

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

На правах рукописи



Болучевский Дмитрий Алексеевич

**ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО И УРОЖАЙНОСТЬ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ
БИОЛОГИЗАЦИИ В ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР**

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

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

Воронеж – 2014

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	10
1.1. Агрофизические свойства почвы в зависимости от приемов биологизации и обработки почвы	10
1.2. Многолетние травы как биологические приемы повышения плодородия почвы	23
1.3. Органическое вещество почвы	25
1.4. Питательный режим в зависимости от биологических приемов и основной обработки почвы	30
1.5. Урожай культур в зависимости от приемов биологизации и основной обработки почвы	33
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	36
2.1. Характеристика почвенно-климатических условий Центрального Черноземья, места проведения исследований, объект и методика ...	36
3. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ	49
3.1. Накопление растительных остатков в почве под озимой пшеницей	50
3.2. Динамика детрита под озимой пшеницей	56
4. ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ ПЛОДОРОДИЯ	61
4.1. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от приемов биологизации на фоне последствий основной обработки почвы под озимой пшеницей	61
4.2. Плотность почвы в зависимости от предшественников на фоне последствий основной обработки под озимую пшеницу	68
4.3. Твердость почвы	73
4.4. Влажность почвы	77
4.4.1. Эффективность использования влаги в звене «предшественник – озимая пшеница»	84
4.5. Содержание в почве доступных форм азота, фосфора и калия в зависимости от приемов биологизации на фоне последствий основной обработки почвы	86
4.5.1. Динамика легкогидролизуемого азота	87
4.5.2. Динамика подвижных форм фосфора	91
4.5.3. Динамика обменного калия	96

5. УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО	101
5.1. Урожай озимой пшеницы при использовании приемов повышения плодородия почвы на фоне последствий основной обработки почвы	101
5.2. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов повышения плодородия почвы на фоне последствий основной обработки почвы	104
6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ	107
6.1. Энергетическая эффективность	107
6.2. Экономическая эффективность	112
ВЫВОДЫ	115
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	121
ПРИЛОЖЕНИЯ	150

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение бездефицитного баланса органического вещества является важной задачей повышения плодородия почв, достижение которой возможно за счет применения приемов биологизации и основной обработки почвы, позволяющих оптимизировать режим органического вещества. Значение приемов биологизации усиливается при современном интенсивном использовании сельскохозяйственных земель. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования проблем насыщения почвы органическим веществом, соблюдения принципа бездефицитного баланса гумуса, рационального использования черноземов, сохранения и повышения их плодородия в конкретных почвенно-климатических условиях.

Основной источник органического вещества – это корневые и пожнив-ные остатки, поступающие в почву после уборки возделываемых сельскохозяйственных культур. При интенсивной технологии земледелия этого количества органики недостаточно, поэтому необходимо дополнительное внесение энергии в агроценоз.

В результате антропогенного воздействия почва все больше видоизменяется, деградирует, о чем свидетельствует снижение за последние годы содержания органического вещества в почве и как следствие гумуса. Эколого-ландшафтные системы земледелия предусматривают широкое использование биологических факторов интенсификации земледелия, к числу которых относятся применение сидерации, посевы многолетних бобовых трав, пожнивных и промежуточных культур на корм и зеленое удобрение, заделка в почву соломы зерновых культур, то есть частичное или полное внесение массы растений в почву, в результате чего возможно решение проблемы повышения содержания органического вещества в почве и соответственно почвенного плодородия. Для повышения плодородия почвы большое значение имеет введение в севооборот многолетних бобовых трав, после уборки которых в почву поступает

большое количество растительных остатков, улучшающих физические и химические свойства почвы, воздушный режим, что способствует получению высокого и качественного урожая сельскохозяйственных культур.

Актуальность темы исследования. Главная причина снижения плодородия черноземов обусловлена уменьшением содержания органического вещества, интенсивной минерализацией его ценных соединений, вследствие чего происходит деградация почвы и снижение урожайности сельскохозяйственных культур. На процессы снижения плодородия почвы негативное влияние также оказывает увеличение нагрузки на почву, так как многие сельхозпроизводители значительное количество площадей занимают высокоинтенсивными пропашными культурами такими, как подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла. Восполнить содержание органического вещества можно за счет применения различных биологических приемов, например, посева многолетних бобовых трав и др. Традиционно бобовые травы подсеваются под яровые зерновые культуры. Однако в этом случае в севообороте они не снижают негативного воздействия подсолнечника и чистого пара, так как подсолнечник, как известно, является культурой, которая потребляет большое количество элементов питания и влаги, а в чистом пару активно идут процессы минерализации. С целью устранения указанных недостатков предлагается использовать бинарные посева донника и люцерны с подсолнечником, для того чтобы на следующий год чистый пар можно было заменить кулисно-мульчирующим люцерновым и сидеральным донниковым.

Степень разработанности темы. Анализ имеющейся теоретической базы исследуемой темы показывает, что, несмотря на значительное количество исследований, рекомендующих использование бинарных посевов донника и люцерны с подсолнечником, некоторые аспекты проблемы остаются не до конца изученными, а ряд положений до сих пор носит дискуссионный характер (Авдеенко А.П., 2009; Дедов А.В., 2000; Зезюков Н.И., 1999; Зеленский Н.А., 1991, 1993, 2000, 2002, 2008; Луганцев Е.П., 2008; Пешков Л.В., 1991). В частности, посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару лю-

церны и сидеральному донниковому пару в разработанном севообороте в ЦЧР до настоящего времени не изучался, в связи с чем возникла необходимость проведения исследований по выявлению влияния данных приемов на плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы. Эти обстоятельства обуславливают актуальность темы настоящего диссертационного исследования.

Целью исследования является изучение влияния приемов биологизации и последствий основной обработки почвы на показатели плодородия чернозема типичного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения в лесостепи ЦЧР.

В соответствии с поставленной целью исследования решались следующие задачи.

1. Выявить эффективность влияния приемов биологизации (использование на удобрение соломы ячменя и пожнивной сидерации редьки масличной и горчицы белой; бобовых трав в сидеральных и кулисно-мульчирующих парах) и последствия основной обработки почвы на параметры показателей плодородия чернозема типичного, в частности: на поступление в почву свежего органического вещества и содержание детрита; на агрофизические и водно-физические свойства почвы под озимой пшеницей; на содержание основных элементов питания в почве (легкогидролизуемого азота, фосфора и калия).

2. Установить влияние приемов биологизации и последствия основной обработки почвы на урожай и качество зерна озимой пшеницы.

3. Дать экономическую и энергетическую оценку эффективности возделывания озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны и сидеральному донниковому пару на фоне разных приемов последствий основной обработки почвы.

4. Рекомендовать производству в зоне недостаточного увлажнения внедрение и освоение севооборотов с различными видами паров, бинарными посевами озимой пшеницы и способами основной обработки почвы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Использование приемов биологизации под озимую пшеницу улучшает показатели плодородия чернозема типичного, увеличивая содержание растительных остатков на 62,6%, детрита – на 41,1% и коэффициент структурности – на 82,7%.

2. Приемы биологизации повышают содержание в почве доступных форм азота, фосфора и калия от 2 до 19% в течение вегетации озимой пшеницы и обеспечивают более рациональное использование этих элементов питания.

3. Приемы основной обработки почвы и биологизации на 9-11% повышают экономическую и в 12 раз энергетическую эффективность, улучшают качество зерна озимой пшеницы по отношению к контрольному варианту.

Научная новизна диссертационного исследования. Основные научные результаты, определяющие новизну проведенного исследования, состоят в следующем:

- теоретически обоснована целесообразность возделывания озимой пшеницы в бинарных посевах в зоне недостаточного увлажнения с целью воспроизводства плодородия черноземов и повышения продуктивности пашни;

- установлена необходимость совершенствования элементов системы земледелия в целях воспроизводства плодородия почвы путем активизации биологических факторов;

- получены экспериментальные данные по влиянию бобовых культур, возделываемых в сидеральных и кулисно-мульчирующих парах, на улучшение агрофизических, агрохимических свойств, обогащение почвы органическим веществом и увеличение продуктивности севооборота.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

Впервые в ЦЧР предложена схема севооборота, позволяющая возделывать озимую пшеницу в бинарном посеве с люцерной синей после кулисно-мульчирующего пара.

Полученные результаты расширяют знания о влиянии многолетних бобовых трав и последствия основной обработки почвы на физико-химические свойства черноземных почв, что позволит при правильном их применении стабилизировать плодородие почв, повысить продуктивность севооборотов.

Доказано положительное влияние посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному донниковому пару на физико-химические свойства почвы за счет прихода большего количества растительных остатков в этих вариантах.

Основные результаты исследования могут быть использованы для совершенствования систем земледелия в ЦЧР Российской Федерации и минимализации процессов деградации черноземов.

Материалы исследования рекомендуется использовать при проектировании современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, а также в учебном процессе в высших учебных заведениях при чтении различных дисциплин при подготовке специалистов по профильным специальностям, например: «Растениеводство», «Земледелие», «Агрочвоведение».

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, проходивших в Воронежском государственном аграрном университете им. императора Петра I (2011, 2012, 2013 и 2014 гг.) и в Белгородской сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина (2014 г.).

Результаты производственного опыта, проведенного с 2011 по 2013 г. в хозяйствах Ип Глава КФХ Палихов А.А. и ООО, «Макс-Агро» Хохольского района Воронежской области на площади 44 и 52 га, показали, что использование приемов биологизации под озимую пшеницу способствует получению чистого дохода от 10530 до 12294 рублей при производственных затратах от 13890 до 16030 рублей на 1 га.

Публикации. Результаты проведенного исследования нашли отражение в 9 опубликованных работах общим объемом 4,25 п.л. (авторский вклад – 2,48

п.л.), в том числе 4 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Личный вклад.

Автор диссертационной работы принимал непосредственное участие на всех этапах проведения исследований:

- в разработке программы и схемы исследований;
- выборе и разработке методов;
- планировании и проведении экспериментальных исследований;
- анализе и обобщении полученных данных, их математической обработке;
- формулировании выводов;
- подготовке публикаций по теме исследования;
- оформлении диссертационной работы и автореферата.

Доля его участия в исследованиях – более 90%.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 177 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 6 глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы, включающего 292 наименования, в том числе 11 на иностранных языках, содержит 18 таблиц и 27 приложений.

Автор выражает большую признательность и благодарность научному руководителю профессору А.В. Дедову, заведующему кафедрой земледелия, проректору по научной работе Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I, сотрудникам и лаборантам кафедры земледелия за всестороннюю помощь, преподавателям кафедры за критические замечания и рекомендации, высказанные в ходе обсуждения работы.

1. ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Агрофизические свойства почвы в зависимости от приемов биологизации и обработки почвы

В.Р. Вильямс писал, что плодородие почвы – это способность почвы удовлетворять потребность растений в воде и пище [36]. К этому определению В.Р. Вильямса А.А. Роде добавляет, что еще одной из способностей почвы является обеспечение воздушного питания корней растений, возможность физического закрепления растения, а также отсутствие в почве вредных веществ [219]. Этому же мнению придерживаются и такие исследователи, как В.А. Ковда, А.М. Лыков, И.С. Кауричев, И.В. Тюрин и др. [110, 142, 98, 258].

Взаимосвязь агрофизических свойств почвы с почвенным плодородием никогда не подвергалась сомнению. В настоящее время из-за ускоренной интенсификации земледелия и увеличения антропогенных нагрузок на почву все острее встает проблема деградации почв, а в связи с этим и задача сохранения и повышения почвенного плодородия (Каштанов А.Н., 1983; Медведев В.В., 1978, 1988; Dickey E.C. et al, 1985; Бондарева В.Ю. с соавт., 1989; Сдобников С.С., 1989; Бондарев А.Г., Кузнецова И.В., 1999; Зезюков Н.И., Острцов В.Е., 1999; Федотов В.А. с соавт., 2009) [105, 158, 159, 285, 27, 235, 25, 74, 260].

К агрофизическим и водно-физическим свойствам почв относятся влажность почвы, водопроницаемость, полная влагоемкость, наименьшая влагоемкость, максимальная гигроскопичность, плотность, твердость, структура почвы и др. Важным показателем агрофизического состояния почв (наряду с некоторыми другими, например, структурой, порозностью, воздушным режимом) является плотность сложения, для характеристики которой используются показатели либо общей пористости, либо объемной массы, выраженные в г/см^3 (Рассел Э., 1955; Казаков Г.И., 1988) [213, 93]. В 1972 г. И.Б. Ревут писал, что

плотность непосредственно влияет на процессы жизнедеятельности растений в отличие от структуры почвы, которая является известным регулятором физических условий и лишь косвенно воздействует на растения. Поэтому плотность следует рассматривать как первичный элемент не только всей физики почв, но и жизни растений [217].

Плотность почвы влияет на водоподъемную способность, тепловые свойства, водопроницаемость, диффузию газов, а также на микробиологическую трансформацию органических веществ и в конечном итоге на урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур (Мичурин Б.Н., 1957; Ревут И.Б., 1961, 1962, 1989; Соколовская Н.А., 1968; Черепанов Г.Г., 1985, 1986, 1987; Dickey E.C. et al; 1985; Soane V.D. et al; 1994; Чевердин Ю.И., 2009) [167, 214, 216, 218, 247, 266, 267, 269, 285, 291, 264].

Многие исследователи отмечают, что для хорошего развития растений и формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур необходима собственная оптимальная плотность почвы, которая зависит не только от почвенно-климатических условий (Коломиец А.П., 1978; Ревут И.Б., 1972; Рабочев И.С., 1985; Гонет З. и Слюсарчик Э., 1989; Волокитин М.П., 1997; Картамышев Н.И., Тарасов А.А., 1997; Бондарев А.Г., 1988) [113, 217, 211, 52, 40, 97, 26], но и от используемой при обработке почвы сельскохозяйственной техники (Барсуков Л.Н., 1953; Балаев П.М., 1974; Медведев В.В., 1981; Витер А.Ф., 1982, 2011; Gurrie J.A., 1984; Soane V.D. et al, 1994; Корчагин В.А., 1997 и др.) [14, 13, 156, 38, 39, 284, 291, 122].

Установлено, что для зерновых культур оптимальная плотность находится в пределах $1,1-1,2 \text{ г/см}^3$, для пропашных культур – $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$, для многолетних трав – $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$. Что касается корнеплодов, то для их возделывания необходима более рыхлая почва (Вострухин Н.П. с соавт., 1969; Коломиец А.П., 1989; Сидоров М.И., 1981; Пупонин А.И., 1988, 1989; Медведев В.В., 1984; Картамышев Н.И. с соавт., 1986) [45, 114, 237, 208, 209, 157, 96].

В экспериментальных исследованиях С.И. Долгова (1948, 1969) не наблюдалось снижения урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых на почвах с различной плотностью.

ваемых на суглинистых почвах плотностью 0,2-0,3 г/см³ и почвах легкого гранулометрического состава плотностью 0,3-0,4 г/см³ [63, 64].

При уплотнении почвы от благоприятного до критического (1,5 г/см³) происходит недобор зерна до 30% (Бондарев А.Г., 1988) [26]. Н.З. Милащенко с соавт. (1974, 1979) считают, что к снижению урожая на 15-18% приводит как излишняя рыхлость, так и чрезмерная плотность почвы [162, 163]. В результате такого сложения почвы растения затрачивают в два раза больше энергии на формирование корней (единицы длины) (Прянишников Д.Н., 1953; Станков Н.З., 1964; Качинский Н.А., 1931) [204, 249, 101].

По мнению ряда ученых (Медведев В.В., 1988; Санжарова С.И. с соавт., 1993; Бондарев А.Г., Кузнецова И.В., 1999), к уменьшению поступления органического материала ведет неправильная организация территории при использовании сельскохозяйственных земель, а также повышенные дозы агрохимикатов. Частые механические обработки, монокультура способны вызывать необратимые изменения в функционировании почвенных агроэкосистем [158, 228, 25].

В условиях ЦЧР свежее органическое вещество, поступившее в почву, способствует увеличению удельного веса биологически связанного азота, улучшению агрофизических свойств, снижению кислотности, повышению буферности (Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991; Королев В.А., 1996 и др.) [73, 119].

Использование приемов биологизации (разбрасывание на полях измельченных пожнивных остатков, возделывание сидеральных культур, использование совместных посевов культур) является эффективным приемом в борьбе с переуплотнением почв. Данные меры повсеместно применяются за рубежом (Kundler P. et al, 1983) [288], но, к сожалению, мало используются в Российской Федерации. Результаты исследований А.М. Берзина с соавт. (1985) свидетельствуют о благоприятном влиянии сидеральных паров на агрофизические свойства почв [20]. Доказано, что люцерна оказывает значительное положительное влияние на почву, ее можно использовать в одновидовых и бинарных посевах, в выводных полях и кулисных парах при длительном использовании (Иванов А.Ф., Медведев А.Г., 1977; Щедрина Д.И. с соавт., 2002) [84, 280].

Многолетние бобовые культуры в 2,5-3,5 раза превосходят однолетние по количеству накопившейся в почве пожнивно-корневой массы (8-15 т/га), а недостаток растительных остатков в почве приводит к снижению урожая культур, переуплотнению или излишне рыхлому состоянию, потере влаги в результате большего испарения, слабым и не дружным всходам, не равномерному распределению семян по глубине и плохому контакту их с почвой (Ревут И.Б., 1965; Мухортов Я.Н., 1977, 1984; Слесарев В.Н., 1984; Dickey E.C. et al, 1985; Медведев В.В., 1988) [215, 176, 177, 244, 285, 158].

В литературе приводится большое количество данных, свидетельствующих о положительном влиянии растительных остатков в почве на плотность [9, 16, 37, 48, 50, 61, 78, 112, 138, 140, 141, 152, 153, 155, 160, 183, 199, 200, 205, 206, 227, 233, 242, 243, 253, 256, 260, 262, 266, 268, 287]. Однако, как показал анализ имеющихся источников информации, значительное количество исследований проводилось в различных почвенно-климатических условиях. Что касается исследований на черноземе типичном, то таких данных практически нет. В связи с этим нами была поставлена задача – выявить и изучить влияние на плотность почвы сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны в условиях недостаточного увлажнения в лесостепи ЦЧР.

Наряду с биологическими приемами основная обработка почвы является действенным фактором, влияющим на плотность сложения почвы, так как главной задачей механических обработок является создание такого сложения почвы, которое способствовало бы благоприятному росту и развитию сельскохозяйственных культур (Ревут И.Б., 1972; Мухортов С.Я., 1983, 1985) [217, 173, 174].

Некоторые исследователи, занимавшиеся изучением влияния приемов обработки почвы, отмечают, что безотвальная обработка почвы не увеличивает плотность сложения обрабатываемого слоя почвы по сравнению с отвальной обработкой (Малышкин Ю.В., 1967; Миронов Г.И., 1984; Тарарико А.Г., 1990; Заикин В.П., 1996; Сираев М.Г. и Суюндуков Я.Т., 1995; Попов А.В., 2001) [150, 166, 250, 70, 239, 198]. В разные годы В.И. Санковский писал о бо-

лее рыхлом сложении почвы при безотвальной обработке дисками или чизелем [229-231].

Ряд исследователей придерживается иного мнения, считая, что мелкая безотвальная обработка по сравнению со вспашкой приводит к переуплотнению как некоторых слоев, так и всего пахотного слоя (Свиридов Н.С., Егоров Б.В., Кульков В.Ф., 1977; Аверьянов Г.Д., 1979) [232, 2].

Существует и такое мнение, что глубокую обработку можно периодически заменять более мелкой или безотвальной (плоскорезной) обработкой на тех полях, где равновесная плотность почвы близка или равна оптимальной (Ревут И.Б., 1972) [217]. Для черноземных почв, обладающих хорошей структурой, величина равновесной плотности находится в пределах 1,10-1,21 г/см³. На почвах такой структуры можно уменьшать глубину обработки при возделывании зерновых культур (Буров Д.И., 1960) [30].

Опубликованные данные о влиянии основной обработки почвы на плотность сложения почвы весьма противоречивы, что обуславливает необходимость проведения более детальных исследований этого вопроса в конкретных почвенно-климатических условиях, так как отрицательное влияние уплотнения почвы на ее агрофизические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур не всегда можно устранить с помощью основной обработки почвы.

Многие ученые наряду с плотностью почвы занимались изучением другой составляющей агрофизических свойств почвы – структуры почвы. Так, Н.А. Качинский (1965), В.Р. Вильямс (1949), П.А. Костычев (1951) внесли большой вклад в изучение этого показателя, влияющего на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, с которыми в свою очередь связаны окислительно-восстановительный, пищевой и микробиологический процессы, плотность почвы, связность, пористость, удельное сопротивление при обработке (Дедов А.В., 2008) [102, 37, 123, 59].

Согласно исследованиям А.П. Авдеенко (2009), возделывание люцерны изменчивой в кулисно-мульчирующем пару, эспарцета посевного, донника желтого в занятых парах способствует быстрому и качественному восстанов-

лению утраченной структуры чернозема [1]. Аналогичные результаты получены А.А. Платуновым (2008), который считает, что использование люцерны изменчивой в качестве предшественника на 2-й – 4-й год жизни увеличивает содержание агрономически ценной структуры почвы [192].

Биологическим факторам принадлежит первостепенная роль в структурообразовании. Как известно, обработка почвы, состояние физической спелости, сезонные процессы замерзания и оттаивания, растительные остатки и как следствие гумусовые вещества – все эти факторы оказывают оструктурирующее влияние на почву (Саввинов Н.И., 1936; Вершинин П.В., 1958; Качинский Н.А., 1965; Ревут И.Б., 1972; Воронин А.Д., 1984; Molore M.V., Page E.R., 1986; Санжарова С.И. с соавт., 1993; Гумматов Н.Г., Паченский Я.М., 1994; Кузнецова И.В., Данилова В.И., 1991; Росновский И.Н., 1993; Кузнецова И.В. с соавт., 2000) [227, 35, 102, 217, 42, 289, 228, 55, 134, 221, 135].

Исследования зависимости содержания негумифицированных органических веществ и структуры почвы проводили многие ученые (Ackerman F.G., Myers H.E., 1943; Лазарев А.П., Абрашин Ю.И., 2000; Берзин А.М. с соавт., 2000, 2001), доказавшие влияние органического вещества на образование почвенных агрегатов, улучшение почвенной структуры [282, 137, 19, 21]. При этом в литературе приводятся данные, свидетельствующие о том, что многолетняя травянистая растительность оказывает оструктурирующее влияние на почву за счет формирования сильноразветвленной корневой системы (Качинский Н.А., 1931; Воробьев С.А., 1968; Ковда В.А., 1973) [101, 41, 110]. Однако опыты, заложенные О.Г. Котляровой с соавт. (1990, 2009) в условиях Белгородской области показали незначительное увеличение агрономически ценных агрегатов под эспарцетом первого и второго года жизни (на 0,2-0,3%) [126, 127].

Многие ученые занимались изучением водопрочных агрегатов в исследованиях структуры почвы при воздушно-сухом просеве. Водопрочные агрегаты – это агрегаты, устойчивые к разрушающему действию воды.

Устойчивость почвенных агрегатов к воде зависит от соотношения разрушающих сил, определяющих прочность меж- и внутриагрегатных связей

(Бондаренко Н.Ф., 1975) [28]. Гумусовые вещества способствуют созданию более водопрочной структуры в результате склеивания агрегированных почвенных частиц (Ефремов И.Ф., 1971; Безуглова О.С., 2001) [68, 15]. Многолетние травы способствуют гораздо большему увеличению содержания водопрочных агрегатов, чем черный пар (Синягин И.И., 1980) [238], при этом на вариантах с люцерной это увеличение сопровождается снижением плотности почвы в пахотном слое (Иванов А.Ф. с соавт., 1977; Румянцев В.И., 1979) [84, 223].

Повышению количества водопрочных агрегатов в слое 0-5 см на 2,9% способствуют бобовые травы (люцерна изменчивая и др.) даже в первый год жизни, при этом наиболее подвержены разрушению почвенные агрегаты размером 1-5 мм (Вершинин П.В., 1958; Воронин А.Д., 1984) [35, 42]. С увеличением продолжительности жизни многолетних трав в почве активнее идет образование водопрочных агрегатов, уменьшается плотность почвы, особенно в слое 0-10 см (Иванов А.Ф., 1977, 1996; Зеленский Н.А. с соавт., 2008; Платунов А.А., 2008; Авдеенко А.П., 2009) [84, 85, 78, 192, 1].

В пахотных горизонтах целинных почв содержание структурных агрегатов увеличивается на 20% по сравнению с агроценозом, количество глыбистых фракций снижается в 4,5 раза (Королев В.А., Шевченко В.М., Прудников О.И., 1986; Щербаков А.П. с соавт., 1996) [120, 3].

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений создаются в почвах, в которых содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм находится в интервале от 40-45% до 75-80%. Если содержание водопрочных агрегатов выше, то увеличивается непроизводительное испарение на физическое испарение в результате увеличенной порозности почвы (Кузнецова И.В. с соавт., 2000) [135].

В исследованиях А.М. Берзина с соавт. в 2000 г. содержание водопрочных агрегатов было выше на фоне заправки зеленой массы озимой ржи и донника – соответственно 71,1 и 67,7%; немного ниже их содержание было при внесении навоза в паровое поле – 66,8%, в то время как под посевами овса в контроле (чистый не удобренный пар) составляло 58,6% [19].

Уменьшение содержания в почвах гумуса является одной из основных причин существенного снижения количества водопрочных структурных агрегатов чернозема типичного. Гуминовые кислоты, новообразованные в процессе разложения растительных остатков, значительно повышают прочность почвенной структуры (Дедов А.В., 2000) [58]. Положительная корреляционная связь ($r = 0,3$; $t_{\phi} = 2,4$; $t_{0,5} = 2,01$) прослеживается между количеством водопрочных агрегатов и содержанием гумуса.

Тесная связь существует также между корневой системой растений и содержанием структурных агрегатов в почве (Лазарев А.П., Абрашин Ю.И., 2000), так как корни расчленяют слитную почву на макроструктурные отдельные части, по ходам животных, следам разложившихся корней и корневищ растений, по трещинам проникают в подпочву, при этом мелкие корешки могут размещаться и в нерасчлененной почве [137]. Не оказывает заметного сопротивления прохождению корней даже сравнительно плотная почва во влажном состоянии (Тужилин В.М., 1991) [257].

Коэффициент структурности резко возрастает от бессменного пара к бессменной ржи (Саввинов Н.И., 1936), что свидетельствует о большой роли в расчленении почвы на макроструктурные отдельные части пожнивных остатков и корней однолетних культур [227]. Однако почвы под многолетними травами характеризуются более высоким коэффициентом структурности, так как у многолетних трав более мощная корневая система в сравнении с однолетними культурами (Филимонов П.Н., 1974; Ковда В.А., 1980; Трофимов С.Н., 1984) [261, 111, 254].

По данным ряда авторов, многолетние травы на 10-15% увеличивают количество водопрочных агрегатов в севообороте, при этом их количество значительно выше при бессменном посеве. Этот эффект сохраняется в течение 2-3-х лет после запашки (Воробьев С.А., 1968) [41].

Отмечено, что под однолетними культурами, заметно улучшается структура почвы при условии образования значительной массы пожнивных остатков и корней, особенно в зоне наибольшего распространения корней (Качин-

ский Н.А., 1931; Красильников Н.А., 1934; Прянишников Н.Д., 1953; Станков Н.З., 1964; Нарциссов В.П., 1982) [101, 129, 204, 249, 178].

Увеличению количества водопрочных агрегатов также способствует насыщение севооборота промежуточными культурами и внесение соломы в почву в качестве удобрения (Гаврилов А.М., 1965, 1985; Филимонов П.Н., 1974; Мишустин Е.Н., 1980; Новиков В.Ф., 1988; Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991; Лошаков В.Г., 2000; Скорочкин Ю.П., 2007, 2011) [46, 47, 261, 169, 183, 73, 140, 242, 243].

Активное структурообразование почвы обуславливает непрерывная жизнедеятельность микроорганизмов и растительности, поступление и накопление в почве продуктов их жизнедеятельности и автолиза их клеток (Руссель С., 1977) [224].

На бесменных парах, при длительном сельскохозяйственном использовании земель содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое снижается до 31%, хотя на почвах целинных участков количество водопрочных агрегатов более 0,25 мм составляет 72-87% (Адерихин П.Г., 1964; Кузнецова И.В., 1977; Королев В.А., Шевченко В.М., Прудников О.И., 1986; Санжарова С.И. с соавт., 1993; Полуэктов Е.В., 1998) [4, 133, 120, 228, 195].

Некоторые ученые считают, что длительная и нерациональная вспашка ухудшает структурное состояние почв (Измаильский А.А., 1949; Костычев П.А., 1951) [89, 123], в то время как другие исследователи дают рекомендации применять глубокую послойную вспашку для восстановления и поддержания структурного состояния почвы (Чикалики Г.М., 1939; Дальский П.И., 1939) [271, 56]. Высказываются мнения даже о положительном влиянии вспашки на поддержание структуры почвы (Котоврасов И.П. с соавт., 1984; Васютин М.М. с соавт., 1989) [128, 34], несмотря на тот факт, что в литературе приводятся и совсем иные данные. Так, В.П. Васильев, И.А. Чуданов (1984), И.П. Макаров (1985, 1988) отмечают, что вспашка способствует распылению верхнего слоя почвы, и только лишь в условиях оптимальной влажности происходит улучшение структуры пахотного слоя [33, 146, 147].

К настоящему времени опубликованы результаты большого числа исследований, доказавших улучшение структурно-агрегатного состава почвы в результате применения безотвальных видов обработки (Круть В.М. с соавт., 1979, 1980; Douglas E., 1980; Пупонин А.И. с соавт., 1988, 1989) [130, 131, 286, 208, 209]. Некоторые ученые высказывают мнение, что длительное применение плоскорезных и поверхностных обработок приводит к ухудшению структурно-агрегатного состояния почвы (Рябов Е.И. с соавт., 1992) [226], в то время как другие отмечают, что обработка почвы не влияет на количество агрономически ценных агрегатов в пахотном слое почвы (Дальский П.И., 1940; Польский М.Н., 1955; Котоврасов И.П. с соавт., 1984; Васютин М.М. с соавт., 1989) [56, 197, 128, 34].

Как известно, качество почв во многом зависит от водного режима и его устойчивости (Квасников В.В., 1934; Каштанов А.Н. с соавт., 1983, 1989; Сдобников С.С., 1994; Кирдин В.Ф., Саранин Е.К., 1996) [106, 103, 104, 234, 107].

В засушливых условиях влагообеспеченность посевов является главным фактором, оказывающим влияние на посев и получение всходов и как следствие на величину урожая сельскохозяйственных культур. Естественное накопление влаги в основном происходит в холодный период года, так как в летний период осадки носят ливневый характер, и большая их часть теряется в виде стоков или испарения (Полуэктов Е.В., 1998, 2003) [195, 196]. Значительные потери непродуктивной влаги происходят в чистом пару из-за незащищенности поверхности почвы растительностью (Зональные системы земледелия ... , 1989, 1995; Зеленский Н.А. с соавт., 2000, 2002) [81, 240, 76, 77]. В своих исследованиях Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская (1991, 1993), А.В. Зеленева (2009) отмечают, что под парозанимающим травостоем сокращается испарение влаги с почвенной поверхности из-за уменьшения скорости ветра, понижения температуры, повышения влажности воздуха [79, 80, 75].

Оптимальные условия для всходов и вегетации озимых обеспечивают влагозапасы более 20 мм в слое почвы 0-20 см (Бялый А.М., 1971; Личикаки В.М., 1974) [31, 139]. Коэффициент водопотребления в большей степени зави-

сит от применения органических и минеральных удобрений: более экономно используется вода, и коэффициент водопотребления заметно снижается при улучшении почвенного питания растений.

Исследования А.П. Пичугина (2002), В.А. Маслова (2002) показали, что использование сидерата в пару как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями улучшает агрофизические свойства почвы, уменьшает непродуктивное испарение с поверхности почвы и тем самым способствует более полному и рациональному использованию влаги [154, 191]. В.Ю. Тимонов (2011) приводит данные о том, что применение зеленых удобрений не способствует уменьшению доступной влаги в слое почвы 1,5 м [253].

Исследования некоторых ученых показали, что, как правило, под двухлетними травами почва после уборки сильно иссушена вглубь по всему корнеобитаемому слою, причем степень иссушения больше, нежели под однолетними травами (Музычкин Е.Т., Кахута Н.М., 1979) [172]. Истинное представление может дать учет использования почвенной влаги только всех культур севооборота за вегетацию.

Опыты, проведенные в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства Россельхозакадемии, показали, что в системе шестипольного зернотравяного севооборота запасы продуктивной влаги зависели от предшественника. Перед посевом пшеницы по люцерне летнего срока распашки запасы влаги в метровом слое на варианте без удобрений были на 18% выше, чем перед посевом люцерны и овса (Воронкова Н.А., 2009) [43].

В исследованиях, проведенных научными сотрудниками Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства Россельхозакадемии, многолетние травы по сравнению с зерновыми и другими однолетними культурами расходовали больше влаги в течение вегетации и оставляли ее меньше для последующей культуры. Влагообеспеченность культур, высеваемых после бобовых, ухудшалась, однако к концу вегетации второй культуры после бобовых трав содержание доступной влаги увеличивалось в 1,3-1,5 раза в гумусовом горизонте (0-60 см) (Бойко А.В., 2009) [23].

Одним из лучших предшественников под озимые культуры среди многолетних трав является эспарцет, важной биологической особенностью которого является экономное расходование почвенной влаги. По результатам опытов, заложенных на Митрофановском опытном поле, в среднем за 4 года влажность почвы в эспарцетовом пару к посеву озимой пшеницы составляла 27,0%, а в черном – 25,1%. Средняя урожайность озимой пшеницы за 7 лет по эспарцету составила 21,4 ц/га, по черному пару – 20,3 ц/га (Масандилов Э.С., Реуцкий Ф.В., 1960) [153].

Наряду с влиянием предшественников на влагообеспеченность почвы некоторые ученые говорят об основной обработке почвы как о факторе влагонакопления.

Еще в 1892 году К.А. Тимирязев писал о пользе глубокой вспашки. Так, он отмечал, что глубокая зяблевая вспашка способствует накоплению продуктивной влаги больше, нежели при мелкой обработке почвы [252]. Позднее результаты исследований многих ученых, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, подтвердили эти данные (Иванов П.К., 1967, 1973; Пронин И.Ф., 1975; Мухортов Я.Н., 1979, 1984; Круть В.Н. с соавт., 1980; Витер А.Ф., 1982; Котоврасов И.П. с соавт., 1984) [86, 87, 203, 175, 176, 131, 38, 128].

В литературе приводятся и иные мнения по поводу обработок почвы и их влияния на водный режим. Так, некоторые ученые считают, что глубокая вспашка не увеличивает запасов влаги, и что лучший водный режим создается при послойной вспашке (Овсинский И.Е., 1902; Ротмистров В.Г., 1913; Наумов С.А., 1977, 1981) [185, 222, 179, 180].

Высказываются и такие мнения, что чередование отвальных и безотвальных, мелких и глубоких основных обработок почвы в севообороте способствует большему накоплению влаги (Данилов Г.Г., Каргин И.Ф., 1969; Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., 1984) [57, 170]. Опубликованы данные, свидетельствующие о положительном влиянии на водный режим замены плуга на другие орудия (Милосердов Н., 1973; Иванов П., Бикбулатов И., 1975; Корчагин В.А.,

Карандьев И.Г., 1975; Чуданов И.А., 1980; Парфенов М.А., 1982; Максименко Л.Д., Ляшенко А.А., 1984; Санковский В.И., 1986; Чуданов И.А., Васильев В.П., 1986; Акентьева Л.И., Чижова М.С., 1989; Немцев Н.С., Карпович К.И., 1989; Новиков В.М., 1994) [164, 88, 121, 273, 188, 149, 231, 272, 5, 181, 182].

Анализ литературных источников о влиянии приемов биологизации и основной обработки почвы на агрофизические свойства почвы (плотность почвы, структура, водный режим) показывает, что по данному вопросу нет единого мнения, так как в различных почвенно-климатических условиях были получены различные, порой даже противоречивые, результаты. Однако все исследователи считают, что действие вышеуказанных факторов, безусловно, сказывается на динамике различных почвенных показателей. Что касается посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей, то его влияние на агрофизические свойства почвы в почвенно-климатических условиях Центрального Черноземья практически не изучалось. В связи с этим нами была поставлена задача изучить влияние приемов биологизации на такие показатели чернозема типичного, как плотность, твердость, структура, влажность.

В условиях интенсификации земледелия особую актуальность приобретает изучение влияния биологических приемов на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы. Это обусловлено и тем обстоятельством, что в настоящее время для постепенно возрождающейся отрасли животноводства требуется все большее количество кормов. Кроме того, внесение навоза сопряжено с высокими денежными затратами и рентабельно лишь в пятикилометровой зоне животноводческих ферм. Длительное использование одних минеральных удобрений приводит к значительным изменениям физических свойств и питательного режима почвы, поэтому необходимо искать пути повышения эффективности внесения растительных остатков в почву, которые будут способствовать формированию оптимальных агрофизических свойств.

Таким образом, только детально изучив использование комплекса приемов биологизации в севообороте (посев озимой пшеницы по сидеральному

донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны на фоне последствий обработки почвы), можно сделать вывод об эффективности этих приемов с точки зрения повышения продуктивности озимой пшеницы и плодородия почвы. В связи с тем, что такие данные по Центральному Черноземью в имеющихся литературных источниках отсутствуют, этот вопрос был включен в программу диссертационного исследования.

1.2. Многолетние травы как биологические приемы повышения плодородия почвы

Общеизвестно, что многолетние бобовые травы накапливают значительную массу органического вещества с узким соотношением углерода к азоту, тем самым характеризуются высоким уровнем высвобождения элементов питания в почву. Путем грамотного подбора культур можно в значительной степени восполнить нехватку в почве элементов питания растений, о чем свидетельствуют многолетние исследования сотрудников Донского государственного аграрного университета, в частности А.П. Авдеенко, Н.А. Зеленского, Г.М. Зеленской, М.С. Овчаренко и др., которые считают, что бинарные посевы позволяют более эффективно использовать посевные площади и улучшать баланс питательных веществ. Исследователи Ростовской области проявили особый интерес к изучению и освоению бинарных посевов подсолнечника и озимой пшеницы с бобовыми травами [1, 76-80].

В Центрально-Черноземном районе также занимались изучением возделывания озимой пшеницы в бинарных посевах. На кафедре растениеводства Воронежского государственного аграрного университета Л.В. Пешковым (1991) была изучена технология возделывания озимой пшеницы совместно с озимой викой на черноземе выщелоченном, которая предусматривала замену минерального азота на биологический. В результате было установлено, что озимая пшеница на 10-40% эффективнее усваивала питательные вещества. При этом отмечалось увеличение запасов доступной влаги в метровом слое почвы и более экономный ее расход. Озимая вика оказывала благоприятное

воздействие на рост и развитие растений озимой пшеницы. Данная технология позволяла повысить урожайность озимой пшеницы при одновременном снижении химической нагрузки в виде минеральных удобрений [190].

С целью повышения плодородия почвы кроме бинарных посевов многие исследователи дают рекомендации применять сидеральный посев. В качестве сидеральной культуры большинство ученых и сотрудников научных учреждений рекомендуют использовать из бобовых однолетних и многолетних культур люцерну синюю, донник желтый, вику озимую, вику яровую, пелюшку, чину, клевер, чечевицу, сераделлу и др.; из семейства крестоцветных – озимый и яровой рапс, горчицу, сурепицу озимую, редьку масличную; из злаковых – озимую рожь, озимую пшеницу. Выбор той или иной культуры для зеленого удобрения зависит от конкретных климатических и почвенных условий, от стоимости семян (Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991, 1992; Черенков В.В., 1992; Зеленский Н.А. и Зеленская Г.М., 1991, 2000, 2002; Ильина Л.В. с соавт., 1998; Лебедева Т.Б. с соавт., 2000; Котлярова О.Г. с соавт., 2006) [72, 73, 265, 76, 77, 79, 90, 138, 127].

Севообороты с высоким насыщением бобовыми культурами короткого периода использования приобретают большое значение в современных экономических условиях хозяйствования. По мнению многих исследователей, такие севообороты приемлемы для большинства регионов России, в том числе и для Центрально-Черноземного района и Воронежской области.

Выдающийся советский агропочвовед В.Р. Вильямс (1938, 1949) одним из первых обосновал необходимость размещения в севообороте после растений, которые разрушают или не оказывают положительного влияния на структуру почвы, такие культуры, которые улучшают ее [36, 37]. По результатам исследования агротехнических и биологических особенностей возделываемых культур М.Г. Павлов еще в 1838 г. в своих работах акцентировал внимание на необходимости чередования культур, так как это способствует улучшению таких физических свойств почвы, как оструктуренность, плотность, твердость и др. [100].

В связи с тем, что многие исследователи занимались изучением совместных посевов озимой пшеницы с бобовыми травами и выявили положительные стороны таких посевов, нами была поставлена задача изучить влияние посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному донниковому пару на показатели плодородия чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР.

1.3. Органическое вещество почвы

Биологические процессы, протекающие в почве, играют важную роль в регулировании ее плодородия. Органическое вещество в данном случае является энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов.

Среди органических удобрений первое место в условиях ЦЧР занимает навоз, который является одним из источников поступления негумифицированных веществ в почву. При внесении 40 т/га навоза в занятый или чистый пар в почву поступает: азота – около 212 кг/га, фосфора – 92 кг/га, калия – 256 кг/га, сухого органического вещества – 9,1 т/га.

Интенсификация современного земледелия, без которой невозможно дальнейшее развитие сельского хозяйства, усиливает процессы минерализации, в результате чего идет разложение не только свежего негумифицированного вещества, поступившего в почву, но и гумуса. Поэтому следует отметить, что без навоза решить проблему стабилизации содержания в почве негумифицированных растительных веществ и гумуса, а тем более его увеличения, не представляется возможным. Так как в настоящее время животноводческая отрасль в Центрально-Черноземном районе только начинает возрождаться, то, естественно, побочного продукта этой отрасли – навоза не хватает, поэтому необходимо изыскивать дополнительные пути для достижения бездефицитного баланса гумуса в почве. На помощь в решении этой проблемы должны прийти зеленые удобрения – сидераты как источник обогащения почвы органическим веществом.

Использование сидеральных культур позволяет повысить содержание органического вещества, гумуса, азота в почве, улучшает агрофизические свойства почв (Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991) [73]. По данным экспериментальных исследований систематическое внесение в почву пожнивного сидерата (горчицы сарепской) и соломы способствует увеличению содержания гумуса в почве, повышению ее плодородия, уменьшению затрат труда на 80% по сравнению с внесением подстилочного навоза (Дедов А.В., 1999) [60]. Кроме того, сидеральные удобрения необходимы как дополнительная пища для почвенных микроорганизмов, как фактор поддержания высокой биологической активности почвы (Черенков В.В., 1992) [265]. Использование сидератов позволяет без вреда окружающей среде получать экологически безопасную продукцию, более высокую урожайность последующих культур севооборота (Теппер Е.З. с соавт., 1975) [251].

Работы многих исследователей посвящены изучению органического вещества и его влияния на агрофизические свойства, ионную поглотительную способность, газовый и биологический режимы, условия питания растений (Вильямс В.Р., 1949; Докучаев В.В., 1950; Кононова М.М., 1957, 1963; Тюрин И.В., 1965; Александрова Л.Н., 1972, 1980, 1983; Ковда В.А., 1973, 1979; Костычев П.А., 1951) [37, 62, 116, 117, 257, 6-8, 109, 110, 123].

Для почвенного плодородия важным является не просто высокий процент органического вещества, а прежде всего содержание свежесформированных гуминовых кислот, насыщенных кальцием, так называемого «активного гумуса» (Берестецкий О.А. с соавт., 1986; Гродзинский А.М., 1991) [17, 18, 54]. Доказано, что для сохранения плодородия черноземов и для получения бездефицитного баланса органического вещества необходимо использовать комплекс приемов биологизации на фоне внесения минеральных удобрений (Дедов А.В., 2000, 2008) [58, 59].

За последние 20-25 лет в почвах России содержание гумуса ежегодно уменьшается на 0,4%. Дефицит свежей органики в почве в опытах Б.А. Рыбалкина (2002) прослеживался при возделывании сельскохозяйственных культур

по черному пару и составил 1,86 т/га в среднем за год [225]. В связи с этим обстоятельством даются рекомендации шире использовать сидераты, которые являются дополнительным источником органики (Дудкин В.М., 1990) [67].

Бобовые культуры, как известно, являются фиксаторами атмосферного азота (Алексеев Е.К., 1959) [9]. Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о ценности бобовых культур, высеваемых в качестве сидератов (Прянишников Д.Н., 1953; Black С.А., 1968; Макатерский А.Г., Белбухов В.А., 1974; Скоблина В.А., 1974; Минеев В.Г., Шевцова Л.К., 1978; Нарциссов В.П., 1982; Бондарева В.Ю., Мильчевская Л.Я., 1989; Щедрина Д.И. с соавт., 2002) [204, 283, 148, 241, 165, 178, 27, 280].

В конце XIX – начале XX в. были заложены фундаментальные основы учения о плодородии почвы такими выдающимися русскими учеными, как В.В. Докучаев, К.К. Гедройц, Д.И. Менделеев, В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников, П.А. Костычев, А.В. Советов, А.М. Лыков, которые занимались исследованием органического вещества почвы и его значения как стража плодородия [62, 50, 51, 161, 36, 37, 207, 123, 246, 144].

Основной запас негумифицированного органического вещества в почве находится в верхнем слое почвы, который и обладает наибольшим плодородием. Состояние микробного ценоза почв под различными культурами зависит в основном от растительных остатков и продуктов их распада, а также от корневых выделений (Мишустин Е.А., Емцева В.Т., Красильников Н.А., 1971; Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Труфанова А.К., 1986) [168, 18].

Процесс образования и динамика гумуса интересовали многих ученых. По данной тематике опубликовано большое количество работ (Костычев П.А., 1951; Орлов Д.С., 1990 и др.), авторы которых подчеркивают, что особо важное значение имеет изучение роли мертвых негумифицированных остатков, являющихся основой гумуса [123, 186].

Большим количеством экспериментальных исследований установлено, что многолетние травы также оказывают значительное влияние на накопление органического вещества. Так, по данным Н.А. Качинского в слое 0-150 см по-

сле уборки люцерны синей приход органических остатков составлял 93,8 ц/га, после клевера – 39,7 и после овса – 41,3 ц/га [101, 102]. Многие исследователи отмечают, что у большинства полевых культур корневая система находится в пахотном слое почвы (Станков Н.З., 1964) [249], что согласуется с данными, опубликованными выдающимся русским ученым В.Р. Вильямсом [37].

Многие исследователи выявляли и изучали роль корней в пополнении органического вещества почвы в условиях Центрально-Черноземного района. Анализ результатов таких исследований показывает, что масса пожнивных остатков зависит от величины урожая, биологии культур, от способа уборки, высоты среза убираемой культуры, и в 40-сантиметровом слое масса корней может составлять: после уборки ячменя – 20-25 ц/га, гороха – 15-20, яровой пшеницы – 20-25, кукурузы на зерно – 30-35, кукурузы на силос – 35-40, клевера – 40-45, эспарцета – 45-50, люцерны – 50-60 ц/га (Придворев Н.И., 1978, 2002; Полевщиков С.И., 2002) [200, 201, 194]. По данным ряда исследователей, различные сельскохозяйственные культуры оставляют после себя различное количество пожнивных остатков, например: эспарцет на один укос – 13-16 ц/га, кукуруза на силос – 10-15, озимая пшеница – 12-15, горох – 7-8, сахарная свекла – 3-5 ц/га (Вострухин Н.П. с соавт., 1990; Пешехонова М.И., Лапкина Н.А., 1974) [44, 189].

Обобщение результатов экспериментальных исследований, опубликованных учеными, которые занимались изучением растительных остатков в агроценозах, показало их многостороннее влияние на почву: на агрофизические свойства, на направление биологических процессов, на плодородие почвы, на продуктивность возделываемых культур и др.

Промежуточные продукты разложения (детрит), образовавшиеся в результате постепенного разложения растительных остатков, присутствуют во всех типах почвах. Являясь источником азота и других элементов питания для растений и микроорганизмов, они легко минерализуются, а часто и гумифицируются. В связи с тем, что в имеющихся источниках информации сведений о роли детрита как регулятора важных агрономических свойств и эффективного

плодородия почвы недостаточно, данный аспект изучаемого вопроса мы постарались отразить в диссертационном исследовании.

В настоящее время много говорится о снижении количества общего гумуса как главной угрозы современного земледелия. Разделяя тревогу, которую высказывают все авторы работ по почвенному плодородию, хотелось бы подчеркнуть, что основным фактором в данном случае можно назвать не простое снижение количества общего гумуса (за исключением потерь его от эрозии), а снижение содержания лабильной части органического вещества, которое происходит при недостаточном поступлении в почву свежего органического вещества, так как именно оно определяет жизнь почвы, ее важнейшие агрономические свойства и эффективное плодородие. Лабильное органическое вещество почвы (детрит) представляет собой легкодоступный энергетический материал для микроорганизмов, содержит ростактивирующие вещества, питательные элементы, которые необходимы растениям для роста и развития и создания качественного урожая (Дедов А.В., 1999; Сотников Б.А., 2004) [60, 248].

Все проведенные исследования подтверждают огромную значимость органического вещества в почве и его влияние на многие почвенные показатели (плотность, твердость, структура, кислотность, питательный режим, урожайность и др.). Несмотря на значительное количество опубликованных данных экспериментальных исследований, многие вопросы оптимизации параметров органического состояния черноземных почв до сих пор продолжают оставаться дискуссионными. Не изучен посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному донниковому пару в условиях ЦЧР, нет четких данных, сколько же остается растительных остатков в почве под бобовыми культурами при широкорядном посеве. Требуют дальнейшего изучения различные показатели эффективного плодородия и характер их изменений под воздействием антропогенных нагрузок. Не до конца решены остаются вопросы трансформации органического вещества черноземных почв. С этой целью нами было продолжено изучение вышеназванных аспектов в рамках заявленного диссертационного исследования.

1.4. Питательный режим в зависимости от биологических приемов и основной обработки почвы

Растительным остаткам принадлежит важная роль в пополнении почвы минеральными питательными веществами и как следствие в повышении эффективного почвенного плодородия. Одним из главных показателей плодородия почвы, условием, определяющим величину урожая, является содержание в почве доступных растениям питательных веществ. Основными элементами питания, необходимыми для жизни растений, являются азот, фосфор и калий. Валовое содержание данных биологических элементов в почве весьма значительно. Так, по данным исследований В.Д. Панникова, В.Г. Минеева (1987), валовое содержание азота в метровом слое различных почв колеблется от 6,6 до 35,8 т/га, фосфора – от 6,5 до 39,0 т/га, калия – от 130 до 260 т/га. Однако большая часть этих элементов либо малодоступна растениям, либо вообще недоступна [187].

Решить данную проблему можно с помощью увеличения в пахотном слое почвы растительных остатков, которые разлагаясь, выделяют в почву доступные для питания растений элементы (Kundler et al, 1983; Берзин А.М. с соавт., 1985, 2001; Благовещенская З.К. с соавт., 1987; Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991; Довбан К.И. с соавт., 1992; Королев В.А., 1996; Дедов А.В., 2000; Беляев В.Б., 2002 [288, 20, 21, 22, 73, 61, 119, 58, 16].

Обеспеченность почв доступными формами калия в значительной степени зависит от их гранулометрического состава. По данным многолетних исследований, опубликованных Н.К. Иваненко (1996), очень сильная корреляционная связь прослеживается между содержанием тонкодисперсных частиц в почве и количеством подвижных форм калия [82]. В лабораторных опытах, проведенных Т.Н. Кулаковской (1990), доказано, что калий из почвы использовался растениями из ила и мелкой фракции с размером частиц 0,005-0,001 мм [136].

По мнению А.Ю. Ракова и М.А. Сироты (2013), на черноземах в системе лесных полос в звене севооборота озимая пшеница – ячмень – горох калий является лимитирующим фактором величины и качества урожая [212].

Исследованиями, проведенными в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, доказано, что заплата пожнивного зеленого удобрения (горчицы белой) в зерновом севообороте способствует увеличению содержания азота в почве на 2,8 кг/га, или на 14,4%, а заделка зеленой массы горчицы и соломы – на 28,0 кг/га, а также увеличивает содержание фосфора и калия соответственно на 2,5 и 19,2 кг/га. Использование приемов биологизации способствует снижению потерь гумуса и увеличению баланса питательных веществ в специализированном зерновом севообороте (Гаджибрагимов З.А., 1989) [48].

Установлено, что сидеральные бобовые культуры способствуют улучшению фитосанитарного состояния почвы, уменьшению потерь органики из круговорота, повышению эффективного плодородия и продуктивности севооборота (Благовещенская З.К., Тришина Т.А., 1987; Лебедева Т.Б., Корягин Ю.В., Надежкина Е.В., 2000; Пожилов В.И., Жидков В.М., Зеленев А.В., 1999) [22, 138, 193].

Научные сотрудники Полесской сельскохозяйственной опытной станции (Белоруссия) на основании полученных экспериментальных данных доказали восполнение и перемещение фосфора и калия из нижележащих горизонтов в результате применения в качестве сидеральной культуры редьки масличной в пожнивных посевах [143].

Многие исследователи занимались выявлением влияния основной обработки почвы на ее питательный режим. В опубликованных работах приводятся сведения как о положительном, так и негативном влиянии различных обработок. По мнению Н.И. Придворева (1978), И.А. Чуданова с соавт. (1986, 2001), применение плоскорезных и поверхностных обработок способствует наиболее благоприятному обеспечению растений элементами питания, особенно в верхнем слое почвы (0-10 см) [200, 272, 275]. Однако другими учеными выявлено ухудшение условий минерального питания растений по безотвальным обработкам почвы (Витер А.Ф., Кутовая Н.Я., 2001; Кафарена В.И. с соавт., 1984; Шикун Н.К., Назаренко Г.В., 1990) [39, 99, 277, 278].

По мнению некоторых авторов, азотное питание растений не ухудшается по безотвальным обработкам почвы (Медведев И.Ф., Родионов В.В., 1978; Кирюшин В.И., Лебедева И.Н., 1972) [159, 108].

В своих исследованиях В.П. Кузина, В.А. Корчагин (1972) и Н.И. Кабанова (1980) отмечают, что содержание азота выравнивается по всем способам обработки, а обеспеченность растений фосфором и калием по плоскорезной обработке выше, чем по вспашке [132, 91]. В то же время, по мнению М.В. Черкашина (1987), содержание фосфора и калия увеличилось при бесплужной полосной обработке, а азота уменьшилось по сравнению со вспашкой [270].

При длительной плоскорезной обработке происходит процесс дифференциации пахотного слоя по плодородию: в верхней части содержание элементов питания увеличивается, в нижней – значительно снижается. Так, по данным Л.Н. Барсукова и К.М. Забавской (1953), при постоянной обработке почвы происходит дифференциация пахотного слоя почвы, и в нижних слоях почвы количество элементов питания снижается по сравнению с верхним слоем в 1,5-2,0 раза [14].

Анализ литературных данных показал, что мнения ученых по поводу влияния приемов биологизации и обработки почвы на содержание элементов питания в почве противоречивы. Но все авторы единодушны в том, что питательный режим почвы важен для повышения количества и качества урожая культур севооборота.

Органическое вещество почвы остается (и будет оставаться) одним из главных факторов поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве. В связи с тем, что влияние посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и по сидеральному донниковому пару на питательный режим почвы в условиях Центрально-Черноземного района до настоящего времени практически не изучалось, для получения теоретических и практических данных по этому аспекту необходимо проведение самостоятельного исследования.

1.5. Урожай культур в зависимости от приемов биологизации и основной обработки почвы

Причинами снижения урожая сельскохозяйственных культур может служить переуплотненная почва, снижение водопроницаемости (Трубецкая А.П. с соавт., 1968) и запасов продуктивной влаги (Иванов А., Стойнев К., 1967; Gurrie J.A., 1984), ухудшение воздушного и пищевого режимов (Шипилов М.А., 1983), снижение полевой всхожести семян (Жученков К.К., 1969), увеличение потерь влаги за счет испарения (Семихненко П.Г. с соавт., 1977) [255, 83, 284, 279, 69, 236].

В полевых опытах, проведенных в почвенно-климатических условиях южной части Нечерноземной зоны (Владимирская область), В.Ф. Новиковым (1988) показано, что запашка зеленых удобрений под картофель повысила его урожайность, а также урожайность последующей культуры – ячменя в среднем на 4,8 ц/га [183].

Опубликованы данные, что наибольшему поступлению элементов питания в почву и повышению продуктивности озимой пшеницы способствует применение навоза в повышенных дозах и осадков сточных вод (Немцев С.Н., Карпович К.И., 1989) [181].

Современные исследования Ю.П. Скорочкина с соавт. (2007, 2011), В.П. Буренка с соавт. (2011) свидетельствуют о том, что почвозащитная система земледелия, предусматривающая применение сидерата и соломы, позволяет восстановить почвообразовательные процессы, повысить плодородие почвы, защитить посевы от сорняков и вредных организмов и увеличить урожайность зерновых культур [242, 243, 29].

Лучшей сидеральной бобовой культурой В.М. Тужилин и А.В. Быкова (1995) считают донник. В опытах с донниковым сидеральным паром озимая рожь дала урожай зерна на 10,5 ц/га больше, чем по чистому пару. При этом авторы отмечают, что одним из недостатков данной сидеральной культуры, является неустойчивое семеноводство [256].

По данным О.Г. Котляровой с соавт. (2006), гречишный сидеральный пар способствовал получению максимальной прибавки урожая в звене севооборота (4,8 ц/га), а также повышению плодородия почвы, снижению засоренности посевов, уменьшению распространению болезней и вредителей в севообороте [127].

На основании проведенных исследований научные сотрудники Иркутской государственной сельскохозяйственной академии опубликовали данные о высокой эффективности эспарцета песчаного, который они использовали в качестве сидерата в полевых опытах, в которых урожайность яровой пшеницы была на 2,9 ц/га выше, чем по чистому пару. В результате получен не только дополнительный сбор урожая яровой пшеницы, но и зерно с достаточно высоким содержанием белка и клейковины – соответственно 15,5 и 32,0 (Хуснидинов Ш.К. с соавт., 2001) [262].

В опытах научно-исследовательского центра плодородия почв Академии наук ФРГ в среднем за 10 лет исследований урожай зерна озимой пшеницы и ярового ячменя был выше по сидеральному пару соответственно на 11,0 и 9,0% при сравнении с вариантом без применения биологических приемов (Kundler P., 1981) [288].

По мнению многих ученых, на фоне безотвальной обработки почвы создаются оптимальные условия для роста и развития зерновых культур, в результате чего возможно получение более высоких урожаев (Королев А.В., 1969; Прокофьев А.Н., 1978; Грицай А.Д., Коломиец Н.В., 1981; Морозов И.В., 2000) [118, 202, 53, 171].

Некоторые ученые, напротив, считают, что разноглубинная отвальная обработка почвы обеспечивает высокую продуктивность пашни (Калашников В., Витер А., 1975; Аверьянов Г.Д., Матюшин М.С., Кирдин В.Ф., 1979; Ванин Д.Е., Тарасов А.В., Михайлова Н.Ф., 1985) [94, 2, 32]. При этом высказывается и такая точка зрения, что обработка почвы не влияет на урожайность зерновых культур (Комаров М.И., Тумасов В.Н., 1990; Новиков В.М., 1994; Шаповалов Н.К. с соавт., 1996) [115, 182, 276].

В то же время этими и многими другими учеными доказана эффективность в различных почвенно-климатических условиях сочетания различных приемов основной обработки почвы – вспашки с безотвальной и поверхностной обработками почвы (Макаров И.П., 1985; Картамышев Н.И. с соавт., 1986; Ахметов Ш.И. с соавт., 1990; Комаров М.И., Тумасов В.Н., 1990; Корчагин В.А. с соавт., 1997) [147, 96, 12, 115, 122].

В литературных источниках приводятся данные об использовании различных сидератов, которые способствовали получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Все авторы сходятся во мнении, что использование приемов биологизации положительно сказывается на урожайности предшествующей и последующей культуры. Однако в имеющихся публикациях высказываются весьма противоречивые точки зрения по поводу влияния приемов биологизации земледелия и обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур, поэтому при планировании конкретного севооборота необходимо учитывать весь комплекс приемов биологизации и обработки почвы, климатические условия, рельеф местности, тип почвы, а также прогнозировать влияние данных приемов на рост и развитие сельскохозяйственных растений, повышение энергетической и экономической эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

Как мы уже отмечали выше, посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному донниковому пару в почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного района практически не изучался, в связи с этим нами была поставлена цель – изучить данные приемы и последствие основной обработки на черноземе типичном, выявить их влияние на показатели плодородия, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения лесостепи ЦЧР.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика почвенно-климатических условий Центрального Черноземья, места проведения исследований, объект и методика

Центрально-Черноземный район Российской Федерации является условным статистическим административно-территориальным образованием, одним из 11 экономических районов РФ. Черноземье – ключевое слово в названии этого района – происходит от слова «чернозем» и подчеркивает принцип, по которому еще в 1928 г. произошло объединение нескольких областей. В настоящее время в составе Центрально-Черноземного района осталось пять областей: Воронежская, Тамбовская, Липецкая, Курская и Белгородская, они занимают около 200 тыс. кв. км площади Среднерусской возвышенности в центре Европейской части России.

Географически эта территория расположена в северной части лесостепной и в южной степной зонах между 34° и 43° восточной долготы, 53° и 49°30' северной широты. Особенности сложившихся климатических условий обусловлены значительной удаленностью от океанов и крупных морских бассейнов.

Почвенный покров ЦЧР представлен в основном черноземами выщелоченными, типичными и обыкновенными, доля которых в структуре пашни составляет 81,5% площади сельхозугодий, около 8% составляют серые лесные почвы (в основном в Курской области), 3% – это луговые и пойменные. Большая часть территории приходится на лесостепную зону (83,3%). Степная зона располагается, в основном, на юге Воронежской и юго-востоке Белгородской областей.

Территория, занимаемая областями ЦЧР, представляет собой равнину с относительным колебанием высот не более 100-150 м. Самые низкие абсолютные высоты (от 100 м на севере до 60 м на юге) находятся в центральной части по долине реки Дон. Эта река делит Центральное Черноземье на два резко обособленных гидрографических района.

На западе к долине Дона примыкает Среднерусская возвышенность, образуя высокое, круто обрывающееся правобережье. Высшие точки водоразделов поднимаются до 310 м над уровнем моря. Поверхность Среднерусской возвышенности представляет собой волнистую равнину, расчлененную глубокими долинами рек, балками и оврагами. При движении к западным и южным границам наблюдается снижение высоты возвышенности. Левобережье Дона (Тамбовская область, восточная половина Воронежской и Липецкой областей), приуроченное к Окско-Донской низменности, представляет собой равнину с достаточно спокойным рельефом и меньшей густотой овражно-балочной сети. Южная часть Окско-Донской равнины занимает пониженное пространство между Среднерусской и Приволжской возвышенностями и характеризуется плоскоравнинной поверхностью с незначительным вертикальным расчленением. Это обширное понижение расположено в бассейнах рек Оки и Дона. На водоразделах Окско-Донской равнины абсолютные отметки лежат на высоте 150-180 м над уровнем моря. На северо-востоке, на водоразделе рек Цна и Ворона, местность вновь поднимается, здесь сказывается влияние Приволжской равнины. На водоразделе рек Дон, Битюг и Хопер, в южной части Воронежской области, она упирается в Калачскую возвышенность.

Для всех областей Центрально-Черноземного района характерен умеренно-континентальный климат с довольно продолжительным теплым летом и относительно мягкой зимой. Особенностью распределения температурного фона в условиях ЦЧР является его повышение при движении с севера на юг, в этом же направлении уменьшается количество осадков и увеличивается испаряемость влаги. Средняя месячная температура самого теплого месяца – июля – изменяется от $+19^{\circ}\text{C}$ на крайнем северо-западе Липецкой области до $+22^{\circ}\text{C}$ на крайнем юге Воронежской. Средняя месячная температура января изменяется от -10°C на крайнем северо-востоке Тамбовской области до -8°C в южных районах Белгородской и Воронежской областей. Наименьшая средняя годовая температура воздуха на северо-западе зоны составляет около $+4,7^{\circ}\text{C}$, на юго-востоке – $+6,4^{\circ}\text{C}$.

Ресурсы тепла в Центрально-Черноземном районе значительны и благоприятны для возделывания большинства основных сельскохозяйственных культур. Географическое положение всех областей ЦЧР обеспечивает получение довольно значительной суммарной солнечной радиации, составляющей 85-100 Ккал/см². Сумма среднесуточных активных температур +10°C и выше на крайнем северо-западе ЦЧР составляет 2300-2400°, в южных районах Воронежской области – 2800-3000°. Период с температурой воздуха свыше +10°C длится 140-160 дней, с устойчивой среднесуточной температурой +15°C – от 90 дней на севере региона до 110 дней на юге.

Сопоставление потребности сельскохозяйственных культур в тепле с фактическими его ресурсами свидетельствует о том, что теплом в Центрально-Черноземном районе хорошо обеспечены почти все основные выращиваемые культуры, кроме средне- и позднеспелых гибридов кукурузы, позднеспелых сортов и гибридов подсолнечника, некоторых овощных культур.

Даты окончания весенних заморозков в северной части Центрально-Черноземного района в среднем наступают в первой декаде мая, а в южной и западной – в последней декаде апреля. Хотя отмечаются возвраты холодов и заморозков, которые могут быть и в конце мая и наносить вред теплолюбивым сельскохозяйственным культурам. Осенние заморозки обычно наступают в конце сентября – начале октября.

В целом территория Центрально-Черноземного района характеризуется неустойчивым увлажнением. Отмечаются как периоды (несколько лет подряд) с большим количеством атмосферных осадков, так и острозасушливые годы. Отличительной особенностью является неравномерность распределения атмосферных осадков в течение года. Их среднегодовая сумма достигает 500-550 мм в лесостепной и 450-490 мм в степной частях региона; 30% этого количества осадков выпадает в холодный период года. Наблюдаются засушливые и острозасушливые периоды.

Засушливые периоды часто сопровождаются суховеями юго-восточного направления и сочетаются с низкой относительной влажностью воздуха, высо-

кой температурой. Средняя повторяемость длительных засух в ЦЧР – один раз в 3-4 года. За последние 70 лет неблагоприятные погодные условия на территории Липецкой области наблюдались 17 лет, Белгородской и Курской – 19, Тамбовской – 20 и Воронежской – 21 год. Сумма осадков за период с температурой +10°C в лесостепной части и степной частях составляет соответственно 250-260 и 240-250 мм, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу вегетации достигают соответственно 135-140 и 120-125 мм.

Что касается выпадающих осадков, то их количества вполне достаточно для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, однако следует отметить их неравномерное распределение по месяцам и временам года. Только около половины влаги выпадающих осадков используется на транспирацию растений, остальная их часть теряется. Повышенная увлажненность территории ЦЧР в годы с обильными осадками приводит к активизации процессов усиления гидроморфизма и локальному появлению сезонно переувлажненных почв.

Исследования по выявлению влияния различных приемов биологизации на плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы на фоне основной обработки почвы проводились в 2010-2013 гг. в многофакторном стационарном опыте кафедры земледелия Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I и на полях КФХ «ИП Палихов А.А.» Хохольского района Воронежской области, расположенной в юго-восточной части Центрально-Черноземного района Российской Федерации.

Климат Воронежской области, на территории которой находится стационар кафедры земледелия, – умеренно-континентальный средних широт, характеризуется сухим жарким летом и умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом.

Стационарный опыт заложен на ровной поверхности с уклоном до 1°. Почва опытного участка – чернозем типичный, глинистый, имеет следующую агрохимическую характеристику (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы опытного участка многофакторного стационарного опыта кафедры земледелия ВГАУ

Слой почвы, см	Гумус, %	Гидролизуемый азот, мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность, мг-экв./ 100 г почвы	pH _{сол.}
0-10	5,3	65,1	115	186	33,0	4,33	5,39
10-20	5,3	63,2	117	189	34,6	4,28	5,39
20-30	5,2	60,5	108	178	34,8	4,36	5,31
0-30	5,3	62,9	113	184	34,1	4,32	5,36
0-100	4,2	-	86	169	33,4	2,76	5,87

Судя по данным таблицы 1, пахотный слой почвы стационарного опытного участка обладает благоприятными (средними) для произрастания культур агрохимическими свойствами: средним содержанием гумуса и суммой обменных оснований, слабокислой, близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Пахотный слой почвы стационарного опытного участка имеет низкую обеспеченность гидролизуемым азотом, повышенное – активным фосфором и высокое – обменным калием.

КФХ «ИП Палихов А.А.», на полях которого находится второй опытный участок, расположено на территории Хохольского района в слабо-засушливой зоне (ГТК – 1,2 согласно многолетним данным метеорологических наблюдений). Характеристика метеорологических условий Хохольского района Воронежской области в годы проведения исследований приведена в таблице 2.

Судя по многолетним данным, самая низкая среднемноголетняя температура воздуха наблюдается в январе и составляет $-7,4^{\circ}\text{C}$, самая высокая – в июле – $+19,7^{\circ}\text{C}$, продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 187 дней. Сумма активных температур изменяется год от года и в среднем равняется 2540°C . На теплый период года приходится примерно три четверти осадков.

Таблица 2 – Характеристика метеорологических условий Хохольского района Воронежской области в годы проведения исследований

С.-х. годы	Месяцы												Среднее за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха, °С													
Средненоголетняя	-7,4	-7,0	-1,7	8,1	14,7	18,6	19,7	18,4	12,8	6,1	-0,8	-5,1	+6,4
2010	-14,8	-6,4	-1,3	9,4	17,3	22,4	26,4	25,5	14,6	5,1	5,9	-3,3	+8,4
2011	-8,7	-11,9	-3,3	7,3	17,2	20,6	23,7	20,2	14,0	7,0	0,4	0,2	+7,2
2012	-6,9	-12,1	-2,5	11,9	18,4	20,2	22,1	20,3	14,3	9,8	2,7	-5,9	+7,7
2013	-5,6	-3,3	-3,3	9,7	19,5	21,2	20,1	20,4	11,6	7,3	8,4	-	+9,5
Месячные и годовые осадки, мм													
Средненоголетние	37	33	30	38	44	74	70	52	57	49	47	48	579
2010	57	36	36	39	55	36	33	29	41	65	65	115	607
2011	46	21	15	27	27	66	48	96	16	18	34	93	507
2012	45	47	47	72	19	216	27	179	43	138	26	15	874
2013	36	10	75	12	41	18	83	86	266	51	15	48	741
ГТК													
Средненоголетняя					1,0	1,3	1,2	0,9	1,5				1,2
2011					0,5	1,1	0,7	2,5	0,4				1,0
2012					0,3	3,6	0,4	2,9	1,0				1,6
2013					0,7	0,3	1,3	1,4	7,6				2,3

Хохольский район располагается в лесостепной части Воронежской области и по отношению выпадающих осадков к испаряемости относится к зоне неустойчивого увлажнения. Климат Хохольского района (месторасположение второго опытного участка, на котором также проводились исследования) характеризуется континентальностью, недостаточным количеством выпадающих осадков, периодически повторяющимися засухами. Но несмотря на эти обстоятельства, большинство различных по технологии возделывания и биологическим особенностям сельскохозяйственных культур растут и развиваются в данной зоне хорошо.

По данным агрометеорологической станции (АГМС), за период проведения исследований метеорологические условия складывались неодинаково. Данные о распределении осадков, среднемесячной и среднегодовой температурах воздуха за годы проведения исследований представлены в таблице 2.

За четыре первых месяца 2010 г. выпало 168 мм осадков, что превышало норму на 22% и способствовало накоплению основного запаса влаги. Вегетационный период с мая по сентябрь 2010 г. отмечался как очень жаркий (температура превышала среднегодовые значения на 1,8-7,1°C, а в отдельные месяцы – июль и август – были достигнуты рекорды по максимальной температуре) и сухой (выпало 194 мм осадков при норме 297 мм), что не могло не сказаться на всходах озимой пшеницы. Конец 2010 г. (с октября по декабрь), также как и предыдущие месяцы, характеризовался как теплый (температура воздуха была выше нормы на 1,8-6,7°C) и влажный (количество осадков превышало норму на 70%), что способствовало позднему появлению всходов озимой пшеницы. В январе и феврале 2011 г. среднемесячная температура воздуха была ниже среднемноголетних данных соответственно на 17,6 и 70%. Что касается осадков в виде снега, то по отношению к норме в январе их выпало больше на 9 мм, а в феврале – меньше на 12 мм, что способствовало хорошей перезимовке озимой пшеницы.

Пониженное количество осадков с марта по июнь 2011 г. (на 8-21 мм) и повышенная среднемесячная температура (на 11-20%) в течение вегетацион-

ного периода неблагоприятно сказывались на росте и развитии озимой пшеницы. Однако сухая погода в июле (осадков выпало на 69% меньше) и повышенный температурный режим (среднемесячная температура воздуха была выше на 22%) способствовали хорошему созреванию зерновых культур и благоприятствовали их уборке.

Недобор осадков в вегетационный период компенсировался бóльшим их выпадением в августе (практически вдвое больше нормы), что способствовало их накоплению и получению дружных всходов озимой пшеницы, несмотря на то что в сентябре и в октябре их количество было меньше нормы в несколько раз (на 31-41 мм) при обычном для этого месяца температурном режиме.

Теплая погода в октябре, ноябре и декабре и повышенное количество осадков (в декабре их выпало на 45 мм больше нормы) способствовали накоплению влаги в почве, но не способствовали закалке всходов озимой пшеницы.

Обильное выпадение осадков в виде снега в зимние месяцы 2012 г. (особенно в феврале – больше нормы на 14 мм) и холодный температурный режим (в январе температура была приблизительно равной среднемноголетней, а в феврале – ниже нормы на 5,1°С) благоприятно сказались на перезимовке незакалившихся растений озимой пшеницы.

Неустойчивый температурный режим в начале апреля и обильное выпадение осадков (90% к норме) прервали состояние покоя озимых. Значительный недобор осадков в мае 2012 г. (их выпало менее половины нормы) и более высокая температура воздуха отрицательно сказались на формировании генеративных органов, в связи с чем был получен средний урожай зерна озимой пшеницы.

Погодные условия в июне значительно отклонялись от среднемноголетних значений для лесостепной зоны Воронежской области: осадков выпало в 2,9 раза больше, а температура воздуха была приблизительно близка к норме (на 1,6°С выше).

Сухая погода в июле (осадков выпало ниже нормы на 43 мм, а температура была выше на 2,4°С средней температуры воздуха этого месяца) способ-

ствовала быстрому созреванию зерновых культур (озимой пшеницы) и качественной уборке.

Обильные осадки в августе (больше нормы в 3,5 раза), обеспечившие хорошее увлажнение пахотного слоя почвы, а также высокая среднемесячная температура воздуха способствовали активному разложению органического вещества почвы.

В сентябре при теплой погоде осадков выпало чуть ниже нормы, но несмотря на это были получены своевременные и дружные всходы озимых (за счет выпавших в августе осадков).

Аномально теплая погода в октябре и ноябре (на 3,5-3,7°C теплее обычного) и обильное увлажнение в октябре (выпало 138 мм осадков при норме 49 мм) способствовали хорошему куцению озимой пшеницы.

Теплая погода в зимние месяцы 2013 г. (в январе и феврале среднемесячная температура воздуха была выше нормы этих месяцев соответственно на 1,8 и 3,7°C), а также небольшое, но достаточное количество осадков, способствовали успешной перезимовке озимой пшеницы и люцерны синей.

Холодный март с высоким количеством осадков (их выпало больше нормы на 45 мм) способствовал не только хорошей перезимовке, но и не привел к раннему пробуждению и развитию растений озимой пшеницы. Однако апрель выдался очень сухим и жарким, особенно во второй половине (температура была выше на 1,6°C, а осадков выпало меньше почти в 3 раза). В данном году как таковой весны не было – зима плавно перешла в лето.

Что касается погодных условий мая, то по количеству осадков наблюдалось незначительное отклонение от среднемноголетних данных (температурный режим превышал значения нормы на 4,8°C), что стало причиной угнетенного роста растений в этом месяце.

В июне температура воздуха была несколько выше обычной (на 2,6°C), а количество осадков в 4 раза меньше нормы.

Температура июля равнялась среднемноголетним данным, количество осадков – несколько выше (их выпало на 13 мм больше нормы).

Более высокая температура воздуха и более сухие условия вегетационного периода способствовали более раннему созреванию озимой пшеницы, уборка которой началась уже в первых числах июля месяца. Однако следует отметить, что такие условия не оказали негативного влияния на растения озимой пшеницы, и в этом году был получен максимальный за годы проведения исследования урожай зерна.

По величине гидротермического коэффициента годы исследований также были неодинаковыми (табл. 2).

Так, несмотря на то что гидротермический коэффициент в среднем равнялся 1,0, вегетационный период 2011 г. характеризовался как засушливый: во время активного роста и развития растения испытывали недостаток влаги, так как в отдельные месяцы ГТК был ниже на 0,2-0,5. Вегетационный период 2012-2013 гг., характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК в июне и августе 2012 г. соответственно – 3,6 и 2,9; ГТК сентября 2013 г. – 7,6).

На протяжении всего периода проведения исследований май характеризовался как очень засушливый. Также как очень засушливые характеризовались июнь 2013 г. (ГТК – 0,3) и июль 2011-2012 гг. (ГТК – 0,4-0,7). В августе за все годы исследований количество выпавших осадков превышало средний уровень, что и было залогом своевременных и качественных всходов озимой пшеницы.

В связи с поставленными задачами на всех вариантах опыта исследования проводили в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта.

Анализ почвы и растений также проводился по общепринятым методикам. Так, определяли:

- твердость почвы – с помощью твердомера Ю.Ю. Ревякина (твердость почвы замерялась и усреднялась на глубине 0,25 м) в три срока – посев, колошение, уборка;
- содержание легкогидролизуемого азота – по Корнфильду в мг/кг;
- содержание подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) – по Чирикову по слоям 0-10, 10-20, 20-30 и 30-50 см (ГОСТ 26204-91);

- влажность почвы – методом послойного (через 10 см) отбора образцов почвы до глубины 100 см в трех точках делянки с последующим их высушиванием до постоянного веса при 105°C (ГОСТ 5180-84);

- плотность почвы – объемно-весовым методом по Н.А. Качинскому;

- агрегатный состав почвы и водопрочность почвенных агрегатов – по И.В. Тюрину и Н.И. Саввинову;

- масса растительных остатков – по Н.З. Станкову;

- содержание детрита – по методике, предложенной сотрудниками ТСХА, по слоям почвы 0-10, 10-20, 20-30 и 30-50 см;

- учет урожайности озимой пшеницы – путем прямого комбайнирования каждой делянки отдельно с последующим пересчетом на 100% чистоту и стандартную влажность;

- качество зерна – белок, клейковина, ИДК, число падения – по ГОСТ 10987-76, 10840-64, 10842-89, 13586.1-68.

Расчет энергетической эффективности проводили согласно методическим указаниям, разработанным на кафедре земледелия Воронежского ГАУ (Зезюков Н.И. с соавт., 1993) [71].

Статистическую обработку и дисперсионный анализ полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985, 1987) с использованием ПЭВМ [65, 66].

Экономическую эффективность рассчитывали по технологическим картам с использованием типовых норм по ценам 2012 г.

Размещение культур в стационарном опыте – систематическое, повторность – трехкратная.

Технология возделывания культур в опыте – общепринятая для лесостепной зоны Воронежской области, кроме заявленных изучаемых приемов биологизации.

Общее число делянок в опыте составляло 108 (9 по каждой культуре в трех повторениях),

форма делянки – прямоугольная: 37,8 × 17,4 м.

Общая площадь земельного участка – 10 га;
 площадь, занятая опытом, – 7,32 га;
 площадь, занятая защитными полосами, – 2,68 га;
 площадь, занятая одной культурой, – 1,83 га ($114,4 \times 160 \text{ м} = 18304 \text{ м}^2$);
 общая площадь одного варианта по виду посева – 0,60 га (6048 м^2);
 чистая площадь одного варианта по виду посева – 0,59 га (5957 м^2);
 чистая площадь по виду обработки – 0,20 га (1974 м^2);
 площадь одного повторения – 0,066 га (658 м^2);
 площадь, занятая дорожками в пределах одного варианта по посеву, – 0,01 га (91 м^2).

Схема стационарного опыта кафедры земледелия Воронежского ГАУ.

Фактор А – Предшественники озимой пшеницы:

- посев озимой пшеницы по чистому пару;
- посев озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару;
- посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей.

Фактор Б – Варианты последствий основной обработки почвы:

- вспашка на глубину 20-22 см;
- дискование на глубину 8-10 см;
- плоскорезная обработка на глубину 20-22 см.

В звене севооборота возделывали озимую пшеницу сорта Алая Заря, донник желтый сорта Сибирский-2, люцерну синюю сорта Диана.

Звено севооборота состоит из четырех культур – ячмень, подсолнечник, предшественники озимой пшеницы, озимая пшеница. Основная обработка почвы (вспашка на глубину 20-22 см, дискование на глубину 8-10 см, плоскорезная обработка на глубину 20-22 см) проводится после уборки ячменя под подсолнечник. После посева подсолнечника в те же ряды высевается вторая культура – донник желтый и люцерна синяя.

На вариантах совместного посева подсолнечника с люцерной синей и донником желтым весной следующего года проводили прикатывание кольчато-

шпоровыми катками ЗККШ-6А для измельчения стеблей подсолнечника. В последующем в занятом пару люцерны синей проводили две междурядные обработки культиватором КРН-5,6 на глубину 6-8 см и одну предпосевную обработку на глубину 3-4 см.

Пар черный обрабатывался четырехрядными дисковыми боронами БДМ 4×4 в два следа с последующей культивацией по мере появления сорняков (до 6-ти культиваций). В занятом пару донника желтого проводили только одну междурядную обработку культиватором КРН-5,6, в фазу бутонизации заделывали массу в почву дисковыми боронами БДМ 4×4 на глубину 6-8 см. Позже проводили еще два дискования на ту же глубину в течение вегетации. Перед посевом в черном пару и занятом донниковым проводили сплошную культивацию на глубину 3-4 см культиватором КПС-5У.

Сев проводили поперек обработки почвы сеялкой СЗУ-3,6, с нормой высева 2,8 ц/га. Семена озимой пшеницы обрабатывались протравителем ПС-10, а также смесью протравителя Кинто Дуо, 2,5 л/т и стимулятора роста Альбит 40 г/т.

Весной в конце фазы кущения – начале фазы трубкования опрыскивателем ОПШ-15 проводили обработку посевов против сорняков, болезней и вредителей следующими стимуляторами роста совместно с прилипателем: Калибр – 40 г/га, Импакт – 0,5 л/га, Актара – 70 г/га, Оксанол – 0,2 л/га, Микро АС – 1 л/га.

Уборку проводили комбайном Акрос поделяночно методом сплошного комбайнирования.

3. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ

Как уже отмечалось выше, высокое плодородие почвы является важным фактором обеспечения устойчивого земледелия.

В сельскохозяйственном производстве пашня используется в интенсивном режиме, в результате чего происходит разложение не только свежего негумифицированного вещества, поступившего в почву, но и гумуса. В связи с этим на современном этапе развития АПК основной задачей по улучшению экологической обстановки является биологизация земледелия.

По данным многолетних опытов, устойчивое функционирование природных и антропогенных фитоценозов определяется одними и теми же факторами. Особенность естественных фитоценозов заключается в высоком уровне поступления и распада растительного опада. Оптимально используя ресурсы тепла, влаги и питательных веществ, биогеоценоз как целостная система осуществляет продукционный процесс непрерывно в течение всего вегетационного периода за счет присутствия широкого спектра растений с различными фенологическими ритмами.

Создание условий для устойчивого функционирования агроценоза возможно только на основе приближения внутренних свойств к естественным аналогам при участии человека. Для этого необходимо:

- наличие высокой массы органического вещества, которая циклично поступает в почву и разлагается;
- расширенное вовлечение в биологический круговорот биогенных химических элементов внутри ландшафта и минимальный вынос их за его пределы;
- максимальная мобилизация внутренних ресурсов, направленных на повышение плодородия почвы.

Следовательно, основой воспроизводства плодородия почвы в агроценозах должны стать агроприемы, направленные на увеличение поступления в почву органического вещества.

Огромное значение для решения многих практических вопросов при проектировании экологически безопасных (природоохранных) систем земледелия имеет изучение роли чистых, сидеральных паров, бинарных посевов и сельскохозяйственных культур в пополнении содержания органического вещества почвы и его влиянии на динамику биологических процессов.

3.1. Накопление растительных остатков в почве под озимой пшеницей

Функция неразложившихся органических веществ в почве в значительной степени зависит от его дислокации (местонахождения). Растительные остатки, находящиеся на поверхности почвы (стерня, измельченные стебли зерновых культур, кукурузы на зерно, подсолнечника, сои, гречихи и т.д.), снижают температуру почвы за счет большего альбедо. Так, по данным американских исследователей при прямом посеве (растительные остатки озимой пшеницы распределены по поверхности почвы) температура поверхности почвы в посеве кукурузы через три недели после посева была равна 28,4°C, а при вспашке (растительные остатки распределены по профилю пахотного слоя) – 31,9°C. При этом чем больше было на поверхности почвы растительных остатков (при посеве кукурузы после сои), тем ниже была температура почвы (при посеве кукурузы по кукурузе) [283].

Распределенные по поверхности растительные остатки, снижая температуру почвы, уменьшают потери почвенной влаги через ее физическое испарение и увеличивают инфильтрацию осадков в осенне-зимний период, что способствует большему накоплению влаги в почве в первой половине вегетационного периода. Более влажная почва при распределении растительных остатков по поверхности почвы способствует активизации жизнедеятельности почвенных организмов – детритофагов и редуцентов. В результате их деятельности улучшается структура почвы, снижается ее плотность, увеличивается водопроницаемость. По данным американских ученых, при прямом посеве кукурузы и сои, когда растительные остатки предшествующих культур – сои и ку-

курузы остаются на поверхности почвы, количество дождевых червей на 1 м² достигало 18,5 и 123,5 экз., тогда как при отвальной вспашке (растительных остатков на поверхности почвы нет) – соответственно 9,9 и 56,8 экз. [291].

Распределенные по поверхности растительные остатки защищают почву от водной и ветровой эрозии. Так, смыв почвы при размещении посевов на склоне 4° при прямом посеве (растительные остатки покрывают 86% поверхности почвы) составил 0,4 т/га, а при отвальной вспашке (степень покрытия поверхности почвы 9%) – 9,4 т/га. Находясь на поверхности почвы, растительные остатки, затеняют ее и способствуют снижению засоренности посевов. Мульчирование междурядий овощных пропашных культур широко используется в овощеводстве и в питомниководстве. Снижая температуру поверхности почвы, растительные остатки, находящиеся в почве, на разных стадиях разложения снижают плотность сложения почвы, и чем больше их масса, тем рыхлее почва. Это способствует увеличению водопроницаемости почвы, лучшему усвоению осадков и их проникновению в более глубокие слои почвы, где они лучше сохраняются. Меньшая плотность сложения почвы снижает сопротивление почвы при ее обработке.

Следует также отметить, что негумифицированные растительные остатки, находящиеся как на поверхности почвы, так и в почве, являются источником энергии и биогенных элементов для детритофагов и редуцентов, участвующих в трансформации органических остатков – их минерализации и гумификации. Таким образом, негумифицированное органическое вещество является необходимым условием процесса новообразования гумуса, который является основой (фундаментом) плодородия черноземных почв. Негумифицированному органическому веществу принадлежит ведущая роль (как и гумусу) и в обеспечении почвы элементами, необходимыми для питания растений.

Данные по накоплению растительных остатков в почве под озимой пшеницей представлены в таблице 3 (в разрезе по годам исследования в приложениях 1 и 2).

Таблица 3 – Масса растительных остатков под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, т/га (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	1,48	1,92	1,70
		30-50	0,09	0,07	0,08
		0-50	4,53	5,82	5,18
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	2,62	3,16	2,89
		30-50	0,15	0,15	0,15
		0-50	8,02	9,64	8,83
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	2,13	2,54	2,33
		30-50	0,13	0,16	0,14
		0-50	6,50	7,77	7,14
Дискование (8-10 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	1,35	1,72	1,53
		30-50	0,09	0,08	0,09
		0-50	4,12	5,25	4,68
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	2,47	2,89	2,68
		30-50	0,19	0,25	0,22
		0-50	7,59	8,91	8,25
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	2,01	2,39	2,20
		30-50	0,16	0,19	0,18
		0-50	6,20	7,37	6,78
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	1,32	1,59	1,46
		30-50	0,05	0,06	0,05
		0-50	4,00	4,84	4,42
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	2,58	3,28	2,93
		30-50	0,07	0,08	0,08
		0-50	7,82	9,93	8,87
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	2,07	2,35	2,21
		30-50	0,08	0,10	0,09
		0-50	6,27	7,15	6,71
НСР ₀₅ частный эффект			1,89-2,87	2,11-3,05	-
НСР ₀₅ фактора А			0,78-1,35	1,0-1,48	-
НСР ₀₅ фактора Б			0,78-1,35	1,0-1,48	-

Проведенными нами исследованиями установлено, что в среднем ко времени посева озимой пшеницы наибольшее количество растительных остатков (8,5-8,8 т/га) накопилось в почве варианта сидерального донникового пара, где они были представлены надземной и подземной биомассой донника желтого, а

также растительными остатками возделываемых в предыдущие годы культур – подсолнечника и ячменя. Что касается способов основной обработки почвы под подсолнечник (вспашка, дискование, плоскорезная обработка), то они не оказали существенного влияния на количество поступающего в почву свежего органического вещества на этом варианте.

Наименьшее количество растительных остатков в почве к этому сроку (посев озимой пшеницы) на изучаемых нами вариантах обработки под подсолнечник было отмечено в почве варианта чистого пара (4-5 т/га), где они были представлены остатками подсолнечника и ячменя. Наибольшее количество растительных остатков перед посевом озимой пшеницы было отмечено в 2012-2013 гг. на вариантах с использованием биологических приемов: их масса варьировала от 6,6 до 8,4 т/га, в то время как в почве контрольного варианта не превышала 5,0 т/га. Такое низкое поступление растительных остатков, вероятно, связано с тем обстоятельством, что наблюдалось недостаточное увлажнение почвы, а это замедлило темпы разложения растительных остатков предшествующих культур.

Масса корней люцерны и остатков подсолнечника и ячменя на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны в слое почвы 0-50 см в зависимости от способов основной обработки почвы под подсолнечник составляла 6-7 т/га. Таким образом, и на этом варианте способы обработки почвы также не оказали видимого влияния на количество поступающих в почву растительных остатков.

Программой исследований предусматривалось определение массы растительных остатков при уборке озимой пшеницы. Значение этого показателя состоит в том, что он позволяет характеризовать уровень плодородия почвы как в период вегетации озимой пшеницы, так и в период посева следующей за ней культуры.

Учет массы растительных остатков в этот срок показал, что наибольшей она была при размещении озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару – 9,9 т/га. В среднем за годы исследований масса растительных остатков

составила в зависимости от способа основной обработки под подсолнечник 8,9-9,9 т/га в слое почвы 0-50 см. При посеве озимой пшеницы по чистому пару масса растительных остатков составила 4,8-5,8 т/га в слое почвы 0-50 см, что почти вдвое меньше по сравнению с посевом по сидеральному пару.

При посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны масса растительных остатков составила 7,1-7,8 т/га и также фактически не зависела от способа основной обработки почвы под подсолнечник.

Поскольку урожайность озимой пшеницы в среднем по вариантам с различными предшественниками оказалась практически одинаковой – 4,5-4,6 т/га (табл. 15), то масса корней озимой пшеницы в общей массе растительных остатков к этому сроку составила примерно 5,5 т/га ($4,5 \cdot 1,2 = 5,5$ т/га, где 1,2 – коэффициент пересчета, 4,5 – средняя урожайность озимой пшеницы (Дедов А.В., 2000; Придворев Н.И., 1978) [58, 200]. Следовательно, если из общей массы растительных остатков при уборке вычесть массу живых корней пшеницы, то мы получаем массу неразложившихся растительных остатков предыдущих культур, а именно: на варианте чистого пара – подсолнечника и ячменя; на варианте сидерального пара – донника, подсолнечника и ячменя; на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны, подсолнечника, ячменя.

Расчеты показали, что масса неразложившихся растительных остатков на варианте с чистым паром составляла в зависимости от способа основной обработки под подсолнечник 0,0-0,3 т/га, тогда как на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны их масса достигала 2,0 т/га, а на варианте сидерального донникового пара была наибольшей – 4,1-4,9 т/га.

Если из общей массы растительных остатков перед посевом озимой пшеницы вычесть массу неразложившихся растительных остатков к ее уборке, то мы получим массу разложившихся растительных остатков за период вегетации озимой пшеницы, и именно этот показатель оказывал влияние на формирование урожая озимой пшеницы. На фоне вспашки масса негумифицированных растительных остатков оказалась одинаковой на вариантах со всеми предшественниками – 4,1-4,2 т/га. Практически такой же она была и на фоне

дискования и плоскорезной обработки, кроме варианта сидерального донникового пара, где их масса была примерно на 1 т/га меньше.

Следовательно, разложившиеся органические остатки положительно влияли на плодородие почвы (высвобождение питательных веществ, накопление детрита, гумуса) и на структурообразование, это влияние было примерно одинаковым на всех вариантах, за исключением варианта сидерального донникового пара, где влияние органических остатков на указанные показатели плодородия почвы было несколько ниже. Неразложившиеся растительные остатки оказывали влияние на плотность сложения и твердость почвы, а также на содержание питательных веществ (табл. 6, 7, 10, 11, 13; приложения 7-10, 13-18).

Погодные условия также оказывали влияние на накопление органических остатков в почве. Так, большее количество осадков в 2012-2013 г. (их годовое количество составило 693-874 мм) способствовало получению максимального урожая озимой пшеницы, что можно объяснить большим накоплением корневых и пожнивных растительных остатков к уборке этой культуры. Так как 2010 г. выдался засушливым, то сидеральная культура, испытывавшая недостаток влаги, образовала небольшую массу, что в конечном итоге сказалось на количестве поступивших в почву растительных остатков к посеву и к уборке озимой пшеницы.

Характер влияния растительных остатков на плодородие почвы будет рассмотрен в последующих разделах диссертации.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что замена чистого пара на сидеральный донниковый пар и посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны способствовали накоплению свежего органического вещества к посеву озимой пшеницы соответственно до 7,6-8,2 и 6,2 т/га против 4,0-4,5 т/га по чистому пару. Из этой массы к уборке озимой пшеницы оставалось 4,1-4,9 т/га органического вещества на варианте сидерального донникового пара и 1,6-2,3 т/га на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны, что свидетельствует в пользу того, что эти приемы биологизации будут оказывать влияние на следующую за озимой пшеницей культуру.

Основные выводы раздела 3.1.

1. Перед посевом озимой пшеницы по чистому пару масса растительных остатков в слое 0-50 см составляла в среднем 4,0-4,5 т/га, они были представлены остатками предшествующих культур – подсолнечника и озимой пшеницы.

2. При замене чистого пара на сидеральный донниковый пар масса растительных остатков составила 7,6-8,2 т/га, из которых 3,7 т/га были представлены свежей биомассой донника чистого.

3. При посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей масса растительных остатков составляла 6,2 т/га, в том числе 2 т/га приходилось на корни и стерню люцерны.

4. Несмотря на разложение растительных остатков в период от посева озимой пшеницы до ее уборки, масса растительных остатков в слое 0-50 см увеличилась на всех вариантах за счет стерни, опада и корневой системы самой озимой пшеницы и составляла на вариантах: чистого пара – 5,3 т/га, сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – соответственно 9,5 и 7,4 т/га.

5. Из всех растительных остатков к уборке масса растительных остатков собственно озимой пшеницы составляла на всех вариантах 5,0-5,3 т/га (поскольку урожай озимой пшеницы был одинаковым на всех вариантах).

6. К уборке озимой пшеницы предшествующие культуры оставляли различное количество растительных остатков: на варианте чистого пара – 0,0-0,3 т/га; сидерального донникового пара – 4,2 т/га (остатки донника, подсолнечника, озимой пшеницы или ячменя); кулисно-мульчирующего пара люцерны – 2,1 т/га (остатки подсолнечника, озимой пшеницы, люцерны).

3.2. Динамика детрита под озимой пшеницей

В многочисленных опубликованных источниках информации наиболее острые дискуссии вызывает проблема содержания лабильного органического вещества в почве (Придворев Н.И., 1978; Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991; Дедов А.В., 1999) [200, 73, 60].

Свежие органические остатки (высших растений, микроорганизмов и животных, обитающих в почве), поступая в почву в виде наземного опада и отмершей корневой системы растений, сначала подвергаются воздействию детритофагов (как крупных, так и мелких), в результате чего они в разной степени измельчаются. Далее под воздействием различных микроорганизмов (бактерий, грибов), химических реакций, происходит их дальнейшая трансформация – минерализация и гумификация. Образовавшиеся в результате постепенного разложения растительных остатков промежуточные продукты – детриты – представляют собой наиболее лабильную (подвижную) форму негумифицированного органического вещества, которая и является источником элементов питания для растений.

Определение массы растительных остатков методом отмывки их из почвы через сито с диаметром 0,25 мм не позволяет учитывать более мелкие органические частицы, часть которых может также слипаться с почвенными частицами. Выделение таких органических остатков из почвы возможно с применением тяжелых жидкостей с последующим центрифугированием. Эту часть негумифицированного органического вещества называют детритом. Масса этой части негумифицированного органического вещества в разных почвах сильно колеблется и в слое почвы 0-10 см может достигать 3-4 т/га. Несмотря на то что с глубиной содержание детрита резко уменьшается, в слое почвы 0-30 см оно может достигать 5 т/га и более. Таким образом, эта часть органического вещества в почве, наряду с растительными остатками, является важным фактором формирования плодородия почвы, поскольку детрит является легкодоступным энергетическим материалом для микроорганизмов и питательным элементом для растений. Кроме того, определенная часть детрита является источником гумусовых веществ.

В настоящее время в литературных источниках опубликовано мало сведений о роли детрита в плодородии почв. Разделяя мнение о том, что при характеристике плодородия почв необходимо контролировать содержание как общего гумуса, так и детрита, в круг задач диссертационного исследования

было включено изучение факторов повышения плодородия чернозема типичного, в том числе влияния основной обработки почвы на динамику детрита в почве под озимой пшеницей. Результаты определения содержания детрита в почве под озимой пшеницей на вариантах опыта приведены в таблице 4 и приложениях 3, 4.

Таблица 4 – Содержание детрита в почве под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последействия основной обработки почвы, % (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	0,13	0,19	0,16
		30-50	0,03	0,04	0,03
		0-50	0,10	0,15	0,13
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	0,21	0,26	0,24
		30-50	0,04	0,07	0,05
		0-50	0,17	0,21	0,19
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	0,16	0,22	0,19
		30-50	0,04	0,05	0,04
		0-50	0,13	0,18	0,15
Дискование (8-10 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	0,11	0,17	0,14
		30-50	0,03	0,04	0,04
		0-50	0,09	0,14	0,11
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	0,19	0,25	0,22
		30-50	0,04	0,06	0,05
		0-50	0,15	0,20	0,18
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	0,16	0,20	0,18
		30-50	0,03	0,06	0,05
		0-50	0,13	0,17	0,15
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	0,12	0,19	0,15
		30-50	0,03	0,03	0,03
		0-50	0,10	0,15	0,12
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	0,20	0,29	0,25
		30-50	0,05	0,06	0,05
		0-50	0,16	0,24	0,20
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	0,18	0,21	0,20
		30-50	0,04	0,08	0,06
		0-50	0,14	0,18	0,16
НСР ₀₅ частный эффект			0,05-0,08	0,08-0,1	-
НСР ₀₅ фактора А			0,03-0,05	0,04-0,06	-
НСР ₀₅ фактора Б			0,03-0,05	0,04-0,06	-

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что при посеве озимой пшеницы содержание детрита в слоях почвы не зависело от способа основной обработки почвы.

Однако показатели содержания детрита в почве существенно различались на вариантах с различными предшественниками на фоне последствий основной обработки. В среднем наиболее высоким содержание детрита в слое почвы 0-50 см было ко времени посева озимой пшеницы, а также во все сроки наблюдений на варианте сидерального донникового пара – 0,15-0,17%, тогда как на вариантах посева по кулисно-мульчирующему пару люцерны и по чистому пару оно было ниже соответственно на 19 и 37,5%. Преимущество сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны по содержанию детрита объясняется бóльшим накоплением массы растительных остатков на этих вариантах.

Ко времени уборки озимой пшеницы содержание детрита в слое почвы 0-50 см по всем предшественникам повышалось. Так, при размещении озимой пшеницы по чистому пару содержание детрита увеличилось на 50%, а по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – соответственно на 25-38%. Увеличение содержания детрита в почве к уборке озимой пшеницы объясняется повышением скорости разложения негумифицированных растительных остатков в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы (за счет хороших гидротермических условий).

Следует также отметить различное содержание детрита в различных слоях почвы: наиболее высоким оно было отмечено в слое 0-10 см (на всех вариантах опыта), тогда как в слое 10-20 см уменьшалось почти вдвое.

Исследованиями также установлено, что на содержание детрита на различных вариантах опыта оказывали влияние различные погодные условия по годам (температура воздуха, количество осадков), неодинаковая масса поступающих в почву растительных остатков, а также слои почвы.

Так, наибольшим содержание детрита было в 2012 и 2013 г., а наименьшим – в 2011 г., так как предшествующий 2010 г. был сильно засушливым и

его погодные условия не способствовали формированию достаточного количества сидеральной массы донника и мульчирующей массы растений люцерны синей (приложения 3, 4).

Как показали полученные нами результаты, за годы проведения исследований в среднем за вегетацию замена чистого пара на сидеральный и совместный посев озимой пшеницы с люцерной способствовала повышению (по сравнению с чистым паром) количества поступающих в почву негумифицированных растительных остатков, имеющих высокие темпы разложения за счет узкого соотношения углерода к азоту.

4. ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ ПЛОДОРОДИЯ

4.1. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от приемов биологизации на фоне последствий основной обработки почвы под озимой пшеницей

В повышении плодородия почвы структурное состояние пахотного слоя почвы имеет важное значение. Структура существенно влияет на рост и развитие растений через такие физиологические условия почвы, как плотность, водный и тепловой режимы, микробиологическая активность (Алов А.С., 1960; Ревут И.Б., 1961, 1972; Воронин А.Д., 1984) [10, 217, 218, 42].

Основы учения о роли почвенной структуры в повышении плодородия были заложены учеными-почвоведом России еще в XIX в. и в дальнейшем постоянно дополнялись и углублялись в трудах таких исследователей, как К.К. Гедройц (1909), П.А. Костычев (1951), А.Т. Болотов (1952) и др. [49, 51, 124, 24].

В.Р. Вильямс (1938) писал о структуре почвы как об основном условии почвенного плодородия, отмечая, что наибольшей агрономической ценностью обладают почвенные агрегаты размером 0,25-10 мм, так как такая структура надежно защищает почву от ветровой и водной эрозии [36]. О.А. Берестецкий (1986) считал, что почва приобретает свойство противоэрозионной устойчивости в том случае, если в ее верхнем слое (5 см) будет не менее 50% агрегатов, размеры которых превышают 1 мм [17].

Для характеристики почв по ее структурному состоянию разработана следующая шкала оценки: отличное – в воздушно-сухом образце почвы содержание агрегатов размером 0,25-10 мм превышает 80%; хорошее – таких агрегатов содержится 80-60%; удовлетворительное – 60-40%; неудовлетворительное – 40-20%; плохое – менее 20% (Долгов С.И. с оавт., 1969) [64].

Наряду со структурным состоянием почв при воздушно-сухом просеве важным свойством агрегатов является их сопротивляемость размыванию, то есть водопрочность агрегатов. При этом наиболее благоприятные условия для

роста и развития растений создаются при содержании водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм в следующем интервале: не менее 40-45%, но не более 75-80%. В этом случае возрастает порозность почвы, увеличиваются непроизводительные потери влаги на физическое испарение.

Все почвы содержат в поглощенном состоянии катионы кальция и магния. В состоянии золя с катионами кальция и магния происходит коагуляция, создаются водопрочные агрегаты с находящимся при взаимодействии свежесформованным органическим веществом. При этом была установлена следующая закономерность: чем выше водопрочность агрегатов, тем больше в почве гумуса и тем больше в нем содержится гуминовых кислот (Ревут И.Б., 1961, 1989; Кузнецова И.В. с соавт., 1991, 2000) [216, 218, 134, 135].

Продукты жизнедеятельности микроорганизмов способствуют склеиванию как первичных частиц, так и микроагрегатов. Они играют большую роль в придании почвенным агрегатам свойств водопрочности (Мишустин Е.Н. с соавт., 1971) [168].

При сохранении в течение всего вегетационного периода оптимального сложения почвы не происходит сильного уплотнения пахотного слоя к концу лета, в черноземах наблюдается комковато-зернистая структура, в составе которой количество агрегатов $> 0,25$ мм превышает 90%, из них 40% (а иногда и более) водопрочны, что создает своего рода каркас (Кузнецова И.В. с соавт., 2000) [135]. При длительном использовании почв агрономически ценная структура существенно ухудшается (Маслов В.А., 2002; Пичугин А.П., 2002) [154, 191]. При этом коэффициент структурности на целине в среднем в 1,5-2,2 раза выше, чем на залежи. Повышается значение многолетних трав и залежи в восстановлении физических свойств почвы и как следствие сохранения плодородия.

Однако в долгосрочной перспективе внедрение посевов многолетних трав и оставление залежи не решают проблему деградации физических свойств почв. Эта сложная задача выполнима только на основе системного подхода, в комплексе мер которого главенствующее место должны занять биологические приемы и обработка почвы.

Длительное использование сельскохозяйственных земель, интенсификация земледелия приводят к значительному ухудшению почвенной структуры и водно-физических свойств (Котоврасов И.П. с соавт., 1984) [128].

В настоящее время одной из актуальных задач, стоящих перед исследователями, является познание природы устойчивости почв к деградации, а также устойчивости ее физических свойств в связи с тем, что деградация физического состояния является одним из основных и наиболее распространенных видов деградации почв и почвенного покрова (Росновский И.Н., 1993; Бондарев А.Г., Кузнецова И.В., 1999) [221, 25].

В литературных источниках нет однозначных данных о влиянии биологических приемов и обработки почвы на структурный состав почвы, что обусловлено различием природно-климатических условий проведения исследований. Учитывая это, нами была поставлена задача – выявить зависимость структурного состояния чернозема типичного от приемов биологизации земледелия и последствий различных способов основной обработки почвы под озимую пшеницу в многофакторном стационарном опыте.

Как известно, структура почвы динамична, на нее оказывают влияние самые различные факторы как биологические (например, вытеснение из ППК двухвалентных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} аммонием, поступающим с осадками и удобрениями, разложение органического вещества микроорганизмами и др.), так и механические (разрушение агрегатов машинами и механизмами), то есть факторы и разрушающие, и создающие почву.

Задача состоит в том, чтобы ограничить действие первых и создать условия для преобладания второй группы факторов. Из этого следует, что изучаемые нами факторы в опыте (приемы биологизации и основная обработка) имеют непосредственное воздействие на структурно-агрегатное состояние пахотного слоя почвы и должны быть направлены на сохранение структуры почвы.

Полученные нами данные о структурном состоянии почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников и последствий основной обработки почвы представлены в таблице 5 и приложениях 5 и 6.

Таблица 5 – Структурное состояние почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников и последствий основной обработки почвы в слое 0-30 см (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Содержание в навеске, %				Коэффициент структурности
		агрегатов > 10 мм	агрегатов от 10 до 0,25 мм	агрегатов < 0,25 мм	водопрочных агрегатов	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	<u>24,6</u> 21,1	<u>70,5</u> 74,6	<u>4,9</u> 4,3	<u>50,41</u> 55,88	<u>2,39</u> 2,93
	Сидеральный пар донника желтого	<u>24,9</u> 9,6	<u>71,5</u> 86,5	<u>3,6</u> 3,9	<u>54,46</u> 59,37	<u>2,50</u> 6,40
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	<u>14,6</u> 5,7	<u>81,6</u> 89	<u>3,8</u> 5,3	<u>59,58</u> 57,59	<u>4,44</u> 8,13
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	<u>28,6</u> 15,6	<u>67,4</u> 80	<u>4,0</u> 4,4	<u>53,08</u> 59,07	<u>2,07</u> 4,01
	Сидеральный пар донника желтого	<u>22,4</u> 14,4	<u>73,3</u> 82	<u>4,2</u> 3,6	<u>54,59</u> 62,59	<u>2,75</u> 4,56
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	<u>15,4</u> 5,7	<u>80,9</u> 90,5	<u>3,7</u> 3,8	<u>57,34</u> 67,15	<u>4,24</u> 9,47
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	<u>25,1</u> 18,1	<u>70,9</u> 78,1	<u>4,0</u> 3,8	<u>54,85</u> 60,08	<u>2,44</u> 3,56
	Сидеральный пар донника желтого	<u>20,4</u> 9,7	<u>76,1</u> 87	<u>3,5</u> 3,3	<u>57,55</u> 65,75	<u>3,18</u> 6,67
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	<u>14,4</u> 10,1	<u>82,0</u> 87	<u>3,5</u> 2,9	<u>61,90</u> 70,27	<u>4,56</u> 6,67
НСР ₀₅ частный эффект		<u>6,99-7,98</u> 5,94-7,85	<u>7,14-7,46</u> 7,45-15,4	<u>1,16-1,32</u> 1,2-1-72	<u>3,61-4,96</u> 4,73-5,49	
НСР ₀₅ фактора А		<u>2,33-2,66</u> 1,98-2,62	<u>2,38-2,49</u> 2,48-5,15	<u>0,39-0,44</u> 0,42-0,57	<u>1,04-1,37</u> 143-1,58	
НСР ₀₅ фактора Б		<u>2,33-2,66</u> 1,98-2,62	<u>2,38-2,49</u> 2,48-5,15	<u>0,39-0,44</u> 0,42-0,57	<u>1,04-1,37</u> 143-1,58	

Примечание: числитель – посев; знаменатель – уборка

Образцы почвы для определения агрегатного состава отбирали осенью перед посевом озимой пшеницы и летом перед уборкой.

Анализируя данные таблицы 5, можно отметить, что содержание структурных агрегатов в пахотном слое изменяется как по вариантам опыта, по годам исследований, так и в течение всего вегетационного периода.

В среднем за годы исследования перед посевом озимой пшеницы содержание агрегатов размером 10-0,25 мм в пахотном слое почвы (0-30 см) не зависело от последствий обработки почвы (разница находилась в пределах ошибки). Однако предшественники оказали свое влияние. Так, на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны содержание структурных агрегатов было наибольшим (81,5%), на вариантах сидерального пара с донником и чистого пара – ниже соответственно на 9 и 15%. Это связано с тем, что в процессе трансформации органической массы зеленого удобрения образуются гуминовые кислоты, которые склеивают микроагрегаты в структурные отдельности. Легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ), которое образуется в процессе разложения растительных остатков, способствует скреплению почвенных частиц и образованию структуры. Корреляционная связь между легкогидролизуемым органическим веществом и содержанием структурных агрегатов сильная $k = 0,76-0,97$ (Пичугин А.П., 2002) [191].

Различия между вариантами с различными предшественниками по слоям почвы были приблизительно такими же, как и в пахотном слое почвы. Содержание бесструктурных агрегатов > 10 мм было самым высоким в почве варианта чистого пара и составляло 26,1%, на вариантах посева по сидеральному донниковому и кулисно-мульчирующему пару люцерны – ниже соответственно на 13,5 и 43,3%. Аналогичным было соотношение содержания агрегатов $< 0,25$ мм: в почве варианта чистого пара их содержание составляло 4,3%, а на вариантах сидерального пара с донником и кулисно-мульчирующего пара люцерны – ниже в среднем на 0,6%.

Очень важным критерием оценки структурного состояния почвы является коэффициент структурности, который определяется как отношение массы агрегатов размеров 0,25-10 мм к сумме масс агрегатов > 10 и $< 0,25$ мм. Наши расчеты показали, что данный показатель в среднем за годы проведения

исследований варьирует от 2,07 до 4,56 в зависимости от вариантов. Коэффициент структурности был выше на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны (4,4) и ниже на вариантах посева по сидеральному пару с донником и чистому пару – соответственно на 36 и 48%. За годы проведения исследований коэффициент структурности почвы под озимой пшеницей в слое 0-30 см повысился с 2,3 до 3,5 на варианте чистого пара, с 2,8 до 5,9 – на варианте посева по сидеральному донниковому пару и с 4,4 до 8,1 – на варианте посева по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей.

Последствие обработки почвы мало сказывалось на коэффициенте структурности: в зависимости от обработки почвы он варьировал от 5,6 до 6,0. Наши данные показывают, что при глубокой безотвальной обработке этот показатель на 0,3-0,4 превышает показатели других вариантов (3,02-3,11).

Важной характеристикой агрегатного состояния почвы является способность агрегатов противостоять разрушающему действию воды. В наших исследованиях только предшественники влияли на содержание в почве водопрочных агрегатов: их количество было наибольшим при посеве озимых по кулисно-мульчирующему пару люцерны – 59,6%, немного ниже на вариантах посева по сидеральному пару с донником и чистому пару – соответственно 55,5 и 52,8%.

К уборке озимой пшеницы содержание водопрочных агрегатов, также как и структурное содержание агрегатов при воздушно-сухом просеве увеличилось в зависимости от предшественников на 9-12% и на 5-14% в зависимости от обработки почвы (причем на 12-14% за счет безотвальной обработки). Различия по количеству структурных, водопрочных агрегатов по вариантам с различными предшественниками к уборке озимой пшеницы были аналогичны различиям при посеве. Оструктурирование пахотного слоя почвы на вариантах посева по сидеральному донниковому пару и кулисно-мульчирующему пару люцерны синей обусловлено прежде всего развитием мощной корневой системы, которая за счет симбиотических отношений с клубеньковыми бактериями активно высвобождает вещества, способствующие образованию почвенных агрегатов.

Следует отметить, что с глубиной содержание водопрочных агрегатов увеличивалось (больше всего их было в слое 20-30 см). Наблюдались весьма незначительные различия между вариантами и слоями по годам по таким показателям, как содержание бесструктурных агрегатов > 10 мм, структурных агрегатов от 10 до 0,25 мм, бесструктурных агрегатов $< 0,25$ мм, водопрочных агрегатов, коэффициент структурности.

Таким образом, агрегатное состояние как отдельных слоев, так и всего пахотного слоя на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей оценивается как хорошее, а на других вариантах – как удовлетворительное.

В течение вегетации шли процессы разрушения и создания почвенных агрегатов под воздействием различных факторов. Причем состояние пахотного слоя перед уборкой зависело от доминирования факторов (образования или разрушения). Нами установлено, что от посева до уборки озимой пшеницы на всех вариантах опыта как в пахотном слое, так и в отдельных его слоях отмечалось улучшение агрегатного состояния, а именно: уменьшалась доля глыбистой фракции на 80-90% и незначительно пыли.

Таким образом, использование приемов биологизации (посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному пару донника) способствует улучшению структурно-агрегатного состояния чернозема типичного. Поступление в почву органического вещества, эквивалентного 5,7 т/га навоза, обеспечивают культуры сидерального пара. Особенно значительное воздействие на оструктурирование почвы оказывает люцерна синяя. Положительное действие комплекса приемов биологизации не ограничивается одним годом, так как они повышают содержание структурных и водопрочных агрегатов, а также оказывают положительное влияние и на другие показатели. Менее заметным было последствие основной обработки на структуру почвы, хотя следует отметить, что безотвальная обработка под подсолнечник (дискование и плоскорезная обработка) оказывала более благоприятное воздействие на оструктурирование пахотного слоя почвы, нежели вспашка.

4.2. Плотность почвы в зависимости от предшественников на фоне последствий основной обработки под озимую пшеницу

Одним из важнейших показателей физического состояния почв является плотность сложения, которая определяет водный, воздушный и тепловой режимы, рост и развитие растений. Для характеристики плотности используется величина объемной массы почвы, выраженная в г/см³. Оптимальная плотность зависит от биологических особенностей культуры, типа почвы, гранулометрического состава. Отклонение от оптимума как в сторону увеличения, так и уменьшения ухудшает условия жизни растений и в конечном итоге снижает урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Снижение величины плотности приводит к уменьшению содержания элементов питания в единице объема почвы и влаги, что негативно сказывается на всхожести семян и последующем росте и развитии растений; повышение плотности резко ухудшает доступ влаги и воздуха в почву, ограничивает рост корней (Качинский Н.А., 1931, 1965; Сидоров М.И., 1981) [101, 102, 237].

Для каждого типа почв константой считается плотность необрабатываемых почв, залежи. На этот показатель оказывают влияние структурное состояние почв, механический состав, климатические условия (Russel E.W., Keen V.A., 1938; Васильев А.П., Чуданов И.А., 1984; Черепанов Г.Г. с соавт., 1987; Кузнецова И.В. с соавт., 1991; Soane B.D. et al, 1994; Королев В.А., 1996) [290, 33, 269, 135, 291, 119].

В задачу диссертационного исследования входило определить показатели плотности сложения почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных способов основной обработки под подсолнечник и приемов биологизации почвы под озимую пшеницу. Полученные данные приведены в таблице 6.

Проведенные исследования показали, что изменение плотности почвы происходило как на вариантах опыта, так и в течение всего вегетационного периода (табл. 6). Изменение и динамика объемной массы пахотного слоя почвы в среднем за все годы исследований представлены в приложениях 7, 8.

Таблица 6 – Плотность сложения почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников и основной обработки почвы под подсолнечник, г/см³ (2011-2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20 – 22 см)	Пар чистый (контроль)	0-20	1,18	1,21	1,25	1,21
		20-30	1,33	1,34	1,37	1,35
	Сидеральный пар донника желтого	0-20	1,13	1,18	1,21	1,17
		20-30	1,30	1,28	1,29	1,29
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-20	1,09	1,15	1,18	1,14
		20-30	1,28	1,27	1,29	1,28
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-20	1,18	1,23	1,25	1,22
		20-30	1,32	1,32	1,33	1,33
	Сидеральный пар донника желтого	0-20	1,12	1,19	1,22	1,18
		20-30	1,29	1,30	1,32	1,30
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-20	1,14	1,17	1,20	1,17
		20-30	1,30	1,28	1,30	1,29
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-20	1,19	1,20	1,24	1,21
		20-30	1,34	1,33	1,33	1,33
	Сидеральный пар донника желтого	0-20	1,12	1,16	1,20	1,16
		20-30	1,31	1,30	1,31	1,31
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-20	1,07	1,17	1,21	1,15
		20-30	1,31	1,28	1,31	1,30
НСР ₀₅ частный эффект			0,04-0,05	0,02-0,03	0,04-0,05	-
НСР ₀₅ фактора А			0,01-0,02	0,01-0,02	0,02-0,03	-
НСР ₀₅ фактора Б			0,01-0,02	0,01-0,02	0,02-0,03	-

Как видно из данных таблицы 6, наиболее существенные (значимые) различия плотности сложения почвы наблюдались как по предшественникам, так и по срокам отбора проб в верхних слоях почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см. Поэтому влияние различных предшественников, а также зависимость этого показателя от сроков отбора проб мы анализировали по средним данным в слое 0-20 см (как среднее двух слоев 0-10 и 10-20 см), а также в слое 20-30 см.

Следует также отметить, что влияние последствий способов основной обработки было незначительным и наблюдалось лишь в период посева озимой пшеницы. Плотность почвы в значительной степени зависит от ее влажности, поэтому обсуждение полученных данных необходимо увязывать с количеством осадков.

Проведенные исследования показали: в связи с тем что в августе 2011 г. выпало 96 мм осадков (при норме 52 мм), а в 2012 г. – 216 мм (157% нормы), ко времени посева озимой пшеницы плотность почвы в слое 0-20 см как в 2011 г., так и в 2012 г. была невысокой по всем предшественникам и составила на варианте чистого пара 1,17-1,19 г/см³ (колебания по годам), сидерального донникового пара – 1,13 г/см³ и кулисно-мульчирующего пара люцерны – 1,08-1,11 г/см³. Таким образом, при посеве озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны плотность почвы в слое 0-20 см была меньше, чем на варианте чистого пара соответственно на 4 и 7%. В слое 20-30 см на вариантах с приемами биологизации этот показатель был также меньше, чем на варианте чистого пара. В 2011 г. эти различия составили 2-4%, а в 2012 г. – 1-2%. Менее плотное сложение почвы как в слое 0-20 см, так и в слое 20-30 см объясняется бóльшим чем в чистом пару содержанием свежего органического вещества (растительных остатков) и как следствие лучшим агрегатным составом этих слоев почвы.

В 2012 г. за период от отрастания до колошения (апрель-июнь) выпало 307 мм осадков, в том числе в июне – 216 мм (при норме 74 мм). В результате в фазе колошения по всем предшественникам как в слое 0-20 см, так и в слое 20-30 см плотность почвы была на 1-3% меньше, чем при посеве, а различия в плотности сложения по предшественникам, отмеченные при посеве, сохранились и в этот срок определения.

В 2013 г. период весенне-летней вегетации озимой пшеницы был очень засушливым – осадков за апрель-июнь выпало всего лишь 71 мм при норме 156 мм. В результате иссушения почвы к моменту отбора проб в фазе колошения плотность почвы была выше, чем при посеве по всем предшественникам.

Так, на варианте чистого пара она увеличилась на 9%, а сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – на 12-14%. При этом на вариантах с приемами биологизации этот показатель был ниже, чем в чистом пару – соответственно 1,23-1,24 г/см³ и 1,26 г/см³ (табл. 6). В слое почвы 20-30 см плотность также возросла: по чистому пару – на 4%, а по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – в среднем на 6% и составила соответственно 1,35 г/см³, 1,34 и 1,31 г/см³.

Несмотря на то что в 2012 г. период от колошения до уборки был сухим (осадков в июле выпало 27 мм при норме 70 мм), плотность почвы к уборке как в слое 0-20 см, так и в слое 20-30 см повысилась по сравнению с периодом колошения на 3-4%. И в этот срок плотность почвы была ниже, чем на варианте с чистым паром, особенно заметным это было в слое 0-20 см на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны.

В 2013 г. за период от колошения до уборки (июль) осадков выпало больше нормы (83 мм при норме 70 мм), но, как и в 2012 г., плотность почвы в слое 0-20 см увеличилась по сравнению с предыдущим сроком на 3-4%, а в слое 20-30 см этот показатель практически не изменился. На вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны плотность почвы и в этом году была меньше, чем в чистом пару.

Таким образом, в 2011-2012 гг. за период от посева до уборки плотность почвы в слое 0-20 см и в слое 20-30 см повысилась всего лишь на 2-3 и 1-2% (в зависимости от предшественников), то есть незначительно, так как почва была достаточно увлажнена осадками в июне месяце. В засушливый весенне-летний период 2012-2013 гг. почва в слое 0-20 см на варианте чистого пара стала плотнее на 10%, а на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – на 13-17%, хотя в слое 20-30 см плотность почвы на всех вариантах оставалась практически такой же, как и при посеве.

Таким образом, нами отмечено, что чем рыхлее почва была при посеве, тем сильнее она уплотнялась в течение периода вегетации. И второе: при обильных осадках почва набухает, в результате чего ее плотность снижается.

Основные выводы раздела 4.2.

1. Наиболее существенные изменения плотности сложения почвы по всем вариантам предшественников и способам обработки почвы отмечены в верхних слоях – 0-10 см и 10-20 см, тогда как в слое 20-30 см показатели плотности почвы изменялись не существенно.

2. Перед посевом озимой пшеницы плотность почвы в слое 0-20 см на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны была ниже, чем на варианте чистого пара соответственно на 0,5 и 0,9 г/см³.

3. Перед посевом озимой пшеницы плотность почвы на всех вариантах с различными предшественниками и способами обработки почвы была оптимальной для посева.

4. Не выявлено последствий способов основной обработки почвы на плотность сложения почвы.

5. За период от посева до колошения озимой пшеницы почва на всех вариантах уплотнялась в результате усадки осенью и высушивания весной и в июне месяце летом, при этом величина уплотнения зависела от гидротермических условий этого периода, особенно в июне месяце (в период колошения). В благоприятный по увлажнению 2011-2012 с.-х. год плотность почвы в слое 0-20 см увеличилась всего лишь на 2-3%, тогда как в засушливом 2012-2013 с.-х. году почва этого слоя уплотнилась на вариантах чистого пара, сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны соответственно на 10, 13 и 17%.

6. Независимо от гидротермических условий периода от посева до колошения озимой пшеницы плотность почвы в слое 0-20 см на вариантах с использованием приемов биологизации была на 4-7% ниже, чем на варианте чистого пара и оптимальной (по всем предшественникам) для озимой пшеницы.

7. За период от колошения до уборки озимой пшеницы почва продолжала уплотняться: показатели плотности составляли на варианте посева озимых по чистому пару 1,25 г/см³, сидеральному донниковому пару – 1,22 и кулисно-мульчирующему пару люцерны – 1,20 г/см³.

В ходе проведения исследования ставилась задача проанализировать показатели твердости чернозема типичного тяжелосуглинистого гранулометрического состава при различных приемах биологизации на фоне последствий основной обработки почвы. Полученные данные приведены в таблице 7 и приложениях 9, 10.

Таблица 7 – Твердость почвы в слое 0-25 см под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников и последствий приемов основной обработки почвы, кг/см² (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Срок отбора			Среднее
		посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	27,6	32,4	42,5	34,2
	Сидеральный пар донника желтого	28,7	34,9	38,7	34,1
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	22,1	28,7	31,6	27,5
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	26,7	40,3	44,6	37,2
	Сидеральный пар донника желтого	23,5	30,8	38,7	31,0
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	24,5	31,3	30,0	28,6
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	30,0	39,0	46,3	38,4
	Сидеральный пар донника желтого	25,3	25,3	34,2	28,3
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	18,7	25,8	35,8	26,8
НСР ₀₅ частный эффект		10,5-13,2	9,6-10,5	10,0-11,9	
НСР ₀₅ фактора А		3,5-4,4	3,2-3,5	3,5-3,97	
НСР ₀₅ фактора Б		3,5-4,4	3,2-3,5	3,5-3,97	

Результаты проведенных исследований показали, что при посеве озимой пшеницы на всех вариантах опыта наименьшая твердость была в слое 0-10 см (14,7-29,4 кг/см²), причем показатели твердости слоев 0-20 см и 20-25 см были близкими по значению друг к другу. В пахотном слое почвы твердость была выше на варианте чистого пара (28,1 кг/см²) и превышала оптимальное значение, а на вариантах с использованием биологических приемов показатели

твердости были на 8-22% ниже (21,8-25,8 кг/см² при НСР₀₅ = 3,5-4,4 кг/см²), но находились в оптимальных для озимой пшеницы пределах.

В слое 0-25 см отмечена наименьшая твердость почвы на вариантах с биологическими приемами, что связано, прежде всего, с хорошим распределением корневой системы (более развитой в верхнем слое), а также с поступлением и аккумуляцией органических веществ из надземной части в поверхностный слой почвы. Основная обработка под подсолнечник незначительно влияла на твердость почвы. Так, на вариантах с безотвальными приемами обработки твердость почвы под озимой пшеницей была ниже в среднем на 5%. В 2013 г. данный показатель при посеве был наивысшим за весь период наблюдений: в среднем на 45-60% превышал данные 2012 г. (отмечено даже двукратное превышение в зависимости от варианта обработки и предшественников) (приложения 9 и 10). Большие скачки показателей твердости по годам исследований обусловлены различными погодными условиями, особенно в период взятия образцов.

В результате изменения погодных условий, уменьшения количества доступной влаги в почве во время колошения озимой пшеницы твердость почвы повысилась на всех вариантах и по слоям. Так, повышение в зависимости от вариантов опыта составило в среднем 30-35%. Так же как и при посеве озимой пшеницы, твердость почвы была ниже на варианте посева по кулисно-мульчирующему пару люцерны и по сидеральному донниковому пару, а в чистом пару этот показатель был выше на 18-23%, что выходит за оптимальные для озимой пшеницы пределы. Поменялись акценты и между вариантами обработки почвы. Так, наименьший показатель твердости отмечен при средней безотвальной обработке – 30 кг/см², при мелкой – на 4 кг/см² выше. Во время колошения озимой пшеницы (как и при посеве) показатели твердости почвы на всех вариантах и по слоям в 2013 г. были выше, чем в 2012 г.

Перед уборкой озимой пшеницы твердость почвы повысилась по сравнению с предыдущими сроками отбора проб на 13-20%. Наличие в почве большего количества растительных остатков и структурных агрегатов на вариантах с приемами биологизации (особенно при посеве озимой пшеницы по ку-

лисно-мульчирующему пару люцерны) способствовало снижению твердости почвы на 16-27% по сравнению с чистым паром. Однако в данный период отмечены различия и между двумя предшественниками. Так, твердость почвы при посеве по кулисно-мульчирующему пару люцерны была ниже на $4,7 \text{ кг/см}^2$ (при $\text{НСР}_{05} = 3,2-3,5 \text{ кг/см}^2$) по сравнению с вариантом посева по сидеральному донниковому пару. Это объясняется, вероятнее всего, более развитой корневой системой люцерны, которая к уборке озимой пшеницы начала активно разлагаться. Влияния последствия обработки почвы в данную фазу не выявлено.

По годам исследований сохранилась такая же тенденция, как и в выше-рассмотренные сроки отбора проб. Однако в 2013 г. к уборке на всех вариантах опыта твердость почвы превышала оптимальные для озимой пшеницы значения, за исключением варианта кулисно-мульчирующего пара люцерны на фоне мелкой обработки почвы, где твердость почвы была ниже на 14,1-41,5%. Благодаря высокой продуктивности многолетних трав, формированию мощной корневой системы, а также более высокому поступлению органического вещества в почву, на этом варианте наблюдалась тенденция снижения твердости почвы как в целом по слоям, так и в пахотном слое.

Результаты исследований, показавшие, что твердость почвы в среднем по годам и в течение вегетации ближе к оптимальному значению была при посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны и по сидеральному донниковому пару, позволяют рекомендовать и люцерну, и донник в качестве предшественников озимой пшеницы при возделывании в условиях лесостепи Центрального Черноземья. При этом немаловажным является и то, что пониженная твердость почвы на вариантах с этими предшественниками не только положительно сказывается на росте и развитии озимой пшеницы, но и позволяет снизить сопротивление, оказываемое слоями почвы почвообрабатывающей технике при обработке. Другими словами, чем ниже твердость почвы, тем меньше затрат требуется для ее механической обработки, а именно: можно использовать менее мощные трактора при пониженном расходе ГСМ и степени амортизации используемой техники.

4.4. Влажность почвы

Для получения высоких урожаев зерна озимой пшеницы весьма важным является появление своевременных, полных всходов и их нормальный рост и развитие в осенний период. Факторами, обеспечивающими это условие, являются, в первую очередь, наличие доступной влаги в посевном слое (а лучше в пахотном), а также обеспеченность растений азотом. Поскольку при размещении озимых по черным и сидеральным парам обеспеченность азотом растений, как правило, бывает хорошая (обычно достаточно 40 кг/га азота), то определяющим фактором получения своевременных всходов по этим предшественникам является наличие в посевном слое доступной влаги.

Многими исследованиями установлено, что при наличии в посевном слое почвы (0-10 см) 10 мм, а в слое 0-30 см 30 мм доступной влаги всходы появляются обычно через 5-7 суток (Милосердов Н., 1973; Личикаки В.Н., 1974; Санковский В.И., 1985) [164, 139, 229].

При размещении озимой пшеницы по чистым парам ко времени ее посева запасы влаги в посевном слое (0-10 и 0-30 см), как правило, достаточны для получения своевременных и полных всходов. И лишь в сильно засушливое лето при несоблюдении глубины культивации влаги может быть недостаточно даже в чистом пару. В более глубоких слоях почвы (0-100, 0-150 см) ко времени посева в нормальные по увлажнению годы обычно сохраняется весенний запас влаги. И только в сильно засушливые годы весенний запас может уменьшиться на 15-20 мм в слое 0-150 см, а во влажные годы настолько же увеличиться (Придворев Н.И., 1978) [200].

При размещении озимой пшеницы по занятым и сидеральным парам, а также после непаровых предшественников (горох, кукуруза и т.д.) количество влаги в посевном слое (0-30 см), как правило, зависит от количества осадков во второй половине августа: чем обильнее осадки, тем выше запас влаги, и наоборот, чем засушливее лето, тем меньше влаги в посевном слое почвы. В более глубоких слоях почвы (0-100 см) запас влаги после этих предшественников

зависит в основном от степени иссушения почвы предшественником: чем выше урожай предшествующей культуры, тем меньше остается в почве влаги для озимой пшеницы.

В наших опытах ставилась задача проанализировать показатели содержания доступной влаги в почве в зависимости от различных предшественников озимой пшеницы на фоне последействия основной обработки почвы. Полученные данные приведены в таблице 8 и приложениях 11, 12.

Таблица 8 – Содержание доступной влаги в почве в зависимости от различных предшественников озимой пшеницы на фоне последействия основной обработки почвы, мм (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	33,5	26,3	14,0	24,6
		0-50	62,2	48,7	32,5	47,8
		0-100	134,2	104,3	76,1	104,9
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	25,6	17,7	5,9	16,4
		0-50	46,4	32,8	16,8	32,0
		0-100	93,1	74,2	53,5	73,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	24,8	14,0	4,3	14,4
		0-50	42,6	29,8	17,4	29,9
		0-100	77,8	61,8	46,5	62,0
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-30	30,6	28,7	15,2	24,8
		0-50	58,1	51,9	32,7	47,6
		0-100	115,1	97,7	68,2	93,7
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	25,3	16,5	6,4	16,1
		0-50	43,4	33,8	20,2	32,5
		0-100	88,9	79,5	56,0	74,8
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	23,1	13,3	6,0	14,2
		0-50	40,4	29,0	19,5	29,7
		0-100	79,1	66,5	52,7	66,1
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-30	30,9	24,1	10,1	21,7
		0-50	60,1	44,9	28,4	44,5
		0-100	130,9	100,0	77,0	102,6
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	25,7	22,2	10,8	19,6
		0-50	45,3	39,2	24,7	36,4
		0-100	90,0	80,3	59,2	76,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	24,9	15,6	6,7	15,8
		0-50	42,4	34,2	22,3	32,9
		0-100	78,4	70,0	50,7	66,4

Как показали проведенные исследования, несмотря на то что за весенне-летний период 2011 г. (май-август) осадков выпало чуть меньше среднелетнего значения на 14 мм, запасы влаги в слое почвы 0-30 см были достаточными для появления своевременных всходов на всех вариантах с различными предшественниками и практически не зависели от способов основной обработки почвы под подсолнечник. Так, в почве чистого пара они составляли 35,8-39,9 мм, а на остальных вариантах они были меньше в среднем всего лишь на 2,5-3,1 мм (в зависимости от обработки), что объясняется обильным выпадением осадков в августе месяце – 96 мм (185% к норме).

Более ощутимые различия в запасах влаги между предшественниками в этот срок наблюдались в более глубоких слоях почвы (30-100 см). Так, если на варианте посева озимой пшеницы по чистому пару они составляли по вспашке и плоскорезной обработке 123,1-123,6 мм, а по дискованию 104 мм, то на варианте посева по сидеральному донниковому пару – в среднем по обработкам соответственно 105,6-103,6 мм и 89,7 мм, что в среднем на 15% и 23% меньше. При посеве пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны запасы влаги в слое почвы 30-100 см составляли по вспашке и плоскорезной обработке 94,1 и 92,9 мм, а по дискованию – 82,2 мм, что меньше, чем при посеве озимой пшеницы по чистому пару соответственно на 25 и 17%. Меньший запас влаги в этом слое объясняется ее расходом на формирование биомассы донника и люцерны.

В 2012 г., ко времени посева озимой пшеницы, запас влаги в слое почвы 0-30 см, а также в слое 0-10 см был таким же, как и в 2011 г. – достаточным для появления своевременных и полных всходов озимых и их развития в осенний период, что объясняется обильными осадками в июне месяце (216 мм при норме 74 мм) и в августе (179 мм при норме 52 мм). Так, при размещении озимых по чистому пару запасы влаги составили 35,8-37,7 мм в зависимости от способа обработки под подсолнечник, по сидеральному донниковому пару – 27-30 мм и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – 23,7-26,6 мм. Таким образом, в 2012 г. (как и в 2011 г.) в почве варианта чистого пара запас влаги

(в среднем по обработкам) был на 8,2 и на 11,5 мм выше по сравнению с вариантами сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны синей. Вместе с тем в слоях почвы глубже 30 см (30-100 см) запасы влаги в этот срок отбора проб были существенно ниже, чем в 2012 г.: на варианте посева озимой пшеницы по чистому пару – на 23% (95,1 мм), по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – соответственно на 38 и 45% (65,1 и 54,2 мм).

Многолетними исследованиями установлено, что запасы доступной влаги в метровом слое почвы под озимой пшеницей в фазе колошения в лесостепной зоне ЦЧР колеблются в пределах 70-90 мм в зависимости от предшественника (чистый пар, занятые пары, непаровые предшественники), гидротермических условий в весенне-летний период (осадки, температура). В благоприятные по увлажнению годы запасы влаги достигают 130 мм, а в неблагоприятные снижаются до 45-50 мм (Федотов В.А., 1989, 2009; Кадыров С.В., 2005) [259, 260, 92].

Проведенными исследованиями установлено, что в 2012 г. (посев 2011 г.), при хорошем весеннем (основном) запасе влаги и обильных осадках в апреле (72 мм при норме 38 мм) и в июне (216 мм при норме 74 мм), запас влаги в метровом слое почвы в фазу колошения при посеве озимой пшеницы по чистому пару составил на фоне вспашки 134,7 мм, а на фоне дискования и плоскорезной обработки – 112,7-117,5 мм. Различия в запасах влаги объясняются тем, что по вспашке водопроницаемость почвы, видимо, была выше.

При размещении озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны запасы влаги были ниже, чем на варианте чистого пара и составляли соответственно 110,0-113,0 и 95,2-109,1 мм (в среднем 102,5 мм), т.е. не зависели от способов обработки почвы.

Следует отметить, что наибольшие различия в запасах влаги по предшественникам наблюдались в слое 0-30 см, тогда как в слое 30-100 см этих различий не было или они были минимальными. Так, если в слое 0-30 см под озимой пшеницей, размещенной по чистому пару, запасы влаги принять за 100%, то на вариантах посева озимых по сидеральному донниковому пару и

кулисно-мульчирующему пару люцерны они составили соответственно 66 и 56%. В слое почвы 30-100 см запасы влаги были практически одинаковыми при следующем соотношении 100 : 101 : 94.

Малоснежная зима (декабрь-февраль), весна (март-май) и засушливый период от отрастания озимых до колошения стали причиной того, что запасы влаги в слое почвы 0-100 см в фазе колошения озимой пшеницы в 2013 г. были гораздо ниже, чем в 2012 г. Причем, если при размещении озимой пшеницы по чистому пару они были меньше, чем в 2012 г. на 14%, то под озимыми, размещенными по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны, они были меньше соответственно на 35-47%, что объясняется как меньшими запасами влаги при посеве озимых (в 2012 г.), так и недостаточным количеством осадков в период от посева озимых до колошения в 2013 г.

Следует также отметить, что запасы влаги в слое 0-100 см в фазу колошения сильно различались в зависимости от предшественника. Так, если в почве варианта чистого пара они составляли в зависимости от способа основной обработки 102,5-105,8 мм (в среднем 104,6 мм), то в почве вариантов сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – соответственно 71,0-74,5 мм (в среднем 73,1 мм) и 51,4-57,5 мм (в среднем 54,1 мм). Таким образом, при посеве озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны запасы влаги в метровом слое почвы были ниже, чем по чистому пару соответственно на 30 и 48%.

Весенние запасы влаги в обычные по осадкам годы составляют 55-57% наименьшей влагоемкости (НВ). Оценивая влагообеспеченность озимой пшеницы по изучаемым предшественникам в фазу колошения, необходимо отметить, что запасы влаги в слое 0-100 см по чистому пару составляли около 44%, по сидеральному донниковому пару – около 30% и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – всего лишь 23% от НВ. Следовательно, посевы озимых в этот срок отбора проб испытывали дефицит доступной влаги, особенно на вариантах размещения по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны.

В 2012 г. за период от колошения до уборки озимой пшеницы (июнь-июль месяцы) количество осадков превысило среднемноголетнее значение этого показателя – 243 мм при норме 144 мм. В этих условиях расход влаги из метрового слоя почвы посевами пшеницы (транспирация и физическое испарение из почвы) был фактически одинаковым по всем предшественникам и способам обработки и составил 20,2-20,4 мм. Причем расход влаги был практически одинаковым как из слоя 0-50 см (8,8-10,9 мм), так и из слоя 50-100 см (9,2-10,7 мм).

Следует также отметить, что в фазу колошения запасы влаги в почве под озимой пшеницей, размещенной по чистому и сидеральному парам как в слое 0-50 см, так и в слое 50-100 см были практически одинаковыми, и лишь на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны в слое 50-100 см запасы влаги были меньше, чем в слое 0-50 см на 11 мм, при этом в фазу колошения запасы влаги в слое 0-100 см при размещении озимой пшеницы по чистому пару на 10-20 мм превышали показатели других вариантов.

Поскольку запасы влаги в почве в период колошения были неодинаковыми на вариантах с различными предшественниками, то и к уборке эти различия сохранились. Так, при размещении озимой пшеницы по чистому пару в слое 0-50 см запасы влаги составили 51,7 мм (в среднем по обработкам), что меньше, чем на вариантах размещения по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны в среднем на 14-16 мм. При этом следует отметить, что в слое почвы 50-100 см запасы влаги были больше, чем в слое 0-50 см и примерно одинаковыми по всем предшественникам – 54-56 мм.

Период вегетации озимой пшеницы от фазы колошения до уборки в 2013 г. был очень засушливым: осадков выпало всего 101 мм при норме 144 мм. В этих условиях расход влаги посевами озимой пшеницы из почвы был значительно выше, чем в 2012 г. Так, если в этот период в 2012 г., когда осадков выпало больше нормы, расход влаги из слоя 0-100 см по всем предшественникам был одинаковым и составил 20 мм, то в условиях 2013 г. расход влаги из этого слоя по чистому пару составил 44,3 мм (т.е. вдвое больше).

На варианте посева озимой пшеницы по сидеральному пару расход влаги был меньше показателей чистого пара, но больше, чем в 2012 г. – 27,3 мм, а при посеве по кулисно-мульчирующему пару люцерны – ниже, чем на вариантах с другими предшественниками и составил всего 11,3 мм, что можно объяснить меньшими запасами влаги в этом слое к периоду уборки. Больше влаги за этот период расходовалось из слоя почвы 0-50 см: на варианте чистого пара – 69%, сидерального пара – 79% и кулисно-мульчирующего пара люцерны – 75%. Расход влаги на варианте чистого пара составил в среднем по обработкам 104,4 мм, а сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – меньше соответственно на 30 и 48%.

Запасы влаги по слоям почвы (0-50 и 50-100 см) распределялись примерно поровну. После уборки озимой пшеницы, размещенной по чистому пару, во все годы в метровом слое почвы оставалось 105-106 мм доступной влаги, причем в слоях почвы 0-50 и 50-100 см ее содержалось практически одинаковое количество. При возделывании озимой пшеницы по сидеральному пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны влаги в слое 0-100 см оставалось на 10 мм меньше, чем в почве варианта чистого пара.

В засушливое лето при посеве озимых по сидеральному пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны почвенные запасы влаги в слое 0-100 см были меньше, чем на варианте чистого пара – соответственно на 30 и 48%.

Основные выводы раздела 4.4.

1. Перед посевом озимой пшеницы запасы доступной влаги в слое почвы 0-30 см как в 2011 г., так и в 2012 г. были достаточными (примерно 30 мм) для получения своевременных и полных всходов озимой пшеницы, что связано с обильными осадками в период с июля по август.

2. Запасы доступной влаги в почве на глубине 30 см (в слое 30-100 см) на вариантах размещения озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и кулисно-мульчирующему пару люцерны были меньше, чем на варианте размещения по чистому пару – соответственно на 30 и 40 мм (в среднем за два года).

3. Запасы влаги в период колошения озимой пшеницы в верхних слоях

почвы (до 50 см) зависели от выпадающих осадков в весенне-летний период, в то время как в более глубоких слоях почвы (50-100 см) – от величины весеннего запаса влаги.

4. В неблагоприятном по осадкам весенне-летнем периоде 2012 г. запасы влаги на вариантах посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и кулисно-мульчирующему пару люцерны были меньше, чем на варианте чистого пара в слое 0-50 см – соответственно на 24 и 31%, а в слое 50-100 см были одинаковыми на вариантах с различными предшественниками.

В 2013 г. в условиях засухи запасы влаги были меньше, чем 2012 г.: в слое 0-50 см на варианте чистого пара они были ниже на 17%, а на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – соответственно на 18 и 23%.

5. Запасы доступной влаги в слое почвы 0-100 см в период колошения в 2012 г. оцениваются как хорошие (от 95,2 до 134,5 мм), а в 2013 г. – как удовлетворительные (от 53,2 до 105,8 мм).

Остаточные запасы влаги (после уборки) в слое почвы 0-100 см являются одним из показателей оценки культур в качестве предшественников. Если учитывать этот показатель, то можно сделать вывод, что озимая пшеница, размещенная по чистому пару, является более предпочтительным предшественником, чем при размещении по сидеральному донниковому пару или по кулисно-мульчирующему пару люцерны.

4.4.1. Эффективность использования влаги в звене «предшественник – озимая пшеница»

Преимущество возделывания озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей по сравнению с чистым паром заключается не только в том, что в звене «предшественник – озимая пшеница» в сумме создается больше биомассы (см. гл. 3 диссертации), но и в том, что в таких звеньях эффективнее используется влага атмосферных осадков.

Полученные нами в ходе проведения исследований данные об эффективности использования влаги в различных звеньях севооборота с озимой пшеницей приведены в таблице 9 и приложениях 26, 27.

Таблица 9 – Эффективность использования влаги в различных звеньях севооборота с озимой пшеницей

Предшественники озимой пшеницы	Сумма сухого вещества в звене севооборота, т	Сумма осадков, использованных в звене севооборота, мм	Расход влаги на 1 т сухого вещества, мм
Пар чистый	17,24	1289,27	74,8
Сидеральный пар донника желтого	24,42	1279,27	52,4
Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	27,64	1302,93	47,2

Результаты проведенных исследований показали, что в звене «чистый пар – озимая пшеница» в среднем создавалось 17,24 т/га сухого вещества (зерно + солома + стерня + корни), в то время как в звеньях с сидеральным донниковым паром и кулисно-мульчирующим паром люцерны – соответственно 24,87 и 27,8 т/га, что на 41 и 58% больше.

Расход влаги (осадки + почвенный запас) был практически одинаковым на всех вариантах (лишь в 2012 г. при размещении озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей расход влаги на 2% превышал этот показатель варианта чистого пара).

Расход влаги на создание 1 т сухого вещества в звеньях с сидеральным донниковым паром и кулисно-мульчирующим паром люцерны был на 28% и 35% меньше, чем в звене с чистым паром, поскольку суммарный расход влаги был примерно одинаковым в этих звеньях севооборота, а сухого вещества в звеньях с сидеральным донниковым паром и кулисно-мульчирующим паром люцерны создано больше – 24,42 и 27,64 т.

4.5. Содержание в почве доступных форм азота, фосфора и калия в зависимости от приемов биологизации на фоне последствий основной обработки почвы

Одним из важнейших показателей почвенного плодородия является содержание в почве необходимых элементов питания для растений, причем при формировании урожайности сельскохозяйственных культур основную роль играет не только обеспеченность растений элементами питания, но и содержание их доступных форм.

В основном для хорошего роста и развития растений необходимо наличие трех главных элементов – азота, фосфора и калия. Установлено, что для формирования урожая необходимо различное количество этих элементов питания. Так, например, для формирования 1 тонны зерна озимой пшеницы необходимо 24 кг азота, 12 кг фосфора, 18 кг калия.

Как известно, черноземные почвы обладают значительными запасами питательных элементов, по мнению В.Д. Панникова и В.Г. Минеева (1987) этих запасов может хватить на сто и более лет сельскохозяйственного использования [187].

Важная роль в регулировании питательного режима принадлежит комплексу приемов биологизации и основной обработки почвы. Изменяя водный, тепловой и воздушный режимы, эти приемы изменяют протекание микробиологических и биохимических процессов, что в конечном итоге влияет на плодородие почвы.

О зависимости подвижных форм элементов питания от обработки почвы и биологических приемов повышения плодородия почвы свидетельствуют многочисленные исследования, результаты которых зачастую противоречивы и неоднозначны. Поэтому в программу диссертационного исследования была включена задача выявить влияние комплекса биологизации на фоне обработки почвы на динамику питательного режима почвы.

4.5.1. Динамика легкогидролизуемого азота

Азот имеет огромное значение в жизни любого живого организма, в том числе и в жизни растений. Входя в состав белка, азот связан со всеми жизненными процессами, происходящими в природе.

Азот является одним из основных элементов, определяющих плодородие почвы. Исследования, проведенные Д.Н. Прянишниковым (1944, 1962), И.В. Тюриным (1965) и другими учеными, раскрывают тесную связь между содержанием в почве азотных соединений, ее плодородием и урожайностью сельскохозяйственных культур [206, 207, 258].

Азот почвы является одним из основных макроэлементов, необходимых для роста и развития растений. Растения питаются минеральными формами азота (нитратными и аммонийными формами), на которые приходится лишь 3-5% азота почвы, а остальная часть (95-97%) – это азот органических соединений почвы – гумуса и негумифицированного органического вещества.

Основная часть гумуса весьма устойчива к микробному воздействию (консервативная часть), и лишь небольшая его часть (водорастворимый, щелочерастворимый) представляет мобильную часть, которая и является источником минерального азота, образующегося в результате микробного воздействия. Негумифицированные растительные остатки – это наиболее мобильная часть органического вещества почвы и ближайший источник элементов питания растений, в первую очередь, азота. Поэтому чем выше в почве содержится гумуса и особенно подвижной его части, тем выше содержание в почве легкогидролизуемого азота – непосредственного предшественника минеральных форм азота.

Содержание минерального азота в почве очень динамично и меняется в течение вегетационного периода в связи с тем, что скорость минерализации органических веществ почвы зависит от условий внешней среды (температуры, влажности почвы, химического состава органического вещества, кислотности и др.).

Как показали результаты проведенных исследований, максимальное содержание легкогидролизуемого азота наблюдалось в осенний период перед посевом озимой пшеницы (табл. 10, приложения 13, 14).

Таблица 10 – Содержание легкогидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественника и последействия основной обработки почвы, мг/кг (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	249,6	155,0	132,4	179,0
		30-50	155,2	95,8	70,4	107,1
		0-50	226,0	140,2	116,9	161,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	224,8	155,0	128,7	169,5
		30-50	154,6	95,8	79,3	109,9
		0-50	207,2	140,2	116,3	154,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	189,7	132,7	100,7	141,1
		30-50	134,1	77,6	54,0	88,6
		0-50	175,8	118,9	89,0	127,9
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-30	248,0	156,6	124,5	176,4
		30-50	150,0	97,5	69,8	105,8
		0-50	223,5	141,8	110,8	158,7
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	219,1	151,4	129,3	166,6
		30-50	157,2	90,4	75,5	107,7
		0-50	203,7	136,2	115,8	151,9
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	195,7	138,3	112,8	148,9
		30-50	133,3	83,9	43,4	86,8
		0-50	180,1	124,6	95,5	133,4
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-30	237,6	152,9	131,4	174,0
		30-50	161,6	92,9	74,2	109,6
		0-50	218,6	137,9	117,1	157,9
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	224,3	152,9	124,7	167,3
		30-50	147,6	92,7	71,0	103,8
		0-50	205,1	137,9	111,3	151,4
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	198,4	134,1	98,3	143,6
		30-50	129,3	76,8	50,4	85,5
		0-50	181,1	119,8	86,3	129,1
НСР ₀₅ частный эффект.			36,1-21,6	12,7-13,5	31,7-12,2	-
НСР ₀₅ фактора А			5,6-9,3	3,3-3,5	3,2-8,2	-
НСР ₀₅ фактора Б			5,6-9,3	3,3-3,5	3,2-8,2	-

Наибольшее содержание легкогидролизуемого азота было отмечено на варианте чистого пара перед посевом озимой пшеницы в слоях почвы 0-50 и 0-30 см – в среднем 226 мг/кг почвы. На вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны синей количество легкогидролизуемого азота в слое почвы 0-50 см составляло 175,8-07,2 мг/кг, что меньше по сравнению с чистым паром на 9,1-28,6%.

Отмечалась тенденция снижения содержания легкогидролизуемого азота по профилю почвы на всех вариантах обработки и по всем видам паров.

Математически доказано, что в среднем за годы проведения исследований при посеве озимой пшеницы содержание легкогидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей на варианте чистого пара превышало показатели других вариантов с различными предшественниками на 8,4-24,4%. Это объясняется тем, что в почве варианта чистого пара происходит накопление доступной формы азота в результате минерализации гумуса, разложения растительных остатков, поступивших в почву после уборки предшествующей культуры, а также в связи с длительным периодом парования.

Содержание легкогидролизуемого азота было различным в почве различных вариантов использования биологических приемов. На варианте размещения озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару этот показатель был на 14,7% выше, чем на варианте размещения по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей, что объясняется бóльшим периодом парования почвы варианта сидерального пара и соответственно бóльшим накоплением азота в почве в результате разложения растительных остатков.

По общепринятой шкале оценки обеспеченность почв азотом в этот период относится к высокому и очень высокому. Влияния основной обработки почвы под подсолнечник на содержание этого элемента питания не выявлено.

В середине лета во время колошения озимой пшеницы содержание легкогидролизуемого азота в почве значительно снизилось (табл. 10, приложения 13, 14). Вместе с тем изменилось содержание легкогидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей на вариантах в зависимости от предшественни-

ков. Если во время посева озимой пшеницы наибольшее его количество было отмечено в почве после чистого пара, то в фазу колошения – в посевах озимой пшеницы, размещенных по сидеральному донниковому пару на фоне различной обработки почвы, где напряженность биологических и биохимических процессов была значительно выше.

Так, содержание легкогидролизуемого азота в слое 0-50 см на варианте посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару сравнивалось с показателем варианта посева по чистому пару (в среднем по годам исследования), а в 2013 г. этот показатель на варианте с данным биологическим приемом был достоверно выше на 9,2%. На варианте размещения озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны содержание легкогидролизуемого азота в среднем было на 17,9 мг/кг меньше, чем на вариантах с другими предшественниками озимой пшеницы, так как осенью и во время отрастания озимой пшеницы люцерна синяя росла с озимой пшеницей и потребляла элементы питания.

В связи с тем, что в 2010 г. была сильная засуха, а чистый пар являлся накопителем влаги и способствовал активизации процессов разложения растительных остатков, в 2011 г. в почве этого варианта содержание легкогидролизуемого азота повысилось на 36-47 мг/кг. Причем на всех вариантах этого элемента содержалось в слое почвы 10-30 см больше, чем в верхнем горизонте. Это объясняется тем, что верхний слой почвы с ростом среднесуточных температур сильно иссушался, в результате чего нитрификационные процессы в нем резко затухали. Разницы по содержанию легкогидролизуемого азота между вариантами основной обработкой почвы не обнаружено.

Пожнивно-корневые остатки и зеленая масса сидерата, заделанные при достаточном количестве влаги, поддерживали высокую биологическую активность почвы. На ранних этапах органогенеза наиболее важным является высокое содержание в почве доступных элементов питания, так как повышенное содержание легкогидролизуемого азота в фазу колошения – налива зерна уже мало влияет на урожайность озимой пшеницы.

Содержание легкогидролизуемого азота необходимо определять в течение вегетации, а также при уборке озимой пшеницы, так как очень важно проследить динамику содержания данного элемента. При уборке озимой пшеницы в среднем по вариантам и годам проведения исследований содержание легкогидролизуемого азота снижалось на 24,9%. Показатели количества данного элемента, а также его динамика по вариантам в конце созревания озимой пшеницы не отличались от тех данных, которые наблюдались в середине вегетации.

Таким образом, перед посевом озимой пшеницы по чистому, сидеральному и кулисно-мульчирующему пару люцерны на фоне последствия обработки почвы создаются наиболее благоприятные условия для нитрификационной деятельности. На вариантах размещения озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей с середины вегетации более интенсивно проходил процесс высвобождения легкогидролизуемого азота независимо от различных способов основной обработки почвы, что в конечном итоге сказалось на урожайности и качестве зерна озимой пшеницы.

4.5.2. Динамика подвижных форм фосфора

Для активной жизнедеятельности растительных тканей необходим такой элемент, как фосфор. В репродуктивных органах растений, где происходит интенсивный синтез органического вещества, больше всего накапливается фосфора (также как и азота). Фосфор участвует в образовании и преобразовании углеводов, в синтезе клеточных протеинов как носитель энергии. Некоторые ученые свидетельствуют о замедлении синтеза при недостатке этого элемента (Прянишников Д.Н., 1953; Синягин И.И., 1980) [205, 238].

Фосфор является составной частью нуклеопротеидов, тех сложных белков, которые участвуют в построении клеточного ядра. Для энергетического и углеводного обмена веществ в растениях, для фотосинтеза и синтеза сахарозы необходим фосфор, он входит в состав нуклеиновой кислоты, фосфатидов, фитинов, различных ферментов и витаминов.

Фосфор в почвах находится в органических и минеральных соединениях (Зезюков Н.И., Дедов А.В., 1991) [73], причем эти соединения весьма разнообразны. Из-за большого разнообразия минеральных соединений фосфора и изменения их устойчивости в различных условиях почвенной среды весьма сложно установить роль этого элемента в питании растений, а также разделить формы почвенных фосфатов. Общеизвестно, что наиболее ценными для растений являются подвижные соединения фосфора.

Корневая система растений в естественных фитоценозах поглощает фосфор из нижележащих горизонтов и переносит этот элемент вверх по профилю почвы (Качинский Н.А., 1931; Прянишников Н.Д., 1953; Станков Н.З., 1964) [101, 204, 249]. В среднем в пахотном слое почвы 20-50% от общего количества фосфора содержится в органическом состоянии.

Особое значение для увеличения содержания подвижного фосфора в черноземных почвах имеет биологизация земледелия и основная обработка почвы, так как эти приемы изменяют агрофизические свойства, способствуют усилению биологической активности и переводу фосфора из неподвижных соединений в подвижные формы.

Как показывают полученные результаты, за годы проведения исследований наибольшее количество подвижного фосфора на всех вариантах опыта содержалось в верхнем пахотном слое почвы. С увеличением глубины почвенного профиля как перед посевом озимой пшеницы, так и при уборке количество подвижного фосфора в почве снижалось (табл. 11, приложения 15, 16).

Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см на вариантах с использованием приемов биологизации (сидеральный донниковый пар и кулисно-мульчирующий пар люцерны) ко времени посева озимой пшеницы было меньше, чем при размещении озимой пшеницы по чистому пару: в 2011 г. соответственно на 15,6 и 17,1%, а в 2012 г. – на 13,7 и 22,9%, что объясняется выносом фосфора подземной и надземной биомассой донника и люцерны. В чистом пару, напротив, в течение парования шла мобилизация фосфора из растительных остатков прошлых лет (табл. 12).

Таблица 11 – Содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественника и последствия основной обработки почвы, мг/кг (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	176	123	102	134
		30-50	153	66	48	89
		0-50	171	109	88	123
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	148	132	113	131
		30-50	92	110	90	97
		0-50	134	127	107	123
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	135	114	90	113
		30-50	98	68	56	74
		0-50	126	103	82	103
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-30	170	112	94	125
		30-50	133	77	63	91
		0-50	161	103	86	117
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	141	127	107	125
		30-50	98	103	83	95
		0-50	130	121	101	117
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	137	106	90	111
		30-50	95	76	66	79
		0-50	127	99	84	103
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-30	169	124	101	131
		30-50	135	69	56	87
		0-50	160	110	90	120
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	152	131	116	133
		30-50	100	91	76	89
		0-50	139	121	106	122
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	137	111	91	113
		30-50	91	78	58	76
		0-50	126	103	83	104
НСР ₀₅ частный эффект			25,3-27,5	20,1-22,9	24,0-21,9	-
НСР ₀₅ фактора А			6,5-7,1	5,2-5,9	5,6-6,2	-
НСР ₀₅ фактора Б			6,5-7,1	5,2-5,9	5,6-6,2	-

В среднем к периоду колошения содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей на всех вариантах уменьшалось по сравнению с предыдущим сроком отбора проб, за исключением слоя почвы 0-30 см на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны, где оно было больше, чем в почве варианта чистого пара.

Таблица 12 – Вынос фосфора из почвы озимой пшеницей с урожаем в зависимости от предшественников, кг/га

Предшественники озимой пшеницы	Урожайность озимой пшеницы, т/га		Вынос P ₂ O ₅ с урожаем, кг/га		Вынос P ₂ O ₅ из почвы, кг/га		Вынос P ₂ O ₅ за счет разложения растительных остатков, кг/га	
	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Пар чистый (контроль)	4,3	5,0	39,8	45,7	18,7	16,5	21,1	29,2
Сидеральный пар донника желтого	4,1	5,4	38,1	49,3	7,6	6,2	30,5	43,1
Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	4,0	4,9	36,5	45,5	10,6	9,1	25,9	36,4

Поскольку урожай озимой пшеницы было вынесено в среднем 43 кг/га фосфора (урожайность озимой пшеницы по вариантам предшественников была одинаковой), то в почву чистого пара за счет разложения растительных остатков прошлых лет поступило 25,2 кг/га фосфора, в почву сидерального пара за счет разложения биомассы донника и растительных остатков прошлых лет – 36,8 кг/га и кулисно-мульчирующего пара люцерны – 31,2 кг/га (табл. 12, приложения 22, 23).

В 2012 г. это преимущество составило соответственно 44,5 и 22,7%, а в 2013 г. – 47,6 и 24,7%. Это объясняется тем, что на вариантах с использованием приемов биологизации наряду с потреблением фосфора растениями озимой пшеницы происходила его мобилизация (высвобождение) из биомассы (надземной и подземной) донника и люцерны, а также из растительных остатков прошлых лет – подсолнечника и ячменя.

Ко времени уборки озимой пшеницы больше подвижного фосфора в почве оставалось на вариантах посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны. Следовательно, в период вегетации на варианте чистого пара озимая пшеница использовала подвижный фосфор, накопившийся в период парования и частично за счет разложения растительных остатков прошлых лет. На вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны, напротив, значительный

вынос озимой пшеницей был за счет фосфора, высвобождавшегося из биомассы (надземной и подземной) донника и люцерны.

Оценивая обеспеченность растений озимой пшеницы фосфором, мы рассчитали его содержание в слое почвы 0-30 см во все сроки отбора проб. Наши расчеты показали, что в 2011 г. ко времени посева озимой пшеницы запасы фосфора (P_2O_5) в слое почвы 0-30 см с учетом коэффициента его использования из почвы, равном 7%, были достаточными для получения: на варианте чистого пара – 4,4 т/га зерна озимой пшеницы; на варианте сидерального донникового пара – 3,6 т/га и на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны – 3,5 т/га.

В 2012 г. вынос фосфора с урожаем составил 38 кг/га, при этом его запасы при посеве были достаточными для получения 4,15 т/га зерна озимой пшеницы (таким был урожай зерна на всех вариантах с различными предшественниками).

К фазе колошения запасы фосфора на варианте чистого пара уменьшились на 17 кг/га (30%) по сравнению с посевом, а на варианте сидерального донникового пара – только на 2,4 кг/га (5%), что объясняется высвобождением фосфора при разложении растительных остатков в сидеральном пару. Таким образом, вынос фосфора из почвы биомассой озимой пшеницы, размещенной по сидеральному донниковому пару, был меньше, чем на варианте чистого пара соответственно в 9 раз и в 1,9 раза меньше, чем на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны.

В период от колошения до уборки озимой пшеницы потребление фосфора из почвы растениями озимой пшеницы было практически одинаковым на всех вариантах с различными предшественниками – на уровне 7-9 кг/га.

Таким образом, на варианте чистого пара на создание урожая озимой пшеницы из почвы было израсходовано 17,6 кг/га фосфора, на варианте сидерального донникового пара – 6,9 кг/га, а на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны – 9,9 кг/га фосфора (принимая во внимание, что урожайность озимой пшеницы была практически одинаковой на всех вариантах с различными предшественниками).

4.5.3. Динамика обменного калия

Калий является одним из макроэлементов, необходимых для роста и развития многих сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы. Он оказывает положительное влияние на физическое состояние коллоидов цитоплазмы, активно участвует в процессах обмена веществ в живых клетках. Также он улучшает отток сахаров из листьев в другие более ценные органы растений, положительно влияет на накопление сахара, крахмала, клейковины и других качественных показателей, повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, к различным заболеваниям и к полеганию злаков. От величины запасов калия в почве, степени его подвижности и доступности растениям в значительной степени зависят условия питания растений. Основной причиной потери урожая может стать низкая обеспеченность почв калием (Иваненко Н.К., 1996) [82].

На содержание калия в почве оказывают влияние многие факторы, например, агрофизическое состояние почв, тепловой режим, но самыми важными факторами являются наличие негумифицированных растительных остатков и микробиологическая активность почвы, так как именно эти факторы способствуют переводу калия из недоступных форм в доступные. Кроме того, посев многолетних трав положительно влияет на динамику калия, так как способствует переводу этого элемента из нижележащих слоев в вышележащие.

Как показывают проведенные исследования, наибольшее количество обменного калия (как и подвижного фосфора) за все годы исследований содержалось в верхнем пахотном слое почвы на всех вариантах опыта. С углублением почвенного профиля количество обменного калия уменьшалось (табл. 13, приложения 17, 18). Также проведенные исследования показали, что ко времени посева озимой пшеницы в слое 0-30 см на вариантах с использованием приемов биологизации (посев озимой пшеницы по сидеральному пару и кулисно-мульчирующему пару люцерны) обменного калия содержалось меньше, чем при размещении озимой пшеницы по чистому пару: в 2011 г. – в среднем на

13,3%, а в 2012 г. – соответственно на 11,3 и 18,4%, что объясняется выносом калия (подземной и надземной) донника и люцерны. В чистом пару, напротив, в течение парования шла мобилизация калия из растительных остатков прошлых лет (табл. 14).

Таблица 13 – Содержание обменного калия в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественника и последствия основной обработки почвы, мг/кг (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой почвы, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	213	176	173	187
		30-50	148	118	121	129
		0-50	197	161	160	173
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	176	201	165	180
		30-50	151	152	127	143
		0-50	170	189	155	171
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	156	145	172	158
		30-50	135	109	150	131
		0-50	151	136	166	151
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-30	199	174	168	181
		30-50	141	114	123	126
		0-50	185	159	157	167
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	188	198	181	189
		30-50	146	136	137	140
		0-50	177	182	170	176
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	186	176	183	182
		30-50	137	147	128	137
		0-50	174	169	169	171
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-30	208	181	172	187
		30-50	138	122	145	135
		0-50	190	166	165	174
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	186	192	184	187
		30-50	142	131	149	140
		0-50	175	177	175	176
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	164	179	166	170
		30-50	125	147	121	131
		0-50	154	171	155	160
НСР ₀₅ частный эффект			31,9-37,3	26,8-28,3	17,6-20,5	-
НСР ₀₅ фактора А			8,8-9,6	9,9-7,3	4,5-5,3	-
НСР ₀₅ фактора Б			8,8-9,6	9,9-7,3	4,5-5,3	-

Таблица 14 – Вынос калия из почвы озимой пшеницей с урожаем в зависимости от предшественников, кг/га

Предшественники озимой пшеницы	Вынос K_2O с урожаем, кг/га		Вынос K_2O из почвы, кг/га		Вынос K_2O за счет разложения растительных остатков, кг/га	
	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Пар чистый (контроль)	67,9	78,0	26,3	8,3	41,6	69,8
Сидеральный пар донника желтого	65,1	84,2	15,0	-3,4	50,1	87,6
Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	62,3	77,7	17,9	-6,7	44,4	84,4

В период колошения озимой пшеницы содержание калия на всех вариантах уменьшалось по сравнению с предыдущим сроком, за исключением вариантов сидерального пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны в слое 0-30 см, где его содержание было больше, чем на варианте чистого пара. Поскольку урожаем озимой пшеницей было вынесено в среднем 72,5 кг/га калия (урожайность озимой пшеницы на вариантах с различными предшественниками была одинаковой), то в почву чистого пара за счет разложения растительных остатков прошлых лет поступило 55,7 кг/га калия, в почву варианта сидерального пара за счет разложения биомассы донника и растительных остатков прошлых лет – 67,2 кг/га и в почву варианта кулисно-мульчирующего пара люцерны – 61,1 кг/га калия.

В 2012 г. это преимущество составило соответственно 20,4% и 6,7%, а в 2013 г. – 25,5% и 20,9 %. Это объясняется тем, что на вариантах с приемами биологизации наряду с потреблением калия растениями озимой пшеницы происходила его мобилизация (высвобождение) из биомассы (надземной и подземной) донника и люцерны, а также из растительных остатков прошлых лет – подсолнечника и ячменя.

Ко времени уборки больше обменного калия в почве оставалось на вариантах сидерального пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны. Следовательно, в период вегетации на варианте чистого пара озимая пшеница исполь-

зовала обменный калий, накопившийся в период парования и частично за счет разложения растительных остатков прошлых лет. Напротив, на вариантах сидерального пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны значительный вынос калия озимой пшеницей был за счет калия, высвобождавшегося из биомассы донника и люцерны.

Оценивая обеспеченность растений озимой пшеницы калием, мы рассчитали его содержание в слое почвы 0-30 см во все сроки его определения. Наши расчеты показали, что в 2011 г. ко времени посева озимой пшеницы запасы калия (K_2O) в слое почвы 0-30 см с учетом коэффициента его использования из почвы, равном 8,8%, были достаточными для получения: на варианте чистого пара 4,3 т/га зерна озимой пшеницы, на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны – 3,6 т/га. Учитывая величину выноса калия озимой пшеницей, в среднем равной 72,5 кг/га, определили, что на варианте чистого пара поступление калия за счет разложения растительных остатков прошлых лет составило 55,7 кг/га, на варианте сидерального пара за счет разложения биомассы донника и растительных остатков прошлых лет – 67,2 кг/га и на варианте кулисно-мульчирующего пара люцерны синей – 61,1 кг/га.

В 2012 г. вынос калия с урожаем составил 65,2 кг/га, при этом его запасы при посеве были достаточными для получения 4,15 т/га озимой пшеницы: таким был урожай зерна на всех трех вариантах с различными предшественниками (табл. 14, приложения 24, 25).

В 2013 г. на вариантах с биологическими приемами высвобождение калия из растительных остатков было наибольшим: его не только хватило для создания урожая озимой пшеницы, но небольшая его часть оставалась в почве под будущую культуру (3,4-6,7 кг/га).

К фазе колошения запасы калия в почве на варианте чистого пара уменьшились на 26,3 кг/га (38%) по сравнению с посевом, а на варианте сидерального донникового пара – только на 15,0 кг/га (26%), что объясняется бóльшим высвобождением калия при разложении растительных остатков на

вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны. Таким образом, вынос калия биомассой озимой пшеницы из почвы на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны был меньше, чем вынос из почвы варианта чистого пара – соответственно на 75 и 45%.

В период от колошения до уборки потребление калия из почвы растениями озимой пшеницы было выше в 2012 г. – от 9 до 12 кг/га, тогда как в 2013 г. – на уровне 6 кг/га по всем предшественникам озимой пшеницы.

Таким образом, на создание урожая озимой пшеницы на варианте чистого пара из почвы было расходувано 17,3 кг/га калия. А учитывая, что урожайность зерна озимой пшеницы была одинаковой по всем предшественникам, то растениями озимой пшеницы из почвы на вариантах сидерального донникового пара и кулисно-мульчирующего пара люцерны было взято соответственно 7,5 и 9,0 кг/га обменного калия.

5. УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДородия ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

5.1. Урожай озимой пшеницы при использовании приемов повышения плодородия почвы на фоне последствия основной обработки почвы

Несмотря на большое количество опубликованных работ, в которых ученые на основании результатов проведенных исследований отмечают положительное влияние таких приемов биологизации, как применение сидерального пара и бинарных посевов на урожайность сельскохозяйственных культур (Дудкин В.М., Лобков В.Т., 1990; Тужилин В.М., 1991; Зезюков Н.И. с соавт., 1993, 1999; Новиков В.Ф., 1988; Дедов А.В., 2000; Котлярова О.Г., 2000; Лошаков В.Г. с соавт., 2000; Авдеенко А.П., 2009) [67, 257, 71, 74, 183, 58, 125, 140, 1], в литературе приводятся и другие точки зрения по этому вопросу, согласно которым паровое поле обеспечивает повышение урожайности и в первый год посева озимой пшеницы, и в последующий (Пьяных М.М., 1966; Цивенко И.А., 1969) [210, 267]. Причем положительное влияние парового поля в последующий год проявляется главным образом в отсутствии сорной растительности, а также в повышении влагозапасов (Смирнова С.И., 1976) [245].

Что касается проведенных нами исследований, то урожайность озимой пшеницы, высеваемой по различным предшественникам на фоне обработки почвы, была приблизительно одинаковая в среднем за годы проведения исследований (2012-2013 гг.). Полученные нами экспериментальные данные по урожайности озимой пшеницы представлены в таблице 15 и в приложении 19.

Урожайность озимой пшеницы, высеваемой по различным предшественникам на фоне обработки почвы под подсолнечник, колебалась от 3,94 т/га зерна (вариант посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей в 2012 г.) до 5,49 т/га зерна (вариант посева озимой пшеницы по сидеральному пару донника желтого в 2013 г.)

Таблица 15 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от различных предшественников на фоне последствий основной обработки почвы (2012-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Урожайность, т/га		
		2012 г.	2013 г.	Среднее
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	4,33	5,00	4,66
	Сидеральный пар донника желтого	4,15	5,22	4,69
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	3,98	5,03	4,51
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	4,31	4,94	4,62
	Сидеральный пар донника желтого	4,13	5,38	4,76
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	3,94	4,87	4,41
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	4,33	4,97	4,65
	Сидеральный пар донника желтого	4,16	5,49	4,83
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	3,99	4,94	4,47
НСР ₀₅		0,37	0,45	

В среднем урожайность озимой пшеницы при посеве по сидеральному донниковому пару была выше, чем на других вариантах и составила 4,76 т/га (в среднем по вариантам обработки почвы), тогда как при посеве по чистому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – на 2,0 и 6,0% меньше. Обработка почвы под подсолнечник не оказала существенно заметного влияния на конечный результат.

Показатели урожайности озимой пшеницы значительно изменяются в зависимости от погодно-климатических условий (сумма осадков, температурный режим). Так, в 2013 г. сбор урожая был выше по сравнению с 2012 г. – в среднем на 19%. Такое превышение обусловлено более благоприятными метеорологическими условиями летне-осеннего периода 2012 г., когда с июля по октябрь выпало 387 мм осадков (при 178 мм в предыдущем году), и весеннего периода 2013 г., в мае месяце которого количество выпавших осадков превысило 40 мм (при 19 мм в этом же месяце в 2012 г.).

Поскольку повышенная влажность способствует более активному разложению органической массы, то в 2013 г., который характеризуется как влажный, в опытах отмечено формирование более высокой продуктивности

озимой пшеницы: урожайность на варианте посева по чистому пару, а в 2013 г. и на варианте посева по сидеральному донниковому пару была выше на 0,22-0,52 т/га.

Показатели урожайности озимой пшеницы различаются не только по годам, но и по вариантам. Так, в 2012 г. наибольшая урожайность была получена на варианте посева озимой пшеницы по чистому пару (4,33 т/га) за счет появления полных и дружных всходов (при посеве в сентябре 2011 г. выпало 16 мм осадков при норме 57 мм). На других вариантах урожайность озимой пшеницы была на 0,2-0,3 т/га меньше.

В 2013 г. урожайность зерна озимой пшеницы была достоверно выше на варианте сидерального пара донника желтого, так как выпадение достаточного количества осадков перед посевом озимой пшеницы позволило получить хорошие дружные всходы, а разлагающаяся масса растительных остатков явилась отличным бесперебойным питанием для самих растений. Приемы биологизации способствовали созданию более благоприятных условий для роста и развития растений озимой пшеницы, что объясняется образованием большего количества растительных остатков, которые, разлагаясь в почве, способствовали снижению ее плотности и твердости, улучшению структуры почвы и питательного режима. Все эти факторы в комплексе оказали положительное влияние на продуктивность озимой пшеницы. Что касается показателей урожайности на вариантах посева по чистому пару и по кулисно-мульчирующему пару люцерны, то они были приблизительно одинаковыми. Достоверных данных о влиянии последействия основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы по годам не выявлено.

На основании результатов проведенного исследования нами сделан вывод, что на вариантах с применением биологических приемов по различным предшественникам можно получать более высокую урожайность озимой пшеницы. Кроме того, использование приемов биологизации способствует повышению плодородия чернозема типичного, а также урожайности последующих культур севооборота.

5.2. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов повышения плодородия почвы на фоне последствий основной обработки почвы

Одной из важнейших задач производства зерна является выращивание кондиционного урожая сильной и ценной пшеницы (Арешников Б.А., 1982; Малюга Н.Г., Тарасенко Н.Д., 1982) [11, 151]. При оценке приемов повышения плодородия почвы наряду с количественным изменением урожайности, необходимо иметь сведения по качеству продукции, так как высокие урожаи не всегда коррелируют с хорошим качеством продукции. В сухие годы урожай пшеницы может снижаться, а содержание белка – увеличиваться, во влажные – наоборот. Добившись заметного роста урожайности озимой пшеницы, хозяйства столкнулись с довольно нежелательным фактом резкого снижения содержания белковых веществ в зерне, то есть одного из тех важных для человека питательных продуктов, из-за которого, собственно, и возделывается эта зерновая культура (Калиненко И.Г., 1971) [95].

Современные технологии возделывания озимой пшеницы с использованием рациональных систем удобрения, обеспечивающих оптимизацию питания растений, позволяют практически повсеместно получать высококачественное продовольственное зерно. Для выращивания озимой пшеницы с высоким содержанием белка необходимо оптимизировать, прежде всего, азотное питание растений.

И.Г. Калинин (1971) опубликовал данные о высокой эффективности чистых паров, но в то же время отмечал, что этот предшественник не всегда является лучшим, особенно во влажные годы. Только в засушливые годы, когда у сортов пшеницы с тонкой, непрочной соломиной полегание проявляется слабо или его совсем нет, они дают при посеве по парам более высокий урожай и лучшее по качеству зерно, чем в посевах по непаровым предшественникам. Зернобобовые (горох, чина) как предшественники озимой пшеницы по своему значению близки к такому предшественнику, как кукуруза на силос. Отмечая, что черный пар гарантирует ежегодное выращивание максимальных

урожаев наилучшего по качеству зерна, И.Г. Калинин делал немаловажное уточнение, что черный пар будет лучшим предшественником озимой пшеницы во всех почвенно-климатических зонах с недостаточным увлажнением, только если этот пар хорошо обрабатывается и удобряется [95].

Многолетние травы, бобовые сидераты являются особенно ценным зеленым удобрением. Мощная корневая система бобовых глубоко проникает в почву и способна усваивать питательные элементы из труднодоступных минеральных соединений, а также обогащают пахотный слой подвижным фосфором и обменным калием.

В настоящее время необходим комплексный подход к оценке агроприемов, влияющих как на количество, так и на качество продукции. В ходе выполнения исследований решалась задача выявления влияния приемов биологизации и последствий основной обработки почвы не только на количество (урожайность), но и на качество зерна озимой пшеницы (табл. 16, приложения 20, 21).

Таблица 16 – Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников и последствий основной обработки почвы (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Число падения, сек.	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	174	11,1	24,6	107
	Сидеральный пар донника желтого	178	11,6	24,9	101
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	194	12,6	27,4	95
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	167	10,9	24,2	109
	Сидеральный пар донника желтого	177	11,6	25,6	100
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	190	12,3	27	93
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	170	10,9	24,5	107
	Сидеральный пар донника желтого	183	11,7	26	98
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	192	12,5	27,1	94
НСР ₀₅		13,04-16,17	0,47-0,53	1,04-1,12	9,6-11,8

Результаты проведенных исследований показывают, что посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны (бинарный посев подсолнечника с люцерной как предшественник озимой пшеницы) способствует повышению качества зерна этой культуры, а именно: содержание белка повышается на 12-15%, клейковины – на 6-8%, ИДК – на 12,6%, число падения – на 10% по отношению к контролю.

Посев озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару также способствовал получению высококачественного зерна, которое относилось к 3-му классу качества. Зерно самого низкого качества (4 класс) получено на варианте чистого пара на фоне основной обработки почвы. Такие результаты полученного зерна озимой пшеницы по качеству обусловлены, вероятнее всего, питательным режимом, так как в период от колошения до уборки на вариантах с применением биологических приемов наблюдалось выделение в почву питательных элементов (азота, фосфора, калия) за счет активного разложения растительных остатков, при этом данное явление в чистом пару отсутствовало.

Влияние последствия основной обработки на качество зерна озимой пшеницы за годы исследований не доказано.

Отмечена разница качества полученного зерна озимой пшеницы по годам, обусловленная, прежде всего, погодными условиями, а также различной урожайностью озимой пшеницы. Так, показатели качества зерна озимой пшеницы на всех вариантах в 2012 г. превышали показатели 2013 г.:

содержание клейковины – на 7-13%;

содержание белка – на 4-8%;

число падения – на 15-25%.

Таким образом, использование приемов биологизации способствует получению более качественного зерна озимой пшеницы, по сравнению с контролем, благодаря повышению плодородия чернозема типичного (повышению содержания органического вещества в почве, улучшению агрофизических свойств почвы и питательного режима и др.).

6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ

6.1. Энергетическая эффективность

Современное сельскохозяйственное производство потребляет значительное количество техногенной энергии. По оценкам многих ученых, доля агропромышленного комплекса в энергобюджете различных стран колеблется от 5 до 28-40%. С каждым годом необходимость увеличения производства сельскохозяйственной продукции приводит к тому, что сельскохозяйственное производство потребляет все больше и больше энергии, хотя рост производства сельскохозяйственной продукции не всегда адекватен росту затрат энергии. Как правило, каждое последующее вложение техногенной энергии в сельскохозяйственное производство окупается все меньшей прибавкой энергии, получаемой с биомассой выращенного урожая (Лысенко Е.Г., 1994) [145].

Проблема использования технической энергии и экономии энергетических ресурсов на Земле тесно связана с защитой окружающей среды от загрязнения, так как различные энергетические установки (производство топлива, удобрений, средств защиты растений и др.) являются основными локальными загрязнителями. Глобальное загрязнение происходит при добыче полезных ископаемых (газа, нефти, угля и др.), которая ведется самыми различными способами и сопровождается загрязнением поверхности почвы отходами добычи, изменением течений внутрипочвенных вод, сооружением больших по площади котлованов и др.

Изменение человеком природных экосистем не должно нарушать сложившиеся природные потоки вещества и энергии сверх экологически допустимых пределов, а также потенциальные способности агроэкосистем к саморегуляции. В земледелии важным является максимальное использование адаптивного потенциала растений с минимальными затратами не возобновляемой энергии.

Согласно закону максимизации энергии, в соперничестве с другими системами выживает та из них, которая использует большее количество энергии и потребляет ее наиболее эффективным образом (Одум Ю.П., 1986) [184].

Агроценоз как система должен иметь не только высокую продуктивность, но и восстанавливать плодородие почвы в процессе функционирования, запасать энергию в виде органического вещества, сохраняя и увеличивая его содержание как основу почвенного плодородия.

В настоящее время увеличение продуктивности посевов при сохранении уровня плодородия почвы возможно за счет поступления дополнительной энергии в процессе функционирования агроценоза, что достижимо только путем накопления органического вещества в почве. Вот почему в современных экономических условиях всем сельхозтоваропроизводителям необходимо проводить анализ энергоемкости производства: соизмерять свои возможности в отношении площадей возделывания сельскохозяйственных культур и имеющихся энергетических ресурсов, давать относительную оценку эффективности применяемых технологий, изыскивать менее энергоемкие технологические приемы и рациональные технологии возделывания. Успешно ведущий свои дела производитель максимизирует приток энергии и получает больше продукции.

Технологический процесс производства сельскохозяйственной продукции оценивается системой различных показателей, сравнение которых часто затруднено из-за различных единиц измерения. В анализах часто применяются стоимостные показатели, но такие данные в настоящее время не имеют смысла, так как нет установившихся цен на затратные показатели и получаемую продукцию (из-за постоянного роста цен, начавшегося после экономических реформ 1990-х годов прошлого столетия в РФ).

В сельском хозяйстве более надежным будет оценка агротехнических мероприятий в единых энергетических критериях, которые позволяют более объективно анализировать эффективность производства сельскохозяйственной продукции.

В круг задач диссертационного исследования входило определение энергетической и экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в различных звеньях севооборота в зависимости от изучаемых факторов с учетом плодородия почвы (по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей и сидеральному пару донника желтого на фоне различных приемов последствия основной обработки почвы).

В ходе проведения исследований определяли энергетическую эффективность изучаемых приемов биологизации на фоне различных обработок почвы в соответствии с методическими указаниями, предложенными сотрудниками кафедры земледелия Воронежского госагроуниверситета (Зезюков Н.И. с соавт., 1993) [71].

Энергетическая эффективность рассчитывалась как отношение энергии биомассы полученного урожая к совокупной энергии, затраченной на производство сельскохозяйственной продукции, так как основной статьей расхода всех элементов питания является вынос их урожаем культур севооборота (рассчитывается как произведение показателя выноса одной тонной продукции с учетом побочной на проектную урожайность культур севооборота).

Расчет затрат энергии проводили по каждой операции согласно базовым технологическим картам, в которых отражали полный перечень работ при возделывании озимой пшеницы, состав агрегатов, нормы выработки за смену, расход топлива, семян, удобрений и др.

Как показали результаты проведенных исследований, урожайность озимой пшеницы и затраты техногенной энергии зависели от комплекса приемов повышения плодородия чернозема типичного (табл. 17). Использование приемов биологизации сопровождалось значительным снижением энергозатрат по сравнению с контрольным вариантом (пар чистый), что связано прежде всего с уменьшением затрат энергии на обработку почвы, так как на долю обработки почвы приходится самые значительные энергетические затраты (30-40%).

Как видно из данных таблицы 17, наименьшими затраты совокупной энергии были на варианте посева озимой пшеницы по бинарному посеву пред-

шественника (подсолнечника) с люцерной синей на фоне обработки почвы – 2,97-3,06 ГДж/га, более высокими – на варианте посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару – 3,5-3,67 ГДж/га и максимальными – на варианте посева по чистому пару – 25,03-25,43 ГДж/га. Такое повышение затрат связано с отрицательным балансом гумуса на варианте с чистым паром, на восполнение которого требуется большее количество энергии.

Таблица 17 – Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в различных звеньях севооборота в зависимости от изучаемых факторов с учетом плодородия почвы (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Выход энергии с биомассой урожая, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, К
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	25,43	12,52	0,49
	Сидеральный пар донника желтого	3,50	20,57	5,88
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	3,06	20,43	6,68
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	25,03	12,28	0,49
	Сидеральный пар донника желтого	3,69	20,56	5,57
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	2,97	19,81	6,67
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	25,24	12,45	0,49
	Сидеральный пар донника желтого	3,67	21,18	5,77
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	3,00	20,21	6,74

Наряду с совокупными затратами энергии на производство сельскохозяйственной продукции в результате производственной деятельности мы получаем определенный урожай сельскохозяйственных культур, который оценивается как выход энергии с урожаем в ГДж/га и зависит от биомассы собранного урожая. Выход энергии с урожаем намного выше на вариантах с использованием приемов биологизации за счет получения положительного баланса гумуса на этих

вариантах. Максимальный выход энергии с биомассой урожая был получен на варианте посева озимой пшеницы по сидеральному пару донника желтого на фоне различных основных обработок почвы – 20,57-21,18 ГДж/га, немного меньше – на варианте посева озимой пшеницы по бинарному посеву предшественника (подсолнечника) с люцерной синей – 19,81-20,43 ГДж/га (за счет энергии разложения массы люцерны). Минимальным этот показатель был на варианте посева озимой пшеницы по чистому пару – 12,28-12,52 ГДж/га.

Коэффициент энергетической эффективности является критерием биоэнергетической оценки изучаемых приемов. Он рассчитывается как отношение выхода энергии из продукции к затратам совокупной энергии на возделывание сельскохозяйственной культуры. Если этот коэффициент меньше 1, то энергетическая эффективность отсутствует, если находится в интервале 1-3 – энергетическая эффективность низкая, в интервале 3-5 – средняя, 5-10 – высокая (Зезюков Н.И. с соавт., 1993) [71].

Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в опыте оценивается как низкая и высокая. Высокий коэффициент энергетической эффективности (5,57-6,74) был получен на вариантах с использованием приемов биологизации за счет большего связывания энергии с урожаем. Самым низким коэффициент энергетической эффективности был на варианте возделывания озимой пшеницы по чистому пару и составил в среднем в зависимости от фона различной обработки почвы 0,49.

Таким образом, как показали результаты проведенных исследований, использование биологических приемов воспроизводства почвенного плодородия (возделывание озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей или по сидеральному донниковому пару) на фоне минимализации обработки почвы (замена вспашки дискованием или плоскорезной обработкой) обеспечивает не только высокую энергетическую эффективность возделывания озимой пшеницы, но и способствует оптимизации содержания органического вещества в почве, что является основой биологизации земледелия в условиях Центрально-Черноземного района.

6.2. Экономическая эффективность

В Центрально-Черноземном районе в сельскохозяйственном производстве одной из ведущих культур является озимая пшеница, от эффективности возделывания которой, главным образом, зависит финансовое состояние сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Поскольку на обработку почвы и удобрения приходится около 40% всех энергозатрат в растениеводстве, необходим поиск таких способов обработки почвы и видов удобрений, позволяющих экономить энергию (средства производства, топливо, затраты живого труда).

Интенсивная система земледелия предусматривает увеличение урожайности возделываемых культур при сокращении материальных затрат на их производство, иными словами получение значительной прибавки урожая с минимальными затратами труда и средств на единицу продукции. Рост урожайности сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почвы обеспечиваются за счет рационального применения удобрений, эффективность которых в различных условиях производства будет не одинаковой.

В условиях рынка эффективность производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности зависит от складывающегося уровня цен на основные средства производства, сырье, материалы, ресурсы, электроэнергию, горючее, сельскохозяйственную продукцию и др. Любую технологию возделывания той или иной культуры необходимо оценивать с учетом системы экономических показателей – себестоимости, уровня рентабельности, прибыли.

Экономическая эффективность представляет собой количественное соотношение двух величин – результатов хозяйственной деятельности и совокупных производственных затрат. Сущность проблемы повышения экономической эффективности заключается в поиске возможностей увеличения экономических результатов на каждую единицу затрат в процессе использования имеющихся ресурсов.

Рентабельность – это показатель, определяемый как отношение величины валовой прибыли к себестоимости продукции, предназначенный для оценки финансово-хозяйственной деятельности любого товаропроизводителя, так как отражает степень прибыльности его деятельности. Показатель рентабельности более полно, чем прибыль характеризует окончательные результаты хозяйствования, потому что отражает соотношение эффекта с вложенным капиталом и/или потребленными ресурсами.

В системе экономических показателей рентабельность производства рассчитывается как отношение прибыли к производственным затратам и выражается в процентах.

Для расчета экономической эффективности различных приемов повышения плодородия почвы мы использовали данные типовых технологических карт на возделывание и уборку озимой пшеницы в Воронежской области с учетом затрат на проведение агротехники в предшествующем поле. Данные, отражающие экономическую эффективность выращивания озимой пшеницы в зависимости от используемых приемов возделывания, представлены в таблице 18.

Самыми высокими материально-денежные затраты на 1 га были на контрольном варианте – 17913 руб./га, несколько ниже на вариантах использования биологических приемов и варьировали от 16352 до 17559 руб./га.

Наибольшая прибыль и наименьшая себестоимость были получены на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны на фоне различных обработок почвы – в среднем от 15178-15776 руб./га и 3500-3560 руб./т, на варианте посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару прибыль и себестоимость 1 тонны продукции колебалась от 15413 до 16251 руб. и от 3640 до 3710 руб., что на 60-130 руб. меньше, чем на контроле. Бóльшая стоимость основной продукции получена на варианте посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару на фоне различных обработок почвы и составила 32830-33810 руб./га, что на 210-1190 руб./га превышает показатели контрольного варианта.

Таблица 18 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы при использовании приемов повышения плодородия чернозема типичного (2011-2013 гг.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	Производственные затраты на 1 га, руб.	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Прибыль, руб.	Уровень рентабельности, %
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	32620	17913	3850	14709	82,1
	Сидеральный пар донника желтого	32830	17417	3710	15413	88,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	31570	16453	3650	15117	91,9
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	32340	17872	3870	14468	81,0
	Сидеральный пар донника желтого	33320	17488	3670	15832	90,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	30870	16352	3710	14518	88,8
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	32550	17903	3850	14648	81,8
	Сидеральный пар донника желтого	33810	17559	3640	16251	92,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	31290	16413	3670	14877	90,7

Данные, приведенные в таблице 18, показывают, что наиболее рентабельной является технология на вариантах с использованием биологических приемов (посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны и по сидеральному донниковому пару) – 88,8-92,6% в зависимости от приемов обработки почвы под подсолнечник, в то время как на варианте с чистым паром рентабельность составила 81,0-82,1% (ниже на 9-11%). Влияние обработки почвы на рентабельность производства озимой пшеницы было незначительным.

Таким образом, за годы исследований наибольший чистый доход при высоком уровне рентабельности был получен на вариантах использования биологических приемов на фоне различных обработок почвы.

ВЫВОДЫ

1. Масса растительных остатков в слое 0-50 см перед посевом озимой пшеницы по чистому пару составляла 4,0-4,5 т/га. При посеве озимой пшеницы по сидеральному донниковому и кулисно-мульчирующему пару люцерны содержание свежего органического вещества на этих вариантах увеличилось соответственно до 7,6-8,0 и 6,5 т/га.

К уборке озимой пшеницы масса негумифицированных растительных остатков на всех вариантах опыта увеличивалась: в почве варианта чистого пара – до 5,3 т/га, сидерального донникового – до 9,5 т/га, кулисно-мульчирующего пара люцерны – до 7,4 т/га.

2. Масса детрита в пахотном слое почвы под озимой пшеницей зависела от приема основной обработки почвы, удобрений, периода вегетации и гидро-термических условий года.

В период от посева озимой пшеницы к уборке на всех вариантах опыта в пахотном слое почвы наблюдалось увеличение содержания детрита: на варианте сидерального донникового пара – на 0,217%, кулисно-мульчирующего пара люцерны – на 0,177% и чистого пара – на 0,147%.

Наибольшее увеличение массы детрита отмечено на фоне последствия вспашки и плоскорезной обработки на глубину 20-22 см.

По годам исследований показатели содержания детрита в 2012 г. превышали показатели 2013 г.

3. Структурное состояние почвы в опыте в большей степени зависело от предшественников озимой пшеницы и в меньшей – от основной обработки почвы под подсолнечник. Посев озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны способствовал увеличению количества структурных агрегатов при воздушно-сухом просеве до 81,5%. На вариантах посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому и чистому парам структурных агрегатов было меньше соответственно на 9 и 15%. В то же время уменьшилось содержание глыбистых агрегатов > 10 мм: в почве чистого пара их было 26,1%, а в почве на

вариантах посева по сидеральному донниковому пару и кулисно-мульчирующему пару люцерны – меньше соответственно на 13,5 и 43,3%. Количество агрегатов < 0,25 мм практически было одинаковым в почве всех вариантов.

Коэффициент структурности на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны составил 4,4, а по сидеральному донниковому и чистому парам – на 36 и 48% меньше. При посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны содержание водопрочных агрегатов в почве было самым высоким – 59,6%, по сидеральному донниковому и чистому парам – соответственно 55,5 и 52,8%. К уборке озимой пшеницы количество структурных агрегатов повысилось в почве всех вариантов и по всем слоям при сохранении тех же соотношений, что и при посеве.

4. Перед посевом озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны в слое 0-20 см плотность почвы была меньше по сравнению с вариантами посева по сидеральному донниковому и чистому парам соответственно на 0,5 и 0,9 кг/см³.

За период вегетации озимой пшеницы плотность почвы повысилась и к уборке на варианте чистого пара составила 1,25 г/см³, а сидерального донникового и кулисно-мульчирующего пара люцерны – соответственно 1,22 и 1,20 г/см³.

5. На твердость почвы в опыте оказывали влияние предшественники озимой пшеницы, последствие обработки почвы, гидротермические условия опыта. Приемы биологизации способствовали уменьшению твердости почвы в слое 0-25 см по сравнению с чистым паром на 8-27%. На всех вариантах опыта и по всем слоям показатели твердости почвы в 2013 г. превышали показатели 2012 г. на 45-60%.

6. Во все годы исследований перед посевом озимой пшеницы запасы доступной влаги в слое почвы 0-30 см были достаточными для получения своевременных и полных всходов озимой пшеницы (27-30 мм).

Запасы влаги в период колошения и уборки озимой пшеницы в верхних слоях почвы (до 50 см) зависели от количества выпадающих осадков в весенне-летний период, а в более глубоких слоях почвы (50-100 см) – от величины весеннего запаса влаги. Так, в фазе колошения озимой пшеницы в метровом слое почвы на вариантах чистого, сидерального донникового и кулисно-мульчирующего паров содержалось соответственно 100,7; 78,0 и 66,1 мм влаги, а перед уборкой – 73,8; 56,2 и 50,0 мм.

7. Применение биологических приемов способствовало более рациональному использованию почвенной влаги. Для формирования одной тонны сухого вещества в звене «предшественник – озимая пшеница» на варианте посева озимой пшеницы по чистому пару расход влаги составил 74,8 мм, на варианте посева по сидеральному донниковому пару – 52,4 мм и на варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны – 47,2 мм.

8. Во время посева озимой пшеницы обеспеченность почвы азотом была выше в почве чистого пара. В течение вегетации озимой пшеницы на вариантах сидерального донникового и чистого пара содержание легкогидролизуемого азота в слое 0-50 см повысилось и составило соответственно 136,8 и 145,0 мг/кг, а во влажных условиях 2013 г. посев по сидеральному донниковому пару способствовал увеличению содержания азота на 9,2%. На варианте посева озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей показатель содержания легкогидролизуемого азота был ниже по сравнению с контролем на 17,9 мг/кг.

9. Озимая пшеница, размещенная по чистому пару, использовала подвижный фосфор и обменный калий, накопившиеся в период парования и частично за счет разложения растительных остатков прошлых лет. На вариантах посева озимой пшеницы по сидеральному донниковому и кулисно-мульчирующему пару люцерны значительный вынос фосфора и калия озимой пшеницей был за счет фосфора и калия, высвобождающихся из биомассы донника и люцерны.

Вынос фосфора и калия из почвы с урожаем зерна озимой пшеницы, посеянной по чистому пару, составил соответственно 17,6 и 17,3 кг/га, по сидеральному донниковому пару – 6,9 и 5,8 кг/га и по кулисно-мульчирующему пару люцерны – 9,9 и 5,6 кг/га.

10. Урожайность озимой пшеницы в среднем за годы исследований на всех вариантах опыта была примерно одинаковой – от 4,46 до 4,76 т/га.

Урожай зерна озимой пшеницы на всех вариантах в 2013 г. был больше, чем в 2012 г. в среднем на 23%.

Последствие приемов основной обработки почвы не оказало существенного влияния на урожайность озимой пшеницы.

11. Качество зерна озимой пшеницы зависело от предшественников и гидротермических условий года. Кулисно-мульчирующий пар люцерны способствовал повышению качества зерна озимой пшеницы. Содержание белка на этом варианте увеличилось по сравнению с контролем на 12-15%, клейковины – на 6-8%, ИДК – на 12,6%, число падения – на 10%. Посев озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару также способствовал получению зерна высокого третьего класса качества.

Показатели качества зерна озимой пшеницы в 2012 г. на всех вариантах опыта превышали показатели 2013 г.: содержание клейковины было выше на 7-13%, белка – на 4-8%, число падения – на 15-25%.

12. Расчет энергетической эффективности показал, что при посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны синей коэффициент энергетической эффективности составил 6,67-6,74, тогда как при посеве озимой пшеницы по сидеральному донниковому пару коэффициент энергетической эффективности составил 5,57-5,88.

Самый низкий коэффициент энергетической эффективности был при посеве озимой пшеницы по чистому пару – 0,49.

13. Самый высокий уровень рентабельности технологии выращивания озимой пшеницы был на вариантах с использованием биологических приемов. Так, рентабельность производства при посеве озимой пшеницы по чистому пару была на уровне 81,0-82,1%.

При посеве озимой пшеницы по кулисно-мульчирующему пару люцерны и сидеральному донниковому пару уровень рентабельности повышается соответственно до 88,8-91,9 и 88,5-92,6% (в зависимости от последствий обработки почвы).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для поддержания и повышения уровня плодородия чернозема типичного при интенсивном ведении сельского хозяйства необходимо использовать биологические приемы, способствующие увеличению поступления в почву растительных остатков, что обуславливает:

- улучшение структуры почвы и ее водопрочности;
- снижение твердости почвы;
- рациональный расход накопленной почвенной влаги и влаги выпадающих осадков;
- повышение содержания основных элементов питания растений в почве;
- получение высокого и качественного урожая зерна озимой пшеницы.

В этих целях на черноземе типичном рекомендуем использовать в качестве предшественников озимой пшеницы кулисно-мульчирующий люцерновый и сидеральный донниковый пары.

Предлагается следующая схема севооборота.

1. Пар (кулисно-мульчирующий, сидеральный, чистый).
2. Озимая пшеница.
3. Ячмень.
4. Подсолнечник 1/2 + кукуруза 1/2 с подсевом многолетних трав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеенко, А.П. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов и разработка элементов биологизации системы земледелия в степной зоне Северного Кавказа [Текст] : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.09; 06.01.01 / А.П. Авдеенко. – п. Персиановский : Дон. гос. аграр. ун-т, 2009. – 45 с.
2. Аверьянов, Г.Д. Дифференцировать обработку почвы под горох [Текст] / Г.Д. Аверьянов, М.С. Матюшин, В.Ф. Кирдин // Земледелие. – 1979. – № 4. – С. 32-33.
3. Агрэкологическое состояние черноземов ЦЧО : науч.-практ. издание [Текст] / А.П. Щербаков, И.И. Васенев (ред.). – Курск : Изд-во ВНИИ Земледелия и защиты почв от эрозии, 1996. – 327 с.
4. Адерихин, П.Г. Физико-химические свойства почв и их плодородие [Текст] / П.Г. Адерихин (ред.). – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1981. – С. 124 с.
5. Акентьева, Л.И. Почвозащитная обработка и использование влаги на черноземах [Текст] / Л.И. Акентьева, М.С. Чижова // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 36-38.
6. Александрова, Л.Н. Изучение процессов гумификации растительных остатков и природы новообразованных гумусовых кислот [Текст] / Л.Н. Александрова // Почвоведение. – 1972. – № 7. – С. 37-45.
7. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации [Текст] / Л.Н. Александрова. – Ленинград : Наука (Ленингр. отд-ние), 1980. – 287 с.
8. Александрова, Л.Н. Особенности формирования гумусового горизонта в пахотных дерново-подзолистых почвах и оптимальное содержание гумуса в них [Текст] / Л.Н. Александрова // Гумус и азот в почвообразовании и земледелии в Нечерноземной зоне Российской Федерации. – Ленинград, 1983. – С. 3-10.
9. Алексеев, Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе [Текст] / Е.К. Алексеев. – Москва : Сельхозгиз, 1959. – 279 с.

10. Алов, А.С. Структура почвы как фактор плодородия [Текст] / А.С. Алов. – Москва : Изд-во Министерства сельского хозяйства РСФСР, 1960. – 128 с.
11. Арешников, Б.А. Вредная черепашка и меры борьбы с ней [Текст] / Б.А. Арешников, С.П. Старостин. – Москва : Колос, 1982. – 288 с.
12. Ахметов, Ш.И. Опыт минимализации обработки почвы – в Мордовии [Текст] / Ш.И. Ахметов, К.А. Костров, Р.М. Балабаева, Н.В. Смолин // Земледелие. – 1990. – № 2. – С. 63-65.
13. Балаев, П.М. Изменение некоторых агрофизических свойств пахотного слоя суглинистых дерново-подзолистых почв при окультуривании и углублении [Текст] / П.М. Балаев, А.И. Бобровский, О.А. Раскутан // Изв. ТСХА. – 1974. – Вып. 4. – С. 36-39.
14. Барсуков, Л.Н. Изменение условий плодородия в различных прослойках пахотного слоя в зависимости от обработки [Текст] / Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская // Почвоведение. – 1953. – № 2. – С. 18-27.
15. Безуглова, О.С. Гумусное состояние почв юга России [Текст] / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону : изд-во СКНЦВШ, 2001. – 228 с.
16. Беляев, В.Е. Влияние сидерального пара на продуктивность звена севооборота с сахарной свеклой на типичном черноземе юго-востока Тамбовской области [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В.Е. Беляев. – Мичуринск, 2002. – 140 с.
17. Берестецкий, О.А. Биологические факторы повышения плодородия почв [Текст] / О.А. Берестецкий // Вестник с.-х. науки. – 1986. – № 3. – С. 29-38.
18. Берестецкий, О.А. Фунгистатический потенциал почвы в связи с ее биогенностью [Текст] / О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, А.К. Труфанова // Микология и фитопатология. – 1986. – Т. 20. – № 5. – С. 386-391.
19. Берзин, А.М. Влияние различных систем удобрения в зернопропашном севообороте на агрофизические свойства выщелоченного чернозема и урожайность сельскохозяйственных культур [Текст] / А.М. Берзин, Ю.Н. Синихин, В.А. Полосина // Изв. ТСХА. – 2000. – Вып. 1. – С. 23-35.

20. Берзин, А.М. Действие и последствие сидеральных паров на урожайность зерновых в условиях Красноярской лесостепи [Текст] / А.М. Берзин, В.И. Михайлина. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
21. Берзин, А.М. Использование зеленых удобрений в Красноярском крае [Текст] / А.М. Берзин, А.А. Шпедт // Агрохимия. – 2001. – № 5. – С. 27-32.
22. Благовещенская, З.К. Сидераты в современном земледелии [Текст] / З.К. Благовещенская, Т.А. Тришина // Земледелие. – 1987. – № 5. – С. 36-37.
23. Бойко, А.В. Травопольные севообороты в лесостепном Поволжье [Текст] / А.В. Бойко, В.С. Епифанов, Л.Е. Вельмисева // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 13-15.
24. Болотов, А.Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике [Текст] / А.Т. Болотов. – Москва : Изд-во Московского общ-ва испытателей природы, 1952. – 524 с.
25. Бондарев, А.Г. Проблема деградации физических свойств почв России и пути ее преодоления [Текст] / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1126-1131.
26. Бондарев, А.Г. Проблема регулирования физических свойств почв в интенсивном земледелии [Текст] / А.Г. Бондарев // Почвоведение. – 1988. – № 9. – С. 64-70.
27. Бондарева, В.Ю. Совершенствование почвозащитного земледелия на черноземах (на примере европейской части СССР) : обзорная информация [Текст] / В.Ю. Бондарева, Л.Я. Мильчевская. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1989. – 49 с.
28. Бондаренко, Н.Ф. Физические основы мелиораций почв [Текст] / Н.Ф. Бондаренко. – Ленинград : Колос (Ленингр. отд-ние), 1975. – 258 с.
29. Буренок, В.П. Плодородие и влагообеспеченность почвы при почвозащитных системах земледелия [Текст] / В.П. Буренок, Л.А. Язева, Т.П. Кукшенева // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 39-40.
30. Буров, Д.И. Агротехнические требования к обработке почвы [Текст] / Д.И. Буров. – Куйбышев : Куйбышевское кн. изд-во, 1960. – 120 с.

31. Бялый, А.М. Водный режим в севооборотах на черноземных почвах Юго-Востока [Текст] / А.М. Бялый. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. – 232 с.

32. Ванин, Д.Е. Влияние основной обработки почвы на урожайность и засоренность посевов [Текст] / Д.Е. Ванин, А.В. Тарасов, Н.Ф. Михайлова // Земледелие. – 1985. – № 3. – С. 7-10.

33. Васильев, В.П. Возможность минимализации обработки на черноземных почвах Среднего Заволжья [Текст] / В.П. Васильев, И.А. Чуданов // Агрохимические и биологические основы возделывания сельскохозяйственных культур в Куйбышевской области. – Куйбышев, 1984. – С. 28-35.

34. Васютин, М.М. Новое в технологии обработки почвы – на Кубани [Текст] / М.М. Васютин, М.С. Стручалин, Ю.А. Харченко // Земледелие. – 1989. – № 11. – С. 48.

35. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее формирования [Текст] / П.В. Вершинин. – Москва - Ленинград : Изд-во АН СССР, 1958. – 188 с.

36. 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.

37. Вильямс, В.Р. Травопольная система земледелия. Избр. труды [Текст] / В.Р. Вильямс. – Москва : Сельхозгиз, 1949. – 495 с.

38. Витер, А.Ф. Влияние обработки почвы и удобрений на количество гумуса и плодородие черноземов [Текст] / А.Ф. Витер // Интенсивное земледелие и пути повышения плодородия почв в Центрально-Черноземной зоне. – Каменная Степь, 1982. – С. 3-12.

39. Витер, А.Ф. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия [Текст] / А.Ф. Витер, Н.Я. Кутовая // Сб. науч. тр. Воронеж. науч. исслед. ин-та сельского хоз-ва им. В.В. Докучаева. – Воронеж : Истоки, 2011. – 207 с.

40. Волокитин, М.П. Оценка деградации некоторых агрофизических пока-

зателей почв [Текст] / М.П. Волокитин, К.Ю. Хан, Б.К. Сон, Б.Н. Золотарева // Почвоведение. – 1997. – № 1. – С. 57-64.

41. Воробьев, С.А. Основы полевых севооборотов (применительно к Нечерноземной зоне) [Текст] / С.А. Воробьев. – Москва : Колос, 1968. – 200 с.

42. Воронин, А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв [Текст] / А.Д. Воронин. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 204 с.

43. Воронкова, Н.А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве [Текст] / Н.А. Воронкова // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 11-12.

44. Вострухин, Н.П. Продуктивность культур полевого севооборота [Текст] / Н.П. Вострухин, Т.И. Голенкова, М.А. Баталина и др. – Минск, 1990. – 200 с.

45. Вострухин, Н. Справочник свекловода [Текст] / Н. Вострухин, Н. Вострухина, И. Фолитар. – Минск : Урожай, 1969. – 240 с.

46. Гаврилов, А.М. Повышение продуктивности промежуточных культур [Текст] / А.М. Гаврилов. – Москва : Россельхозиздат, 1985. – 190 с.

47. Гаврилов, А.М. Промежуточные культуры (выращивание двух урожаев в год) [Текст] / А.М. Гаврилов. – Москва : Колос, 1965. – 343 с.

48. Гаджибрагимов, З.А. Влияние пожнивного зеленого удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность специализированных зерновых севооборотов [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / З.А. Гаджибрагимов. – Москва : Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, 1989. – 22 с.

49. Гедройц, К.К. Коллоидная химия в вопросах почвоведения (в рамках публикации статей ученых, оказавших большое влияние на развитие почвоведения [Текст] / К.К. Гедройц // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1061-1067.

50. Гедройц, К.К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. Статьи и материалы по опытам на Долгопрудном опытном поле [Текст] / К.К. Гедройц ; под общ. ред. Ф.Н. Германова. – Москва; Ленинград : Сельхозгиз, 1935. – 338 с.

51. Гедройц, К.К. Учение о поглотительной способности почв [Текст] / К.К. Гедройц. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : Сельхозгиз, 1933. – 207 с.

52. Гонет, З. Разработка моделей и оптимизация параметров плодородия почв в Польше [Текст] / З. Гонет, Э. Слюсарчик // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1989. – Вып. 53. – С. 17-19.

53. Грицай, А.Д. Дифференциация пахотного слоя в зависимости от обработки почвы [Текст] / А.Д. Грицай, Н.В. Коломиец // Земледелие. – 1981. – № 8. – С. 15-17.

54. Гродзинский, А.М. Аллелопатия и почвоутомление : избранные труды АН УССР. Центр. респ. бот. сад [Текст] / А.М. Гродзинский. – Киев : Наукова думка, 1991. – 432 с.

55. Гумматов, Н.Г. Изменение структурно-агрегатного состава серой лесной почвы под озимой пшеницей [Текст] / Н.Г. Гумматов, Я.М. Паченский // Вестник Московского университета. Серия 17. – 1994. – Вып. 1. – С. 20-25.

56. Дальский, П.И. Значение послойной обработки почвы в системе травопольных севооборотов [Текст] / П.И. Дальский // Соц. зерновое хозяйство. – 1940. – № 3. – С. 16-17.

57. Данилов, Г.Г. Повышение плодородия серых лесных почв [Текст] / Г.Г. Данилов, И.Ф. Каргин. – Москва : Россельхозиздат, 1969. – 79 с.

58. 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 : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2000. – 39 с.

59. Дедов, А.В. Земледелие Центрально-Черноземной зоны с основами почвоведения и агрохимии : учеб. пособие [Текст] / А.В. Дедов. – Воронеж : ВГАУ, 2008. – 292 с.

60. Дедов, А.В. Органическое вещество почвы и его регулирование в Центральном Черноземье [Текст] / А.В. Дедов ; под ред. В.А. Федотова. – Воронеж : ВГАУ, 1999. – 202 с.

61. Довбан, К.И. Сидерация в интенсивном земледелии : обзорная информация [Текст] / К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бардинов. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1992. – 68 с.

62. Докучаев, В.В. Статьи и доклады по изучению чернозема. Картогра-

фия русских почв : Собр. соч. Т. 2 [Текст] / В.В. Докучаев. – Москва : Изд-во АН СССР, 1950. – 608 с.

63. Долгов, С.И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений [Текст] / С.И. Долгов. – Москва : Изд-во АН СССР, 1948. – 205 с.

64. Долгов, С.И. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы [Текст] / С.И. Долгов, С.А. Модина // Теоретические вопросы обработки почвы. – Ленинград : Изд-во Гидрометеиздат. – 1969. – Вып. 2. – С. 54-64.

65. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник [Текст] / Б.А. Доспехов. – 6-е изд., стер., перепечатка с 5 изд. – Москва : Альянс, 2011. – 352 с.

66. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию [Текст] / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 382 с.

67. Дудкин, В.М. Биологизация земледелия: основные направления [Текст] / В.М. Дудкин, В.Т. Лобков // Земледелие. – 1990. – № 11. – С. 43-46.

68. Ефремов, И.Ф. Периодические коллоидные структуры [Текст] / И.Ф. Ефремов. – Ленинград : Химия, 1971. – 192 с.

69. Жученков, К.К. Реакция растений на плотность дерново-подзолистой глееватой почвы [Текст] / К.К. Жученков // Теоретические вопросы обработки почв. – Вып. 2. – Ленинград, 1969. – С. 214-216.

70. Заикин, В.П. Зеленое удобрение – путь биологизации и интенсификации земледелия Нижегородской области [Текст] / В.П. Заикин, В.В. Ивенин, Ф.П. Румянцев, В.Л. Строкин. – Н. Новгород, 1996. – 165 с.

71. Зезюков, Н.И. Методические указания по расчету энергетической эффективности агротехнологий с использованием ПЭВМ [Текст] / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов, Н.И. Придворев. – Воронеж : ВГАУ, 1993. – 45 с.

72. Зезюков, Н.И. Накопление и разложение негумифицированных растительных остатков основных культур [Текст] / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов //

Воспроизводство плодородия черноземов в Центрально-Черноземной зоне. – Воронеж, 1992. – С. 104-111.

73. 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.

74. Зезюков, Н.И. Сохранение и повышение плодородия черноземов [Текст] / Н.И. Зезюков, В.Е. Острецов. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1999. – 312 с.

75. Зеленев, А.В. Агробиологические приемы сохранения плодородия каштановых почв и продуктивность полевых севооборотов в сухостепной зоне Нижнего Поволжья [Текст] : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / А.В. Зеленев. – Волгоград : Волгогр. гос. с.-х. акад., 2009. – 413 с.

76. Зеленский, Н.А. Занятые пары – резерв повышения плодородия почвы [Текст] / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Плодородие почв и управление ее составляющими : тр. ДонГАУ. – п. Персиановский : ДонГАУ, 2002. – С. 106-110.

77. Зеленский, Н.А. Использование многолетних бобовых трав в занятых парах Ростовской области [Текст] / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Материалы науч. конф. ДонГАУ. – п. Персиановский, ДонГАУ, 2000. – С. 49.

78. Зеленский, Н.А. Люцерна изменчивая в бинарных посевах с подсолнечником и озимой пшеницей [Текст] / Н.А. Зеленский, А.П. Авдеенко, А.С. Савинов, М.С. Овчаренко // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 34-35.

79. Зеленский, Н.А. Чистые и занятые пары на Дону [Текст] / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Земледелие. – 1991. – № 9. – С. 52-55.

80. Зеленский, Н.А. Энергосберегающая технология выращивания озимой пшеницы на склоновых землях в Ростовской области [Текст] / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Современные проблемы совершенствования элементов интенсивной технологии выращивания пшеницы в Ростовской области. – п. Персиановский, 1993. – С. 31-36.

81. Зональная система земледелия (на ландшафтной основе) [Текст] / Под ред. А.И. Пупониной. – Москва : Колос, 1995. – 287с.

82. Иваненко, Н.К. Калий в подзолистых почвах Кольского полуострова [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.27 / Н.К. Иваненко. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 1996. – 22 с.

83. Иванов, А. Изучение влияния плотности почвы на ее плодородие и количество недоступной влагой в ней [Текст] / А. Иванов, К. Стойнев // Сб. тр. по агрономической физике. – 1967. – Вып. 14. – С. 193-203.

84. Иванов, А.Ф. Возделывание люцерны в условиях орошения [Текст] / А.Ф. Иванов, Г.А. Медведев. – Москва : Россельхозиздат, 1977. – 112 с.

85. Иванов, А.Ф. Кормопроизводство : учебник [Текст] / А.Ф. Иванов, В.Н. Чурзин, В.И. Филин. – Москва : Колос, 1996. – 400 с.

86. Иванов, П.К. Основная обработка почвы на Юго-востоке [Текст] / П.К. Иванов // Тр. Саратовского с.-х. ин-та. Т. 16. – Саратов : Саратов. СХИ, 1967. – 212 с.

87. Иванов, П.К. Эффективность глубокой вспашки на черноземах в севообороте с многолетними травами [Текст] / П.К. Иванов // Приемы повышения культуры земледелия в степном Заволжье. – Куйбышев, 1973. – С. 57-71.

88. Иванов, П. Плоскорезная обработка почвы в беспаровом севообороте [Текст] / П. Иванов, И. Бикбулатов // Земледелие. – 1975. – № 11. – С. 30-32.

89. Измаильский, А.А. Избранные сочинения [Текст] / А.А. Измаильский. – Москва : Сельхозгиз, 1949. – 335 с.

90. Ильина, Л.В. Использование растительной биомассы для повышения плодородия почв и продуктивности земледелия [Текст] / Л.В. Ильина, Р.Н. Ушаков, Ю.М. Возняковская, Н.П. Аврова // Земледелие. – 1998. – № 6. – С. 42-43.

91. Кабанова, Н.И. Влияние способов и глубины обработки на плодородие чернозема обыкновенного в условиях лесостепи Среднего Заволжья [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Н.И. Кабанова. – Воронеж : Воронеж. с.-х. ин-т им. К.Д. Глинки, 1980. – 19 с.

92. Кадыров, С.В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР : справочник [Текст] / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж : издат.-полиграф. фирма «Воронеж», 2005. – 543 с.

93. Казаков, Г.И. Плотность почвы как один из критериев глубины ее обработки [Текст] / Г.И. Казаков // Прогрессивные системы обработки почвы. – Куйбышев, 1988. – С. 125-130.

94. Калашников, В. Влияние различных способов основной обработки почвы на изменение ее объемного веса и урожай сельскохозяйственных культур [Текст] / В. Калашников, А. Витер // Земледелие. Борьба с эрозией почв. Агролесомелиорация. Садоводство : сб. науч. работ. – Каменная Степь, 1975. – С. 5-12.

95. Калинин, И.Г. Полям юга – сильную пшеницу [Текст] / И.Г. Калинин. – Ростов-на-Дону : Ростовское кн. изд-во, 1971. – 195 с.

96. Картамышев, Н.И. Почвозащитная обработка в севообороте [Текст] / Н.И. Картамышев, В.Д. Муха, И.С. Кочетов // Тез. докл. науч.-техн. совещания в Курске, 24-26 июня 1986 г. – Москва, 1986. – С. 115-117.

97. Картамышев, Н.И. Проблемы переуплотнения почв и пути их решения : учеб. пособие [Текст] / Н.И. Картамышев, А.А. Тарасов. – Курск : Изд-во Курской с.-х. акад., 1997. – 106 с.

98. Кауричев, И.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв [Текст] / И.С. Кауричев, Д.С. Орлов. – Москва : Колос, 1982. – 247 с.

99. Кафарена, В.И. Пищевой режим почвы и плоскорезная обработка [Текст] / В.И. Кафарена, Ю.Ф. Курдюков, И.П. Моторыгин, А.Н. Соснин, А.И. Фирсов, З.М. Азизов // Степные просторы. – 1984. – № 10. – С. 16-18.

100. Качинский, Н.А. Агрономия и почвоведение в Московском университете за 200 лет (1755-1955 гг.). Краткая история [Текст] / Н.А. Качинский. – Москва : Изд-во МГУ, 1970. – 630 с.

101. Качинский, Н.А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений [Текст] / Н.А. Качинский. – Москва : Сельхозгиз, 1931. – 109 с.

102. Качинский, Н.А. Физика почвы : учебник [Текст] / Н.А. Качинский. – Москва : Высшая школа, 1965. – 323 с.

103. Каштанов, А.Н. Земледелию – интенсивное развитие [Текст] / А.Н. Каштанов // Земледелие. – 1985. – № 4. – С. 7-9.
104. Каштанов, А.Н. Почвоводоохранное земледелие [Текст] / А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский. – Москва : Россельхозиздат, 1989. – 462 с.
105. Каштанов, А.Н. Системы земледелия должны стать почвоводоохранными [Текст] / А.Н. Каштанов // Земледелие. – 1983. – № 11. – С. 6-9.
106. Квасников, В.В. В борьбу за влагу для культурных растений [Текст] / В.В. Квасников. – Воронеж : Коммуна, 1934. – 64 с.
107. Кирдин, В.Ф. Биологизация земледелия России [Текст] / В.Ф. Кирдин, Е.К. Саранин // Земледелие. – 1996. – № 6. – С. 2-3.
108. Кирюшин, В.И. Опыт изучения и изменения органического вещества черноземов Северного Казахстана при их сельскохозяйственном использовании [Текст] / В.И. Кирюшин, И.Н. Лебедева // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 128-133.
109. Ковда, В.А. Научные и практические проблемы мелиорации почв [Текст] / В.А. Ковда // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 5-14.
110. Ковда, В.А. Основы учения о почвах: общая теория почвообразовательного процесса. Кн. 1-2 [Текст] / В.А. Ковда. – Москва : Наука, 1973. – Кн. 1. – 447 с.; Кн. 2. – 468 с.
111. Ковда, В.А. Управление продуктивностью экосистем [Текст] / В.А. Ковда // Почвоведение. – 1980. – № 5. – С. 7-20.
112. Коломейченко, В.В. Растениеводство : учебник [Текст] / В.В. Коломейченко. – Москва : Агробизнесцентр, 2007. – 598 с.
113. Коломиец, А.П. Агрофизические основы и пути совершенствования обработки почвы при возделывании сахарной свеклы в лесостепи УССР [Текст] : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / А.П. Коломиец. – Кишинев, 1978. – 41 с.
114. Коломиец, А.П. Особенности возделывания сахарной свеклы на орошаемых землях [Текст] / А.П. Коломиец, А.И. Недашковский, В.П. Ковальчук, С.В. Ильевич. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1989. – 54 с.

115. Комаров, М.И. Возможность минимализации основной обработки каштановых почв в зернопропашном севообороте Заволжья [Текст] / М.И. Комаров, В.Н. Тумасов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – Москва, 1990. – С. 78-84.

116. Кононова, М.М. Важнейшие итоги исследований почвенного гумуса [Текст] / М.М. Кононова // Почвоведение. – 1957. – № 11. – С. 43-61.

117. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения [Текст] / М.М. Кононова. – Москва : Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

118. Королев, А.В. Влияние различного сложения пахотного слоя дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы на продуктивность ячменя и клевера [Текст] / А.В. Королев // Записки Ленинградского СХИ, 1969. – Т. 128. – Вып. 4. – С. 21-24.

119. Королев, В.А. Изменение физических свойств обыкновенных черноземов при сельскохозяйственном использовании [Текст] / В.А. Королев // Стабилизация развития АПК Центрального Черноземья на основе рационального использования природно-ресурсного потенциала. – Воронеж : ВГАУ, 1996. – С. 41-43.

120. Королев, В.А. Изменение физических свойств обыкновенных черноземов Воронежской области при длительном сельскохозяйственном использовании [Текст] / В.А. Королев, В.М. Шевченко, О.И. Прудников // Изменение почв Центрального Черноземья под влиянием антропогенных факторов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1986. – С. 25-35.

121. Корчагин, В.А. Влияние плоскорезной обработки на водный режим почвы, засоренность посевов и урожай сельскохозяйственных культур на обыкновенных черноземах степного Заволжья [Текст] / В.А. Корчагин, И.Г. Карандьев // Плоскорезная обработка почв и борьба с засухой. – Куйбышев, 1975. – С. 36-44.

122. Корчагин, В.А. Специализированные севообороты и энерго-ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных рай-

онах Среднего Заволжья [Текст] / В.А. Корчагин, О.В. Терентьев, В.Г. Новиков. – Самара : Самарский НИИ сел. хоз-ва, 1997. – 36 с.

123. Костычев, П.А. Избранные труды [Текст] / П.А. Костычев. – Москва : Изд-во АН СССР, 1951. – 668 с.

124. Костычев, П.А. О борьбе с засухами посредством обработки полей и накопления на них снега [Текст] / П.А. Костычев. – 7-е изд. – Москва : Мысль, 1914. – 80 с.

125. Котлярова, О.Г. Малозатратные технологии в Белгородской области [Текст] / О.Г. Котлярова // Земледелие. – 2000. – № 5. – С. 4-5.

126. Котлярова, О.Г. Почвозащитная система в интенсивном земледелии Центрально-Черноземной зоны [Текст] / О.Г. Котлярова. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1990. – 161 с.

127. Котлярова, О.Г. Структура почвы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений при возделывании эспарцета [Текст] / О.Г. Котлярова, В.Д. Соловиченко, А.Н. Чернявский, К.Н. Чернявский // Бюл. науч. работ. – Белгород, 2006. – С. 38-41.

128. Котоврасов, И.П. Влияние удобрений и обработки почвы на ее плодородие [Текст] / И.П. Котоврасов, А.С. Кузьменко, И.Д. Примак // Земледелие. – 1984. – № 6. – С. 48-49.

129. Красильников, Н.А. Влияние корневых выделений на развитие азотобактера и других почвенных микроорганизмов [Текст] / Н.А. Красильников // Микробиология. – Вып. 3. – 1934. – С. 343-358.

130. Круть, В.М. Плоскорезная обработка почвы в зернопаровом севообороте на Украине [Текст] / В.М. Круть, Н.Ф. Бенедичук // Земледелие. – 1979. – № 8. – С. 25-27.

131. Круть, В.М. Против засухи и эрозии почвы [Текст] / В.М. Круть, И.А. Пабат, Н.Ф. Бенедичук, В.Ф. Абрамов // Земледелие. – 1980. – № 7. – С. 24-25.

132. Кузина, В.П. Особенности пищевого режима почвы при плоскорезной обработке на обыкновенных черноземах степного Заволжья [Текст] / В.П.

Кузина, В.А. Корчагин // Плоскорезная обработка почвы и борьба с засухой. – Куйбышев, 1972. – С. 45-56.

133. Кузнецова, И.В. Агрофизическая характеристика типичных мощных черноземов Курской области [Текст] / И.В. Кузнецова // Агрофизическая характеристика почв степной и сухостепной зон Европейской части СССР. – Москва : Колос, 1977. – С. 38-52.

134. Кузнецова, И.В. Влияние гранулометрического, минералогического состава и содержания органического вещества на набухание почв [Текст] / И.В. Кузнецова, В.И. Данилова // Почвоведение. – 1991. – № 10. – С. 69-83.

135. Кузнецова, И.В. Устойчивость структурного состояния и сложения почв при уплотнении [Текст] / И.В. Кузнецова, А.Г. Бондарев, В.И. Данилова // Почвоведение. – 2000. – № 9. – С. 1106-1113.

136. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений [Текст] / Т.Н. Кулаковская. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 218 с.

137. Лазарев, А.П. Структурное состояние и плотность чернозема обыкновенного и их влияние на урожай пшеницы [Текст] / А.П. Лазарев, Ю.И. Абрашин // Почвоведение. – 2000. – № 5. – С. 614-618.

138. Лебедева, Т.Б. Рапс и горчица белая в сидеральных парах Среднего Поволжья [Текст] / Т.Б. Лебедева, Ю.В. Корягин, Е.В. Надежкина // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений : материалы III Междунар. науч.-произв. конф. – Пенза, 2000. – Т. 3. – С. 73-74.

139. Личикаки, В.Н. Перезимовка озимых культур [Текст] / В.Н. Личикаки. – Москва : Колос, 1974. – 207 с.

140. Лошаков, В.Г. О роли промежуточных культур в зерновых севооборотах [Текст] / В.Г. Лошаков, Ф. Эльмер, Ю.Н. Синих, М.Ш. Бегеулов // Зерновые культуры. – 2000. – № 4. – С. 20-21.

141. Лыков, А.М. Воспроизводство органического вещества в почве при интенсивном земледелии [Текст] / А.М. Лыков // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 10. – С. 27-31.

142. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы [Текст] / А.М. Лыков. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 190 с.

143. Лыков, А.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии (обзорная информация) [Текст] / А.М. Лыков, В.П. Боинчан, С.М. Вьгин. – Москва : ВНИИТЭСХ, 1984. – 59 с.

144. Лыков, А.М. Страж плодородия (о значении органического вещества почвы в интенсивном земледелии) [Текст] / А.М. Лыков. – Москва : Московский рабочий, 1976. – 112 с.

145. Лысенко, Е.Г. Эколого-экономическая эффективность использования земли [Текст] / Е.Г. Лысенко. – Ростов-на-Дону, 1994. – 200 с.

146. Макаров, И.П. Научные основы обработки почвы [Текст] / И.П. Макаров // Научные основы современных систем земледелия. – Москва, 1988. – С. 155-198.

147. Макаров, И.П. Развитие научных основ обработки почвы в интенсивном земледелии [Текст] / И.П. Макаров // Земледелие. – 1985. – № 4. – С. 10-11.

148. Макатерский, А.Г. Плодородие почвы и урожай [Текст] / А.Г. Макатерский, В.А. Белбухов. – Вильнюс, 1974. – С. 219-221.

149. Максименко, Л.Д. Система обработки почвы в севообороте [Текст] / Л.Д. Максименко, А.А. Ляшенко // Земледелие. – 1984. – № 9. – С. 12-13.

150. Малышкин, Ю.В. Создание оптимального сложения дерново-подзолистой суглинистой почвы при весенней обработке [Текст] / Ю.В. Малышкин // Записки ЛСХИ, 1967. – Т. 117. – Вып. 3. – С. 35-38.

151. Малюга, Н.Г. Возделывание сильных пшениц [Текст] / Н.Г. Малюга, Н.Д. Тарасенко. – Москва : Россельхозиздат, 1982. – 95 с.

152. Масалимов, Т.М. Донник [Текст] / Т.М. Масалимов. – Уфа : Башкирское кн. изд-во, 1991. – 175 с.

153. Масандилов, Э.С. Эспарцетовый пар хороший предшественник озимых культур в ЦЧП [Текст] / Э.С. Масандилов, Ф.В. Реуцкий // Земледелие. – 1960. – № 10. – С. 96-100.

154. Маслов, В.А. Эффективность комплексного повышения плодородия чернозема выщелоченного в звене севооборота пропашные – яровые зерновые [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В.А. Маслов. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2002. – 145 с.

155. Машкевич, Н.И. Растениеводство : учебник [Текст] / Н.И. Машкевич. – Москва : Высшая школа, 1974. – 455 с.

156. Медведев, В.В. Влияние сельскохозяйственной техники на почву [Текст] / В.В. Медведев и др. // Тр. ВАСХНИЛ. – Москва, 1981. – 47 с.

157. Медведев, В.В. Методологические основы оптимизации физических свойств почвы [Текст] / В.В. Медведев // Минимализация обработки почвы. – Москва : Колос, 1984. – С. 60-74.

158. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов [Текст] / В.В. Медведев. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 160 с.

159. Медведев, И.Ф. Результаты применения почвозащитной технологии [Текст] / И.Ф. Медведев, Е.А. Родионов // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. – 1978. – Вып. 37. – С. 62-63.

160. Мелешко, Н.А. Донник и его сельскохозяйственное значение [Текст] / Н.А. Мелешко. – Москва - Ленинград : Государственное кн. изд-во, 1930. – 104 с.

161. Менделеев, Д.И. Основы химии (в 2-х т.) [Текст] / Д.И. Менделеев. – 13-е изд. – Москва - Ленинград, 1947. – Т. 1. – 620 с.; Т. 2. – 704 с.

162. Милащенко, Н.З. Агрегатный состав поверхности почвы и испарение влаги [Текст] / Н.З. Милащенко, В.С. Анохин // Науч. тр. СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1974. – Т. 22. – С. 113-116.

163. Милащенко, Н.З. Мобилизационные процессы и пищевой режим выщелоченного чернозема при сокращении числа механических обработок [Текст] / Н.З. Милащенко, В.М. Зерфус // Вопросы обработки почв. – Москва, 1979. – С. 167-174.

164. Милосердов, Н. Противоэрозионные приемы применять в комплексе [Текст] / Н. Милосердов // Земледелие. – 1973. – № 11. – С. 28-29.

165. Минеев, В.Г. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур [Текст] / В.Г. Минеев, Л.К. Шевцова // Агрохимия. – 1978. – № 7. – С. 134-141.

166. Миронов, Г.И. Обработка почвы. Борьба с эрозией: противоэрозийная обработка почвы на склонах: на склонах Лесостепи Украины [Текст] / Г.И. Миронов // Почвоведение. – 1984. – № 3. – С. 36-37.

167. Мичурин, Б.Н. Доступность влаги для растений в зависимости от структуры и плотности сложения почв и грунтов [Текст] / Б.Н. Мичурин // Вопросы агрономической физики. – Ленинград : ВАСХНИЛ, 1957. – С. 56-72.

168. Мишустин, Е.Н. Аппликационные методы в почвенной микробиологии [Текст] / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцева, Н.А. Красильников // Микробиологические и биохимические методы исследования почв. – Киев : Урожай. – 1971. – 117 с.

169. Мишустин, Е.Н. Использование соломы как органического удобрения [Текст] / Е.Н. Мишустин // Сб. ст. АН СССР, Институт микробиологии. Отв. ред. Е.Н. Мишустин. – Москва : Наука, 1980. – 268 с.

170. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное бесплужное земледелие [Текст] / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула. – Москва : Колос, 1984. – 279 с.

171. Морозов, И.В. Влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность ячменя на типичном черноземе Тамбовской области [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / И.В. Морозов. – Мичуринск, 2000. – 150 с.

172. Музычкин, Е.Т. Эффективность плодородия мощных черноземов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства [Текст] / Е.Т. Музычкин, Н.М. Кахута // Научные труды Курской гос. с.-х. опытной станции. Т. XV., вып. 4. – Курск, 1979. – 173 с.

173. Мухортов, С.Я. Изменение некоторых факторов плодородия, определяющих урожай при основной обработке почвы, и продуктивность ячменя [Текст] / С.Я. Мухортов. – Воронеж : Воронеж с.-х. ин-т, 1985. – 11 с. – Деп. во ВНИИТЭИагропром 16.09.85, № 364 ВС-85 деп.

174. Мухортов, С.Я. Характеристика эффективного плодородия пахотного слоя выщелоченного чернозема при различных способах и глубине основной обработки [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С.Я. Мухортов. – Каменная Степь : НИИ сельского хоз-ва ЦЧП им. В.В. Докучаева, 1983. – 225 с.

175. Мухортов, Я.Н. Влияние способов обработки черноземных почв на урожайность озимой пшеницы [Текст] / Я.Н. Мухортов // Вопросы обработки почв. – Москва, 1979. – № 9. – С. 69-76.

176. Мухортов, Я.Н. Итоги исследований по изучению глубины и способов обработки выщелоченного чернозема [Текст] / Я.Н. Мухортов // Совершенствование обработки почвы и приемов борьбы с сорняками в севооборотах ЦЧЗ : сб. науч. тр. – Воронеж, 1984. – С. 5-8.

177. Мухортов, Я.Н. Строение пахотного слоя и урожай озимой пшеницы [Текст] / Я.Н. Мухортов // Вестник с.-х. науки. – 1977. – № 8. – С. 45-52.

178. Нарциссов, В.П. Научные основы систем земледелия [Текст] / В.П. Нарциссов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1982. – 328 с.

179. Наумов, С.А. Обработка почвы. Борьба с эрозией и засухой: пути совершенствования обработки дерново-подзолистых и серых лесных почв [Текст] / С.А. Наумов // Земледелие. – 1977. – № 9. – С. 39-42.

180. Наумов, С.А. Обработка почвы. Борьба с эрозией: развивать теорию обработки почвы [Текст] / С.А. Наумов // Земледелие. – 1981. – № 2. – С. 28-30.

181. Немцев, Н.С. Новое в технологии обработки почвы – в среднем Поволжье [Текст] / Н.С. Немцев, К.И. Карпович // Земледелие. – 1989. – № 11. – С. 50-51.

182. Новиков, В.М. Основная обработка почвы под просо и гречиху в севообороте [Текст] / В.М. Новиков // Земледелие. – 1994. – № 1. – С. 10-12.

183. Новиков, В.Ф. Рост, развитие и урожайность картофеля при использовании промежуточных культур на зеленое удобрение в условиях южной части Нечерноземной зоны [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В.Ф. Новиков. – Москва, 1988. – 26 с.

184. Одум, Ю.П. Экология (в 2-х ч.) [Текст] / Ю.П. Одум ; перевод с англ. Б.Я. Виленкина ; под ред. В.Е. Соколова. – Изд. перераб. и сокр. – Москва : Мир, 1986. – 326 с.

185. Овсинский, И.Е. Новая система земледелия [Текст] / И.Е. Овсинский. – Санкт-Петербург, 1902. – 325 с.

186. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации [Текст] / Д.С. Орлов. – Москва : Изд-во МГУ, 1990. – 324 с.

187. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай [Текст] / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 511 с.

188. Парфенов, М.А. Плоскорезная обработка почвы под подсолнечник [Текст] / М.А. Парфенов // Земледелие. – 1982. – № 12. – С. 53-56.

189. Пешехонова, М.И. Изменение химического состава растительных остатков в процессе разложения [Текст] / М.И. Пешехонова, Н.А. Лапкина // Тр. ВСХИЗО, 1974. – Вып. 90. – С. 121-128.

190. Пешков, Л.В. Основные элементы агробиотехнологии возделывания озимой пшеницы в Центрально-Черноземном районе РСФСР [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Л.В. Пешков. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К.Д. Глинки, 1991. – 263 с.

191. Пичугин, А.П. Эффективность приемов комплексного повышения плодородия чернозема выщелоченного в звене севооборота: пар (занятый, сидеральный) – озимая пшеница [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А.П. Пичугин. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К.Д. Глинки, 2002. – 24 с.

192. Платунов, А.А. Как снизить вредоносность овсяга в посевах зерновых культур [Текст] / А.А. Платунов, Р.Р. Газизов // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 38-39.

193. Пожилов, В.И. Биологизированные севообороты в Нижнем Поволжье [Текст] / В.И. Пожилов, В.М. Жидков, А.В. Зеленев // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 18.

194. Полевщиков, С.И. Влияние возделывания сахарной свеклы на плодородие выщелоченных черноземов Тамбовской области [Текст] / С.И. Полевщиков. – Мичуринск : Изд-во Мичуринского гос. аграр. ун-та, 2002. – 113 с.
195. Полуэктов, Е.В. Водный режим аграрных ландшафтов юга России [Текст] / Е.В. Полуэктов. – Новочеркасск, 1998. – 175 с.
196. Полуэктов, Е.В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа [Текст] / Е.В. Полуэктов. – Новочеркасск, 2003. – 295 с.
197. Польский, М.Н. О некоторых новых путях изучения порозности и структуры почвы [Текст] / М.Н. Польский // Почвоведение. – 1955. – № 5. – С. 29-43.
198. Попов, А.В. Биологизация земледелия в Северо-Западной зоне [Текст] / А.В. Попов, Н.П. Аврова // Земледелие. – 2001. – № 3. – С. 16-17.
199. Посыпанов, Г.С. Растениеводство : учебник [Текст] / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Посыпанова Г.С. – Москва : КолосС, 2007. – 612 с.
200. Придворев, Н.И. Изучение непаровых предшественников озимой пшеницы с целью повышения ее урожайности в лесостепи Центрального Черноземья [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Н.И. Придворев. – Воронеж : Воронеж. с.-х. ин-т им. К.Д. Глинки, 1978. – 150 с.
201. Придворев, Н.И. Научные основы оптимизации содержания органического вещества в черноземе выщелоченном [Текст] : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / Н.И. Придворев. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К.Д. Глинки, 2002. – 379 с.
202. Прокофьев, А.Н. Поверхностная обработка почвы под зерновые [Текст] / А.Н. Прокофьев // Земледелие. – 1978. – № 11. – С. 31-32.
203. Пронин, И.Ф. Система обработки почвы и урожай культур в пропашном севообороте [Текст] / И.Ф. Пронин // Плодородие почвы и урожай. – Ульяновск, 1975. – С. 8-14.
204. Прянишников, Д.Н. К вопросу о корневых выделениях (в связи с

почвоутомлением). Избранные сочинения. Т. III. Химизация сельского хозяйства [Текст] / Д.Н. Прянишников. – Москва : Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1953. – С. 329-347.

205. Прянишников, Д.Н. Люпин, фосфорит и зола как замена навоза на тощих землях [Текст] / Д.Н. Прянишников. – Москва : Гостехиздат, 1953. – 26 с.

206. Прянишников, Д.Н. Новые перспективы применения зеленого удобрения в Европейской части России [Текст] / Д.Н. Прянишников // Научный отчет Всесоюзного научно-исследовательского ин-та удобрений, почвоведения им. К.К. Гедройца за 1941-1942 гг. – Москва : Сельхозгиз, 1944. – С. 22-26.

207. Прянишников, Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах. Избранные статьи [Текст] / Д.Н. Прянишников. – Москва : Сельхозиздат, 1962. – 254 с.

208. Пупонин, А.И. Минимализация обработки почвы: опыт, проблемы и перспективы (обзорная информация) [Текст] / А.И. Пупонин, Б.Д. Кирюшин. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1989. – 54 с.

209. Пупонин, А.И. Чизельная обработка дерново-подзолистых почв [Текст] / А.И. Пупонин, Н.С. Матюк, Г.Г. Манолий, Д.В. Верещак // Земледелие. – 1988. – № 12. – С. 34-36.

210. Пьяных, М.М. Эффективность чистых и занятых паров [Текст] / М.М. Пьяных. – Москва : Колос, 1966. – 104 с.

211. Рабочев, И.С. Важнейшие показатели оптимального уровня почвенного плодородия [Текст] / И.С. Рабочев, И.Е. Королева // Плодородие почв: проблемы исследования, модели : Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – Каменная Степь, 1985. – С. 29-37.

212. Раков, А.Ю. Обменный калий как лимитирующий фактор урожайности [Текст] / А.Ю. Раков, М.А. Сирота // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 31-32.

213. Рассел, Э. Почвенные условия и рост растений [Текст] / Э. Рассел ; перевод с англ. И.М. Спичкина ; под общ. ред. Н.П. Ремезова. – 4-е изд. – Москва : Изд-во иностранной литературы, 1955. – 624 с.

214. Ревут, И.Б. Плотность почвы и ее плодородие [Текст] / И.Б. Ревут, В.Г. Лебедева, А.И. Абрамов // Сб. трудов АФИ по агрономической физике. – Москва, 1962. – Вып. 10. – С. 65-69.

215. Ревут, И.Б. Почва о себе (Современные взгляды на механический состав и структуру почвы) [Текст] / И.Б. Ревут. – Москва : Знание, 1965. – 48 с.

216. Ревут, И.Б. Структура и плотность почвы, основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений [Текст] / И.Б. Ревут, И.А. Соколовский, А.М. Васильев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 125 с.

217. Ревут, И.Б. Физика почв [Текст] / И.Б. Ревут. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ленинград : Колос (Ленингр. отд-ние), 1972. – 366 с.

218. Ревут, И.Б. Физика почв и проблема их обработки [Текст] / И.Б. Ревут // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1961. – № 7. – С. 30-41.

219. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге (в 2-х т.). Т. 1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги [Текст] / А.А. Роде. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1965. – 664 с.

220. Родионов, Е.А. Влияние способов основной обработки на плодородие чернозема обыкновенного, урожайность сахарной свеклы и подсолнечника в условиях Юго-Востока ЦЧР [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Е.А. Родионов. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2006. – 153 с.

221. Росновский, И.Н. Устойчивость почвы: техногенно-механические аспекты [Текст] / И.Н. Росновский. – Новосибирск : В.О. Наука. Сиб. отд-ние, 1993. – 160 с.

222. Ротмистров, В.Г. Сущность засухи по данным Одесского опытного поля [Текст] / В.Г. Ротмистров. – Одесса, 1913. – 66 с.

223. Румянцев, В.И. Земледелие с основами почвоведения [Текст] / В.И. Румянцев, З.Ф. Коптева, Н.Н. Сурков; под. ред. В.И. Румянцева. – Москва : Колос, 1979. – 367 с.

224. Руссель, С. Микроорганизмы и жизнь почвы [Текст] / Стефан Руссель; перевод с польск. Г.Н. Мирошниченко. – Москва : Колос, 1977. – 223 с.

225. Рыбалкин, Б.А. Эффективность обработки почвы и удобрений в севооборотах на черноземе обыкновенном слабосмытом юго-востока ЦЧЗ [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Б.А. Рыбалкин. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К.Д. Глинки, 2002. – 26 с.

226. Рябов, Е.И. Почвозащитная система земледелия на основе минимальной обработки [Текст] / Е.И. Рябов, А.М. Белозеров, С.И. Бурыкин // Земледелие. – 1992. – № 1. – С. 31-35.

227. Саввинов, Н.И. Влияние многолетних трав и некоторых агротехнических приемов на прочность структуры почв в различных зонах [Текст] / Н.И. Саввинов // Физика почв СССР. – Москва, 1936. – Т. 5. – С. 58-101.

228. Санжарова, С.И. Роль антропогенного фактора в изменении физического состояния чернозема [Текст] / С.И. Санжарова, А.И. Санжаров, П.С. Шульга // Агроэкологические принципы земледелия. – Москва : Колос, 1993. – С. 225-236.

229. Санковский, В.И. Чизелевание в условиях Белоруссии [Текст] / В.И. Санковский // Земледелие. – 1985. – № 9. – С. 40-41.

230. Санковский, В.И. Чизельная обработка почвы и урожай (передовой опыт – в практику хозяйствования) [Текст] / В.И. Санковский. – Минск : Ураджай, 1989. – 38 с.

231. Санковский, В.И. Эффективность чизельной обработки [Текст] / В.И. Санковский // Земледелие. – 1986. – № 6. – С. 41-42.

232. Свиридов, Н.С. Применение плоскорезов [Текст] / Н.С. Свиридов, Б.В. Егоров, В.Ф. Кульков // Земледелие. – 1977. – № 2. – С. 40-41.

233. Сдобников, С.С. Новое в земледелии [Текст] / С.С. Сдобников // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – № 3. – С. 18-19.

234. Сдобников, С.С. Пахать или не пахать? (Новое в обработке и удобрении полей) [Текст] / С.С. Сдобников. – Москва, 1994. – 288 с.

235. Сдобников С.С. Расширенное воспроизводство плодородия почв / С.С. Сдобников. – Москва : Знание, 1989. – 61 с.

236. Семихненко, П.Г. Расход влаги на испарение в зависимости от об-

работки почвы [Текст] / П.Г. Семихненко, В.И. Кондратьев, А.Н. Ригер // Почвоведение. – 1977. – № 12. – С. 111-117.

237. Сидоров, М.И. Плодородие и обработка почвы [Текст] / М.И. Сидоров. – Воронеж, Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1981. – 96 с.

238. Синягин, И.И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений [Текст] / И.И. Синягин. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Россельхозиздат, 1980. – 222 с.

239. Сираев, М.Г. Совершенствование системы основной обработки почвы – в Башкирском Зауралье [Текст] / М.Г. Сираев, Я.Т. Суюндуков // Земледелие. – 1995. – № 2. – С. 14-15.

240. Системы земледелия Центрально-Черноземной зоны [Текст] / М.И. Небольсин, Н.И. Хабаров, Н.И. Зезюков. – Воронеж, 1989. – 211 с.

241. Скоблина, В.А. Выбор пожнивных культур на зеленое удобрение и корм (ФРГ) [Текст] / В.А. Скоблина // Экспресс-информация. – 1974. – № 9. – С. 14-17.

242. Скорочкин, Ю.П. Сидеральный пар и солома – элементы биологизации земледелия в условиях Северо-Восточной части ЦЧР [Текст] / Ю.П. Скорочкин, З.Я. Брюхова // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 20-21.

243. Скорочкин, Ю.П. Эффективность использования сидерального пара и соломы озимой пшеницы в звене свекловичного севооборота в условиях Тамбовской области [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Ю.П. Скорочкин. – Мичуринск : 2007. – 178 с.

244. Слесарев, В.Н. Влияние сложения пахотного слоя на его плодородие и урожайность в зерновом севообороте [Текст] / В.Н. Слесарев // Пути повышения урожайности зерновых культур. – Омск, 1984. – С. 9-13.

245. Смирнова, С.И. Суховеи в степях Нижнего Дона и Северного Кавказа [Текст] / С.И. Смирнова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 140 с.

246. Советов, А.В. О системах земледелия. Избранные сочинения [Текст] / А.В. Советов. – Москва : Сельхозгиз, 1950. – 447 с.

247. Соколовская, Н.А. О содержании продуктивной влаги в почвах в

связи с их уплотнением [Текст] / Н.А. Соколовская // Теоретические вопросы обработки почв. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 1. – С. 49-53.

248. Сотников, Б.А. Влияние приемов биологизации на динамику лабильных форм органического вещества и урожайность культур [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Б.А. Сотников. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2004. – 134 с.

249. Станков, Н.З. Корневая система полевых культур [Текст] / Н.З. Станков. – Москва : Колос, 1964. – 280 с.

250. Тарарико, А.Г. Агрэкологические основы почвозащитного земледелия [Текст] / А.Г. Тарарико. – Киев : Урожай, 1990. – 184 с.

251. Теппер, Е.З. Синтез и минерализация гумусовых веществ и участие микроорганизмов в этом процессе [Текст] / Е.З. Теппер, Б.И. Иванова, Н.Ф. Ганжара // Известия ТСХА. – 1975. – № 2. – С. 131-139.

252. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений. Избранные сочинения. Т. 1 [Текст] / К.А. Тимирязев. – Москва : Сельхозиздат, 1957. – 723 с.

253. Тимонов, В.Ю. Зеленые удобрения в севообороте [Текст] / В.Ю. Тимонов, Н.И. Картамышев, Н.М. Чернышева и др. // Земледелие. – 2011. – № 1. – С. 16-17.

254. Трофимов, С.Н. Водная эрозия почв и основные элементы почвозащитной технологии [Текст] / С.Н. Трофимов // Сельское хозяйство за рубежом. – 1984. – № 6. – С. 7-12.

255. Трубецкая, А.П. Плотность и обработка серых лесных почв Приобья [Текст] / А.П. Трубецкая и др. // Теоретические вопросы обработки почв. – Ленинград, 1968. – С. 271-277.

256. Тужилин, В.М. Донник как сидерат в Нечерноземье [Текст] / В.М. Тужилин, А.В. Быкова // Земледелие. – 1995. – № 2. – С. 8.

257. Тужилин, В.М. Подбор сидеральных культур и особенности их возделывания [Текст] / В.М. Тужилин // Земледелие. – 1991. – № 1. – С. 65-66.

258. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии [Текст] / И.В. Тюрин. – Москва : Наука, 1965. – 320 с.

259. Федотов, В.А. Озимая пшеница в Центрально-Черноземном районе РСФСР (вопросы теории и практики повышения устойчивости, величины и качества урожая) [Текст] : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.09 / В.А. Федотов. – Воронеж : Воронеж. с.-х. ин-т им. К.Д. Глинки, 1989. – 623 с.

260. Федотов, В.А. Рекомендации по формированию почвенного плодородия при внедрении севооборотов с экологической направленностью [Текст] / В.А. Федотов, А.В. Дедов, М.И. Лопырев. – Воронеж : ВГАУ, 2009. – 59 с.

261. Филимонов, П.Н. Расширять посев промежуточных культур [Текст] / П.Н. Филимонов // Бюллетень Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1974. – С. 44-45.

262. Хуснидинов, Ш.К. Эспарцет песчаный на корм и как сидерат [Текст] / Ш.К. Хуснидинов, О.В. Рябинина, Т.Г. Кудрявцева // Земледелие. – 2001. – № 6. – С. 22-23.

263. Цивенко, И.А. Чистые и занятые пары под озимые культуры [Текст] / И.А. Цивенко. – Москва : Колос, 1969. – 136 с.

264. Чевердин, Ю.И. Закономерности изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.27 / Ю.И. Чевердин. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2009. – 42 с.

265. Черенков В.В. Разработать и внедрить в хозяйствах Воронежской области технологию использования пожнивных остатков и сидеральных культур для повышения плодородия почв : отчет о НИР [Текст] / В.В. Черенков. – Каменная Степь, 1992. – 82 с.

266. Черепанов, Г.Г. Борьба с уплотнением почв (за рубежом) [Текст] / Г.Г. Черепанов // Земледелие. – 1986. – № 4. – С. 59.

267. Черепанов, Г.Г. Влияние обработки почвы на условия минерального питания растений и эффективность удобрений (обзорная информация) [Текст] / Г.Г. Черепанов. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1985. – 68 с.

268. Черепанов, Г.Г. Роль послеуборочных остатков в почвозащитном земледелии [Текст] / Г.Г. Черепанов. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1991. – 52 с.

269. Черепанов, Г.Г. Уплотнение пахотных почв и пути его устранения (обзорная информация) [Текст] / Г.Г. Черепанов, В.М. Чудиновских. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1987. – 58 с.

270. Черкашин, М.В. Совершенствование основной обработки почвы под сахарную свеклу в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / М.В. Черкашин. – Воронеж : Воронеж. с.-х. ин-т им. К.Д. Глинки, 1987. – 20 с.

271. Чикалики, Г.М. Ярусная обработка почвы [Текст] / Г.М. Чикалики // Советская агрономия. – 1939. – № 1. – С. 12-17.

272. Чуданов, И.А. Обработка черноземных почв в Среднем Заволжье [Текст] / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Земледелие. – 1986. – № 8. – С. 24-26.

273. Чуданов, И.А. Плоскорезная обработка почвы в борьбе с засухой [Текст] / И.А. Чуданов // Земледелие. – 1980. – № 5. – С. 13-15.

274. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почв в Среднем Поволжье [Текст] / И.А. Чуданов. – Самара : Самарский НИИСХ, 2006. – 236 с.

275. Чуданов, И.А. Сидеральные пары под яровые зерновые культуры [Текст] / И.А. Чуданов, О.В. Пронина // Земледелие. – 2001. – № 4. – С. 21-22.

276. Шаповалов, Н.К. Формирование урожая сахарной свеклы при различных способах подготовки почвы [Текст] / Н.К. Шаповалов, Д.М. Иевлев, В.Г. Бабич, Р.И. Шестакова // Сахарная свекла. – 1996. – № 8. – С. 16-20.

277. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия [Текст] / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 318 с.

278. Шикула, Н.К. Почвозащитная бесплужная обработка полей [Текст] / Н.К. Шикула. – Москва : Знание, 1990. – 62 с.

279. Шипилов, М.А. Влияние уплотнения почвы ходовыми системами тракторов на агрофизические, биологические свойства и плодородия обыкновенного чернозема ЦЧЗ [Текст] : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / М.А. Шипилов. – Воронеж : Воронеж. с.-х. ин-т им. К.Д. Глинки, 1983. – 21 с.

280. Щедрина, Д.И. Люцерна в ЦЧР [Текст] / Д.И. Щедрина, В.В. Коломейченко, А.Н. Зимин, Л.И. Саратовский. – Воронеж : Воронеж. ГАУ, 2002. – 159 с.

281. Щедрина, Д.И. Семеноводство многолетних трав с применением интенсивных технологий в Центрально-Черноземной зоне [Текст] / Д.И. Щедрина. – Воронеж, 1994. – 50 с.

282. Ackerman, F.G. Some factors influencing aggregation of clay pan soils [Text] / F.G. Ackerman, H.E. Myers // *Journal of Soil Science*. – 1943. – Vol. 4. – P. 405-413.

283. Black C.A. Soil-Plant Relationships [Text] / C.A. Black. – 2nd ed. – New York: John Wiley and Sons, 1968. – 792 pp.

284. Gurrie J.A. Gas diffusion through soil crumbs: the effects of compaction and wetting [Text] / J.A. Gurrie // *Journal of Soil Science*. – 1984. – Vol. 6. – P. 1-16.

285. Dickey, E.C. Soil compaction: Where, how bad is a problem [Text] / E.C. Dickey, T.R. Peterson, D.E. Eisenhauer // *Crops and Soils*, 1985. – Vol. 37 (9). – P. 12-14.

286. Douglas, E. Unsaturated hydraulic conductivity of a tilled clay soil [Text] / E. Douglas, E. McKyes, F. Taylor, S. Negi & G.S.V. Raghavan // *Can. Agr. Eng.* – 1980. – Vol. 22 (2). – P. 153-161.

287. Feldhaus, D. Abhängigkeit des Verdichtungsverhältnis einer Los-schwarzerde vom Dungung Niveau Tagungsbericht [Text] / D. Feldhaus // *Tagungsbericht*. – 1983. – № 215. – S. 63-68.

288. Kundler, P. Ergebnisse und Erfahrungen bei der Anwendung von komplexen Verfahren zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge unter Produktionsbedingungen [Text] / P. Kundler, S. Drechsler S. // *Feldwirtschaft*. – 1983. – № 24. – S. 3-5.

289. Molope M.B. The contribution of fungi, bacteria and physical processes in the development of aggregate stability of a cultivated soils [Text] / M.B. Molope, E.R. Page // *Biol. Agr. Hortic.* – 1986. – Vol. 3. – 213 p.

290. Russell E.W. Studies in soil cultivation: VII. The effect of cultivation on crop yield [Text] / E.W. Russell, B.A. Keen // The Journal of Agricultural Science. – 1938. – Vol. 28. – Issue 2. – P. 8-38.

291. Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering II. Conclusions and recommendations for further research on soil compaction in crop production [Text] / B.D. Soane & C. van Ouwerkerk (editors). – 1st edition. – Amsterdam, Netherlands : Elsevier Science Publishers, 1994. – 684 p.

292. Wagner, G.H. Nitrogen losses from soils fertilized with different nitrogen carriers [Text] / G.H. Wagner, G.E. Smith // Journal of Soil Science. – 1958. – Vol. 85. – P. 125-129.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Масса растительных остатков в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, т/га (2012 г.)

Способ обработки, (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	3,13	3,24	3,18
		10-20	1,55	2,39	1,97
		20-30	0,56	0,31	0,44
		30-50	0,11	0,06	0,09
		0-50	5,35	6,01	5,68
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,33	5,64	4,98
		10-20	2,35	3,31	2,83
		20-30	0,78	0,94	0,86
		30-50	0,15	0,15	0,15
		0-50	7,61	10,04	8,82
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,91	4,63	4,27
		10-20	2,07	2,37	2,22
		20-30	0,77	0,93	0,85
		30-50	0,14	0,16	0,15
		0-50	6,89	8,09	7,49
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	2,97	3,51	3,24
		10-20	1,39	1,55	1,47
		20-30	0,57	0,58	0,58
		30-50	0,11	0,09	0,10
		0-50	5,04	5,74	5,39
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,15	5,25	4,70
		10-20	2,01	2,69	2,35
		20-30	0,85	1,07	0,96
		30-50	0,17	0,26	0,22
		0-50	7,19	9,28	8,23
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,72	4,33	4,03
		10-20	1,80	2,10	1,95
		20-30	0,87	1,04	0,95
		30-50	0,18	0,20	0,19
		0-50	6,56	7,67	7,12
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	2,64	3,21	2,93
		10-20	1,32	1,53	1,42
		20-30	0,45	0,49	0,47
		30-50	0,05	0,07	0,06
		0-50	4,46	5,29	4,88
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,28	5,90	5,09
		10-20	2,26	3,31	2,79
		20-30	0,83	1,04	0,93
		30-50	0,07	0,09	0,08
		0-50	7,45	10,34	8,89
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,82	4,08	3,95
		10-20	2,01	2,35	2,18
		20-30	0,76	0,92	0,84
		30-50	0,09	0,10	0,10
		0-50	6,68	7,44	7,06
НСР ₀₅ частный эффект			0,29	0,31	
НСР ₀₅ фактора А			0,14	0,15	
НСР ₀₅ фактора Б			0,14	0,15	

Масса растительных остатков в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, т/га (2013 г.)

Способ обработки, (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	2,12	3,55	2,83
		10-20	1,11	1,67	1,39
		20-30	0,41	0,35	0,38
		30-50	0,08	0,07	0,07
		0-50	3,71	5,64	4,67
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,80	5,19	5,00
		10-20	2,62	3,04	2,83
		20-30	0,85	0,87	0,86
		30-50	0,16	0,14	0,15
		0-50	8,43	9,24	8,83
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,47	4,26	3,87
		10-20	1,84	2,19	2,02
		20-30	0,68	0,85	0,76
		30-50	0,12	0,15	0,13
		0-50	6,10	7,45	6,78
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	1,88	2,91	2,39
		10-20	0,88	1,28	1,08
		20-30	0,37	0,49	0,43
		30-50	0,07	0,07	0,07
		0-50	3,20	4,75	3,97
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,62	4,84	4,73
		10-20	2,23	2,49	2,36
		20-30	0,95	0,98	0,96
		30-50	0,20	0,24	0,22
		0-50	7,99	8,55	8,27
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,31	3,98	3,65
		10-20	1,60	1,94	1,77
		20-30	0,77	0,96	0,87
		30-50	0,15	0,19	0,17
		0-50	5,84	7,07	6,45
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	2,09	2,66	2,38
		10-20	1,05	1,26	1,15
		20-30	0,36	0,41	0,38
		30-50	0,04	0,05	0,05
		0-50	3,55	4,38	3,96
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	4,71	5,42	5,06
		10-20	2,48	3,05	2,77
		20-30	0,92	0,96	0,94
		30-50	0,08	0,08	0,08
		0-50	8,19	9,51	8,85
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	3,35	3,76	3,55
		10-20	1,77	2,15	1,96
		20-30	0,67	0,84	0,76
		30-50	0,08	0,10	0,09
		0-50	5,87	6,85	6,36
НСР ₀₅ частный эффект			0,19	0,21	
НСР ₀₅ фактора А			0,08	0,10	
НСР ₀₅ фактора Б			0,08	0,10	

Содержание детрита в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, % (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	0,253	0,334	0,294
		10-20	0,107	0,191	0,149
		20-30	0,040	0,091	0,066
		30-50	0,023	0,048	0,036
		0-50	0,106	0,166	0,136
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,387	0,460	0,423
		10-20	0,177	0,227	0,202
		20-30	0,063	0,103	0,083
		30-50	0,030	0,070	0,050
		0-50	0,164	0,215	0,190
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,307	0,400	0,353
		10-20	0,133	0,197	0,165
		20-30	0,050	0,103	0,077
		30-50	0,047	0,053	0,050
		0-50	0,134	0,188	0,161
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	0,207	0,308	0,257
		10-20	0,105	0,147	0,126
		20-30	0,037	0,087	0,062
		30-50	0,030	0,039	0,035
		0-50	0,095	0,145	0,120
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,327	0,427	0,377
		10-20	0,157	0,203	0,180
		20-30	0,050	0,130	0,090
		30-50	0,040	0,063	0,052
		0-50	0,143	0,206	0,175
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,253	0,350	0,302
		10-20	0,160	0,193	0,177
		20-30	0,059	0,070	0,064
		30-50	0,023	0,073	0,048
		0-50	0,124	0,172	0,148
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	0,230	0,299	0,265
		10-20	0,103	0,173	0,138
		20-30	0,033	0,104	0,069
		30-50	0,030	0,030	0,030
		0-50	0,099	0,152	0,125
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,333	0,537	0,435
		10-20	0,137	0,237	0,187
		20-30	0,067	0,140	0,103
		30-50	0,050	0,057	0,053
		0-50	0,147	0,243	0,195
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,313	0,407	0,360
		10-20	0,134	0,140	0,137
		20-30	0,061	0,077	0,069
		30-50	0,044	0,080	0,062
		0-50	0,138	0,176	0,157
НСР ₀₅ частный эффект			0,08	0,1	
НСР ₀₅ фактора А			0,05	0,06	
НСР ₀₅ фактора Б			0,05	0,06	

Содержание детрита в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, % (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора		Среднее
			посев	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	0,23	0,26	0,249
		10-20	0,10	0,17	0,134
		20-30	0,04	0,06	0,050
		30-50	0,03	0,04	0,031
		0-50	0,10	0,13	0,116
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,39	0,43	0,413
		10-20	0,17	0,25	0,208
		20-30	0,07	0,09	0,078
		30-50	0,04	0,07	0,055
		0-50	0,17	0,21	0,189
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,28	0,38	0,330
		10-20	0,13	0,17	0,153
		20-30	0,04	0,08	0,060
		30-50	0,03	0,04	0,037
		0-50	0,12	0,17	0,145
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	0,17	0,24	0,205
		10-20	0,10	0,14	0,118
		20-30	0,03	0,08	0,056
		30-50	0,03	0,05	0,038
		0-50	0,08	0,13	0,104
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,37	0,40	0,385
		10-20	0,17	0,24	0,205
		20-30	0,07	0,11	0,090
		30-50	0,04	0,06	0,052
		0-50	0,16	0,20	0,183
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,28	0,34	0,312
		10-20	0,16	0,18	0,172
		20-30	0,05	0,06	0,053
		30-50	0,04	0,05	0,047
		0-50	0,13	0,16	0,146
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	0,20	0,28	0,241
		10-20	0,11	0,16	0,134
		20-30	0,03	0,09	0,060
		30-50	0,02	0,04	0,030
		0-50	0,09	0,14	0,116
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	0,37	0,50	0,438
		10-20	0,21	0,23	0,220
		20-30	0,07	0,13	0,098
		30-50	0,05	0,06	0,053
		0-50	0,18	0,23	0,203
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,33	0,38	0,353
		10-20	0,17	0,18	0,178
		20-30	0,06	0,07	0,063
		30-50	0,04	0,08	0,060
		0-50	0,15	0,18	0,164
НСР ₀₅ частный эффект			0,05	0,08	
НСР ₀₅ фактора А			0,03	0,04	
НСР ₀₅ фактора Б			0,03	0,04	

Структура почвы под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последействия
основной обработки почвы, % (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Содержание в навеске, %								Коэффициент структурности	
			агрегатов > 10 мм		агрегатов от 10 до 0,25 мм		агрегатов < 0,25 мм		водопрочных агрегатов			
			посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	16,1	8,1	76,2	83,0	7,7	8,9	49,0	42,9	3,2	4,9
		10-20	28,9	22,2	65,6	73,0	5,5	4,8	47,3	49,5	1,9	2,7
		20-30	22,3	14,0	73,3	81,3	4,4	4,7	59,3	54,2	2,7	4,3
		0-30	22,4	14,8	71,7	79,1	5,8	6,2	51,8	48,9	2,5	3,8
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	12,9	7,8	80,3	84,9	6,7	7,4	60,2	47,3	4,1	5,6
		10-20	27,0	2,5	69,6	91,0	3,5	6,5	52,2	51,8	2,3	10,1
		20-30	18,2	7,9	78,9	88,2	2,9	3,9	60,8	62,3	3,7	7,5
		0-30	19,3	6,1	76,3	88,0	4,4	5,9	57,7	53,8	3,2	7,3
	Кулисно- мульчирующий пар люцерны синей	0-10	9,1	2,8	85,3	89,9	5,6	7,3	62,7	43,3	5,8	8,9
		10-20	24,2	3,6	73,3	89,1	2,5	7,3	60,8	39,5	2,7	8,2
		20-30	13,1	11,7	85,4	82,1	1,6	6,2	65,7	43,6	5,8	4,6
		0-30	15,4	6,0	81,3	87,1	3,2	6,9	63,1	42,2	4,4	6,7
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	31,9	12,1	62,5	79,2	5,6	8,7	41,2	41,8	1,7	3,8
		10-20	35,8	14,1	60,1	79,8	4,1	6,1	50,9	44,2	1,5	3,9
		20-30	27,6	12,5	68,7	81,5	3,8	6,0	56,3	52,3	2,2	4,4
		0-30	31,7	12,9	63,8	80,2	4,5	6,9	49,5	46,1	1,8	4,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	28,9	9,8	65,7	81,2	5,4	9,0	51,4	47,0	1,9	4,3
		10-20	26,4	7,6	69,2	88,8	4,3	3,5	50,0	47,7	2,2	7,9
		20-30	16,0	7,7	80,8	88,8	3,2	3,5	58,0	55,4	4,2	7,9
		0-30	23,8	8,4	71,9	86,3	4,3	5,4	53,1	50,0	2,6	6,3
	Кулисно- мульчирующий пар люцерны синей	0-10	24,4	0,4	71,6	94,2	4,0	5,4	60,0	67,4	2,5	16,2
		10-20	27,1	7,6	69,0	88,8	3,8	3,5	55,9	54,1	2,2	7,9
		20-30	14,0	7,7	84,5	88,8	1,5	3,5	63,4	69,1	5,5	7,9
		0-30	21,9	5,2	75,0	90,6	3,1	4,2	59,7	63,5	3,0	9,6

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	25,2	11,9	69,1	79,5	5,8	8,7	50,2	38,2	2,2	3,9
		10-20	23,9	18,2	73,2	75,8	2,9	6,0	54,9	48,3	2,7	3,1
		20-30	23,2	17,9	73,9	78,7	2,9	3,5	57,2	61,1	2,8	3,7
		0-30	24,1	16,0	72,0	78,0	3,9	6,0	54,1	49,2	2,6	3,5
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	16,2	13,3	80,2	81,5	3,6	5,2	58,4	54,6	4,1	4,4
		10-20	20,3	16,5	77,3	78,5	2,5	5,0	54,8	50,7	3,4	3,7
		20-30	25,0	6,0	72,2	89,9	2,8	4,1	63,2	65,2	2,6	8,9
		0-30	20,5	12,0	76,6	83,3	2,9	4,7	58,8	56,8	3,3	5,0
	Кулисно- мульчирующий пар люцерны синей	0-10	16,8	9,6	77,5	86,5	5,7	3,9	64,7	65,2	3,4	6,4
		10-20	19,7	10,7	78,8	85,6	1,5	3,7	64,2	68,2	3,7	6,0
		20-30	24,3	7,6	74,5	88,5	1,2	3,8	65,5	69,0	2,9	7,7
		0-30	20,2	9,3	76,9	86,9	2,8	3,8	64,8	67,5	3,3	6,6
НСР ₀₅ частный эффект			6,99	5,94	7,14	15,44	1,32	1,72	4,96	4,73	-	-
НСР ₀₅ фактора А			2,33	1,98	2,38	5,15	0,44	0,57	1,43	1,37	-	-
НСР ₀₅ фактора Б			2,33	1,98	2,38	5,15	0,44	0,57	1,43	1,37	-	-

Структура почвы под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствий основной обработки почвы, % (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Содержание в навеске, %								Коэффициент структурности	
			агрегатов > 10 мм		агрегатов от 10 до 0,25 мм		агрегатов < 0,25 мм		водопрочных агрегатов			
			посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	18,8	34,0	76,0	62,4	5,2	3,6	43,0	48,2	3,2	1,7
		10-20	37,2	27,3	59,5	70,3	3,3	2,3	50,9	67,2	1,5	2,4
		20-30	24,4	21,1	72,2	77,5	3,3	1,5	53,1	73,4	2,6	3,4
		0-30	26,8	27,4	69,2	70,1	3,9	2,5	49,0	62,9	2,2	2,3
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	26,1	18,8	69,2	78,5	4,7	2,7	40,0	56,0	2,2	3,7
		10-20	35,2	8,9	62,7	89,5	2,1	1,5	57,5	65,3	1,7	8,6
		20-30	30,0	12,0	68,0	86,7	2,0	1,2	56,2	73,5	2,1	6,5
		0-30	30,5	13,2	66,6	84,9	2,9	1,8	51,2	64,9	2,0	5,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	8,6	1,4	85,3	93,8	6,2	4,8	54,6	68,2	5,8	15,0
		10-20	18,5	4,5	77,0	91,4	4,4	4,1	51,0	74,7	3,4	10,7
		20-30	13,9	10,2	83,5	87,9	2,6	1,9	62,6	76,2	5,1	7,3
		0-30	13,7	5,4	81,9	91,0	4,4	3,6	56,1	73,0	4,5	10,2
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	20,7	27,0	73,0	71,0	6,3	2,0	45,8	67,0	2,7	2,4
		10-20	29,0	20,8	67,9	77,6	3,0	1,6	54,1	69,9	2,1	3,5
		20-30	26,6	7,2	72,1	91,2	1,3	1,6	70,2	79,2	2,6	10,3
		0-30	25,4	18,3	71,0	79,9	3,6	1,7	56,7	72,1	2,4	4,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	20,0	31,3	73,8	65,6	6,3	3,1	49,9	67,1	2,8	1,9
		10-20	21,0	17,8	75,5	81,6	3,5	0,6	54,6	83,9	3,1	4,4
		20-30	22,3	11,9	75,1	86,1	2,7	2,0	63,6	74,4	3,0	6,2
		0-30	21,1	20,3	74,8	77,7	4,2	1,9	56,0	75,1	3,0	3,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	5,4	1,4	88,3	94,1	6,3	4,5	46,9	66,5	7,6	16,0
		10-20	14,1	7,6	82,4	89,0	3,5	3,4	54,4	70,3	4,7	8,1
		20-30	7,4	9,5	89,6	87,8	3,0	2,7	63,5	75,5	8,6	7,2
		0-30	9,0	6,2	86,8	90,3	4,3	3,5	54,9	70,7	6,5	9,3

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	18,5	13,5	73,6	84,7	7,9	1,8	45,2	78,4	2,8	5,6
		10-20	34,6	22,3	63,1	75,8	2,3	1,9	58,1	71,4	1,7	3,1
		20-30	25,0	25,1	72,6	73,9	2,4	1,0	63,3	63,1	2,6	2,8
		0-30	26,0	20,3	69,8	78,1	4,2	1,6	55,6	71,0	2,3	3,6
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	18,2	6,0	75,3	91,4	6,5	2,6	53,1	71,9	3,1	10,6
		10-20	24,2	8,4	72,7	90,6	3,0	1,0	56,2	79,5	2,7	9,7
		20-30	18,5	8,0	78,6	89,9	2,9	2,1	59,6	72,6	3,7	8,9
		0-30	20,3	7,5	75,6	90,6	4,1	1,9	56,3	74,7	3,1	9,7
	Кулисно- мульчирующий пар люцерны синей	0-10	8,8	7,1	85,6	90,9	5,6	2,0	52,5	71,3	6,0	10,0
		10-20	7,8	10,9	88,5	86,9	3,8	2,2	60,1	72,3	7,7	6,7
		20-30	9,3	14,8	87,2	83,2	3,5	2,0	64,5	75,6	6,8	5,0
		0-30	8,6	10,9	87,1	87,0	4,3	2,1	59,0	73,1	6,7	6,7
НСР ₀₅ частный эффект			7,98	7,85	7,46	7,45	1,16	1,2	3,61	5,49	-	-
НСР ₀₅ фактора А			2,66	2,62	2,49	2,48	0,39	0,42	1,04	1,58	-	-
НСР ₀₅ фактора Б			2,66	2,62	2,49	2,48	0,39	0,42	1,04	1,58	-	-

Плотность почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последействия основной обработки почвы, г/см³ (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	1,08	1,08	1,12	1,10
		10-20	1,26	1,22	1,26	1,25
		20-30	1,31	1,30	1,35	1,32
		0-30	1,22	1,20	1,24	1,22
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,06	1,05	1,10	1,07
		10-20	1,19	1,16	1,20	1,19
		20-30	1,28	1,25	1,29	1,27
		0-30	1,18	1,15	1,20	1,18
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	1,00	1,02	1,06	1,03
		10-20	1,17	1,11	1,15	1,14
		20-30	1,27	1,22	1,27	1,25
		0-30	1,14	1,12	1,16	1,14
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	1,07	1,13	1,17	1,13
		10-20	1,26	1,25	1,29	1,27
		20-30	1,33	1,30	1,34	1,32
		0-30	1,22	1,23	1,27	1,24
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,06	1,08	1,12	1,09
		10-20	1,20	1,17	1,22	1,20
		20-30	1,27	1,27	1,32	1,29
		0-30	1,18	1,18	1,22	1,19
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	1,08	1,06	1,10	1,08
		10-20	1,19	1,15	1,20	1,18
		20-30	1,27	1,24	1,29	1,27
		0-30	1,18	1,15	1,20	1,18
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	1,08	1,09	1,13	1,10
		10-20	1,26	1,23	1,27	1,25
		20-30	1,31	1,31	1,35	1,32
		0-30	1,22	1,21	1,25	1,23
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,04	1,03	1,07	1,05
		10-20	1,22	1,17	1,21	1,20
		20-30	1,29	1,26	1,30	1,28
		0-30	1,19	1,15	1,20	1,18
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	1,04	1,05	1,09	1,06
		10-20	1,19	1,13	1,18	1,17
		20-30	1,25	1,24	1,28	1,26
		0-30	1,16	1,14	1,18	1,16
НСР ₀₅ частный эффект			0,04	0,03	0,04	
НСР ₀₅ фактора А			0,01	0,01	0,02	
НСР ₀₅ фактора Б			0,01	0,01	0,02	

Плотность почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, г/см³ (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	1,12	1,24	1,29	1,22
		10-20	1,25	1,28	1,33	1,29
		20-30	1,36	1,34	1,39	1,36
		0-30	1,24	1,29	1,34	1,29
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,10	1,23	1,27	1,20
		10-20	1,16	1,28	1,30	1,25
		20-30	1,32	1,33	1,33	1,33
		0-30	1,19	1,28	1,30	1,26
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	1,00	1,19	1,21	1,13
		10-20	1,15	1,26	1,27	1,23
		20-30	1,27	1,30	1,30	1,29
		0-30	1,14	1,25	1,26	1,22
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	1,13	1,24	1,27	1,21
		10-20	1,26	1,30	1,31	1,29
		20-30	1,32	1,35	1,34	1,34
		0-30	1,24	1,30	1,31	1,28
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,04	1,22	1,26	1,17
		10-20	1,19	1,29	1,31	1,26
		20-30	1,31	1,34	1,33	1,33
		0-30	1,18	1,28	1,30	1,25
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	1,11	1,21	1,24	1,19
		10-20	1,18	1,27	1,28	1,24
		20-30	1,34	1,31	1,30	1,32
		0-30	1,21	1,26	1,27	1,25
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	1,13	1,22	1,30	1,22
		10-20	1,27	1,29	1,32	1,29
		20-30	1,37	1,36	1,33	1,35
		0-30	1,26	1,29	1,32	1,29
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	1,01	1,19	1,26	1,15
		10-20	1,18	1,27	1,29	1,25
		20-30	1,33	1,34	1,32	1,33
		0-30	1,17	1,27	1,29	1,24
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	0,99	1,22	1,23	1,15
		10-20	1,04	1,23	1,31	1,19
		20-30	1,34	1,32	1,34	1,33
		0-30	1,12	1,26	1,29	1,22
НСР ₀₅ частный эффект			0,04	0,03	0,05	
НСР ₀₅ фактора А			0,01	0,02	0,02	
НСР ₀₅ фактора Б			0,01	0,02	0,02	

Твердость почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, кг/см² (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	13,5	19,2	27,0	19,9
		10-20	19,5	26,3	36,8	27,5
		20-25	24,0	26,5	37,3	29,3
		0-25	19,0	24,0	33,7	25,6
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	21,0	15,3	22,0	19,4
		10-20	26,0	22,7	31,2	26,6
		20-25	27,7	23,7	32,5	28,0
		0-25	24,9	20,6	28,6	24,7
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	16,5	14,0	19,7	16,7
		10-20	20,5	23,2	32,3	25,3
		20-25	21,0	23,0	32,5	25,5
		0-25	19,3	20,1	28,2	22,5
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	13,2	25,5	35,8	24,8
		10-20	21,7	32,5	45,0	33,1
		20-25	24,7	35,2	49,0	36,3
		0-25	19,9	31,1	43,3	31,4
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	17,7	11,8	16,7	15,4
		10-20	22,8	21,5	30,2	24,8
		20-25	23,7	27,8	39,0	30,2
		0-25	21,4	20,4	28,6	23,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	13,2	16,8	23,7	17,9
		10-20	17,7	24,5	33,5	25,2
		20-25	24,5	27,5	38,3	30,1
		0-25	18,5	22,9	31,8	24,4
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	21,0	26,0	36,2	27,7
		10-20	21,3	32,5	45,3	33,0
		20-25	22,5	36,0	50,0	36,2
		0-25	21,6	31,5	43,8	32,3
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	21,5	10,0	14,2	15,2
		10-20	23,2	14,5	20,3	19,3
		20-25	24,3	19,7	27,8	23,9
		0-25	23,0	14,7	20,8	19,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	12,3	12,8	18,2	14,4
		10-20	15,0	16,2	22,5	17,9
		20-25	19,5	19,0	26,3	21,6
		0-25	15,6	16,0	22,3	18,0
НСР ₀₅ частный эффект			10,5	9,61	13,2	
НСР ₀₅ фактора А			3,8	3,2	4,40	
НСР ₀₅ фактора Б			3,8	3,2	4,40	

Твердость почвы под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, кг/см² (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	36,2	34,5	49,7	40,1
		10-20	35,8	43,7	51,7	43,7
		20-25	36,5	44,0	52,7	44,4
		0-25	36,2	40,7	51,3	42,7
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	31,3	49,3	47,3	42,7
		10-20	32,5	48,7	49,3	43,5
		20-25	33,5	49,7	49,7	44,3
		0-25	32,4	49,2	48,8	43,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	22,2	28,5	35,0	28,6
		10-20	25,2	38,8	33,2	32,4
		20-25	27,2	44,7	36,8	36,2
		0-25	24,8	37,3	35,0	32,4
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	32,2	46,7	41,5	40,1
		10-20	33,8	50,7	48,0	44,2
		20-25	34,8	51,0	48,0	44,6
		0-25	33,6	49,4	45,8	43,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	22,2	36,2	45,3	34,6
		10-20	26,8	43,0	49,3	39,7
		20-25	27,5	44,7	51,3	41,2
		0-25	25,5	41,3	48,7	38,5
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	29,2	40,0	23,2	30,8
		10-20	30,7	39,0	29,2	32,9
		20-25	31,7	40,0	32,2	34,6
		0-25	30,5	39,7	28,2	32,8
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	37,8	42,2	48,0	42,7
		10-20	38,3	48,0	49,3	45,2
		20-25	39,0	49,3	48,7	45,7
		0-25	38,4	46,5	48,7	44,5
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	25,7	32,2	46,7	34,8
		10-20	28,2	37,5	48,3	38,0
		20-25	28,8	37,8	48,0	38,2
		0-25	27,6	35,8	47,7	37,0
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	17,2	27,3	45,3	29,9
		10-20	23,8	38,3	51,3	37,8
		20-25	24,2	41,0	51,3	38,8
		0-25	21,7	35,6	49,3	35,5
НСР ₀₅ частный эффект			10,5	10,5	12	
НСР ₀₅ фактора А			3,5	3,5	4,0	
НСР ₀₅ фактора Б			3,5	3,5	4,0	

Содержание доступной влаги в почве под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последействия основной обработки почвы, мм (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	39,9	35,2	29,1	34,7
		0-50	76,1	67,9	58,0	67,3
		0-100	163,0	134,5	113,8	137,1
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	38,0	22,9	16,4	25,8
		0-50	73,8	48,7	36,2	52,9
		0-100	143,6	112,4	80,8	112,3
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	37,2	17,8	11,6	22,2
		0-50	66,3	42,7	32,4	47,1
		0-100	131,3	109,1	88,4	109,6
Дискование (8-10 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	35,8	33,7	27,5	32,3
		0-50	68,7	62,1	52,1	60,9
		0-100	139,8	112,7	91,5	114,7
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	36,0	19,3	13,7	23,0
		0-50	60,3	43,9	34,3	46,2
		0-100	122,8	110,3	90,4	107,8
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	27,5	16,7	10,1	18,1
		0-50	51,4	37,1	26,9	38,5
		0-100	109,7	95,2	74,6	93,2
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	36,3	26,6	20,2	27,7
		0-50	75,7	55,0	44,8	58,5
		0-100	159,9	117,5	97,8	125,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	30,5	21,8	15,6	22,6
		0-50	60,1	48,0	37,4	48,5
		0-100	134,1	113,4	92,1	113,2
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	37,1	20,0	13,7	23,6
		0-50	66,5	46,4	36,1	49,7
		0-100	130,0	103,8	82,8	105,5

Содержание доступной влаги в почве под озимой пшеницей в зависимости от различных предшественников на фоне последействия основной обработки почвы, мм (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	37,7	32,5	6,8	25,7
		0-50	59,4	50,5	19,8	43,2
		0-100	125,7	105,8	59,5	97,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	30,0	24,6	3,7	19,4
		0-50	48,5	39,3	13,3	33,7
		0-100	91,4	71,0	42,6	68,3
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	25,3	20,9	5,2	17,1
		0-50	41,9	33,5	16,4	30,6
		0-100	70,6	51,4	43,2	55,1
Дискование (8-10 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	35,8	30,8	6,8	24,5
		0-50	62,2	51,4	19,1	44,2
		0-100	121,0	102,5	55,8	93,1
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	27,0	22,6	6,1	18,6
		0-50	45,2	37,5	18,0	33,6
		0-100	89,5	73,8	45,5	69,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	26,6	19,0	5,9	17,2
		0-50	43,8	31,4	17,7	31,0
		0-100	80,7	57,5	45,9	61,4
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-30	37,6	29,9	5,2	24,2
		0-50	67,3	50,9	21,9	46,7
		0-100	135,1	105,3	65,6	102,0
	Сидеральный пар донника желтого	0-30	29,0	24,4	7,0	20,1
		0-50	46,6	38,4	19,1	34,7
		0-100	89,8	74,6	49,3	71,2
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-30	23,7	19,6	5,6	16,3
		0-50	40,1	32,7	17,5	30,1
		0-100	71,6	53,5	39,4	54,8

Содержание легкогидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	263,9	200,8	164,3	209,7
		10-20	225,4	168,4	135,3	176,4
		20-30	211,2	156,4	124,6	164,0
		30-50	139,1	116,0	88,6	114,6
		0-50	209,9	160,4	128,2	166,2
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	230,0	175,1	144,4	183,2
		10-20	199,7	147,2	120,6	155,9
		20-30	196,6	145,7	107,9	150,1
		30-50	138,5	96,4	72,6	102,5
		0-50	191,2	141,1	111,4	147,9
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	210,5	164,8	138,7	171,3
		10-20	181,2	139,3	112,1	144,2
		20-30	165,5	125,7	102,3	131,2
		30-50	122,1	87,9	69,3	93,1
		0-50	169,8	129,4	105,6	135,0
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	260,1	197,6	161,5	206,4
		10-20	226,7	169,4	136,3	177,4
		20-30	208,7	154,3	122,7	161,9
		30-50	133,9	112,4	85,4	110,6
		0-50	207,3	158,4	126,5	164,1
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	240,8	184,6	149,8	191,7
		10-20	204,5	153,7	122,2	160,1
		20-30	191,1	142,2	112,0	148,4
		30-50	146,0	103,8	77,7	109,2
		0-50	195,6	146,1	115,4	152,4
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	219,2	172,1	130,5	173,9
		10-20	184,8	142,4	106,6	144,6
		20-30	172,8	131,4	105,3	136,5
		30-50	128,9	94,4	63,0	95,4
		0-50	176,4	135,1	101,3	137,6
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	255,4	190,8	155,4	200,6
		10-20	223,9	161,6	129,3	171,6
		20-30	185,4	160,0	127,9	157,8
		30-50	145,5	108,3	81,7	111,8
		0-50	202,6	155,2	123,6	160,4
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	234,6	178,5	141,3	184,8
		10-20	204,7	151,9	116,4	157,7
		20-30	185,6	137,6	115,1	146,1
		30-50	131,4	98,2	71,1	100,2
		0-50	189,1	141,5	111,0	147,2
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	211,1	163,0	132,2	168,7
		10-20	178,4	136,2	109,4	141,3
		20-30	175,9	134,7	97,2	136,0
		30-50	126,1	87,4	63,5	92,3
		0-50	172,9	130,3	100,6	134,6
НСР ₀₅ частный эффект			21,58	13,52	12,2	
НСР ₀₅ фактора А			5,57	3,49	3,15	
НСР ₀₅ фактора Б			5,57	3,49	3,15	

Содержание легкогидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	295,9	154,0	144,2	198,0
		10-20	257,6	126,0	106,9	163,5
		20-30	243,6	124,6	119,0	162,4
		30-50	171,3	75,6	52,3	99,7
		0-50	242,1	120,1	105,6	155,9
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	261,8	179,7	146,5	196,0
		10-20	231,9	147,0	131,6	170,2
		20-30	228,7	135,3	120,9	161,6
		30-50	170,8	95,2	85,9	117,3
		0-50	223,3	139,3	121,2	161,3
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	195,1	143,7	97,5	145,4
		10-20	203,5	118,1	78,9	133,5
		20-30	182,5	104,5	74,7	120,6
		30-50	146,1	67,2	38,7	84,0
		0-50	181,8	108,4	72,5	120,9
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	292,1	163,8	130,2	195,4
		10-20	259,0	133,0	109,2	167,1
		20-30	241,3	121,3	87,3	150,0
		30-50	166,1	82,6	54,1	101,0
		0-50	239,6	125,2	95,2	153,3
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	248,7	162,4	154,9	188,7
		10-20	221,7	141,4	123,7	162,2
		20-30	208,1	124,1	112,9	148,4
		30-50	168,5	77,0	73,3	106,2
		0-50	211,8	126,2	116,2	151,4
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	223,5	151,7	133,5	169,6
		10-20	178,7	121,3	123,2	141,1
		20-30	195,1	110,6	77,9	127,9
		30-50	137,7	73,3	23,8	78,2
		0-50	183,8	114,2	89,6	129,2
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	287,5	157,3	145,1	196,6
		10-20	256,2	131,1	113,9	167,1
		20-30	217,5	116,7	116,7	150,3
		30-50	177,8	77,5	66,7	107,3
		0-50	234,7	120,6	110,6	155,3
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	266,9	170,3	141,4	192,9
		10-20	236,6	140,5	119,9	165,7
		20-30	217,5	138,6	113,9	156,6
		30-50	163,8	87,3	70,9	107,3
		0-50	221,2	134,2	111,5	155,6
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	217,9	141,9	90,5	150,1
		10-20	198,3	115,3	85,9	133,2
		20-30	208,6	113,9	74,7	132,4
		30-50	132,5	66,3	37,3	78,7
		0-50	189,4	109,3	72,1	123,6
НСР ₀₅ частный эффект			36,05	12,73	31,67	
НСР ₀₅ фактора А			9,31	3,29	8,18	
НСР ₀₅ фактора Б			9,31	3,29	8,18	

Содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	174	127	97	133
		10-20	169	110	87	122
		20-30	142	99	68	103
		30-50	140	66	45	83
		0-50	156	100	74	110
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	156	145	110	137
		10-20	140	140	107	129
		20-30	105	119	90	105
		30-50	82	116	88	95
		0-50	121	130	99	116
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	153	130	99	127
		10-20	137	116	88	114
		20-30	108	88	67	87
		30-50	71	68	52	64
		0-50	117	101	76	98
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	167	117	97	127
		10-20	167	104	83	118
		20-30	136	92	75	101
		30-50	122	64	50	79
		0-50	148	94	76	106
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	150	139	113	134
		10-20	126	139	105	123
		20-30	105	114	87	102
		30-50	80	102	77	86
		0-50	116	123	95	111
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	153	125	102	126
		10-20	132	105	85	107
		20-30	119	88	67	91
		30-50	79	67	51	66
		0-50	120	96	76	98
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	171	127	89	129
		10-20	161	114	79	118
		20-30	132	90	70	97
		30-50	116	59	48	74
		0-50	145	98	72	105
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	163	143	108	138
		10-20	147	134	102	128
		20-30	108	110	83	100
		30-50	87	97	73	86
		0-50	126	121	92	113
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	141	136	103	127
		10-20	124	123	93	114
		20-30	111	90	68	90
		30-50	76	72	55	68
		0-50	113	105	80	99
НСР ₀₅ частный эффект			27,46	22,92	21,92	
НСР ₀₅ фактора А			7,09	5,92	5,66	
НСР ₀₅ фактора Б			7,09	5,92	5,66	

Содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	200	148	133	160
		10-20	190	132	117	146
		20-30	183	125	110	139
		30-50	167	67	52	95
		0-50	185	118	103	135
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	185	125	130	147
		10-20	167	145	135	149
		20-30	135	120	104	120
		30-50	102	103	92	99
		0-50	147	123	115	129
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	165	123	100	129
		10-20	118	112	98	109
		20-30	130	116	91	112
		30-50	125	68	61	84
		0-50	135	105	88	109
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	193	135	120	149
		10-20	188	120	105	138
		20-30	168	102	87	119
		30-50	145	90	75	103
		0-50	174	112	97	127
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	177	144	129	150
		10-20	162	132	117	137
		20-30	127	95	88	103
		30-50	117	105	90	104
		0-50	145	119	106	123
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	150	117	111	126
		10-20	152	118	98	123
		20-30	118	85	78	94
		30-50	111	85	82	92
		0-50	133	101	92	109
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	197	143	128	156
		10-20	193	155	140	163
		20-30	158	113	98	123
		30-50	155	78	63	99
		0-50	176	123	108	135
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	185	138	147	157
		10-20	172	130	128	143
		20-30	135	132	129	132
		30-50	113	85	79	93
		0-50	151	121	121	131
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	162	119	104	128
		10-20	160	110	102	124
		20-30	128	88	75	97
		30-50	105	83	62	83
		0-50	139	100	86	108
НСР ₀₅ частный эффект			25,25	20,11	24,01	
НСР ₀₅ фактора А			6,52	5,19	6,2	
НСР ₀₅ фактора Б			6,52	5,19	6,2	

Содержание обменного калия в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	248	180	146	191
		10-20	195	169	117	160
		20-30	179	114	102	132
		30-50	135	96	68	100
		0-50	189	139	108	146
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	229	218	159	202
		10-20	176	166	122	155
		20-30	144	152	110	135
		30-50	141	130	101	124
		0-50	172	167	123	154
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	212	194	147	184
		10-20	199	149	111	153
		20-30	134	122	93	116
		30-50	113	119	84	105
		0-50	165	146	109	140
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	260	186	146	197
		10-20	195	158	106	153
		20-30	148	113	94	118
		30-50	128	92	63	94
		0-50	183	137	102	141
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	221	210	168	200
		10-20	180	165	131	159
		20-30	144	152	94	130
		30-50	147	114	114	125
		0-50	173	160	127	153
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	217	187	148	184
		10-20	190	153	128	157
		20-30	133	122	90	115
		30-50	108	125	84	106
		0-50	162	147	113	140
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	255,4	190,8	155,4	200,6
		10-20	223,9	161,6	129,3	171,6
		20-30	185,4	160,0	127,9	157,8
		30-50	145,5	108,3	81,7	111,8
		0-50	202,6	155,2	123,6	160,4
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	214	220	160	198
		10-20	188	165	142	165
		20-30	142	126	97	121
		30-50	137	109	84	110
		0-50	170	155	121	149
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	199	185	148	177
		10-20	193	163	135	164
		20-30	158	122	88	123
		30-50	120	125	98	114
		0-50	167	149	117	144
НСР ₀₅ частный эффект			31,88	26,77	17,58	
НСР ₀₅ фактора А			8,23	9,91	4,54	
НСР ₀₅ фактора Б			8,23	9,91	4,54	

Содержание обменного калия в почве под озимой пшеницей в зависимости от предшественников на фоне последствия основной обработки почвы, мг/кг (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Слой, см	Срок отбора			Среднее
			посев	колошение	уборка	
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	0-10	241	202	227	223
		10-20	203	191	132	175
		20-30	195	136	159	163
		30-50	148	118	121	129
		0-50	197	161	160	173
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	184	240	162	195
		10-20	188	188	168	181
		20-30	156	174	164	165
		30-50	151	152	127	143
		0-50	170	189	155	171
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	212	184	183	193
		10-20	124	139	168	144
		20-30	132	112	165	136
		30-50	135	109	150	131
		0-50	151	136	166	151
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	0-10	251	208	174	211
		10-20	193	180	176	183
		20-30	153	135	154	148
		30-50	141	114	123	126
		0-50	185	159	157	167
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	233	232	221	229
		10-20	174	187	165	175
		20-30	156	174	157	163
		30-50	146	136	137	140
		0-50	177	182	170	176
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	249	209	214	224
		10-20	164	175	167	169
		20-30	146	144	168	153
		30-50	137	147	128	137
		0-50	174	169	169	171
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	0-10	248	195	185	210
		10-20	196	191	183	190
		20-30	179	157	148	161
		30-50	138	122	145	135
		0-50	190	166	165	174
	Сидеральный пар донника желтого	0-10	220	242	221	228
		10-20	197	187	194	193
		20-30	140	148	137	141
		30-50	142	131	149	140
		0-50	175	177	175	176
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны синей	0-10	165	207	167	180
		10-20	170	185	173	176
		20-30	157	144	157	153
		30-50	125	147	121	131
		0-50	154	171	155	160
НСР ₀₅ частный эффект			37,33	28,33	20,52	
НСР ₀₅ фактора А			9,64	7,31	5,3	
НСР ₀₅ фактора Б			9,64	7,31	5,3	

Приложение 19

Урожай озимой пшеницы в зависимости от различных предшественников
и последствий основной обработки почвы

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Урожайность т/га		
		2012 г.	2013 г.	Среднее
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	4,33	5,00	4,66
	Сидеральный пар донника желтого	4,15	5,22	4,69
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	3,98	5,03	4,51
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	4,31	4,94	4,62
	Сидеральный пар донника желтого	4,13	5,38	4,76
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	3,94	4,87	4,41
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	4,33	4,97	4,65
	Сидеральный пар донника желтого	4,16	5,49	4,83
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	3,99	4,94	4,47
НСР ₀₅		0,37	0,45	-

Приложение 20

Качество озимой пшеницы в зависимости от предшественников
на фоне последствий основной обработки почвы (2012 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Число падения, сек.	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	190	11,12	26,0	109
	Сидеральный пар донника желтого	188	11,52	26,7	102
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	202	12,79	28,1	96
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	185	11,07	25,7	111
	Сидеральный пар донника желтого	185	11,49	26,6	103
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	198	12,50	27,5	92
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	183	10,99	25,8	110
	Сидеральный пар донника желтого	191	11,62	26,8	102
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	198	12,69	27,8	96
НСР ₀₅		16,2	0,5	1,0	11,8

Приложение 21

Качество озимой пшеницы в зависимости от предшественников
на фоне последствий основной обработки почвы (2013 г.)

Способ обработки (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Число падения, сек.	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	158	11,1	23,3	105
	Сидеральный пар донника желтого	168	11,7	23,2	99
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	186	12,3	26,8	94
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	150	10,8	22,8	106
	Сидеральный пар донника желтого	169	11,7	24,6	97
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	182	12,1	26,5	94
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	157	10,7	23,2	109
	Сидеральный пар донника желтого	175	11,9	25,1	95
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	187	12,2	26,4	92
НСР ₀₅		13,0	0,53	1,12	9,6

Вынос фосфора из почвы из слоя 0-30 см (2012 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Масса P ₂ O ₅ в слое 0-30 см, кг/га			Коэффициент использования из почвы P ₂ O ₅	Масса P ₂ O ₅ с учетом коэффициента, кг/га			Вынос P ₂ O ₅ на 1 тону основной продукции с учетом побочной, кг/га	Урожайность, т/га	Вынос P ₂ O ₅ с урожаем, кг/га	Вынос P ₂ O ₅ с урожаем из почвы, кг/га
		1	2	3		1	2	3				
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	592,9	403,2	312,5	7	41,50	28,22	21,87	9,2	4,33	39,84	19,63
	Сидеральный пар донника желтого	474,4	465,8	367,2	7	33,21	32,60	25,70	9,2	4,15	38,18	7,50
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	454,9	373,0	295,8	7	31,84	26,11	20,71	9,2	3,98	36,62	11,13
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	574,6	383,8	323,9	7	40,22	26,86	22,67	9,2	4,31	39,65	17,55
	Сидеральный пар донника желтого	449,6	463,7	373,3	7	31,47	32,46	26,13	9,2	4,13	38,00	5,34
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	477,9	365,7	306,0	7	33,45	25,60	21,42	9,2	3,94	36,25	12,03
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	567,3	399,3	296,3	7	39,71	27,95	20,74	9,2	4,33	39,84	18,97
	Сидеральный пар донника желтого	496,2	445,1	352,8	7	34,74	31,15	24,70	9,2	4,16	38,27	10,04
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	435,0	396,7	311,5	7	30,45	27,77	21,81	9,2	3,99	36,71	8,64

Примечание: 1 – посев; 2 – колошение; 3 – уборка

Вынос фосфора из почвы из слоя 0-30 см (2013 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Масса P ₂ O ₅ в слое 0-30 см, кг/га			Коэффициент использования из почвы P ₂ O ₅	Масса P ₂ O ₅ с учетом коэффициента, кг/га			Вынос P ₂ O ₅ на 1 тонну основной продукции с учетом побочной, кг/га	Урожайность, т/га	Вынос P ₂ O ₅ с урожаем, кг/га	Вынос P ₂ O ₅ с урожаем из почвы, кг/га
		1	2	3		1	2	3				
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	710,5	522,5	482,4	7	49,74	36,57	33,77	9,2	5,00	46,00	15,97
	Сидеральный пар донника желтого	578,3	499,2	479,7	7	40,48	34,94	33,58	9,2	5,22	48,02	6,90
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	472,0	438,8	362,9	7	33,04	30,71	25,40	9,2	5,03	46,28	7,64
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	680,8	464,1	408,7	7	47,65	32,49	28,61	9,2	4,94	45,45	19,04
	Сидеральный пар донника желтого	548,7	476,2	432,9	7	38,41	33,33	30,30	9,2	5,38	49,50	8,11
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	508,2	404,5	365,8	7	35,57	28,31	25,60	9,2	4,87	44,80	9,97
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	691,7	530,2	483,1	7	48,42	37,11	33,82	9,2	4,97	45,72	14,60
	Сидеральный пар донника желтого	575,6	506,7	522,5	7	40,29	35,47	36,57	9,2	5,49	50,51	3,72
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	504,0	400,7	363,8	7	35,28	28,05	25,46	9,2	4,94	45,45	9,82

Примечание: 1 – посев; 2 – колошение; 3 – уборка

Вынос калия из почвы из слоя 0-30 см (2012 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Масса K ₂ O в слое 0-30 см, кг/га			Коэффициент использования из почвы K ₂ O	Масса K ₂ O с учетом коэффициента, кг/га			Вынос K ₂ O на 1 тону основной продукции с учетом побочной, кг	Урожайность, т/га	Вынос K ₂ O с урожаем, кг/га	Вынос K ₂ O с урожаем из почвы, кг/га
		1	2	3		1	2	3				
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	757,6	554,4	453,8	8,8	66,67	48,79	39,94	15,7	4,33	67,98	26,73
	Сидеральный пар донника желтого	647,8	617,6	468,0	8,8	57,01	54,34	41,18	15,7	4,15	65,16	15,82
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	622,4	520,8	407,2	8,8	54,77	45,83	35,83	15,7	3,98	62,49	18,94
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	735,7	560,9	438,2	8,8	64,74	49,36	38,56	15,7	4,31	67,67	26,18
	Сидеральный пар донника желтого	644,3	623,0	479,5	8,8	56,70	54,83	42,19	15,7	4,13	64,84	14,50
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	637,2	531,3	439,2	8,8	56,07	46,75	38,65	15,7	3,94	61,86	17,42
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	812,5	620,7	517,5	8,8	71,50	54,62	45,54	15,7	4,33	67,98	25,96
	Сидеральный пар донника желтого	646,2	586,5	478,8	8,8	56,86	51,61	42,13	15,7	4,16	65,31	14,73
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	636,8	536,9	439,0	8,8	56,04	47,25	38,63	15,7	3,99	62,64	17,41

Примечание: 1 – посев; 2 – колошение; 3 – уборка

Вынос калия из почвы из слоя 0-30 см (2013 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественники озимой пшеницы (фактор А)	Масса K ₂ O в слое 0-30 см, кг/га			Коэффициент использования из почвы K ₂ O	Масса K ₂ O с учетом коэффициента, кг/га			Вынос K ₂ O на 1 тону основной продукции с учетом побочной, кг	Урожайность, т/га	Вынос K ₂ O с урожаем, кг/га	Вынос K ₂ O с урожаем из почвы, кг/га
		1	2	3		1	2	3				
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	792,4	681,1	695,5	8,8	69,73	59,94	61,20	15,7	5	78,50	8,53
	Сидеральный пар донника желтого	628,3	771,8	643,5	8,8	55,29	67,92	56,63	15,7	5,22	81,95	-1,34
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	533,5	543,8	650,2	8,8	46,95	47,85	57,21	15,7	5,03	78,97	-10,26
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	740,3	678,6	660,2	8,8	65,14	59,72	58,10	15,7	4,94	77,56	7,04
	Сидеральный пар донника желтого	665,5	760,3	705,9	8,8	58,57	66,91	62,12	15,7	5,38	84,47	-3,55
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	675,2	665,3	697,2	8,8	59,42	58,54	61,36	15,7	4,87	76,46	-1,94
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	786,2	700,5	681,1	8,8	69,19	61,64	59,94	15,7	4,97	78,03	9,25
	Сидеральный пар донника желтого	652,9	731,5	712,1	8,8	57,45	64,37	62,66	15,7	5,49	86,19	-5,21
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	551,0	676,6	642,4	8,8	48,49	59,54	56,53	15,7	4,94	77,56	-8,04

Примечание: 1 – посев; 2 – колошение; 3 – уборка

Эффективность расходования влаги в звене предшественник – озимая пшеница (2012 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественник озимой пшеницы (фактор А)	Урожайность зеленой массы занятого пара, т/га	Масса сена на стандартную влажность (17%), т/га	Масса корневых остатков (сухих), т/га	Масса пожнивных остатков (сухих), т/га	Урожайность озимой пшеницы, т/га	Количество соломы, т/га	Масса сухих корневых остатков озимой пшеницы, т/га	Масса сухих пожнивных остатков озимой пшеницы, т/га	Сумма сухого вещества в звене, т/га	Влажность почвы при уборке подсолнечника в слое 0-100 см	Сумма осадков в звене, мм	Влажность почвы при уборке озимой пшеницы в слое 0-100 см	Сумма расходуемой влаги, мм	Расход влаги на 1 т сухого вещества, мм
Вспашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	-	-	-	-	4,33	6,50	4,05	1,32	16,20	92,40	1225,00	113,80	1203,60	74,30
	Сидеральный пар донника желтого	11,90	2,87	3,39	1,17	4,15	6,23	3,93	1,31	23,04	74,40	1225,00	80,80	1218,60	52,89
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	21,30	5,13	6,63	1,51	3,98	5,97	3,81	1,29	28,32	105,40	1225,00	88,40	1242,00	43,85
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	-	-	-	-	4,31	6,47	4,04	1,32	16,13	92,40	1225,00	91,50	1225,90	75,99
	Сидеральный пар донника желтого	11,00	2,65	3,22	1,13	4,13	6,20	3,91	1,30	22,54	74,40	1225,00	90,40	1209,00	53,64
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	21,20	5,11	6,61	1,51	3,94	5,91	3,78	1,28	28,14	105,40	1225,00	74,60	1255,80	44,63
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	-	-	-	-	4,33	6,50	4,05	1,32	16,20	92,40	1225,00	97,80	1219,60	75,29
	Сидеральный пар донника желтого	11,40	2,75	3,30	1,15	4,16	6,24	3,93	1,31	22,83	74,40	1225,00	92,10	1207,30	52,88
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	21,50	5,18	6,68	1,52	3,99	5,99	3,81	1,29	28,46	105,40	1225,00	82,80	1247,60	43,84

Эффективность расходования влаги в звене предшественник – озимая пшеница (2013 г.)

Способ обработки почвы (фактор Б)	Предшественник озимой пшеницы (фактор А)	Урожайность зеленой массы занятого пара, т/га	Масса сена на стандартную влажность (17%), т/га	Масса корневых остатков (сухих), т/га	Масса пожнивных остатков (сухих), т/га	Урожайность озимой пшеницы, т/га	Количество соломы, т/га	Масса сухих корневых остатков озимой пшеницы, т/га	Масса сухих пожнивных остатков озимой пшеницы, т/га	Сумма сухого вещества в звене, т/га	Влажность почвы при уборке подсолнечника в слое 0-100 см	Сумма осадков в звене, мм	Влажность почвы при уборке озимой пшеницы в слое 0-100 см	Сумма расходуемой влаги, мм	Расход влаги на 1 т сухого вещества, мм
Велашка (20-22 см)	Пар чистый (контроль)	-	-	-	-	5,00	7,50	4,52	1,39	18,41	121,20	1294,00	59,50	1355,70	73,64
	Сидеральный пар донника желтого	9,82	2,37	2,99	1,07	5,22	7,83	4,67	1,41	25,57	92,40	1294,00	42,60	1343,80	52,56
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	14,70	3,54	3,93	1,31	5,03	7,55	4,54	1,39	27,29	78,10	1294,00	43,20	1328,90	48,69
Дискование (8-10 см)	Пар чистый	-	-	-	-	4,94	7,41	4,48	1,38	18,21	127,60	1294,00	55,80	1365,80	74,99
	Сидеральный пар донника желтого	9,75	2,35	2,98	1,07	5,38	8,07	4,79	1,43	26,06	79,95	1294,00	45,50	1328,45	50,97
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	14,50	3,49	3,90	1,30	4,87	7,31	4,43	1,38	26,67	105,80	1294,00	45,90	1353,90	50,77
Плоскорезная обработка (20-22 см)	Пар чистый	-	-	-	-	4,97	7,46	4,50	1,39	18,31	136,60	1294,00	65,60	1365,00	74,55
	Сидеральный пар донника желтого	9,90	2,39	3,01	1,08	5,49	8,24	4,86	1,44	26,50	123,75	1294,00	49,30	1368,45	51,64
	Кулисно-мульчирующий пар люцерны	14,60	3,52	3,91	1,30	4,94	7,41	4,48	1,38	26,95	134,75	1294,00	39,40	1389,35	51,56

АКТ

внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. Наименование внедренного мероприятия «Бобовые травы в сидеральных парах и бинарных посевах озимой пшеницы»

2. Разработка внедрена при выполнении НИР по хоздоговору

«Плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы при использовании различных приемов биологизации в лесостепи ЦЧР»

3. Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению
Кафедрой земледелия Воронежского ГАУ

4. Наименование хозяйства (организации), его адрес ИП Гл. КФХ Палихов А.А., Воронежская область, Хохольский район с. Яблочное.

5. Календарные сроки внедрения (начало – окончание) 5 сентября 2011 г. – 25 августа 2013 г.

6. Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически) 44 га

7. Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях

Производственные затраты на 1 га озимой пшеницы - 13890 руб.;

Стоимость продукции на 1 га озимой пшеницы - 24420 руб.;

Чистый доход с 1 га озимой пшеницы - 10530 руб.;

Чистый доход с площади внедрения (44 га) – 463320 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., аспирант Болучевский Д.А., руководитель КФХ Палихов А.А.

Председатель комиссии:

ИП Гл. КФХ Палихов А.А.

Главный бухгалтер

Ответственные за внедрение



Палихов А.А.

Шихова Л.М.

Дедов А.В.

Болучевский Д.А.

АКТ

внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. Наименование внедренного мероприятия «Бобовые травы в сидеральных парах и бинарных посевах озимой пшеницы»

2. Разработка внедрена при выполнении НИР по хоздоговору

«Плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы при использовании различных приемов биологизации в лесостепи ЦЧР»

3. Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению
Кафедрой земледелия Воронежского ГАУ

4. Наименование хозяйства (организации), его адрес ООО, «МАКС-АГРО» Воронежская область, Хохольский район, с. Рассошки.

5. Календарные сроки внедрения (начало – окончание) 15 августа 2012 г. – 3 сентября 2013 г.

6. Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически) 52 га

7. Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях

Производственные затраты на 1 га озимой пшеницы - 16030 руб.;

Стоимость продукции на 1 га озимой пшеницы - 28324 руб.;

Чистый доход с 1 га озимой пшеницы - 12294 руб.;

Чистый доход с площади внедрения (52 га) – 639288 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., аспирант Болучевский Д.А.

руководитель ООО, «МАКС-АГРО» Труфанов Ю.В.

Председатель комиссии:

ООО, «МАКС-АГРО»

Ответственные за внедрение



Труфанов Ю.В.

Дедов А.В.

Болучевский Д.А.

Акт составлен « 3 » сентября 2013 г.