140-160	0,017	0,007	0,012	0,008	0,011	0,010	0,018	0,002	0,010
160-180	0,010	0,010	0,010	0,014	0,006	0,010	0,012	0,008	0,010
180-200	0,014	0,006	0,010	0,012	0,009	0,010	0,020	0,001	0,010

Приложение 5.16

Содержание гумуса в слое почвы 0-40 см в среднем по шести полям стационарного опыта № 1 при различных способах и глубине основной обработки чернозема обыкновенного (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание гумуса,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,56	-	-	-0,01	+0,05
	без удобрений	6,57	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,62	+0,06	+0,08	-0,04	
	без удобрений	6,66	+0,09		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,65	+0,06	-0,04	+0,20	
	без удобрений	6,42	-0,15		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,24	-0,32	-0,32	-0,01	
	без удобрений	6,25	-0,32		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,58	+0,02	-	+0,04	
	без удобрений	6,54	-0,03		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,39	-0,17	-0,19	+0,04	
	без удобрений	6,35	-0,22		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,47	-0,09	-0,13	+0,08	
	без удобрений	6,39	-0,18		-	
$НСР_{05}$, %			0,27	0,19	0,15	0,06

Приложение 5.17

Содержание гумуса в слое почвы 0-10 см в среднем по шести полям стационарного опыта № 1 при различных способах и глубине основной обработки чернозема обыкновенного (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание гумуса,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,93	-	-	+0,08	+0,09
	без удобрений	6,85	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,93	-	+0,03	+0,02	
	без удобрений	6,91	+0,06		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,84	-0,09	-0,15	+0,19	
	без удобрений	6,65	-0,20		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,40	-0,53	-0,49	_0,01	
	без удобрений	6,41	-0,44		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,91	-0,02	-0,05	+0,14	
	без удобрений	6,77	-0,08		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,83	-0,10	-0,08	-0,04	
	без удобрений	6,79	-0,06		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,91	-0,02	-0,05	-0,15	
	без удобрений	6,76	-0,09		-	
$НСР_{05}$, %			0,24	0,17	0,15	0,06

Приложение 5.18

Содержание гумуса в слое почвы 10-20 см в среднем по шести полям стационарного опыта № 1 при различных способах и глубине основной обработки чернозема обыкновенного (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание гумуса,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,91	-	-	+0,09	+0,04
	без удобрений	6,82	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,92	+0,01	+0,06	+0,01	
	без удобрений	9,91	+0,09		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,83	-0,08	-0,14	+0,22	
	без удобрений	6,61	-0,21		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,49	-0,42	-0,42	+0,09	
	без удобрений	6,40	-0,42		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,77	-0,14	-0,06	-0,06	
	без удобрений	6,83	+0,01		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,73	-0,18	-0,07	-0,12	
	без удобрений	6,85	+0,03		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,74	-0,08	-0,14	+0,03	
	без удобрений	6,71	-0,11		-	
$НСР_{05}$, %			0,28	0,20	0,20	0,07

Приложение 5.19

Содержание гумуса в слое почвы 20-30 см в среднем по шести полям стационарного опыта № 1 при различных способах и глубине основной обработки чернозема обыкновенного (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание гумуса,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,55	-	-	-0,17	+0,01
	без удобрений	6,72	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,69	+0,14	+0,11	-0,12	
	без удобрений	6,81	+0,09		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,70	+0,15	-0,05	+0,38	
	без удобрений	6,48	-0,24		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,30	-0,25	-0,34	-0,01	
	без удобрений	6,31	-0,41		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,70	+0,15	+0,02	+0,13	
	без удобрений	6,63	-0,09		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,39	-0,16	-0,30	+0,10	
	без удобрений	6,29	-0,43		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,49	-0,06	-0,16	+0,02	
	без удобрений	6,47	-0,25		-	
$НСР_{05}$, %			0,31	0,22	0,20	0,07

Приложение 5.20

Содержание гумуса в слое почвы 30-40 см в среднем по шести полям стационарного опыта № 1 при различных способах и глубине основной обработки чернозема обыкновенного (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Содержание гумуса,%	Отклонения от показателей			
			Вспашка на глубину 20-22 см		Удобрения	
			На удобренном и неудобренном фонах	Независимо от фона удобренности	На фоне различных обработок	Независимо от обработок
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	5,86	-	-	-0,04	0,04
	без удобрений	5,90	-		-	-
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	5,93	+0,07	+0,08	-0,07	
	без удобрений	6,00	+0,10		-	
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,13	+0,27	+0,16	+0,18	
	без удобрений	5,95	+0,05		-	
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	5,79	-0,07	-0,04	-0,10	
	без удобрений	5,89	-0,01		-	
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	5,93	+0,07	+0,06	-0,02	
	без удобрений	5,95	+0,05		-	
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	5,61	-0,25	-0,34	+0,15	
	без удобрений	5,46	-0,44		-	
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	5,75	-0,11	-0,20	+0,13	
	без удобрений	5,62	-0,28		-	
$НСР_{05}$, %			0,39	0,28	0,32	0,12

Приложение 5.21

Влияние различных способов и глубины основной обработки в сочетании с удобрениями на содержание валового азота в слое почвы 0-100 см по шести полям опыта (1985-1987 гг.), %

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-40	40-60	60-80	80-100	0-100
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,305	0,207	0,145	0,109	0,240
	без удобрений	0,308	0,205	0,146	0,109	0,241
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,308	0,195	0,145	0,112	0,241
	без удобрений	0,314	0,203	0,139	0,111	0,244
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	0,312	0,219	0,155	0,117	0,248
	без удобрений	0,298	0,199	0,146	0,107	0,235
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	0,304	0,192	0,125	0,096	0,232
	без удобрений	0,294	0,203	0,136	0,097	0,230
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,303	0,208	0,150	0,104	0,239
	без удобрений	0,307	0,209	0,151	0,100	0,241
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	0,300	0,191	0,141	0,131	0,237
	без удобрений	0,304	0,185	0,144	0,097	0,234
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	0,301	0,199	0,141	0,100	0,235
	без удобрений	0,299	0,178	0,125	0,103	0,229
$НСР_{05}$, % обработка	частый эффект	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
	главный эффект	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
$НСР_{05}$, % удобрение	частый эффект	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
	главный эффект	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Залежь косимая		0,368	0,238	0,179	0,117	0,287
Залежь некосимая		0,393	0,264	0,172	0,102	0,302

Приложение 5.22

Отношение органического углерода к азоту (C : N) в почве в среднем по шести полям опыта при различных способах и глубине основной обработки почвы (1985-1987 гг.)

Варианты опыта		Слой почвы, см								
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100	0-40	0-100
Вспашка на глубину 20-22 см	а	12,4	12,6	12,4	12,6	12,1	11,5	10,6	12,5	12,0
	б	12,1	12,7	12,3	12,4	12,0	10,9	10,6	12,4	11,9
Вспашка на глубину 25-27 см	а	12,0	12,4	12,6	12,8	12,5	11,1	10,7	12,5	12,0
	б	12,4	12,3	12,2	12,3	12,6	11,6	10,2	12,3	12,0
Вспашка на глубину 30-32 см	а	11,6	12,2	12,8	12,8	12,1	11,4	11,2	12,3	12,0
	б	12,5	12,5	12,2	12,8	12,7	12,0	10,9	12,5	12,2
Вспашка на глубину 35-37 см	а	11,5	11,9	12,2	12,2	12,8	12,2	11,6	11,9	12,0
	б	11,7	12,2	12,7	12,9	12,0	11,1	11,2	12,3	12,0
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	а	12,4	12,4	12,8	13,0	12,2	11,5	11,1	12,6	12,2
	б	12,4	12,2	12,2	12,6	11,5	9,1	9,9	12,3	11,4
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	а	12,1	12,3	12,8	12,3	12,7	11,4	9,9	12,4	11,9
	б	11,9	12,4	12,2	12,1	12,2	10,3	10,4	12,1	11,6
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	а	12,4	12,3	12,8	12,5	11,8	10,7	10,6	12,5	11,9
	б	12,0	12,6	12,5	12,4	12,2	12,1	8,9	12,4	11,8
Залежь косимая	а	12,4	11,5	11,2	11,1	11,5	9,0	8,6	11,6	10,8
Залежь некосимая	б	11,6	12,6	13,0	12,2	11,1	10,6	11,9	12,3	11,9

Примечание: а – с удобрениями; б – без удобрений

Приложение 5.23

Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на сумму поглощенных оснований в слое почвы 0-40 см по шести полям опыта (опыт № 1, 1985-1987 гг.), мг-экв. на 100 г почвы

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	46,7	50,7	58,0	65,1	55,1
	без удобрений	47,2	51,9	54,9	61,2	53,8
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	47,1	50,3	56,7	65,2	54,9
	без удобрений	48,4	51,6	57,5	62,9	55,1
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	49,9	53,3	59,6	61,6	56,1
	без удобрений	50,1	53,9	57,8	63,0	56,2
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	47,6	52,1	56,7	66,5	55,7
	без удобрений	49,7	53,6	59,6	65,9	57,2
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	43,8	46,0	51,3	55,7	49,2
	без удобрений	49,8	54,4	56,6	63,8	56,1
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	50,3	52,4	62,0	70,2	58,7
	без удобрений	49,2	53,7	59,7	63,6	56,2
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	47,8	50,3	56,7	62,8	54,4
	без удобрений	50,9	53,2	60,8	63,5	57,1
$НСР_{05}$, % обработка	частый эффект	10,8	8,29	6,87	6,36	7,73
	главный эффект	7,63	5,86	4,86	4,50	5,46
$НСР_{05}$, % удобрение	частый эффект	11,2	7,96	5,87	5,37	6,58
	главный эффект	4,23	3,01	2,22	2,03	2,49
Залежь косимая		54,2	58,6	68,8	76,4	64,5
Залежь некосимая		56,4	65,6	78,6	83,4	71,0

Приложение 5.24

Влияние различных способов и глубины основной обработки в сочетании с удобрениями на $pH_{сол}$ в слое почвы 0-40 см по шести полям опыта (опыт № 1, 1985-1987 гг.)

Варианты опыта		Слой почвы, см				
		0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Вспашка на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,82	6,86	6,93	7,12	6,93
	без удобрений	6,95	7,00	6,99	7,10	7,01
Вспашка на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,88	6,85	6,84	6,98	6,89
	без удобрений	6,70	6,65	6,62	6,66	6,66
Вспашка на глубину 30-32 см	с удобрениями	6,62	6,57	6,60	6,76	6,64
	без удобрений	6,96	6,94	6,91	6,94	6,94
Вспашка на глубину 35-37 см	с удобрениями	6,99	6,98	7,02	7,11	7,02
	без удобрений	6,86	6,85	6,83	6,93	6,87
Разноглубинная вспашка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,72	6,74	6,72	6,70	6,72
	без удобрений	6,92	6,88	6,96	7,01	6,94
Разноглубинная плоскорезная обработка, под горох на глубину 20-22 см	с удобрениями	6,88	6,83	7,00	7,02	6,93
	без удобрений	7,00	7,04	7,09	7,14	7,07
Рыхление плугом без отвалов на глубину 25-27 см	с удобрениями	6,77	6,63	6,78	6,82	6,75
	без удобрений	6,98	6,94	7,03	7,12	7,02
$НСР_{05}$, % обработка	частый эффект	0,43	0,47	0,50	0,46	0,45
	главный эффект	0,30	0,33	0,35	0,33	0,31
$НСР_{05}$, % удобрение	частый эффект	0,27	0,26	0,29	0,22	0,23
	главный эффект	0,10	0,10	0,11	0,08	0,09
Залежь косимая		5,90	6,25	6,50	6,80	6,36
Залежь некосимая		5,75	6,05	6,13	6,18	6,03

Приложение 5.25

Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу на pH $_{сол.}$ в слое 0-30 см (опыт № 4, 2008-2010 гг.)

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	4,7	4,6	4,5	4,6
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,6	4,6	4,5	4,6
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,5	4,6	4,5	4,5
	(NPK)150+Д + Ск + Соп	5,2	5,8	5,5	5,5
Комбинированная обработка, под сахарную свеклу вспашка на глубину 25-27 см	Контроль (Ск)	4,8	4,6	4,6	4,7
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,7	4,6	4,6	4,6
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,7	4,5	4,5	4,6
	(NPK)150+Д + Ск + Соп	5,1	5,3	5,6	5,3
$НСР_{05}$, частный эффект, %		0,39	0,6	0,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, %		0,2	0,25	0,3	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, %		0,3	0,5	0,7	-

Приложение 5.26

Влияние различных приемов основной обработки почвы и удобрений под ячменем на $pH_{сол.}$ в слое 0-30 см (опыт № 4, 2008-2010 гг.)

Приемы обработки почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			
		2008	2009	2010	Среднее
Дискование на глубину 8-10 см	Контроль (Ск)	4,18	5,4	4,47	4,68
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,62	4,6	4,38	4,53
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,04	5,9	4,61	4,85
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	5,73	6,0	5,04	5,59
Комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см	Контроль (Ск)	4,01	5,3	4,55	4,62
	(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,61	4,7	4,52	4,61
	(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,06	5,2	4,60	4,62
	(NPK)150 + Д + Ск + Соп	5,57	6,6	5,03	5,73
$НСР_{05}$, частный эффект, %		1,9	1,1	1,0	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор В, %		0,6	0,5	0,7	-
$НСР_{05}$, главный эффект, фактор С, %		1,5	0,9	1,0	-

Приложение 6.1

Количество сорняков в посевах сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки почвы (опыт № 2, 1990-1992 гг.), шт./м^2

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Количество сорняков, шт./м^2				В том числе количество многолетних сорняков, шт./м^2			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I	1	а	14	26	11	17	6,0	8,0	4,0	6,0
		б	58	47	58	54	11	13	8,0	11
	2	а	12	36	15	21	6,0	15	8,0	10
		б	117	86	75	93	37	28	35	33
	3	а	9	29	17	18	3,0	10	7,0	7,0
		б	148	70	91	103	45	21	35	34
II	1.	а	6,0	13	8,0	9,0	-	3,0	2,0	2,0
		б	38	30	45	38	12	5,0	3,0	7,0
	2.	а	20	26	16	21	7,0	8,0	5,0	7,0
		б	84	66	70	73	31	22	23	25
	3.	а	14	30	22	22	4,0	9,0	4,0	6,0
		б	120	44	64	76	35	12	19	22
III	1	а	4,0	14	10	9,0	-	4,0	3,0	2,0
		б	46	32	28	35	11	6,0	-	6,0
	2	а	10	28	20	19	4,0	6,0	5,0	5,0
		б	66	70	43	60	16	16	12	15
	3	а	12	23	19	18	2,0	5,0	4,0	4,0
		б	86	42	66	65	14	10	11	12
$НСР_{05}$ (для частных различий), шт./м^2			46	26	43	-	21	18	12	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор А), шт./м^2			19	10	21		4,0	5,0	10,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор В), шт./м^2			25	11	13	-	5,0	6,0	10,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор С), шт./м^2			40	25	42	-	8,0	5,0	10,0	-

Примечание: системы основной обработки: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за почевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 6.2

Количество сорняков в посевах сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки почвы, приемов основной обработки почвы, приемов ухода за растениями (главные эффекты) (опыт № 2, 1990-1992 гг.), шт./м^2

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода	Количество сорняков, шт./м^2											
			Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за посевами (фактор С)			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I	1	а	60	49	44	51	27	28	26	27	11	25	15	17
		б									85	54	60	66
	2	а					52	51	40	48				
		б												
	3	а					65	40	46	50				
		б												
II	1	а	47	35	38	40								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	37	35	31	34								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, шт./м^2			19	10	21	-	25	11	13	-	40	25	42	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за почевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 6.3

Воздушно-сухая масса сорняков в посевах сахарной свеклы зависимости от систем основной обработки, приемов основной обработки почвы, приемов ухода за растениями (главные эффекты) (опыт № 2, 1990-1992 гг.), г/м^2

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода	Масса сорняков, г/м^2											
			Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за посевами (фактор С)			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I	1	а	145	102	209	152	96,0	51,0	155	101	67,0	70,0	40,0	59,0
		б									175	129	311	205
	2	а					129	111	195	145				
		б												
	3	а					138	137	175	150				
		б												
II	1	а	121	93,0	171	128								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	97,0	104	145	115								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, г/м^2					17,0	9,0	33,0	42,0	126		49,0	42,0	93,0	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за почевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 6.4

Количество сорняков, в том числе многолетних в посевах ячменя в зависимости от различных способов основной обработки почвы (опыт № 2, 1991-1993 гг.), шт./м^2

Системы основной обработки почвы под предшественник (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Количество сорняков, шт./м^2				В том числе количество многолетних сорняков, шт./м^2			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
I	1	154	16	74	81	10	4	25	13
	2	167	36	94	99	28	15	19	21
	3	259	28	96	128	8	13	16	12
II	1	185	10	72	89	9	1,0	9,0	6,0
	2	283	15	70	123	8,0	7,0	13,0	9,0
	3	365	34	88	162	6,0	17,0	18,0	14,0
III	1	272	13	57	114	5,0	6,0	15,0	9,0
	2	198	13	77	96	9,0	5,0	12,0	8,0
	3	286	28	108	141	8,0	8,0	12,0	9,0
$НСР_{05}$ (для частных различий), шт./м^2		44	4,0	8,0	-	4,0	3,0	4,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор А), шт./м^2		87	5,0	47	-	9,0	5,0	8,0	-
$НСР_{05}$ (для главных эффектов, фактор В), шт./м^2		11	7,0	10	-	3,0	4,0	4,0	-

Примечание: фактор А – системы основной обработки почвы под предшественник (сахарную свеклу): I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Фактор В – способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 6.5

Количество сорняков в посевах ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы, главные эффекты (опыт № 2, 1991-1993 гг.), шт./м^2

Системы основной обработки почвы под предшественник (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Количество сорняков, шт. /м^2							
		Системы основной обработки под предшественник (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
I	1	194	26	88	102	204	13	68	95
	2					216	21	81	106
	3					303	30	97	143
II	1	278	19	77	125				
	2								
	3								
III	1	189	18	117	108				
	2								
	3								
НСР$_{05}$, шт./м^2		87	5,0	47	-	11	7,0	10	-

Примечание: фактор А – системы основной обработки почвы под предшественник (сахарную свеклу): I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Фактор В – способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 6.6

Воздушно-сухая масса сорняков в зависимости от приемов основной обработки чернозема обыкновенного под ячмень (опыт № 2, 1991-1993 гг.), г/м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Масса сорняков по вариантам опыта, г/м^2				Масса сорняков по системам основной обработки почвы под предшественник (фактор А), г/м^2				Масса сорняков по способам основной обработки почвы (фактор В), г/м^2			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
I	1	6,0	39,5	201,7	82,4	10,7	60,7	100,1	57,2	5,9	25,0	135,4	55,4
	2	10,6	58,0	37,8	35,4					9,0	42,7	104,1	51,9
	3	15,4	84,7	60,7	53,6					7,5	65,7	90,2	54,5
II	1	5,3	20,8	54,6	26,9	7,6	36,6	109,3	51,2				
	2	14,4	38,3	194,2	82,3								
	3	2,9	50,7	79,2	44,2								
III	1	6,3	14,8	150,0	57,0	4,2	36,2	120,2	53,5				
	2	2,0	31,9	80,0	38,0								
	3	4,3	61,8	130,7	65,6								
$НСР_{05}$, г/м^2		5,0	45,1	164,2	-	2,2	48,6	64,2	-	4,8	23,7	105,6	-

Примечание: фактор А – системы основной обработки почвы под предшественник (сахарную свеклу): I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Фактор В – способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 6.7

Количество сорняков в посевах подсолнечника в зависимости от системы основной обработки почвы, главные эффекты (опыт № 2, 1992-1994 гг.), шт. /м^2

Системы основной обработки почвы под предшественник (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Количество сорняков, шт. /м^2							
		Системы основной обработки под предшественник (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I	1	17	32	502	183	10	33	397	147
	2					22	36	505	188
	3					16	31	669	239
II	1	22	36	530	196				
	2								
	3								
III	1	9,0	32	540	194				
	2								
	3								
НСР$_{05}$, шт./м^2		21	6,0	42	-	3,0	7,0	51	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 6.8

Воздушно-сухая масса сорняков в зависимости от систем основной обработки обыкновенного чернозема под подсолнечник (главный эффект, опыт № 2, 1992-1994 гг.), г/м^2

Системы основной обработки почвы (фактор А)	Способы основной обработки почвы (фактор В)	Масса сорняков, г/м^2							
		Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I	1	4,8	28,5	81,9	38,4	5,5	32,1	76,7	38,1
	2					8,9	33,4	79,7	40,7
	3					5,0	43,0	85,8	44,6
II	1	9,6	29,9	76,3	38,6				
	2								
	3								
III	1	5,1	50,1	89,1	48,1				
	2								
	3								
НСР$_{05}$, г/м^2			10,9	15,9	49,5	7,2	33,9	56,1	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 6.9

Количество и масса сорняков в посевах ячменя в зависимости от различных приемов основной обработки почвы и предшественников (опыт № 3, 2007-2009 гг.)

Показатели	Годы исследований	Варианты опыта					
		Предшественник – кукуруза на силос			Предшественник – сахарная свекла		
		Вспашка на глубину 20-22 см ПН-4-35	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, шт./м^2	Вспашка на глубину 20-22 см ПН-4-35	Безотвальная обработка на глубину 14-16 см КПЭ-3,8	$НСР_{05}$, г/м^2
Количество сорняков, шт. /м^2	2007	237	806	205	22	31	5
	2008	122	302	112	45	61	9
	2009	121	324	49	68	87	25
	Среднее	160	477	-	45	60	-
Масса сорняков, г/м^2	2007	72	189	87	18	27	16
	2008	52	74	14	41	52	10
	2009	50	78	12	54	68	23
	Среднее	58	114	-	38	49	-

Приложение 6.10

Влияние приемов основной обработки почвы и последействия внесения органоминеральных удобрений в севообороте (главные эффекты) на количество сорняков в посевах ячменя (опыт № 4, 2008-2012 гг.), шт./м^2

А – обработка почвы	В – сумма удобрений в севообороте	Количество сорняков, шт./м^2											
		А – обработка почвы						В – сумма удобрений в севообороте					
		Годы исследований											
		2008	2009	2010	2011	2012	Среднее	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
I	N30 (контроль)	167	268	317	156	154		74	132	173	86	172	127
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га							132	256	348	114	123	195
	(NPK)350 + Ск + 2Соп							144	166	182	82	92	133
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га							114	208	244	110	149	165
II	N30 (контроль)	64	123	156	40	114							
	(NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га												
	(NPK)350 + Ск + 2Соп												
	(NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га												
$НСР_{05}$, шт./м^2, главные эффекты		30	66	43	35	38	-	31	93	60	11	40	-

Примечание: I – дискование на глубину 8-10 см; II – комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см

Приложение 6.11

Влияние приемов основной обработки почвы (главный эффект) на воздушно-сухую массу сорняков в посевах ячменя (опыт № 4, 2008-2012 гг.), г/м^2

А – обработка почвы	В – сумма удобрений в севообороте	Масса сорняков, г/м^2											
		А – обработка почвы						В – сумма удобрений в севообороте					
		Годы исследований											
		2008	2009	2010	2011	2012	Среднее	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
I	1. N30 (контроль)	35,2	39,6	48,6	32,0	30,4	38,8	13,6	11,5	23,5	16,5	30,6	16,3
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га							24,2	31,8	42,2	31,4	20,2	32,4
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп							32,3	16,8	42,0	16,4	16,6	26,9
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га							24,4	39,5	29,0	30,2	18,4	30,8
II	1. N30 (контроль)	12,1	10,2	19,7	15,2	12,6	14,3						
	2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га												
	4. (NPK)350 + Ск + 2Соп												
	10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га												
$НСР_{05}$, г/м^2			4,6	10,0	17,0	12,1	15,4	10,4	14,0	19,5	13,5	16,0	-

Примечание: I – дискование на глубину 8-10 см; II – комбинированная обработка, под ячмень вспашка на глубину 20-22 см

Приложение 6.12

Влияние различных приемов обработки почвы на засоренность яровой пшеницы, шт./м ^{2}
(опыт №5, 2006-2008 гг.)

№ п/п	Варианты опыта	Количество сорняков, шт./м ^{2}		
		Всего	малолетних	многолетних
1	Мелкая мульчирующая обработка	139	127	12
2	Совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка	165	145	20
$НСР_{05}$		11	8	6

Приложение 7.1

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки, способов основной обработки почвы и ухода за сахарной свеклой (опыт № 2, 1990-1992 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода за посевами	Урожайность сахарной свеклы, т/га											
			Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за посевами (фактор С)			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I	1	а	42,5	34,7	34,5	37,2	44,9	37,6	33,1	38,5	50,3	37,9	38,1	42,1
		б									33,6	35,2	31,6	33,5
	2	а					41,0	35,9	36,5	37,8				
		б												
	3	а					39,9	36,2	35,0	37,0				
		б												
II	1	а	39,8	39,1	36,2	38,4								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	43,5	35,9	33,8	37,7								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, т/га			12,1	13,8	6,2	-	4,0	3,0	6,0	-	4,0	2,8	5,2	-

Примечание: системы основной обработки почвы под сахарную свеклу: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за посевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 7.2

Урожайность ячменя в зависимости от приемов основной обработки почвы (главные эффекты) (опыт № 2, 1991-1993 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы под предшественник	Приемы основной обработки почвы	Способы ухода за предшественником	Урожайность ячменя, т/га											
			Системы основной обработки под предшественник (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за предшественником (фактор С)			
			1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее
I	1	а	3,72	2,08	2,64	2,81	3,59	2,47	2,78	2,95	3,62	2,18	3,05	2,95
		б									3,36	2,14	2,55	2,68
	2	а					3,29	2,05	2,82	2,72				
		б												
	3	а					3,60	1,96	2,90	2,82				
		б												
II	1	а	3,16	2,31	2,88	2,78								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	3,59	2,09	2,98	2,89								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, т/га			0,60	0,33	0,19	-	0,29	0,27	0,23	-	0,24	0,12	0,13	-

Примечание: системы основной обработки почвы под предшественник: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см. Способы ухода за предшествующей культурой: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 7.3

Урожайность подсолнечника зависимости от систем основной обработки почвы, способов основной обработки (главные эффекты) (опыт № 2, 1992-1994 гг.), т/га

Системы основной обработки почвы под предшественник	Приемы основной обработки почвы	Способы ухода за предшественником	Урожайность подсолнечника, т/га											
			Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за посевами (фактор С)			
			1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее
I	1	а	2,15	1,14	1,15	1,48	2,21	1,13	1,27	1,54	2,13	1,12	1,21	1,49
		б									2,17	1,08	1,21	1,49
	2	а					2,08	1,14	1,20	1,47				
		б												
	3	а					2,16	1,03	1,16	1,45				
		б												
II	1	а	2,22	1,05	1,23	1,50								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	2,08	1,11	1,24	1,48								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, т/га			0,43	0,15	0,21	-	0,26	0,11	0,11	-	0,10	0,10	0,08	-

Примечание: системы основной обработки почвы под подсолнечник: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за посевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 7.4

Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки чернозема обыкновенного (опыт № 2, 1990-1992 гг.), %

Системы основной обработки	Способы основной обработки	Способы ухода за растениями	Содержание сахара, %			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I.	1	а	16,5	18,1	16,7	17,1
		б	14,7	18,3	16,1	16,4
	2	а	15,1	17,5	16,3	16,3
		б	15,2	18,2	15,5	16,3
	3	а	16,2	17,9	15,4	16,5
		б	13,9	18,5	16,4	16,3
II	1	а	16,2	17,1	17,1	16,8
		б	15,1	17,1	14,6	15,6
	2	а	15,5	18,1	15,1	16,2
		б	14,6	17,8	15,3	15,9
	3	а	15,2	17,7	15,3	16,1
		б	14,8	17,2	14,3	15,4
III	1	а	16,1	17,3	16,4	16,6
		б	15,6	17,8	15,8	16,4
	2	а	15,3	18,1	15,5	16,3
		б	15,7	17,1	15,3	16,0
	3	а	16,3	16,9	15,8	16,3
		б	15,0	17,5	15,5	16,0
$НСР_{05}$, частный эффект, %			2,1	1,4	1,2	-
$НСР_{05}$, главный эффект (системы основной обработки, фактор А), %			1,9	1,1	0,9	-
$НСР_{05}$, главный эффект (способы основной обработки почвы, фактор В), %			0,9	0,4	0,8	-
$НСР_{05}$, главный эффект (способы ухода за растениями, фактор С), %			0,7	0,4	0,7	-

Примечание: системы основной обработки почвы под сахарную свеклу: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка двухъярусным плугом на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за растениями: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 7.5

Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы в зависимости от систем основной обработки почвы, главные эффекты (опыт № 2, 1990-1992 гг.), %

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Способы ухода за посевами	Урожайность сахарной свеклы, т/га											
			Системы основной обработки (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)				Способы ухода за посевами (фактор С)			
			1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее
I	1	а	15,3	18,1	16,1	16,5	15,7	17,6	16,2	16,5	15,8	17,6	16,0	16,5
		б									15,0	17,3	15,5	15,9
	2	а					15,2	17,8	15,5	16,2				
		б												
	3	а					15,2	17,6	15,4	16,1				
		б												
II	1	а	15,2	17,5	15,4	16,0								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
III	1	а	15,7	17,4	15,7	16,3								
		б												
	2	а												
		б												
	3	а												
		б												
$НСР_{05}$, т/га			1,9	1,1	0,9	-	0,9	0,4	0,8	-	0,7	0,4	0,7	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см. Способы ухода за посевами: а – ручная прополка; б – без ручной прополки

Приложение 7.6

Содержание белка в ячмене в зависимости от способов основной обработки почвы (главные эффекты) (опыт № 2, 1991-1993 гг.), %

Системы основной обработки почвы под предшественник	Способы основной обработки почвы	Содержание белка, %				Системы основной обработки под предшественник (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)			
		1991 г.	1992 г.	1993 г.	Среднее	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Средняя	1991 г.	1992 г.	1993 г.	Средняя
I	1	9,5	10,7	8,0	9,4	9,6	10,9	7,8	9,4	9,9	11,3	8,2	9,8
	2	9,7	11,0	7,7	9,5					9,8	11,5	8,0	9,8
	3	9,6	11,1	7,7	9,5					9,9	11,4	8,3	9,9
II	1	9,5	11,5	8,3	9,8	9,5	11,4	8,2	9,7				
	2	9,4	11,5	7,9	9,6								
	3	9,5	11,4	8,4	9,8								
III	1	10,7	11,5	8,2	10,1	10,6	11,7	8,6	10,3				
	2	10,4	12,0	8,5	10,3								
	3	10,6	11,7	8,9	10,4								
НСР $_{05}$, %		0,7	0,6	0,7	-	0,6	0,8	0,3	-	0,4	0,3	0,4	-

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 7.7

Содержание жира в подсолнечнике в зависимости от систем основной обработки почвы (главные эффекты) (опыт № 2, 1992-1994 гг.), %

Системы основной обработки почвы	Способы основной обработки почвы	Содержание белка, %				Системы основной обработки под предшественник (фактор А)				Способы основной обработки почвы (фактор В)			
		1992 г.	1993 г.	1994 г.	Среднее	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Средняя	1992 г.	1993 г.	1994 г.	Средняя
I	1	48,8	50,8	44,0	47,9	48,7	51,3	43,6	47,9	48,6	51,8	47,0	49,1
	2	47,3	52,2	43,2	47,6					48,8	52,0	46,2	49,0
	3	50,0	51,0	43,7	48,2					48,8	51,8	47,0	49,2
II	1	49,0	52,1	45,3	48,8	48,0	52,0	46,5	48,8				
	2	48,1	51,8	47,3	49,1								
	3	46,8	52,2	46,8	48,6								
III	1	48,0	52,5	51,6	50,7	49,6	52,2	50,1	50,6				
	2	51,1	52,1	48,1	50,4								
	3	49,6	52,2	50,5	50,8								
$НСР_{05}$, %		1,0	3,3	4,3		1,0	1,9	1,9	1,5	1,0	1,4	2,5	

Примечание: системы основной обработки почвы: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 25-27 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 25-27 см; 3 – обработка параплау на глубину 25-27 см

Приложение 7.8

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от различных предшественников, приемов основной обработки почвы и удобрений (опыт № 4), т/га

Факторы			Годы исследований			
A	B	C	2008 г.	2010 г.	2012 г.	Среднее за 2008, 2010, 2012 гг.
1	2	3	4	6	7	8
Занятый пар	I – дискование на глубину 8-10 см	1. Контроль (Ск)	12,7	15,0	40,0	22,6
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н	18,0	14,1	48,4	26,8
		3. (NPK)200 + Ск + Н	16,5	11,8	45,1	24,5
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	19,7	13,8	44,7	26,1
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	17,3	14,5	47,2	26,3
		6. (NPK)100 + Ск + Соп	17,6	17,5	44,1	26,4
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	19,2	15,5	44,7	26,5
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	21,2	15,4	46,1	27,6
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	19,6	16,6	40,2	25,5
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д	18,7	23,6	42,2	28,2
	II – чизельная обработка на глубину до 45 см	1. Контроль (Ск)			43,5	
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н			50,1	
		3. (NPK)200 + Ск + Н			47,0	
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп			42,3	
		5. (NPK)50 + Ск + Соп			54,7	
		6. (NPK)100 + Ск + Соп			43,7	
		7. (NPK)150 + Ск + Соп			44,3	
		8. (NPK)200 + Ск + Соп			40,8	
		9. (NPK)150 + Ск + Соп			44,2	
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д			49,5	
	III – вспашка на глубину 25-27 см	1. Контроль (Ск)	32,5	20,4	52,3	35,1
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н	45,5	21,7	54,3	40,5
		3. (NPK)200 + Ск + Н	41,7	21,5	54,1	39,1
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	45,6	23,7	56,2	41,8
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	43,8	25,6	56,4	41,9
		6. (NPK)100 + Ск + Соп	44,0	24,8	55,2	41,3
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	37,5	29,0	53,3	39,9
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	44,0	25,7	53,6	41,1
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	40,4	29,2	54,6	41,4
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д	44,7	22,8	53,3	40,3

1	2	3	4	6	7	8
Сидеральный пар	I – дискование на глубину 8-10 см	1. Контроль (Ск)	34,1	12,6	42,7	29,8
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н	33,1	17.0	49,7	33,3
		3. (NPK)200 + Ск + Н	31,6	14,1	51,3	32,3
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	30,7	15,6	51,6	32,6
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	33,3	13,9	49,1	32,1
		6. (NPK)100 + Ск + Соп	36,7	15,6	48,9	33,7
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	31,6	22,3	50,2	34,7
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	33,4	18,0	48,0	33,1
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	34,3	17,4	44,6	32,1
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д	36,5	18,4	49,1	34,7
	II – чизельная обработка на глубину до 45 см	1. Контроль (Ск)			49,2	
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н			55,0	
		3. (NPK)200 + Ск + Н			56,2	
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп			55,9	
		5. (NPK)50 + Ск + Соп			52,3	
		6. (NPK)100 + Ск + Соп			52,3	
		7. (NPK)150 + Ск + Соп			55,0	
		8. (NPK)200 + Ск + Соп			55,2	
		9. (NPK)150 + Ск + Соп			58,4	
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д			57,7	
	III – вспашка на глубину 25-27 см	1. Контроль (Ск)	50,1	28,2	45,0	41,1
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + Н	45,2	34,8	54,5	44,8
		3. (NPK)200 + Ск + Н	49,1	33,3	54,7	45,7
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	47,1	31,3	55,5	44,6
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	41,5	28,7	46,0	38,7
		6. (NPK)100 + Ск + Соп	50,9	40,9	53,3	48,4
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	50,7	37,5	55,9	48,0
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	52,1	30,1	61,5	47,9
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	52,7	36,9	56,0	48,5
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + Д	47,1	30,2	55,7	44,3
$НСР_{05}$, частный эффект, т/га			3,78	7,85	7,09	-
$НСР_{05}$, главный эффект, ф. А, т/га			0,85	1,76	1,30	-
$НСР_{05}$, главный эффект, ф. В, т/га			0,85	1,76	1,59	-
$НСР_{05}$, главный эффект, ф. С, т/га			1,89	3,92	2,90	-

Приложение 7.9

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от главных эффектов: фактора А (предшественники), фактора В (приемы основной обработки почвы), фактора С (удобрения) (опыт № 4, 2008-2012 гг.), т/га

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Предшественники озимой пшеницы						Приемы основной обработки						Удобрения					
			Годы исследований					Среднее	Годы исследований					Среднее	Годы исследований					Среднее
			2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г	
ЗП	I	1	4,78	2,98	2,33	2,23	3,28	3,12	4,53	2,94	1,96	2,29	3,03	2,95	4,39	2,37	1,86	1,99	2,30	2,58
		2													5,07	2,82	2,20	2,42	3,55	3,21
		3													5,17	2,97	2,59	2,33	3,24	3,26
		4													4,48	3,21	2,36	2,33	3,30	3,14
		5													4,84	2,65	2,16	2,25	3,33	3,05
		6													4,52	2,83	2,17	2,31	3,37	3,04
		7													4,58	3,23	2,33	2,26	2,93	3,07
		8													4,39	3,20	2,34	2,23	3,10	3,05
		9													4,71	3,39	2,36	2,45	3,45	3,27
		10													4,35	3,13	2,44	2,29	3,82	3,21
	II								4,76	3,02	2,60	2,29	3,34	3,20						
СП			4,52	2,98	2,22	2,34	3,3	3,07												
$НСР_{05}$, главный эффект, ц/га			0,22	0,10	0,10	0,06	0,1	-	0,22	0,1	0,1	0,06	0,12	-	0,48	0,23	0,23	0,14	0,23	-

Примечание: фактор А – предшественники озимой пшеницы: ЗП – занятый пар; СП – сидеральный пар. Фактор В – приемы основной обработки почвы: I – дискование на глубину 8-10 см, II – вспашка на глубину 25-27 см. Фактор С – удобрения: 1. Контроль. 2. (NPK)100 + Ск + Соп + навоз 40т/га. 3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га. 4. (NPK)200 + Ск + 2Соп. 5. (NPK)50 + Ск + Соп. 6. (NPK)100 + Ск + Соп. 7. (NPK)150 + Ск + Соп. 8. (NPK)200 + Ск + Соп. 9. (NPK)150 + Ск + Соп. 10. (NPK)150 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га

Приложение 7.10

Урожайность ячменя в зависимости от приемов основной обработки почвы (главные эффекты)
(опыт № 4, 2006-2011 гг.), т/га

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Предшественник озимой пшеницы						Приемы основной обработки						Удобрения					
			2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г	Среднее
ЗП	I	1	4,78	2,98	2,33	2,23	3,28	3,12	4,53	2,94	1,96	2,29	3,03	2,95	4,39	2,37	1,86	1,99	2,30	2,58
		2													5,07	2,82	2,20	2,42	3,55	3,21
		3													5,17	2,97	2,59	2,33	3,24	3,26
		4													4,48	3,21	2,36	2,33	3,30	3,14
		5													4,84	2,65	2,16	2,25	3,33	3,05
		6													4,52	2,83	2,17	2,31	3,37	3,04
		7													4,58	3,23	2,33	2,26	2,93	3,07
		8													4,39	3,20	2,34	2,23	3,10	3,05
		9													4,71	3,39	2,36	2,45	3,45	3,27
		10													4,35	3,13	2,44	2,29	3,82	3,21
	II								4,76	3,02	2,60	2,29	3,34	3,20						
СП			4,52	2,98	2,22	2,34	3,3	3,07												
$НСР_{05}$, главный эффект, ц/га			0,22	0,10	0,10	0,06	0,1	-	0,22	0,1	0,1	0,06	0,12	-	0,48	0,23	0,23	0,14	0,23	-

Примечание: фактор А – предшественники озимой пшеницы: ЗП – занятый пар; СП – сидеральный пар. Фактор В – приемы основной обработки почвы: I – дискование на глубину 8-10 см; II – вспашка на глубину 20-22 см. Фактор С – сумма удобрений в севообороте: 1. N30 (контроль). 2. (NPK)200 + Ск + Соп + навоз 40т/га. 3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га. 4. (NPK)350 + Ск + 2Соп. 5. (NPK)100 + Ск + Соп. 6. (NPK)200 + Ск + Соп. 7. (NPK)300 + Ск + Соп. 8. (NPK)350 + Ск + Соп. 9. (NPK)350 + Ск + Соп. 10. (NPK)300 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га

Приложение 8.1

Биоэнергетическая оценка эффективности различных способах основной обработки почвы под ячмень (опыт № 2, 1991-1993 гг.)

Системы основной обработки почвы под предшественник	Способы основной обработки почвы	Показатели энергетической эффективности			
		Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, $К_{ЭЭ}$
I	1	2,77	3,70	7,38	2,00
	2	2,81	3,43	7,48	2,18
	3	2,84	3,56	7,58	2,13
II	1	3,05	3,70	8,12	2,20
	2	2,54	3,43	6,78	1,98
	3	2,76	3,56	7,35	2,06
III	1	3,02	3,70	8,04	2,18
	2	2,80	3,43	7,48	2,18
	3	2,84	3,56	7,56	2,12
Среднее	1	2,95	3,70	7,85	2,13
	2	2,72	3,43	7,25	2,11
	3	2,81	3,56	7,50	2,11

Примечание: системы основной обработки почвы под предшествующую культуру: I – обычная зяблевая обработка; II – улучшенная зяблевая обработка; III – улучшенная зяблевая обработка с элементами полупара. Способы основной обработки почвы: 1 – вспашка на глубину 20-22 см; 2 – плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; 3 – обработка параплау на глубину 20-22 см

Приложение 8.2

Биоэнергетическая оценка эффективности различных способах основной обработки почвы под ячмень (опыт № 3, 2007-2009 гг.)

Варианты опыта	Показатели энергетической эффективности			
	Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, $К_{ЭЭ}$
Предшественник – кукуруза на силос				
Вспашка ПН-4-35 на глубину 20-22 см	26,3	3,70	7,00	1,89
Безотвальное рыхление КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см	27,8	3,26	7,40	2,27
Предшественник – сахарная свекла				
Вспашка ПН-4-35 на глубину 20-22 см	35,9	3,72	9,56	2,57
Безотвальное рыхление КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см	31,1	3,24	8,29	2,66

Приложение 8.3

Биоэнергетическая оценка эффективности различных приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу (опыт № 4, 2008, 2010, 2012 гг.)

Факторы			Показатели энергетической эффективности			
A	B	C (сумма удобрений в севообороте)	Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии с урожаем основной продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, $К_{ЭЭ}$
1	2	3	4	5	6	7
Занятый пар	I	1. Контроль (Ск)	22,6	10,2	12,5	1,22
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	26,8	14,5	14,8	1,02
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	24,5	15,0	13,5	0,90
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	26,1	11,2	14,4	1,29
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	26,3	10,5	14,5	1,38
		6. (NPK)100 + Ск + Соп.	26,4	10,7	14,6	1,36
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	26,5	10,9	14,6	1,34
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	27,6	11,2	15,2	1,36
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	25,5	10,9	14,1	1,28
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	28,2	12,6	15,6	1,23
	II	1. Контроль (Ск)	35,1	13,9	19,0	1,37
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	40,5	18,2	22,3	1,22
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	39,1	18,7	21,6	1,15
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	41,8	14,8	23,0	1,55
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	41,9	14,1	23,1	1,63
		6. (NPK)100 + Ск + Соп.	41,3	14,4	22,8	1,59
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	39,9	14,6	22,0	1,51
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	41,1	14,8	22,7	1,53
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	41,4	14,6	22,8	1,56
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	40,3	16,3	22,2	1,36

1	2	3	4	5	6	7
Сидеральный пар	I	1. Контроль (Ск)	29,8	13,5	16,4	1,21
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	33,3	17,8	18,4	1,03
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	32,3	18,3	17,6	0,96
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	32,6	14,5	18,0	1,24
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	32,1	13,8	17,7	1,29
		6. (NPK)100 + Ск + Соп.	33,	14,0	18,6	1,33
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	34,7	14,2	19,1	1,34
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	33,1	14,5	18,2	1,26
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	32,1	14,2	17,7	1,24
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	34,7	16,0	19,1	1,20
	II	1. Контроль (Ск)	41,1	17,1	22,7	1,32
		2. (NPK)100 + Ск + Соп + навоз 40 т/га	44,8	21,4	24,7	1,15
		3. (NPK)200 + Ск + навоз 40т/га	45,7	21,9	25,2	1,15
		4. (NPK)200 + Ск + 2Соп	44,6	18,0	24,6	1,36
		5. (NPK)50 + Ск + Соп	38,7	17,3	21,3	1,23
		6. (NPK)100 + Ск + Соп.	48,4	17,6	26,7	1,52
		7. (NPK)150 + Ск + Соп	48,0	17,8	26,5	1,49
		8. (NPK)200 + Ск + Соп	47,9	18,0	26,4	1,46
		9. (NPK)150 + Ск + Соп	48,5	17,8	26,7	1,50
		10. (NPK)150 + Ск + Соп + дефекат 10 т/га	44,3	19,5	24,4	1,25

Примечание: фактор А – предшественники озимой пшеницы: занятый пар; сидеральный пар. Фактор В – приемы основной обработки почвы: I – дискование на глубину 8-10 см; II – вспашка на глубину 25-27 см. Фактор С – удобрения

АКТ

внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. **Наименование внедрённого мероприятия** «Дифференцированная система основной обработки почвы в зависимости от уровня деградации (выпаханности) черноземов в комплексе с приемами биологизации под сахарную свеклу»
2. **Разработка внедрена при выполнении НИР по госбюджету**
   «Научные основы совершенствования основной обработки и регулирование плодородия почв в ЦЧР»
3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению** Кафедрой земледелия ВГАУ
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес**
   ООО «Возрождение» Каширского района Воронежской области
5. **Календарные сроки внедрения (начало – окончание)**
   24 июля 2010 г. – 15 октября 2012 г.
6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 200 га
7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях**
   Производственные затраты на 1га: – 41147 руб.;
   Стоимость продукции с 1 га: 56000 руб.
   Чистый доход с 1 га: – 14853 руб.;
   Чистый доход с площади внедрения: – 2970600 руб.;
8. **Долевое участие университета в полученном экономическом эффекте составляет** _____
9. **Фамилия, и.о. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и хозяйства**

доктор с.-х. наук, профессор Дедов А.В., канд. с.-х. наук Трофимова Т.А.

Председатель комиссии:

Директора ООО «Возрождение» _____ Зайцев Л.Н.

Главный бухгалтер _____ Зайцев Л.Н.

Ответственный за внедрение _____ Трофимова Т.А.

Акт составлен «10» марта 2013 г.

АКТ

внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. **Наименование внедрённого мероприятия** «Система обработки почвы в комплексе с приемами биологизации под сахарную свеклу»
2. **Разработка внедрена при выполнении НИР по госбюджету**
   «Научные основы совершенствования основной обработки и регулирование плодородия почв в ЦЧР»
3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению** Кафедрой земледелия ВГАУ
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес**
   ОАО АПО «Аврора» Задонского района Липецкой области
5. **Календарные сроки внедрения (начало – окончание)**
   15 марта 2012 г. – 15 октября 2013 г.
6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 400 га
7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях**
   Производственные затраты на 1га: – 38326 руб.;
   Стоимость продукции с 1га: 46200 руб.
   Чистый доход с 1 га: – 7874 руб.;
   Чистый доход с площади внедрения: – 3149600 руб.;
8. **Долевое участие университета в полученном экономическом эффекте составляет** _____
9. **Фамилия, и.о. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и хозяйства**

доктор с.-х. наук, профессор Дедов А.В., канд. с.-х. наук Трофимова Т.А.

Председатель комиссии:

Зам. ген. директора ОАО АПО «Аврора» _____ Зенин П.Н.

Главный бухгалтер _____ Москалева И.М.

Ответственный за внедрение _____ Трофимова Т.А.

Акт составлен «15» октября 2013 г.