

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»

На правах рукописи



Тойгильдин Александр Леонидович

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОЛОГИЗАЦИИ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность: 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание учёной степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук
профессор В.И. Морозов

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Биологизация современного земледелия в лесостепной зоне Поволжья	11
1.1. Роль севооборота в биологизации земледелия и воспроизводстве плодородия черноземных почв.....	11
1.2. Значение бобовых фитоценозов в биологизации земледелия.....	31
1.3. Эффективность обработки почвы и удобрений при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья.....	39
2. Почвенно-климатические условия лесостепной зоны Поволжья и методика проведения исследований	50
2.1. Характеристика климатических условий.....	50
2.2. Почвенный покров и его агрохимическая характеристика.....	52
2.3. Метеорологические условия за годы проведения исследований.....	56
2.4. Схемы полевых опытов и их обоснование.....	66
2.5. Методика наблюдений, учетов и анализов.....	73
3. Вариабельность абиотических факторов и адаптация растений на агротехнические приемы	76
3.1. Биоклиматические ресурсы и потенциальная урожайность полевых культур.....	76
3.2. Продолжительность межфазных периодов полевых культур в зависимости от абиотических факторов и агротехнических приемов	81
3.2.1 Зерновые бобовые культуры.....	82
3.2.2 Озимая пшеница.....	89
3.2.3 Многолетние травы.....	95
3.2.4 Яровая пшеница.....	100
Выводы.....	104
4. Динамика показателей плодородия почвы в зависимости от систем обработки почвы и удобрений при биологизации полевых севооборотов лесостепного Поволжья	105
4.1. Агрофизические свойства почвы в севооборотах.....	105
4.1.1 Плотность почвы.....	106
4.1.2 Структурно-агрегатный состав почвы.....	114
4.1.3 Твердость почвы.....	123
4.2. Динамика запасов продуктивной влаги в почве.....	134
4.3. Биологическая активность почвы.....	157
4.4. Продуктивность симбиотической азотфиксации бобовых культур..	173

4.5.	Закономерности накопления и объемы биогенных ресурсов плодородия почвы в севооборотах.....	191
4.6.	Содержание и накопление биогенных элементов в фитомассе.....	211
	Выводы.....	223
5.	Формирование урожая и продуктивность полевых культур при биологизации севооборотов.....	226
5.1.	Формирование урожая зерновых бобовых культур.....	226
5.2.	Качество урожая и продуктивность зерновых бобовых культур.....	237
5.3.	Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы.....	242
5.3.1	Формирование урожая и качество зерна озимой пшеницы.....	242
5.3.2	Продуктивность звеньев с озимой пшеницей.....	260
5.3.3	Подбор предшественников озимой пшеницы в севооборотах.....	264
5.4.	Формирование урожая и качества зерна яровой пшеницы при биологизации севооборотов.....	272
5.5.	Формирование урожая и продуктивность многолетних трав.....	299
5.6.	Модели посевов многолетних трав.....	311
	Выводы.....	319
6.	Сравнительная продуктивность севооборотов при биологизации земледелия.....	324
7.	Оценка экономической и энергетической эффективности биологизации севооборотов.....	336
7.1.	Экономическая эффективность.....	336
7.2.	Энергетическая эффективность.....	344
	Выводы.....	350
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	352
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	359
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	361
	ПРИЛОЖЕНИЯ	393

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Лесостепная зона Поволжья обладает уникальными природно-экономическими условиями для сельскохозяйственного производства, где исторически сложилась зерно-мясо-молочная специализация сельского хозяйства, которая определяла структуру эффективного использования пашни на основе принципов плодосмена.

Однако в последние десятилетия в хозяйствах зоны снизилось поголовье скота, сократился объем внесения органических удобрений, изменилась структура посевных площадей, на полях преобладает зерновая монокультура, что неизбежно ведет к деградации почвенного плодородия и снижению продуктивности пашни.

В земледелии лесостепи Поволжья в балансе энергетических ресурсов агроландшафтных экосистем расходная часть не компенсируется приходной. На территории Ульяновской области за последние 50 лет существенно сократились почвы, относящиеся к категории среднегумусированных, увеличились площади малогумусированных и слабогумусированных почв (на 44 тыс. га). При остром дефиците органического вещества происходит деградация черноземных и других почв зоны, что вызывает замедление роста урожаев, снижение качества продукции, ее удорожание.

В условиях дороговизны техногенных ресурсов и экологической напряженности для обеспечения устойчивого функционирования агроэкосистем необходимы альтернативные подходы к разработке агротехнологий, базирующихся на концепции биологизации земледелия, что продиктовано интересами сокращения затрат материально-денежных средств на производство продукции растениеводства и воспроизводство плодородия почвы (Кирюшин В.И., 2000; Лошаков В.Г., 2012).

Актуальность биологизации земледелия заключается в том, чтобы придать ему энерго-ресурсосберегающий и устойчивый характер развития. Разработка и обоснование приемов биологизации для повышения продуктивности пашни и воспроизводства плодородия почвы являются актуальными за-

дачами современного земледелия, в том числе и в условиях лесостепной зоны Поволжья.

Их решению были посвящены наши исследования, которые выполнялись в ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в соответствии с пятилетними планами НИР университета, прошедшими Государственную регистрацию: «Воспроизводство биогенных ресурсов плодородия в агробиоценозах, обеспечение их производительности и устойчивости на основе адаптивной интенсификации в системах земледелия лесостепи Поволжья (№ 01.200.2.03525, 2006-2010 гг.) и «Биологизация севооборотов, воспроизводство биогенных ресурсов и регулирование плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Поволжья (№ 01.201.1.57938, 2011-2015 гг.)».

Цель исследований: научно-практическое обоснование биологизации земледелия с целью повышения устойчивости и экономической эффективности производства растениеводческой продукции и сохранения плодородия почв в условиях лесостепной зоны Поволжья.

Задачи исследований:

- оценить биоклиматический потенциал и продуктивность полевых культур в лесостепной зоне Поволжья;
- изучить динамику водно-физических показателей плодородия почвы при биологизации полевых севооборотов;
- оценить продуктивность азотфиксации зернобобовых культур и многолетних бобовых трав как фактора биологизации в зависимости от систем обработки почвы и удобрения в севооборотах;
- изучить влияние полевых культур и севооборотов на микробиологическую активность почвы и фитосанитарное состояние агрофитоценозов;
- выявить вклад полевых культур и севооборотов в накопление биогенных ресурсов плодородия почвы при биологизации;
- изучить особенности формирования урожая полевых культур и продуктивности севооборотов при их биологизации в условиях лесостепи Поволжья;

- дать экономическую и энергетическую оценку эффективности биологизации экспериментальных севооборотов в условиях лесостепи Поволжья.

Научная новизна. В работе приводятся результаты комплексных исследований биологизации севооборотов в системах земледелия лесостепной зоны Поволжья.

Впервые разработаны модели звеньев и полевых биологизированных севооборотов с оптимальным сочетанием чистых и занятых паров (бобовые фитоценозы) на органоминеральных фонах удобрения, ориентированных на высокую продуктивность, экономическую эффективность и воспроизводство плодородия чернозема выщелоченного.

Расширены и углублены знания, позволяющие оптимизировать и разрабатывать новые модели поливидовых посевов зерновых бобовых и многолетних трав как факторов биологизации, обладающих максимальной продуктивностью.

Впервые определена модель взаимозависимости водно-физических свойств чернозема выщелоченного (плотность, твердость и влажность) в условиях биологизации земледелия.

Впервые научно обоснована и экспериментально доказана эффективность систем основной обработки почвы в биологизированных севооборотах с учетом их положительного влияния на продуктивность полевых культур и достижения высокой экономической и энергетической эффективности для условий лесостепной зоны Поволжья. Экспериментально также доказана эффективность органоминеральных систем удобрения с оптимальными дозами NPK, сориентированных на повышение продуктивности пашни, воспроизводство плодородия почвы и окупаемость затрат при возделывании сельскохозяйственных культур в биологизированных севооборотах.

Теоретическая и практическая значимость. Дано теоретическое обоснование концепции биологизации земледелия на черноземных почвах лесостепного Поволжья, которое заключается в усилении продукционных функций полевых культур на основе плодосмена; в накоплении биогенных

ресурсов для воспроизводства плодородия почвы; вовлечении биологического азота бобовых агрофитоценозов в биотический круговорот вещества и энергии; использовании фитосанитарных и экологических функций полевых культур и севооборотов. Доказано, что практическая реализация биологизации земледелия возможна путем насыщения полевых севооборотов зерновыми бобовыми культурами, бобовыми многолетними травами, с помощью органоминеральных систем удобрения с использованием сидератов и соломы зерновых и зернобобовых культур в качестве источников биогенных ресурсов плодородия почвы.

Установлено, что освоение биогенной интенсификации позволяет оптимизировать водно-физические свойства, повышает микробиологическую активность почвы, обеспечивает накопление биогенных ресурсов плодородия почвы для бездефицитного баланса гумуса и элементов минерального питания. Биологизация полевых севооборотов лесостепной части Поволжья усиливает их фитосанитарные и экологические функции за счет снижения засоренности посевов и уменьшения распространения болезней растений зерновых культур. Комплексная биологизация земледелия в рамках севооборотов позволяет повысить урожайность, качество зерна зерновых культур и общую продуктивность севооборотов.

Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ.

Внедрение биологизации севооборотов в ООО «Агрофирма Приволжье» Старомайнского района Ульяновской области позволило в период с 2008 по 2017 гг. повысить средневзвешенное содержание гумуса чернозема выщелоченного супесчаного на 0,21% (с 4,11 до 4,32 %), урожайность зерновых и зернобобовых культур с 1,80 т/га до 2,60 т/га. Условно чистый доход с 1 га в 2016 году составил более 6000 руб., с уровнем рентабельности производства зерновых и зернобобовых культур более 50 %.

Внедрение системы биологизации в технологию возделывания яровой пшеницы в ИП (КФХ) И.И. Хамзин Цильнинского района Ульяновской об-

ласти с использованием органоминеральной системы удобрения (сидерат + солома + NPK) позволило повысить ее урожайность на 56,5 % (с 2,20 т/га до 3,89 т/га) и рентабельность производства зерна на 31,4 %.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе и обобщении известных достижений науки и передовой научно-технической информации на принципах системного подхода к решению изучаемой проблемы. В работе использовались аналитически-обобщающий, экспериментальный (полевые опыты и лабораторные исследования почвенных и растительных образцов), статистический (математический анализ полученных результатов исследований), экономический и энергетический методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- источники обогащения почвы органическим веществом как фактора биологизации;
- продуктивность симбиотической азотфиксации зерновых бобовых культур и многолетних бобовых трав;
- фитосанитарная функция севооборотов при их биологизации;
- продуктивность звеньев с чистыми и занятыми парами по выходу зерна и зерновых единиц, а также по энергетической и экономической эффективности;
- качество зерна озимой и яровой пшеницы при биологизации севооборотов лесостепной зоны Поволжья;
- модели поливидовых посевов многолетних трав (люцерна, кострец и эспарцет) для более полной реализации продуктивного потенциала лесостепной зоны Поволжья;
- системы основной обработки почвы в биологизированных севооборотах на черноземе выщелоченном лесостепной зоны Поволжья;
- органоминеральные системы удобрения при биологизации севооборотов, обеспечивающие реализацию продуктивного потенциала с одновременным воспроизводством плодородия чернозема выщелоченного;

- концепция биологизации севооборотов в земледелии лесостепной зоны Поволжья.

Степень достоверности и апробация работы. Степень достоверности подтверждается использованием общепринятых методик при выполнении лабораторных и полевых исследований, необходимым количеством применяемых наблюдений, измерений и анализов, проведением математической обработки экспериментальных данных методом дисперсионного и корреляционного анализов с использованием современных компьютерных программ, проверкой защищаемых положений в производственных условиях.

Полученные научные и практические результаты доложены и получили положительную оценку на Всероссийских и Международных научно-практических конференциях: «Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы» (Ульяновск, 2005), на II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования» (Самара, 2005), на Международной научно-практической конференции «Молодежь и наука XXI века» (Ульяновск, 2006), «Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы», посвященной 80-летию со дня рождения профессора В.И. Морозова (Ульяновск, 2011), «Проблемы адаптивной интенсификации земледелия в Среднем Поволжье» (Самара, 2012), «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе» (Кокшетау, 2012); «Теория и практика актуальных исследований» (Краснодар, 2012), «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2013, 2015); «Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии» (Москва, 2015); «Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития» (Ульяновск, 2016).

Реализация результатов исследований. Результаты исследований прошли производственную проверку и внедрены в ООО «Восток» Новомаляклинского района, ООО «Хлебороб» Ульяновского района, ИП (КФХ)

И.И. Хамзин Цильнинского района, ИП (КФХ) П.Н. Долгов Цильнинского района, ООО «Агрофирма Приволжье» Старомайнского района Ульяновской области на общей площади более 5 тыс. га.

Публикация результатов исследований. Автором опубликовано 70 научных работ, в том числе две монографии (в соавторстве), практические рекомендации и учебные пособия. По теме диссертации опубликовано 48 научных работ, в том числе 17 - в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ. Получен 1 патент на изобретение.

Личный вклад автора: патентный поиск, анализ литературы, участие в разработке схем и закладка полевых опытов - экспериментов, проведение полевых и лабораторных исследований, анализ и обобщение полученных экспериментальных данных, их математическая обработка, внедрение результатов исследований в сельскохозяйственное производство, подготовка публикаций.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 424 страницах текста компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, условий и методики исследований, семи глав, заключения и предложений производству. Содержит 91 таблицу, 35 рисунков и 25 приложений. Список литературы включает 450 источников, в том числе 40 - зарубежных авторов.

Автор выражает глубокую благодарность за оказанную помощь в подготовке диссертационной работы научному консультанту доктору сельскохозяйственных наук профессору В.И. Морозову за содействие и помощь в сборе экспериментального материала сотрудникам научно-исследовательской лаборатории «Биологизация земледелия», особенно М.И. Подсевалову, А.А. Асмусу и Н.А. Хайртдиновой, а также аспирантам и студентам.

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПОВОЛЖЬЯ

1.1. Роль севооборота в биологизации земледелия и воспроизводстве плодородия черноземных почв

Первостепенной задачей сельскохозяйственного производства является повышение продуктивности и устойчивости функционирования агроландшафтных экосистем. От генезиса и в процессе эволюции земледелия человек понимал, что возделывание сельскохозяйственных культур на прежнем поле приводит к снижению продуктивности пашни (Очерки по истории..., 2008). С античности человек знал о пользе чередования культур, но причины этого явления агрономической наукой на тот период не были установлены.

Научно-теоретическое обоснование чередования культур и учение о севооборотах появились в период развития естественных наук в XVIII-XIX веках, чему способствовало развитие химии, ботаники и физики.

В России первые практические рекомендации по основанию севооборотов дал основоположник отечественной агрономии А.Т. Болотов (1738-1833). В своем труде «О разделении полей», изданном раньше, чем работы в Европе, он приводит основные положения по введению севооборотов и организации сельскохозяйственной территории. Впервые в истории севооборот стал рассматриваться не только как чередование культур, но и как основа системы земледелия. Необходимость севооборота с организационных и экономических соображений отмечалась и в работах И.М. Комова (1750-1792).

Первая попытка научно обосновать роль севооборота принадлежит А.Д. Тэеру (1772-1828), им создана гумусовая теория питания растений, на которой строилось учение об истощении и обогащении почв, причем растения он делил на обогащающие и истощающие. Соответственно при построении севооборотов те и другие должны чередоваться в должных пропорциях. На этом основании еще А.Д. Тэером были созданы предпосылки для закона

плодосмена – «любое агротехническое мероприятие более эффективно при плодосмене, чем при бессменном посеве».

Сторонником гумусовой теории был и отечественный ученый М.Г. Павлов (1793-1840), который считал, что материалом для питания растений являются «чернозем, вода и углекислота», ему принадлежит работа «Плодопеременение как закон природы и первое правило составления севооборота» (1838).

Важным научным открытием явилась теория минерального питания растений Ю. Либиха (1803-1873), им сформулированы «закон минимума» и «закон полного возврата». Несмотря на то, что Ю. Либих не признавал плодосмен и отрицал значение органических удобрений, им подготовлена фундаментальная основа для развития учения о севооборотах. Ю. Либих делил все культурные растения на три группы в зависимости от того, какой элемент питания относительно больше потребляется данной культурой - калий, кальций или фосфор. Согласно этой теории необходимо чередовать культуры с различной потребностью в зольных элементах питания. Снижение урожая при бессменных посевах одной и той же культуры объяснялось уменьшением в почве того или иного элемента питания, что отражается в его словах «нет более прямого пути к абсолютному обнищанию народа, как непрерывная культура однолетних растений».

Ж.Б. Буссенго (1802-1887) внес ясность в различие бобовых и небобовых культур по влиянию на плодородие почвы и подтвердил характеристику, данную А.Д. Тэером клеверу и люцерне как растениям, обогащающим почву азотом.

Одна из первых гипотез заключалась в том, что при монокультуре в почве накапливаются выделения высших растений, делающих почвенную среду непригодной для выращивания культурных растений тех же видов. Так появились представления о почвоутомлении, на чем основывалась теория самоотравления растений своими корневыми выделениями ботаника О.П. Декандоля (1778-1841).

Большой вклад в развитие учения о плодосмене внес А.В. Советов (1826-1901), который определял уровень культуры земледелия и развития сельского хозяйства расширением полевого травосеяния, побуждающего вести хозяйство на научной основе. Следует отметить работы И.А. Стебута (1833-1923) и А.С. Ермолова (1846-1916), которые подчеркивали, что севооборот выражает не только чередование культур, но и производственное направление хозяйства.

П.А. Костычев (1845-1895) и В.В. Докучаев (1846-1903) пришли к выводу, что степная растительность способствует накоплению перегноя в почве и образованию прочной зернистой структуры. Они объясняли необходимость чередования культур тем, что при возделывании одних ухудшаются физические свойства почв, а при возделывании других - улучшаются, вследствие чего повышается плодородие почвы, улучшаются ее питательный и водный режимы. На основании этого были сделаны рекомендации по чередованию посевов многолетних бобовых трав в смеси со злаковыми травами, которые улучшают и восстанавливают агрономически ценную структуру почвы, с посевами однолетних зерновых культур, при возделывании которых такая структура якобы утрачивается. Позднее данные идеи были развиты В.Р. Вильмсом (1863-1939).

В начале XX века В.Г. Ротмистров (1910) пришел к выводу, что необходимо чередовать культуры, имеющие разную корневую систему, в силу чего разные растения могут использовать воду и питательные элементы с различной глубины. Он разделил все сельскохозяйственные культуры на три группы по глубине проникновения корней в почву: с неглубокой корневой системой - картофель, гречиха, лен, просо, горох; со средней - пшеница, рожь, вика, ячмень; и с глубокой корневой системой - люцерна.

Таким образом, исследователи на начальных стадиях развития научной агрономии эффект чередования культур объясняли различными причинами: теорией гумусового питания растений (А.Д. Тэер, М.Г. Павлов и др.), минерального питания (Ю. Либих, Ж.Б. Бусенго др.), причиной почвоутом-

ления (О.П. Декандоль и др.), различной корневой системой растений (В.Г. Ротмистров, А.М. Модестов и др.), улучшения структуры почвы (П.А. Костычев, В.В. Докучаев, В.В. Вильямс и др.).

Д.Н. Прянишников (1965 - 1948), используя обширный материал предшественников и результаты экспериментального изучения севооборотов, особо подчеркивал их значение и необходимость их дифференциации в зависимости от возделываемых культур, природных и экономических условий. Он сформулировал четыре группы причин чередования сельскохозяйственных культур: химического порядка, физического порядка, биологического порядка и экономического порядка и собственно закон плодосмена (Прянишников Д.Н., 1962).

Со времени формирования причин чередования сельскохозяйственных культур значительно расширились познания и более широко раскрыты механизмы взаимодействия в системе почва-растение-окружающая среда, однако принципиальные положения, выдвинутые Д.Н. Прянишниковым, по-прежнему актуальны и лежат в основе современных систем земледелия (Лощаков В.Г., 2012).

Сидоров М.И. (1993) отмечал, что «...плодосмен по влиянию на свойства почвы подобен фитоценозам, но проявляет свое воздействие во времени» и сегодня севооборот многими учеными рассматривается как следствие из всеобщего закона единства растительных организмов и среды их обитания.

Заикин В.П. (2016) отмечает, что эффективность плодосмена перед бессменными посевами закономерна и является частным проявлением закона оптимума, минимума, максимума. Преимущество заключается в повышении урожайности при научно обоснованном чередовании сельскохозяйственных культур, чем при бессменном или длительном повторном их возделывании, так как эффективный севооборот оптимизирует факторы, ограничивающие урожай или снижающие его качество.

Севообороты и набор культур в них всегда определяли типы и виды систем земледелия, которые в ретроспективе эволюционировали от примитивных (паровой) до современных – адаптивно-ландшафтных систем. Продолжается переход на точное земледелие (Системы земледелия, 2006; Каштанов, 2010; Агроэкологическое оценка земель..., 2005; Кирюшин В.И., 2011; Лошаков В.Г., 2012; Якушев, В.В., 2014).

В современной земледелии севооборот рассматривается не только с позиции чередования культур, как это обозначено в определении термина ГОСТом 16265-89. Особая функция севооборота состоит в регулировании режима органического вещества и укреплении азотного фонда почвы (Минеев В.Г., 1993; Морозов В.И., 1994; Лошаков В.Г., 2012; Холзаков В.М., 2006; Казаков Г.И., 2008; Новиков М.Н., 2004, Лыков А.М. и др., 2004; Зотиков В.И., 2007 и др.). Высока роль севооборота в оптимизации фитосанитарного состояния посевов (Воробьев С.А., 1979; Яговенко, Л.Л., 2004; Морозов В.И., 2004; Системы земледелия, 2006; Голомолзин Р.С., 2012; Максимов В.А., 2013), что определяет его биологическую сущность.

Севооборот является аналогом сукцессии – последовательной смены фитоценозов в агроландшафтных экосистемах и рассматривается как агроэкосистема, а главный механизм ее развития – биотический круговорот вещества и превращения энергии (Морозов В.И., 2004; Зотиков В.И., 2007; Акименко, А.С., 2015), в чем просматривается экологическая сущность севооборота.

Севооборот является организационно-технологической основой земледелия, отражает специализацию хозяйства и напрямую связан со структурой посевных площадей – в этом его экономическая сущность (Воробьев С.А., 1979; Системы земледелия, 2006; Лошаков В.Г., 2012).

Севооборот выступает агротехническим, биологическим и организационно-хозяйственным средством управления продукционным процессом растений и регулирования биотического круговорота вещества и энергии

(воспроизводства плодородия почвы), защиты ее от эрозии и приобретает все большее экологическое и фитосанитарное значение в системе земледелия.

Как отмечает ряд ученых, развитие научной агрономии связано с био-сферной парадигмой природопользования, что объясняется экологическими проблемами, возникшими на планете, – загрязнением окружающей среды, потеплением климата и др. (Программа действий, 1998; Доклад конференции ООН, 1993; Кирюшин В.И., 2011; Лошаков В.Г., 2012). Актуальность принципов экологической оптимизации земледелия связана с осознанием человечеством ограниченности природных ресурсов и отрицательной направленности общего вектора развития современного природопользования (Моисеев Н.Н., 1998; Кирюшин В.И., 1996; Фруммин И.Л., 2004;).

Достижение отмеченных принципов возможно за счет процесса экологизации земледелия (Кирюшин В.И., 2011). В.И. Кирюшин (2011, 2012) в своих работах определяет, что сущность экологизации сельского хозяйства заключается в приведении его в соответствие экологическим законам, решении задач сохранения биоразнообразия, адаптации к агроэкологическим условиям, оптимизации соотношения природных и сельскохозяйственных угодий, гармонизации земледелия и животноводства, создании оптимальной инфраструктуры агроландшафтов с учетом энергомас-сопереноса, биологизации земледелия.

В рамках данной проблематики разработаны ландшафтная контурно-мелиоративная система земледелия (Каштанов А.Н. и др., 1994); эколого-генетические основы адаптивного растениеводства (Жученко А.А., 1994, 2000, 2009), теория агроландшафтоведения (Лопырев М.И., 2000), теория адаптивно-ландшафтного земледелия (Кирюшин В.И., 1993, 1996, 2011; Агроэкологическая оценка земель..., 2005).

По выражению В.И. Кирюшина (2011), основным выражением экологизации земледелия является ее биологизация, которую возможно построить на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия, где ключевым эле-

ментом выступают севообороты с их многогранными функциями (Каштанов А.Н., 2004; Лошаков В.Г., 2012).

Кроме того необходимость биологизации земледелия вызвана ограниченностью органических и минеральных удобрений и других средств химизации, а также энергетическими проблемами (Парахин Н.В., 2000, 2002).

Учитывая экологическую напряженность, ограниченность в материальных ресурсах и высокое потребление энергетических ресурсов, в 70-х годах прошлого столетия зародилось биологическое земледелие, направленное на снижение последствий от использования факторов интенсификации. Наибольшее распространение данное направление получило в странах наивысшей интенсификации и представленная в самых первых обзорных работах отечественных и зарубежных авторов (Дудкин В.М., Лобков В.Т., 1990; Кирюшин В.И. и др., 1993; Altieri N., 1983; Grastodt A.A., 1983; Troedson, R., 1991; Klonsky, K., 2007 и др.).

В простом приближении сущность биологизации земледелия можно выразить как усиление роли живых организмов и биопотенциала растений в продукционном процессе и воспроизводстве плодородия почвы в агроэкосистемах (Парахин Н.В., 2002; Система биологизации земледелия..., 2007; Кирюшин В.И., 2011).

Определение биологизации земледелия трактуется по-разному, следовательно и методологические подходы к разработке биологических систем земледелия в различных странах и научных организациях неодинаковые.

Многие авторы считают, что сущность биологизации заключается в максимальном сокращении разницы в разложении органического вещества в почве и поступлением его из разных источников. Наиболее доступным и эффективным источником является использование биогенных ресурсов, воспроизводимых в агрофитоценозах, а также производимого в хозяйстве навоза (Парахин Н.В., 2000, 2002; Лошаков В.Г., 2002; Ильина Л.В., 2004; Кирюшин В.И., 2011; Беленков А.И. и др., 2014).

Термин «биологизация» прочно вошел в современное земледелие, однако по мнению Н.В. Парахина и В.Т. Лобкова (2000), зачастую встречающееся смешение понятий «биологическое земледелие» и «биологизация» необоснованно. По их мнению, под биологизацией следует понимать интенсификацию и максимальное использование биологических факторов в системах земледелия. Биологические системы земледелия - это высшая форма биологизации, которая предусматривает решение вопросов удовлетворения растений в факторах жизни за счет биологических факторов. Они гораздо сложнее интенсивных систем и не имеют ничего общего с примитивным земледелием.

Понятие «биологизация» не следует также смешивать с экологизацией. Биологизация – одно из направлений экологизации земледелия. Под последним понимается максимальное использование агроэкологических факторов продуктивности сельскохозяйственных культур.

При биологизации земледелия ключевая роль принадлежит севообороту, который позволяет диверсифицировать производство, реализуя экономические причины чередования, при этом происходит увеличение разнообразия видов растений, регулирование режима органического вещества почв, стабилизируется фитосанитарная обстановка (Задорин А.Д., Зотиков В.И., 2007; Лошаков В.Г., 2012; Обущенко С.В., 2014).

Биологизация земледелия достигается за счет расширения набора возделываемых культур в севообороте (Парахин Н.В., 2002). Необходимое условие расширения набора культур и оптимизации севооборотов – гармоничное сочетание земледелия и животноводства, что необходимо для повышения почвенного плодородия (Кирюшин В.И., 2011). Данная концепция имеет глубокие корни, еще А.Т. Болотов отмечал роль связи земледелия с животноводством (между скотоводством и хлебопашеством) и придавал большое значение естественным процессам и взаимосвязям в системе земледелия, направленным на воспроизводство почвенного плодородия.

Одним из центральных принципов биологизации является воспроизводство плодородия почвы (Парахин Н.В., 2002; Лыков А.М., 2004; Лошаков

В.Г., 2012). Однако в мире за последние 120 лет эрозии подверглось около 2,5 млрд. га земель. Эрозия сопровождается процессом дегумификации почв. Гумус является одним из важнейших показателей почвенного плодородия. Сокращение его запасов влечет за собой снижение урожайности сельскохозяйственных культур, истощение, деградацию и разрушение почв. Высокоплодородные почвы в настоящее время составляют 3 % площади суши, среднеплодородные – 9 %. Человечество ежегодно теряет около 7 млн. га биологически продуктивных почв в результате деградации агроландшафтов (Добровольский Г.В., 2008).

Российские черноземы с прошлого века являлись образцом плодородия почвы и выставлены экспонатами в музее национального агрономического института в Париже, музее естественной истории в Амстердаме, музее почвоведения под Лейпцигом и других музеях. В.В. Докучаев писал о них, что «чернозем... для России дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железных руд; в нем – Вековечное неистощимое русское богатство!» (Добровольский Г.В., 2010).

Существенную роль в усилении эрозионных процессов играет интенсификация сельскохозяйственного производства с ориентацией на пропашные монокультуры и чистые пары, оголяющие почву, ослабляющие почвозащитные и противозерозионные свойства агроэкосистем. Так, в кукурузном поясе США, в самом плодородном его районе (юг штата Айова) за 100 лет потеряна половина плодородного пахотного слоя почвы (Назаренко В.И., 1991). На черноземах России за 100 лет, по обобщенным данным, уменьшение запасов гумуса на пашне в пахотном слое 0-30 см составило в лесостепной зоне – до 90 т/га (0,7-0,9 т/га в год), в степи – 50-70 т/га (0,5–0,7 т/га в год). За 100 лет черноземы России потеряли до 30 –50 % гумуса (Государственный (национальный) доклад..., 1993).

Почвенное плодородие - национальное богатство, от его создания и использования во многом зависят качество продуктов питания и здоровье нации, его значимость признается на государственном уровне. Падение плодо-

родия обрабатываемых земель и почвы практически повсеместно в нашей стране признают многие ученые, что объясняется необоснованными массовыми и шаблонными экспериментами, реформами без учета достижения науки и мирового опыта (Кирюшин 1993; 1996, 2011; Морозов В.И., 1994; 1996; Лыков А.М. и др., 2004; Немцев С.Н., 2005, Терентьев О.В., 2007; Добровольский Г.В. 2010, 2014; Лошаков В.Г., 2012; Кравченко, Ю.С., 2015; Andreeva, D., 2011).

Академик А.Л. Иванов (2011) отмечал: «В России процесс снижения плодородия почв, ухудшения состояния земель, используемых или предназначенных для ведения сельского хозяйства, приобретает фатальный характер... Вынос основных элементов питания не компенсируется минеральными и органическим удобрениями, биологическим азотом. Экологический каркас почвы разрушается за счет «выжимания» уже потенциально и даже трудно доступных форм фосфора. По сути, мы проедаем хлеб наших потомков».

Проблему плодородия почвы принято связывать с содержанием органического вещества, поскольку оно регулирует важнейшие физико-химические и биологические свойства почвы, сохраняет ее энергетический потенциал, является источником питательных элементов для растений.

В современной науке сформировалось четкое представление, что органическое вещество почвы и процессы его трансформации играют важнейшую роль в формировании почвы и главного свойства – плодородия, а его запасы рассматриваются с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы (Прянишников Д.Н., 1934,1945; Тюрин И., 1937; Вильямс В.Р., 1939, 1948; Костычев П.А., 1940, 1951; Пошон Ж., Баржак Г.Д., 1960; Кононова М.М., 1963; Рюзенбан Э., Рауэ К., 1969; Роде А.А., 1971; Ревут И.Б.,1972; Орлов Д.С., 1974; Вернадский В.И., 1978; Кравков С.П., 1978; Александрова Л.Н., 1980; Кулаковская Т.И., 1984; Тейт Р.Л., 1991; Титлянова А.А.,1993; Орлов Д.С. и др. 1996; Кирюшин В.И., 1996, 2000; Лыков М.И. и др., 2004; Холзаков В.М., 2006; Добровольский Г.В., 2013).

Первичное органическое вещество, поступившее в почву, подвергается сложным превращениям, включающим процессы разложения, вторичного синтеза в форме микробной плазмы и гумификации (Тюрин И.В., 1937; Ваксман С.А., 1937; Роде А.А., 1955; Кононова М.М., 1963; Дюшофур Ф., 1970; Орлов Д.С., 1974; Кравков С.П., 1978; Лыков АМ, 1985; Фокин А.Д., 1986; Тейт Р.Л., 1991; Кирюшин В.И., 2000; Flaig W., 1971; Allison, 1973).

Изучение динамики содержания и запасов гумуса в условиях лесостепи Поволжья и в Ульяновской области в частности коллективом кафедры земледелия Ульяновской ГСХА показали, что в период 1976-1996 гг. ежегодные некомпенсированные его потери достигали 1,5-3,0 т/га (Морозов В.И., 1996), на сегодняшний день ситуация практически не поменялась и даже усугубилась (Черкасов Е.А., 2014; Черкасов Е.А., Куликова А.Х., 2016).

Федеральные целевые программы повышения плодородия почв России (2006-2010 гг. и на период до 2013) и другие целевые программы призваны не только предотвратить снижение плодородия почвы, но и, стабилизировав его, создать предпосылки для его расширенного воспроизводства и оздоровления экологической обстановки в агроландшафтах (Лошаков В.Г., 2012). Однако из-за недостаточного финансирования и утраты сложившейся инфраструктуры агрохимического обслуживания АПК, по ряду других причин кризисного характера эти научно-обоснованные программы и рекомендации не были выполнены, и земледелие страны из года в год остается при отрицательном балансе питательных веществ – в среднем минус 70 кг/га NPK в год (Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., 2011).

Одновременно ежегодные потери гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составляют 0,52 т/га и по отдельным регионам изменяются от 0,25 до 0,72 т/га. В настоящее время в России 56 млн. га пашни (45 %) характеризуется низким содержанием гумуса, 28 млн. га (23 %) – дефицитом фосфора и 11,5 млн. га (9 %) – дефицитом калия (Чекмарёв П.А., Лукин С.В., 2013).

Снижение плодородия почвы стало главной причиной несоответствия потенциальной и фактической продуктивности современных сортов сельскохозяйственных культур. Уровень фактической урожайности полевых культур в производственных условиях нашей страны, как правило, не превышает 30-40 % от заложенного селекционерами их потенциала (Жученко А.А., 2015).

Мониторинг за динамикой состояния плодородия почв показал, что с 1965 г. происходило систематическое снижение запасов гумуса, и его средневзвешенное содержание к 2010 году составляло 4,66 %, если учесть, что по результатам экспедиций В.В. Докучаева в 1877-1878 гг. содержание гумуса в среднем по Заволжью составляло 11,6 %, следует признать, что наши почвы примерно за 120 лет потеряли более половины исходных запасов гумуса (Куликова А.Х., 2007; Черкасов Е.А., Куликова А.Х., 2016). Основной причиной является все возрастающее антропогенное воздействие на почву.

Снижение уровня плодородия почв связано с тем, что в последние годы в несколько раз уменьшилось применение минеральных удобрений, сложился острый дефицит органических удобрений – их применение за это время снизилось в 4 раза и в среднем по стране опустилось до 0,9 т условного навоза на 1 га пашни (Эффективность длительного применения..., 2012).

При отсутствии мер по сохранению баланса гумуса в почвах происходят необратимые изменения, снижается их значение как объекта экологической среды и средства жизнеобеспечения, а также биоэнергетического потенциала ландшафта. По данным НИИСХ Юго-Востока, потери гумуса в Поволжье за 30 лет составили 0,40 т/га. Бездефицитный баланс гумуса был получен при внесении 6,0-7,0 т/га органического вещества в год на 1 га севооборотной площади (Чуб М.Н., 2003).

Аналогичные данные представлены и Самарским НИИСХ, в Самарской области за последние годы сократились площади среднегумусных чернозёмов, увеличились площади малогумусных и слабогумусированных (на 10%). Пахотные земли бедны подвижным азотом и фосфором. Ежегодные потери

гумуса в пахотном слое составляют 0,7 т/га, а по отдельным районам – более 1 т/га (Обущенко С.В., 2014).

По исследованиям Н.В. Семеновой (2004), выявлено общее снижение содержания гумуса в черноземах республики Татарстан, ежегодные потери которого за период 1956-2003 гг. варьируют от 0,7 до 2,4 т/га. При этом изменения в гумусном состоянии коснулись не только количественных показателей гумуса, но и его качественного состава. Так, в $A_{\text{пах}}$ выщелоченного и типичного черноземов установлено уменьшение общего количества гуминовых кислот на 5 - 20 %, что обусловлено уменьшением содержания и запасов гумуса в этих почвах за рассматриваемый период.

Снижение содержания органического вещества почв связано прежде всего с тем, что формирование урожая сельскохозяйственных культур в большей степени обеспечивается за счет почвенного плодородия с нарушением объективного закона земледелия – возврата вещества и энергии в почву (Морозов В.И., 2002; Ильина Л.В. и др., 2004; Лыков А.М. и др., 2004; Немцев С.Н., 2005).

Замена естественных фитоценозов агрофитоценозами – это сильнейшее воздействие на биосферу и в первую очередь на ее важнейший элемент - почву. В агрофитоценозах снижается способность системы почва-растение к самообеспечению почвообразовательного процесса и воспроизводству органического вещества. При отчуждении большей части органического вещества (урожая) нарушается ход почвообразовательного процесса, поэтому изменение растительности не может не сказываться на ее функциях.

А.М. Лыков с соавторами (2004) отмечают, что в агрофитоценозах поток углерода (органического вещества почвы) по скорости и направлению отличается от потока углерода в естественных биогеоценозах.

Все это вызывает необходимость разработки стратегии регулирования режима органического вещества почвы с учетом особенностей современных зональных систем земледелия. Научной предпосылкой регулирования режима органического вещества почвы является закон возврата, который является

частным случаем фундаментального закона сохранения вещества и энергии. Энергетические процессы в почве подчиняются первому и второму законам термодинамики, которые по определению Ю. Одума (1975) гласят: «...энергия может переходить из одной формы в другую, но она не создается заново и не исчезает» и «процессы связанные с превращениями энергии могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную».

В настоящее время применение как органических, так и минеральных удобрений не компенсирует вынос элементов питания и часто ограничивается высокой затратностью транспортировки и внесения первых и дороговизной – вторых. В последние годы разработаны концепции воспроизводства плодородия почвы с учетом отмеченных проблем (Кирюшин В.И., 1993, Концепция сохранения и..., 1999; Лыков А.М. и др., 2004; Агрэкологическая оценка плодородия..., 2007; Обущенко С.В., 2014), которые предполагают, прежде всего, максимальное накопление биогенных ресурсов плодородия в агроценозах, что в значительной мере определяется набором сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Очевидно, что при отсутствии должных объемов применения минеральных и органических удобрений, необходимо пересматривать структуру посевных площадей, увеличивая площади под многолетними травами, зернобобовыми культурами, сидератами и использовать в качестве источников органического вещества пожнивно-корневые остатки и излишки соломы (Кирюшин В.И. 1993; Морозов В.И., 1996; Ильина Л.В., 2004; Холзаков В.М., 2006; Новоселов С.И., 2011; Лошаков В.Г., 2012, 2015).

По мнению В.И. Зотикова и А.Д. Задорина (2007), севооборот должен начинаться с поля, в котором интенсивно улучшается почвенное плодородие и заканчиваться неприхотливыми культурами. При такой структуре севооборотов эффективность использования пашни будет выше, при этом прослеживается зависимость - чем выше разница в биологии и их технологии возделывания культур, тем выше средообразующие функции севооборота. Наруше-

ние данного принципа ведет к снижению продуктивности звеньев и севооборотов.

Учитывая, что в агрофитоценозах основным источником органического вещества почвы являются растительные остатки – стерневые, корневые, опад и побочная продукция, получаемая при возделывании сельскохозяйственных культур, существует возможность управления объемом их накопления.

Степень интенсивности севооборотов, набор культур в них предполагает воспроизводство различных объемов и разного биохимического состава органического вещества и неодинаковые темпы образования, и размеры воспроизводства гумуса – ключевого показателя плодородия почвы (Лошаков В.Г., 1992, 1996; Морозов В.И., 1996; Кирюшин В.И., 1993, 2011; Лыков А.М. и др., 2004; Листопадов, И.Н., 2010).

Исследованиями кафедры земледелия Ульяновской ГСХА установлено, что по накоплению пожнивно-корневых остатков культуры расположились в следующем порядке: кукуруза > озимая рожь > овес > яровая пшеница > горох (Голомолзин Р.С. и др. 2012). Однако при учете поступления биомассы в почву большое значение имеет ее качество, особенно соотношение С:N (Лошаков В.Г., 1992; Минеев В.Г., 1993; Орлова О.В., 2011; Орлова О.В. 2013; Маслов М.Н., 2015). При соотношении углерода к азоту 1:20-25 весь азот свежих растительных остатков потребляется микроорганизмами и переводится в мобильную форму, пополняя его запасы в почве, поэтому по утверждению Л.Н. Александровой (1980) соотношение С:N = 15-30:1 следует считать оптимальным для процесса гумификации, так же считают и другие авторы (Зотиков В.И., Задорин А.Д., 2007).

Согласно исследованиям В.И. Морозова с соавторами (1994), оптимальное соотношение С:N характерно для остатков бобовых культур - люцерны 20:1, гороха 28:1, наиболее широкое отношение было установлено у озимой ржи 65:1, овса 55:1 и яровой пшеницы 50:1. Такого же мнения придерживаются В.И. Зотиков и А.Д. Задорин (2007), которые отмечают, что оп-

тимальным соотношением С:N обладает солома зерновых бобовых культур и гречихи, остальные культуры имеют более широкое соотношение – 60-100:1.

Многолетние травы и травяные экосистемы в управлении агроландшафтами традиционно используют как один из наиболее эффективных факторов почвообразования, почвоулучшения и почвозащиты. Они выполняют важнейшие продукционные, средообразующие и природоохранные функции в агроландшафтах и оказывают значительное влияние на экологическое состояние территории, способствуют сохранению и накоплению органического вещества в почве (Глобальные проблемы рационального...,2014; Денисов Е.П., 2015).

По мнению многих ученых, многолетние травы являются единственной группой сельскохозяйственных культур, способствующей расширенному воспроизводству органического вещества в почве. В этом состоит их важное преимущество по сравнению с однолетними культурами, особенно пропашными (Курдюков В.И. и др., 2009; Новоселов С.И., 2017; Шмарко Н.В., 2017). В среднем по России плодородие почв (содержание гумуса) возрастает под многолетними травами (0,2-0,6 т/га в год) и снижается под однолетними культурами (0,4-1,0) и чистыми парами (1,5-2,5) (Концепция сохранения и ..., 1999).

Обобщенные данные исследований, проведенных в Московской области на дерново-подзолистых почвах (Лошаков В.Г., 2002) показывают, что многолетние травы оставляют в почве до 60% органического вещества от общей синтезированной массы, тогда как при возделывании зерновых и других культур в почву поступает не более 30-35% от всего объема.

Севооборот позволяет оптимизировать режим органического вещества почвы за счет сидеральных культур (Абашев В.Д., 2005; Довбан К.И., 2009; Коржов С.И. и др., 2011; Лошаков В.Г., 2015; Новоселов С.И., 2017).

Урожайность сидеральных бобовых в занятых парах Нечерноземной зоны достигает 400-500 ц/га зеленой массы, удобрительная ценность которой не уступает подстилочному навозу хорошего качества. В зеленой массе таких

сидератов содержится 200-250 кг/га азота, что при их запашке в почву равноценно внесению 6-7 ц/га дорогостоящей аммиачной селитры (Довбан К.И., 2009; Лошаков В.Г., 2015). При этом в свежей зеленой массе, богатой углеводами, белками, соотношение C:N узкое и не превышает 10-15:1, что очень важно с позиции повышения биологической активности почвы и мобилизации питательных веществ (Лошаков В.Г., 2016).

Эффективность севооборотов в воспроизводстве плодородия почвы отмечена и в других регионах России. Так, исследования Л.М. Козловой (2011) показали, что продуктивность севооборотов повышается при замене чистого пара занятыми и сидеральными в среднем на 6,4 -10,8 %.

По данным И.Б. Сорокина и Э.В. Титовой (2012), в условиях Алтайского края увеличение доли многолетних трав в севооборотах до 30 % и замена чистых паров сидеральными позволяет снизить в 2,2 раза потребность в органических удобрениях для бездефицитного баланса органического вещества на серых лесных почвах (до 2,9 т/га).

Для повышения продуктивности пашни и плодородия светлокаштановых почв Нижнего Поволжья необходимо внедрять в производство четырехпольный полевой зернопаропропашной сидеральный биологизированный севооборот с запашкой в почву сидеральной массы озимой ржи, нетоварной части полевых культур. В результате применения этого севооборота увеличивается поступление органического вещества и элементов питания в почву, активизируется микробиологическая деятельность, повышается содержание питательных веществ, гумуса в почве (Зеленев А.В., 2016).

При ротации севооборотов накапливается побочная продукция в виде соломы, излишки которой являются ценным удобрением, биогенными элементами и источником органического вещества почвы для его регулирования (Колсанов Г.В., 2006; Русакова И.В., 2012).

Солома больше, чем другие органические удобрения, содержит органические соединения, причем очень ценные для повышения плодородия почвы: целлюлозу, пентозаны, гемицеллюлозу и лигнин, которые являются угле-

родистым энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Это основной строительный материал для гумуса почвы. По содержанию органического вещества 1 т соломы эквивалентна 3,5-4,0 т навоза. В состав соломы входят все необходимые растениям питательные вещества, которые после минерализации доступны для растений, а микроэлементов в соломе больше, чем в зерне (Минеев В.Г., 1993; Биологизация и адаптивная..., 2000).

В последние годы структура посевных площадей в хозяйствах лесостепной зоны Поволжья не соответствует принципам плодосмена, отсутствуют научно-обоснованные севообороты, на больших территориях преобладает трехполье и зернопаровая система земледелия. В структуре посевных площадей преобладают зерновые колосовые культуры и коммерческие культуры. Так, в Ульяновской области доля рентабельной культуры - подсолнечника в период 2011-2015 гг. составляла 15,6 % (Территориальный орган Федеральной...18.10.2016 г.), в Самарской области - 27,2 % от посевных площадей (Территориальный орган Федеральной...18.10.2016 г.), причем с каждым годом его доля растет, такая же ситуация складывается по Пензенской области, где доля подсолнечника в 2016 году составила 18,0 % (в среднем за 2011-2015 гг. - 12,3 %) (Территориальный орган Федеральной...18.10.2016 г.). На этом фоне отмечается низкая доля культур, обладающих средообразующими функциями, – зерновых бобовых и кормовых культур, прежде всего, многолетних трав (Адаптивно-ландшафтная система..., 2013).

По мнению А.А. Жученко (2009), постоянно уменьшается биологическое разнообразие биосферы, особенно на землях, используемых в качестве сельскохозяйственных угодий, что обусловлено преобладанием монокультуры на полях в силу социальных и экономических причин. Он же указывает, что важнейшее преимущество биологизации состоит в значительном расширении числа и спектра биологических механизмов, структур и процессов, используемых в целях повышения продукционных и средоулучшающих функций агроэкосистем и агроландшафтов. Возможности широкого использования качественно новых биологических факторов, а также интегративных эф-

фектов их взаимодействия безграничны. Громадный потенциал многофакторности предопределяет, в свою очередь, и гибкость биологической адаптации, что при постоянно варьирующих условиях внешней среды имеет первостепенное значение для обеспечения устойчивого роста величины и качества урожая. Причем биологизация и экологизация интенсификационных процессов предполагают практическое использование и таких свойств биологических систем, как самовосстановление, самовоспроизведение и средообразование, характерных для естественных фитоценозов.

Практическое проявление указанных механизмов находит не только использование плодосмена и биогенных ресурсов воспроизводства плодородия почвы, но и освоение смешанных посевов однолетних и многолетних культур в севооборотах.

С целью повышения продуктивности пашни и использования средообразующих функций большое значение имеет применение многокомпонентных посевов культур. Такие посевы лучше используют факторы среды обитания, их компоненты полнее извлекают воду из разных горизонтов почвы и элементы минеральной пищи, так как имеют отличающуюся друг от друга корневую систему. Многолетние травы в смесях лучше зимуют, эффективнее поглощают солнечный свет, меньше страдают от сорняков, болезней и вредителей, дольше сохраняются и обеспечивают более устойчивые урожаи по годам, травосмеси технологичны в заготовке кормов, которые лучше сбалансированы по основным питательным веществам (Кутузова А.А. и др., 1985; Худенко М.Н., 1991; Тюлин В.А., 1997; Тюльдюков В.А., 1997; 2001; Кулаковская Т.В., 1997; Беляк В.Б., 1998; Лепкович И.П., 1998; Зудилин С.Н., Петрушкина А.С., 2002; Харьков Г.Д., Смирнова К.И., 2001; Киселева Л.В., 2002; Кружилин И.П., Часовских В.П., 2002).

Епифанов В.С. (1996) указывает на преимущество клеверотимофеечной травосмеси, урожай сухого вещества которой составил 5,4 т/га при выходе переваримого протеина 516 кг, что выше урожайности чистого посева тимофеевки на 38 и 54 % соответственно.

Бобово-злаковые травосмеси благодаря регулированию нормы высева и подбору компонентов дают запланированное количество корма в поле без дорогостоящего использования кормосмесителей и кормоцехов (Беляк В.Б., 1998). По сравнению с чистыми посевами они, как правило, дают более высокие и устойчивые урожаи, у бобовых, высеянных в смеси со злаковыми, при уборке меньше теряются листья – самая питательная часть растения. В результате получается лучший по качеству корм. Преимущество бобово-мятликовых травосмесей проявляется в том, что при изреживании бобовых трав их место занимают более устойчивые и долголетние виды мятликовых (Епифанов Е.С., 1996; 2001; Хусаинов С.В., Егорова Г.С., 2000).

Для повышения плодородия чернозема типичного в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны, производству рекомендуется наряду с введением короткоротационных сидеральных и зернотравянопропашных севооборотов использовать бинарные посевы культур, обеспечивающие высокий уровень биологизации и продуктивности, а также использовать солому зерновых культур и сидераты на удобрение. В севооборотах с бинарными посевами наиболее рациональным способом основной обработки почвы, обеспечивающей равномерное распределение общего гумуса его лабильных форм и питательных веществ по слоям почвы, является вспашка под пропашную культуру на глубину 20-22 см, под остальные культуры севооборотов необходимо проводить дисковую обработку на глубину 10-12 и 12-14 см (Дедов А.А. и др., 2017).

Примером широкого и эффективного использования биологизации земледелия на практике земледелия является опыт Белгородской области, где ежегодно в занятых парах и в промежуточных посевах на площади более 300 тыс. га используют сидераты в сочетании с навозом и удобрением соломой. Сочетание органических удобрений с минеральными и известью позволило превзойти показатели плодородия почвы в области конца 80-х гг. прошлого столетия и обеспечить стабильность растениеводческих и животноводческих отраслей АПК, по развитию которых Белгородская область занимает одно из первых мест в России (Лошаков В.Г., 2015).

Очевидно, что нарушение принципа плодосмена ведет к повышению затрат и снижению их окупаемости, средства интенсификации становятся все эффективнее, что отражено в законе уменьшения энергоотдачи и природопользования.

Учитывая дороговизну применения навоза и минеральных удобрений, отмечается сокращение объемов их применения. В настоящее время основные функции по регулированию режима органического вещества почвы и в целом ее плодородия (водно-физических, агрохимических, биологических) отводится научно-обоснованному чередованию культур в севооборотах. При этом регулирование режима органического вещества следует оптимизировать за счет биогенной интенсификации, прежде всего, за счет создаваемого в агрофитоценозах органического вещества. Биогенная интенсификация требует теоретической и экспериментальной проверки в конкретных почвенно-климатических условиях. Наряду с продуктивностью севооборотов необходимо учитывать их биологическую продуктивность (накопление биомассы и поступление биогенных ресурсов плодородия почвы), экономическую, эколого-экономическую и энергетическую эффективность с целью создания оптимальной модели звеньев и севооборотов в целом, что определяет актуальность исследований по воспроизводству плодородия почвы и повышения продуктивности агрокультур на основе биологизации земледелия.

1.2 Значение бобовых фитоценозов в биологизации земледелия

В сельском хозяйстве индустриально развитых стран, достигших избытка в производстве сельскохозяйственной продукции, имеются острые экологические, энергетические, социальные и политические проблемы. Считается, например, общепризнанным, что увеличение сельскохозяйственного производства в США и странах Западной Европы на основе экспоненциального роста затрат антропогенной энергии может продолжаться лишь до тех пор, пока поддерживается поступление дешевой энергии извне (Жученко А.А., 2012). В этой связи перспективна адаптивная интенсификация сельско-

го хозяйства, в системе которой большое значение имеет биологическая интенсификация или биологизация (Дедов, А.В., 2012; Морозов, В.И., 2012; Биологизация земледелия Ставрополья, 2013). В этой связи необходим системный подход к использованию биологических, техногенных и природных факторов на основе познания и освоения фундаментальных законов развития живой и неживой природы. Поэтому в настоящее время проблемой является адаптация земледелия к многочисленным неблагоприятным факторам окружающей среды (Гордеев Ю.А., 2014).

По мнению многих авторов, степень освоения биологического земледелия и его эффективность выражается в бездефицитном режиме органического вещества и питательных веществ, что в конечном итоге приводит к устойчивому росту продуктивности пашни, все это определяется набором культур в севооборотах (Куликова А.Х., 1997; Кружилин И.П., Часовских В.П., 2002; Лыков А.М. и др., 2004; Каштанов А.Н., 2004; Шпаков А. С., 2008; Лошаков В.Г., 2012; Инновационные технологии возделывания, 2014).

В древнем Риме Вергилий отмечал, что «...настоящий отдых для земли состоит в полевой плодoperеме, а потому там где прежде были бобовые растения: горох, вика, или люпин, там без перемежки можно сеять пшеницу» (Советов А.В., 1950).

Бобовые культуры обладают уникальной способностью бобово-ризобиального симбиоза с микроорганизмами, основой для функционирования которого служат имеющиеся у ризобий гены азотфиксации (Downie J.A., 1998).

Альтернативным источником азота служит способность определенных групп микроорганизмов связывать его из воздуха, сам процесс выполняет глобальную функцию - поддержание азотного статуса биосферы (Умаров М.М., 1986). Романов Г.Г. (2014) указывает, что для сельского хозяйства привлекательность «биологического» азота в качестве источника азотистых соединений состоит в том, что запасы молекулярного азота атмосферы практически неисчерпаемы, сам ферментативный процесс фиксации азота осуще-

ствляется при обычных температурах и давлении, а источником энергии выступает даровой солнечный свет. Максимальное использование процесса экологически и энергетически приемлемо и вполне вписывается в биосферную парадигму природопользования, декларированную Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Кирюшин В.И., 2011).

Биологический азот относится к числу энергоэкономных и экологически безопасных источников в растениеводстве и очевидно, что нужно расширять видовой состав и долю бобовых в структуре посевных площадей (Прянишников Д.Н., 1945; Тюрин И.В., 1957; Мишустин Е.Н., 1972; 1975; 1985; Базилинская М.В., 1985; Трепачев Е.П., 1999; Посыпанов Г.С., 1991; Pastor J., 1998; Wang Li X., 2016) поэтому уровень биологизации севооборотов определяется, в частности, продуктивностью симбиотической фиксации азота из атмосферы интенсивной культурой бобовых растений.

В условиях наступления энергетического кризиса А.А. Жученко (2012) отмечает, что Россия располагает огромным потенциалом ресурсо- энерго-сбережения и в АПК наиболее перспективным направлением снижения расхода энергии является биологическая фиксация атмосферного азота.

После установления факта усвоения азота воздуха бобовыми культурами данный механизм привлекает к себе все больше внимания. Неоспоримо, что биологическая фиксация азота бобовыми культурами является уникальной способностью живого организма, а повышение его доли участия в формировании урожая сельскохозяйственных культур является актуальной задачей на современном этапе развития земледелия (Прянишников Д.Н., 1945; Мишустин Е.Н., 1985; Посыпанов Г.С., 1991; Морозов В.И., 1986; Дозоров А.В., Костин О.В., 2003; Васин А.В. и др., 2015; Streeter I.G., 1994; Pastor J., 1998; Andrew M., 1998; Wang Li X., 2016). Проблема повышения активности бобово-ризобияльного симбиоза диктуется экономическими и экологическими соображениями, то есть экономией энергоресурсов и сохранением экологического равновесия в агроландшафтах.

Положительная роль бобовых культур известна издревле, а классики агрономической науки К.А. Тимирязев (1948) и Д.Н. Прянишников (1952) считали, что включение бобовых в севооборот является крупнейшим приобретением науки. В современных условиях дороговизны удобрений и низкой устойчивости урожайности по годам и экономической эффективности возделывания зерновых культур вопрос о повышении роли симбиотического азота бобовых культур в воспроизводстве плодородия почвы, повышение урожайности культур севооборота и ее устойчивости приобретает еще большую остроту (Платонов А.М. и др., 2004; Шмарко Н.В. и др., 2008; Морозов В.И., 2012; Васин А.В., 2015; Лошаков В.Г., 2015; Постников П.А., 2015).

Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями бобовые растения могут питаться за счет атмосферного азота. Клубеньки - специальные структуры, формируемые на корнях, они вступают в симбиоз с культурным растением и, выделяя фермент нитрогеназу, восстанавливают молекулярный азот.

Продуктивность азотфиксации бобовых растений варьирует в широких пределах, что объясняется изменениями погодных условий, почвенной разностью произрастания культур, уровнем агротехники и биологическими особенностями. По данным Г.С. Посыпанова (1991), для эффективного бобово-ризобияльного симбиоза необходим определенный комплекс условий: оптимальная влажность почвы; достаточная аэрация; реакция среды и температура почвы, соответствующая требованиям биологии культуры; специфичный вирулентный активный штамм ризобий; достаточный уровень макро- и микроэлементов. При несоответствии любого из факторов требованиям симбиотических систем биологическая азотфиксация резко снижается или совсем отсутствует.

Многие ученые мира согласны с утверждением, что способность бобовых растений фиксировать азот воздуха является уникальным свойством живого организма. Исследованиям инфекционного процесса посвящено много работ (Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. 1968; Мишустин Е.Н., 1975; 1985; Шильникова В.К., Серова Е.Я., 1983; Умаров М.М., 1986; Емцев В.Т., 1984; 1996;

Посыпанов Г.С., 1991; Возняковская Ю.М. и др., 1994; 1996; Трепачев Е.П., 1971; 1999; Tirpannavar C.M. et al., 1992; Jadhav R.S., 1994; Wang, Li X., 2016).

Размеры вовлечения в биологический круговорот атмосферного азота бобово-ризобийным комплексом клубеньковых бактерий достигают 500 кг/га в зависимости от продолжительности использования многолетних бобовых трав, почвенно-климатических условий, биологических особенностей культур, агротехнических приемов, доз, видов и сроков внесения органических и минеральных удобрений (Влияние агротехнологий на..., 2012).

По данным П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова (1983), в Нечерноземной зоне за вегетацию количество фиксированного люцерной азота без полива может достигать 80 – 110 кг/га, а при орошении – 220 – 290 кг/га. По расчетам Е.П. Трепачева (1980), на втором году жизни люцерны синегибридная связывала 127,6 – 306,1 кг/га атмосферного азота в зависимости от кислотности почв.

Зерновые бобовые могут фиксировать за вегетацию 150 – 250 кг/га азота, а многолетние бобовые травы – более 300 кг/га. Причем после уборки зерновых бобовых культур в почве с корневыми и пожнивными остатками остается около 45 – 130 кг д. в. азота (Задорин А.Д., 2003), а многолетние бобовые травы оставляют 150 – 180 кг азота на 1 га (Епифанов В.С., 1996).

По сообщению зарубежных исследователей, в странах Западной Европы посевы люцерны за год могут фиксировать в оптимальных условиях 600 кг/га азота, в плохих – 128 кг, во Франции – 300 (Huber S.I., 1982), а в Канаде (по данным Летбриджской станции) – до 300 кг/га биологического азота (Rennie R.I., 1981). Аналогичные данные получены в США, где связывание атмосферного азота посевами люцерны колеблется в пределах 128 – 330 кг/га (Hardy R.W. F., 1982; La Rue T.A., Patterson T.G., 1981). Различные виды люцерны фиксируют 90 – 340 кг/га азота из воздуха, средний показатель – 150 кг/га. Доля фиксированного азота из воздуха в поглощении его растениями составляет 70 % (Martin B., 1981).

По влиянию на урожайность следующей культуры многолетние бобовые травы заменяют от 100 до 180 кг азота (Кутузова А.А. и др., 1985).

По сообщению Б.Ф. Азарова с соавторами (2008), в условиях Центрального Черноземья азотфиксирующая способность многолетних трав во многом зависела от погодных условий вегетационного периода и у эспарцета варьировала в пределах 92-179 кг/га, а люцерны 134-199 кг/га. По данным Н.В. Парахина и С.Н. Петровой (2009), при совместном выращивании бобовых и злаковых трав происходил перенос азота от бобовых к злаковым - до 110 кг/га, посеvy бобовых трав козлятника и люцерны накапливали азота до 213-400 кг/га.

В современной земледелии вопрос о повышении роли биологического азота в воспроизводстве почвенного плодородия, повышения устойчивости функционирования агроландшафтов приобрел еще большую актуальность (Шульместер К.Г., 1995; Трепачев Е.П., 1999; Парахин Н.В., 2002; Лыков А.М. и др., 2004; Кирюшин В.И., 2011).

В распоряжении агрономической науки и практики имеется несколько способов, с помощью которых, при их рациональном сочетании, возможно удовлетворительно решить проблему азотного баланса, к их числу относится включение в севооборот бобовых культур, обогащающих почву азотом. Многие исследователи считают, что от объемов возделывания бобовых зависит эффективность сельского хозяйства в целом, так как они существенно влияют на повышение продуктивности растениеводства, сохранение плодородия почвы (Морозов В.И., 1996; Зотиков В.И., Задорин А.Д., 2007; Донская М.В., 2017).

По-прежнему остается острой проблема получения кормового белка не только в России, но и во всем мире (Зотиков В.И., Боровлев А.А., 2008; Измаилович И.Б., 2010; Елисеев С.Л., 2014; Васин А.В., 2015). Многие регионы России, в том числе и лесостепь Поволжья, обладают большим потенциалом использования в качестве основного источника кормового белка растительные корма собственного производства.

Бобовые культуры являются источником растительного белка и незаменимых аминокислот (Васин В.Г. и др., 2012; Зотиков В.И., 2016), а также одним из лучших предшественников в севообороте (Морозов В.И., 1996, Ло-

шаков В.Г., 2012). Все это определяет актуальность расширения видового состава бобовых культур в севооборотах и разработки приемов повышения их продуктивности и усиления симбиотической азотфиксации в условиях лесостепи Поволжья.

Многолетние бобовые травы и зернобобовые культуры являются ведущими культурами по выходу протеина, обменной энергии. При этом они отличаются низкими затратами совокупной энергии на возделывание, что определяет их распространенность как кормовых ресурсов (Амелин, А.В., Парахин Н.В, 2003; Васин В.Г, Брагин А.А., 2004; Косолапов В.М., 2013; Васин А.В, 2015).

Белок зернобобовых, в отличие от белка зерновых культур, содержит повышенное количество (в 1,5 раза) 8 незаменимых аминокислот (треонин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин, триптофан). Только зерно бобовых является донором дефицитной НАК – лизина в комбикормах, так как его содержится в 1,5-2 раза больше, чем в белке зерновых культур. Лимитирующей незаменимой аминокислотой является метионин. Зерно бобовых культур служит источником полноценных белковых добавок в комбикорма, так как ни одна зерновая культура не сбалансирована по протеину и, особенно, лизину. Если в зерне кукурузы, ячменя, овса на 1 корм. ед. содержится соответственно 59, 70, 83 г. перевариваемого протеина (при норме 105-110 г.), то в зерне гороха 143-170, люпина 245- 322, т.е. в 2,0-5,0 раза выше (Зотиков В.И. и др. 2016).

В последние годы в России возрос интерес к производству зерновых бобовых культур, о чем свидетельствует расширение посевных площадей под ними. Если в 2010 году зернобобовые культуры занимали 1,3 млн. га, то в 2016 году уже 1,8 млн. га (Федеральная служба государственной...26.11.2017).

По сообщению А.С. Шпакова и др. (2004), ведущей группой культур по выходу протеина, обменной энергии, затратам совокупной энергии на возделывание, и ее окупаемости, определяющим количественный и качественный

уровень полевого кормопроизводства, являются бобовые травы и травосмеси с их участием. Это позволяет без применения азотных удобрений и минимальных затратах совокупной энергии – 11-19 ГДж/га производить 55-75 ГДж/га обменной энергии и 1100-1200 кг/га протеина.

Бобовые травы отличаются повышенным содержанием аминокислот, по отдельным из них превосходят злаковые в 1,5 – 2,0 раза. Так, по сведениям М.Ф. Томмэ, Р.В. Мартыненко (1972), количество лизина в бобовых в 1,7, цистина – в 2,0, триптофана – 2,3, аргинина – 1,8, трионина в 1,9 раз выше, чем в злаковых травах.

В последние годы отмечается изменение структуры посевных площадей во многих регионах нашей страны (Алтухов А.И., 2015), на полях преобладает зерновая монокультура, в отдельных районах превалирует подсолнечник, на этом фоне отмечается низкая доля зерновых бобовых культур и многолетних трав, что ведет к деградации плодородия почвы. Ситуация требует немедленного решения, о падении плодородия почвы свидетельствуют колебания урожайности зерновых и других культур по регионам, тенденцию подтверждают агрохимические обследования станцией химической службы России (Черкасов Е.А., 2014; Обущенко С.В., 2014).

На этом фоне вопросы повышения агротехнической эффективности зерновых бобовых культур и многолетних трав, в плане белковой продуктивности и мобилизации биологического азота нуждаются в дальнейшем изучении. Особый интерес представляет изучение влияния бобовых культур на продуктивность озимой и яровой пшеницы. К тому же слабо изучен люпин по продуктивности и его использованию как предшественника в севооборотах лесостепи Поволжья.

Анализ литературных данных показывает, что ресурсы биологического азота определяют возможности увеличение роста урожайности агрокультур, ее устойчивости и качества. Противоречивость информации о размерах накопления биологического азота, недостаточная изученность данного вопроса в условиях региона вызывает необходимость проведения исследований по по-

вышению продуктивности азотфиксации бобовых культур и использованию средообразующих функций. Причем проблема должна решаться не изолированно для каждой культуры, а в севооборотах. В условиях дороговизны внесения азотных удобрений и ухудшения экологической обстановки азотфиксация бобовыми культурами должна иметь более масштабное применение на полях хозяйств региона и страны как важнейший фактор экологизации и биологизации севооборотов и земледелия в целом.

1.3 Эффективность обработки почвы и удобрений при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья

Обработка почвы и удобрения выступают наиболее существенными средствами и важнейшими элементами воздействия на продуктивность агрокультур и плодородие почвы. В системе земледелия выбор способов обработки почвы и фоны удобрения взаимообусловлены и оказывают влияние друг на друга. Научно-обоснованная система обработки почвы позволяет регулировать агрофизическое состояние и почвенное питание, предотвращать их деградацию и эрозию.

Эволюция технологий обработки почвы насчитывает более 10 тыс. лет и прошла путь от примитивных систем до наиболее интенсивной отвальной системы обработки почвы, а последние десятилетия ориентирована на ресурсосбережение, что достигается за счет минимализации или полного отсутствия механической обработки (No-till, прямой посев).

Наиболее важными задачами обработки почвы всегда были: создание оптимального сложения почвы, благоприятного водного, воздушного и пищевого режимов борьба с засоренностью полей. Наряду с этим, по мнению многих ученых обработка почвы является и самым дорогостоящим агротехническим приемом (Волынсков В.Л., 1988; Бараев А.И., 1988; Милюткин В.А., 2002; Орлова Л.В., 2007; Кислов А.В., 2012).

Из истории известно, что все системы обработки почвы в сельском хозяйстве зарождались как минимальные. Многолетняя интенсивная обработка

почвы стала неотъемлемой частью мероприятий по освоению новых земель и, вместе с тем, явилась причиной развития эрозии, деградации почвы, опустынивания и, как следствие, резкого уменьшения экономической эффективности (Пупонин А. И., Кирюшин Б.Д., 1989; Максютлов Н. А., 2004; Казаков Г. И., 2008; Кираев Р. С., Сафин Х. М., 2009; Казаков Г.И., Милюткин В.А., 2010).

При современном землепользовании серьезной проблемой остается деградация сельскохозяйственных угодий, среди основных причин – использование интенсивных технологий обработки почвы, создающих риски эрозии; несоблюдение севооборотов и несбалансированное внесение удобрений, ведущие к потере плодородия; загрязнение почв, водоемов, водотоков и грунтовых вод (Проблемы деградации восстановления..., 2008; Извеков А.С., 2012).

По данным А.Н. Каштанова (2010), общая площадь эродированных земель в России достигла 130 млн.га, в т.ч. пашни – 84,8 млн.га, пастбищ – 28,7 млн.га. За последние 20 лет ежегодный прирост эродированных почв составил 1,5 млн. га, в результате чего утрачена значительная часть самого плодородного – гумусового слоя почвы, и урожайность полей на таких почвах снижается на 30-70 %, что приводит к существенному недобору продукции растениеводства и большим экологическим и экономическим издержкам.

Учитывая, что биологизация земледелия подразумевает использование органических ресурсов для воспроизводства плодородия почвы, ее обработки следует планировать с учетом необходимости их заделки, поэтому она должна быть тесно увязана с подбором культур в севообороте и применяемыми системами удобрения.

К примеру, В.Г. Минеев (1993) считает, что при биологизации земледелия следует применять только поверхностную обработку почвы без оборота пласта, растительные остатки и навоз заделываются в верхние слои почв, что приводит к повышению микробиологической активности почвы, быстрой минерализации органического вещества. В то же время, по мнению И.П.

Кружилина и В.П. Часовских (2002) в условиях биологизации земледелия увеличение посевных площадей под многолетними травами закономерно приводит к исключению поверхностной обработки почвы в севооборотах.

В условиях Воронежской области установлено, в полевых севооборотах на черноземе типичном наиболее рациональным является применение системы дифференцированной основной обработки почвы, в которой мелкие безотвальные обработки на глубину до 12 см под зерновые культуры чередуются с глубоким безотвальным рыхлением на 20-22 см под пропашные культуры (Механическая обработка и..., 2009; Кузнецова Т.Г., 2014; Дедов А.А., 2017).

В.М. Холзаков (2006) для условий дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны рекомендует минимизировать обработку почвы под зерновые культуры до 12-14 см с периодическим рыхлением до 30-32 см (через 3-4 года) с учетом биологии возделываемых культур в севообороте и одновременным созданием мульчирующего слоя из растительных остатков и измельченной соломы.

Многочисленные исследования, проведенные в условиях Поволжья, показывают, что наиболее приемлема дифференцированная разноглубинная обработка почвы с применением вспашки под требовательные к физическим условиям плодородия культуры, безотвальной и поверхностной обработки в севообороте и это позволяет заделывать органические ресурсы в почву (Корчагин В.А., 1984; Куликова А.Х., 1997; Немцев Н.С., 2000; Чуданов И.А., 2006; Казаков Г.И., 2008; Шевченко С.Н., Корчагин С.Н., 2008; Горянин О.И., 2014; Инновационные технологии возделывания..., 2015).

По сообщению О.И. Горянина (2014), во всех зонах Самарской области перспективна комбинированная (дифференцированная) система обработки почвы, но с различными техническими решениями. Результаты исследований показывают ее высокую экономическую эффективность при возделывании сельскохозяйственных культур с использованием дифференцированных сис-

тем обработки почвы и комплексным применением средств интенсификации (органических и минеральных удобрений).

В условиях сухой степи Заволжья при биологизации севооборотов почвозащитные обработки способствовали оптимизации физических элементов плодородия почвы при возделывании зерновых культур, а за счет снижения затрат на обработку почвы по сравнению с энергоемкой традиционной вспашкой позволили добиться самой высокой экономической эффективности (Данилов А.Н., Летучий А.В., 2016).

По данным А.Х. Куликовой с соавторами (2006), на черноземе выщелоченном выявлена высокая агроэкологическая роль комбинированной обработки почвы, которая создает более благоприятные условия для процессов гумификации и закрепления гумусовых веществ в почве, увеличивается отношение гуминовых и фульвокислот при сохранении оптимального их интервала. По данным Г.И. Казакова (2008), мелкие и нулевые обработки способствуют более экономному использованию гумуса на создание урожая, для поддержания его бездефицитного баланса требуется вносить меньше органических удобрений, чем при вспашке.

В целом направление обработки почвы в последнее время в глобальном экологическом аспекте имеет направление к минимализации (Трофимова Т.А., 2009; Казаков Г.И., Милюткин В.А., 2010; Кирюшин В.И., 2011; Марковский А.А., 2013; Богомазов С.В. и др., 2014; На пути к..., 2015).

В условиях деградации почвенного плодородия поиск путей компенсации потерь органического вещества и элементов минерального питания растений является актуальной задачей. По мнению многих ученых, ведущая роль в воспроизводстве почвенного плодородия принадлежит органическим и минеральным удобрениям (Прянишников Д.Н., 1945; Александрова Л.И., 1980; Минеев В.Г., 1993; Лыков А.М. и др., 2004; Kundler R., Smukalski M., 1983 и др.).

По мнению В.И. Кирюшина (2011) и А.А. Жученко (2015), решение проблемы экологизации земледелия сопряжена с развитием адаптивной интенсификации на основе наукоемких агротехнологий и их дальнейшей био-

логизации, однако немалую роль в этом играет и химико-техногенная интенсификация, базирующаяся на всевозрастающем использовании невосполнимых ресурсов, прежде всего удобрений.

Мировой опыт интенсификации растениеводства показывает положительный эффект использования химико - техногенных факторов, однако их эффективное применение предполагает территориальную почвенно-климатическую и погодную дифференциацию (Жученко А.А., 2012).

Концепции и программа долгосрочного развития России на период до 2020 г. предусматривают формирование рынка внутреннего потребления минеральных удобрений в объеме 3-5 млн. (130-150 кг/га). По последним данным, минеральные удобрения регулируют аэробно-анаэробное равновесие в структуре микробного сообщества почв, т.е. выполняют защитную роль в отношении автохтонного органического вещества, повышая иммунитет почвы к деградации, что, несомненно, подтверждает их исключительные экологические функции (Иванов А.Л., 2014).

Внесение минеральных удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях возросло в 2005 - 2010 гг. с 1,4 млн. т до 1,9 млн. т (в пересчете на 100% питательных веществ) и затем стабилизировалось на этом уровне. Удельный вес площади сельхозугодий, обеспеченных нормативным внесением минеральных удобрений, во всей посевной площади увеличился с 27% в 2000 г. до 47% в 2014 г. При этом удельное внесение удобрений на один гектар возросло с 25 до 39 кг. Это низкий показатель по сравнению с уровнем ведущих стран: в Австралии на 1 га вносится до 45 кг минеральных удобрений, Канаде – 74, США – 131, Германии – 199 кг. Крупнейшие развивающиеся страны характеризуются еще более высокими показателями удельного внесения удобрений: в Индии эта величина достигает 164 кг/га, в Бразилии – 182, Китае – 648 кг/га.

В России внесение органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях снижалось стабильно с начала 2000-х гг. вплоть до 2011 г. (с 66 до 52,6 млн. т), но в последующие годы произошел компенсационный рост. Удельный вес площади с внесенными органическими удобре-

ниями во всей посевной площади существенно ниже, чем показатель для минеральных удобрений, но он также растет: с 2,2% в 2000 г. до 8,2 % в 2014 г. (Прогноз научно-технологического..., 2017).

При недостатке, а порой и полном отсутствии необходимого количества органических и минеральных удобрений во многих хозяйствах продолжают использовать полевые севообороты с насыщением их зерновыми культурами, что неизбежно приводит к нарушению энергетически-вещественного баланса, резкому ухудшению фитосанитарного состояния посевов и, как следствие, к снижению величины и качества урожая (Жученко А.А., 2015). Многочисленные исследования свидетельствуют, что систематическое применение органических удобрений способствует воспроизводству плодородия почвы. При этом объем органического вещества, поступающего в почву, должен быть обоснован с учетом планируемой продуктивности агрокультур, минерализации органического вещества. Научной основой обоснования системы удобрения служит изучение закономерностей влияния удобрений на продуктивность культур в севообороте, баланс органического вещества и элементов минерального питания (Минеев В.Г., 1993; Пронько В.В., 2006; Ахметов Ш.И., 2010; Никитин С.Н., 2017).

Наиболее рациональной и эффективной системой удобрений является органоминеральная, основанная на применении навоза. Навоз является полным удобрением, содержит все необходимые для питания растений элементы в сбалансированном соотношении (Лыков А.М. и др., 2004; Холзаков В.М., 2006). Внесение навоза стимулирует микробиологические процессы в почве и обеспечивает образование лабильного органического вещества, которое сохраняется в почве довольно продолжительное время, но без пополнения оно быстро расходуется в результате минерализации (Голштайн В.В., Боинчан В.П., 2000).

Наибольшая эффективность внесения навоза по влиянию на продуктивность севооборотов и плодородие почвы получена при его внесении совместно с минеральными удобрениями и с известью (Лыков А.М. и др., 2004; Матюк Н.С., и др., 2012; Лошаков В.Г., 2015).

Однако внесение навоза является дорогостоящим мероприятием, так по расчетам В.И. Морозова (1996), 85,3 % затрат в типовой технологии чистого пара приходится на приготовление, транспортировку и внесения навоза. По причинам дороговизны и отсутствия достаточного поголовья животных его применение за последние 5 лет в хозяйствах Ульяновской области ограничивается на 5 % посевной площади.

Это вызывает необходимость поиска альтернативных источников органического вещества, среди которых интерес представляют биогенные ресурсы воспроизводимые в агрофитоценозах – растительные остатки и сидераты (Кирюшин В.И., 1993; 1996; 2011; Лыков А.М., 1985, Лыков А.М. и др. 2004; Морозов В.И., 1994; Боинчан В.П., 2013; Лошаков В.Г., 2015).

Важное значение в регулировании баланса органического вещества почвы принадлежит соломе, особенно на отдаленных от ферм полях, куда органическое удобрения практически не вносятся (Деревягин В.А., 1989; Колсанов Г.В., 2006; Лебедева, Т.Б., 2008; Хисамова К.Ч., 2015). По данным Колсанова Г.В. (2006), при внесении 1 т соломы зерновых культур в почву поступает 810 кг органического вещества, 5–14 кг азота, 0,7–2,4 кг фосфора, 10–17 кг калия, 3–12 кг кальция и 0,8–3,0 кг магния.

Химический состав соломы зерновых культур характеризуется высоким содержанием безазотистых соединений (целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина) и, напротив, довольно низким содержанием азота и минеральных солей, поэтому создается относительно широкое соотношение C:N (Лебедева Т.Б., 2008).

Отдельными учеными установлено, что при мульчировании почвы соломой формируется лучший водный режим и наблюдается активная работа микроорганизмов, что способствует лучшему обеспечению сельскохозяйственных культур основными элементами минерального питания, особенно азотом. В то же время сжигание соломы приводит к уменьшению запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы (Русакова И.В., 2012; Лазарев Б.И. и др., 2014).

Внесение соломы в почву в качестве удобрения стимулирует жизнедеятельность микрофлоры почвы, так как внесенный материал представляет собой доступный источник углерода. Однако при сравнительно большом потреблении азота целлюлозоразлагающими бактериями может очень быстро приостановиться разложение соломы. Чтобы разложение продолжалось, необходим дополнительный источник азота. Таким источником могут служить запасы его в почве или вносимые азотные удобрения, которые в ряде случаев можно заменить зелеными удобрениями или навозом (Трунова О.Н., 1993; Семенов В.М., 2006; Юшкевич Л.В., 2013; Куликова А.Х. и др. 2015, 2016).

Громаковым А. А. и др., (2012), установлено, что совместное применение соломы и минеральных удобрений позволяет получать прибавку урожая ячменя на 0,3-0,8 т/га, овса – 0,3-0,6 т/га, зеленой массы вико-овсяной смеси – 3-4 т/га, клевера – 2,2-3,8 т/га, картофеля – 3,5-4,0 т/га.

В условиях сокращения объемов внесения навоза по разным причинам еще одним важным источником органического вещества выступают зеленые удобрения как в чистом виде, так и в сочетании с другими удобрениями (Алексеев Е.К., 1948; Коржов С.И. и др., 2011; Лыков А.М. и др., 2004; Заикин В.П., Лисина А.Ю., 2010; Лошаков В.Г., 2015).

Многовековой опыт земледелия показывает, что сидераты по своей удобрительной ценности не уступают навозу и другим органическим удобрениям. В соответствии с «Концепцией развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации до 2020 года», разработанной учеными ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, при сложившейся структуре посевных площадей сидераты могли бы занимать в нашей стране до 30 млн. га и давать зеленое удобрение, равноценное по содержанию органического вещества 700–800 млн. т подстилочного навоза (Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., 2011).

Зеленое удобрение позволяет решить целый ряд актуальных задач современного земледелия: воспроизводство плодородия почвы, рациональное использование питательных веществ минеральных удобрений и почвы, био-

логизация и экологизация земледелия, защита почвы от эрозии, охрана окружающей среды, снижение пестицидной нагрузки и оздоровление агрофитоценозов, и сохранение экологического равновесия в агроландшафтах (Довбан К.И., 2009; Постников Д.А., 2014; Лошаков В.Г., 2015).

Известно, что в условиях лесостепи Поволжья широко используются чистые пары, однако при этом неизбежны экологические последствия парования, что вызывает необходимость оптимизации структуры использования пашни и частичной их замены на занятые или сидеральные пары.

На эффективность сидератов в занятых парах в условиях Поволжья указывают множество исследований (Хабибрахманов Х.Х., Лотфуллин М.Р., 1994; Максютлов И.А., 2004; Пронина О.В., 2005; Беляк В.Б., 2005; Асмус А.А., 2009; Зеленин И.Н., Курочкин А.А., 2012).

По данным Х.Х. Хабибрахманова (1994), в условиях республики Татарстан совместное применение промежуточного сидерата и соломы привело к повышению содержания органического вещества в почве больше чем внесение 40 т/га навоза в чистом пару.

В условиях достаточного увлажнения (Кировская область) в занятых и сидеральных парах рекомендуется возделывать однолетние и многолетние бобовые травы. Плодосмен позволяет сохранять и улучшать основные показатели почвенного плодородия на фоне невысоких доз минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$). При этом содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы повышается, а обменного калия и кислотность почвы - стабилизируются. Благодаря возделыванию в севооборотах сидеральных культур, многолетних бобовых трав, запашке их отавы содержание гумуса в почве повышается на 0,88 - 1,26 т/га (Козлова Л.М., 2011). Все это в совокупности определяет большое агротехническое и агроэкологическое значение сидератов для стабильного повышения урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости земледелия против неблагоприятных погодных условий, а также высокую рыночную конкурентоспособность производителей сельскохозяйственной продукции с различными формами собственности на землю.

Учитывая проблемы сельскохозяйственного производства, в земледелии необходимо проведение биологической реструктуризации за счет совершенствования структуры посевных площадей и соблюдения научно обоснованных севооборотов с оптимальными системами обработки и удобрения почвы.

Исследования многих ученых указывают, что следует применять комплексный подход на основе биологизация. Так, для условий Нечерноземной зоны для восстановления органического вещества рекомендуется использовать навоз, солому, сидераты, клевер луговой и растительные остатки. Их внесение и заделку сочетать с небольшими и умеренными дозами минеральных удобрений, что обеспечит расширенное воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы и позволит получать 2,5-3,5 т/га зерновых культур 25,0-30,0 т/га картофеля и сена однолетних и многолетних трав 4,0-6,0 т/га (Холзаков В.М., 2006).

По сообщению В.Г. Лошакова (2015), рациональное чередование зерновых культур и сидерации в сочетании с внесением соломы и минеральных удобрений позволяет насытить севооборот зерновыми культурами до 83 %, получать в таком севообороте урожайность зерновых культур на уровне плодосменного севооборота и увеличивать выход зерна на 65-70 % без снижения качества зерновой продукции.

Исследованиями С.В. Обущенко (2014) установлено, что в условиях Самарской области использование в качестве средств повышения почвенного плодородия соломы, сидератов, посевов многолетних трав и зернобобовых культур, а также ресурсосберегающей обработки почвы позволит увеличить ежегодное накопление в почве гумуса на 750-850 тыс. т, получать дополнительно до 400-490 тыс. т зерна и соответствующее количество кормов, сократить потребность в минеральных удобрениях для достижения проектной урожайности сельскохозяйственных культур. Годовой экономический эффект от освоения нового поколения биологизированной системы земледелия составляет 450 - 500 млн. руб.

А.Х. Куликова с соавторами (2006) отмечают, что концепция воспроизводства плодородия почвы для условий Ульяновской области предполагает максимальное накопление биогенных ресурсов в агрофитоценозах. Они предлагают увеличить долю многолетних трав до 20-25 %, сидератов до 15 % от площади пашни, использовать максимальное количество соломы (до 500 тыс. тонн), навоза (до 700 тыс. тонн) на фоне комбинированной обработки почвы, при этом ими отмечается, что перспективу имеют зернотравяные севообороты.

Таким образом, системы обработки почвы и удобрения выступают основными факторами воздействия на продукционный процесс растений и регулирования плодородия почвы. При планировании структуры посевных площадей и севооборотов необходимо разрабатывать систему обработки почвы с учетом биологических особенностей агрокультур и систем удобрения, что вызывает необходимость изучения данных вопросов в конкретных региональных условиях. Перспективу имеют органоминеральные системы удобрения с навозом, соломой, сидератами, с накоплением растительных остатков полевых культур и другими факторами биологизации и экологизации земледелия, что отвечает современным концепциям воспроизводства плодородия почвы.

Между тем, мало изучена структура севооборотов, перспективная для получения максимальной зерновой продуктивности и производства кормов в условиях лесостепи Поволжья. В связи с этим необходимо уточнить видовой состав зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав, разработать наиболее эффективные системы обработки почвы и удобрения, которые отвечали бы требованиям биологизации и экологизации земледелия (видового биологического разнообразия, сохранения и воспроизводства плодородия почвы, соблюдения вещественно-энергетического баланса), а также принципам энерго- ресурсосбережения.

ГЛАВА 2. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика климатических условий

Поволжье - один из крупных сельскохозяйственных районов России. Район делится на 4 почвенно-климатические подзоны: лесостепь, засушливая черноземная степь, сухая степь и полупустынная степь. В почвенно-климатическом отношении Поволжье имеет ряд особенностей, определяющих пути и уровни развития сельскохозяйственного производства в целом.

Характерной чертой природных условий Поволжья является его континентальность, выраженная резкими температурными контрастами между зимой и летом, быстрым переходом от зимы к лету и другими континентальными явлениями. Другой характерной особенностью является резко выраженная неустойчивость и динамичность, обуславливающая возможность неожиданных и глубоких аномалий всех метеорологических элементов – света, тепла и осадков в отдельные периоды (Климатические условия и ресурсы..., 2008).

Лесостепная зона Поволжья, где проводились исследования, расположена в бассейне Средней Волги и занимает восточную окраину обширной Русской равнины и включает Ульяновскую, Пензенскую области, северные районы Самарской области и южные районы Татарстана (Немцев Н.С., 2000).

Наши исследования проводились в центральной части лесостепной зоне Поволжья (Ульяновская область), что говорит об их репрезентативности. Ульяновская область расположена в Среднем Поволжье, имеет умеренно-континентальный климат. Увлажнение приближается к нормальному, за исключением некоторых участков южных районов и Заволжья (Колобов Н.В., 1968).

Волга делит территорию области на две части, резко отличающиеся по своему рельефу: на правобережную, возвышенную и левобережную, низмен-

ную (Заволжье). По совокупности почвенно-климатических и экономических особенностей область делится на четыре зоны: Западная, Центральная, Заволжская и Южная.

По условиям термического режима на территории области можно выделить два агроклиматических района, которые разделяются изотермой 2300° : Агроклиматический район I – умеренно теплый (сумма температур выше $+10^{\circ}$ меньше 2300°), II – теплый (сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ больше 2300°). Средняя продолжительность периода активной вегетации сельскохозяйственных культур (выше 10°C) составляет 135-140 дней, а в отдельные годы 100–176 дней. По средним многолетним данным устойчивое промерзание почвы отмечается в конце первой – во второй декадах ноября, а полное оттаивание – в конце второй и в третьей декадах апреля. Средняя глубина промерзания почвы за зиму колеблется от 55 до 75 см.

По почвенно-климатическим зонам лесостепь Среднего Поволжья выделяют две зоны. В первой зоне (Пензенская, западная часть Ульяновской, северо-западную часть Самарской областей с тучными черноземами и серыми лесными почвами) осадков за год выпадает 400-600 мм, в период активных температур – 310 мм. Сумма активных температур (выше 10°C) составляет 2100-2700, продолжительность вегетационного безморозного периодов – 130-155 дней. Показатель увлажнения гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову составляет 0,77-1,15 ед. (таблица 1).

Е. К. Зоидзе (2000) предложил для оценки интенсивности атмосферных засух использовать гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова за май – июнь. При этом рассматривались 5 категорий интенсивности атмосферных засух: очень сильная ($\text{ГТК}_{\text{V-VI}} < 0,19$), сильная ($\text{ГТК}_{\text{V-VI}} = 0,20-0,39$), средняя ($\text{ГТК}_{\text{V-VI}} = 0,40-0,60$), слабая ($\text{ГТК}_{\text{V-VI}} = 0,61-0,75$), а также вариант с отсутствием засухи ($\text{ГТК}_{\text{V-VI}} < 0,75$).

Анализ вегетационных периодов за период с 1975 по 2015 гг. (по данным метеопоста п. Октябрьский Чердаклинского района) показал, что очень сильные засухи были отмечены 2 раза в 1981 и 1995 гг., сильные засухи по-

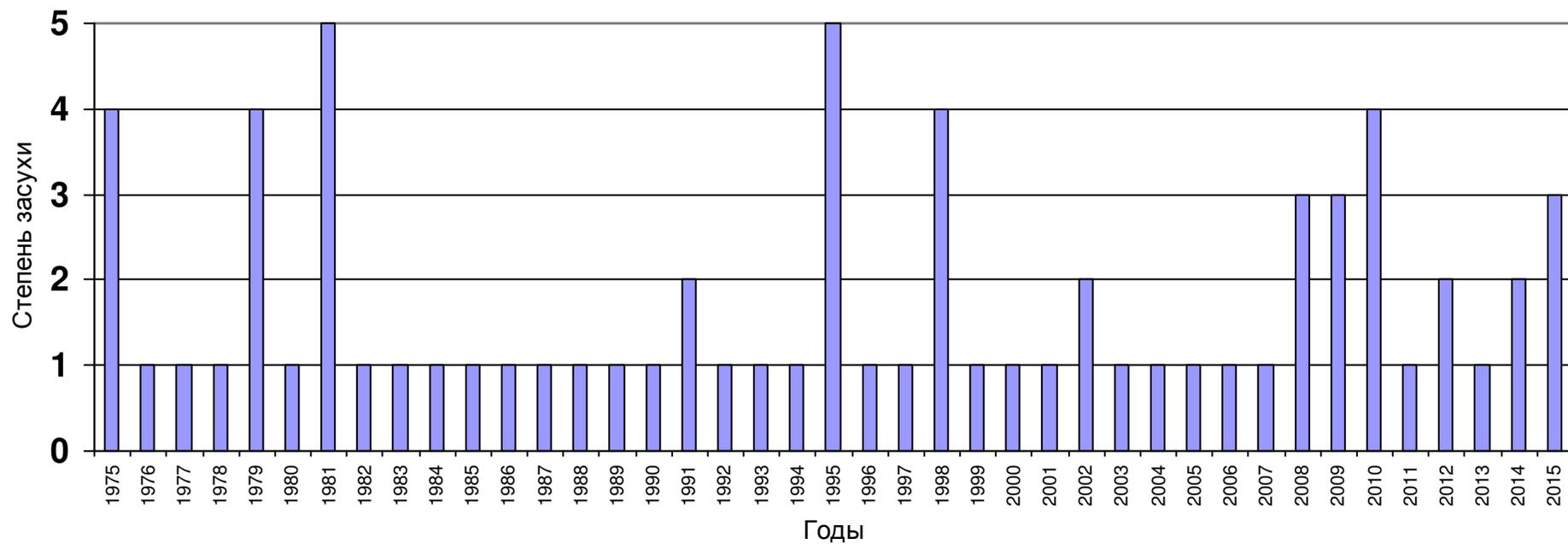
вторялись 4 раза в 1975, 1979, 1998, и в 2010 гг., средней интенсивности засуха была отмечена в 2008 и 2009 гг., слабые засухи в 1991, 2002, 2012 и 2014 гг., а в остальные годы (всего 28 лет) засуха отсутствовала (рис. 1). В течение 40 лет засухи повторялись 12 раз, т.е. повторяемость их составила 30%. Следует отметить, что за последние 8 лет засуха отмечалась 6 раз.

Таблица 1 - Природно-сельскохозяйственное районирование территории лесостепной зоны Среднего Поволжья

Показатели	Зоны	
	Лесостепная с тучными мощными черноземами и серыми лесными почвами (зап. часть Ульяновской области)	Лесостепная со среднемоощными серыми лесными (вост. часть Ульяновской области)
Осадки, мм		
за год	400-600	400-600
за период активных температур	310	280
Сумма активных температур выше 10 °С	2100-2700	2000-2400
Продол. периода, дней		
Вегетации	130-155	130-145
Безморозного	130-155	120-135
Показатель увлажнения ГТК	0,77-1,15	0,77-1,0

2.2 Почвенный покров и его агрохимическая характеристика

В лесостепной зоне Поволжья, куда входит Ульяновская область, почвенный покров неоднороден. Первые обстоятельные исследования почв региона были выполнены в 1878 г. В.В.Докучаевым. Изучению почв региона посвящены также работы целого ряда авторов, которые отмечают значительную пестроту черноземных почв Поволжья по мощности гумусового горизонта, содержанию и запасам органического вещества, макро- и микроэлементов, водно-физическим свойствам и т.д. (Копосов И.П., 1948; Антонова Ж.А., 2011).



■ Интенсивность засухи: 1-отсутствие засухи; 2-слабая; 3- средняя; 4-сильная; 5-очень сильная

Рис. 1 - Повторяемость засух различной интенсивности в Ульяновской области по методике Е.К. Зоидзе (по данным Октябрьской метеостанции)

Почвенный покров лесостепи Поволжья представлен оподзоленными, выщелоченными, типичными и другими подвидами черноземных почв в сочетании с серыми лесными и песчаными боровыми почвами. Черноземы в Поволжье распространены в двух ландшафтных зонах – лесостепной и степной. В северных районах лесостепи Поволжья в основном распространены серые лесные почвы и оподзоленные, типичные и обыкновенные черноземы суглинистого и реже глинистого механического состава. Ульяновская область расположена в переходной полосе от зоны распространения подзолистых почв к зоне черноземов.

В Ульяновской области обрабатываемые земли представлены в основном черноземами и серыми лесными почвами. Черноземы занимают около 65 %, лесные почвы – 25 %, остальные разновидности почв (луговые, пойменные, болотные и другие) встречаются небольшими массивами в виде отдельных пятен и на их долю приходится около 10 % пашни.

Среди черноземов наибольшее производственное значение имеют выщелоченные, карбонатные и оподзоленные. Физико-химические свойства выщелоченных черноземов удовлетворительны. Содержание гумуса в пахотном слое 5-8 %, общего азота – 0,3-0,5 %, фосфора валового – 0,17-0,20 %.

Дерново-карбонатные почвы представляют собой маломощные образования на карбонатных верхнемеловых отложениях с содержанием гумуса от 5,5 до 10 %, общего азота – 0,3-0,5 % и фосфора валового – 0,16-0,20 %.

Оподзоленные черноземы менее плодородны, содержат меньше гумуса, азота и фосфора.

Плодородие серых лесных почв, за исключением темно-серых, которые по плодородию близки к черноземам, значительно ниже. Они характеризуются слабокислой реакцией, низким содержанием азота и фосфора, небольшой емкостью поглощения и невысокой степенью насыщенности основаниями. Местами наибольшего распространения этих почв являются западный и юго-западный районы области.

Опытное поле Ульяновского ГАУ, где проводились опыты, расположено в левобережном агропочвенном районе. Основными почвообразующими породами являются древнеаллювиальные отложения в виде разнообразных суглинистых осадков.

Рельеф левобережья Ульяновской области представляет собой слабо-волнистую равнину, высота над уровнем моря 40-50 м. В почвенно-климатическом отношении опытное поле Ульяновского ГАУ относится к лесостепной зоне.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемогущий среднесуглинистый, характеризующийся следующими морфологическими признаками по горизонтам:

A_п 0-30 см – темный, зернисто-пылеватый комковатый, густо пронизан корнями растений, переход постепенный, средний суглинок;

A 30-50 см – темно-серый, зернисто-комковатый, однороден по окраске, переход постепенный, средний суглинок;

B₁ 50-100 см – светло-бурый, зернисто-комковатый, увлажнен, переход постепенный, средний суглинок;

B₂ 100-150 см – желтоватый, бесструктурный, рыхлый, переход постепенный, легкий суглинок;

C более 150 см – желтый, бесструктурный, рыхлый, влажный, переход постепенный, легкий суглинок.

Химический анализ почвы опытных участков, проведенный в различные годы, показал, что по содержанию гумуса она относится к малогумусным – от 4,3 до 4,8 %. Реакция среды в пахотном слое почвы слабокислая – pH_{сол.} – 5,8-6,0, содержание подвижного фосфора повышенное – 105-150 мг/кг, обменного калия – высокое 137-200 мг/кг. Степень насыщенности основаниями составляет 96,4-97,9 %, сумма поглощенных оснований 25,5-27,8 мг.-экв./100 г почвы.

2.3 Метеорологические условия за годы проведения исследований

Наблюдения за погодными условиями в годы проведения исследований проводились на Октябрьском метеопосту, расположенном в непосредственной близости от опытного поля. Оценка динамики метеорологических условий за 2003-2015 гг. показала значительную вариабельность суммы осадков и температур за вегетационный период и в целом за годы (приложение 1, 2).

Среднегодовая сумма осадков за 2003-2015 гг. составила 503,0 мм. По годам он варьировала от 321,7 мм в (2009 г.) до 694,4 мм в (2004 г.) при коэффициенте вариации 21,8 %. В период май - август выпало 217,6 мм (42 % от среднегодового значения) при варьировании по годам от 71 мм (2010 г.) до 319,4 мм в 2004 г.

Нами выявлена связь между количеством осадков в течение вегетации и осадками за период май-август ($r = 0,729$).

В период с 2003 по 2015 гг. отмечалось 6 вегетационных периодов (46 %) с проявлением различной интенсивности засухи. Слабая засуха отмечалась в 2012 и 2014 гг. при ГТК 0,62, в 2008 и 2009 гг. была зафиксирована средняя засуха при ГТК соответственно 0,55 и 0,54, в 2010 г. сильная засуха при ГТК = 0,23. В отдельные периоды исследований засуха проявлялась подряд три вегетационных периода 2008, 2009 и 2010 гг. (табл. 2).

Вегетационный период 2003 года характеризовался большим количеством осадков (за май-июнь выпало 225,8 мм при норме 105,0 мм) и пониженной температурой июня (на 3,7°С ниже нормы), при этом ГТК был высоким и составил 1,03, что способствовало росту и развитию яровых и озимых зерновых культур и позволило получить их высокий урожай. К посеву озимой пшеницы сформировались хорошие запасы продуктивной влаги, к тому же сразу после посева озимой пшеницы выпало 20,8 мм осадков, что положительно сказалось на полевой всхожести культуры. Условия перезимовки в 2003-2004 гг. были благоприятными, с выпадением большего количества осадков (193,6 мм), устойчивым снежным покровом и среднесуточной температурой от -2,7 °С в декабре, до -8,0 °С в январе с кратковременным ее

понижением до -22 °С. Возобновление вегетации наступило в конце второй декады апреля, что является обычным для зоны Заволжья (рис. 2, 3).

Таблица 2 - Распределение вегетационных периодов по влагообеспеченности в период проведения исследований, согласно классификации Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой (в период 2003-2015 гг.)

№ п/п	ГТК _{май-июнь}	Характер влагообеспеченности	Количество, лет	%
1	>1,5	Избыточная	2	15
2	1,5-1,41	Повышенная	1	8
3	1,41-1,10	Достаточная (оптимальная)	-	-
4	1,10-0,76	Недостаточна	4	31
5	0,75-0,61	Низкая (слабая засуха)	2	15
6	0,60-0,40	Очень низкая (средняя засуха)	3	23
7	0,40-0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	1	8
8	<0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	-	-

В 2004 году количество осадков за май-июнь составило 195,2 мм, а ГТК=1,70 ед., но по фазам развития и декадам метеоусловия были контрастными как по температуре, так и условиям увлажнения, при этом засушливым оказалась вторая декада мая, а особенно дождливым был июнь – 138,5 мм. Обильные осадки июня и июля, при оптимальной температуре, способствовали накоплению влаги в почве к посеву озимой пшеницы и оказали положительное действие на формирование второго укоса многолетних трав. Хорошее увлажнение почвы, а также достаточное количество тепла дали возможность получить хорошие всходы озимой пшеницы по всем предшественникам. В целом период перезимовки был благоприятным.

Весна 2005 года была ранней, отмечалось быстрое нарастание температуры воздуха, при этом апрель характеризовался повышенной температурой воздуха на $0,2^{\circ}\text{C}$, а май - на $1,9^{\circ}\text{C}$. В целом вегетационный период 2005 года был достаточно увлажненным, ГТК за май-июнь составил 1,44. За июнь выпало 113,1 мм, что составляет 171 % от нормы. Обильное выпадение осадков позволило сформировать высокий урожай второго укоса многолетних трав и создать условия для дружных всходов озимой пшеницы. Осенью наблюдался дефицит атмосферных осадков. За сентябрь-ноябрь выпало 56,6% осадков. Следует отметить, что с 1 по 4 сентября (за 4 дня до посева) выпало 27,0 мм осадков, тем самым способствуя хорошей всхожести растений озимой пшеницы по всем предшественникам. В начале третьей декады ноября наступило завершение осенней вегетации озимых. Зимний период (декабрь-февраль) отличался обильными снегопадами. За три месяца выпало 104,1 мм осадков, что на 44,1 мм больше среднего многолетнего значения. Период весенне-летней вегетации характеризовался неравномерным распределением осадков, наблюдались как остро засушливые, так и достаточно увлажненные периоды.

Вегетационный период 2006 года отмечался обилием осадков в начале и конце вегетационного периода и засушливым периодом во второй и третьей декадах июня (ГТК = 0,18), при этом июнь характеризовался повышенной температурой воздуха, в среднем на $1,6^{\circ}\text{C}$. В осенний период 2006 года, до прекращения вегетации, температурный режим близкий к норме и пониженное количество осадков создали удовлетворительное условие для развития и роста растений озимой пшеницы. В зимний период отмечены anomalно высокая температура воздуха (декабрь $0,0^{\circ}\text{C}$, при норме $-8,3^{\circ}\text{C}$; январь $-2,3^{\circ}\text{C}$, при норме $14,3$) и снежный покров на уровне среднемноголетних значений, перезимовка озимых была хорошая.

Пониженный температурный режим и переувлажнённая почва в 2007 году сдвинули сроки посева яровых на первую декаду мая. В дальнейшем отмечено резкое повышение температуры, по сравнению со среднемноголетними значениями, $+3,1^{\circ}\text{C}$ (2 декада) и $+7,8^{\circ}\text{C}$ (3 декада мая) при недостаточ-

ном количестве осадков, что обеспечило неблагоприятные условия для развития озимых и яровых культур. В мае выпало осадков 53,6 % от нормы при ГТК= 0,42. Обильные осадки июля (120,5 мм или 178 % от нормы) спровоцировали отрастание сорняков, что в результате не способствовало улучшению показателей элементов структуры и урожайности исследуемых культур. Осенний период был благоприятным для озимых культур, при температурном режиме близком к норме и достаточном количестве осадков (за сентябрь 63,1 мм при норме 58,5 мм). При среднемноголетнем количестве осадков и отсутствии оттепелей в зимний период гибель растений озимой пшеницы не была отмечена.

Начало вегетации растений в 2008 году установлено значительно раньше нормы (3 апреля). Средняя температура апреля была на 3,4 °С выше нормы. В апреле выпало 15,3 мм, что составляет 45,9% о нормы, а в мае осадки отсутствовали, ГТК за май-июнь = 0,55. Вторая половина вегетации была близкой к среднемноголетнему режиму. Физическая спелость почвы наступила в начале третьей декады апреля, в это же время был произведён основной сев яровых зерновых культур. В дальнейшем на фоне острой продолжительной засухи выявлено угнетение яровых зерновых. Особенно сильно пострадала яровая пшеница. Большое количество осадков в начале июля способствовало улучшению условий для роста и развития многолетних трав, но не оказало существенного положительного влияния на продуктивность ранних яровых зерновых и вызвало появление сорняков в посевах. Обильные осадки сентября позволили получить дружные всходы озимой пшеницы.

Возобновление вегетации сельскохозяйственных культур весной 2009 года отмечено в близкие к среднемноголетним значениям даты. Май был оптимальным по температурному режиму и количеству осадков (31,7 мм или 82,1% от нормы). В июне отмечена высокая температура воздуха (на 2,1 °С выше нормы) и небольшое количество осадков – 24,4 мм или 36,9 % от нормы, при этом ГТК составил 0,54 ед. В июле выпало 22,6 мм или 33,7 % от нормы. Август характеризовался большим количеством осадков – 103,0 мм,

однако засушливая осень (за сентябрь и октябрь 19,8 мм или 19,0 % от нормы) привела к дефициту почвенной влаги и слабому развитию озимых культур. В зимний период (декабрь-март), при отсутствии снежного покрова, была отмечена аномально низкая температура на 1,1-8,2 °С ниже нормы, что привело к ослаблению и гибели растений озимой пшеницы.

За 13 лет был отмечен особо засушливый – 2010 год, при этом обострения засушливости метеоусловий просматривались уже в предыдущем году: снизился уровень грунтовых вод, обозначился дефицит влаги под посевами, особенно многолетними травами. В зимний период сложились неблагоприятные условия для сохранности озимых зерновых культур, в опытах растения погибли и были пересеяны яровой пшеницей. В мае 2010 года среднесуточная температура воздуха превысила норму на 4 градуса, в июне - на 3,2, в июле - на 5,9 и в августе - на 6,0 градусов. Сумма положительных температур за май – июль составила 1962 градуса, тогда как атмосферных осадков выпало всего 46 мм при норме 189 мм. В вегетационный период (май-июль) гидротермический коэффициент (ГТК), который является условным показателем влагообеспеченности полей, составил всего 0,23, тогда как его показатель по среднемноголетним данным 1,21. Начиная с апреля последовал невосполнимый расход влаги из корнеобитаемого слоя на физическое испарение и транспирацию. Уже на ранних этапах развития полевых культур влагообеспеченность сократилась до критически низкого уровня – устойчивого завядания растений, что привело на полях с неадекватной технологией к уязвимости посевов, вплоть до гибели урожая.

2011 год характеризовался пониженными температурами в зимний период (январь-март) и повышенными в летний (июль, август), при оптимальных условиях в апреле, мае и июле. В летний период выпало большое количество осадков, ГТК за май июнь составил 2,1 ед. Сентябрь был дождливым, что способствовало нормальному развитию озимой пшеницы (рис. 2, 3).

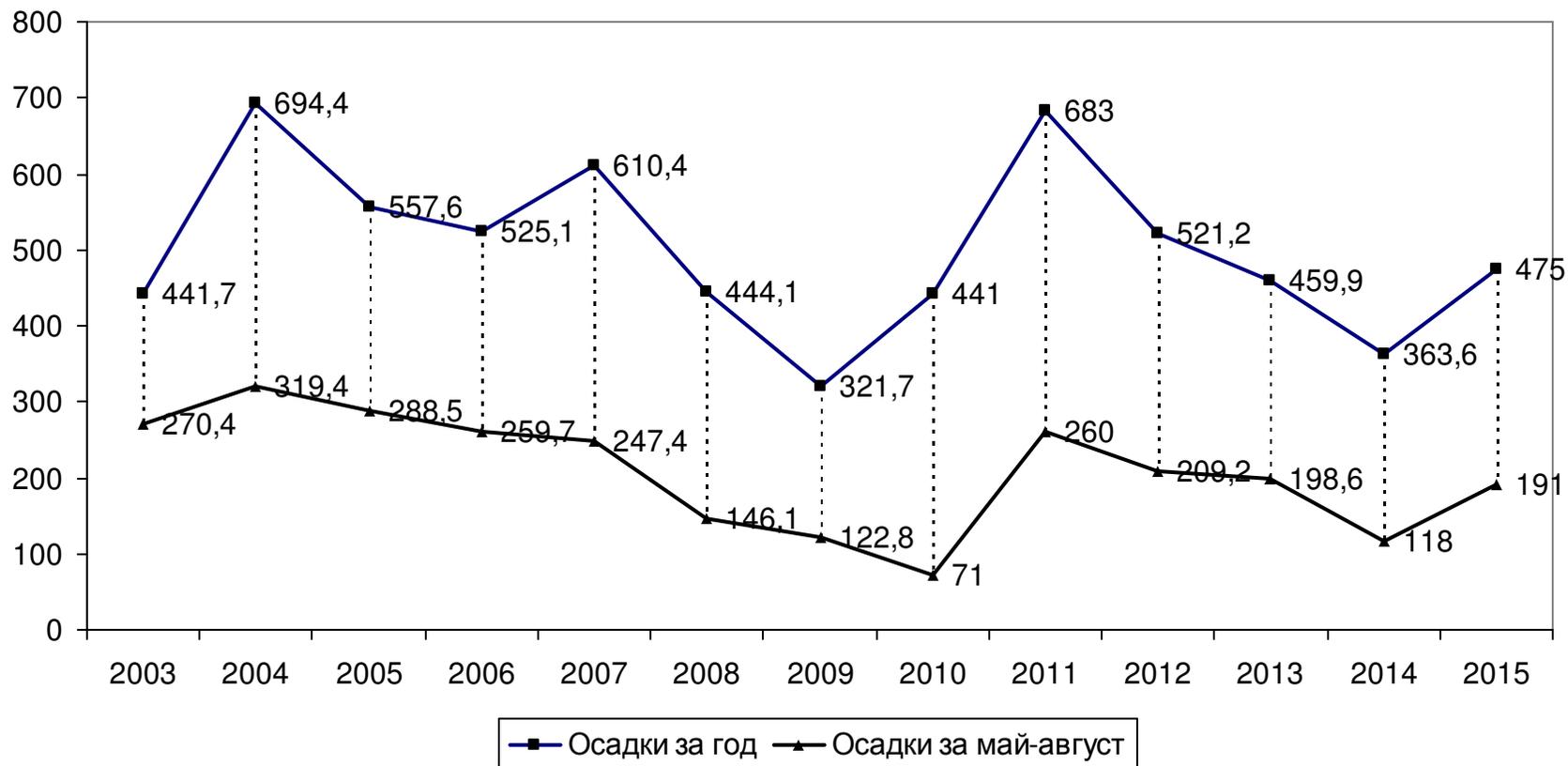


Рис. 2 - Сумма осадков за годы проведения исследований по данным метеопоста «Октябрьский»

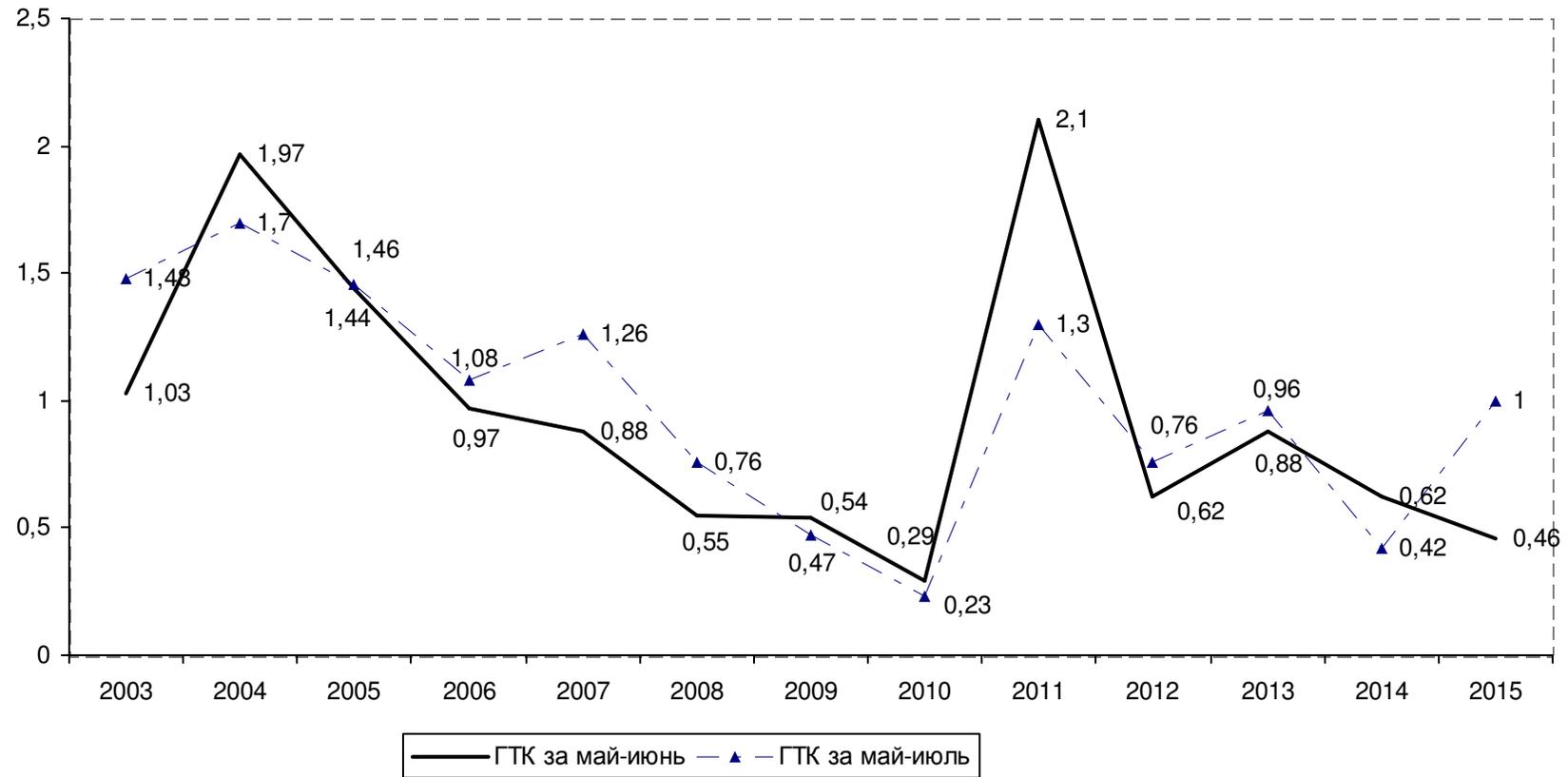


Рис. 3 - Гидротермический коэффициент (по Селянинову) за периоды май-июнь и май-июль в годы проведения исследований

В 2012 году возобновление вегетации сельскохозяйственных культур произошло раньше среднесуточных сроков. При этом аномально высокая температура во второй и третьей декаде апреля (в апреле на $4,0^{\circ}\text{C}$ выше нормы) способствовала быстрому наступлению физической спелости почвы. При пониженном количестве осадков и повышенном температурном режиме ГТК май-июнь составил 0,62 ед., вторая половина вегетации была близка к среднесуточным значениям. Развитие озимых культур осенью 2012 года происходило при повышенном температурном режиме. Отсутствие снега в декабре способствовало критическому для перезимовки озимой пшеницы снижению температуры на глубине узлов кущения, что способствовало выпадению растений озимой пшеницы, особенно по чистому пару.

Вегетационный период 2013 г. характеризовался повышенным температурным режимом и отсутствием осадков, ГТК за май-июнь составил 0,88 ед. Обильные ливневые осадки в июле и августе на фоне высокой температуры создавали благоприятные условия для формирования второго укоса многолетних трав. Сумма активных температур за май – август накопилась 2388°C при норме 2155°C . Осадков за апрель – август выпало 241 мм (норма 216 мм). ГТК за май – август составил 1,1 при норме 1,0.

Резкие перепады температуры воздуха и осадков наблюдались за вегетационный период 2014 года. Осадки в виде снега и дождя в апреле выпадали неравномерно, особенно много осадков выпало в первой декаде – 30,3 мм. Среднесуточная температура воздуха в апреле составила $4,6^{\circ}\text{C}$, что на $1,5^{\circ}\text{C}$ ниже нормы. Практически весь май стояла аномально теплая и жаркая погода с большой амплитудой суточной температуры – от $+3,5$ до $+30,4^{\circ}\text{C}$. Суховеи сильно иссушили почву. Прорастание семян яровых культур и появление всходов происходило в неблагоприятных условиях. В июне наблюдалась неустойчивая погода по температурному режиму с дождями разной интенсивности. Июль отличался перепадами температуры воздуха, жаркая погода наблюдалась в первой половине и в последнюю неделю месяца, осадков было

мало. В целом по температурному режиму, распределению осадков в течение вегетационного периода 2014 г. был относительно благоприятным.

Погодные условия вегетационного периода 2015 г. отличались неравномерностью выпадения осадков. Большое количество осадков в апреле выпало в начале и в конце месяца. Май и июнь характеризовались высокими температурами и отсутствием осадков, что привело к явлениям засухи. Июнь отличался самыми высокими температурами 27,7-33,5 °С. В июле выпало самое большое количество осадков – 119 мм (норма 60 мм). Фактическая температура данного месяца составляла 18,8 °С, отклонение от нормы – 2,0 °С. В целом по температурному режиму, распределению осадков в течение вегетационного периода, особенно в критические фазы развития яровых зерновых культур, 2015 год был неблагоприятным.

За 13 лет исследований 2 года отмечалась избыточная влагообеспеченность (2004 и 2011 гг.), 1 год исследований проводился при повышенной влагообеспеченности (2005 г.), 4 года при недостаточной влагообеспеченности (2003, 2006, 2007, 2013 гг.), 2 года при слабой засухе (2012 и 2014 гг.), 3 года при средней засухе (2008, 2009, 2015 гг.) и 1 год при сильной засухе (2010 г.).

Таким образом, анализ метеорологических условий показывает их резкую контрастность в годы проведения исследований (2003-2015 гг., всего 13 лет) с продолжительными почвенными и воздушными засухами в одни периоды и избыточным увлажнением в другие, а также с оттепелями в зимний период.

2.4 Схемы полевых опытов и их обоснование

Исследования эффективности факторов биологизации севооборотов, повышения средообразующих и продукционных функций полевых культур проводились на базе опытного поля Ульяновского ГАУ в период с 2002 по

2015 гг. Для решения поставленных задач нами было проведено два полевых опыта.

Опыт № 1: Биологизация севооборотов и плодородие чернозема выщелоченного в условиях лесостепи Поволжья. Опыт заложен под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.И. Морозова в 2001 году.

Стационарный полевой опыт был основан в 1975 году в соответствии с программами Координационного совета по севооборотам ВАСХНИЛ–РАСХН. Впоследствии состав полевых культур, их чередование и соотношение в площади посева несколько изменились за счет включения многолетних трав костреца, люцерны и эспарцета и с 2001 г. началась ротация севооборотов по уточненным схемам. Первым фактором, изучаемым нами в полевых опытах, выступали севообороты (Фактор А):

1) зернопаровой: чистый пар - озимая пшеница - яровая пшеница - горох - яровая пшеница - яровая пшеница;

2) зернотравяной с кострецом: горох - озимая пшеница - яровая пшеница + кострец - кострец - кострец - яровая пшеница;

3) зернотравяной с люцерной: вика на семена - озимая пшеница - яровая пшеница + люцерна - люцерна - люцерна - яровая пшеница;

4) зернотравяной с эспарцетом (сидеральный): сидеральный пар (вика + овес) - озимая пшеница - яровая пшеница + эспарцет - эспарцет - эспарцет - яровая пшеница.

В качестве контроля выбран зернопаровой севооборот в сравнении с зернотравяными (рис. 4). Структура севооборотной площади представлена в таблице 3.

Севообороты различались по составу культур, чтобы выявить эффективность предшественников в формировании урожая и воспроизводстве почвенного плодородия в севооборотах. В первых полях изучались виды паров (чистый, занятый и сидеральный). Во вторых полях севооборотов размещалась озимая пшеница, где изучалась урожайность и качество зерна в зависи-

мости от предшественников, а в третьих - последствие видов пара на урожайность яровой пшеницы.

В четвертом и пятом полях зернотравяных севооборотов размещались многолетние травы соответственно кострец, люцерна и эспарцет (2 года пользования).

Таблица 3 - Структура экспериментальных севооборотов, % от площади

Вид севооборота	Зерновые Зернобобовые	Зерновые	Зернобобовые	Многолетние травы	Пар чистый и пар сидеральный
Зернопаровой	83,4	66,8	16,6	-	16,6
Зернотравяной с кострцом	66,8	50,0	16,6	33,2	-
Зернотравяной с люцерной	66,6	50,0	16,6	33,2	-
Зернотравяной с эспарцетом	50,0	50,0	-	33,2	16,6

В шестом поле возделывалась яровая пшеница, во 2-ом, 3-ем и 4-ом севооборотах соответственно по пласту многолетних трав, а в зернопаровом севообороте она размещалась после яровой пшеницы.

Соотношение бобовых и не бобовых посевов по количеству полей в 1-ом севообороте 1:4 (1-е поле занято чистым паром), во 2-ом севообороте 1:5, в 3-ем 3:3, в 4-ом 3:3 (рис. 4).

В экспериментальных севооборотах основная обработка почвы проводилась по двум технологиям (Фактор В): 1. Комбинированная в севообороте 2. Минимальная в севообороте (приложение 3).

В качестве контроля выбрана комбинированная обработка почвы (1 вариант), сочетающая отвальные и безотвальные способы с элементами минимизации. Минимальная обработка (2 вариант) отличается от контрольного по глубине и интенсивности воздействия на почву. В полевом опыте наряду с

серийной техникой применялись современные комбинированные почвообрабатывающие агрегаты.

Обработка почвы (фактор В):

под парозанимающие культуры:

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

2) Дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

под озимую пшеницу:

1) двукратное дискование БДМ 3х4П на глубину 8-10 см и 10-12 см. Предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см.

2) двукратное дискование БДМ 3х4П на глубину 8-10 см и 10-12 см. Предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см.

под яровую пшеницу:

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см.

2) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

под горох (1 севооборот, 4 поле):

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

2) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

под многолетние травы (2, 3 и 4 севообороты, кострец, люцерна, эспарцет, травосмесь):

1) Уход за посевами многолетних трав, весеннее боронование БЗСС-1,0

2) Уход за посевами многолетних трав, весеннее боронование БЗСС-1,0

под яровую пшеницу (1 севооборот, 5 поле):

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

2) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

под яровую пшеницу (1 севооборот, 6 поле):

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

2) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

под яровую пшеницу (2, 3, 4 севообороты, 6 поле):

1) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + вспашка на 25-27 см.

2) Дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см.

Наиболее рациональной и эффективной системой удобрения является органоминеральная, основанная на применении навоза, однако его внесение является дорогостоящим мероприятием, поэтому объем применения навоза за последние годы в хозяйствах региона ограничен. Это вызывает необходимость поиска альтернативных источников органических удобрений в виде соломы, сидератов, возделывания культур, которые обеспечивают наибольший выход биогенных ресурсов и обладающих способностью вовлечения симбиотического азота в хозяйственный круговорот вещества и энергии.

В экспериментальных севооборотах применялись два фона органоминеральных систем удобрений (в расчете на 1 га севооборотной площади) в период 2002-2008 гг. (Фактор С):

Севооборот	1 фон	2 фон
I	навоз 6,6 т/га + N ₂₆ P ₁₇ K ₁₇	солома 2,5 т/га + N ₂₄ P ₁₇ K ₁₇
II	навоз 6,6 т/га + N ₂₅ P ₁₃ K ₁₃	солома 1,3 т/га + N ₃₀ P ₁₃ K ₁₃
III	навоз 6,6 т/га + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	солома 1,3 т/га + N ₁₆ P ₁₃ K ₁₃
IV	сидерат 3,3 т/га + N ₁₇ P ₁₃ K ₁₃	сидерат 3,3 т/га + солома 1,1 т/га + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃

№ поля	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄		B
	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
1	Пар чистый	Пар чистый	Горох	Горох	Вика	Вика	Пар сидер.	Пар сидер.	B ₁
									B ₂
2	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	B ₁
									B ₂
3	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	B ₁
									B ₂
4	Горох	Горох	Кострец 1-го г.п.	Кострец 1-го г.п.	Люцерна 1-го г.п.	Люцерна 1-го г.п.	Эспарцет 1-го г.п.	Эспарцет 1-го г.п.	B ₁
									B ₂
5	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Кострец 2-го г.п.	Кострец 2-го г.п.	Люцерна 2-го г.п.	Люцерна 2-го г.п.	Эспарцет 2-го г.п.	Эспарцет 2-го г.п.	B ₁
									B ₂
6	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	B ₁
									B ₂

ФАКТОРЫ

A – севообороты:

A₁ – зернопаровой;

A₂ – зернотравяной с кострецом;

A₃ – зернотравяной с люцерной;

A₄ – зернотравяной с эспарцетом.

B – система обработки почвы: B₁ – комбинированная; B₂ – минимальная.

C – система удобрения:

C₁ – органоминеральная (навоз + NPK);

C₂ – органоминеральная (солома + NPK);

C₃ – органоминеральная (сидерат + NPK);

C₄ – органоминеральная (сидерат + солома + NPK).

Рисунок 4 – Схема стационарного трехфакторного полевого опыта в период 2002-2008 гг. (первая ротация севооборотов)

В 2009 году в систему удобрения были внесены изменения, и каждый севооборот был размещен на органоминеральных фонах солома + NPK на 2 уровня продуктивности (таблица 4, приложение 5).

Навоз вносили после уборки парозанимающих культур, солому – после ее измельчения при обмолоте зерновых и зернобобовых культур и гороха. Удобрения рассчитывались балансовым методом на запланированный урожай гороха – 25 ц/га зерна; вики – 15 ц/га зерна; озимой пшеницы – 30-35 ц/га зерна; яровой пшеницы – 25-30 ц/га; викоовсяной смеси на сидерат – 200 ц/га зеленой массы; костреца, люцерны, эспарцета – 250 ц/га зеленой массы (приложение 4).

Таблица 4 - Система удобрений в экспериментальных севооборотах
(в период 2009-2015 гг.- вторая ротация севооборотов)

Севооборот	1 фон солома + NPK		2 фон солома + NPK	
	Планируемая продуктивность, тыс. з.ед. /к.ед на 1 га	Дозы минеральных удобрений	Планируемая продуктивность, тыс. з.ед. /к.ед на 1 га	Дозы минеральных удобрений
Зернопаровой	2,67/3,06	N ₂₂ P ₂₃ K ₂₃	3,25/3,98	N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅
Зернотрав. с кострцом	2,90/4,11	N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	3,48/5,16	N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃
Зернотрав. с люцерной	3,10/3,86	N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,88/4,86	N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈
Зернотрав. с травосмесью	3,00/4,03	N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,78/5,06	N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈

С 2012 года в схемы севооборотов были внесены следующие изменения: вика заменена на посевы люпина, сидеральный пар – на смесь люпина и гороха, эспарцет – на смесь люцерны и костреца.

Сорта сельскохозяйственных культур – горох посевной Таловец 70, Ульяновец, вика посевная Львовская 31/292, овес посевной Скакун, яровая пшеница Землячка, Симбирцит, люцерна - Казанская 58, кострец – Ульяновский 1, эспарцет - Песчаный 1251, люпин белый – Гамма, люпин узколистный – Надежда.

Норма высева всхожих семян для озимой пшеницы– 5 млн./га, яровой пшеницы – 5,5 млн./га, гороха - 1,4 млн./га, вики 2,5 млн./га., в совместном посеве вики с овсом норма высева составляет из расчета 50 % от полной чи-

словой нормы каждого компонента в чистом виде (вика – 1,3 млн. шт. семян, овса 2,3 млн. шт. семян на 1 га), многолетних трав – 5 млн./ га, люпина белого 1,2 млн. шт., смесь гороха и люпина узколистного по 0,7+0,7 млн. шт.

Размер делянок первого порядка 14x40 м, второго – 7x40 м, третьего – 7x20 м соответственно 560, 280 и 140 м² посевной площади. Размещение делянок систематическое, методом смешивания, повторность трехкратная, севообороты развернуты в пространстве и во времени.

Уровни биологизации экспериментальных севооборотов определялись:

1. Долей бобовых культур (горох, вика, люпин, люцерна, эспарцет).

Предполагалось оценить продуктивность севооборотов при их биологизации.

2. Органоминеральными системами удобрения: навоз + NPK, солома + NPK, сидерат + NPK, сидерат + солома + NPK. Предполагалось изучить продуктивность культур в зависимости от действия и последствия систем удобрения в севооборотах и их роль в воспроизводстве плодородия почвы.

3. Вкладом полевых культур и систем удобрений в накопление массы пожнивно-корневых остатков и влиянию на режим органического вещества. Предполагалось изучить накопление биогенных ресурсов плодородия культурами в севооборотных ротациях.

4. Вкладом бобовых фитоценозов в накопление биологического азота. Предполагалось изучить продуктивность симбиотической фиксации атмосферного азота бобовых культур в севооборотах.

5. Использованием поливидовых посевов культур в т.ч. бобово-злаковых смесей для наиболее полной реализации их продуктивного потенциала и усиления их средообразующих функций в севооборотах.

Агротехника в опытах – общепринятая для зоны, за исключением изучаемых приемов.

Опыт № 2: Энергетическая и белковая продуктивность многолетних трав в простых и сложных агрофитоценозах.

В системе организации адаптивного кормопроизводства особое место принадлежит высокопродуктивным бобово-злаковым фитоценозам, продук-

тивность которых зависит от правильного подбора видов, количества и соотношения компонентов.

Нами двукратно в 2004 и 2005 годах был заложен опыт по изучению одновидовых и поливидовых посевов многолетних трав (кострец, люцерна и эспарцет) при различном соотношении норм высева компонентов:

1. Кострец – 100 %
2. Люцерна – 100 %
3. Эспарцет – 100 %
4. Кострец + люцерна (50+50 %)
5. Кострец + эспарцет (50+50 %)
6. Люцерна + эспарцет (50+50 %)
7. Кострец + люцерна + эспарцет (50+25+25 %)
8. Люцерна + эспарцет + кострец (50+25+25 %)
9. Эспарцет + кострец + люцерна (50+25+25 %)

Цель исследований: изучить особенности формирования урожайности и продуктивность многолетних трав (кострец безостый - *Bromus inermis* L., люцерна посевная - *Medicago sativa* L., эспарцет песчаный – *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC) в одновидовых и смешанных фитоценозах в условиях лесостепи Поволжья.

Предполагалось изучить урожайность и энергобелковую продуктивность простых и сложных фитоценозов, вклад укосов в общий урожай и сроки наступления укосной спелости чистых, бинарных и тройных смесей культур.

Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое со смещением. Площадь делянок 36 м², учетная 30 м².

Агротехника в опытах общепринятая для зоны, за исключением изучаемых приемов. Планируемая урожайность культур – 250 ц/га зеленой массы. В однокомпонентный посев костреца вносили N₄₃P₂₀K₂₀, под остальные варианты P₂₀K₂₀. Норма высева многолетних трав для одновидовых посевов при 100% посевной годности: люцерна посевная – 5 млн. шт. семян на 1 га;

кострец безостый – 5 млн. шт. семян на 1 га; эспарцет песчаный – 5 млн. шт. семян на 1 га. В травосмесях норма высева составлялась из расчета 50% и 25% от полной числовой нормы каждого компонента в чистом виде.

2.5 Методика наблюдений, учетов и анализов

В опытах проводились следующие учёты и наблюдения:

Фенологические наблюдения. Отмечали следующие фазы развития растений озимой и яровой пшеницы: всходы (полные), кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость зерна. На зернобобовых культурах фиксировались: всходы (полные), цветение, полная спелость. Многолетние травы: всходы, цветение, отрастание (Инструкция по методике...,1971).

Плотность почвы. Почвенные образцы отбирали весной перед посевом и перед уборкой урожая по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см в трехкратной повторности методом цилиндров. Плотность почвы рассчитывалась по формуле: $Y=a/p$, а вес – абсолютно-сухой почвы, p – объем цилиндра 408 см^3 (Инструкция по методике отбора...1971).

Структурно-агрегатный состав почвы. Определялся по методу Н.И. Савинова, фракционированием почвы в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание). Образцы почвы отбирались в паровом поле, весной послойно по глубинам 0-10, 10-20, 20-30 см равномерно по диагонали делянки в трехкратной повторности (Вадюнина, А.Ф., Корчагина З.А., 1986).

Сопrotивление пенетрации (твердость) почвы. Определялось прибором пенетрометром (твердомером), измеряющим сопротивление почвы или усилие, необходимое для проникновения зонда в почву. Наблюдения проводились весной (перед посевом) и после уборки. Измерение производили послойно по глубинам 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 см равномерно по диагонали делянки в трехкратной повторности.

Влажность почвы. Почвенные пробы отбирали перед посевом озимой пшеницы, весной в период отрастания озимой пшеницы и многолетних трав,

весной перед посевом яровых ранних культур и перед уборкой урожая (первый и второй укос многолетних трав) послойно через 10 см на глубину 1,0 м. Отобранные пробы высушивали до постоянного веса при температуре 105°С в течение 6 часов. Содержание влаги вычисляли в процентах от массы абсолютно – сухой почвы, запасы продуктивной влаги – в миллиметрах (ГОСТ 28168 – 89, 1989).

Ферментативная активность почвы. Определялась в период колошения яровой пшеницы. Активность каталазы определяли по методу Джонсона и Темпле, активность пероксидазы и полифенолоксидазы - по методам К.А. Козлова, инвертазы – по методу И.Н. Ромейко и С.М. Малинской, уреазы – по методу Т.А. Щербаковой, активность фосфатазы – по методу А.Ш. Галстяна и Э.А. Арутюнян (Хазиев Ф.Х., 2005).

Целлюлозо-разлагающая активность почвы. Определяли методом льняных полотен (Мишустин, Е.В. и др., 1987). Подготовленные пластины закапывались в почву на делянках в слой 0-30 см в трехкратной повторности по диагонали делянки. Период экспозиции – 60 дней.

Продуктивность симбиотической фиксации азота бобовых культур. Определялась методом сравнения с небобовой культурой (Посыпанов Г.С., 1991).

Засоренность посевов. На посевах культур учет засоренности проводился до обработки гербицидами (количественно-весовой учет) и перед уборкой урожая (перед укосом трав). Учёт осуществлялся на всех изучаемых культурах. Определялось количество, вид и масса сорных растений.

Оценка поражаемости яровой пшеницы корневыми гнилями. Определяли согласно методикам ВНИИЗР (Чумаков А.Е., 1976). Наблюдения проводили в фазу колошения яровой пшеницы. По диагонали учётной делянки отбирали 10 проб по 10 растений и определяли интенсивность поражения, согласно шкалам. Затем определяли степень распространения и развития болезни по формулам.

Элементы структуры урожая. Пробы составлялись из растений, взятых перед уборкой урожая с закрепленных площадок. В пробе определялось количество стеблей, продуктивных колосьев, масса зерна и соломы, отношение зерна к соломе. При анализе 50 растений устанавливали высоту и массу растений, количество и массу зерна в колосе (Инструкция по методике отбора...1971).

Учет урожая и определение качества продукции. Учет урожая зерновых проводили прямым комбайнированием комбайном «Террион - 2010» с учетной площади делянки. Пробы зерна для анализов отбирали непосредственно после взвешивания урожая с каждой делянки. Определялась влажность, сорность и качественные показатели (натура зерна), а также технологические свойства зерна (ГОСТ 10840 – 64, 2009; ГОСТ 12037 – 81, 1981; ГОСТ 13586.5 – 93, 1981; ГОСТ 13496.4 – 93, 1993).

Учет урожая зеленой массы и сухого вещества многолетних трав проводили методом учетных площадок (Методические указания по..., 1997).

Определение качества продукции: сырая зола – путем сухого озоления растительного материала; общий азот – по методу Кьельдаля; сырая клетчатка – по методу Геннеберга и Штомана; безазотистые экстрактивные вещества – расчетным путем; сырой жир – по методу Сокслета.

Результаты учётов и наблюдений обрабатывались методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1985), а также линейного программирования (Светлов Н.М., 1997) на ЭВМ.

Накопления биогенных ресурсов плодородия. Определение массы пожнивных и корневых остатков после уборки многолетних трав проводили по методу Н.З. Станкова (1964).

Экономическая и энергетическая оценка севооборотов. Экономическая оценка эффективности возделывания сельскохозяйственных культур проводилась по технологическим картам. Энергетическая оценка проведена в соответствии с методикой ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе (Володин В.М. и др., 1999).

ГЛАВА 3. ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ НА АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ

3.1 Биоклиматические ресурсы и потенциальная урожайность полевых культур

Важнейшим резервом роста урожайности сельскохозяйственных культур является эффективное использование почвенно-климатических ресурсов, которые являются наиболее значимым фактором, воздействующим на продукционный процесс растений (Ковалев В.М., 2003; Биоклиматический потенциал России, 2006).

Следует признать тот факт, что производительность растениеводства остается крайне низкой, биоклиматический потенциал (БКП) реализуется не в полной мере, что связано, в том числе с тем, что в земледелии мало учитываются микроклиматические, почвенные, топографические и другие экологические условия.

Впервые понятие «биоклиматический» потенциал в науку ввел П.И. Колосков (1963), который дал ему определение как комплексного показателя, характеризующего общую потенциальную продуктивность земли под влиянием температуры, увлажненности и инсоляции. Позже Д.И. Шашко (1985) расширил список факторов, определяющих биоклиматический потенциал: набор культур, их биологическая продуктивность, эффективность агротехнологий, уровень специализации, а количественным показателем БКП он считал относительные величины биологической продуктивности, отражающие влияние соотношения тепла и влаги.

Современная оценка БКП территории базируется на учете и характеристике агроклиматических показателей, коррелирующих с продуктивностью сельскохозяйственных культур. Согласно научным основам земледелия, наибольшее влияние на растения из космических факторов жизни, оказывают тепло и влага, поэтому все современные методы оценки потенциальной и действительно возможной урожайностей базируются на учете этих факторов (Зоидзе Е.К., 2000; Ковалев В.М., 2003; Полуэктов Р.А., 2006).

Согласно теории фотосинтетической продуктивности растений потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур определяется поступлением фотосинтетической активной радиации (ФАР) на территорию, количество которой зависит от географической широты местности. Однако продуктивность культур, чаще всего, ограничивается агроклиматическими условиями, уровнем плодородия почвы и интенсивностью агротехнологий.

Программирование урожаев, по мнению И.С. Шатилова (1973) начинается с обоснования величины потенциальной и возможной урожайности, что позволяет определить агротехнологию с целью управления продукционным процессом растений.

Обоснование потенциальной урожайности полевых культур по приходу ФАР на 2 % ее использование можно рассчитать по уравнению (Каюмов М.К., 1989):

$$Y_{пу} = 10^4 \times \eta \times K_m \times \frac{\Sigma Q_{ФАР}}{g},$$

где: $Y_{пу}$ – потенциальная урожайность сухой массы, ц/га; η – КПД ФАР, %; K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая; $\Sigma Q_{ФАР}$ – приход ФАР за период вегетации, кДж/см²; g – энергетическая ценность урожая, кДж/кг.

Однако закон минимума утверждает, что величина урожая определяется тем фактором, который в данных условиях находится в минимуме. В условиях лесостепи Поволжья лимитирующим фактором в получении потенциальной урожайности, чаще всего, выступает влага, а для некоторых культур и в отдельные периоды - тепло. В связи с этим ряд авторов предлагают определять действительно возможную урожайность (ДВУ), которая определяется по различным методикам.

Возможная урожайность по влагообеспеченности рассчитывалась по уравнению:

$$y = \frac{100 \times (W+a) \times K_m}{K_B},$$

где: y – расчетная урожайность, ц/га; W – запасы продуктивной влаги перед посевом, мм; a – количество осадков за вегетацию, мм; K_B – коэффициент водопотребления.

Потенциальная урожайность по биогидротермическому потенциалу по А.М. Рябчикову (1968) определялась по уравнению:

$$K_p = \frac{W \times T_v}{8,595 \times R}$$

где: K_p - биогидротермический потенциал продуктивности, балл; T_v - период вегетации в декадах; R - суммарная ФАР за период вегетации, ккал/см².

Потребность растений в тепле принято выражать в виде сумм температур. Д.И. Шашко (1985) предложил метод расчета возможного урожая по биоклиматическому показателю продуктивности (БКП):

$$\text{БКП} = K_{\text{увл}} \times \frac{\sum t > 10^\circ\text{C}}{1000^\circ\text{C}}$$

где: $K_{\text{увл}}$ - коэффициент увлажнения;

$\sum t > 10$ - сумма $t > 10^\circ\text{C}$ (за период вегетации культуры);

1000 °C - сумма t выше 10°C на северной границе земледелия.

Биоклиматический потенциал характеризуется комплексом климатических факторов, определяющих возможную биологическую продуктивность данной территории. Максимальная продуктивность растений может быть достигнута только при оптимальных параметрах каждого из этих факторов.

Согласно теории фотосинтетической продуктивности потенциально возможная урожайность современных сортов при полном удовлетворении растений во всех земных факторах жизни позволяет использовать 3-5 % притока солнечной радиации. По среднегодовым данным суммарный приход ФАР в условиях Ульяновской области в среднем за период вегетации зерновых культур составляет 106 кДж/см², озимой пшеницы – 113 кДж/см², яровой пшеницы – 106 кДж/см², гороха – 88 кДж/см².

По нашим расчетам при аккумуляции ФАР 2 % возможная урожайность зерновых культур в условиях Ульяновской области может составить – 6,72 т/га, озимой пшеницы – 7,16 т/га, яровой пшеницы – 7,12 т/га, гороха и люпина – 5,52 т/га (рис.5).

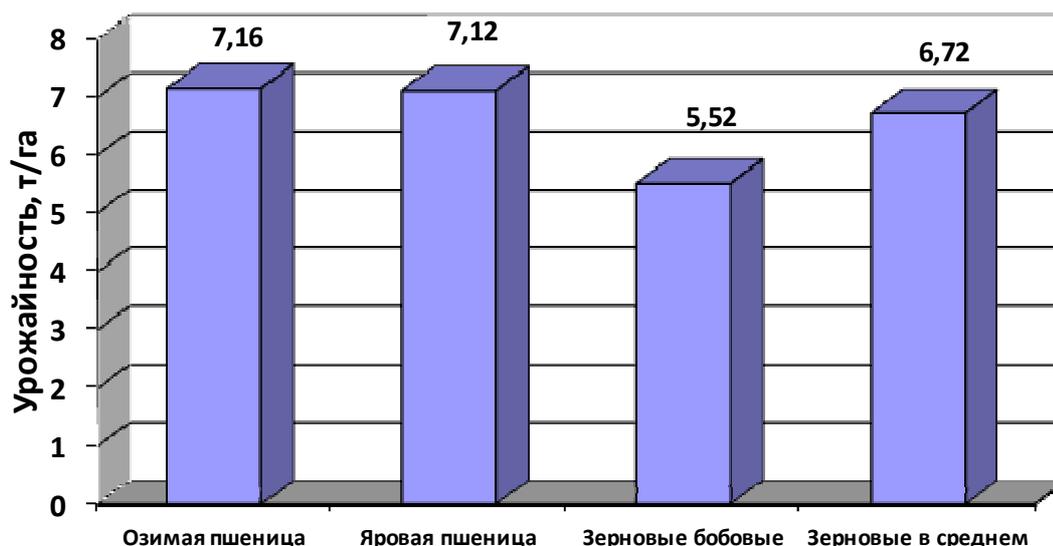


Рис. 5 - Потенциальная урожайность зерновых культур по приходу фотосинтетической активной радиации (2 %), т/га

Суммарный приход ФАР в условиях лесостепи Поволжья за период вегетации многолетних трав составляет 12,2 млрд. кДж/га. В наших расчетах при аккумуляции фотосинтетической активной радиации (ФАР) 2 % возможная урожайность зеленой массы многолетних трав составит 66,5 т/га.

В таблице 5 приведены величины возможных урожаев основных сельскохозяйственных культур, рассчитанные по количеству продуктивной влаги и коэффициенту водопотребления. Из полученных данных видно, что при количестве продуктивной влаги 350 и 400 мм (по средне многолетним данным) потенциальная урожайность зерна озимой пшеницы соответственно составит 4,65 и 5,23 т/га. Действительно возможная урожайность озимой пшеницы ограничивается влагообеспеченностью и тепловыми ресурсами и может составить 5,0-5,75 т/га. Расчеты по различным методикам показывают, что в среднем действительно возможная урожайность озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья составляет 5,18 т/га.

Действительно возможная урожайность яровой пшеницы ограничивается, прежде всего, влагообеспеченностью в весенне-летний период, однако ее урожайность при количестве продуктивной влаги 300 и 350 мм может

сформировать 4,26 и 4,87 т/га. При комплексной оценке взаимодействия тепла и влаги на формирование урожайности она может составить 4,07-4,08 т/га. В среднем ДВУ яровой мягкой пшеницы может составить 4,32 т/га зерна.

Таблица 5 - Потенциальная и действительно возможная урожайность полевых культур в условиях земледелия лесостепи Поволжья

Культура	Потенциальная урожайность по ФАР 2%, ц/га	Действительно возможная урожайность, т/га				
		По влагообеспеченности*		по БГП	по БКП	Средняя (ДВУ)
		1	2			
Озимая пшеница	7,16	4,65	5,23	5,75	5,10	5,18
Яровая пшеница	7,12	4,26	4,87	4,07	4,08	4,32
Зернобобовые (Горох, люпин)	5,52	3,50	4,00	3,70	3,12	3,58
Многолетние травы, на 3.м.	66,5	29,0	33,5	36,5	35,8	33,7

*- для озимых культур и многолетних трав 1- 350 мм; 2-400 мм; для яровых культур 1-300 мм; 2-350 мм

Зернобобовые культуры - люпин и горох, более требовательные культуры к влагообеспеченности, что даже при непродолжительном дефиците влаги клубеньки отмирают из-за недостатка углевода, ассимиляция листьев направляется на рост мелких корней, которые должны обеспечить растения водой, прекращение симбиотической азотфиксации снижает продуктивность. Расчеты показывают, что урожайность зернобобовых культур по ресурсам влаги в условиях лесостепи Заволжья может составить 3,5-4,0 т/га зерна, по биогидротермическому потенциалу – 3,7 т/га и биоклиматическому потенциалу – 3,12 т/га.

При ресурсах влаги 300 и 350 мм потенциальная урожайность зеленой массы многолетних трав может составить соответственно 29,0 и 33,5 т/га, возможная урожайность по совокупности факторов (БГП) – 36,5 т/га, а по биоклиматическому потенциалу при использовании 2 % ФАР – 35,8 т/га зеленой массы.

Согласно выше проведенным расчетам, потенциально возможная урожайность зерновых культур по приходу фотосинтетической активной радиа-

ции в условиях лесостепи Заволжья может составить: горох и люпин 5,52, озимая пшеница – 7,16 т/га и яровая пшеница – 7,12 т/на зерна, многолетних трав до 66,5 т/га зеленой массы. Однако, в силу климатических особенностей зоны урожайность полевых культур во многом определяется фактором, находящимся в минимуме – влагой. Поэтому одна из основных задач научного и прикладного земледелия состоит в разработке приемов эффективного накопления, сохранения влаги и ее рационального использования при формировании урожая сельскохозяйственных культур.

3.2 Продолжительность межфазных периодов полевых культур в зависимости от абиотических фактор и агротехнических приемов

Абиотические факторы, выраженные в приходе на поверхность солнечного света, тепла и влаги, взаимодействуя, воздействуют на растения, почву и живые организмы, что определяют экологические условия роста и развития сельскохозяйственных культур. Реакция растений на изменяющиеся условия выражается в длительности вегетационного периода и архитектонику посевов: высоту растений, индекс листовой поверхности растений и др.

Знание продолжительности вегетационного периода необходимо, прежде всего, для того, чтобы иметь представление о скороспелости сорта с целью установления возможности возделывания его в той или иной почвенно-климатической зоне, а также с целью использования для различных хозяйственных нужд.

Подробное изучение этих периодов у различных сортов в конкретных условиях представляет определенный научный и практический интерес. Продолжительность вегетационного периода зависит от сортовых особенностей и условий выращивания. Наибольшее влияние на изменение вегетационного периода оказывают такие условия, как температура почвы и воздуха и свет (Макашева Р.Х., 1979; Давлетов Ф.А., 2008, 2014).

3.2.1 Зерновые бобовые культуры

Продуктивность сельскохозяйственных культур определяется биотическими и абиотическими факторами, но в системе управления продукционным процессом стоят современные агротехнологии, которые посредством севооборотов, обработки почвы, удобрений и подбора сортов позволяют создавать оптимальные условия для растений и снизить риски действия отрицательных факторов. Известно, что существуют неуправляемые факторы, в частности, количество осадков и их распределение по периодам года, температурный режим, приток фотосинтетической активной радиации, которые характерны для конкретных условий произрастания сельскохозяйственных культур.

Многие авторы отмечают существенные изменения режима погоды за последние десятилетия на территории России и в том числе в условиях лесостепи Поволжья (Курдюков Ю.Ф. 2008; Гордеев А.В., 2012; Шарипова Р.Б. и др., 2013). Изменение климата может иметь как негативное, так и позитивное воздействие на производство сельскохозяйственных культур, в зависимости от региона (Will higher minimum..., 2011). Преимуществом является то, что в высоких широтах, более высокие температуры приводят к увеличению вегетационного периода и повышению потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур (Wiltshire Implications of..., 2010), недостатком – проявление засух и переувлажнение в отдельные периоды.

Погодные условия определяют, прежде всего, длину вегетации растений. Еще в классических работах Н.И. Вавилова (1957) отмечено, что длина вегетационного периода определяет множество свойств растений и сортов, от которых зависят урожайность, качество продукции и степень воздействия неблагоприятных факторов.

Водно-тепловой режим посевов - главный регулятор продукционного процесса в агроэкосистемах, поэтому изучение водно-теплого режима с целью управления ресурсами влаги за счет неравномерно выпадающих атмосферных осадков в регионе важная задача в системах земледелия и эффективная мера преодоления засушливых условий и смягчения их последствий.

Фенологические фазы развития растений в период вегетации, сроки их наступления и продолжительность являются важными показателями для оценки культур в качестве предшественников озимых, а также они отражают особенности формирования урожая.

Изучение особенностей формирования урожайности зерновых бобовых культур в стационарном опыте в условиях лесостепи Поволжья позволило нам при сопоставлении длины межфазных периодов с погодными условиями выявить некоторые общие закономерности их изменчивости.

Основными межфазными периодами, определяющими длину вегетации зернобобовых культур, являются: посев-всходы, всходы-цветение, цветение-созревание семян. Продолжительность вегетационного периода в целом и каждой отдельной фазы развития растений напрямую зависит от условий произрастания; влагообеспеченность, температура воздуха, продолжительность светового дня и других факторов.

Продолжительность вегетации зернобобовых культур и составляющих ее периодов приводятся в таблице 7.

Минимальная температура прорастания у гороха и вики составляет 1-3 °С, у люпина –2-5°С, что позволяет проводить посев в очень ранние сроки, при этом изучаемые культуры переносят заморозки до -6...-7 °С. Минимальная температура прорастания и холодостойкость культур позволяют эффективно использовать ФАР при раннем посеве.

В наших исследованиях самый ранний посев зернобобовых культур был проведен 22.04 (2008 год), самый поздний – 5.05 (2003 год), средняя дата посева выпала на 28.04. Появление всходов значительно различалось по годам в зависимости от сложившихся погодных условий и отмечалось у гороха через 8-16 суток ($V=19,5\%$), вики – через 9-16 суток ($V=20,9\%$), люпина белого через 12-15 суток (10,9%), люпина узколистного - 11-14 суток (13,9%). Средняя температура воздуха за указанный период для гороха варьировала в пределах 9,8-15,1 °С, вики – 9,7-15,1 °С, люпина – 10,6-13,9 °С и люпина узколистного – 10,2-13,1 °С.

Таблица 7 - Продолжительность межфазных периодов зернобобовых культур
в условиях лесостепи Поволжья, 2003 – 2015 гг.

Культура	Годы	Продолжительность периодов, сутки			
		посев - всходы	посев - цветение	цветение –полная спелость	посев – полн.спел
Горох посевной	2003	11	41	32	84
	2004	16	38	38	92
	2005	9	36	39	84
	2006	14	32	36	82
	2007	10	34	32	76
	2008	13	36	32	81
	2009	10	33	32	75
	2010	8	30	30	68
	2011	10	39	38	87
	2012	10	34	28	72
	2013	10	30	29	69
	2014	13	31	30	74
	2015	13	35	34	82
В среднем за 2003-2015 гг.		11	35	33	79
V,%		19,5	9,4	10,7	8,6
Вика посевная	2003	10	54	31	95
	2004	16	49	30	95
	2005	10	46	40	96
	2006	14	45	36	95
	2007	16	38	36	90
	2008	13	49	33	95
	2009	13	40	38	91
	2010	9	36	30	75
	2011	11	46	40	97
В среднем за 2003-2011 гг.		12	45	35	92
V,%		20,9	13,0	11,6	7,4
Люпин белый	2012	13	36	60	109
	2013	12	32	66	110
	2014	15	27	64	106
	2015	15	35	66	116
В среднем за 2012-2015 гг.		14	33	64	111
V,%		10,9	12,4	4,4	3,8
Люпин узколист- ный (в смеси с горо- хом)	2012	10/11*	34/30	32/38	76/79
	2013	10/11	32/28	34/40	76/79
	2014	13/14	32/27	34/40	79/81
	2015	13/14	38/32	38/44	89/89
В среднем за 2012-2015 гг.		12/13	34/29	35/41	80/82
V,%		15,1/13,9	8,3/7,6	7,3/6,2	7,7/6,4

Над чертой горох, под чертой люпин узколистный

В условиях недостатка тепла (средняя температура в 2004 г. $9,2^{\circ}\text{C}$), большого количества осадков (23,3 мм) удлинялся период появления всходов. Всходы у гороха и вики появились на 16 сутки. Минимальная продолжительность периода от посева до всходов была отмечена в 2005 (9 суток) и 2010 гг. (8 суток), когда средняя суточная температура за период составляла соответственно $15,1^{\circ}\text{C}$ и $15,0^{\circ}\text{C}$.

Корреляционный анализ позволил выявить обратную связь продолжительности периода посев - всходы со среднесуточной температурой воздуха ($r = - 0,80 \dots - 0,95$). Между продолжительностью периода и количеством осадков у люпина белого отмечена прямая сильная связь ($r=0,88$), люпина узколистного средняя связь ($r=0,53$) и гороха и вики – слабая прямая связь ($r=0,18 \dots 0,19$). Посев люпина проводился на глубину 3-4 см (он выносит семядоли на поверхность почвы). В условиях быстрого нарастания среднесуточных температур и иссушения верхнего слоя почвы полнота и сроки всходов люпина в наибольшей степени зависели от выпавших осадков в отличие от гороха и вики. Однако решающее значение в продолжительности периода посев - всходы у люпина оказывала среднесуточная температура воздуха, поскольку запасов продуктивной влаги в слое 0-20 см перед посевом было достаточно для получения всходов (табл. 8).

Длительность периода всходы - цветение определялась биологическими особенностями культуры, условиями увлажнения и температурным режимом. Продолжительность указанного периода у гороха варьировала от 30 до 41 суток ($V=9,4\%$), вики – от 38 до 54 суток ($V= 13,0 \%$), люпина белого – 27-36 суток ($V=12,4\%$) и люпина узколистного (в смеси с горохом) - 27-32 суток ($V=7,6\%$). Повышенные температуры воздуха ускоряли развитие растений и этот период сокращался. Анализ позволил выявить обратную зависимость между этими показателями ($r= - 0,66 \dots - 0,99$).

Как и предыдущая фаза развития, продолжительность периода цветение-созревание определялась видом растений и условиями произрастания. Варьировала у гороха от 28 до 39 суток ($V=10,7\%$), у вики – 30-40 ($V=11,6\%$)

и люпина белого – 60-66 ($V=4,4\%$) и люпина узколистного – 38-44 суток ($V=6,2\%$). Избыток влаги затягивал созревание зернобобовых культур. К примеру, максимальная продолжительность периода от цветения до созревания гороха была отмечена в прохладном 2005 году – 39 суток ($t^{\circ}\text{C} = 19,1$, сумма осадков 159,8 мм). Между продолжительностью периода и суммой осадков выявлены прямые сильные связи ($r= 0,69\dots 0,89$), особенно у люпина белого и узколистного.

Общая продолжительность вегетационного периода зернобобовых культур от посева до созревания имела значительную вариабельность, у гороха изменялась от 68 до 92 суток ($V= 8,6 \%$), вики – 75-97 суток ($V=7,4 \%$), люпин белый – 106-116 суток ($V= 3,8 \%$), люпин узколистный – 79-89 суток ($V=6,4\%$). Сумма температур за период посев-созревание у гороха варьировала от 1331 до 1562 $^{\circ}\text{C}$, вики - 1419 до 1844 $^{\circ}\text{C}$, люпина белого – 1937-2115 $^{\circ}\text{C}$ и люпина узколистного (в смеси с горохом) – 1496-1536 $^{\circ}\text{C}$. Нами выявлена прямая сильная связь с количеством осадков ($r=0,73-0,89$) и с ГТК ($r=0,75-0,90$) и обратная сильная связь со среднесуточной температурой ($r=-0,73\dots -0,97$).

Зависимость длины межфазных периодов и всего периода вегетации от погодных условий (количества осадков, температуры воздуха и гидротермического коэффициента) приведены в таблице 8. Нами выявлены следующие закономерности:

- продолжительность развития растений по фазам и в течение вегетации находится в обратной зависимости от среднесуточной температуры воздуха, при этом в большей зависимости от суммы температур оказались люпин белый и люпин узколистный по сравнению с горохом и викой;

- сумма осадков увеличивала длительность прохождения фаз роста, аналогичная закономерность в связях выявлена и при оценке зависимости длины межфазных периодов и периода вегетации от гидротермического коэффициента.

Таблица 8 – Коэффициенты корреляции и связь продолжительности межфазных периодов зерновых бобовых культур с абиотическими факторами

Культура	Межфазные периоды			
	посев - всходы	посев - цветение	цветение – полная спелость	посев – полн.спел
С количеством осадков, мм				
Горох посевной	0,18	0,41	0,71	0,73
Вика посевная	0,19	0,71	0,69	0,74
Люпин белый	0,88	0,99	0,88	0,87
Горох + люпин узколистный	0,53	0,99	0,89	0,89
Со среднесуточной температурой, °С				
Горох посевной	-0,80	-0,66	-0,55	-0,73
Вика посевная	-0,88	-0,67	-0,77	-0,82
Люпин белый	-0,95	-0,99	-0,61	-0,70
Горох + люпин узколистный	-0,93	-0,77	-0,70	-0,97
ГТК, ед				
Горох посевной	0,20	0,79	0,89	0,90
Вика посевная	0,07	0,90	0,66	0,75
Люпин белый	0,78	0,99	0,65	0,86
Горох + люпин узколистный	0,57	0,96	0,54	0,89

Таким образом, самый короткий период вегетации оказался у гороха посевного (Таловец 70, Ульяновец) 69-92 суток, в среднем 79 суток. Для вики посевной (Льговская 31/292) в условиях лесостепи Заволжья для полноценного формирования урожая требуется 75-97 суток, в среднем – 92. Самый длительный период вегетации отмечен у посевов люпина белого (сорт Гамма) и в среднем составил 106-116 суток, что в значительной степени объясняется биологическими особенностями культуры, погодными условиями, сложившимися в годы исследований. Посевы гороха посевного (Ульяновец) совместно с люпином узколистным (Надежда) формировали урожай в течение 79-89 суток, в среднем - 82 суток (рис. 6).

Уборка урожая гороха проводилась в период с 7.07 по 30.07 (средняя дата 18.07), вики - в период с 13.07 по 10.08 (30.07), люпина белого - с 10.08 по 20.08 (средняя дата 15.08) и люпина узколистного в смеси с горохом – с 15.07 по 26.07 (19.07). Скороспелость люпина является исключительно важ-

ным признаком, от которого зависит устойчивое семеноводство и расширение ареала возделывания этой ценной зернобобовой культуры. Следует отметить, что сроки уборки люпина в условиях достаточной влагообеспеченности позволяют его использовать в качестве предшественника для озимых культур в условиях лесостепи Поволжья.

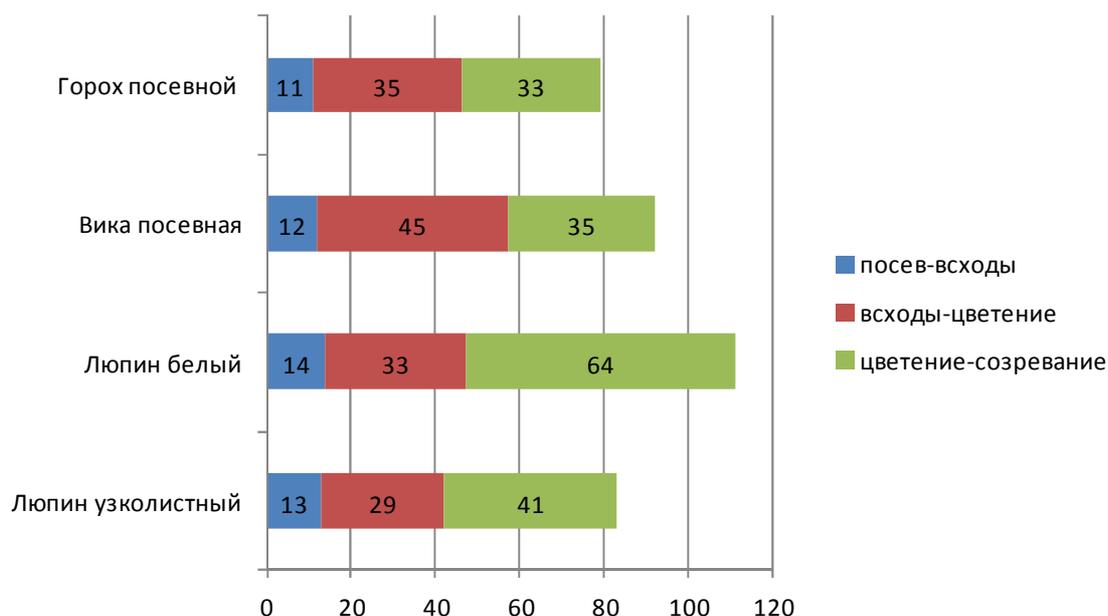


Рис. 6 - Сравнительная продолжительность межфазных периодов зернобобовых культур в условиях лесостепи Поволжья

Исучаемые агротехнические приемы – обработка почвы и удобрения изменяли условия произрастания и развитие растений зерновых бобовых культур. Основная безотвальная обработка почвы на 20-22 см обеспечивала лучшие условия для развития растений зерновых бобовых культур, что отражалось на длине межфазных периодов и вегетации в целом - вегетационный период удлинялся на 2-3 суток. При минимальной обработке почвы (на 12-14 см) всходы появлялись на 1 сутки раньше и развивались более быстрыми темпами, что объясняется меньшим содержанием влаги в метровом слое почвы.

Применение более высоких доз минеральных удобрений под зерновые бобовые культуры $N_{20}P_{30}K_{30}$ удлиняло период прохождения фаз развития растений и период вегетации в целом на 1-2 суток.

3.2.2 Озимая пшеница

В Поволжье озимая пшеница является одной из ведущих и наиболее продуктивных зерновых культур. Благодаря эффективному использованию осенних, зимних и весенних осадков ее продуктивность превышает яровые зерновые культуры, поэтому площадь возделывания озимой пшеницы в хозяйствах региона в последние годы значительно увеличилась.

В системе управления продукционным процессом на начальных этапах роста и развития растений озимой пшеницы решающее значение имеют влагообеспеченность посевов, температурный режим и продолжительность осеннего периода с суммой эффективных температур (более $+ 5^{\circ}C$), что во многом влияет на их перезимовку. Температура определяет скорость набухания, прорастания семян, продолжительность периода посев – всходы, а также сроки наступления фаз роста и длительность межфазных периодов на протяжении всей вегетации.

Ремесло В.Н. с соавторами (1976) считают, что чем продолжительнее фаза кущения в период осенней вегетации, тем выше потенциальные возможности растений по формированию элементов зерновой продуктивности, по их мнению, средне и высокоурожайным годам свойственна увеличенная продолжительность межфазного периода возобновление вегетации – колошение озимой пшеницы.

В последние годы исследованиями ряда ученых (Краснова Л.И., 2003, Тищенко В.Н., 2005) было установлено, что степень реализации заложенного с осени урожайного потенциала озимой пшеницы зависит от срока возобновления весенней вегетации и гидротермических условий произрастания в период «возобновление вегетации – выход в трубку». Чем раньше возобновляется вегетация пшеницы, тем выше реализация ее потенциальных возможно-

стей, то есть для реализации требуется такая же продолжительность весеннего кущения, как осенью.

Исследования, проведенные рядом авторов (Тищенко В.Н. и др., 2014; Алабушев А.В., 2015), по анализу изменчивости межфазных периодов органогенеза показал, что самая высокая урожайность наблюдалась в годы, когда межфазные периоды осеннего и весеннего онтогенеза озимой пшеницы были длинными. В годы с короткими фазами органогенеза осеннего и весеннего периодов урожайность резко падает.

Исследованиями Ф.М. Куперман (1953; 1962) установлено, что в жизненном цикле развития растений наблюдается 12 основных этапов. На каждом этапе формируются характерные элементы продуктивности. При этом в процессе прохождения этапов органогенеза изменяется потребность растений в обеспечении теплом, светом, влагой и элементами питания.

В наших исследованиях наступление и продолжительность этапов органогенеза озимой пшеницы определялись погодными условиями и предшественниками. Самый ранний посев озимой пшеницы был проведен 28.08., самый поздний - 5.05., средняя дата посева выпала на 2 сентября.

В годы проведения исследований полные всходы растений озимой пшеницы отмечались на 8-13 сутки (по годам) с момента посева и определялось предшественником и условиями увлажнения. В среднем по чистому пару и сидерату полные всходы были получены на 10 сутки, тогда как после гороха - на 11, после культур с более длинным периодом вегетации - вики и люпина - на 12 сутки, что объясняется не только погодными условиями, но и влагообеспеченностью верхнего слоя почвы.

На интенсивность осеннего кущения, как известно, влияют влажность почвы, обеспеченность элементами питания, тепло и продолжительность осенней вегетации.

В наших опытах продолжительность межфазного периода всходы – кущение существенно зависело от погодных условий второй половины сентября и начала октября. В годы проведения опытов агрометеоусловия этого

периода были контрастными по количеству осадков и температурному режиму, при этом фаза кущения наступила через 15-24 сутки после всходов. Во все годы исследований кущение озимой пшеницы начиналось в осенний период и отмечалось на 18-19 сутки после появления всходов, при коэффициенте вариации этого показателя 10,2-14,8 %. В среднем кущение у озимой пшеницы после чистого и сидерального паров наступало на 2-3 суток раньше, чем после занятых паров (таблица 9).

Продолжительность осенней вегетации озимой пшеницы от полных всходов до ухода в зиму значительно варьировала по годам и по предшественникам. Так, по чистому пару она составила 33-64 суток, при среднем значении 48 суток и коэффициенте вариации 19,8 %. После занятых паров ее продолжительность составила 46-47 суток, с коэффициентом вариации 20,3-20,5 %.

Перезимовка озимой пшеницы по годам составила 151 суток (2013-2014 гг.), до 180 суток (2002-2003 гг.) при среднем значении 166 дней (коэффициент вариации 5,1-5,2%).

Весеннее возобновление вегетации озимой пшеницы наступало во второй декаде апреля (в среднем 15 апреля), самый ранний срок был отмечен 3 апреля в 2008 году, самый поздний - 24 апреля в 2009 году. Продолжительность фенологических фаз озимой пшеницы после возобновления вегетации изменялось по годам и предшественникам. На последующих этапах органогенеза, после возобновления вегетации, озимая пшеница по занятым парам опережала в своем развитии посева, размещенные по чистому пару, у них быстрее проходили межфазные периоды от начала вегетации до фазы налива зерна.

В среднем за годы исследований период возобновление вегетации - выход в трубку продолжался от 32 после занятых паров до 33 суток по чистому и сидеральному парам. По чистому пару более продолжительными в сравнении с занятыми и сидеральным парами были и периоды выход в трубку-колошение и колошение - полная спелость.

Продолжительность периода от возобновления вегетации до полной спелости зерна составила 90-92 суток по занятым парам (горох, вика, люпин), 94 суток по сидеральному пару и 95 суток по чистому пару.

Длительность вегетационного периода озимой пшеницы складывалась из осенней вегетации, зимнего покоя и вегетации весенне-летнего периода. В разные годы период от посева до созревания по чистому пару длился 298-327 суток (в среднем 309), после гороха - 295-323 суток (305), после люпина и вики – 292-321 суток (302) и сидерального пара 299-325 суток (308). Таким образом, вегетационный период озимой пшеницы по чистому пару длился на 4-6 суток дольше, чем после занятых паров.

Учет фенологических фаз показал, что основная обработка почвы и органоминеральные системы удобрений в севообороте оказывали влияние на продолжительность вегетации озимой пшеницы. Более глубокая комбинированная обработка почвы в севообороте создавала условия для растений, при которых их продолжительность вегетации удлинялась на 2 суток, а повышенные дозы удобрений в среднем по годам и предшественникам на 3 суток.

Анализ корреляционной зависимости продолжительности межфазных периодов вегетации позволил установить положительную связь с количеством осадков. Сроки появления входов озимой пшеницы после занятых паров в большей степени определялись количеством осадков, что подтверждается более тесной связью продолжительности периода посев-всходы с осадками $r = 0,38-0,47$ (средняя), тогда как после чистого и сидерального паров соответственно $r = 0,01$ и $r = 0,20$ (слабая).

Продолжительность периода всходы-кущение также имела прямую зависимость от количества осадков – по чистому и сидеральным парам слабую ($r=0,20-0,28$), после занятых среднюю ($r=0,36-0,44$). Между продолжительностью межфазного периода возобновление вегетации - выход в трубку и количеством осадков также выявлена средняя положительная связь, не зависимо от предшественников ($r=0,42-0,56$). Периоды выход в трубку-колошение и колошение – полная спелость в большей степени определялись количеством

осадков, чем другие периоды при коэффициенте корреляции соответственно $r = 0,64-0,77$ и $r = 0,58-0,68$. Аналогичные связи выявлены между продолжительностью межфазных периодов и гидротермическим коэффициентом (таблица 10).

Таблица 9 – Продолжительность межфазных периодов озимой пшеницы и их вариабельность в зависимости от предшественников (2002-2015 гг.)

Межфазные периоды	По чистому пару		После гороха		После вики (люпина)		По сидеральному пару*	
	Сутки	V, %	Сутки	V, %	Сутки	V, %	Сутки	V, %
Посев – всходы	10	9,0	11	9,4	12	5,5	10	8,7
Всходы – кущение	18	12,0	19	10,8	19	10,2	18	14,8
Посев – кущение	28	7,3	30	8,2	31	7,2	28	9,6
Кущение – прекращение вегетации	30	32,2	28	33,7	27	35,5	30	21,3
Зимний покой	166	5,2	166	5,2	166	5,2	166	5,1
Возобновление вегетации - выход в трубку	33	10,2	32	9,6	32	9,6	33	10,2
Выход в трубку колошение	22	19,5	22	18,4	21	17,3	23	16,5
Колошение-полная спелость	40	10,4	38	10,1	37	9,4	38	12,8
Осенняя вегетация	48	19,8	47	20,3	46	20,5	48	13,8
Возобновление-полная спелость	95	6,1	92	5,9	90	5,6	94	6,1
Вегетационный период	309	2,8	305	2,76	302	2,8	308	2,8

*- данные за 2002-2011 гг.

Продолжительность развития растений озимой пшеницы на всех вариантах находится в обратной зависимости от среднесуточной температуры. Так коэффициент корреляции (r) был в пределах $-0,42...-0,84$. Наименьшая

степень зависимости была отмечена после занятых паров $r = -0,42 \dots -0,68$, степень зависимости колебалась от обратной слабой до обратной средней.

Таблица 10 – Коэффициент корреляции и связь продолжительности межфазных периодов озимой пшеницы с абиотическими факторами (2002-2015 гг.)

Культура	Межфазные периоды				
	посев – всходы	всходы - кущение	возобновление вегетации - выход в труб- ку	выход в трубку- колошение	колошение – полная спелость
С количеством осадков, мм					
По чистым парам	0,01	0,20	0,47	0,69	0,58
После гороха	0,38	0,36	0,42	0,74	0,65
После вики и люпина	0,47	0,44	0,56	0,77	0,68
По сидерату	0,20	0,28	0,48	0,64	0,59
Со среднесуточной температурой, °С					
По чистым парам	-0,84	-0,51	-0,47	-0,49	-0,58
После гороха	-0,68	-0,48	-0,42	-0,50	-0,54
После вики и люпина	-0,66	-0,49	-0,49	-0,54	-0,48
По сидерату	-0,72	0,46	-0,45	-0,51	-0,52
ГТК					
По чистым парам	0,12	0,26	0,41	0,62	0,55
После гороха	0,32	0,33	0,38	0,60	0,60
После вики и люпина	0,36	0,42	0,34	0,62	0,57
По сидерату	0,18	0,26	0,37	0,58	0,54

В целом можно отметить, что погодные условия июня и июля оказывали большое влияние на продолжительность межфазных периодов, особенно в весенне-летний период. Особенно подвергалась влиянию температуры и осадков вторая половина вегетации, что сказалось на формировании, наливе и созревании зерна озимой пшеницы. Высокие температуры и недостаток влаги в почве сокращали, а умеренно теплая и дождливая погода удлиняла

созревание зерна. Жаркая, сухая погода и дефицит влаги в метровом слое почвы ускоряли прохождение этого периода на несколько суток, а теплая погода и достаточное количество влаги растягивали его.

Таким образом, развитие озимой пшеницы определялось абиотическими факторами в осенний, весенний и летний периоды. Продолжительность ее вегетации изменялась по предшественникам, обработке почвы и удобрениям, которые определяли условия произрастания, что, в конечном счете, сказывалось на продуктивности растений.

3.2.3 Многолетние травы

В наших исследованиях отмечены различия наступления укосной спелости у люцерны, эспарцета и костреца и варьирование по годам в зависимости от водно-теплового режима посевов.

Посев многолетних трав (кострец, люцерна, эспарцет, кострец + люцерна) проводился под покров яровой пшеницы в максимально ранние сроки – 24 апреля – 4 мая. Семена всходили в зависимости от водно-теплового режима и их появление было отмечено на 10-16 день. В первый год жизни происходило их развитие под покровом яровой пшеницы.

Возобновление весенней вегетации многолетних трав происходило одновременно по всем вариантам опыта, как на травостое второго года жизни, так и третьего. Дальнейшее развитие растений проходило по разному и определялось видом многолетних трав, возрастом жизни и применяемыми агротехническими приемами.

Оптимальный срок укосной спелости по данным многочисленных исследований начало колошения для злаковых и начало цветения для бобовых трав. Нами установлено, что наступление отмеченной фазы у костреца первого года пользования (первый укос) было отмечено на 41-54 сутки при сумме положительных температур 518-759 °С, люцерны - на 51-60 сутки (676-895 °С), эспарцета - на 49-56 суток (642-792 °С) и травосмеси кострец + люцерна - на 47-56 сутки (714-817 °С).

Травостои третьего года жизни требовали большего периода на формирование первого укоса: костреца - 43-58 суток, люцерна - 51-60 суток, эспарцета - 52-56 и смеси кострец + люцерна - 47-56 суток.

Те же фазы вегетации при отрастании отавы у костреца наступали на 47-56 сутки, люцерны - 37-48 сутки, эспарцета - 49-60 сутки и смеси кострец + люцерна через 46-52 суток, что характеризует биологическую потребность культур в тепле и определяет сроки наступления укосной спелости и начало уборки. При этом сумма положительных температур костреца составила 960-1165 °С, люцерны – 753-1053, эспарцета – 936-1210 °С, и смеси кострец + люцерна - 916-1040 °С.

Выявлено, что на формирование второго укоса люцерны требуется меньший период, чем на первый, что было отмечено на травостоях второго и третьего годов жизни. Так, первый укос проводили на 51-60 день после весеннего отрастания, а второй - на 37-48 день (таблица 11).

Длительность формирования урожая второго укоса костреца по отношению к первому в среднем на 4-6 суток продолжительнее. Продолжительность формирования урожая отавы эспарцета возрастала на 2-4 суток по отношению к первому - основному.

Продолжительность межфазных периодов и всего периода вегетации на молодом травостое многолетних трав второго года жизни меньше по сравнению с третьим годом жизни, у костреца в среднем на 6 суток, люцерны - на 3 суток, эспарцета – на 4 суток и смеси кострец + люцерна - на 5 суток.

Нами методом корреляционного анализа установлены закономерности наступления укосов многолетних трав в зависимости от абиотических факторов.

В условиях развития растений повышенное количество осадков удлиняет период вегетации и между этими показателями часто отмечается положительная связь. Так, формирование первого укоса находилось в прямой зависимости от количества выпавших осадков, это в разной степени (от слабой до средней) удлиняло период вегетации изучаемых культур ($0,17 < r < 0,46$).

Таблица 11 – Длительность формирования укосов многолетних трав первого года пользования за 2004-2015 гг., дней

Годы	Количество суток							
	Кострец		Люцерна		Эспарцет		Люцерна +кострец	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
2004	41	50	54	37	51	49	-	-
2005	41	47	51	41	49	51	-	-
2006	46	54	55	46	52	56	-	-
2007	47	52	55	42	50	54	-	-
2008	54	56	60	48	56	60	-	-
2009	48	-	56	-	-	-	52	-
2010	41	-	53	-	-	-	47	-
2011	53	56	60	48	-	-	56	48
2012	48	-	54	-	-	-	51	-
2013	46	50	54	42	-	-	50	42
2014	52	56	60	44	-	-	56	44
2015	50	56	56	44	-	-	53	44
Среднее	47	53	56	44	52	54	52	45

Формирование второго укоса многолетних трав в условиях лесостепи Поволжья имеет свои особенности, которые заключаются в том, что продолжительность его формирования обусловлена выпадением осадков, и при их отсутствии второй укос не формируется (2009, 2010, 2012 гг.). Очень часто после первого укоса отсутствовали осадки, отрастание проходило медленно, что удлиняло период формирования отавы.

Корреляционный анализ показал среднюю (кострец) и сильную (люцерна, эспарцет и смесь костреца с люцерной) обратную зависимость продолжительности формирования второго укоса от количества осадков ($-0,10 < r < -0,83$). При отсутствии осадков второй укос не формировался, а с увеличе-

нием их количества укос формировался быстрее - сложилась обратная зависимость между этими показателями (таблица 12).

Таблица 12 – Длительность формирования укосов многолетних трав второго года пользования за 2004-2015 гг., дней

Годы	Количество дней							
	Кострец		Люцерна		Эспарцет		Люцерна + кострец	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
2005	43	47	53	41	50	50	-	-
2006	47	56	56	47	53	58	-	-
2007	49	54	56	45	52	56	-	-
2008	56	58	60	49	56	62	-	-
2009	47	-	54	-	-	-	-	-
2010	46	-	55	-	-	-	53	-
2011	55	56	60	49	-	-	57	49
2012	58	-	59	-	-	-	58	-
2013	50	53	57	46	-	-	54	46
2014	56	58	60	46	-	-	58	46
2015	55	58	58	47	-	-	56	47
Среднее	51	55	57	46	53	57	56	47

Анализ данных за период формирования укосов (9 лет формировалось 2 укоса, 3 года – 1 укос) показал следующие закономерности: увеличение количества выпавших осадков удлиняло период вегетации за счет получения второго укоса, незначительное количество осадков или их отсутствие после первого укоса приводило к медленному отрастанию, и второй укос не формировался. Выявлена средняя и сильная прямая связь длины вегетации (периода формирования укосов) костреца, люцерны и их смеси с количеством осадков, при $r=0,64-0,79$. При изучении эспарцета в период 2004-2008 гг. было получено по два укоса и в период их формирования отмечалось большое количество осадков от 194,2 мм до 282,6 мм. Выпадение осадков после первого укоса создавало условия более бы-

строого формирования второго укоса эспарцета, что обусловило среднюю обратную связь между этими показателями.

Аналогичные закономерности выявлены и между продолжительностью формирования укосов изучаемых многолетних трав и гидротермическим коэффициентом, что представлено в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициент корреляции и связь продолжительности периодов формирования укосов многолетних трав с абиотическими факторами (2004-2015 гг.)

Культура, годы	Периоды		
	Весеннее от-растание – первый укос	Первый укос - второй укос*	Формирования укосов**
С количеством осадков, мм			
Кострец, 2004-2015	0,25	-0,62	0,64
Люцерна, 2004-2015	0,17	-0,69	0,66
Эспарцет, 2004-2008	0,74	-0,83	-0,45
Кострец + люцерна, 2009-2015	0,46	0,10	0,79
Со среднесуточной температурой, °С			
Кострец, 2004-2015	-0,51	-0,80	-0,58
Люцерна, 2004-2015	-0,53	-0,35	-0,79
Эспарцет, 2004-2008	-0,69	-0,42	-0,54
Кострец + люцерна, 2009-2015	-0,61	-0,53	-0,95
ГТК			
Кострец, 2004-2015	0,17	-0,67	0,36
Люцерна, 2004-2015	0,14	-0,77	0,47
Эспарцет, 2004-2008	0,66	-0,91	-0,41
Кострец + люцерна, 2009-2015	0,42	0,06	0,58

*-за годы, полученные по 2 укоса;

** - в 2009,2010 и 2012 гг. был получен 1 укос многолетних трав.

При повышении среднесуточной температуры, что происходит в засушливые годы, сумма положительных температур за межуточные периоды многолетних трав резко сокращалась, а в прохладные увлажненные годы она увеличивалась. Отсюда установлена обратная связь продолжительности формирования первого укоса многолетних трав со среднесуточной температурой ($-0,51 < r < -0,69$), аналогичная зависимость складывалась и при формировании второго укоса ($-0,42 < r < -0,80$) и связь температуры воздуха с периодом формирования двух укосов ($-0,54 < r < -0,95$).

С повышением среднесуточной температуры сокращалась продолжительность формирования укосов многолетних трав как первого, так и второго. С уменьшением среднесуточной температуры темпы развития растений замедлялись, продолжительность вегетации возрастала.

Установление связи между продолжительностью формирования укосов многолетних трав с осадками, температурой воздуха и гидротермическим коэффициентом показывает, что костреч, люцерна их смесь и эспарцет на протяжении вегетации активно приспосабливались к экологическим условиям произрастания - к изменениям водно-теплового режима посевов, что свидетельствует об их высоком адаптивном потенциале.

3.2.4 Яровая пшеница

Управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур невозможно без знания ее биологических особенностей, реакции на изменения условий среды, параметров этой реакции, показателей погодных, почвенных, климатических факторов и применяемых агроприемов.

В наших исследованиях наступление и продолжительность наступления фаз развития яровой пшеницы определялись тепловым режимом и осадками, а также варьировали в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений.

Как правило, начало сева яровой пшеницы лимитируется температурой и физической спелостью почвы, которая в условиях лесостепи Заволжья на-

ступает в третьей декаде апреля. В наших опытах самый ранний посев яровой пшеницы был проведен 24 апреля (2008 и 2012 гг.), самый поздний – 4 мая (2003 и 2005 гг.), средняя дата посева выпала на 28 апреля.

Продолжительность периода посев - всходы варьировал от 8 (2012 год) до 12 суток (2006, 2008, 2015 гг.), в среднем на 10 сутки ($V=12,3\%$). Средняя температура воздуха за указанный период варьировала в пределах 10,1-15,5 °С, при среднем значении 12,2 °С (таблица 14).

Таблица 14 - Изменчивость продолжительности вегетационного периода яровой пшеницы (2003-2015 гг.)

Годы исследований	Межфазные периоды, сутки					За вегетацию
	посев - всходы	всходы - кущение	кущение – выход в трубку	выход в трубку - колошение	колошение – полная спелость	
2003	9	16	18	14	36	93
2004	13	15	23	18	32	101
2005	9	16	23	16	35	99
2006	12	17	22	15	40	106
2007	10	15	19	15	36	95
2008	12	14	21	16	32	95
2009	10	17	18	15	34	94
2010	9	15	16	12	30	82
2011	11	18	22	19	40	110
2012	8	15	18	15	34	90
2013	10	13	16	13	33	85
2014	11	13	14	13	37	88
2015	12	15	14	13	37	91
В среднем	10	15	19	15	35	95
V, %	12,3	9,4	17,0	13,0	8,3	8,1

Сорта Землячка и Симбирцит

Удлинение периода связано с пониженной температурой воздуха и почвы в течение прорастания семян яровой пшеницы. Результаты корреляционного анализа подтвердили зависимость длины данного периода от метеорологических условий: чем выше температура, тем быстрее всходят растения ($r = -0,85$), количество осадков несущественно влияло на скорость появления

всходов ($r = 0,09$), в весенний период запаса влаги в почве достаточно для активирования ростовых процессов в семени.

Важным периодом развития зерновых колосовых культур, определяющим число стеблей на растении, является кущение – его продолжительность определяет количество продуктивных стеблей. В наших исследованиях продолжительность периода всходы - кущение варьировала по годам от 13 до 18 суток (в среднем 15 суток), при низкой вариабельности $V=9,4\%$.

Повышенные температуры воздуха ускоряли развитие растений и этот период сокращался, о чем свидетельствует обратная связь между этими показателями ($r = -0,47$), выявлена сильная прямая связь с количеством осадков ($r = 0,71$) и ГТК ($r = 0,69$).

Наибольшее количество питательных веществ и воды яровая пшеница потребляет в период выхода в трубку до цветения. В это время происходит наибольший прирост сухого вещества в растениях. По нашим наблюдениям, как и предыдущая фаза развития, продолжительность периода кущение - выход в трубку определялся условиями произрастания и варьировал от 14 до 23 суток ($V=17,0\%$), при среднем значении 19 суток. Между продолжительностью периода кущение-выход в трубку и среднесуточной температурой воздуха выявлена обратная средняя связь ($r = -0,60$) и прямая сильная суммой осадков ($r = 0,72$).

Продолжительность периода выход в трубку - колошение яровой пшеницы составила от 13 до 19 суток (в среднем 15 суток, $V = 13,0\%$), при этом среднесуточная температура воздуха за отмеченный период изменялась от 17,0 до 23,4 °С. Нами выявлена прямая средняя связь длительности этого периода с количеством осадков ($r = 0,57$), и с ГТК ($r = 0,60$) и обратная средняя связь со среднесуточной температурой ($r = -0,65$). Условия протекания межфазного периода колошение-созревание определяют его продолжительность и в конечном итоге влияют на урожайность и качество зерна. Как правило, прохладная и дождливая погода наоборот затягивала созревание, засушливые условия ускоряли. Причем во втором случае колос формируется с большим числом зерен, величина и вес их также возрастают. В период исследований

среднесуточная температура воздуха варьировала от 17,5 до 22,2 °С (в среднем 20,6 °С). В отдельные годы отмечалось избыточное количество осадков (при среднем значении 66,6 мм в 2007 г.– 116,6 мм, 2015 г. – 125,1 мм), что приводило к снижению содержания белка в зерне яровой пшеницы. При сложившихся метеорологических условиях продолжительность этого периода изменялся от 30 суток (в засушливом 2010 году) до 40 суток (в условиях переувлажнения 2006 и 2011 гг.). Размах варьирования составил 10 суток, при среднем значении 35 суток ($V = 8,3\%$).

Таблица 15 - Корреляция продолжительности межфазных периодов яровой пшеницы и агроклиматических показателей, r

Показатели	Продолжительность межфазных периодов, суток					Период посев- полная спелость
	Посев всходы	Всходы ку- щение	Кущение- выход в труб- ку	Выход в трубку коло- шение	Колошение- полная спе- лость	
Среднесуточная температура воздуха, t °С	-0,86	-0,47	-0,60	-0,65	-0,51	-0,66
Сумма осадков, мм	0,09	0,71	0,72	0,57	0,61	0,76
ГТК	0,05	0,69	0,72	0,60	0,57	0,70

Выявлена корреляционная связь между продолжительностью периода колошение – созревание и абиотическими факторами: обратная со среднесуточной температурой ($r = -0,51$) и средняя прямая с количеством осадков ($r = 0,61$) и ГТК ($r = 0,57$).

Продолжительность вегетации яровой пшеницы изменялась от 82 (2010 год) до 110 суток (2011 год) при среднем значении 95 суток. Сумма температур варьировала от 1507 до 1897 °С, количество осадков – от 47,7 до 288,12 мм, ГТК = 0,29 до 1,69 ед. Связь между продолжительностью вегетационного периода и среднесуточной температурой воздуха характеризовалась как средняя обратная ($r = -0,66$), количеством осадков и ГТК сильная прямая при значении коэффициентов соответственно $r = 0,76$ и $r = 0,70$.

Выводы:

1. В условиях лесостепи Поволжья биоклиматический потенциал позволяет формировать полноценный урожай зернобобовых культур – традиционных для региона гороха, вики и интродуцируемой - люпина белого, а также гороха и люпина в сложных агрофитоценозах на уровне 3,5 т/га высокобелкового зерна. Озимая пшеница благодаря использованию ресурсов тепла и высокой влагообеспеченности способна формировать в среднем 5,1 т/га зерна, яровая мягкая пшеница – 4,1 т/га зерна. Многолетние травы за счет накопления осенних осадков, использования запасов весенних талых вод и высокой биологической продуктивности могут обеспечить не менее 30 т/га зеленой массы.

2. В силу агроклиматических особенностей зоны лесостепи Поволжья урожайность полевых культур во многом определяется факторами, находящимися в минимуме, и прежде всего влагообеспеченностью, поэтому одна из основных задач научного и прикладного земледелия состоит в разработке приемов эффективного накопления, сохранения влаги и ее рационального использования на формирование урожайности сельскохозяйственных культур.

3. Продолжительность вегетационного периода зерновых бобовых, озимой пшеницы, яровой пшеницы и многолетних трав в разной степени находится в обратной зависимости от среднесуточной температуры воздуха и в прямой зависимости – от количества осадков и гидротермического коэффициента. В ответ на повышение среднесуточной температуры воздуха сельскохозяйственные культуры ускоряли темпы роста и развития, что приводило к сокращению периода вегетации. Колебания продолжительности межфазных периодов развития и роста полевых культур объясняются ответной приспособительной реакцией растений под воздействием водно-теплового режима посевов. Ускорение темпов прохождения межфазных периодов было неизбежно связано с уменьшением интенсивности продуктивного процесса и снижением конечного урожая.

ГЛАВА 4. ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ ЛЕСОСТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ

4.1 Агрофизические свойства почвы в севооборотах

Почва выполняет глобальные биосферные функции, прежде всего, за счет уникального свойства – плодородия (Добровольский Г.В., 1990). В процессе почвообразования П.А. Костычев (1951) на первое место выдвигал физические свойства почвы и особенно плотность сложения, с которой связан весь комплекс физических и водных явлений в почве. По мнению В.И. Савича с соавторами (2002), физические свойства почвы – это матрица ее плодородия, на которой протекают все физико-химические процессы, развитие корневых систем, поглощение питательных элементов. Исследования многих ученых подтверждают тот факт, что вовлечение целинных земель в длительное сельскохозяйственное использование приводит к ухудшению агрофизических свойств почвы (Медведев В.В., 1988; Добровольский Г.В., 2014).

Обострилась проблема переуплотнения черноземных почв, связанная с использованием тяжелой техники и многократными проходами мобильных орудий по полю. Уплотнение приводит к уменьшению крупных пор, ухудшению водо- и воздухопроницаемости и заметному снижению урожайности (Рабочев И.С., 1978; Карапетян, М.А., 2010; Horn R. et al., 1996 и др.).

Плотность почвы оказывает существенное влияние на рост и развитие растений. Все это обуславливает необходимость изучения агрофизических свойств почвы при сельскохозяйственном использовании и ведения поиска приемов по их оптимизации.

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства интерес к агрофизическим свойствам почвы обусловлен с одной стороны, тем, что интенсивные и высокоинтенсивные системы земледелия требуют создания благоприятных условий водно-воздушного режима почвы, с другой

стороны, освоение высокопроизводительной тяжеловесной техники и новые технологические принципы обработки почвы предъявляют высокие требования к физическим свойствам почвы.

4.1.1 Плотность почвы

Значения параметров плотности варьируют в широких пределах, однако культурные растения предъявляют к этому показателю определенные требования. В чернозёмных почвах с ярко выраженной макроструктурой равновесная плотность в пахотном слое не превышает 1,0-1,3 г/см³ (Ревут И.Б., 1972; Казаков Г.И., 2008; Найденов А.С., Бурбель А.Ф., 2014). По данным Г.И. Казакова (2008), оптимальная плотность обыкновенного чернозема для яровой пшеницы и ячменя составляет 0,9-1,2; гороха – 0,9-1,1 г/см³; кукурузы – 0,9-1,1 г/см³; для озимой пшеницы – 1,2 г/см³. Знание оптимальных параметров плотности позволяет смоделировать приемы по созданию условий для роста и развития растений. Безусловно, что ключевым приемом оптимизации агрофизических показателей является обработка почвы, а в долгосрочной перспективе и система биологизации за счет внесения органических (навоз, солома, пожнивно-корневые остатки, сидераты) и минеральных удобрений и возделывания многолетних трав.

В результате проведенных исследований нами установлено, что плотность почвы пахотного слоя различается в зависимости от севооборотов, способов основной ее обработки и удобрений. Наблюдения за плотностью сложения проводились в севооборотах первой (2005-2008 гг.) и второй (2012-2015 гг.) ротаций.

В 2005-2008 гг. наиболее низкую плотность почвы пахотного слоя в чистом пару и перед посевом зерновых бобовых культур в слое 0–30 см обеспечивали варианты с комбинированной обработкой почвы: от 1,11-1,13 г/см³ на фоне P₂₀K₂₀ и от 1,10-1,11 г/см³ на фоне P₂₀K₂₀ + солома. При минимальной обработке плотность пахотного слоя увеличивалась на 0,03-0,09 г/см³ (таблица 16).

Посевной слой почвы (0-10 см) был наименее плотным, его плотность составила от 1,08 (комбинированная обработка) до 1,10 г/см³ (минимальная обработка) в чистом пару, от 1,08 до 1,11 г/см³ перед посевом гороха. Перед посевом вики данный показатель изменялся соответственно от 1,06 до 1,13 г/см³ и в посевах вики в смеси с овсом на зеленое удобрение – от 1,07 до 1,11 г/см³.

Аналогичная закономерность наблюдалась в слоях почвы 10-20 см и 20-30 см. В случае применения под вику комбинированной обработки почвы, ее плотность составляла соответственно 1,10-1,14 и 1,13-1,16 г/см³. При минимальной обработке почвы она увеличивалась до 1,13-1,19 г/см³ и 1,17-1,31 г/см³.

К уборке зернобобовых культур происходило уплотнение почвы с преимуществом отмеченных вариантов. Несколько ниже плотность сложения была по чистому пару, что связано с неоднократным его рыхлением в течение летнего периода.

Под посевами озимой пшеницы, за счёт меньшей влажности и уплотняющего действия на почву хорошо развитой в весенний период корневой системы, почва пахотного слоя была более плотного сложения. Весной в период возобновления вегетации озимой пшеницы плотность почвы по комбинированной в севообороте обработке составляла 1,20 - 1,25 г/см³, по минимальной обработке почвы ее значения достигали 1,23-1,27 г/см³, а к уборке озимой пшеницы происходило уплотнение почвы соответственно до 1,26-1,27 и 1,26-1,29 г/см³. В целом показатели плотности почвы соответствовали оптимальным значениям для озимой пшеницы.

Плотность почвы под многолетними травами имела свои особенности. В первой ротации севооборота перед посевом яровой пшеницы по севооборотам плотность существенно не различалась, отмечались различия по системам обработки почвы. По комбинированной обработке почвы ее значения составили 1,14-1,18 г/см³ и по минимальной – 1,18-1,19 г/см³, к уборке наблюдалось уплотнение почвы по всем вариантам.

Таблица 16 – Плотность чернозема выщелоченного в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах (весна: перед посевом яровых культур, период возобновления вегетации), (первая ротация, 2005 - 2008 гг.), г/см³

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Плотность почвы по слоям, г/см ³				По севообороту	По обработке почвы
			0-10	10-20	20-30	0-30		
Зернопаровой	В ₁	Навоз + NPK	1,12	1,16	1,18	1,15	1,17	1,15
		Солома + NPK	1,12	1,16	1,19	1,16		
	В ₂	Навоз + NPK	1,15	1,20	1,23	1,19		1,19
		Солома + NPK	1,15	1,18	1,22	1,18		
Зернотравяной с кострцом	В ₁	Навоз + NPK	1,17	1,20	1,22	1,20	1,22	1,20
		Солома + NPK	1,18	1,21	1,23	1,21		
	В ₂	Навоз + NPK	1,19	1,22	1,25	1,22		1,23
		Солома + NPK	1,20	1,23	1,27	1,23		
Зернотравяной с люцерной	В ₁	Навоз + NPK	1,17	1,20	1,23	1,20	1,22	1,20
		Солома + NPK	1,18	1,21	1,23	1,21		
	В ₂	Навоз + NPK	1,19	1,22	1,26	1,22		1,23
		Солома + NPK	1,20	1,23	1,28	1,24		
Зернотравяной с эспарцетом (сидеральный)	В ₁	Сидерат + NPK	1,17	1,20	1,22	1,20	1,20	1,19
		Сид + Сол.+ NPK	1,16	1,17	1,20	1,18		
	В ₂	Сидерат + NPK	1,19	1,23	1,26	1,23		1,22
		Сид + Сол.+ NPK	1,18	1,21	1,24	1,21		
Органоминеральные удобрения в зерно- травяных севооборотах	В ₁	Навоз + NPK	1,17	1,20	1,23	1,20	В₁	1,19
		Солома + NPK	1,17	1,20	1,24	1,21		
	В ₂	Сидерат + NPK	1,19	1,23	1,26	1,23	В₂	1,22
		Сид + Сол+ NPK	1,18	1,21	1,24	1,21		

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная

Изучаемые многолетние травы в первый год жизни под покровом яровой пшеницы существенных различий на плотность почвы не оказывали, поскольку они на ранних этапах развития формируют невысокую по массе корневую систему.

Как показывают наши исследования, в зависимости от возделывания различных многолетних трав на разных системах удобрений в севооборотах почва приобретает различную объемную массу. Заметное повышение плотности почвы отмечалось под многолетними травами второго года жизни. Так, после второго укоса плотность почвы составила 1,31-1,37 г/см³ по комбинированной обработке и 1,33-1,38 г/см³ – по минимальной.

Это объясняется тем, что почва под многолетними травами не обрабатывалась, а под действием биотических и абиотических факторов она приобрела высокую объемную массу, однако к третьему году жизни под многолетними травами наблюдалось снижение ее плотности, что предположительно связано с накоплением большого количества органического вещества в виде пожнивно-корневых остатков. По нашему мнению, это может быть обусловлено и увеличением содержания гуминовых кислот в почве под посевами бобовых трав, улучшением структурно-агрегатного состава.

Под многолетними травами третьего года жизни плотность почвы приблизилась к равновесному значению под кострцом безостым – 1,30-1,34 г/см³, под эспарцетом – 1,32-1,36 г/см³ и под люцерной – 1,34-1,35 г/см³ с тенденцией снижения по комбинированной обработке почвы. Здесь прослеживается средообразующая функция многолетних трав в фитоценозах – разуплотнение пахотного горизонта. Люцерна и эспарцет влияли на агрофизические свойства, в том числе на плотность почвы, в первую очередь за счет корневой системы, ее типа, строения, интенсивности роста и развития, а также количества пожнивно-корневых остатков. Снижение плотности почвы под многолетними травами начиналось при биомассе корневой системы не менее 8 т/га (таблица 17).

Выявлена обратная связь между плотностью почвы (y , г/см³) и массой пожнивно-корневых остатков многолетних трав (x , т/га), что характеризует уравнение регрессии: $y = -0,0128x + 1,4009$ ($r = -0,82$).

При накоплении 1 тонны пожнивно-корневых остатков происходило снижение плотности почвы на 0,0128 г/см³.

В замыкающем поле севооборота, после распашки многолетних трав, перед посевом яровой пшеницы плотность почвы в слое 0-10 см была оптимальной для посева - в пределах 1,09-1,14 г/см³ и не различалась по системам обработки почвы. Однако в пахотном слое (0-30 см) по минимальной обработке почвы ее плотность была выше и составила 1,16-1,22 г/см³ (в зернопаровом севообороте 1,18-1,20 г/см³), тогда как по комбинированной обработке почвы – 1,10-1,18 г/см³.

Оценка плотности почвы в среднем по севооборотам показала, что наименьшая плотность почвы перед посевом культур (возобновление вегетации) складывалась в зернопаровом севообороте – 1,17 г/см³, тогда как в зернотравяных – 1,22 г/см³, в сидеральном – 1,20 г/см³, перед уборкой полевых культур соответственно по севооборотам – 1,23, 1,27-1,28 и 1,26 г/см³.

По комбинированной обработке почвы ее плотность имела более низкие значения в зернопаровом севообороте на 0,04 г/см³, в зернотравяных севооборотах и в сидеральном на 0,03 г/см³, наибольшие различия отмечались в слое почвы 20-30 см.

Преимущество в снижении плотности почвы комбинированной обработки почвы объясняется комплексным воздействием на показатели ее плодородия. Прежде всего, это связано с более глубоким механическим воздействием на почву в течение ротации севооборотов.

Как показывают наши исследования, в севооборотах улучшался структурно-агрегатный состав почвы, ее твердость и влажность, в результате накапливалось больше органического вещества в виде пожнивно-корневых остатков.

Таблица 17 – Плотность чернозема выщелоченного в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах (после уборки культуры, после второго укоса), (первая ротация, 2005 – 2008 гг.), г/см³

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Плотность почвы по слоям, г/см ³				По севообороту	По обработке почвы
			0-10	10-20	20-30	0-30		
Зернопаровой	В ₁	Навоз + NPK	1,18	1,22	1,25	1,22	1,23	1,22
		Солома + NPK	1,18	1,21	1,25	1,21		
	В ₂	Навоз + NPK	1,21	1,23	1,28	1,24		1,24
		Солома + NPK	1,22	1,24	1,28	1,25		
Зернотравяной с кострцом	В ₁	Навоз + NPK	1,23	1,26	1,27	1,25	1,27	1,25
		Солома + NPK	1,22	1,25	1,26	1,24		
	В ₂	Навоз + NPK	1,26	1,29	1,32	1,29		1,28
		Солома + NPK	1,25	1,28	1,31	1,28		
Зернотравяной с люцерной	В ₁	Навоз + NPK	1,24	1,27	1,27	1,26	1,28	1,26
		Солома + NPK	1,25	1,27	1,28	1,27		
	В ₂	Навоз + NPK	1,26	1,30	1,30	1,29		1,29
		Солома + NPK	1,27	1,31	1,32	1,30		
Зернотравяной с эспарцетом (сидеральный)	В ₁	Сидерат + NPK	1,24	1,27	1,27	1,26	1,26	1,25
		С + С+ NPK	1,23	1,25	1,25	1,25		
	В ₂	Сидерат + NPK	1,26	1,29	1,29	1,28		1,27
		С + С+ NPK	1,24	1,27	1,27	1,26		
Органоминеральные удобрения в зерно- травяных севооборотах		Навоз + NPK	1,23	1,26	1,28	1,26	В ₁	1,25
		Солома + NPK	1,23	1,26	1,28	1,26		
		Сидерат + NPK	1,25	1,28	1,28	1,27	В ₂	1,27
		С + С+ NPK	1,24	1,26	1,26	1,26		

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная

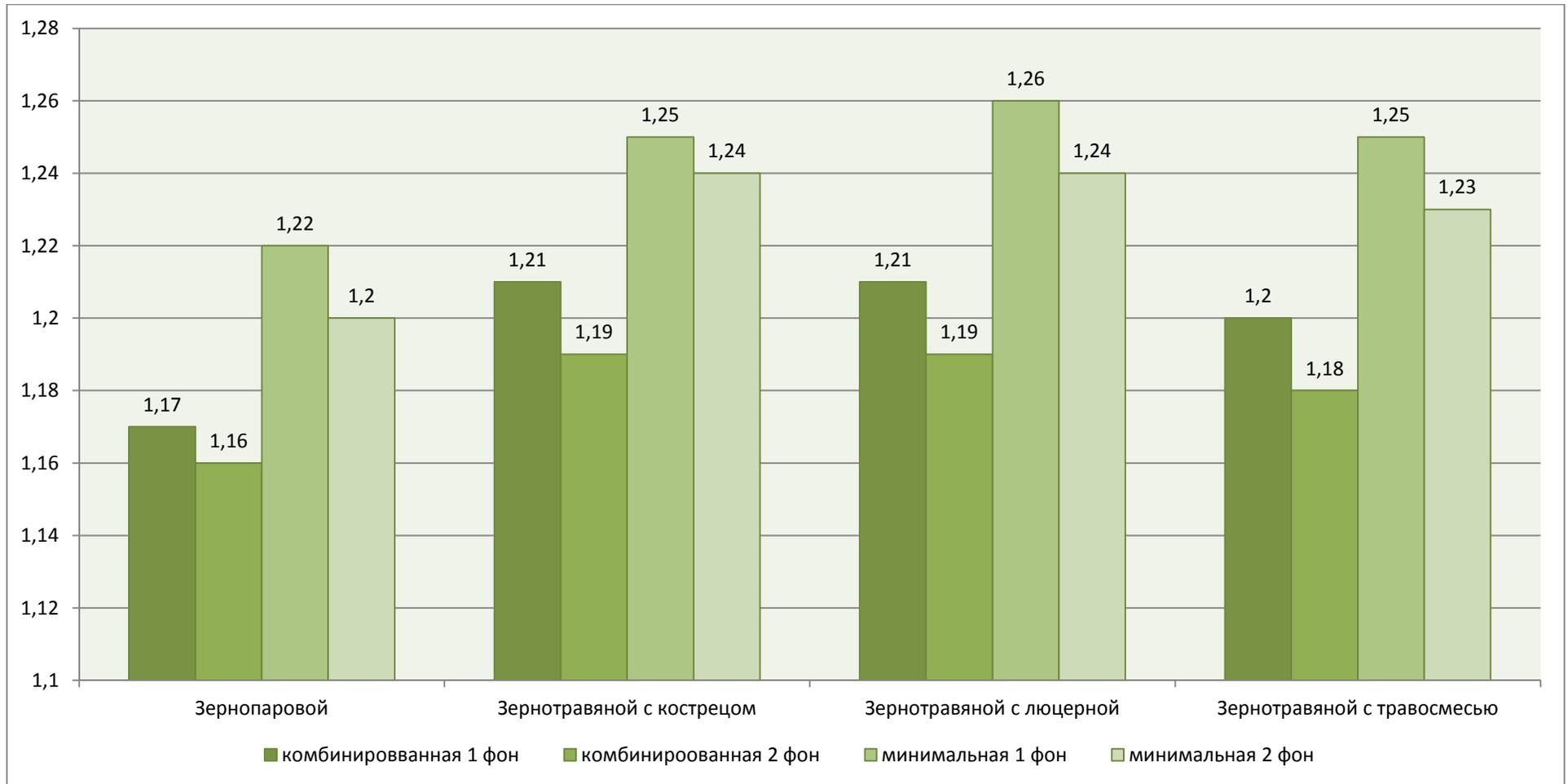


Рис. 7 - Динамика плотности почвы в зависимости от систем основной обработки почвы в севооборотах в весенний период (вторая ротация севооборота, 2012-2015 гг.), г/см³

Вышеизложенное обусловило снижение плотности почвы при применении дифференцированной разноглубинной ее обработки. Сравнение систем удобрения показало, что внесение навоза снижало плотность почвы в первые три года после его внесения по сравнению с фоном солома + NPK. Все же за период ротации исследуемые фоны имели равноценное влияние на данный агрофизический показатель, который составил 1,18 (навоз + NPK) и 1,19 г/см³ (солома + NPK).

Система удобрений сидерат + солома + NPK имела тенденцию к снижению плотности почвы на 0,02 г/см² в сравнении с применением только сидерата с минеральными удобрениями (сидерат + NPK).

Все закономерности, указанные выше, сохранились в период второй ротации севооборота, что представлено на рисунке 7. Отмечено снижение плотности почвы от первой ко второй ротации, что объясняется комплексным воздействием факторов биологизации - солома зерновых культур, сидераты, навоз и накопление массы пожнивно-корневых остатков. По комбинированной обработке почвы во всех изучаемых севооборотах плотность почвы была ниже, также отмечено преимущество повышенного фона удобрений (солома + N₄₀₋₅₃P₃₃₋₃₈K₃₃₋₃₈) в сравнении со средним фоном (солома + N₂₀₋₂₇P₂₃₋₂₅K₂₃₋₂₅), что объясняется большим накоплением в почве биомассы, формируемой в агрофитоценозах – соломы и пожнивно-корневых остатков изучаемых культур.

Таким образом, в биологизированных севооборотах плотность чернозема выщелоченного изменялась по изучаемым культурам, способам основной обработки почвы и удобрениям. Биологизация севооборотов (внесение навоза, соломы, сидерата) определяла условия, при которых складывалась оптимальная плотность чернозема выщелоченного для сельскохозяйственных культур, что доказывает ее динамика от первой ко второй ротации в сторону уменьшения. При комбинированной обработке почвы в зернотравяных севооборотах плотность почвы была на уровне оптимальных значений для сель-

скохозяйственных культур. По минимальной обработке почвы отмечалось повышение плотности, особенно в зернотравяных севооборотах.

4.1.2 Структурно-агрегатный состав почвы

Формирование черноземов происходит в результате дернового процесса, то есть под действием травянистой растительности с образованием водопрочной структуры почвы. Структурно-агрегатный состав почвы определяется ее генезисом (Ревут И.Б., 1972), количеством поступающей биомассы и другими факторами (Лыков А.М., 1985; Кирюшин В.И., 1993; Лошаков В.Г., 2012).

О значении структурно-агрегатного состава как фактора плодородия и повышения урожая сельскохозяйственных культур мы находим отражение в ранних трудах русских ученых (Советов А.В., 1867; Докучаев В.В., 1883; Измаильский А.А., 1949).

А.А. Измаильский (1949) и П.А. Костычев (1951) впервые предложили систему научно обоснованных приемов для регулирования физических свойств и режимов черноземов. Главным условием улучшения физических свойств этих почв считалась благоприятная структура пахотного слоя. Вопрос о значении структуры почвы в плодородии длительное время дискутировался в литературе. Так, В.Р. Вильямс (1940), Н.А. Качинский (1937) полагали, что плодородие почвы в основном зависит от их структурного состояния. Общеизвестно, что продуктивность культур на структурной почве выше по сравнению с бесструктурной, при одинаковых условиях. В работах А.А. Измаильского (1949), П.А. Костычева (1951) показано изменение структуры почвы в результате распашки целинных почв при возделывании сельскохозяйственных культур. Длительная нерациональная распашка, особенно физически не спелой почвы, сопровождается разрушением структуры, образованием пыли и глыб, снижением содержания водопрочных агрегатов.

Последующие исследования уточнили эти положения. Установлено, что ухудшение структуры почвы происходит в черноземах в первый год по-

сле распашки целины, в последующем разрушение структуры почвы резко замедляется (Кузнецова И.В., 1978). Исследования по влиянию различных сельскохозяйственных культур и севооборотов на физические свойства почв провели многие ученые. Большая работа в этом направлении проведена Н.И. Саввиновым (1931), Ф.Ю. Гельцер (1946), А.Г. Дояренко (1963). В их исследованиях была подтверждена концепция В.Р. Вильямса о значении многолетних трав в создании структуры почв подзолистого типа. Однако на черноземах бобовые травосмеси никогда не рассматривались как средство поддержания их физических свойств в оптимальных параметрах. Для определения нормативных показателей требуется уточнение данных по структурообразующей способности многолетних трав в условиях интенсификации земледелия.

М.М. Кононова (1963) утверждала, что гумусовые вещества, образованные при разложении корней люцерны, обладают способностью к агрегированию почвы, особенно ульминовые кислоты, подобная точка зрения высказывается и другими авторами (Кирюшин В.И., 1993).

Увеличение ценных структурных агрегатов в почве под влиянием многолетних бобовых трав и незначительное улучшение структурно-агрегатного состава под злаковыми травами отмечается и в работах Г.И. Шестеркина, (2005), Е.П. Денисова с соавторами (2006), Д.А. Христенко (2007).

Различные авторы приводят разные факторы структурообразования почвы – физико-химические, химические и биологические. А.И. Скрепинский (1951) выделил три типа биологического структурообразования: корневой, ризосферный и кишечный. Он отмечает, что в корневом типе структурообразования размер агрегатов определяется ходом корней, при ризосферном типе структурообразования зоной распределения корневых волосков. Во всех приведенных случаях первопричиной, способствующей образованию структуры является микробиологическая активность почвы, особенно тех, которые активизируют процессы синтеза полифенолоксидазы и гумусовых кислот. В этом заключается роль севооборота как биологического фактора воздействия

на почву посредством смены фитоценозов – сукцессии, сменой культур, имеющих различное накопление органического вещества и исключения одностороннего выноса химических элементов.

Структура почвы определяется не только генетическими факторами, но и характером хозяйственного использования. В работах многих авторов отмечается, что длительное интенсивное использование чернозема выщелоченного приводит к распылению структуры (Христенко Д.А., 2007; Борин А.А. и др., 2011; Коржов С.И. и др., 2011).

На структуру почвы оказывает влияние система обработки почвы, внесение органических удобрений, солома, накопленные пожнивно-корневые остатки, возделывание многолетних трав, внесение сидератов и другие приемы, направленные на накопление свежего органического вещества. По В.В. Голдштайну и Б.П. Боинчану (2000), активное органическое вещество почвы удерживает почвенные структурные агрегаты вместе.

По мнению А.Н. Григорова и Н.Н. Лесного (2004), органическое вещество соломы повышает поглотительную и водоудерживающую способность почвы, смягчает разрушение почвенной структуры при механической обработке.

По нашим исследованиям чернозем выщелоченный имел высокие показатели содержания ценных агрегатов 10-0,25 мм, что представлено в таблице 18.

Нами установлены закономерности, структурообразования чернозема выщелоченного в зависимости от севооборотов, обработки почвы и вносимых органоминеральных удобрений.

Зернопаровой севооборот отличался меньшим накоплением органического вещества в почве, в чистом пару в весенний период отмечалось более высокое содержание глыбистой структуры почвы (22,9-24,9 %) и коэффициент структурности составил 2,30.

Таблица 18 - Структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного в зависимости от систем обработки почвы и органоминеральных удобрений в севооборотах (первая ротация), 2005 - 2008 гг.

Культура	Посев, в период возобновления вегетации					Коэффициент структурности			Уборка			Коэффициент структурности		
	Обра- ботка почвы	Удоб- рения	Количество агрегатов, %			По факто- ру С	По факто- ру А	По фак- тору В	Количество агрегатов, %			По факто- ру С	По факто- ру А	По факто- ру В
			> 10	0,25- 10	< 0,25				> 10	0,25-10	< 0,25			
Зернопаровой	В ₁	С ₁	22,5	71,2	6,3	2,48	2,52	2,47	22,6	71,4	6,0	2,51	2,57	2,51
		С ₂	22,0	71,1	6,9	2,46			21,9	71,4	6,7	2,50		
	В ₂	С ₁	21,6	71,8	6,6	2,54		2,57	21,7	72,4	5,9	2,64		2,64
		С ₂	21,7	72,1	6,2	2,59			21,6	72,5	5,9	2,64		
Зернотравяной с кострцом	В ₁	С ₁	20,5	72,7	6,9	2,66	2,66	2,63	20,3	74,1	5,7	2,85	2,87	2,83
		С ₂	20,5	72,4	7,4	2,59			20,1	73,8	6,1	2,82		
	В ₂	С ₁	19,6	73,1	7,3	2,72		2,69	19,2	74,5	6,3	2,92		2,89
		С ₂	20,2	72,7	7,1	2,66			20,0	74,1	5,9	2,86		
Зернотравяной с люцерной	В ₁	С ₁	20,4	74,1	5,5	2,86	2,84	2,83	20,0	75,5	4,6	3,08	3,06	3,05
		С ₂	20,1	73,7	6,3	2,80			19,7	75,1	5,3	3,01		
	В ₂	С ₁	19,5	74,3	6,2	2,89		2,86	19,1	75,6	5,3	3,10		3,07
		С ₂	20,3	73,8	5,9	2,82			19,9	75,2	4,9	3,03		
Зернотравяной с эспарцетом	В ₁	С ₃	20,1	74,4	5,5	2,90	2,90	2,87	19,7	76,2	4,1	3,21	3,19	3,18
		С ₄	19,9	73,9	6,3	2,83			19,5	75,9	4,7	3,14		
	В ₂	С ₃	19,2	74,9	6,0	2,98		2,94	18,8	76,5	4,7	3,25		3,21
		С ₄	20,0	74,3	5,7	2,89			19,7	76,1	4,3	3,17		

Фактор В: В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная

Фактор С: С₁ – навоз + NPK; С₂ – солома + NPK; С₃ – сидерат + NPK; С₄ – сидерат + солома + NPK

После проведения нескольких послойно-поверхностных культиваций глыбистой структуры становилось меньше, однако возросло количество пылеватой структуры ($K_{стр} = 2,27$). Под последующими культурами севооборота благодаря поступлению пожнивно-корневых остатков, внесению навоза и соломы в составе органоминеральных удобрений, отмечалось улучшение структурно-агрегатного состава почвы ($K_{ст}$ по полям от 2,50 до 2,66).

В конце вегетации возделываемых культур в зернопаровом севообороте структурно-агрегатный состав почвы практически не изменялся ($K_{стр} = 2,34-2,64$). В среднем в зернопаровом севообороте структурно агрегатный состав почвы был представлен агрегатами более 10 мм на 21,8 %, агрономически ценными агрегатами на 71,4 % и агрегатами менее 0,25 мм – 6,6 %, при этом коэффициент структурности составил 2,50.

Почва в занятых парах в сравнении с чистым паром имела более высокое содержание агрономически ценных агрегатов – перед посевом озимой пшеницы после гороха – 70,5-72,3 %, вики – 73,0-74,4 %, и сидерата – 74,4-74,7 %.

Под зернобобовыми культурами, озимой пшеницей и яровой пшеницей с весны к уборке урожая происходило оструктуривание всего пахотного слоя, при этом отмечалось увеличение количества ценных структурных агрегатов с глубиной (10-30 см) в сравнении с верхним слоем почвы (0-10 см).

Многолетние бобовые травы вследствие большой потребности их в кальции развивают свою корневую сеть, главным образом, в нижних слоях почвы, где имеются скопления извести. В верхних же горизонтах бобовые образуют мало ветвящиеся стержневые корни. В результате минерализации корневых остатков бобовые растения оставляют в верхних слоях почвы значительные количества солей кальция, который и служит коагулятором.

В посевах костреца отмечалось повышение агрономически ценных агрегатов, их содержание в слое 0 – 30 см возросло с 72,2-74,7 % (второй год жизни) до 76,8-78,2 % (третий год жизни). Заметное улучшение структуры почвы отмечалось под кострецом в слое 0 – 10 см, что связано с накоплением

большой массы корней, где располагалась основная часть (до 86 %), которые густо переплетали почвы и тем самым обеспечивали оструктурирование.

В зернотравяном севообороте с кострцом структурно-агрегатный состав почвы был более благоприятный в сравнении с зернопаровым. В весенний период количество агрономически ценных агрегатов составляло 72,4-73,1 % ($K_{стр.} = 2,67$), в осенний период – 73,8-74,5% ($K = 2,89$).

В севообороте с люцерной почва содержала больше агрегатов размером 0,25-10 мм. В посевах люцерны содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось по мере накопления корневой массы и к третьему году жизни их содержание составило 77,5-78,9 % при коэффициенте структурности 3,43-3,74. В среднем в весенний период содержание структурных агрегатов размером 10-0,25 мм составило 73,7-74,3 % ($K_{стр.} = 2,86$), в осенний период – 75,1-75,6% ($K = 3,07$).

В сидеральном севообороте с двумя полями эспарцета отмечено заметное влияние сидерата, который улучшал воздушный режим почвы, а так же эспарцета, имеющего мощную глубокопроникающую пронизывающую почву корневую систему. Внесение сидерата в почву повышало содержание агрономически ценных агрегатов под озимой пшеницей в сравнении с зернопаровым звеном и с бобовыми со звеньями. Так, в весенний период содержание агрегатов размером 10-0,25 мм составило 73,9-74,9 % ($K_{стр.} = 2,91$), в осенний период 75,9-76,5 % ($K = 3,21$).

Следует отметить, что в севооборотах с многолетними бобовыми травами (люцерна и эспарцет) отмечалось улучшение структуры в нижних слоях почвы, что объясняется их более глубокопроникающей корневой системой.

Анализ имеющихся данных показывает, что обработка почвы неоднозначно влияет на изменение структурно агрегатного состава. Многие ученые указывают на улучшение структурно-агрегатного состава при снижении интенсивности механических обработок почвы (Немцев Н.С., 2000; Долотин И.И., 2001; Холзаков В.М., 2006; Казаков Г.И., 2008; Власова О.И., 2014). Имеются данные о том, что снижение интенсивности обработки почвы в

сравнении с отвальной обработкой почвы не приводит к структурообразованию (Обработка почвы как..., 2014), в отдельных случаях вспашка приводила к улучшению структурно-агрегатного состава почвы (Котоврасов И.П., 1984; Бушнев А.С., 2013).

Некоторые ученые отмечают, что в условиях Поволжья различные способы и глубина основной обработки чернозёма не оказывают существенного влияния на содержание агрономически ценных агрегатов размером от 10 до 0,25 мм (Чуданов И.А., 2006; Кузина Е.В., 2008). По мнению Г.И. Казакова (2008), в богарных условиях Поволжья структурные качества обыкновенного чернозёма мало подвержены изменениям даже при внесении удобрений, возделывании многолетних трав, применении интенсивной технологии. Данная гипотеза объясняется высоким природным плодородием и буферностью черноземных почв.

Влияние основной обработки почвы на ее структурно-агрегатный состав определялось, прежде всего, культурами и было различным в пределах типов севооборотов. Учеты показали, что сокращение глубины обработки почвы (минимальная система) в зернопаровом севообороте приводило к сохранению растительных остатков (соломы, ПКО) в слое почвы 0-10 см, где отмечалось улучшение структуры почвы.

В зернотравяных севооборотах системы обработки почвы оказывали равноценное влияние на структурно-агрегатный состав почвы, что объясняется сильным влиянием накопленной массы пожнивно-корневых остатков многолетних трав, соломы зерновых и зернобобовых культур.

Оценка органоминеральных систем удобрения показала высокую эффективность системы удобрений навоз + NPK, при этом в почву поступало 8 т/га сухого вещества навоза и пожнивно-корневых остатков возделываемых культур. Система удобрения солома + NPK по влиянию на структурно-агрегатный состав почвы не уступала традиционной общепризнанной системе удобрений навоз + NPK.

Таблица 19 - Структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного в севооборотах в зависимости от систем обработки почвы и органоминеральных удобрений (вторая ротация), 2012 - 2015 гг.

Культура	Посев, в период возобновления вегетации					Коэффициент структурности			Уборка			Коэффициент структурности		
	Обра- ботка почвы	Удоб- рения	Количество агрегатов, %			По факто- ру С	По факто- ру А	По фак- тору В	Количество агрегатов, %			По фак- тору С	По фак- тору А	По фак- тору В
			> 10	0,25- 10	< 0,25				> 10	0,25-10	< 0,25			
Зернопаровой	В ₁	С ₁	21,3	72,0	6,7	2,57	2,76	2,65	21,5	72,2	6,3	2,59	2,75	2,68
		С ₂	19,8	73,1	7,1	2,72			19,7	73,4	6,9	2,76		
	В ₂	С ₁	20,0	73,0	7,0	2,70	2,87	2,87	20,6	73,2	6,3	2,72	2,82	
		С ₂	18,4	75,2	6,4	3,04			19,5	74,5	6,1	2,92		
Зернотравяной с коострецом	В ₁	С ₁	19,8	72,9	7,3	2,69	2,84	2,81	18,9	73,5	7,7	2,77	3,00	2,97
		С ₂	17,9	74,5	7,6	2,92			16,1	76,0	7,9	3,17		
	В ₂	С ₁	19,4	72,8	7,8	2,68	2,87	2,87	18,5	73,3	8,2	2,74	3,03	
		С ₂	17,4	75,4	7,3	3,05			15,7	76,8	7,5	3,31		
Зернотравяной с люцерной	В ₁	С ₁	19,7	74,8	5,6	2,96	2,97	3,00	20,0	75,2	4,8	3,03	3,07	3,09
		С ₂	18,9	75,3	5,9	3,04			19,0	75,9	5,0	3,15		
	В ₂	С ₁	19,8	74,0	6,1	2,85	2,94	2,94	19,8	75,0	5,2	3,00	3,05	
		С ₂	19,1	75,2	5,7	3,03			19,5	75,6	4,9	3,10		
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	С ₁	19,5	75,0	5,5	3,00	3,03	3,04	19,8	75,8	4,5	3,13	3,19	3,21
		С ₂	18,7	75,4	5,9	3,07			18,9	76,7	4,5	3,29		
	В ₂	С ₁	19,5	74,6	5,9	2,93	3,02	3,02	19,6	75,8	4,7	3,13	3,18	
		С ₂	18,8	75,7	5,6	3,11			19,3	76,3	4,4	3,22		

Фактор В: В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная
 Фактор С: 1 – солома + NPK 1 фон; 2- солома + NPK – 2 фон

Накопление сухого вещества в виде соломы и ПКО возделываемых культур как в зернопаровом, так и в зернотравяных севооборотах было выше, чем по системе удобрений с навозом. Дозы минеральных удобрений не оказывали существенного влияния на изменения изучаемого показателя.

Изучение структурно-агрегатного состава во второй ротации севооборотов показало аналогичные результаты, при этом в зернотравяных севооборотах отмечалось повышение доли агрономически ценных агрегатов (таблица 19).

Сравнительная оценка систем удобрений с применением соломы (на разную планируемую урожайность) показала преимущество повышенного фона удобрений, что объясняется более высокими дозами минеральных удобрений, которые обеспечили прибавку урожайности и увеличили объемы поступления биогенных ресурсов плодородия.

Можно отметить, что структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного в значительной степени определялся растительностью и поступлением органического вещества. Система биологизации севооборотов позволяет поддерживать и повышать содержание агрономически ценных агрегатов в черноземе выщелоченном, о чем свидетельствует динамика его структуры от первой ко второй ротации севооборотов. Наибольшие изменения были отмечены в зернопаровом севообороте, где коэффициент структурности возрос с 2,57 до 2,75. По нашему мнению это связано с использованием соломы в органоминеральной системе удобрения.

Важная роль в формировании структурно-агрегатного состава почвы принадлежит многолетние травы. В наших исследованиях по годам пользования многолетних трав происходило накопление органического вещества, что привело к увеличению содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном слое почвы, причем ко второй ротации севооборота тенденция усиливалась.

4.1.3 Твердость почвы

Среди агрофизических свойств почвы ее твердость является важным производственным показателем, с помощью которого характеризуют физико-механические свойства - сопротивление почвы росту корней либо сопротивление, которое нужно преодолеть почвообрабатывающему рабочему органу в процессе ее обработки.

Изучением твердости почвы как физического показателя занимались многие отечественные исследователи (Качинский Н.А., 1937; Ревякин Ю.Ю., 1986; Медведев В.В., 1988; Горохов П.В., 1990; Laboski C.A. et al., 1998; Bussoher W.J. et al., 2001; Zahradnijek J. et al., 2001; Vajla V.C. et al., 2003; Bolenius E. et al., 2006; Reinert D.J. et al., 2006;). Авторы отмечают, что твердость почвы - незаменимый показатель для оценивания условий прорастания семян и их развития на первых этапах онтогенеза, в том числе оценивания способности корневых волосков осваивать не только меж-, но и внутриагрегатное пространство. По мнению В.В. Медведева (2009), показатель твердости способен оценить не только прочность комка, но и качество сложения, причем такую оценку практически нельзя получить, используя традиционный показатель плотность сложения. Он же отмечает, что показатель твердости почвы можно будет широко использовать в точном земледелии.

W.E. Riedell et al. (2006) установили, что если почва не обрабатывается, то ее твердость возрастает, особенно это заметно в верхнем слое почвы, но значения не превышали критического уровня - 20-25 кг/см². Почва становится твердой, что создает большое сопротивление растущим корням растений, почва трудно пропускает влагу, в ней затруднен воздухообмен, отмечается недостаток кислорода и избыток углекислоты и приводит к ухудшению условий питания и снижению урожайности возделываемых культур (Витер А.Ф., 2014 и др.)

По сообщению Казакова Г.И., (2008), твердость почвы изменяется в большом диапазоне от 3-7 до 50 кг/см². П.У. Бахтин и др. (1960) предлагают оптимальную величину твердости для начальных стадий развития зерновых

культур при влажности, близкой к влажности физической спелости, которая составляет 5-8 кг/см². В дальнейшем по мере развития растений и их корневых систем величина твердости в 20-25 кг/см² рассматривается как вполне допустимая. Примерно такие же величины оптимальной твердости названы в работе В.П. Смагина и др.(1981).

Е. Volenius et.al (2006) отмечает, что если ранее в Швеции пестроту урожая в пределах поля чаще всего рассматривали как следствие перераспределения питательных элементов в почве, то в этой работе чрезвычайно широкий разброс урожайных данных на поле (от 4,0 до 11,5 т/га зерна) объяснили вариабельностью твердости почвы.

Г.С. Смородин (1969) считает, что оптимальная твердость верхнего слоя черноземных почв для зерновых культур находится в пределах 6-16 кг/см², твердость выше 20 кг/см² неблагоприятна для большинства растений.

По мнению В.Ю. Бондаревой (1982), верхним пределом твердости почвы для большинства зерновых культур, после которого резко ухудшаются условия их развития, следует считать 15-19 кг/см², для корнеплодов - 5-10, для картофеля -5 кг/см². С точки зрения усилий, затрачиваемых при вспашке, оптимальной является твердость 10-20 кг/см².

Наши исследования, проведенные в течение двух ротаций севооборотов на черноземе выщелоченном, показали, что колебания твердости почвы были значительными в зависимости от агротехнических приемов и определялись, прежде всего, набором культур в севооборотах, биологическими особенностями корневой системы различных культур, обработкой почвы и объемом поступающего органического вещества в почву (органоминеральной системой удобрений).

Обращает на себя внимание диапазон показателей твердости почвы, которые изменялись от значений сравнительно не высоких, при которых корни растений могут развиваться (не более 20 кг/см²), до значений, явно вредных, затрудняющих их рост и функционирование (в пределах 30-40 кг/см²).

Динамика твердости почвы по ротациям севооборотов показана в таблице 20. Оценка данного показателя по культурам показала, что наименьшие величины были отмечены в чистом пару после посева культур - $10,6 \text{ кг/см}^2$. Наибольшие значения твердость почвы приобретала под озимой пшеницей (в период возобновления вегетации $16,8-18,2 \text{ кг/см}^2$) и многолетними травами второго года жизни (в период возобновления вегетации $17,3-18,2 \text{ кг/см}^2$) и третьего года жизни ($20,7- 22,2 \text{ кг/см}^2$). Твердость почвы под яровой пшеницей и горохом в зависимости от предшественников варьировала в пределах $10,9 - 15,9 \text{ кг/см}^2$. В зависимости от чередования культур в севооборотах изменялся показатель твердости почвы: в зернопаровом в период посева – $12,7 \text{ кг/см}^2$; в зернотравяных $15,7-16,1 \text{ кг/см}^2$. К уборке данный показатель возрастал соответственно до $24,3 \text{ кг/см}^2$ и $29,5-31,5 \text{ кг/см}^2$.

Наибольшие значения твердости почва приобретала под озимой пшеницей (в период возобновления вегетации $16,8-18,2 \text{ кг/см}^2$) и многолетними травами второго года жизни (в период возобновления вегетации $17,3-18,2 \text{ кг/см}^2$) и третьего года жизни ($20,7 - 22,2 \text{ кг/см}^2$). Под яровой пшеницей и горохом в зависимости от предшественников ее значения варьировали от $10,9$ до $15,9 \text{ кг/см}^2$. В среднем за годы исследований в зависимости от набора культур в севооборотах изменялся показатель твердости почвы: в зернопаровом в период посева – $12,7 \text{ кг/см}^2$; в зернотравяных - $15,7-16,1 \text{ кг/см}^2$. К уборке данный показатель возрастал соответственно до $24,3 \text{ кг/см}^2$ и $29,5 - 31,5 \text{ кг/см}^2$.

Высокие значения твердости почвы под многолетними травами объясняются низкой влажностью почвы из-за ее использования на формирование большой вегетативной массы, что также характерно и для озимой пшеницы. После обработки почвы после многолетних трав в течение летне-осеннего и весеннего периодов влажность почвы в годы с достаточной влагообеспеченностью восстанавливалась, и показатель твердости приобретал оптимальные значения для зерновых культур.

Таблица 20 - Твердость почвы в экспериментальных севооборотах (2006-2015 гг.), кг/см², в слое 0-50 см

Севообороты	№ поля, культуры												По севообороту	
	1 пары чистый, занятый		2 озимая пшеница		3 яровая пшеница		4 горох, мн. травы		5 яр. пшеница, мн. травы		6 яровая пшеница			
2006-2008 гг. (первая ротация)														
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
I. Зернопаровой	10,6	12,4	16,8	27,8	11,0	24,7	13,2	25,3	12,9	28,4	11,9	27,1	12,7	24,3
II. Зернотравяной с костречом	11,9	20,2	18,1	28,6	11,6	25,9	17,9	34,3	20,7	39,5	13,8	28,6	15,7	29,5
III. Зернотравяной с люцерной	12,1	20,8	18,2	28,6	10,9	26,3	17,3	35,8	22,2	43,2	15,9	34,5	16,1	31,5
IV. Зернотравяной с эспарцетом (сидеральный)	10,9	20,7	16,8	28,1	12,0	24,3	18,2	35,0	21,0	40,1	15,1	31,5	15,7	30,0
НСР ₀₅	0,4	1,8	0,8	1,1	1,0	1,4	1,7	2,9	1,8	3,3	1,8	4,0	1,1	1,9
2012-2015 гг. (вторая ротация)														
I. Зернопаровой	9,4	13,4	15,2	27,8	13,1	26,0	12,5	23,8	11,1	24,7	11,4	25,7	12,1	23,6
II. Зернотравяной с костречом	10,4	20,6	15,4	27,5	13,9	28,2	16,0	36,2	19,3	38,2	12,4	26,3	14,6	29,5
III. Зернотравяной с люцерной	10,4	23,2	15,9	28,2	13,7	27,7	15,7	36,9	19,5	38,9	12,0	25,5	14,5	30,1
IV. Зернотравяной с травосмесью	10,2	22,6	16,4	28,2	14,4	29,2	16,5	37,2	19,7	38,8	12,0	25,4	14,9	30,2
НСР ₀₅	1,1	2,3	1,2	2,2	1,2	2,4	3,1	4,5	3,0	4,4	0,8	2,4	1,6	2,6

1 - после посева (возобновление вегетации); 2- после уборки

Ко второй ротации севооборотов закономерность динамики твердости почвы сохранялась, но отмечалась тенденция к уменьшению, что объясняется более высокими значениями влажности почвы, улучшением структурно-агрегатного состава и накоплением массы свежего органического вещества в почве.

Изучаемые культуры по влиянию на твердость чернозема выщелоченного можно расположить в следующий ряд в убывающей последовательности: люцерна (26,3-32,7 кг/см²) > эспарцет (26,6-30,6 кг/см²) > костреч (26,1-30,1 кг/см²) > озимая пшеница (21,5-23,4 кг/см²) > яровая пшеница (17,9-23,3 кг/см²) > люпин 16,8 кг/см² > вика (16,6 кг/см²) > горох (15,5-16,1 кг/см²) > вика + овес на сидерат (15,8 кг/см²) > чистый пар (11,4-11,5 кг/см²).

Анализ показывает, что характер изменения твердости пахотного слоя чернозема выщелоченного с глубиной неодинаков и зависит от возделываемой культуры. Под яровыми зерновыми культурами и зернобобовыми наблюдалась дифференциация слоя 0-30 см по твердости, в подпахотном горизонте твердость почвы была одинаковой по вариантам (рис.8).

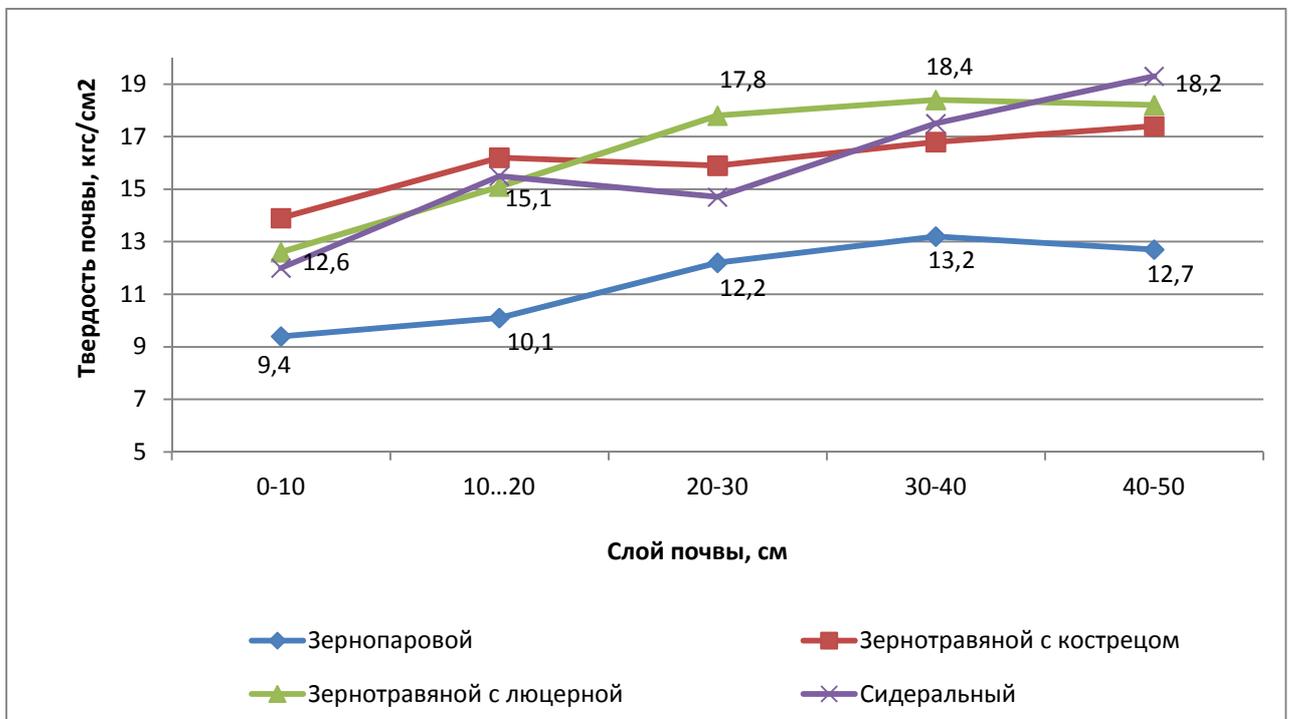


Рисунок 8 - Динамика твердости почвы по слоям (0-50 см) в первой ротации севооборотов, кг/ см² (в среднем за вегетацию 2006-2008 гг.)

В зернопаровом севообороте твердость почвы в пахотном горизонте по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см составила соответственно 9,4; 10,1 и 12,2 кгс/см², в зернотравяных севооборотах соответственно 12,6-15,2; 15,1-16,2 и 14,7-17,8 кгс/см². Выявлено повышение твердости почвы в зоне развития корневой системы многолетних трав. Так в зернотравяном с кострцом более высокие значения отмечены в слое 0-20 см, в зернотравном с люцерной и эспарцетом она увеличивалась к нижним слоям почвы (30-50 см).

Обработка почвы – фактор, который наиболее существенно влияет на изменение агрофизических свойств почвы. Оценка систем основной обработки почвы показала, что она оказывала значительное влияние на показатель твердости. Так, по комбинированной обработке почвы в зернопаровом севообороте в среднем за вегетацию она составила 17,5 кгс/см². При минимальной обработке в период первой ротации зернопарового севооборота твердость почвы повышалась в среднем на 2,2 кгс/см² (в слое 0-50 см). Наибольшие различия были отмечены в слое почвы 0-30 см (таблица 21).

В зернотравяном севообороте с кострцом твердость при минимальной обработке повышалась на 2,9 кгс/см², в севообороте с люцерной на 4,9 кгс/см² севообороте с эспарцетом на 3,9 кгс/см². Аналогичные закономерности были отмечены и в период второй ротации севооборотов.

В целом в слое почвы 0-50 см в период посева ранних яровых зерновых ее сопротивление пенетрации не превышало предельных оптимальных значений для роста и развития растений.

Оценка данного показателя в зависимости от применения органоминеральных систем удобрений показала его вариабельность по севооборотам и культурам.

Системы удобрений отличались сроками поступления органического вещества в почву: навоз вносили после уборки парозанимающих культур (начало августа), сидерат заделывали в июне в фазу начала цветения вики,

солому – при уборке зерновых и зернобобовых культур дисковыми орудиями в течение ротации севооборотов.

Таблица 21 - Твердость почвы в зависимости от обработки почвы в севооборотах (в среднем за вегетацию), кг/см²

Севооборот (фактор А)	Система обработки почвы (фактор В) *	Слой почвы, см					
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-50
Первая ротация (2006-2008 гг.)							
Зернопаровой	В ₁	13,4	15,3	19,2	19,6	20,1	17,5
	В ₂	16,5	18,7	21,0	21,9	20,7	19,7
Зернотравяной коострецом	В ₁	15,1	18,2	23,3	24,2	25,2	21,2
	В ₂	18,3	23,1	26,0	27,1	26,2	24,1
Зернотравяной люцерной	В ₁	15,4	18,8	23,0	24,3	25,4	21,4
	В ₂	18,5	25,2	28,4	30,1	28,9	26,2
Зернотравяной эспарцетом	В ₁	16,0	18,8	22,7	25,7	24,5	21,5
	В ₂	18,1	25,2	27,4	28,8	27,5	25,4
Вторая ротация (2012-2015 гг.)							
Зернопаровой	В ₁	14,2	16,5	17,9	19,7	19,0	17,4
	В ₂	16,0	19,3	19,9	21,3	20,0	19,3
Зернотравяной коострецом	В ₁	17,9	20,4	22,0	24,2	24,7	21,8
	В ₂	19,7	24,4	24,5	24,1	25,1	23,5
Зернотравяной люцерной	В ₁	17,5	19,7	23,4	24,0	22,6	21,4
	В ₂	19,0	23,1	26,2	26,3	25,8	24,1
Зернотравяной травосмесью	В ₁	18,2	20,7	23,6	24,0	23,0	21,9
	В ₂	19,6	22,6	25,3	26,6	26,4	24,1

* - В₁ - комбинированная в севообороте; В₂ - минимальная

Сравнительная оценка систем удобрения показала, что навоз оказывал влияние на агрофизические свойства почвы (в т.ч. на ее твердость) в первые три года после внесения. Под озимой пшеницей в весенний период по варианту с внесением навоза в пахотном слое почвы 0-30 см значения твердости были меньше на 2,7 кг/см², чем по варианту с внесением соломы, под второй культурой (яровой пшеницей) преимущество за вариантом с навозом составляло 2,1 кг/см². В третий год сохранялось преимущество варианта навоз + НРК только в зернопаровом севообороте. В зернотравяных севооборотах в посевах многолетних трав показатели твердости почвы выравнивались. В зернопаровом севообороте в последующих полях при поступлении массы со-

ломы и пожнивно-корневых остатков возделываемых культур отмечалось преимущество системы удобрения солома + NPK по влиянию на твердость почвы. В зернотравяных севооборотах отмечалось снижение твердости почвы по системе удобрения навоз + NPK. Наибольшие ее значения были отмечены на варианте удобрений сидерат + NPK, внесение соломы возделываемых культур снижало сопротивление пенетрации почвы (таблица 22).

Таблица 22 - Твердость почвы в зависимости от органоминеральных систем удобрения в севооборотах (в среднем за вегетацию), кг/см²

Севооборот (фактор А)	Удобрения (фактор С)	Слой почвы, см					
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-50
Первая ротация (2006-2008 гг.)							
I	Навоз + NPK	9,7	11,9	14,2	14,2	14,2	12,9
	Солома + NPK	9,7	11,8	14,3	13,8	13,8	12,7
II	Навоз + NPK	11,1	14,4	17,1	18,0	18,0	15,7
	Солома + NPK	11,9	14,7	16,9	17,6	17,1	15,7
III	Навоз + NPK	11,1	14,8	17,5	18,3	18,3	16,0
	Солома + NPK	12,2	15,1	17,4	18,5	18,0	16,3
IV	Сидерат +NPK	11,8	15,2	17,6	18,6	18,0	16,2
	С+ С+NPK	10,6	14,0	16,3	17,5	17,2	15,1
Вторая ротация (2012-2015 гг.)							
I	Солома + NPK I	10,1	12,0	13,1	14,3	13,4	12,6
	Солома + NPK II	9,4	11,0	12,7	13,2	12,7	11,8
II	Солома + NPK I	13,0	14,9	15,2	16,1	16,4	15,1
	Солома + NPK II	11,6	13,8	14,5	15,4	15,1	14,1
III	Солома + NPK I	11,9	14,1	16,0	16,7	15,5	14,8
	Солома + NPK II	11,2	13,5	14,9	16,0	15,9	14,3
IV	Солома + NPK I	12,5	14,6	16,1	17,0	16,2	15,3
	Солома + NPK II	11,7	13,3	15,1	16,3	16,2	14,5

Изучение систем удобрений с использованием соломы показало, что с увеличением объемов поступления органического вещества в почву ее твердость снижалась как в зернопаровом, так и в зернотравяных севооборотах, это касается, прежде всего, верхних слоев почвы.

По мнению В.В. Медведева (1988), твердость почвы может служить индикатором физических, физико-механических и технологических свойств почв. Он же отмечает, что связь между твердостью и плотностью наиболее

сложная, поскольку нужно сопоставить принципиально различные оценки почвы - весовую (массовую) и прочностную.

В работе D.J. Reinert et. al. (1996), предпринята попытка найти связь между плотностью сложения и прочностных характеристик (деформацией, компрессионными индексами и величинами сдвиговых усилий). Полученные зависимости оцениваются удовлетворительным уровнем коэффициентов детерминации, то есть связь установлена.

Установление связи между твердостью и плотностью почвы позволит с относительной легкостью получать данные агрофизических показателей плодородия в полевых условиях. Для этого необходимо создать адекватные модели зависимости твердости почвы и ее плотности.

Найти связь между твердостью, плотностью сложения и другими свойствами почв попытались Г.С. Смородин и др. (1969), а также А.А. Вилде (1978), которые установили связи между твердостью, плотностью и влажностью. Многие исследователи обращают внимание на то, что твердость является более удобным показателем в сравнении с плотностью в силу простоты и точности измерения.

Проведенные исследования показывают высокую степень связи плотности сложения и твердости чернозема выщелоченного в полевом опыте в двух ротациях севооборотов за 2006-2008 и 2012-2015 гг. (всего 384 пары). Если не принимать во внимание изменяющуюся влажность почвы, то связь между искомыми показателями описывается постепенно возрастающей кривой (рис. 9). При оценке связи влажности (%) и твердости почвы (кг/см^2) выявлена обратная степенная связь, что представлено на рисунке 10.

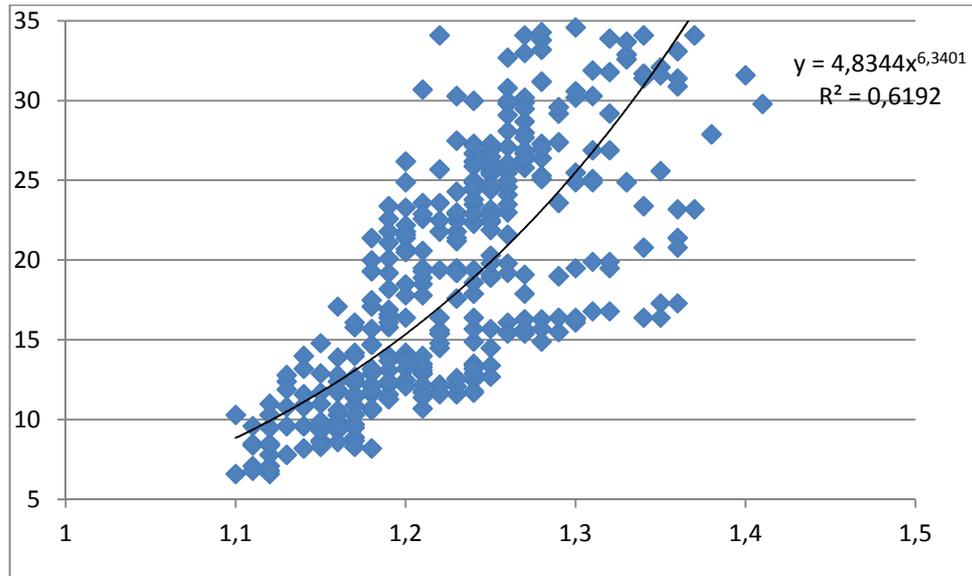


Рис 9 - Зависимость между твердостью почвы (y , г/см^2)
и плотностью почвы, (x , г/см^3)

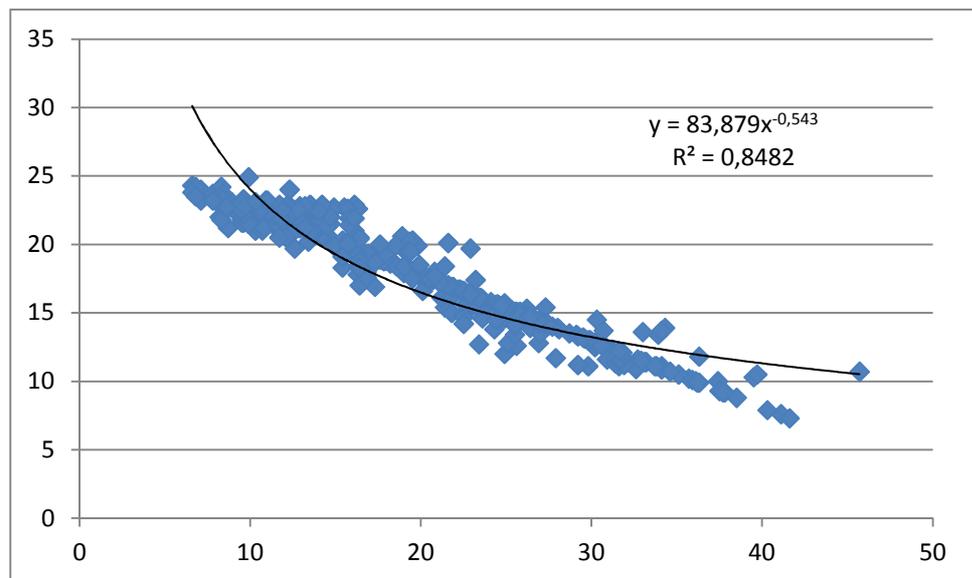


Рис. 10 - Зависимость между твердостью почвы (y , г/см^2) и влажность
почвы, (x , %)

Если в модель, отражающую динамику твердости почвы, добавить влияние влажности и плотности, то зависимость резко усложняется (рис. 11). Взаимодействие указанных показателей характеризует следующее уравнение (модель):

$$T = 39,973 - 8,043p + 102,163W + 0,078p^2 + 2,793pW - 58,73W^2$$

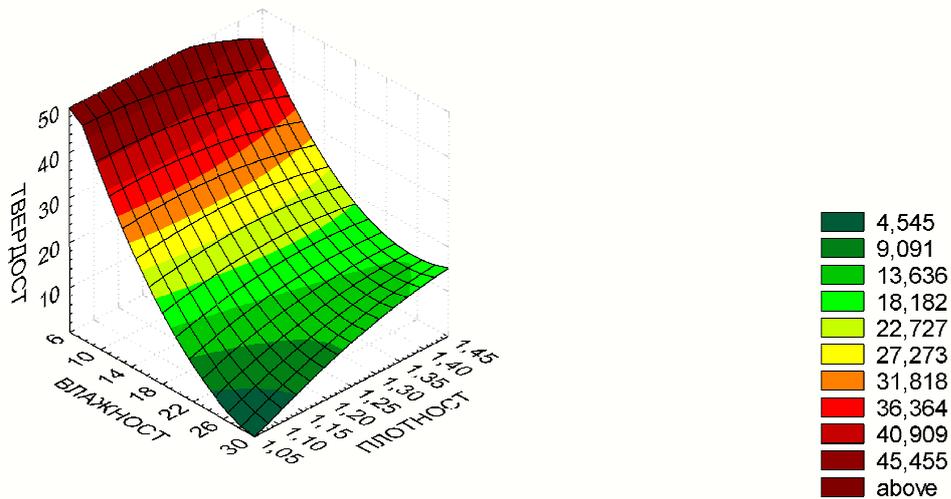


Рис. 11 – Зависимость твердости почвы (T , кг/см²) от влажности почвы (W , %) и ее плотности (ρ , г/см³)

Чернозем выщелоченный обладает благоприятным для развития растений уровнем твердости почвы и его показатели в слое 0-50 см в период посева яровых зерновых культур не выходили за пределы оптимальных значений для развития растений – до 20 кг/см². К концу вегетации, особенно в годы с недостаточным количеством осадков, независимо от испытываемых технологических систем обработки, происходило значительное увеличение сопротивления пенетрации почвы.

Основным средством регулирования агрофизических свойств почвы является ее обработка. В севооборотах рекомендуется проводить комбинированную обработку почвы. В зернотравяных севооборотах она должна сочетать вспашку (2 раза за ротацию на 20-22 и 25-27 см), безотвальное рыхления на 20-22 см и поверхностную обработку. В зернопаровых севооборотах имеется возможность ее минимизировать и проводить вспашку 1 раз за 6 лет на глубину 20-22 см.

На основании многолетних данных построены адекватные модели, отражающие изменение величины твердости почвы в зависимости от ее плотности и влажности, что дает возможность в полевых условиях установить аг-

рофизические свойства почвы в зависимости от ее обработки и внесения органического сырья.

4.2 Динамика содержания продуктивной влаги в почве

Многочисленными исследованиями установлено, что в условиях Поволжья влагообеспеченность является лимитирующим фактором продуктивности сельскохозяйственных культур. Вода находится в первом минимуме. Согласно закону минимума, влага определяет величину и качество урожая, а также отдачу от других факторов – севооборота, удобрений, сорта и т.д. (Буров Д.И., 1970; Бялый А.М., 1971; Шульмейстер К.Г., 1995; Немцев Н.С., 2000; Морозов В.И., 1986; 2000; Чуданов И.А. 2006; Казаков Г.И., 2008; Голомолзин Р.С. и др. 2012; Горянин О.И., 2016). В этой связи задача по накоплению, сохранению и рациональному использованию влаги на формирование урожая сохраняет свое приоритетное значение в агротехнологиях применительно к условиям Среднего Поволжья.

Несмотря на наличие большого экспериментального материала по изучению влияния севооборотов, обработки почвы и удобрений на динамику содержания продуктивной влаги в почве, существуют различные точки зрения. Особенно это касается влияния приемов основной обработки почвы.

Формирование ресурсов влаги определяется в корнеобитаемом слое почвы, прежде всего, количеством атмосферных осадков, температурным режимом, скорости фильтрации, водоудерживающей способности почвы, ее механического состава и другими факторами. Существенное влияние при этом оказывают сами растения, которые определяют микроклимат, условия накопления и режим использования влаги на производственный процесс.

В наших экспериментальных севооборотах режим влажности почвы (поступление, непродуктивное испарение и использование на производственный процесс) определялся, прежде всего, изучаемыми факторами – культурами (севооборотом) и способом основной обработкой почвы. Фоны органоминеральных удобрений с использованием навоза, соломы и сидератов были

равноценными по накоплению влаги, хотя имелась тенденция повышения влажности верхнего слоя почвы на вариантах с внесением соломы.

Наши исследования показали, что формирование весенних влагозапасов почвы перед посевом парозанимающих культур определялось севооборотом, при этом выявлено преимущество зернопарового севооборота, где содержание продуктивной влаги в слое 0-100 см составило 149,9 мм, что больше чем перед посевом парозанимающих культур на 5,2-8,1 мм. В зернотравяных севооборотах прослеживалось последствие многолетних трав, после двухгодичного использования которых влагозапасы не восстанавливались в полной мере. Под парозанимающими культурами содержание продуктивной влаги было на одном уровне независимо от севооборота.

В период второй ротации (2012-2015 гг.) преимущество чистого пара по накоплению влаги было менее существенным (таблица 23). Последнее следует объяснить улучшением агрофизических и биологических показателей плодородия почвы ко второй ротации почвы, особенно в зернотравяных севооборотах, что обусловило повышение водоудерживающей способности почвы.

В течение двух ротаций севооборотов существенное влияние на накопление влаги в почве в чистом пару и под парозанимающими культурами оказывала основная обработка почвы. Более благоприятные условия складывались по комбинированной в севообороте обработке почвы (БДМ 3х4П на 10-12 см + СиБИМЭ на 20-22 см) по сравнению с минимальной (БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см).

В период первой ротации к весеннему севу в почве в чистом пару накапливалось от 146,9 мм (минимальная) до 152,9 мм (комбинированная) продуктивной влаги, перед посевом гороха от 137,7 (минимальная) до 145,9 мм (комбинированная), вики – 137,7 (минимальная) – 148,2 мм (комбинированная), вики в смеси с овсом 140,1 (минимальная) – 149,4 мм (комбинированная). Преимущество комбинированной обработки почвы составило 6,0-10,5 мм.

Таблица 23 – Динамика содержания продуктивной влаги в паровых полях в зависимости от предшественников и обработки почвы в слое 0-100 см, мм

Культура, звено	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0...100 см, мм		Убыло пришло ±	Осадки, мм	Общий расход от посева до уборки, мм	Осадки до посева озимой пшеницы, мм	Запас продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы слое 0...100 см	Общий расход от посева до посева, мм	
		Перед посевом	Перед уборкой							
2005-2008 гг. (1 ротация севооборота)										
Чистый пар	V ₁	152,9	149,9	-	-	-	-	221,2	131,2	242,9
	V ₂	146,9		-	-	-	-	221,2	119,4	248,7
Горох	V ₁	145,9	141,8	73,7	72,2	148,2	220,4	73,0	107,9	259,2
	V ₂	137,7		67,2	70,5	148,2	218,7	73,0	98,2	260,7
Вика	V ₁	148,2	143,0	68,1	80,1	155,0	235,1	66,2	108,1	261,3
	V ₂	137,7		63,6	74,1	155,0	229,1	66,2	98,4	260,5
Вика + овес на сидерат	V ₁	149,4	144,8	95,3	54,1	114,7	168,8	106,5	123,9	246,7
	V ₂	140,1		88,6	51,5	114,7	166,2	106,5	112,7	248,6
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)										
Чистый пар	V ₁	176,2	169,8	-	-	-	-	180,9	146,8	210,3
	V ₂	163,4		-	-	-	-	180,9	137,3	207,0
Горох	V ₁	171,5	166,4	87,7	83,8	96,9	180,7	84,0	112,3	240,1
	V ₂	161,3		79,3	82,0	96,9	178,9	84,0	108,5	233,7
Люпин	V ₁	173,8	166,9	80,9	92,9	147,8	240,7	33,1	112,5	242,2
	V ₂	159,9		75,2	84,7	147,8	232,5	33,1	106,9	233,9
Люпин + горох	V ₁	174,3	168,1	84,7	89,6	123,3	212,9	57,6	115,8	239,4
	V ₂	161,9		81,0	80,9	123,3	204,2	57,6	109,6	233,2

V₁ - БДМ 3х4 М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см

V₂ - БДМ-3х4 М на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см

Вместе с тем разница в запасах продуктивной влаги по годам была более существенная, нежели за один и тот же год по вариантам основной обработки почвы. Влияние обработки почвы на весенние запасы влаги объясняется, прежде всего тем, что мелкая обработка почвы приводила к ухудшению ее фильтрационной способности. Как показывают наблюдения, влияние системы основной обработки почвы оказывало влияние и на водообеспеченность растений в течение вегетационного периода, которая определялась, с одной стороны, естественным летним увлажнением и, с другой, расходом почвенной влаги.

Несмотря на выпавшие осадки, в чистых парах в летний период не происходило накопление влаги, они расходовались на испарение. Так, в период 2006-2008 гг. расход воды в чистом пару за период парования составил от 242,9-248,7 мм. При этом содержание влаги снизилось по сравнению с весенним содержанием по комбинированной обработке почвы 21,7 мм и минимизированной – 27,5 мм.

К уборке парозанимающих культур отмечалось снижение запасов продуктивной влаги: после гороха до 73,7-67,2 мм, вики – 68,1-63,6 мм, 95,3-88,6 мм. В занятых парах, кроме физического испарения влаги, происходила ее активная транспирация на формирование урожая, поэтому расход влаги был выше, чем в чистом пару. В течение вегетации парозанимающие культуры использовали влагу из почвы и атмосферных осадков. Однако к моменту посева озимых культур отмечается рост содержания продуктивной влаги за счет аккумуляирования осадков второй половины лета, что отмечалось как в первой, так и во второй ротации севооборотов. Но в целом к моменту сева озимой пшеницы отмечалось снижение влагозапасов в сравнении с весенним запасом.

Таким образом, за период от посева парозанимающих культур до посева озимой пшеницы запасы влаги снижались. Динамика продуктивной влаги за время парования объясняется расходом воды на физическое испарение и

транспирацию, по разным предшественникам расход влаги имел свои особенности. В чистом пару расход влаги связан с физическим испарением.

По данным многих ученых, в условиях Среднего Поволжья лучшим предшественником для озимых культур является чистый пар (В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, 1986, Шульмейстер, К.Г., 1995; Потушанский, В.А. и др., 2003; Асмус, А.А., 2009; Адаптивно-ландшафтная система..., 2013), которые аргументируют это следующим:

- в засушливые годы размещение озимых культур по чистому пару позволяет уменьшить отрицательное влияние засухи за счет сохранения влаги в почве;

- чистые пары имеют большое значение в борьбе с сорными растениями, болезнями и вредными организмами;

- наличие чистого пара расширяет временной интервал внесения органических удобрений на поля;

- поле чистого пара в севообороте дает возможность размещать рентабельные, но требовательные к увлажнению культуры;

- увеличение площади чистого пара - это условие перехода к короткоротационным севооборотам, отвечающим условиям крестьянско-фермерских хозяйств с узкой специализацией и ограниченной земельной площадью;

- наличие чистого пара позволяет без нарушения севооборота менять структуру посевных площадей применительно к складывающейся конъюнктуре рынка.

Наряду с преимуществом, введение чистых паров имеет следующие недостатки:

- в чистом пару в результате усиления минерализации органического вещества отмечаются некомпенсируемые потери гумуса;

- ряд авторов указывают на потери азота вследствие миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя в чистых парах;

– введение в севообороты поля чистого пара не отвечает требованиям принципа уплотненного использования пашни, а в отдельных регионах замена чистых паров занятыми увеличивает продуктивность севооборотов;

– интенсивная механическая обработка почвы в чистом пару приводит к разрушению ее структуры, распылению и уплотнению;

– в чистых парах повышается эрозионная опасность, проявляется дефляция почвы.

Полнота всходов озимых культур по различным предшественникам в первую очередь определяется наличием влаги в верхнем 20 см слое почвы. В период первой ротации севооборотов (2006-2008 гг.), по накоплению продуктивной влаги в верхнем слое почвы (0-20 см), изучаемые предшественники можно расположить в следующий ряд в убывающей последовательности (соответственно по комбинированной и минимизированной обработкам почвы): чистый пар 29,5-26,8 мм > сидеральный пар 16,6-15,7 мм > горох-16,3-15,5 мм > вика - 15,9-15,1 мм. В период второй ротации состав культур был изменен, однако исследования показали, что преимущество по накоплению продуктивной влаги сохранилось за чистым паром –38,5-37,3 мм > горох 25,0-24,5 > люпин + горох 23,8-23,0 мм > люпин 24,5-23,5 мм.

Исследования показали, что к моменту сева озимой пшеницы по чистым парам содержание продуктивной влаги было наивысшим, и составило по комбинированной обработке почвы – 131,2 мм, по минимальной – 119,4 мм, что больше чем после гороха и вики на 23,1-23,1 и 21-21,2 мм. После сидерального пара, где возделывалась смесь вики и овса, содержание влаги приближалось к чистому пару – 123,9 и 112,7 мм соответственно по обработкам почвы.

При изучении парозанимающих культур в первой ротации севооборотов наибольшим водопотреблением отличались горох 259,2-260,7 мм и вика 261,3-260,5 мм. Во второй ротации парозанимающие культуры расходовали 233,2-242,2 мм, что больше чем в чистом пару на 26,2-31,9 мм.

К моменту посева озимой пшеницы по содержанию влаги преимущество имел чистый пар как в первой ротации при оценке в качестве предшественников гороха, вики и вики-овса на сидерат, так и при второй ротации севооборота при изучении гороха, люпина и смеси люпин + горох (таблица 24).

За период осенней вегетации озимой пшеницы по всем вариантам опыта произошло увеличение запасов продуктивной влаги, так как расход на транспирацию растений и физическое испарение не превышали приход влаги с осадками. За зимний период к началу возобновления весенней вегетации по различным предшественникам разница становилась менее незначительной, но преимущество чистого пара сохранилось, по сравнению с горохом и викой 9,6-10,6 мм, с сидеральным паром лишь 4,0-4,3 мм. Во второй ротации севооборотов преимущество чистого пара по накоплению влаги в сравнении с занятыми парами было на уровне 12,2-14,0 мм. Такое быстрое выравнивание ее запасов объясняется, в частности, более полным поглощением почвой осадков на посевах озимой пшеницы по занятым парам.

В период ротации севооборотов к весеннему возобновлению вегетации озимой пшеницы сохранилось преимущество комбинированной обработки почвы в среднем на 14,7-15,7 мм, что объясняется менее низкой водопроницаемостью уплотненного слоя почвы глубже 12-14 см, осадки и при этом талые воды стекали, либо испарялись, не попадая в нижние слои почвы. В период второй ротации севооборотов в условиях большего количества выпавших осадков (в период 2012-2015 гг. за сентябрь-март выпало 298,2 мм, в период 2006-2008 гг. – 247 мм) в период от посева до возобновления вегетации содержание влаги по вариантам практически выравнивалось.

С фазы весеннего возобновления вегетации начинается нарастание биомассы растений, при этом необходимо большое количество влаги и к уборке содержание запасов влаги значительно снижается, при этом растения потребляют влагу выпавших осадков. В среднем в период первой ротации севооборотов содержание влаги по чистому пару и занятым парам сократилось до 47,6-54,4 мм, то есть различий по предшественникам не отмечалось.

Таблица 24 – Динамика запасов продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и обработки почвы в слое 0-100 см, мм

Культура, звено	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0...100 см, мм			Убыло прибыло ±	Осадки, мм	Общий расход, мм
		Перед посевом	Весеннее возобновление вегетации	Перед уборкой			
2005-2008 гг. (1 ротация севооборота)							
Чистый пар - озимая пшеница	V ₁	131,2	174,9	54,4	120,5	120,8	241,3
	V ₂	119,4	159,2	49,6	109,6	120,8	230,4
Горох - озимая пшеница	V ₁	107,9	164,3	52,3	112,0	120,8	232,8
	V ₂	98,2	149,6	47,6	102,0	120,8	222,8
Вика - яровая пшеница	V ₁	108,1	164,3	52,4	111,9	120,8	232,7
	V ₂	98,4	149,6	47,6	102,0	120,8	222,8
Сидерат - озимая пшеница	V ₁	123,9	170,6	56,5	114,1	120,8	234,9
	V ₂	112,7	155,2	51,4	103,8	120,8	224,6
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)							
Чистый пар - озимая пшеница	V ₁	146,8	175,0	65,8	109,2	106,7	215,9
	V ₂	137,3	172,2	62,5	109,7	106,7	216,4
Горох - озимая пшеница	V ₁	112,3	161,8	64,8	97,0	106,7	203,7
	V ₂	108,5	160,0	62,8	97,2	106,7	203,9
Люпин - яровая пшеница	V ₁	112,5	161,2	64,5	96,7	106,7	203,4
	V ₂	106,9	158,2	60,1	98,1	106,7	204,8
Люпин + горох - озимая пшеница	V ₁	115,8	161,2	65,8	95,4	106,7	202,1
	V ₂	109,6	159,2	61,8	97,4	106,7	204,1

V₁ – комбинированная (под озимую пшеницу: двукратное дискование БДМ 3х4М на глубину 8-10 см и 10-12 см, предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см)

V₂ - минимальная (под озимую пшеницу: двукратное дискование БДМ 3х4М на глубину 8-10 см и 10-12 см, предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см).

Озимая пшеница по чистому пару потребляла больше влаги, чем по другим предшественникам, более эффективно, и соответственно, это не могло не сказаться на урожайности.

Более интенсивно расходовали влагу посева озимой пшеницы по чистому пару. Так, за первую ротацию севооборотов по комбинированной обработке почвы данный показатель составил 241,3 мм, а по минимальной – 230,4 мм. По паровым предшественникам расход влаги по комбинированной в се-

вообороте обработке почвы варьировал в пределах 232,7-234,9 мм, по минимальной обработке почвы – 222,8-224,6 мм.

Основным источником влаги для растений являются запасы влаги в почве и атмосферные осадки. Наши исследования показали, что по чистому пару в период от возобновления весенней вегетации до уборки озимой пшеницы использование продуктивной влаги происходило за счет почвенных запасов на 47,6-49,9 % и атмосферных осадков на 50,1-52,4 %.

Аналогичные закономерности выявлены и по другим предшественникам – 45,8-49,1 % из почвы и 51,4-54,2 % атмосферных осадков. Во всех севооборотах озимая пшеница больше потребляла влагу по комбинированной обработке почвы, что объясняется большей влагозарядкой (таблица 25).

Таблица 25 - Использование продуктивной влаги посевами озимой пшеницы за счет почвенных запасов и осадков

Предшественники	Обработка Почвы	Расход влаги			
		Из запасов почвы		За счет осадков	
		мм	%	мм	%
Первая ротация 2005-2008 гг.					
Пар чистый	V ₁	120,5	49,9	120,8	50,1
	V ₂	109,6	47,6	120,8	52,4
Горох	V ₁	112,0	48,1	120,8	51,9
	V ₂	102,0	45,8	120,8	54,2
Вика	V ₁	111,9	48,1	120,8	51,9
	V ₂	102,0	45,8	120,8	54,2
Пар сидеральный	V ₁	114,1	48,6	120,8	51,4
	V ₂	103,8	46,2	120,8	53,8
Вторая ротация 2012-2015 гг.					
Пар чистый	V ₁	109,2	50,6	106,7	49,4
	V ₂	109,7	50,7	106,7	49,3
Горох	V ₁	97,0	47,6	106,7	52,4
	V ₂	97,2	47,7	106,7	52,3
Люпин	V ₁	96,7	47,5	106,7	52,5
	V ₂	98,1	47,9	106,7	52,1
Люпин + горох	V ₁	95,4	47,2	106,7	52,8
	V ₂	97,4	47,7	106,7	52,3

V₁ – комбинированная (под озимую пшеницу: двукратное дискование БДМ 4х4 на глубину 8-10 см и 10-12 см, предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см)

V₂ - минимальная (под озимую пшеницу: двукратное дискование БДМ 4х4 на глубину 8-10 см и 10-12 см, предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см).

Во второй ротации севооборотов (за 2012-2015 гг.) по использованию почвенной влаги отмечалось преимущество чистого пара, где ее доля в формировании урожайности составила 50,6-50,7 %, что больше чем на 2,8-3,4 %. Системы обработки почвы имели равноценное влияние на объемы потребления влаги из почвы.

Таким образом, растения озимой пшеницы на формирование урожая использовали как почвенную влагу (первая ротация 45,5-49,9 %; вторая ротация 47,2-50,7 %), так и влагу атмосферных осадков (первая ротация 50,1-54,2 %; вторая ротация 49,3-52,8 %).

Динамика накопления запасов продуктивной влаги в почве под яровой пшеницей в разных звеньях севооборотов представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Динамика запасов продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы в зависимости от последействия паровых предшественников и обработки почвы в слое 0-100 см, мм

Звено	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0...100 см, мм		Убыло прибыло ±	Осад- ки, мм	Общий расход, мм
		Перед посевом	Перед уборкой			
2006-2008 гг. (1 ротация севооборота)						
Паровое	V ₁	146,5	61,6	-84,9	172,6	257,5
	V ₂	136,0	55,0	-81,0	172,6	253,6
Зерновое с горохом	V ₁	144,6	57,0	-87,6	172,6	260,2
	V ₂	132,5	51,1	-81,4	172,6	254,0
Зерновое с викой	V ₁	144,8	61,7	-83,1	172,6	255,7
	V ₂	133,2	50,0	-83,2	172,6	255,8
Сидеральное	V ₁	142,7	57,9	-84,8	172,6	257,4
	V ₂	132,7	48,0	-84,7	172,6	257,3
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)						
Паровое	V ₁	168,9	69,0	-99,9	124,3	224,2
	V ₂	151,2	59,5	-91,7	124,3	216,0
Зерновые с горохом	V ₁	170,0	67,8	-102,2	124,3	226,5
	V ₂	155,2	60,3	-94,9	124,3	219,2
Зерновое с люпином	V ₁	169,9	73,3	-96,6	124,3	220,9
	V ₂	154,6	59,2	-95,4	124,3	219,7
Зернобобовое со сме- сью люпин+горох	V ₁	166,5	66,8	-99,7	124,3	224,0
	V ₂	153,3	54,2	-99,1	124,3	223,4

V₁ – комбинированная (под яровую пшеницу: БДМ 3х4М на 10-12 см + вспашка на 20-22 см).

V₂ – минимальная (под яровую пшеницу: БДМ-3х4М на 10-12 см + культивация КППР-3,6 на 12-14 см).

Несмотря на то, что яровая пшеница размещалась в разных звеньях (паровое, зернобобовое и сидеральное), влажность метрового слоя почвы в период посева была одинаковой и варьировала по комбинированной обработке почвы в первой ротации севооборотов от 142,7 до 146,5 мм, по минимальной обработке почвы от 132,5 до 136,0 мм. В севооборотах не просматривалось преимущество звена с чистым паром, преимущество чистого пара проявлялось на озимой пшеницы, которая за счет большей урожайности исчерпывала влагозапасы и преимущество на яровой пшенице в среднем за годы исследований не проявлялось.

К уборке яровой пшеницы влагозапасы в почве существенно снижались, особенно в звеньях с занятым и сидеральным парами – до 55,0-61,6 мм по комбинированной обработке почвы и 48-51,1 мм по минимальной обработке почвы.

Долевое участие источников влаги распределилось неравномерно. В первой ротации севооборотов 32,0-33,7 % общего расхода влаги пришлось на почвенные запасы, то есть во влагообеспечении преобладали атмосферные осадки – 66,3-68,0 % при отсутствии различий между вариантами опыта. При второй ротации севооборотов в условиях меньшего количества осадков доля почвенных осадков возросла до 42,5-45,1 %.

За вегетационный период яровой пшеницы максимальный суммарный расход влаги был отмечен в первую ротацию, что объясняется большим количеством выпавших осадков за период вегетации. В 2006-2008 гг. суммарный расход влаги составил 254,0-260,2 мм с тенденцией увеличения по комбинированной обработке почвы. В период второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) суммарный расход влаги составил 220,9-226,5 по комбинированной обработке почвы в севооборотах и 216,0-223,4 мм по минимизированной.

Накопление влаги под многолетними травами и ее использование на формирование урожая надземной биомассы имело свои особенности. Размеры потребления почвенной влаги в посевах многолетних трав определялись

биологическими особенностями культур, запасами продуктивной влаги в почве, количеством осадков, тепла и продолжительностью вегетационного периода (таблица 26).

Многие исследователи сообщают о том, что в условиях Поволжья многолетние травы иссушают почвы, и запасы продуктивной влаги в травяных севооборотах снижаются в сравнении с зернопаровыми и зернопропашными (Буров Д.И., 1970; Терентьев О.В., 2007). Наши данные подтверждают исследования указанных авторов.

К периоду возобновления вегетации многолетних трав второго года жизни запасы влаги в метровом слое почвы были меньшими, чем на полях, подготовленных под посев гороха. В среднем за 2006-2008 гг. содержание влаги в период возобновления вегетации многолетних трав составило 138,7-140,0 мм по комбинированной обработке почвы и 130,4-130,9 мм по минимизированной обработке почвы. В зернопаровом севообороте перед посевом гороха содержание влаги составило 148,3 мм по комбинированной обработке почвы и 134,0 мм по минимизированной.

Увеличение листовой поверхности, рост стебля в высоту обуславливали высокую потребность в воде, поэтому происходило активное потребление влаги из почвы при формировании первого укоса. К формированию первого укоса запас продуктивной влаги сократился до 62,7-69,1 мм по комбинированной обработке почвы, 50,8-57,7 мм по минимальной обработке почвы, при выпавших осадках на кострече – 47,5 мм, люцерне – 65,5 мм и эспарцете – 59,9 мм осадков. Суммарное водопотребление многолетних трав зависело от влагозарядки почвы в период весеннего отрастания и количества осадков за вегетацию. Суммарный расход влаги в посевах костреча второго года жизни при формировании первого укоса по различным обработкам составил от 113,2 мм по комбинированной обработке почвы до 109,5 мм по минимизированной, в посевах эспарцета соответственно - 120,5-112,2 мм и люцерны - 127,5-118,9 мм.

Таблица 26 – Динамика запасов продуктивной влаги в посевах гороха и многолетних трав 1 г.п. в зависимости от предшественников и обработки почвы, мм

Культура, звено	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0 - 100 см, мм		Убыло пришло ±	Осадки, мм	Общий расход (первый укос), мм	Осадки до второго укоса, мм	Запас продуктивной влаги, второй укос в слое 0 - 100 см	Общий расход (второй укос), мм
		возобновление вегетации (посев)	первый укос						
2005-2008 гг. (1 ротация севооборота)									
Горох*	V ₁	148,3	61,3	-87,0	148,2	235,2	-	-	-
	V ₂	134,0	43,8	-90,2	148,2	238,4	-	-	-
Кострец 1 г.п.	V ₁	140,0	65,8	-93,1	47,5	140,6	179,0	46,9	197,9
	V ₂	130,4	55,2	-94,2	47,5	141,7	179,0	36,2	198,0
Люцерна 1 г.п.	V ₁	139,3	62,7	-96,0	65,5	161,5	112,2	43,3	131,6
	V ₂	130,9	50,8	-99,0	65,5	164,5	112,2	31,9	131,1
Эспарцет 1 г.п.	V ₁	138,7	69,1	-86,7	59,9	146,6	128,4	52,0	145,5
	V ₂	130,4	57,7	-90,6	59,9	150,5	128,4	39,8	146,3
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)									
Горох*	V ₁	170,9	68,7	-102,2	96,9	199,1	-	-	-
	V ₂	149,0	47,4	-101,6	96,9	198,5	-	-	-
Кострец 1 г.п.	V ₁	164,7	72,4	-125,3	46,4	171,7	85,8	39,4	118,8
	V ₂	152,8	60,8	-122,2	46,4	168,6	85,8	30,6	116,0
Люцерна 1 г.п.	V ₁	163,4	69,0	-126,9	53,8	180,7	77,6	36,5	110,1
	V ₂	152,0	55,9	-125,0	53,8	178,8	77,6	27,0	106,5
Люцерна + кострец 1 г.п.	V ₁	161,7	62,9	-116,6	50,8	167,4	82,2	45,1	100,0
	V ₂	150,6	52,5	-115,5	50,8	166,3	82,2	35,1	99,6

* - для гороха перед посевом и после уборки;

Обработка почвы под горох: V₁ - БДМ 4х4 на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см; V₂ - БДМ-4х4 на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см. По многолетним травам – весеннее боронование БЗСС-1,0.

Ко второму укосу влагозапасы в почве по кострецу сократились до 36,2-46,9 мм, люцерне 31,9-43,3 мм и эспарцету 39,8-52,0 мм, но формирование урожая происходило в основном за счет выпавших осадков, сумма которых составила по кострецу 179,0 мм, люцерне 112,2 мм, и эспарцету 128,4 мм. За 2003-2015 гг. многолетние травы трижды не формировали второго укоса. Это связано с летней засухой (июнь-июль), когда после первого укоса количество осадков было незначительным – 2009 год за июнь-июль 47,0 мм, в 2010 г. – 13,6 мм, и в 2012 г. – 73 мм.

Формирование урожая осуществляется как за счет почвенных ресурсов влаги, так и за счет атмосферных осадков, выпавших в период вегетации. Долевое участие этих двух источников влаги неодинаковое. Следует отметить, что в период первой ротации севооборотов на формирование первого укоса растения потребляли в основном почвенную влагу. В посевах костреца ее доля составила 54,9-53,4 от % общего расхода влаги, люцерны 48,1-44,3 и эспарцета 47,4-43,5 %. Однако, на формирование второго укоса основные ресурсы влаги посева получали с атмосферными осадками, так формирование отавы костреца на 90,4 % было обусловлено осадками, посевов люцерны на 85,3-85,6 % и эспарцета 88,2-87,8 %.

В условиях меньшего количества осадков, в период второй ротации севооборотов, при формировании первого костреца укоса доля почвенной влаги была высокой – 62,9-61,0 %, люцерны – 58,7-54,8 и травосмеси люцерны + кострец 60,8-57,7 %. В период формирования урожая второго укоса многолетних трав основная часть потребляемой воды приходилась на атмосферные осадки (костреца 72,2-74,0 %; люцерны 70,5-72,9 и смеси люцерны + кострец – 82,2-82,5 %).

К моменту возобновления вегетации от второго к третьему году жизни многолетних трав запасы влаги в метровом слое заметно уменьшались в связи с ее расходом на транспирацию в период вегетации. В период возобновления вегетации костреца 3 года жизни запас влаги составил 112,4-102,5 мм, люцерны 103,3 -90,0 мм и эспарцета 111,4-103,1 мм соответственно по ком-

бинированной и минимизированной обработке почвы. Убыль была особенно заметна в посевах люцерны (таблица 27).

Ко второму укосу многолетних трав на третьем году жизни запасы влаги уменьшались, это объясняется тем, что увеличение листовой поверхности, рост стебля в высоту обуславливают высокую потребность в воде, поэтому происходило высыхание метрового слоя на третий год жизни.

Следует отметить, что суммарное водопотребление травостоев третьего года жизни по сравнению со вторым годом было ниже, что объясняется меньшими запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы, предположительно растения потребляли влагу из нижних слоев почвы, что объясняет более высокую урожайность многолетних трав на втором году жизни. По сообщению разных авторов, корневая система многолетних бобовых трав стержневая и имеет мощно развитые боковые корни, проникающие до 2-3 м в первый год жизни и до 10 м в последующие годы (Лошаков В.Г., 2015). Несмотря на меньшие запасы влаги в метровом слое почвы и меньшее водопотребление, урожайность травостоя второго года пользования повышалась.

В балансе потребления влаги травостоем третьего года жизни основная доля приходилась на осадки. В период первой ротации севооборотов первый укос костреца на 54,9-53,4 % формировался за счет почвенных запасов, люцерна на 48,1-44,3 % и эспарцет на 47,4-43,5 %.

В период второй ротации севооборотов доля почвенной влаги при формировании первого укоса возросла соответственно до 61,0-58,7 %, 58,7-54,8 и 60,8-57,7 %. Второй укос формировался в основном за счет осадков: в период первой ротации севооборота на 90,6-100,0 % и во второй ротации на 85,5-94,7 %.

Таблица 27 – Динамика запасов продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы и многолетних трав 2 г.п. в зависимости от предшественников и обработки почвы, мм

Культура, звено	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0...100 см, мм		Убыло пришло ±	Осадки, мм	Общий расход (первый укос), мм	Осадки до второго укоса, мм	Запас продуктивной влаги, второй укос в слое 0...100 см	Общий расход (второй укос), мм
		возобновление вегетации (посев)	первый укос						
2005-2008 гг. (1 ротация севооборота)									
Яровая пшеница	V ₁	144,1	57,5	86,6	172,6	259,2		-	
	V ₂	135,4	47,4	88,0	172,6	260,6		-	
Кострец 2 г.п.	V ₁	112,4	50,2	62,2	51,0	113,2	123,1	49,7	123,6
	V ₂	102,5	44,0	58,5	51,0	109,5	123,1	40,0	127,1
Люцерна 2 г.п.	V ₁	103,3	42,0	61,3	66,2	127,5	120,0	49,7	112,3
	V ₂	90,0	37,3	52,7	66,2	118,9	120,0	33,4	123,9
Эспарцет 2 г.п.	V ₁	111,4	54,3	57,1	63,4	120,5	129,1	51,6	131,8
	V ₂	103,1	54,3	48,8	63,4	112,2	129,1	40,8	142,6
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)									
Яровая пшеница	V ₁	161,4	64,4	97,0	124,3	221,3		-	
	V ₂	146,4	51,3	95,1	124,3	219,4		-	
Кострец 2 г.п.	V ₁	133,8	55,2	78,6	46,4	125,0	85,8	41,8	99,2
	V ₂	120,9	48,4	72,5	46,4	118,9	85,8	33,9	100,3
Люцерна 2 г.п.	V ₁	122,8	46,2	76,6	53,8	130,4	77,6	41,8	82,0
	V ₂	106,3	41,0	65,3	53,8	119,1	77,6	28,3	90,3
Люцерна + кострец 2 г.п.	V ₁	128,1	49,4	78,7	50,8	129,5	82,2	44,8	86,8
	V ₂	118,6	49,4	69,2	50,8	120,0	82,2	35,5	96,1

* - для яровой пшеницы перед посевом и после уборки

Обработка почвы под яровую пшеницу: V₁ - БДМ 3х4М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см; V₂ - БДМ-3х4М на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см. По многолетним травам – весеннее боронование БЗСС-1,0.

В условиях лесостепи Поволжья для формирования второго укоса многолетних трав необходимо обеспечение суммарного водопотребления костреца не менее 82,0-100,0 мм, при условии, что основным источником влаги для формирования второго укоса многолетних трав выступают осадки, то для формирования укосной спелости необходимо не менее 73 мм. В годы с (2009, 2010 и 2012 гг.) меньшим количеством осадков за две декады июня и июля, второй укос не формировался.

Использование многолетних трав в качестве предшественников имеет свои преимущества и недостатки. Ряд авторов указывает, что многолетние травы имеют огромное и разностороннее агрономическое значение для сельскохозяйственного производства. Бобовые и бобово-мятликовые травосмеси улучшают физико-химические свойства почвы, повышают плодородие в условиях недостаточной химизации земледелия и увеличивают урожайность последующих культур (Сторожев, Д.Н., 2009; Подбор многолетних трав..., 2005; Денисов, Е.П., 2013; Борисова Е.Е., 2015). Между тем многолетние травы имеют свойство максимального потребления влаги из почвы и иссушения ее на большую глубину.

Как показывают наши исследования, после двух годичного использования многолетних трав, в почве остается низкий запас влаги, и к весеннему севу влагообеспеченность полей не всегда восстанавливается, особенно при минимальной в севообороте обработке почвы.

В период первой ротации севооборотов к периоду сева после различных предшественников влагозапасы в метровом слое почвы распределились следующим образом: после яровой пшеницы - 142,2-129,9 мм > эспарцет 127,5-103,7 мм > кострец 124,4-104,6 мм > люцерна 124,4-99,5 мм с явным преимуществом комбинированной обработки почвы в севооборотах. В период второй ротации по накоплению влагозапасов к весеннему севу также отмечалось преимущество зернопарового севооборота в сравнении с зернотравяными: после яровой пшеница 159,2-140,5 мм, после многолетних трав

148,1-117,6 мм. Комбинированная обработка создавала лучшие условия накопления влаги в почве (таблица 28).

Различия по предшественникам и обработке почвы были более заметны в годы с осенней засухой, когда более глубокая обработка почвы имела преимущество по фильтрационной способности почвы и в период весенне-летней засухи, когда влагозапасы почвы определяли влагообеспеченность посевов в критические фазы развития. Запас влаги формировался в течение осеннего периода за счет осадков и в период схода снега за счет весенних талых вод, на что оказывало влияние подготовка почвы.

Таблица 28 – Динамика запасов продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы в зависимости от предшественников и обработки почвы в слое 0-100 см, мм

Предшественник	Система обработки почвы (В)	Запас продуктивной влаги в слое 0...100 см, мм		Убыло прибыло ±	Осадки, мм	Общий расход, мм
		Перед посевом	Перед уборкой			
2006-2008 гг. (1 ротация севооборота)						
Яровая пшеница	V ₁	142,2	68,7	73,5	172,6	246,1
	V ₂	129,9	59,5	70,4	172,6	243,0
Кострец 2 г.п.	V ₁	124,4	65,6	58,8	172,6	231,4
	V ₂	104,6	60,7	43,9	172,6	216,5
Люцерна 2 г.п.	V ₁	124,4	65,8	58,6	172,6	231,2
	V ₂	99,5	54,1	45,4	172,6	218,0
Эспарцет 2 г.п.	V ₁	127,5	67,1	60,4	172,6	233,0
	V ₂	103,7	54,6	49,1	172,6	221,7
2012-2015 гг. (2 ротация севооборота)						
Яровая пшеница	V ₁	159,2	61,4	97,8	124,3	222,1
	V ₂	140,5	54,9	85,6	124,3	209,9
Кострец 2 г.п.	V ₁	148,1	55,1	93,0	124,3	217,3
	V ₂	123,5	51,4	72,1	124,3	196,4
Люцерна 2 г.п.	V ₁	147,8	55,4	92,4	124,3	216,7
	V ₂	117,6	45,8	71,8	124,3	196,1
Люцерна + кострец 2 г.п.	V ₁	146,7	58,4	88,3	124,3	212,6
	V ₂	119,2	47,5	71,7	124,3	196,0

В зернопаровом севообороте: V₁ – комбинированная (под яровую пшеницу: БДМ-3х4М на 10-12 см + вспашка на 20-22 см). V₂ – минимальная (под яровую пшеницу: БДМ-3х4М на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см).

В зернотравяных севообороте: V₁ . дискование БДМ-3х4М на 10-12 см + вспашка на 25-27 см; V₁ . дискование БДМ-3х4М на 10-12 см + вспашка на 20-22 см.

Перед уборкой яровой пшеницы влагозапасы снижались в повторных посевах до 73,5-70,4 мм, после многолетних трав до 43,9-60,4 мм с большим содержанием по комбинированной обработке почвы, во второй ротации севооборотов соответственно 61,4-54,9 мм и 45,6-58,4 мм.

Долевое участие почвенной влаги и осадков складывалось, как и в других полях с яровой пшеницей и зерновыми бобовыми культурами. В первой ротации севооборотов в повторных посевах доля почвенной влаги составила 29,0-29,9 %, после многолетних – 20,3-25,9 %, то есть во влагообеспечении преобладали атмосферные осадки. При второй ротации севооборотов в условиях меньшего количества осадков доля почвенных осадков возросла до 36,5-44,0 %.

В условиях лесостепи Поволжья, где лимитирующим фактором урожайности выступает влагообеспеченность, важное значение имеет изучение баланса продуктивной влаги в севооборотах. Обобщенный экспериментальный материал за две ротации севооборотов представлен в таблице 29.

Сравнительная оценка севооборотов по запасам продуктивной влаги показала преимущество зернопарового по отношению к зернотравяным севооборотам. Так, в весенний период в метровом слое почвы зернопарового севооборота содержание влаги в период первой ротации севооборота составило 145,8 мм, что больше, чем в зернотравяных севооборотах на 12,0-15,4 мм. В период второй ротации севооборотов отмеченная тенденция сохранилась, в зернопаровом севообороте содержалось 161,2 мм продуктивной влаги, а в зернотравяных – 149,0-152,0 мм. Отмеченные различия объясняются набором культур в севооборотах. Чистый пар сохранял накопленную влагу, которая использовалась последующими культурами. В зернотравяных севооборотах многолетние травы – кострец, люцерна и эспарцет максимально потребляли накопившуюся влагу из метрового слоя почвы, при этом запасы продуктивной влаги, за счет выпавших осадков, не всегда полностью компенсировались.

Таблица 29 – Общий расход и водопотребление влаги в зернопаровом и зернотравяных севооборотах

№ севооборота	Культуры, поля	Первая ротация (2005-2008 гг.)					Вторая ротация (2012-2015 гг.)				
		Суммарное водопотребление	Накопление, т/га		Кв, м³/т		Суммарное водопотребление	Накопление, т/га		Кв, м³/т	
			Основной продукции	Наземной биомассы	Основной продукции	Наземной биомассы		Основной продукции	Наземной биомассы	Основной продукции	Наземной биомассы
I	Чистый пар	245,8	-	-	-	-	208,6	-	-	-	-
	Озимая пшеница	290,2	3,86	9,65	752	301	216,1	4,39	9,01	492	240
	Яровая пшеница	255,6	2,78	6,94	919	368	220,1	2,92	7,3	754	302
	Горох	236,7	2,03	5,23	1166	453	198,8	2,35	5,78	846	344
	Яровая пшеница	259,8	3,09	7,53	841	345	220,3	3,13	7,84	704	281
	Яровая пшеница	244,5	2,66	6,43	919	380	216	2,6	6,49	831	333
	По севообороту	255,4	-	-	-	-	213,3	-	-	-	-
II	Горох	219,8	2,03	5,25	1083	419	179,8	2,16	5,54	832	325
	Озимая пшеница	282,1	3,63	9,06	777	311	203,8	3,65	7,62	558	267
	Яровая пшеница	257	2,77	6,94	928	370	222,8	2,7	6,77	825	329
	Кострец	260,4	5,56		468		256	4,39		583	
	Кострец	236,6	6,57		360		221,7	5,06		438	
	Яровая пшеница	223,9	1,66	4,34	1349	516	206,8	2,52	6,31	821	328
	По севообороту	246,6	-	-	-	-	215,2	-	-	-	-
III	Вика (люпин)	232,1	1,58	4,24	1469	547	236,6	2,13	5,09	1111	465
	Озимая пшеница	282,1	3,61	9,01	781	313	204,1	3,51	7,35	581	278
	Яровая пшеница	255,7	2,82	7,06	907	362	220,3	2,78	6,96	792	317
	Люцерна	275,2	6,53		421		257,3	4,39		586	
	Люцерна	241,2	8,42		286		210,9	4,6		458	
	Яровая пшеница	224,5	2,72	6,56	825	342	206,4	2,60	6,67	794	309
	По севообороту	251,8	-	-	-	-	222,6	-	-	-	-
IV	Сидерат (г+л)	159,2	19,8		80		208,5	2,22	5,67	939	368
	Озимая пшеница	284,1	3,37	8,41	843	338	203,1	3,42	7,2	594	282
	Яровая пшеница	257,3	2,88	7,19	893	358	223,7	2,72	5,78	822	387
	Эспарцет (л+к)	276,9	6,25		443		249,1	4,54		549	
	Эспарцет (л+к)	253,6	6,54		388		216,2	4,81		449	
	Яровая пшеница	227,3	2,72	6,59	836	345	204,3	2,60	6,5	786	314
	По севообороту	243,1	-	-	-	-	217,5	-	-	-	-

Оценка культур по остаточным запасам влаги показала, что в период первой ротации севооборотов наибольшее ее количество оставалось после сидерата – 92,0 мм и после гороха – 52,6-70,5 мм, запасы продуктивной влаги под зерновыми к уборке были практически одинаковыми – 50,0-64,1 мм. Наиболее сильно почва иссушалась под многолетними травами, где остаточные запасы доступной влаги составляли 37,6-46,2 мм.

Величина суммарного водопотребления культур севооборотов в период первой ротации в зависимости от вариантов их чередования менялась. В годы изучения (2005-2008 гг.) наибольший расход воды озимой пшеницей наблюдалось по предшественнику чистый пар – 290,2 мм, после гороха и вики он составил 282,1 мм и после сидерата 284,1 мм.

Анализ суммарного водопотребления яровой пшеницей показывает, что чередование культур оказывало существенное влияние на расход влаги посевами. Так, общий расход влаги в севооборотах посевами яровой пшеницы после озимой пшеницы составлял 255,6-257,3 мм, после гороха – 259,8 мм, повторные посевы израсходовали 244,5 мм. Наименьшее водопотребление яровой пшеницей наблюдалось после многолетних трав - 223,9-227,3 мм.

Горохом и викой за вегетационный период израсходовано 219,8 и 232,1 мм соответственно, смесью вики и овса на сидерат – 159,2 мм. Суммарное водопотребление посевами многолетних трав составляло 236,6-276,9 мм. В среднем по севообороту наибольшее количество влаги израсходовано культурами зернопарового севооборота – 255,4 мм, культуры второго зернотравяного севооборота испаряли 246,6 мм, третьего – 251,8 и четвертого 243,9 мм.

В годы второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) на размеры водопотребления культур оказывали влияние культуры и погодные условия. За эти годы наибольшее количество влаги израсходовано посевами многолетних трав второго года жизни – 249,1-257,3 мм, а посевы третьего года жизни испаряли 210,9-221,7 мм. Яровой пшеницей после озимой пшеницы израсходовано 220,1-223,7 мм, эти же культуры за вегетационный период на физическое и физиологическое испарение израсходовали после многолетних трав

всего 204,3-206,8 мм, после гороха и в повторных посевах - 220,3 и 216,9 мм соответственно. У озимой пшеницы общий расход влаги составил после чистого пара 216,1 мм, а после занятых паров 203,1-204,1 мм, у гороха, люпина и горохо-люпиновой смеси – 179,8, 2376,6 и 208,5 мм соответственно.

В среднем по севообороту во второй ротации наибольшее количество влаги израсходовано культурами зернотравяного севооборота с люцерной – 222,6 мм, тогда как в севообороте с травосмесью 217,5, в зернотравяном с коострецом 215,2 мм и зернопаровом – 213,3 мм.

Таким образом, величина суммарного водопотребления культур севооборотов зависела от погодных условий, агротехники и величины формирования урожая.

Общий расход воды на формирование единицы урожая (коэффициент водопотребления) определяли, прежде всего, погода и биологические особенности возделываемых культур. Величина суммарного водопотребления в зависимости от метеоусловий сильно меняется по годам. На размеры водопотребления также оказывают влияние элементы агротехники. При этом увеличение сбора зерна и другой продукции обусловлено более продуктивным использованием влаги.

В годы исследований в первую ротацию севооборотов озимая пшеница наиболее экономно расходовало воду на единицу урожая по чистому пару - 752 м³/т, тогда как после гороха и вики этот показатель возрос до 777 и 781 м³ соответственно, а по сидеральному пару до 843 м³/т.

Самая высокая величина этого показателя была отмечена в посевах гороха и вики 1083 и 1469 м³/т.

Расход влаги на формирование урожая яровой пшеницы отличался по предшественникам. В первом зернопаровом севообороте после озимой пшеницы - 919 м³/т, во втором, третьем и четвертом севооборотах, также после озимой пшеницы, соответственно 928, 907 и 893 м³/т.

Наиболее экономно расходовалась влага яровой пшеницей после люцерны - 828 м³/т и после эспарцета 836 м³/т, тогда как после коостреца было

израсходовано 1349 м³ влаги на 1 т урожая. Многолетними травами на создание урожая было израсходовано порядка 286-468 м³ на 1 тонну сухого вещества продукции.

В годы второй ротации севооборотов складывались более сухие погодные условия. Использование влаги культурами, за исключение многолетних трав, происходило более экономно. В среднем за 4 года на формирование 1 тонны урожая зерна озимой пшеницы расход влаги по чистому пару составил 492 м³, а после занятых паров потребление влаги было больше – 558-594 м³/т.

Яровой пшеницей было израсходовано несколько больше влаги. В первом севообороте после озимой пшеницы 754 м³/т, в зернотравяных севооборотах 792-825 м³/т. После многолетних трав в этих же севооборотах водопотребление составило 786-821 м³ влаги на 1 т зерна.

Зернобобовые культуры: горох, люпин и их смесь на формирование единицы урожая расходовали большее количество влаги от 823 м³/т (горох) до 1111 м³/т (люпин) и 939 м³/т горохо-люпиновая смесь. Размеры водопотребления многолетними травами во вторую ротацию севооборотов составляли 438-586 м³ на 1 т сухого вещества продукции.

Таким образом, вопросы накопления, сохранения и эффективного использования влаги для условий лесостепи Поволжья являются актуальными задачами в плане повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Водопотребление в агрофитоценозах определялось биологическими особенностями полевых культур, погодными условиями, предшественниками и способами обработки почвы. Наилучшие условия для озимой пшеницы по влагообеспеченности складываются в чистых парах, но занятые пары, особенно в условиях достаточного количества осадков способны сохранять и накапливать достаточное количество влаги для формирования урожая озимой пшеницы. Озимая пшеница в равной степени использует влагу из почвы (45,8-49,9 %) и из атмосферных осадков (50,1-54,2 %).

Сравнительная оценка влагообеспеченности яровой пшеницы в зернопаровых и зерновых звеньях показала, чистый пар не оказывал влияние на формирование влагозапаса второй культуры в звене севооборота. Перед посевом яровой пшеницы запас продуктивной влаги в почве находился на одном уровне во всех звеньях (паровом, зерновом и сидеральном). Формирование урожая яровой пшеницы в условиях доставочного увлажнения происходило в основном за счет выпавших осадков – 66,3-68,0 %, а в более засушливых условиях их доля снижалась до 54,9-57,5 %.

Многолетние травы эффективно потребляли почвенную влагу на формирование урожая. Первый укос примерно в равной степени формировался за счет почвенных запасов и атмосферных осадков, второй укос формировался за счет атмосферных осадков, доля которых составила от 70,5 % (в засушливых условиях) до 90,4 % (в условиях достаточного увлажнения). Многолетние травы иссушали почву. Весной после многолетних трав перед посевом яровой пшеницы влагозапас почвы был ниже, чем после однолетних культур, но его было достаточно для получения всходов и формирования урожая яровой пшеницы.

От первой ко второй ротации севооборотов отмечалось повышение запасов продуктивной влаги в почвы в весенний период, что указывает на улучшение водоудерживающей способности почвы за счет улучшения агрофизических и биологических свойств почвы (содержание органического вещества) под влиянием системы биологизации.

4.3 Биологическая активность почвы

Почва - сложнейшая система, одним из ее основных компонентов являются живые организмы. Почвенная биота реагирует на любые негативные изменения ее свойств. Почвенный покров любого региона очень разнообразен, в том числе и в условиях лесостепи Поволжья. На разнообразие оказывают влияние различные абиотические и биотические факторы, поэтому биохимические и микробиологические процессы протекают по-разному.

Интенсивность биохимических и биологических процессов связана с ферментативной и микробиологической активностью почвы, они тесно взаимосвязаны между собой. Активность почвенных ферментов или биокатализаторов наряду с микробиотой, признается надежным и устойчивым показателем биогенности любой почвенной экосистемы. В почве энзимы участвуют в биосинтезе гумуса и реже в минерализации органических веществ и остатков растений в севооборотах.

Биологическая активность почвы зависит от различных факторов: протекающих окислительно-восстановительных и гидротермических условий, от внесения минеральных и органических удобрений, возможно и от самих произрастающих растений. Роль микроорганизмов особенно велика, с их деятельностью связано разложение органических остатков, изменение некоторых химических процессов и минерализация.

Неотъемлемым звеном круговорота в глобальной экосистеме элементов является процесс деструкции органического вещества, который во многом определяет плодородие почвы.

Основным компонентом растительных остатков является целлюлоза. Деградация целлюлозы является ключевым процессом среди цепи превращения органических соединений почвы и осуществляется большой группой микроорганизмов и грибов. Вот почему ряд исследователей считает, что целлюлозоразлагающая активность почвы наиболее полно характеризует общую направленность микробиологических процессов и может служить мерилем общей биологической активности почвы (Аристовская, Т.В., 1964; Зольникова Н.В., 1990; Мишустин Е.Н., 1972; Сорокин Н.Д., 1993; Поддымкина Л.М., 2004), при этом немалую роль в этих процессах играют почвенные энзимы.

Ферменты – это биологические катализаторы, в сотни и тысячи раз ускоряющие химические реакции в живых организмах. Разнообразные ферменты в почве накапливаются и функционируют в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, мезофауны и корневых систем растений. Они участвуют в важнейших биохимических процессах: синтезе и распаде гуму-

са, гидролизе органических соединений, остатков высших растений и микроорганизмов, в окислительно-восстановительных реакциях и других основных звеньях всех процессов, которые определяют само существование и функционирование биогеоценозов.

Ведущую роль в агрофитоценозах играют оксидредуктазы, характеризующие окислительно-восстановительные процессы в почве. К этому классу относятся полифенолоксидаза, пероксидаза и каталаза.

Полифенолоксидаза – (О – дифенолкислород – оксидаза) участвует в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса, и они катализируют окисление моно-, ди- и трифенолов до хинонов в присутствии кислорода воздуха. Хиноны в соответствующих условиях при реакциях конденсации с аминокислотами образуют первичные молекулы гуминовой кислоты.

Пероксидаза аналогично катализирует окисление полифенолов только в присутствии пероксида водорода. Каталаза катализирует расщепление перекиси водорода на воду и молекулярный кислород.

Нами определялись активность уреазы, инвертазы и фосфатазы, которые катализируют гидролитическое расщепление углеводов до гликозида.

Многие авторы указывают, что каталитическая инвертаза в большей степени определяет уровень плодородия и биологической активности по сравнению с другими ферментами (Чевердин Ю.И. и др., 2015). Предположительно это связано с тем, что высокомолекулярные полисахариды (углеводы) при любом гидролизе образуют в качестве промежуточных продуктов - глюкозу и фруктозу, которые являются энергетическим материалом для жизнедеятельности микробиологических процессов.

Ферментативная активность чернозема выщелоченного среднесуглинистого нами определялась в замыкающих полях экспериментальных севооборотов под посевами яровой пшеницы. Результаты исследований представлены в таблицах 30, 31 и 32.

Исследования показали, что ферментативная активность чернозема выщелоченного изменялась в севооборотах в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений.

Введение в севооборот многолетних бобовых трав и насыщение почвы низкоуглеродистыми растительными остатками приводило к усилению каталазной активности в звеньях люцерна – яровая пшеница и кострец + люцерна – яровая пшеница, где она менялась в пределах 1,66-1,69 мл по сравнению с 1,49 мл KMnO_4 за 20 мин на 1 г почвы в звене зернопарового севооборота: яровая пшеница – яровая пшеница. Также отмечено преимущество комбинированной обработки почвы и повышенного фона удобрений в севообороте, минимальная обработка почвы снижала уровень активности каталазы.

Аналогичная закономерность наблюдалась и по активности полифенолоксидазы: в зернотравяных севооборотах она составила 1,60-1,65 мл 0,01н KMnO_4 за 2 мин. на 1 г почвы, что больше чем в зерновом звене на 4,5-5,8 %.

Анализ данных в зависимости от удобрений показал, что ее активность возрастала по повышенному фону минеральных удобрений, что вполне объяснимо, так как данная группа ферментов участвует, прежде всего, в превращении органических соединений, которых по второму фону накапливалось и поступало в почву больше. К тому же, по-видимому, это связано с тем, что минеральные удобрения оказывали положительное влияние на образование корневых выделений культурных растений, которые повышали активность полифенолоксидазы. Более высокая ее активность способствовала образованию гумуса в почве, особенно в зернотравяных севооборотах.

Активность пероксидазы была более высокой в звене зернопарового севооборота яровая пшеница – яровая пшеница, что объясняется повышенной минерализацией органического вещества.

Таблица 30 - Активность каталазы и полифенолоксидазы в почве под яровой пшеницей за 2014-2015 гг.

(последнее поле севооборота)

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактору В)	Удобрения (фактор С)	Активность каталазы в мл 0,1 н КМnO4 за 20 мин на 1 г почвы			Активность полифенолоксидазы в мл 0,01 н КМnO4 за 2 мин на 1 г почвы		
			По удобре- ниям	По Фактору А	По Факто- ру В	По удобре- ниям	По Фактору А	По Фактору В
Зернопаровой	В ₁	C ₁	1,64	1,49	1,68	1,60	1,56	1,66
		C ₂	1,52			1,70		
	В ₂	C ₁	1,30	1,57	1,42	1,51	1,56	
		C ₂	1,48					
Зернотравяной с кострцом	В ₁	C ₁	1,59	1,66		1,65	1,63	
		C ₂	1,78			1,70		
	В ₂	C ₁	1,59	1,57				
		C ₂	1,67	1,60				
Зернотравяной с люцерной	В ₁	C ₁	1,66	1,67	1,65	1,65		
		C ₂	1,73		1,74			
	В ₂	C ₁	1,57	1,55				
		C ₂	1,70	1,65				
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	C ₁	1,71	1,69	1,59	1,60		
		C ₂	1,82		1,64			
	В ₂	C ₁	1,58	1,56				
		C ₂	1,65	1,59				
По фактору С		C ₁	1,58			1,57		
		C ₂	1,67			1,64		
НСР₀₅			0,09/0,03	0,05	0,03	0,13/0,05	0,06	0,05

Таблица 31 - Активность пероксидазы и инвертазы в почве под яровой пшеницей 2014-2015 гг.

(последнее поле севооборота)

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Активность пероксидазы 0,01 н J ₂ в 1 г почвы за 2 минуты*			Активность инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 40 часов		
			По удобрениям	По Фактору А	По Фактору В	По удобрениям	По Фактору А	По Фактору В
Зернопаровой	В ₁	C ₁	1,38	1,35	1,29	8,98	9,23	10,21
		C ₂	1,36			9,97		
	В ₂	C ₁	1,34	1,23	8,54	9,87		
		C ₂	1,30		9,42			
Зернотравяной с кострцом	В ₁	C ₁	1,33	1,29		9,99	9,97	
		C ₂	1,30			10,21		
	В ₂	C ₁	1,29	9,69				
		C ₂	1,24	9,98				
Зернотравяной с люцерной	В ₁	C ₁	1,29	1,22	9,68	10,16		
		C ₂	1,24		10,82			
	В ₂	C ₁	1,21	9,93				
		C ₂	1,14	10,21				
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	C ₁	1,21	1,19	10,89	10,81		
		C ₂	1,18		11,13			
	В ₂	C ₁	1,19	10,42				
		C ₂	1,16	10,79				
По фактору С		C ₁	1,28	-	-	9,77		
		C ₂	1,24	-	-	10,32		
НСР₀₅			0,11/0,04	0,06	0,04	0,23/0,08	0,12	0,08

*- данные приводятся за 2014 год (в 2015 году активность пероксидазы не обнаружено)

Таблица 32 - Активность уреазы и фосфатазы в почве под яровой пшеницей 2014-2015 гг.

(последнее поле севооборота)

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Активность уреазы, в мг (N-NH ₄), на 1 г почвы за 4 часа			Активность фосфатазы, в мг P ₂ O ₅ на 10 г почвы за 1 час		
			По удобрениям	по Фактору А	по Фактору В	по удобрениям	по Фактору А	по Фактору В
Зернопаровой	В ₁	C ₁	0,27	0,26	0,30	1,41	1,34	1,63
		C ₂	0,31			1,50		
	В ₂	C ₁	0,22	0,26	1,12	1,50		
		C ₂	0,23		1,33			
Зернотравяной с кострцом	В ₁	C ₁	0,25	0,25		1,51	1,57	
		C ₂	0,31			1,60		
	В ₂	C ₁	0,21	1,49				
		C ₂	0,22	1,67				
Зернотравяной с люцерной	В ₁	C ₁	0,30	0,32	1,79	1,74		
		C ₂	0,35		1,93			
	В ₂	C ₁	0,28	1,53				
		C ₂	0,33	1,72				
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	C ₁	0,24	0,29	1,57	1,61		
		C ₂	0,35		1,70			
	В ₂	C ₁	0,28	1,53				
		C ₂	0,28	1,64				
По фактору С		C₁	0,26			1,49		
		C₂	0,30			1,64		
НСР₀₅			0,06/0,02	0,03	0,02	0,11/0,04	0,06	0,04

Пероксидаза осуществляет окисление органических веществ почвы (фенолов, аминов, некоторых гетероциклических соединений) за счет перекиси водорода и других органических перекисей, образующихся в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Так, в зерновом звене активность составила 1,35 мл 0,01 Н J_2 в 1 г почвы за 2 минуты, против 1,19-1,29 мл в зернотравяных звеньях. Комбинированная обработка почвы имела преимущество по активности данного фермента, а фоны удобрений оказывали равноценное влияние на активность пероксидазы с тенденцией увеличения по первому фону удобрений. Так, достоверное повышение активности пероксидазы по комбинированной обработке почвы было отмечено в отдельных звеньях севооборотов: люцерна - яровая пшеница и кострец - яровая пшеница.

Д.И. Никитин (1975) считает, что в разложении гумуса большая роль принадлежит пероксидазе и каталазе. Многие ученые отмечают высокую положительную корреляционную связь разложения гумуса с пероксидазной активностью и почти функциональную отрицательную связь с активностью полифенолоксидазы (Чундерова А.И., 1976; Дульгеров А.Н., 1981). Противоположная направленность функций пероксидазы и полифенолоксидазы дали возможность А.И. Чундеровой (1976) предложить понятие «коэффициент накопления гумуса», величина которого определяется отношением полифенолоксидазной активности к пероксидазной.

В почве под яровой пшеницей после многолетних трав повышалась активность полифенолоксидазы, а активность пероксидазы снижалась, что приводило к увеличению условного коэффициента накопления гумуса (рис. 12).

Наибольшие значения коэффициента были получены в зернотравяных звеньях с люцерной и травосмеси, где он составил 1,35 ед., в звене с кострцом 1,27 и зерновом – 1,15 ед. Применение более высоких доз минеральных удобрений (под яровую пшеницу - $N_{60}P_{45}K_{45}$) способствовало усилению активности полифенолоксидазы и снижению активности пероксидазы и, соответственно, увеличению коэффициента гумусонакопления. Сравнительная

оценка способов обработки почвы показала их равноценное влияние на условный коэффициент гумусообразования.

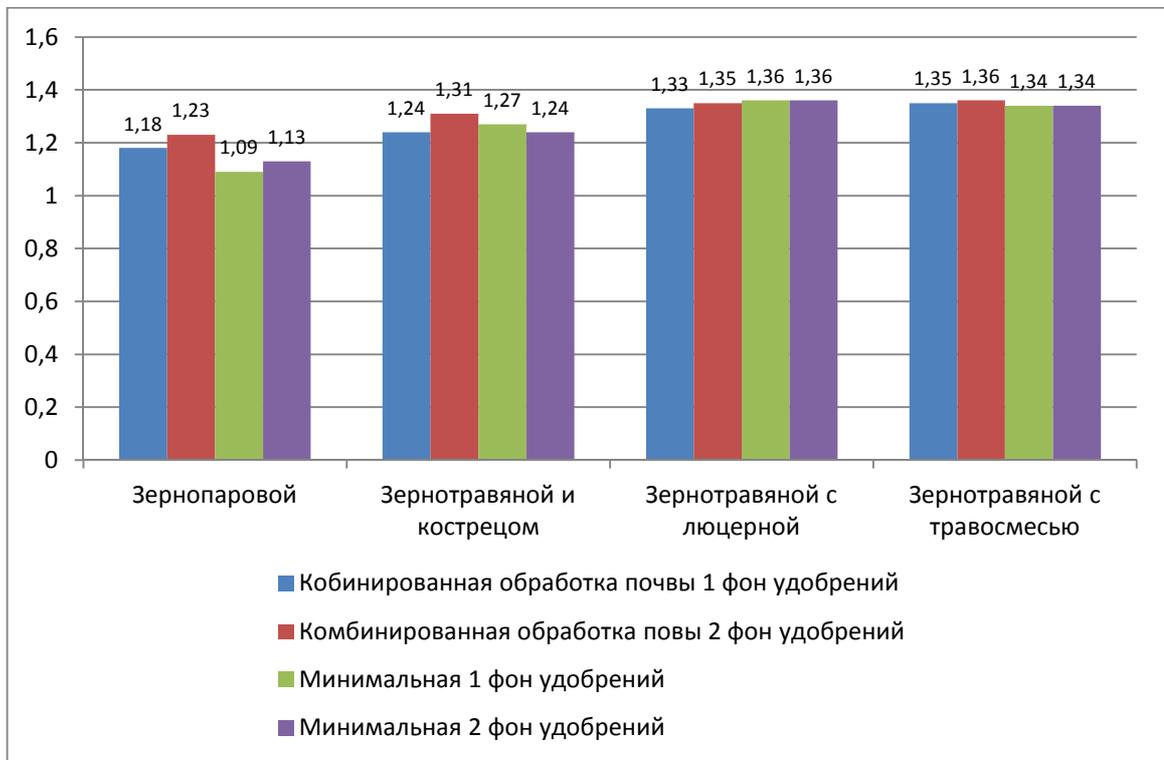


Рис. 12 - Условный коэффициент накопления гумуса в почве при различных системах обработки почвы и удобрения в севооборотах (среднее за 2 года).

Следовательно, в зернотравяных севооборотах, особенно с люцерной и травосмесью, процесс гумификации протекает более интенсивно. По-видимому, это связано с тем, что в растительных остатках травосмеси содержится больше различных фенольных соединений и с тем, что корни растений выделяют вещества органической и минеральной природы.

Увеличение интенсивности окислительных процессов в черноземе под воздействием многолетних трав, особенно бобовых, происходило как за счет улучшения качественного состава органического вещества растительных остатков (узкое соотношение C:N) и усиления микробиологической активности почвы, так и за счет улучшения агрофизических свойств обрабатываемого слоя под воздействием их корневой системы.

Известно, что инвертаза участвует в биохимических превращениях сложных углеводов и олигосахаридов, которые содержатся в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях в значительном количестве (Купревич В.Ф., 1966). В зернотравяных звеньях усиливалась активность инвертазы и составила в звеньях с люцерной и ее смеси с кострцом 10,16-10,81 мг глюкозы на 1 г почвы за 40 часов, что достоверно больше, чем в звене с кострцом и зерновом звене зернопарового севооборота.

Меньше всего была подвержена изменениям активность уреазы, которая находилась в пределах от 0,25 до 0,32 мг (N-NH₄) на 1 г почвы за 4 часа, с достоверной прибавкой звена с люцерной. Повышение уреазной активности объясняется поступлением биомассы богатой азотом и с узким соотношением C:N.

Что касается фосфатазы, то данный фермент гидролиза фосфорорганических соединений с образованием ортофосфатов, имел более высокую активность после люцерны, это, несомненно, связано с тем, что люцерна больше выделяет фосфорной кислоты, которая дает органические компоненты, последние в свою очередь являются хорошим субстратом для фермента фосфатазы.

В целом можно отметить, что системы удобрения с соломой обеспечивали повышение ферментативной активности почвы. Общая биологическая активность почвы была выше на втором повышенном фоне удобрений – солома + N₆₀P₄₅K₄₅ за счет большего накопления органического вещества за ротацию по сравнению с фоном солома + N₃₀P₃₀K₃₀, по таким ферментам как каталаза, полифенолоксилаза, инвертаза, уреазы и фосфатаза.

Выбор предшественника позволяет более полно использовать экологические ресурсы: свет, тепло, влагу, естественное плодородие. Правильное размещение, оптимальное чередование, эффективная система основной обработки почвы в севообороте и действенная система удобрения являются основой высокопродуктивного функционирования агроценозов (Морозов В.И., 2007; Лошаков В.Г., 2012).

Предшественники, севообороты и другие агротехнические приемы оказывают влияние на микробиологическую активность почв, которая определяется рядом методик, среди которых доступным является целлюлозоразлагающая активность почвы. Целлюлоза является одним из главных компонентов растительных остатков. Она играет большую роль в почвенных процессах и формировании ее свойств. По этому показателю можно судить о наличии в ней минерального азота, а также об одной из главных функций микробного сообщества – разложение органического вещества почвы (Берестецкий О.А. и др. 1984; Лыков А.М. др. 2004; Мельник, А.Ф. 2017). Нами был использован аппликационный метод определения интенсивности разложения целлюлозы.

По сообщению О.А. Берестецкого (1984), установление закономерностей влияния культурных растений на биологическую активность почвы открывает возможность управлять воспроизводством плодородия почвы и повышать продуктивность севооборотов.

В наших опытах на микробиологическую активность почвы большое влияние оказывали такие факторы, как влагообеспеченность, поступление массы органического вещества, его качество и физическое состояние почвы.

Целлюлозоразлагающая активность почвы после многолетних трав и яровой пшеницы сильно различалась. В период первой ротации севооборотов наибольшее разложение льняной ткани отмечалось после бобовых предшественников: после люцерны 39,8-48,6 %, после эспарцета – 39,8-48,6%, тогда как в почве после костреца 27,6-36,3 % и в повторных посевах яровой пшеницы 32,5-41,6% (таблица 33).

Фон удобрения с внесением соломы имел тенденцию к усилению целлюлозоразлагающей активности почвы, особенно на комбинированной в севообороте обработке почвы. При внесении соломы в почву в ней происходят процессы, приводящие к морфологическим и химическим изменениям исходного органического материала. Осуществляют эти процессы почвенные микроорганизмы, использующие органическое вещество в качестве источни-

ка пищи и энергии. К подобным выводам пришли и ряд других исследователей, которые отмечают увеличение целлюлозоралагающей активности в вариантах с применением соломы, что приводит к повышению содержания доступных форм элементов минерального питания (Влияние последствий..., 2008; Новиков Н.М., 2016).

Приемы основной обработки так же оказали влияние на микробиологическую активность почвы. Комбинированная в севообороте система основной обработки почвы в сравнении с минимальной способствовала увеличению интенсивности разложения льняного полотна. Так, в зернопаровом севообороте прибавка составила 4,6 % (абсолютная величина), а в зернотравяных - 4,9-6,7 %.

Отмечалось снижение интенсивности разложения целлюлозы при поверхностной обработке по сравнению с более глубокой основной обработкой почвы, что можно объяснить уменьшением степени аэробности почвы, а микрофлора, осуществляющая разложение целлюлозы, представлена в основном аэробными формами это плесневые грибы и целлюлозоразлагающие бактерии. Этим объясняется и тот факт, что фон удобрения с внесением соломы имел преимущество по интенсивности разложения растительных остатков в сравнении с внесением только навоза и сидерата.

В период второй ротации севооборотов наблюдалась аналогичная закономерность. Более высокая микробиологическая активность почвы отмечалась после люцерны и ее смеси с кострцом, где льняное полотно разложилось на 36,7-44,8 % и 32,5-44,1 % соответственно (таблица 34).

Более интенсивно процессы разложения целлюлозы протекали по комбинированной в севообороте обработке почвы и на повышенном фоне удобрения - солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Нами установлены связи между разложением льняного полотна и ферментативной активностью почвы, которые представлены в таблице 35.

Таблица 33 - Разложение льняной ткани в почве замыкающего поля севооборотов - яровой пшеницы за 2006-2008 гг.

(экспозиция 60 дней), %

Предшественник Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	2006 год	2007 год	2008 год	В среднем за 2006- 2008 гг.	По фак- тору В	По фак- тору А
Яровая пшеница	В ₁	Н+NPK	50,8	28,9	27,5	35,7	38,7	36,4
		С+NPK	51,8	42,4	30,5	41,6		
	В ₂	Н+NPK	48,7	23,8	24,9	32,5	34,1	
		С+NPK	48,8	33,1	24,9	35,6		
Кострец	В ₁	Н+NPK	40,3	27,9	28,1	32,1	34,2	31,7
		С+NPK	40,5	32,2	36,2	36,3		
	В ₂	Н+NPK	36,4	24,0	22,5	27,6	29,3	
		С+NPK	37,0	27,1	28,6	30,9		
Люцерна	В ₁	Н+NPK	59,0	45,1	32,2	45,4	47,0	43,8
		С+NPK	59,0	49,1	37,7	48,6		
	В ₂	Н+NPK	54,7	36,8	28,0	39,8	40,6	
		С+NPK	54,4	39,3	30,4	41,4		
Эспарцет	В ₁	Сд+NPK	58,0	45,0	38,7	47,2	48,0	44,6
		Сд+С+NPK	58,1	48,5	39,8	48,8		
	В ₂	Сд+NPK	54,5	34,2	27,5	38,7	41,3	
		Сд+С+NPK	53,7	38,6	39,0	43,8		
		НСП ₀₅	10,6	7,1	8,2			
		НСП ₀₅ А	5,3	3,5	4,1			
		НСП ₀₅ В и С	3,8	2,5	2,9			

Таблица 34 - Разложение льняной ткани в почве замыкающего поля севооборотов - яровой пшеницы за 2012-2015 гг.

(экспозиция 60 дней) %

Предшественник Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	2012 год	2013 год	2014 год	2015 год	В среднем за 2012- 2015 гг.	По фак- тору В	По фак- тору А
Яровая пшеница	В ₁	С+NPK I	35,0	38,3	38,5	27,0	34,7	38,6	36,8
		С+NPK II	48,4	41,1	51,5	28,8	42,5		
	В ₂	С+NPK I	31,4	36,3	35,0	24,5	31,8	35,0	
		С+NPK II	43,0	36,3	47,3	25,9	38,1		
Кострец	В ₁	С+NPK I	28,6	28,8	32,1	13,1	25,7	30,4	28,1
		С+NPK II	42,0	38,6	43,6	16,0	35,1		
	В ₂	С+NPK I	23,6	23,6	30,6	12,3	22,5	25,9	
		С+NPK II	36,5	29,9	36,3	14,6	29,3		
Люцерна	В ₁	С+NPK I	51,2	41,4	52,3	23,3	42,1	43,4	41,0
		С+NPK II	54,7	44,3	54,1	25,9	44,8		
	В ₂	С+NPK I	38,5	39,9	46,3	22,0	36,7	38,5	
		С+NPK II	44,7	42,6	49,0	25,2	40,4		
Люцерна + ко- стрец	В ₁	С+NPK I	50,9	39,5	42,2	25,3	39,5	41,8	38,6
		С+NPK II	53,9	42,7	53,7	26,0	44,1		
	В ₂	С+NPK I	36,6	33,9	36,1	23,5	32,5	35,3	
		С+NPK II	42,4	37,8	47,4	25,0	38,2		
НСР ₀₅		НСР ₀₅	10,5	11,2	11,6	7,9			
		НСР ₀₅ А	5,3	5,6	5,8	4,0			
		НСР ₀₅ В и С	3,7	4,0	4,1	2,8			

Выявлена сильная прямая зависимость между интенсивностью разложения льняного полотна в почве и активностью ферментов каталазы ($r=0,87$), полифенолоксидазы ($r=0,86$) и уреазы ($r=0,91$). Целлюлозоразлагающая и пероксидазная активность имели сильную обратную связь ($r= -0,94$).

Таким образом, микробиологическая активность чернозема напрямую зависит от растительности и условий, создаваемых в агроэкосистемах. Значительное влияние на активность микроорганизмов в почве оказывали ее агрофизические свойства. Более высокая активность микрофлоры почвы наблюдалась в звене с люцерной, эспарцетом и смеси люцерны + костреч, где поступало большее количество органического вещества богатого азотом, которое является источником энергии для развития микроорганизмов.

Таблица 35 –Связи между интенсивностью разложения льняного полотна ($y, \%$) и активностью соответствующих ферментов в почве (x)

Активность ферментов (единицы измерения указаны в табл. 30-32)	r	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Каталазы	0,87	сильная, прямая	$y = 17,229x + 4,9967$
Полифенолоксидазы	0,86	сильная, прямая	$y = 11,577x + 14,365$
Пероксидазы	-0,94	сильная, обратная	$y = -0,0146x + 1,3838$
Инвертазы	0,01	слабая, прямая	$y = 0,1958x + 30,984$
Уреазы	0,91	сильная, прямая	$y = 46,198x + 20,137$
Фосфатазы	0,22	слабая, прямая	$y = 0,0124x + 0,6678$

Таким образом, результаты исследований по энзимальной активности можно использовать в качестве основных диагностических показателей для изучения интенсивности биохимических процессов происходящих в почвенном покрове.

Немаловажное значение в повышении эффективности использования органического вещества растительных остатков играют способы и глубина основной обработки почвы, так как они определяют его накопление в обрабатываемом слое, а также интенсивность и направленность микробиологиче-

ских процессов синтеза и минерализации органического вещества. Исследования показали, что комбинированная обработка почвы увеличивала ферментативную активность почвы всех изучаемых ферментов, что обусловлено более высоким количеством поступающего органического вещества, особенно многолетних трав, которые реагируя на глубину обработки, формировали большую биомассу по отмеченному варианту. К тому же по комбинированной обработке почвы агрофизические показатели были более благоприятными для развития микроорганизмов.

Результаты наших исследований показывают, что в почве после многолетних бобовых трав в сравнении с яровой пшеницей биологическая активность выше, а также интенсивность превращения соединений азота, углеводов фосфорорганического вещества самой почвы. Введение в севооборот многолетних бобовых трав способствовало увеличению поступления в почву органического вещества с более узким соотношением C:N, благоприятно влияющим на повышение ферментативной активности, в частности каталазы, полифенолоксидазы, инвертазы, уреазы и фосфатазы, что, в конечном счете, сказывается на показателях плодородия и продуктивности последующих культур. Лошаков В.Г. (2015) считает, что высокая биологическую активность почвы имеет фитосанитарное и экологическое значение, так как органическое вещество увеличивает численность сапрофитной почвенной микрофлоры, которая является активным антагонистом почвенных грибов - возбудителей болезней культурных растений. Данное утверждение подтверждается нашими исследованиями, результаты которых приведены в разделе 5.4.

Нами выявлено, что активность целлюлозоразлагающей активности почвы (интенсивность разложения льняного полотна) имеет прямую сильную связь с активностью каталазы, полифенолоксидазы и уреазы и обратную сильную с активностью пероксидазы.

4.4 Продуктивность симбиотической азотфиксации бобовых культур

Потребность сельскохозяйственных культур в азоте за счет минеральных удобрений полностью не удовлетворяется, и основная масса урожая формируется за счет минерализации гумуса, что сопровождается деградацией почвенного плодородия. Азот минеральных удобрений характеризуется высокой энергоемкостью и если учесть, что в ближайшее время возрастет объем применения туков, то это приведет к увеличению затрат на производство продукции растениеводства, к повышению концентрации нитратов и нитритов, загрязнению почвы, водоисточников и продуктов растениеводства.

Проведенные нами исследования показывают, что содержание азота в биомассе зерновых бобовых культур снижается в ряду: семена – пожнивно-корневые остатки – солома. Бобовые растения накапливали больше азота благодаря бобово-ризобиальному симбиозу в сравнении с небобовой культурой - яровой пшеницей. Семена бобовых культур отличались более высоким содержанием азота: от 3,53 (горох, Таловец 70) до 5,97 % (люпин белый), в пожнивно-корневых остатках от 1,61 (горох, Таловец 70) до 1,97 % (вика), в соломе от 1,28 % (горох, Таловец 70) до 1,49% (вика).

Важное теоретическое и практическое значение представляют сведения о том, из каких источников азот поступает в растения, какова их доля участия в питании растений, а также количественная оценка вовлечения данного элемента в биологический круговорот. Средообразующую функцию зерновых бобовых агрофитоценозов связывают с возрастанием доли симбиотического азота в биологизации севооборотов и укреплении азотного фонда почвы как альтернативу энергоемкому азоту туков.

Установленные особенности в формировании и функционировании симбиотического аппарата гороха и вики определили заметную разницу в количестве фиксируемого ими азота воздуха. Расчеты симбиотически фиксиру-

ванного азота были проведены методом сравнения с небобовой культурой – яровой пшеницей.

По разным данным доля фиксированного горохом азота атмосферы доходит до 70 % от общего накопления азота, а в абсолютном выражении до 150 кг/га. По данным Н.В. Парахина и С.Н. Петровой (2006), доля симбиотического азота в формировании урожая гороха оставляет 35-40 %, а в абсолютном выражении 80-110 кг/га. В книге П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова (1983) при урожае зерна гороха 1,5-1,7 т/га доля симбиотического азота составляла 50-60 кг/га, при урожае 35 ц/га – 140, а при урожае 50 ц/га – до 180 кг/га.

По утверждению Посыпанова Г.С. (1991), люпин обладает высокой азотфиксирующей способностью и при нормальном развитии фиксирует в среднем 160-180 кг/га атмосферного азота, а при инокуляции семян эффективными штаммами клубеньковых бактерий и благоприятных почвенно-климатических условиях – до 400 кг/га.

В период 2005-2008 гг. (первая ротация) накопление азота в фитомассе гороха изменялась от 108 до 135 кг/га (таблица 36). Наибольшую продуктивность симбиотической фиксации азота в посевах гороха, обеспечила комбинированная в севообороте обработка почвы. В среднем за годы исследований она составила от 44-50 кг/га или 35-38 % (комбинированная обработка и $P_{20}K_{20}$) до 51 кг/га или 38 % от общего накопления азота культурой (комбинированная обработка и $P_{20}K_{20}$ + солома).

Что касается вариантов с минимальной обработкой почвы, то накопление биологического азота находилось в пределах от 31 кг/га или 29 % до 39 кг/га или 34 % соответственно фонам удобрений. При этом внесение измельченной соломы яровой пшеницы как по комбинированной обработке, так и по минимизированной во все годы исследований повышало азотфиксирующую активность гороха по сравнению с минеральным фоном.

Таблица 36 – Урожайность и продуктивность симбиотической фиксации азота зерновых бобовых культур в зависимости от обработки почвы и удобрений в севооборотах (в период первой ротации, 2005 – 2008 гг.)

Культура	Обработка почвы	Удобрения	Основная продукция		Солома, масса на сидерат		ПКО		Накопление N, кг/га	Усвоено азота из воздуха	
			т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га		кг/га	%
Горох (1 севооборот, 4 поле)	В ₁	C ₁	2,19	71	3,40	37	1,66	23	131	50	38
		C ₂	2,19	71	3,40	39	1,66	25	135	51	38
	В ₂	C ₁	1,86	59	3,00	33	1,37	19	111	34	31
		C ₂	1,88	59	3,02	33	1,39	21	113	38	34
Горох (2 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	2,15	66	3,36	37	1,62	22	125	44	35
		C ₂	2,23	71	3,45	39	1,69	25	135	51	38
	В ₂	C ₁	1,86	56	3,00	33	1,37	19	108	31	29
		C ₂	1,91	59	3,06	34	1,42	21	114	39	34
Вика (3 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	1,69	59	2,79	35	1,22	18	112	31	28
		C ₂	1,72	62	2,83	35	1,25	21	118	34	29
	В ₂	C ₁	1,45	51	2,49	32	1,02	16	99	22	22
		C ₂	1,48	53	2,53	32	1,04	17	102	27	26
Вико - овсяная смесь (4 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	-	-	4,49	100	2,33	22	122	21	17
		C ₂	-	-	4,76	110	2,43	25	135	26	19
	В ₂	C ₁	-	-	3,81	86	2,11	20	106	15	14
		C ₂	-	-	4,12	95	2,21	22	117	21	18

Фактор В: В₁ - дискование БДМ 4х4 на 10-12 см + СибИМЭ на 20-22 см; В₂ - дискование БДМ-4х4 на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см

Фактор С: С₁ - P₂₀K₂₀; С₂ - солома + P₂₀K₂₀ (указаны под бобовые культуры):

Продуктивность симбиотической фиксации азота и его участие в формировании урожайности вики изменялась от 22 кг/га или на 22 % (минимизированная обработка + $P_{20}K_{20}$) до 34 кг/га или на 29 % (комбинированная обработка и $P_{20}K_{20}$ + солома) в среднем за 2005-2008 гг.

Количество симбиотически фиксированного азота, различаясь по вариантам опыта, определяет разную степень его участия в общем потреблении этого элемента растениями вики.

Наибольшее участие симбиотически усвоенного азота в формировании урожая вики отмечалось по комбинированной обработке почвы на фоне органоминеральной системы удобрений $P_{20}K_{20}$ + солома и составила соответственно 34 кг/га. Следовательно, внесение $P_{20}K_{20}$ + солома при комбинированной обработке почвы увеличивало эффективность азотфиксации вики на 8-9 кг/га по сравнению с минимальной обработкой почвы.

Азотфиксирующая активность вики в смеси с овсом повышалась при внесении под культуру $P_{20}K_{20}$ + солома на 3 кг/га (10 %) по комбинированной обработке и на 5 кг/га (23 %) по минимизированной по отношению к вариантам с внесением $P_{20}K_{20}$. Необходимо отметить положительное действие комбинированной в севообороте обработки почвы и органоминеральной системы удобрений с участием соломы на азотфиксирующую активность вики в смеси с овсом, которое наблюдалось во все годы исследований.

В период второй ротации, при изучении другого набора культур и систем удобрения, тенденции, отмеченные в первой ротации севооборотов, сохранились. В частности, продуктивность азотфиксации гороха и других бобовых культур по комбинированной обработке почвы была выше (таблица 37).

Продуктивность симбиотической фиксации атмосферного азота горохом (первый севооборот) при обработке почвы посредством дискования на 10-12 см с последующим рыхлением плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см, составила 58 кг или (46 % от общего накопления) по первому фону (солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$) и 70 кг/га (54 %) по второму фону удобрений (солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$).

Таблица 37 – Урожайность и продуктивность симбиотической фиксации азота зерновых бобовых культур в севооборотах в зависимости от обработки почвы и удобрений в севооборотах (в период второй ротации, 2012 – 2015 гг.)

Культура	Обработка почвы	Удобрения	Основная продукция		Солома		ПКО		Накопление N, кг/га*	Усвоено азота из воздуха	
			т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га		кг/га	%
Горох (1 севооборот, 4 поле)	В ₁	C ₁	2,35	78	3,60	40	1,80	25	133	58	44
		C ₂	2,50	86	3,79	43	1,93	29	138	70	51
	В ₂	C ₁	2,23	74	3,45	38	1,69	24	126	54	43
		C ₂	2,33	78	3,58	39	1,78	27	124	58	47
Горох (2 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	2,20	72	3,42	38	1,67	23	123	48	39
		C ₂	2,39	82	3,65	41	1,83	27	130	62	48
	В ₂	C ₁	1,94	62	3,10	34	1,44	20	106	34	32
		C ₂	2,13	70	3,33	37	1,61	24	111	45	41
Люпин (3 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	2,13	107	2,96	37	1,62	24	158	83	53
		C ₂	2,30	118	3,17	40	1,73	29	167	99	59
	В ₂	C ₁	1,99	97	2,78	36	1,53	24	147	75	51
		C ₂	2,12	106	2,94	37	1,61	27	150	84	56
Горох + люпин (4 севооборот, 1 поле)	В ₁	C ₁	2,22	86	3,44	41	1,69	24	141	66	47
		C ₂	2,40	98	3,66	44	1,84	29	151	83	55
	В ₂	C ₁	2,06	79	3,24	39	1,55	23	131	59	45
		C ₂	2,22	87	3,44	41	1,69	27	135	69	51

Фактор В: В₁ - дискование БДМ 4х4 на 10-12 см + СиБИМЭ на 20-22 см; В₂ - дискование БДМ-4х4 на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см

Фактор С: С₁-солома + N10P20K20; С₂- солома + N20P30K30 (указаны под бобовые культуры):

*- за вычетом азота минеральных удобрений.

При применении схемы: дискование на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см. Количество фиксированного азота сократилось до 54-58 кг или 43-47 % соответственно по первому и второму фонам удобрений.

Аналогичная картина складывалась в посевах гороха второго севооборота (зернотравяного с кострцом).

Наибольшей продуктивностью симбиотической азотфиксации из изучаемых бобовых культур отличался люпин белый – от 75 кг/га (51%) по минимальной обработке почвы в севообороте и первому фону до 99 кг/га (59 %) по комбинированной обработке почвы и второму фону удобрений.

Отмечена высокая продуктивность симбиотической фиксации азота из воздуха смешанных посевов гороха и люпина – от 59 до 83 кг/га или от 45 до 55 % от общего накопления с преимуществом отмеченных вариантов.

Преимущество комбинированной обработки почвы в севообороте, которая проводилась по схеме дискование на 10-12 см с последующим рыхлением плугами на 20-22 см создавала лучшие условия для развития бобово-ризобиального симбиоза, что сказалось на накоплении азота в биомассе и продуктивности азотфиксации. Аналогичные данные получены и другими исследователями (Куликова, Антонов, 2007; Рахимова Ю.М. и др., 2014).

Что касается оценки систем удобрений в севооборотах, то доля биологического азота от общего содержания этого элемента в фитомассе возрастала на варианте с применением соломы предшественника (рис. 13).

Усиление бобово-ризобиального симбиоза и повышение продуктивности азотфиксации на фоне с внесением соломы объясняется, прежде всего, тем, что при внесении органики улучшается структура почвы, снижается плотность сложения почвы (описано в разделе 4.1.), повышается пористость аэрации, что является обязательным условием успешного образования симбиотического аппарата.

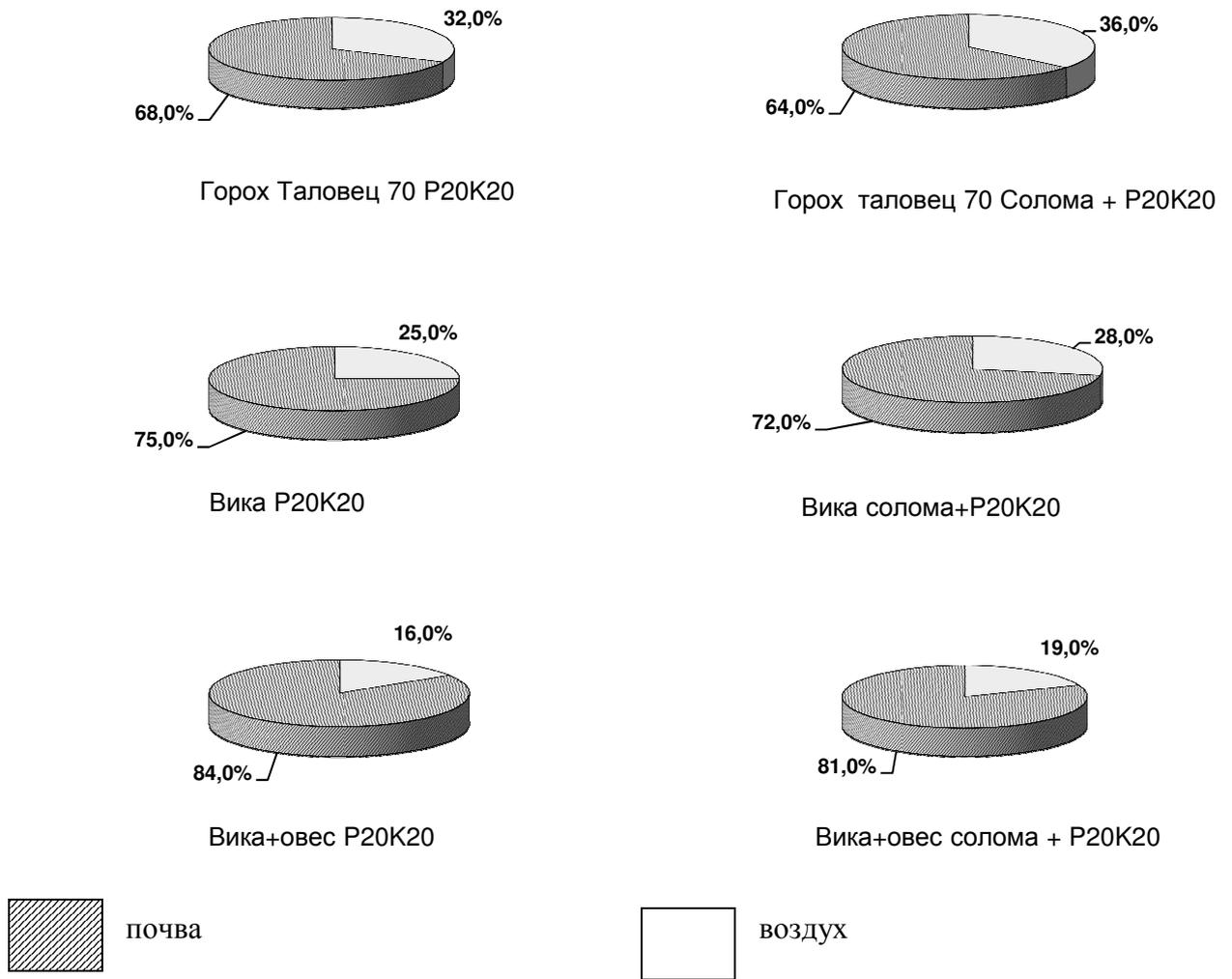


Рисунок 13 - Участие источников азота в питании растений зерновых бобовых культур в зависимости от удобрений в среднем за 2005-2008 гг.

Оценка систем удобрений с участием соломы на планируемую урожайность бобовых показала, что более высокие дозы минеральных удобрений (солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$) повышали продуктивность азотфиксации по сравнению с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$ (рис.14).

Растительные остатки сельскохозяйственных культур, в том числе солома, поступающие в почву, служат важнейшим энергетическим и пищевым ресурсом для агрономически полезной почвенной биоты, в том числе дождевых червей и микроорганизмов (Гурьев Г.П., 1980; Куликова А.Х., 2016; Хамова О.Ф., 2016; Шевченко Д, 2014). По-видимому, это следствие усиления

целлюлозолитических процессов, в результате которых в почве накапливаются продукты деструкции целлюлозы – низкомолекулярные углеводы, которые являются наиболее выгодным в энергетическом плане субстратом для азотобактера.

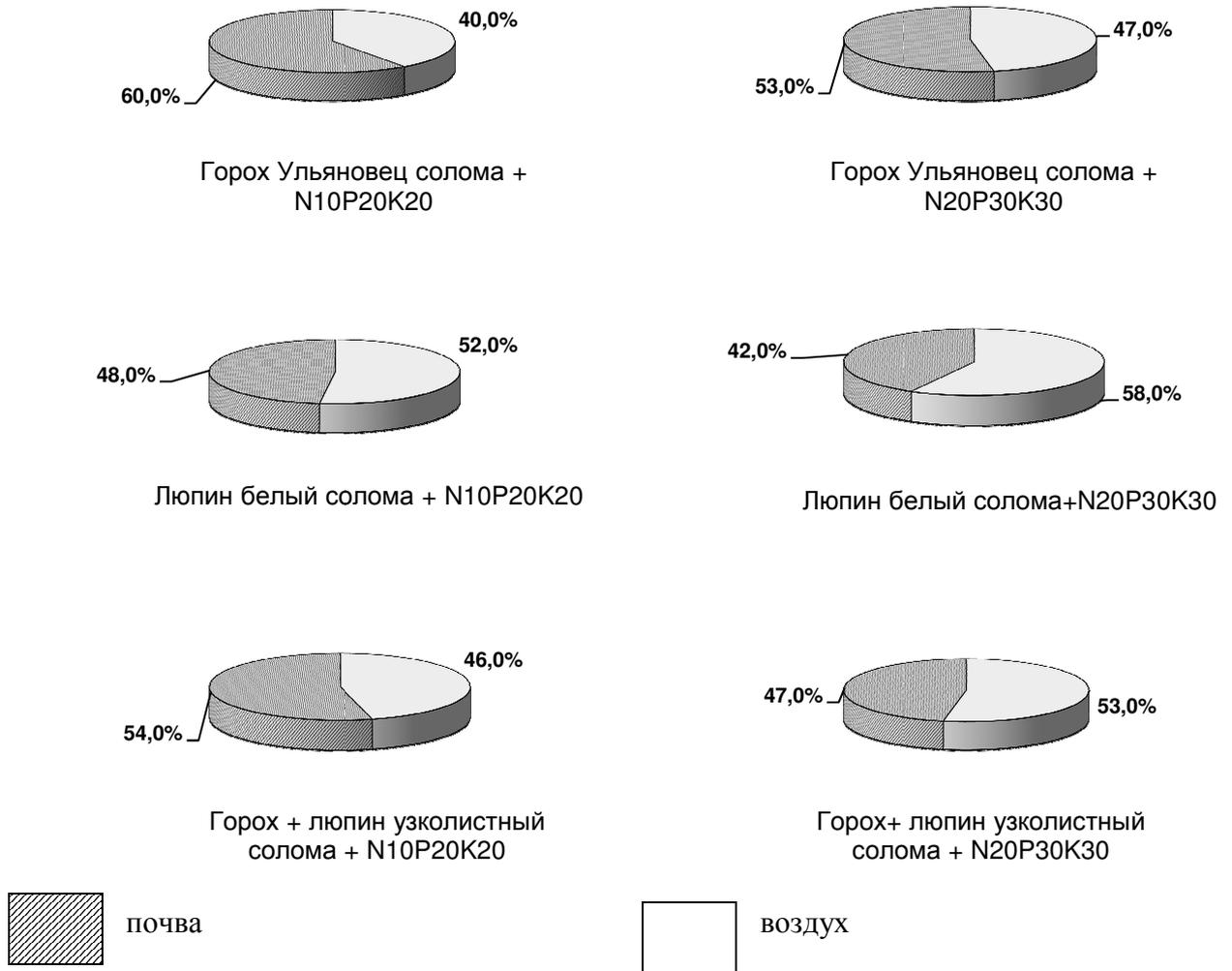


Рисунок 14 - Участие источников азота в питании растений зерновых бобовых культур в зависимости от удобрений в среднем за 2012-2015 гг.

Учитывая, что зерновые бобовые культуры накапливают большее количество азота, в сравнении с небобовыми культурами, следует полагать, что продуктивность симбиотической азотфиксации определяет накопление биомассы и ее урожайность. В результате многолетних исследований нами установлена связь между урожайностью зерновых бобовых культур (гороха, ви-

ки, смеси вики с овсом, люпина белого и смеси гороха и люпина узколистного) и продуктивностью симбиотической азотфиксации, которая характеризуется уравнениями регрессии, представленными в таблице 38.

Накопление азота в биомассе многолетних бобовых фитоценозов имело свои особенности. Концентрация азота значительно отличалась по годам исследований жизни трав, видам трав и вариантам опыта.

Анализы показали, что концентрация азота в надземной массе культур больше чем в пожнивно-корневых остатках. Благодаря симбиотической деятельности бобовых трав их фитомасса, как надземная ее часть, так и пожнивно-корневые остатки, содержат больше азота, чем фитомасса костреца.

Надземная масса люцерны в разные годы исследований характеризовалась содержанием азота от 2,78 до 3,21 % на абсолютно сухое вещество, эспарцета от 2,62 до 2,93 %, смеси костреца с люцерной 2,36 - 2,61%, у костреца его содержание составило от 1,33 до 1,91 %. В пожнивно-корневых остатках люцерны концентрация азота варьировала от 1,62 до 2,16 %, эспарцета от 1,68 до 1,82 %, смеси люцерны и костреца – 1,06 - 1,40 % и костреца – 0,40 - 0,70 % на абсолютно сухое вещество.

Размеры накопления азота определяются урожаем фитомассы и содержанием элемента в ней, в связи с этим, несмотря на то, что концентрация в биомассе трав второго года жизни выше, все же накопление данного элемента в растениях третьего года преобладало, что связано с их большей урожайностью.

Биопродуктивность и накопление азота варьировало по вариантам обработки почвы и фонам удобрений. В период 2005-2008 гг. наибольшее накопление азота отмечалось у люцерны. Травостой первого года пользования накапливал от 302-309 кг/га азота по комбинированной обработке почвы (дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см) до 285-284 кг/га по минимальной обработке почвы (дискование на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см). Посевы эспарцета накапливали от 273-282 кг/га до 245-248 кг/га соответственно по вариантам обработки почвы.

Таблица 38 - Связь продуктивности фиксации симбиотического азота зерновых бобовых культур (у, кг/га) с урожайностью семян (х, т/га)

Культура, смесь	Сорта	Годы исследований	Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение Регрессии*
Горох	Таловец 70	2003-2011	R = 0,88	высокая	$y = 38,0 x - 23,6$
	Ульяновец	2003-2011	R = 0,99	высокая	$y = 63,6 x - 90,1$
Вика	Льговская 31/292	2003-2011	R = 0,97	высокая	$y = 33,4 x - 21,0$
Вика + овес	Льговская 31/292 + Скакун	2003-2009	R = 0,60	средняя	$y = 7,43 x + 0,24$
Люпин белый	Гамма	2012-2015	R = 0,94	высокая	$y = 55,6 x - 41,3$
Люпин + горох	Надежда + Ульяновец	2012-2015	R = 0,94	высокая	$y = 53,6 x - 57,9$

*- уравнения рассчитаны с использованием данных по годам и изучаемым вариантам, количество наблюдений 16 (вика, вика+овес, люпин, горох + люпин) и 32 (горох).

Посевы второго года пользования формировали более высокую биомассу, при этом накопление азота возросло до 425-493 кг/га по комбинированной обработке почвы с преимуществом системы удобрения солома + РК, и 386-463 кг/га по минимизированной обработке почвы также с преимуществом фона удобрений с участием соломы. Эспарцет формировал также более высокую урожайность биомассы ко второму году пользования, и накопление азота возросло до 303-335 кг/га и 286-306 кг/га соответственно по способам обработки почвы (таблица 39).

Оценка продуктивности симбиотической фиксации азота проводилась по методу сравнения с небобовой культурой – кострцом безостым. Если предположить, что кострец и бобовые – симбионты при одинаковых условиях агротехники вынесли из почвы одинаковое количество азота, то использование атмосферного азота люцерной второго года жизни на формирование урожая составило 188-217 кг/га, третьего года жизни 286-365 кг/га. Посевы эспарцета второго года жизни из воздуха фиксировали 152-190 кг/га, третьего года жизни 186-207 кг/га. При этом доля атмосферного азота в биомассе люцерны изменялась от 62 до 76 %, эспарцета – 61-67 %.

Сравнительная оценка эффективности систем удобрений с навозом, соломой и сидератом показала, что по влиянию на продуктивность симбиотической азотфиксации на комбинированной обработке почвы проявилось преимущество системы удобрения с соломой, по минимизированной обработке влияние систем удобрений было равноценным. В период второго года пользования преимущество системы удобрения с участием соломы проявилось и на минимизированной обработке почвы.

При минимальной обработке почвы (культивация на глубину 12-14 см) почва была более плотной, что отразилось на микробиологической активности почвы и задержало разложение соломы, в этих условиях симбиотический аппарат люцерны и эспарцета функционировал хуже, чем в условиях более высокой аэрации почвы – на отвальной вспашке (на глубину 20-22 см).

Таблица 39 – Продуктивность симбиотической фиксации азота многолетних бобовых трав в севооборотах (2005 – 2008 гг.) Фактор С: С₁- P₂₀K₂₀; С₂- солома + P₂₀K₂₀; *- за вычетом азота минеральных удобрений.

Культура	Обработка почвы	Удобрения	Надземная биомасса		ПКО		Накопление N, кг/га*	Азота из воздуха	
			т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га		кг/га	%
Второй год жизни									
Кострец	В ₁	C ₁	5,61	102	5,27	30	109	-	-
		C ₂	6,12	104	5,54	31	92	-	-
	В ₂	C ₁	5,16	89	5,03	30	86	-	-
		C ₂	5,56	109	5,25	30	96	-	-
Люцерна	В ₁	C ₁	6,42	209	4,33	93	302	193	64
		C ₂	6,60	219	4,40	90	309	217	70
	В ₂	C ₁	5,99	195	4,17	90	285	195	68
		C ₂	6,11	202	4,21	82	284	188	66
Эспарцет	В ₁	C ₁	6,70	190	4,30	83	273	164	60
		C ₂	7,00	203	4,34	79	282	190	67
	В ₂	C ₁	6,06	164	4,20	81	245	155	63
		C ₂	6,09	171	4,20	77	248	152	61
Третий год жизни									
Кострец	В ₁	C ₁	7,51	102	10,53	43	102	-	-
		C ₂	8,21	127	11,22	44	128	-	-
	В ₂	C ₁	6,45	92	9,49	41	100	-	-
		C ₂	7,15	113	10,18	41	111	-	-
Люцерна	В ₁	C ₁	7,57	276	8,90	149	425	323	76
		C ₂	8,50	308	9,88	185	493	365	74
	В ₂	C ₁	7,21	244	8,52	142	386	286	74
		C ₂	8,04	287	9,39	176	463	352	76
Эспарцет	В ₁	C ₁	6,78	194	6,48	109	303	201	66
		C ₂	7,08	220	6,66	115	335	207	62
	В ₂	C ₁	6,27	182	6,18	104	286	186	65
		C ₂	6,52	197	6,33	109	306	195	64

Ко второму году пользования под средообразующим влиянием многолетних трав условия произрастания относительно выравнивались, и солома, которая накапливалась в течение нескольких лет, разлагаясь более интенсивно, усилила работу симбиотического аппарата.

Системы удобрения в первый год пользования оказывали равноценное влияние на продуктивность симбиотической азотфиксации люцерны и эспарцета, ко второму году отмечалось преимущество варианта с внесением соломы предшествующих культур, что отразилось на абсолютной продуктивности, доля биологического азота по вариантам удобрений находилась на одном уровне (рис. 15).

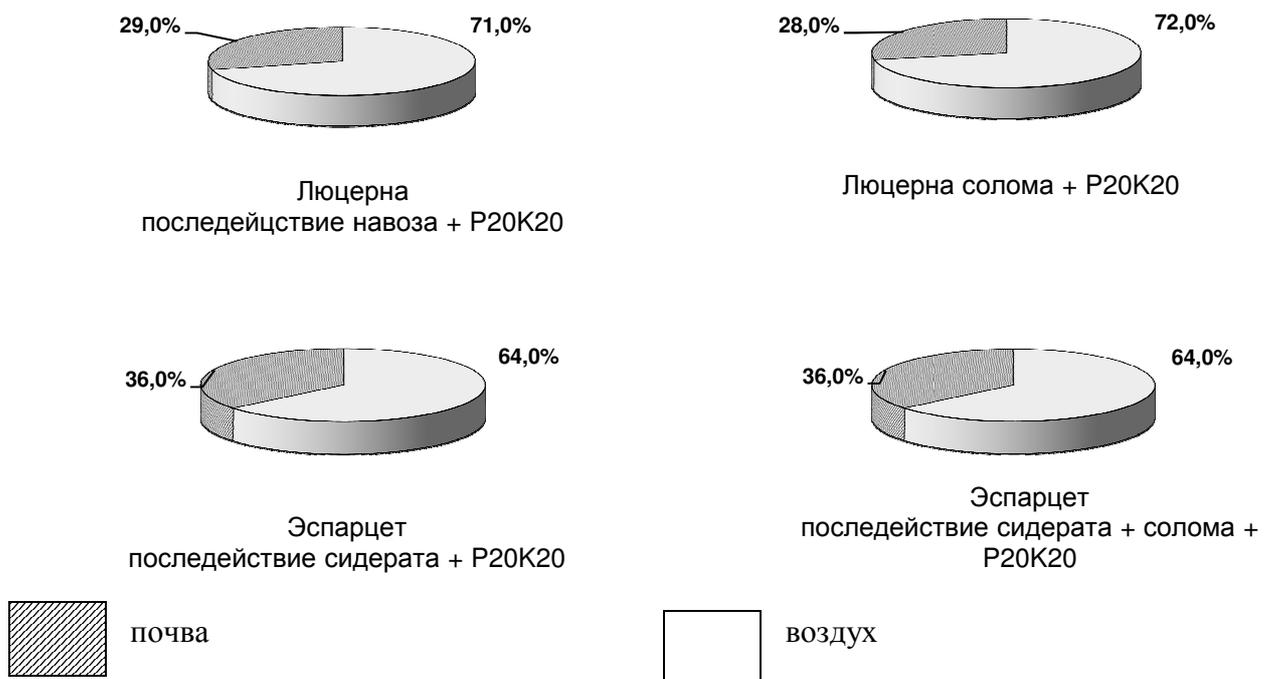


Рисунок 15- Участие источников азота в питании растений люцерны и эспарцета в зависимости от фонов удобрений в среднем по годам пользования (за 2005-2008 гг.)

Во второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) оценка продуктивности симбиотической азотфиксации люцерны и ее смеси с кострцом проводилась также при двух способах обработки почвы и на двух органоминеральных фонах удобрения: солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$ и солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$.

Накопление азота в биомассе многолетних трав первого года пользования значительно варьировало по вариантам опыта и составило у костреца 53-72 кг/га, люцерны – 158-195 кг/га и смеси люцерны + кострец – 143-166 кг/га. Ко второму году пользования накопление азота в фитомассе изучаемых трав значительно возросло, что связано с более мощным развитием и укоренением корневой системы. Так, в фитомассе костреца накапливалось 59-91 кг/га азота, люцерны 215-279 кг/га и смеси люцерны и костреца 199-240 кг/га (таблица 40).

Объём биологического азота люцерны второго года жизни в формировании урожая составил 91-136 кг/га, третьего года жизни 114-179 кг/га, при этом его доля в биомассе люцерны изменялась от 56 до 70 %.

В смеси люцерны и костреца второго года жизни из воздуха фиксировалось до 71-97 кг/га азота, третьего года жизни до 88-130 кг/га, что составляло от 47 до 65 % общего потребления.

Исследованиями в период двух ротаций севооборотов показали, что комбинированная обработка почвы в севообороте создавала лучшие условия для работы симбиотического аппарата бобовых культур, особенно люцерны. Различия в обработке почвы под многолетние травы заключались в обработке почвы под покровную культуру яворовую пшеницу, и проводилась по следующим вариантам 1) дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см 2) дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация на 12-14 см.

Проведенная вспашка на глубину 20-22 см обеспечивала лучшие условия для растений, что отразилось на накоплении азота в биомассе и продуктивности симбиотической азотфиксации. В период первой ротации у люцерны накопление азота в биомассе увеличивалось на 14-25 кг/га соответственно по годам жизни, эспарцета на 24 -14 кг/га. В период второй ротации преимущество отвальной вспашки на 20-22 см в сравнении с мелкой обработкой (культиваций) на 12-14 см составило в посевах люцерны до 16-33 кг/га, а в смеси люцерны и костреца до 9-14 кг/га соответственно по годам пользования.

Таблица 40 – Продуктивность симбиотической фиксации азота многолетних бобовых трав в севооборотах (2012 – 2015 гг.) Фактор С: С₁-солома + N₁₀P₂₀K₂₀; С₂- солома + N₂₀P₃₀K₃₀; *- за вычетом азота минеральных удобрений.

Культура	Обработка почвы	Удобрения	Надземная биомасса		ПКО		Накопление N, кг/га*	Азот из воздуха	
			т/га	N, кг/га	т/га	N, кг/га		кг/га	%
Второй год жизни									
Кострец	В ₁	C ₁	4,36	72	4,61	30	72	-	-
		C ₂	4,74	85	4,81	34	59	-	-
	В ₂	C ₁	4,06	72	4,45	25	67	-	-
		C ₂	4,40	84	4,63	29	53	-	-
Люцерна	В ₁	C ₁	4,41	123	3,55	65	178	106	60
		C ₂	4,79	142	3,7	73	195	136	70
	В ₂	C ₁	4,01	113	3,39	55	158	91	58
		C ₂	4,37	127	3,53	66	173	120	69
Кострец + люцерна	В ₁	C ₃	4,59	108	4,59	60	158	81	51
		C ₄	4,91	119	4,77	67	166	97	58
	В ₂	C ₃	4,20	103	4,38	50	143	71	50
		C ₄	4,46	113	4,52	59	152	89	59
Третий год жизни									
Кострец	В ₁	C ₁	5,05	83	8,12	34	87	-	-
		C ₂	5,44	102	8,5	38	80	-	-
	В ₂	C ₁	4,72	90	7,8	31	91	-	-
		C ₂	5,06	85	8,13	34	59	-	-
Люцерна	В ₁	C ₁	4,72	152	5,91	112	254	167	66
		C ₂	5,02	156	6,22	123	259	179	69
	В ₂	C ₁	4,20	125	5,36	90	205	114	56
		C ₂	4,48	138	5,65	107	225	166	74
Кострец + люцерна	В ₁	C ₁	4,81	123	8,03	95	208	111	53
		C ₂	5,14	134	8,36	106	220	130	59
	В ₂	C ₁	4,54	117	7,75	82	189	88	47
		C ₂	4,77	119	7,99	96	195	126	65

Влияние фонов удобрений на продуктивность симбиотической азотфиксации в период второй ротации севооборотов приведено на рисунке 16. Люцерна фиксировала из воздуха больше азота по варианту удобрений солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$ в сравнение с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$.

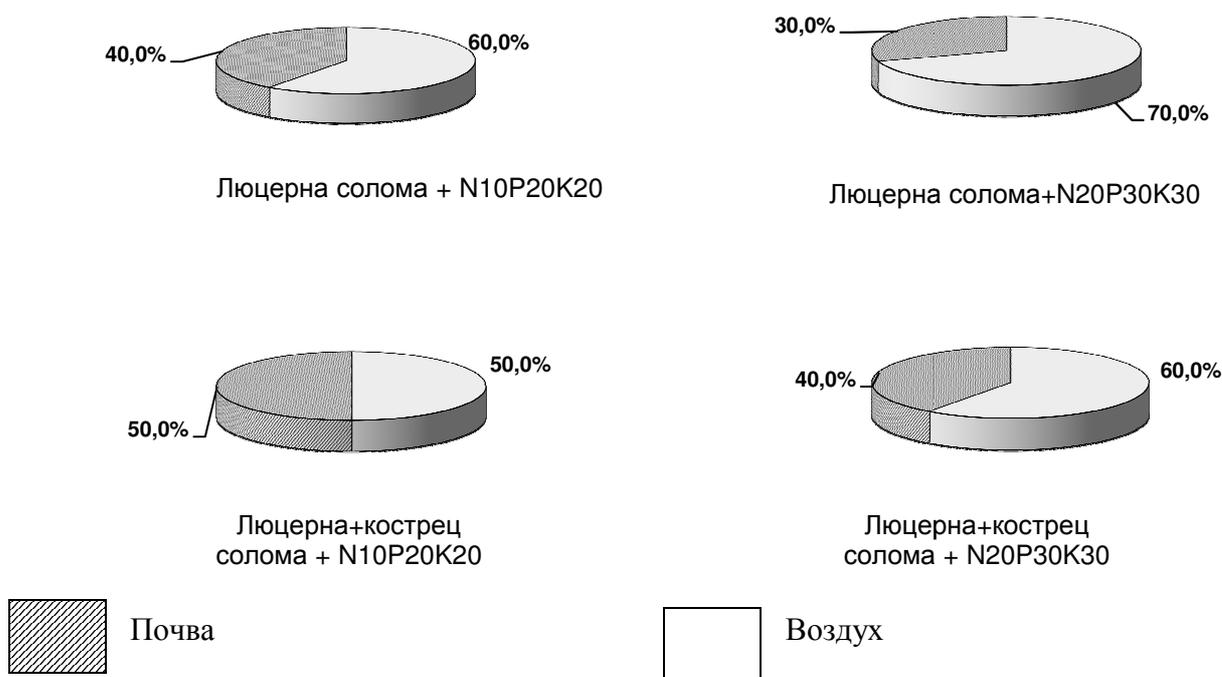


Рисунок 16 - Участие источников азота в питании растений люцерны и ее смеси с кострецом в зависимости от удобрений в среднем по годам пользования (за 2012-2015 гг.)

Более высокая продуктивность симбиотической азотфиксации многолетних бобовых трав в период первой ротации севооборотов объясняется, прежде всего, влагообеспеченностью посевов. Так, в период 2005 - 2008 годы сумма осадков за май-август варьировала от 146,1 до 288,5 мм, при ГТК соответственно от 0,76 до 1,26 ед., 1 год (2008) был отмечен как средnezасушливый (25%). В период 2012-2015 годы сумма осадков изменялась от 118 до 209 мм, при ГТК 0,42 - 1,00 ед., при этом в 75 % лет была отмечена засуха разной интенсивности.

Очевидно, что продуктивность симбиотической азотфиксации и урожайность бобовых фитоценозов взаимозависимы и обуславливают друг дру-

га. Так, по данным многочисленных исследований, продуктивность симбиотической азотфиксации определяется продуктивностью фотосинтеза и связано с накоплением биомассы (Посыпанов Г.С., 1991; Дозоров А.В., Гаранин М.Н., 2013; Кадермас И.Д., 2014). Нами выявлена связь продуктивности фиксации симбиотического азота многолетних бобовых культур с урожайностью сухого вещества (таблица 41).

Таблица 41 - Связь продуктивности фиксации симбиотического азота многолетних бобовых культур (у, кг/га) с урожайностью сухого вещества (х, т/га)

Культура, смесь	Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Люцерна	0,91	высокая	$y = 45,5 x - 67,8$
Эспарцет	0,70	высокая	$y = 40,7 x - 93,9$
Кострец + люцерна	0,85	высокая	$y = 22,1 x - 77,9$

С практической точки зрения использование атмосферного азота за счет бобово-ризобияльного симбиоза имеет огромное значение. В условиях дороговизны энергетических ресурсов и минеральных удобрений, особенно техногенного азота, использование биологического потенциала бобовых многолетних трав с фундаментальной точки зрения очень перспективно. Многолетние бобовые культуры, в том числе и люцерна, и эспарцет, путем симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксируют атмосферный азот, накапливая белковые вещества в урожае и обогащая почву за счет послеуборочных остатков и корневых выделений, позволяя экономить энергетические ресурсы, затрачиваемые на синтез азотных удобрений. Накопление азота биомассой люцерны приравнивается 7,0-9,3 ц аммиачной селитры, а количество азота, остающегося в почве с растительными остатками, эквивалентно 3,5-4,6 ц туков аммиачной селитры. Кроме того, Е.П. Трепачев с соавторами (1982) указывают на то, что после многолетних бобовых трав остающееся в почве

неучтенное органическое вещество в виде корнепада, клубеньков, продуктов экзоосмоса оказывают сильное влияние на урожай последующих культур. Ими отмечено, что неучтенное органическое вещество люцерны (почва без жнивья и корней) по силе своего воздействия на урожай озимой пшеницы, не получившей азотного удобрения, даже несколько превосходило уровень урожая на почве с оставленными пожнивно-корневыми остатками костра безостого и дополнительным внесением N_{60} .

Результаты наших исследований показывают, что в черноземе выщелоченном присутствуют спонтанные, вирулентные штаммы клубеньковых бактерий, которые способны, инфицируя семена гороха, вики и бобовых трав (люцерны и эспарцета), к активной симбиотической жизнедеятельности. Люпин белый и узколиственный требуют инокуляции семян.

Продуктивность азотфиксации гороха в период первой ротации севооборотов оставила 31-51 кг/га, вики – 22-34 кг/га и вики в смеси с овсом 15-26 кг/га. Зернобобовые культуры повышали продуктивность азотфиксации по комбинированной обработке почвы (дискование на 10-12 см + рыхление почвы на глубину 20-22 см) и фона удобрений солома + $P_{20}K_{20}$ по сравнению с минеральным фоном.

В период второй ротации севооборотов продуктивность симбиотической азотфиксации у гороха достигала от 34 до 70 кг/га, смеси люпина узколистного и гороха – 59-83 кг/га, а у люпина белого была наибольшей и составила – 75-99 кг/га. Зернобобовые культуры повышали продуктивность симбиотической азотфиксации по комбинированной обработке почвы и фону удобрений солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$ в сравнение с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$.

Продуктивность азотфиксации люцерны достигала 365 кг/га и эспарцета до 207 кг/га и имела более высокие значения по комбинированной в севообороте обработке почвы. Системы удобрений с навозом и соломой имели равноценное влияние на продуктивность азотфиксации люцерны, фон удобрения - сидерат + солома имел преимущество перед фоном с использованием только сидерата. В период второй ротации комбинированная обработка поч-

вы и повышенный фон удобрений (солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$) повышали продуктивность азотфиксации люцерны и в том числе и в посевах с кострцом.

Таким образом, активность деятельности симбиотического аппарата зерновых бобовых и многолетних бобовых трав повышается по комбинированной в севообороте обработке почвы в сочетании с фоном удобрения солома + НРК.

4.5 Закономерности накопления и объемы биогенных ресурсов плодородия почвы в севооборотах

В современной земледелии биологизация агротехнологий - важнейшее направление гармоничного природопользования, а также выражение экологизации всего агропроизводства (Морозов, В.И., 2007; Кирюшин, В.И., 2011; Жученко, А.А., 2012; Нечаев, Л.А. 2014).

Биогеоценозы и агроценозы имеют отличительную особенность. В первом случае весь энергетический материал в виде органического вещества, созданного в процессе фотосинтеза, сохраняется на месте произрастания растений. Во втором - основная продукция отчуждается, а побочная продукция не учитывается и не находит целевого практического применения в биотическом круговороте вещества и энергии в агроэкосистемах.

Задача состоит в том, чтобы компенсировать биологический круговорот вещества, повысить биогенность почвы, её биологическую активность, исключить явление почвоутомления и фитосанитарной напряженности. Однако в региональных условиях Среднего Поволжья по обозначенной теме проведенных исследований явно недостаточно.

Органическое вещество почвы, консервирующее энергию солнца в химически связанной форме, является по существу единственным источником энергии для развития почвы, формируя ее плодородие.

В нашей стране выявлением роли и проблемой регулирования органического вещества почв занимались известные ученые Г.М. Тумин (1920), И.К. Кузьмин (1926), Д.Н. Прянишников (1934, 1945), И.В. Тюрин (1937).

Большое внимание проблемам органического вещества почвы уделяли американские и канадские ученые Г. Иенни (1948), Л. Томпсон (1982) и другие. Обстоятельные исследования органического вещества почвы проводились во Франции (Гро А., 1966; Barbier G. 1965; Henin S., 1968). Приведенные исследователи отмечали положительную связь между уровнем урожайности полевых культур и содержанием органического вещества в почве.

В современной науке имеется четкое представление, что органическое вещество почвы и процессы его трансформации играют важнейшую роль в формировании почвенного покрова и главного его свойства – плодородия, а его запасы рассматриваются с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы (Тюрин И.В., 1937; Вильямс В.Р., 1939, 1948; Костычев П.А., 1940, 1951; Прянишников Д.Н., 1945; Пошон Ж. и Баржак Г., 1960; Кононова М.М., 1963; Рюзенбан Э., Рауэ К., 1969; Роде А.А., 1971; Ревут И.Б., 1972; Вернадский В.И., 1973; Орлов Д.С., 1974; Кулаковская Т.И., 1984; Тейт Р.Л., 1991; Кирюшин В.И., 1996, 2000; Орлов Д.С. и др. 1996; Лыков М.И. и др., 2004).

Известно, что содержание органического вещества и, соответственно азота, в ценных почвах находится в состоянии относительного динамического равновесия. Распашка почв, разные по интенсивности приемы обработки почвы, типы возделываемых культур, вносимые удобрения и в целом системы земледелия приводят к смещению и мобильности этого равновесия.

Многочисленные научные исследования и практический опыт свидетельствуют, что в условиях современного земледелия содержание и запасы гумуса в пахотных почвах Российской Федерации снижаются (Ковда В.А., 1981; Гумусовое состояние черноземов, 1983; Морозов В.И. и др., 1994; Жуков А.И., 1988; Куликова А.Х., 1997; Лыков А.М. и др., 2004; Лошаков В.Г., 2012, 2015, 2017).

Снижение содержания органического вещества почв связано, прежде всего с тем, что формирование урожая сельскохозяйственных культур в большей степени обеспечивается за счет почвенного плодородия с наруше-

нием объективного закона земледелия – возврата вещества и энергии в почву (Морозов В.И., 2002; Ильина Л.В. и др., 2004; Лыков А.М. и др., 2004; Немцев С.Н., 2005).

Целинные земли в России с 90-х годов прошлого столетия заметно снизили свое плодородие, черноземы потеряли до 25 % гумуса (Максютов Н.А., 2004). По обобщенным данным А.П. Щербакова, И.И. Васенева и В.Т. Лобкова (2001), черноземы ЦЧО за прошедшие 100 лет потеряли около трети общих запасов гумуса. Ежегодные потери гумуса составляют 0,6 - 0,9 т/га или 0,4 - 0,7 % от его запасов.

По данным Ульяновского НИИСХ (Немцев Н.С. и др., 2000), ежегодная минерализация гумуса под зерновыми культурами составляет около 0,7-0,9 т/га, из них восстанавливается около 0,3-0,5 т/га за счет корневых и пожнивных остатков. Потери гумуса при возделывании пропашных культур и на чистых парах достигают 2-2,2 т/га.

В результате усиленной минерализации гумуса уменьшаются запасы органического вещества, истощается плодородие почв, что приводит к нарастанию риска его деградации. Из-за реальной деградации черноземных почв снижаются сборы продукции растениеводства, ухудшается ее качество, возрастает неустойчивость урожайности по годам. Все это вызывает необходимость регулирования режима органического вещества почвы в современных условиях развития земледелия.

Пути компенсации потерь гумуса почвы в условиях деградации почвенного плодородия, в результате проведения большого количества длительных опытов, обоснованы. Ведущая роль в воспроизводстве почвенного плодородия принадлежит органическим и минеральным удобрениям (Александрова Л.И., 1980; Жуков А.А., 1988; Тейт Р., 1991).

В современном понимании в основе воспроизводства плодородия почвы лежат биохимический круговорот органического вещества и составляющие его отдельные процессы и механизмы.

С целью сохранения эрозионноопасных земель необходимо разработать севообороты, чтобы не только зарегулировать сток воды и предотвратить смыв почвы, но и восстановить плодородие – обеспечить приращение содержания органического вещества с минимальными издержками и повысить биогенность почвы. Исходя из этого, имеется настоятельная необходимость вести поиск путей оптимизации режима органического вещества, посредством биологизации севооборотов в конкретных региональных условиях.

Оценивая значимость органического вещества почвы в современном земледелии, его роль для возделываемых растений и в глобальном смысле в целом в биосфере, воспроизводство почвенного плодородия преследует экономические, и прежде всего, экологические задачи.

Научной предпосылкой регулирования режима органического вещества почвы является закон возврата, который является частным случаем фундаментального закона сохранения вещества и энергии.

Основным источником органического вещества почвы, под естественными фитоценозами, являются остатки растений, количество которых зависит от типа растительных формации в ландшафтах.

Наши исследования показали, что масса растительных остатков полевых культур в достаточной степени определяется урожайностью основной продукции и могут быть описаны уравнениями регрессии, приведенными в таблице 42. Анализ данных показывает, что в период первой ротации севооборотов размеры накопления растениями органического вещества, варьировали в широких пределах и определялись культурой, обработкой почвы и удобрениями.

Таблица – 42 - Связь массы пожнивно-корневых остатков (Y, т/га) и соломы (Y', т/га) полевых культур с урожаем основной продукции (X, т/га) из расчета на воздушно-сухое состояние

№ п/п	Культуры	Годы исследований	Урожайность основной продукции, т/га	Пожнивно-корневые остатки		Солома	
				уравнения регрессии	r	уравнения регрессии	r
1	Озимая пшеница (высокорослые сорта)	2003-2011	1,71-5,20	$Y = 1,52x - 0,82$	0,840	$Y = 1,01x - 2,01$	0,960
2	Озимая пшеница (низкорослые сорта)	2012-2015	2,01-6,01	$Y = 0,86x + 0,83$	0,959	$y = 0,62x + 0,83$	0,922
3	Яровая пшеница	2003-2015	0,88-4,62	$Y = 0,82x - 0,14$	0,970	$Y = 1,49x + 0,03$	0,890
4	Горох	2003-2015	1,25-2,73	$Y = 0,87x - 0,25$	0,910	$Y = 1,23x + 0,71$	0,930
5	Вика	2003-2011	0,61-2,48	$Y = 1,07x + 0,43$	0,983	$Y = 0,74x + 0,28$	0,989
6	Люпин белый	2012-2015	1,63-2,95	$Y = 1,28x + 0,23$	0,848	$Y = 0,62x + 0,30$	0,922
7	Вика-овес	2003-2008	3,77-4,45	$Y = 0,31x + 1,79$	0,846	-	-
8	Кострец 1 г.п.	2003-2015	2,41-6,73	$Y = 0,53x + 2,30$	0,927	-	-
9	Кострец 2 г.п.	2003-2015	4,37-9,31	$Y = 0,98x + 3,17$	0,776	-	-
10	Люцерна 1 г.п.	2004-2015	1,99-8,12	$Y = 0,39x + 1,83$	0,895	-	-
11	Люцерна 2 г.п.	2005-2015	2,97-9,81	$Y = 1,05x + 0,95$	0,826	-	-
12	Кострец + люцерна 1 г.п.	2009-2015	2,34-6,38	$Y = 0,55x + 2,07$	0,819	-	-
13	Кострец + люцерна 2 г.п.	2010-2015	3,36-6,35	$Y = 1,02x + 3,12$	0,890	-	-
14	Эспарцет 1 г.п.	2004-2008	4,99-8,03	$Y = 0,15x + 3,29$	0,902	-	-
15	Эспарцет 2 г.п.	2005-2008	5,85-7,17	$Y = 0,59x + 2,48$	0,820	-	-

В первом экспериментальном севообороте приходная часть органического вещества почвы формировалась за счет навоза, пожнивно-корневых остатков озимой пшеницы, гороха и яровой пшеницы по первому фону удобрений и соломы и пожнивно-корневых остатков этих культур по второму фону удобрений. Во втором и третьем зернотравяных севооборотах по первому фону удобрений, поступление органики происходило за счет навоза, пожнивно-корневых остатков многолетних трав и зерновых культур, по второму фону за счет соломы озимой и яровой пшеницы, гороха, вики и пожнивно-корневых остатков этих культур и многолетних трав. В четвертом севообороте по первому фону в почву поступала масса сидерата, пожнивно-корневых остатков зерновых и эспарцета, а по второму фону - сидерата, соломы зерновых, и пожнивно-корневых остатков зерновых и эспарцета (таблица 43).

В первом севообороте накопление биогенных ресурсов плодородия по первому фону удобрений составляло— 3,68-3,47 т/га, тогда как по второму фону поступление органики возросло до 5,73-5,15 т/га, где превалировала солома.

В зернотравяном севообороте с кострцом поступление органического вещества в почву было на уровне 5,40-6,97 т/га, с люцерной 5,15-6,71 т/га с преимуществом по объему биомассы системы удобрений солома + NPK. В севообороте с эспарцетом по первому фону (сидерат + NPK) поступление органики достигало 3,87-4,21 т/га, а по второму (сидерат + солома + NPK) возросло до 6,14-6,64 т/га.

По размерам накопления биогенных ресурсов, поступающих в почву, изучаемые культуры можно расположить в следующий ряд (в случае заделки соломы в качестве удобрения): кострец 2 г.п. (9,49-11,22 т/га) – люцерна 2 г.п. (8,52-9,88 т/га) – озимой пшеницы (8,09-9,89 т/га) – вика-овес на сидерат (5,92-7,19 т/га) - яровая пшеница (3,35-7,01 т/га) – эспарцет 2 г.п. (6,18-6,66 т/га) – горох (4,37-5,15 т/га) – вика (3,51-4,08 т/га).

Таблица 43 – Накопление фитомассы, отчуждение урожая и поступление органического вещества в почву в севооборотах, т/га за 2005-2008 гг. (сухое вещество)

Севооборот	Обра- ботка почвы	Удобрения	Накопление				Отчуждение			Поступление				
			Основная продукция	Солома, сидерат	ПКО	Всего	Основная продукция	Солома	Всего	Солома	ПКО	Навоз	Сидерат	Всего
Зернопаровой	В ₁	Н+NPK	2,14	3,75	2,01	7,90	2,14	3,75	13,79		2,01	1,67		3,68
		С+NPK	2,13	3,73	2,00	7,86	2,13		9,99	3,73	2,00			5,73
	В ₂	Н+NPK	1,93	3,39	1,80	7,12	1,93	3,39	12,44		1,80	1,67		3,47
		С+NPK	1,91	3,37	1,78	7,06	1,91		8,97	3,37	1,78			5,15
Зернотравяной с кострцом	В ₁	Н+NPK	3,74	2,73	4,11	10,58	3,74	2,73	17,05		4,11	1,67		5,78
		С+NPK	3,93	2,71	4,26	10,90	3,93		14,83	2,71	4,26			6,97
	В ₂	Н+NPK	3,32	2,45	3,73	9,50	3,32	2,45	15,27		3,73	1,67		5,4
		С+NPK	3,50	2,44	3,87	9,81	3,50		13,31	2,44	3,87			6,31
Зернотравяной с люцерной	В ₁	Н+NPK	3,94	2,84	3,73	10,51	3,94	2,84	17,29		3,73	1,67		5,40
		С+NPK	4,11	2,82	3,89	10,82	4,11		14,93	2,82	3,89			6,71
	В ₂	Н+NPK	3,65	2,58	3,48	9,71	3,65	2,58	15,94		3,48	1,67		5,15
		С+NPK	3,78	2,54	3,61	9,93	3,78		13,71	2,54	3,61			6,15
Зернотравяной с эспарцетом (сидеральный)	В ₁	С+NPK	3,58	3,07	3,46	10,11	3,58	2,32	16,01		3,46		0,75	4,21
		С+С+NPK	3,68	3,12	3,52	10,32	3,68		14,00	2,33	3,52		0,79	6,64
	В ₂	С+NPK	3,25	2,73	3,23	9,21	3,25	2,09	14,55		3,23		0,64	3,87
		С+С+NPK	3,30	2,77	3,27	9,34	3,30		12,64	2,08	3,27		0,69	6,04

Учитывая вклад каждой культуры в накопление биогенных ресурсов, изучаемые севообороты по накоплению органического вещества, поступающего в почву, можно расположить в следующий ряд: зернотравяной с кострцом 5,40- 6,97 т/га, зернотравяной с люцерной 5,15-6,71 т/га, зернотравяной 3,87-6,64 т/га и зернопаровой 3,47-5,73 т/га.

Анализ структуры органического вещества, поступающего в почву, показывает, что в зернопаровом севообороте по фону удобрений навоз + NPK превалировала доля ПКО – 53 %, на долю навоза приходилось 47 % (рис. 17).

В зернотравяных севооборотах на том же фоне удобрений доля навоза в структуре источников органического вещества почвы составила 30 %, на долю ПКО приходилось 70 % и в зернотравном севообороте с люцерной соответственно 32 и 68 %.

На фоне с использованием соломы зерновых культур в качестве удобрения структура источников органического вещества изменялась. В зернопаровом севообороте солома зерновых культур, если она не используется на другие цели, составляет более половины биогенных ресурсов плодородия почвы, при этом ее доля в общей биомассе растительных остатков составляла 62 %, тогда как масса пожнивно-корневых остатков - 33 % и 5 % приходилось на сорные растения, которые поступали в почву вместе с соломой.

В зернотравяном севообороте с кострцом наибольшая доля принадлежала пожнивно-корневым остаткам – 58 %, что связано с введением в севооборот костреца, который в слое почвы 0-30 см накапливал наибольшее количество биогенных ресурсов из всех изучаемых культур.

На долю соломы приходилось 37 % от общего накопления биогенных ресурсов плодородия почвы и на сорные растения 5 %. В зернотравяном севообороте с люцерной складывалась аналогичная картина, доля ПКО составила 56 %, соломы 40 % и сорные растения 4 %.

В сидеральном севообороте фон удобрения с соломой накапливал большее количество биогенных ресурсов, а их структура была следующей: ПКО – 51 %, солома 33 % , масса сидерата 11 % и сорных растений 5 %.

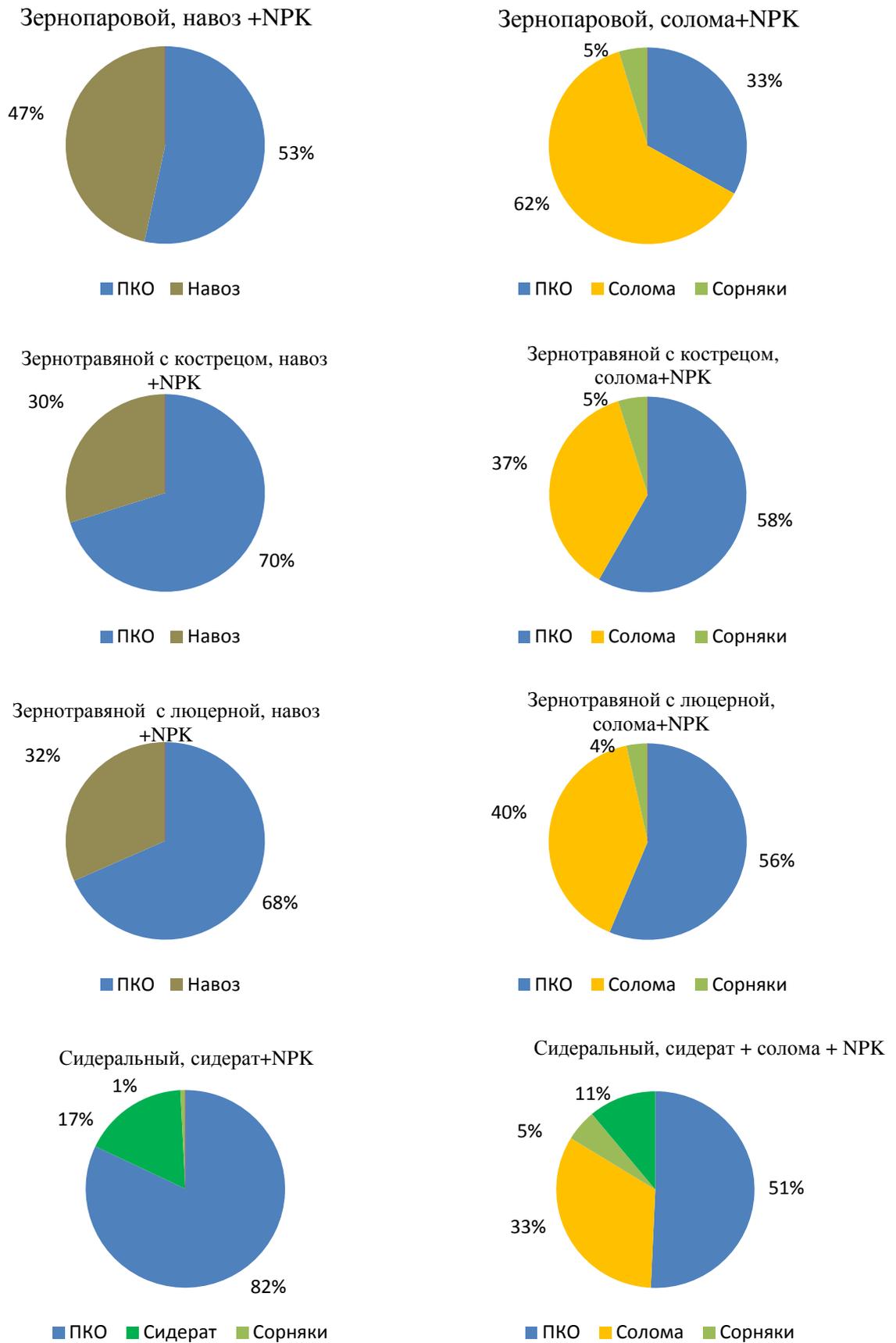


Рисунок 17 - Структура биогенных ресурсов, поступающих в почву в севооборотах за 2005-2008 гг.

Обработка почвы оказывала влияние на ряд агрофизических, агробиологических, агрохимических и гидрологических свойств, тем самым создавая условия для формирования урожайности полевых культур. Продуктивность сельскохозяйственных культур возрастала по комбинированной обработке почвы по сравнению с минимальной. Так, в зернопаровом севообороте объем поступления органического вещества в почву возрос по комбинированной обработке почвы на 0,40 т/га или 9,2 %, в зернотравяных на 0,40-0,52 т/га или 7,2-9,5 %.

В период второй ротации закономерности накопления общей биомассы изучаемыми культурами сохранялись. Однако в засушливых условиях 2012, 2013 и 2015 гг. продуктивность зернотравяных севооборотов снизилась, и накопление общей биомассы по изучаемым экспериментальным севооборотам практически выровнялось.

По массе биогенных ресурсов плодородия почвы все же преобладали зернотравяные севообороты с кострцом (6,09 т/га) и его смеси с люцерной (6,07 т/га). В зернопаровом и зернотравяном севообороте с люцерной в среднем по вариантам накапливалось 5,51 т/га органического вещества (таблица 44).

Структура биогенных ресурсов плодородия была разной. В зернопаровом севообороте преобладала солома – 62 %, а на ПКО приходилось 35 %, в зернотравяных севооборотах складывалась обратная картина – доля ПКО составила 53-57 % и соломы – 40-44 % (рис. 18).

Это объясняется снижением массы пожнивно-корневых остатков многолетних трав из-за их низкой продуктивности в период 2012-2015 гг. по сравнению с первой ротацией севооборотов, на этом фоне возросла доля соломы зерновых и зернобобовых культур, которые не снижали свою продуктивность.

Таблица 44 – Накопление фитомассы, отчуждение урожая и поступление органического вещества в почву в севооборотах, т/га за 2012-2015 гг. (сухое вещество)

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Накопление				Отчуждение основной продукции	Поступление		
			Основной продукции	Соломы	ПКО	Всего		Солома	ПКО	Всего
Зернопаровой	В ₁	C+NPK	2,19	3,52	1,96	7,68	2,19	3,52	1,96	5,48
		C+NPK	2,36	3,76	2,11	8,23	2,36	3,76	2,11	5,87
	В ₂	C+NPK	2,07	3,31	1,85	7,23	2,07	3,31	1,85	5,16
		C+NPK	2,21	3,54	1,98	7,73	2,21	3,54	1,98	5,52
Зернотравяной с кострцом	В ₁	C+NPK	3,14	2,51	3,55	9,20	3,14	2,51	3,55	6,06
		C+NPK	3,39	2,70	3,76	9,84	3,39	2,70	3,76	6,45
	В ₂	C+NPK	2,94	2,37	3,38	8,68	2,94	2,37	3,38	5,74
		C+NPK	3,17	2,55	3,57	9,30	3,17	2,55	3,57	6,12
Зернотравяной с люцерной	В ₁	C+NPK	3,10	2,48	3,01	8,59	3,10	2,48	3,01	5,49
		C+NPK	3,32	2,64	3,18	9,15	3,32	2,64	3,18	5,83
	В ₂	C+NPK	2,87	2,36	2,83	8,05	2,87	2,36	2,83	5,19
		C+NPK	3,08	2,52	2,99	8,58	3,08	2,52	2,99	5,51
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	C+NPK	2,81	2,51	3,53	8,85	2,81	2,51	3,53	6,04
		C+NPK	3,00	2,68	3,71	9,40	3,00	2,68	3,71	6,40
	В ₂	C+NPK	2,64	2,39	3,37	8,40	2,64	2,39	3,37	5,76
		C+NPK	2,81	2,56	3,53	8,90	2,81	2,56	3,53	6,09

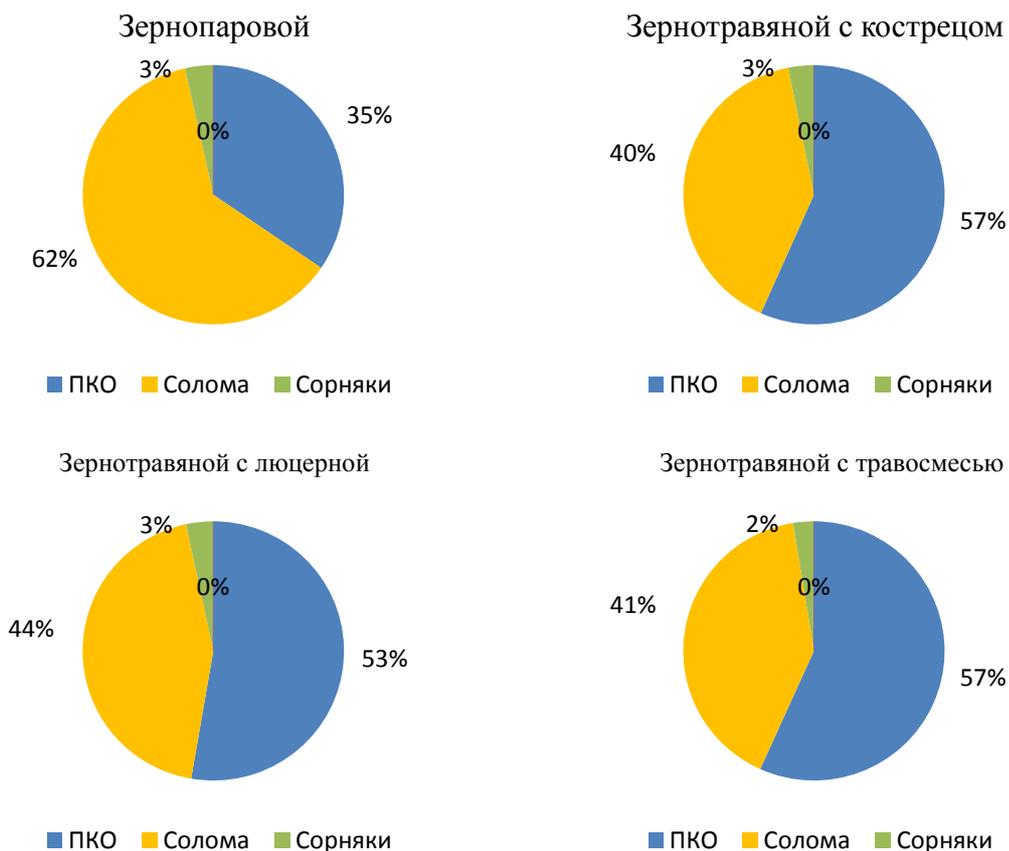


Рисунок 18 - Структура биогенных ресурсов, поступающих в почву в севооборотах за 2012-2015 гг.

В период второй ротации фоны отличались лишь дозами минеральных удобрений. В зернопаровом севообороте по первому фону было внесено $N_{20-27} P_{23-27} K_{23-27}$ на 1 га севооборотной площади, по второму фону $N_{40-53} P_{33-38} K_{33-38}$, что сказалось на продуктивности сельскохозяйственных культур и накоплении общей биомассы и биогенных ресурсов, поступающих в почвы (солома и ПКО). Как и в первой ротации севооборотов по накоплению общей биомассы преимущество оставалось за комбинированной обработкой почвы, что отразилось на поступлении биогенных ресурсов плодородия.

Объем поступления органического вещества в почву в севооборотах возрос по комбинированной обработке почвы на 0,30-0,34 т/га в сравнение с минимальной.

Органическое вещество почв, несмотря на двухвековую историю его изучения, до сих пор привлекает огромное внимание исследователей в связи с его особой ролью в формировании почвенного профиля, химических и фи-

зических свойств почвы и ее плодородия. В последние десятилетия значительно возрос интерес к органическому веществу как важнейшему резервуару углерода в связи с проблемой изменения климата (Кобак К.И. 1988, Орлов Д.С., и др., 1996, Лыков А.М. и др., 2004; Трофимов С.Я., 2012; Bridges E.M., 1996).

Органическое вещество почвы является самым крупным источником питательных веществ для растений. Высокая продуктивность сельскохозяйственных угодий обеспечивается запасом разлагающихся растительных остатков, корней, корневых выделений и микробной биомассы (Туев Н.А., 1989; Кирюшин В.И., 1996; Ганжара Н.Ф., 2010).

Гуминовые вещества (гумус) являются наиболее крупным резервуаром углерода и азота как в наземных экосистемах, так и в биосфере в целом. Устойчивость этих специфических соединений определяется строением и химическим составом, а также динамическим равновесием между разрушением и синтезом их структурных единиц (Попов А.И., 2004).

Гумусу принадлежит многогранная роль в почве, от его содержания зависят водно-воздушные, физические, физико-химические, агрохимические, микробиологические и экологические свойства почвы (Ганжара Н.Ф., 1993; Лыков А.М. и др., 2004).

Структура севооборотов, способы обработки почвы, применяемые виды и дозы удобрений, приводят к его количественным и качественным изменениям. Оценка и прогнозирование гумусного состояния почв сельскохозяйственного назначения – важная научная и практическая задача, от результатов решения которой зависят почвенное плодородие, эффективность удобрений, величина и качество урожая сельскохозяйственных культур. Вследствие явного дефицита органических удобрений проблема сохранения гумуса в почве за последние годы существенно обострилась.

По мнению многих ученых решение задачи по оптимизации режима органического вещества является прогнозирование гумусового баланса (Жуков А.И., Попов П.Д., 1988; Лыков А.М., 1985; Лыков А.М. и др., 2004).

И.В. Тюрин (1957), А.М. Лыков (1985) обосновали метод определения объемов минерализации гумуса по выносу азота урожаем, при этом учитывая сопряженность C:N в почвах. При этом в расходной статье гумусового баланса учитывается потребление азота из почвы на формирование урожая.

При поступлении органического вещества в почву происходит его минерализация и гумификация. В прежних исследованиях, проведенных на стационарном полевом опыте, установлены коэффициенты гумификации для пожнивно - корневых остатков, соломы и навоза, которые составили соответственно 0,2, 0,25 и 0,3 (Морозов В.И. и др., 1994).

В первой ротации севооборотов изучалось влияние различных фонов удобрений на их продуктивность и влияние на плодородие почвы: 1) навоз 40 т/га в 1 поле севооборотов + NPK, 2) солома зерновых и бобовых культур + NPK, 3) сидерат в первом поле севооборотов + NPK и 4) сидерит + солома + NPK. Прогноз баланса гумуса почвы (по углероду) по севооборотам приведен в таблице 45.

Даже внесение навоза 10 т/га сухого вещества и минеральных удобрений не компенсировало потери гумуса, и его баланс был отрицательным –687 и –632 кг/га соответственно по комбинированной и минимальной обработке почвы. Расчеты показывают, что в зернопаровом севообороте на первом фоне удобрений основным источником гумуса были навоз и пожнивно - корневые остатки возделываемых культур, которые восполняли соответственно 23 и 15 % его минерализации, а 62 % не компенсировались (рис. 19).

По фону удобрения солома + NPK основным источником гумуса выступала солома зерновых и зернобобовых культур, внесение которой обеспечивало образование 420 кг/га гумуса по комбинированной обработке почвы и 379 кг/га по минимальной (37 % от его минерализации). При накоплении пожнивно-корневых остатков образовывалось соответственно по обработке почвы 172 и 153 кг/га гумуса, что составляло 15 % от его потерь. Некомпенсированные потери снизились до 541 кг/га (комбинированная обработка почвы) и 510 кг/га (минимальная обработка почвы) или 48 %.

Таблица 45 – Прогноз баланса гумуса почвы в севооборотах в зависимости от обработки почвы и удобрений за 2005-2008 гг., кг/га

Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Вынос азота с урожаем	Вынос азота из почвы*	Минерализация гумуса, кг/га	Новообразования гумуса, кг/га					Баланс +/-, кг/га	По удобрениям
						солома	ПКО	навоз	сидерат	всего		
Зернопаровой	В ₁	Н+NPK	93,3	69,3	1110	-	173	250	-	423	-687	-660
		С+NPK	94,3	71,6	1133	420	172	-	-	592	-541	-526
	В ₂	Н+NPK	84,0	62,0	1037	-	155	250	-	405	-632	
		С+NPK	84,0	62,6	1043	379	153	-	-	532	-510	
По севообороту			88,9	66,4	1081	400	163	250	-	488	-593	-
Зернотравяной с кострцом	В ₁	Н+NPK	110,2	87,0	870		398	250	-	648	-222	-204
		С+NPK	114,7	88,0	880	305	412	-	-	717	-162	-145
	В ₂	Н+NPK	101,3	79,6	796		361	250	-	611	-185	
		С+NPK	103,2	77,6	776	275	374	-	-	649	-127	
По севообороту			107,4	83,1	831	290	386	250	-	656	-174	-
Зернотравяной с люцерной	В ₁	Н+NPK	177,2	86,7	867		361	250	-	611	-256	-230
		С+NPK	189,2	87,7	877	317	376		-	694	-183	-150
	В ₂	Н+NPK	160,8	79,0	790		337	250	-	587	-203	
		С+NPK	171,5	75,2	752	286	349		-	635	-117	
По севообороту			174,7	82,2	822	302	356	250	-	632	-190	-
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	Сд+NPK	158,7	84,7	847		335	-	84	419	-428	-400
		Сд+С+NPK	162,0	87,5	875	262	341	-	89	692	-183	-153
	В ₂	Сд+NPK	140,0	75,7	757		313	-	72	385	-372	
		Сд+С+NPK	145,5	75,0	750	234	316	-	78	628	-122	
По севообороту			151,6	80,7	807	248	326	-	81	531	-276	-

*- расчет проведен с учетом биологического и минерального азота.

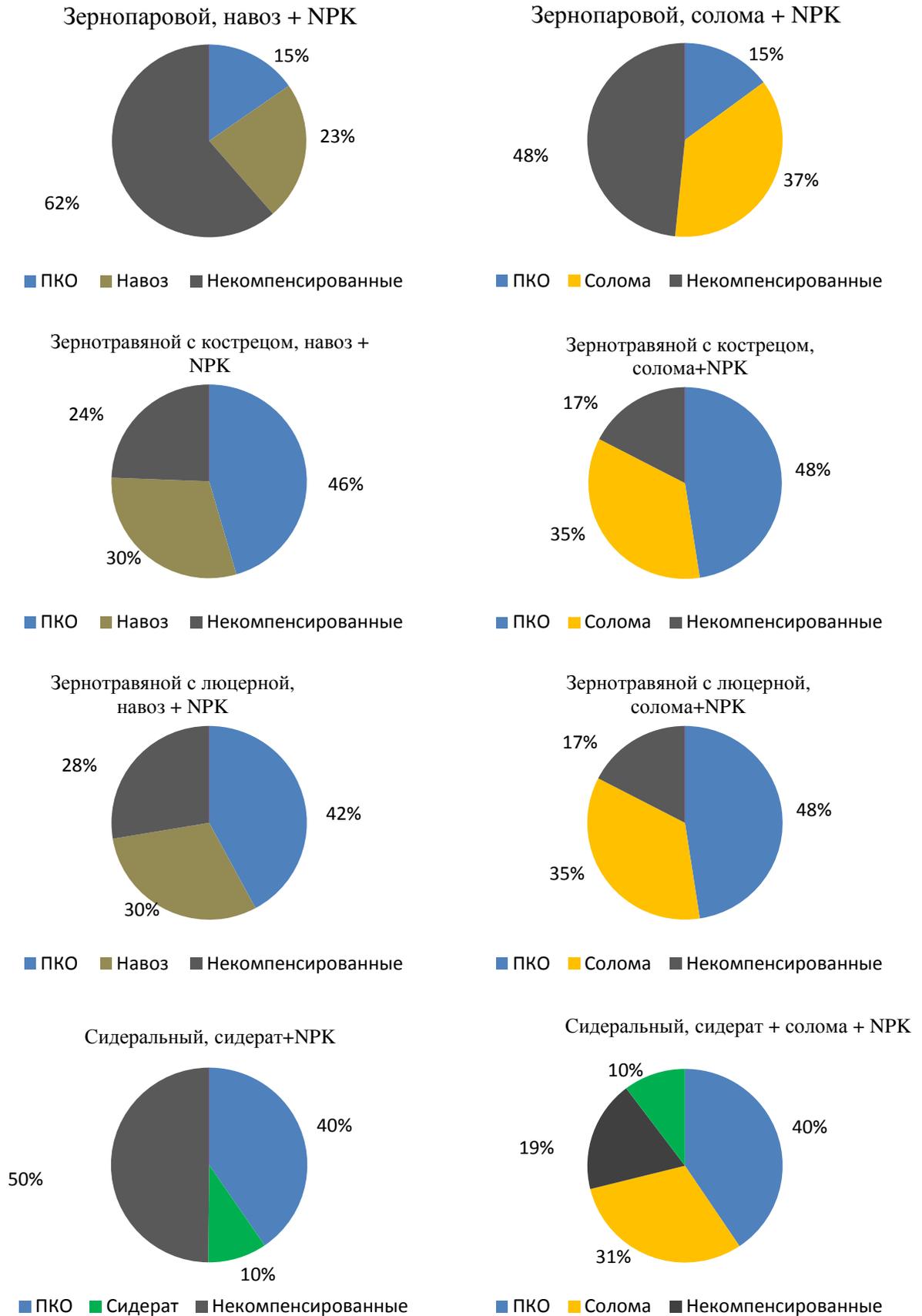


Рисунок 19 - Структура биогенных ресурсов, поступающих в почву в севооборотах за 2005-2008 гг.

В зернотравяных севооборотах баланс гумуса был близок к бездефицитному. В зернотравяных севооборотах с кострцом и люцерной по фону удобрений с внесением навоза некомпенсированные потери гумуса превышали его новообразование на 256-185 кг/га. Основным источником новообразования гумуса выступали пожнивно-корневые остатки, прежде всего, многолетних трав, на долю которых приходилось 42 - 46 % от минерализации гумуса в среднем за ротацию севооборота. На фоне удобрения с использованием соломы зерновых и зернобобовых культур некомпенсированные потери снизились до 117-183 кг/га. Доля участия в новообразовании гумуса соломы составила – 35-37 % и пожнивно-корневых остатков – 45-48 %.

В четвертом севообороте на первом фоне внесение сидерата и поступление пожнивно-корневых остатков культур не компенсировали минерализацию гумуса в полной мере, новообразования гумуса составили лишь на 50 % от объема минерализации. Потери гумуса по комбинированной обработке почвы 428 кг/га, а по минимальной 372 кг/га.

На втором фоне удобрений при внесении сидерата, заделке соломы зерновых и зернобобовых культур и накоплении пожнивно-корневых за счет новообразования гумуса было компенсировано 81 % от его минерализации. Баланс гумуса в сидеральном севообороте был близок к бездефицитному – 183 кг/га по комбинированной и 122 кг/га по минимальной обработке почвы.

Прогноз баланса гумуса почвы в среднем по севооборотам показал, что и зернотравяных севооборотах он был близок к бездефицитному, с кострцом – 174 кг/га, с люцерной – 190 кг/га и с эспарцетом – 276 кг/га. В зернопаровом севообороте некомпенсированные потери гумуса составили 593 кг/га, что объясняется наличием чистого пара, в котором за год минерализуется до 2,5 т/га гумуса (Лыков А.М., 1985; Авдеенко, А.П., 2005). По комбинированной в севооборотах обработке почвы потери гумуса были больше чем по минимальной на 7,0 % в зернопаровом и 27,1 % в зернотравяном севообороте с люцерной.

В период второй ротации проводилась оценка фонов удобрений с соломой совместно с дозами минеральных удобрений, рассчитанных на планируемую урожайность полевых культур: 1 фон - солома + N_{20-27} P_{23-27} K_{23-27} и 2 фон - солома + N_{40-53} P_{33-38} K_{33-38} .

Объемы поступления органического вещества определялись продуктивностью биомассы сельскохозяйственных культур, возделываемых в севооборотах. Наибольшая минерализация гумуса была отмечена в зернопаровом севообороте – 1107 кг/га, при этом за счет соломы компенсировалось 397 кг/га (или 34-38 % от минерализации) и пожнивно-корневых остатков – 170 кг/га (14-17 %), некомпенсированные потери составили 540 кг/га или 46-52 % (табл. 46).

В зернотравяных севооборотах баланс гумуса складывался близко к бездефицитному – 137-198 кг/га, основным источником компенсации потерь гумуса являлись пожнивно - корневые остатки – 291-345 кг/га или 35-48 % от объема минерализации, новообразования гумуса при внесении соломы составили 282-285 кг/га или 33-40 % (рис. 20).

Второй повышенный фон удобрения (солома + NPK), где накапливалось больше биомассы, а поступающий минеральный азот выступал источником питания сельскохозяйственных культур, компенсировал объем минерализации гумуса, при этом его баланс на данном варианте складывался более благоприятный.

Таким образом, объем минерализации гумуса и его прогнозируемый баланс зависел от возделываемых культур, обработки почв и фонов удобрения в севооборотах.

Объем минерализации гумуса в зернопаровом севообороте составил 1081 кг/га в период первой ротации и 1107 кг/га во второй ротации севооборота. Внесение навоза (40 т/га в первое поле) не компенсировало в полном объеме потери гумуса, при этом его баланс складывался с дефицитом в 660 кг/га или 62 %.

Таблица 46 – Прогноз баланса гумуса почвы в севооборотах в зависимости от обработки почвы и удобрений
(по углероду) за 2012-2015 гг., кг/га

Севооборот	Обра- ботка почвы	Удобрения	Вынос азота с уро- жаем	Вынос азота из почвы*	Минера- лизация гумуса, кг/га	Новообразования гумуса			Баланс +-	По удобре- ниям
						солома	ПКО	всего		
Зернопаровой	В ₁	С+NPK I	95,2	74,6	1163	396	169	565	-598	-586
		С+NPK II	103,2	69,7	1113	423	181	604	-509	-494
	В ₂	С+NPK I	88,8	68,9	1106	372	159	531	-574	
		С+NPK II	94,5	63,0	1047	398	170	569	-478	
По севообороту			95,4	69,1	1107	397	170	567	-540	
Зернотравяной с ко- стрецом	В ₁	С+NPK I	103,8	81,9	819	282	343	626	-193	-186
		С+NPK II	116,2	78,0	780	304	364	668	-112	-88
	В ₂	С+NPK I	96,8	77,3	773	267	327	594	-179	
		С+NPK II	104,8	69,5	695	287	345	632	-63	
По севообороту			105,4	76,7	767	285	345	630	-137	
Зернотравяной с лю- церной	В ₁	С+NPK I	153,5	83,9	839	279	291	570	-269	-261
		С+NPK II	167,0	77,5	775	297	308	605	-170	-136
	В ₂	С+NPK I	136,0	79,1	791	266	274	539	-252	
		С+NPK II	149,7	67,5	675	284	289	573	-102	
По севообороту			151,6	77,0	770	282	291	572	-198	
Зернотравяной с тра- восмесью	В ₁	С+NPK I	139,2	85,9	859	282	342	624	-235	-222
		С+NPK II	151,3	79,2	792	302	359	660	-131	-100
	В ₂	С+NPK I	127,0	80,4	804	269	326	595	-209	
		С+NPK II	137,7	69,8	698	288	342	630	-69	
По севообороту			138,8	78,8	788	285	342	627	-161	

*- расчет проведен с учетом биологического и минерального азота.

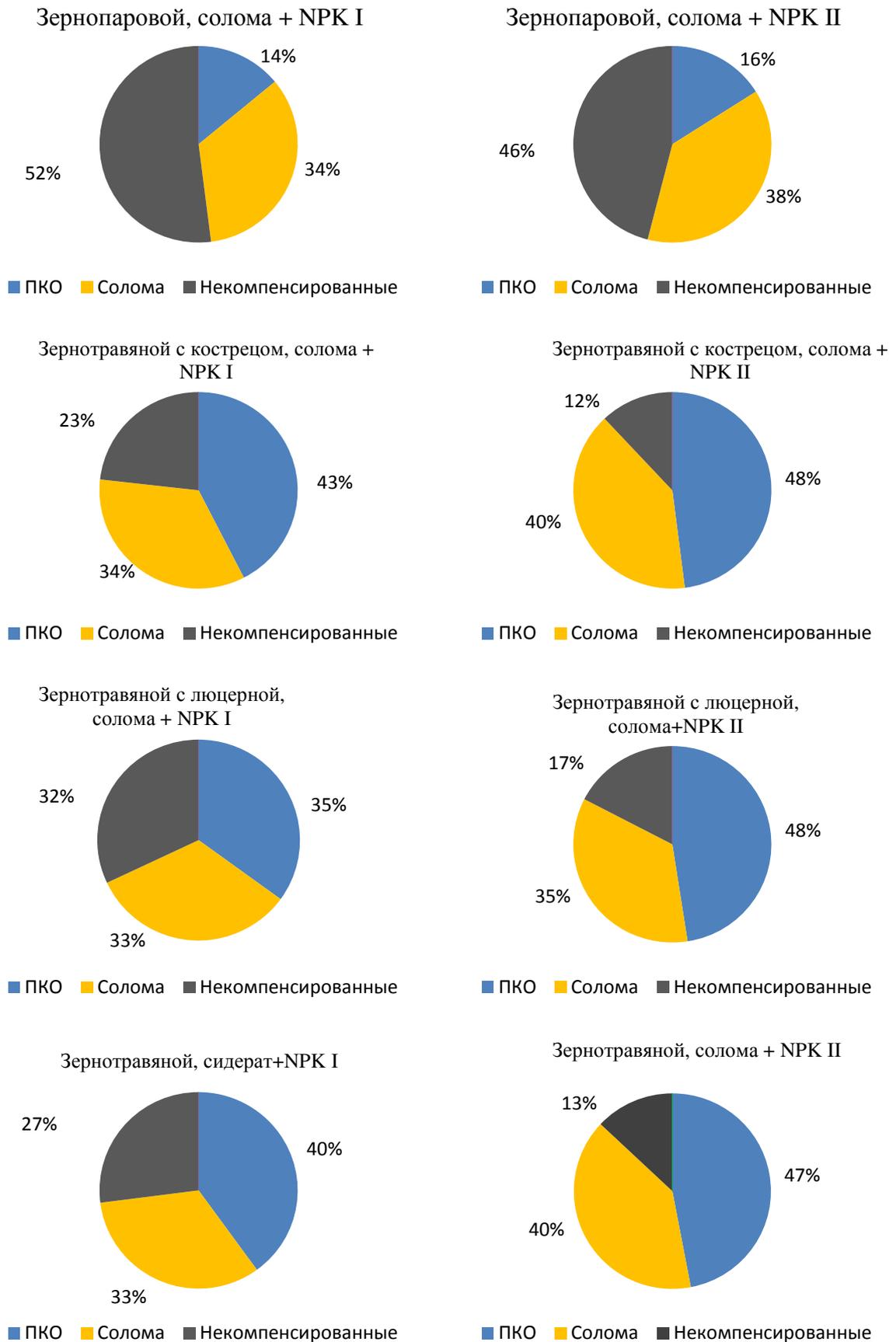


Рисунок 20- Структура источников компенсации потерь гумуса почвы в севооборотах за 2012-2015 гг.

Заделка соломы зерновых и зернобобовых культур в качестве удобрения снижала напряженность по балансу гумуса (солома выступает его основным источником новообразования – 37 %) и некомпенсированные потери снизились до 526 кг/га (48% от объема минерализации). При изучении фонов удобрения с соломой в период второй ротации севооборота складывалась аналогичная ситуация.

В зернотравяных севооборотах система удобрения с внесением навоза приближала баланс гумуса к бездефицитному уровню -204-230 кг/га, что обеспечено, прежде всего, за счет пожнивно-корневых остатков многолетних трав, которые компенсировали 42-48 % от объема минерализации, внесение навоза – 30 %, а соломы 35 %. Таким образом, фоны удобрений навоз + NPK и солома +NPK в зернотравяных севооборотах были равноценными по влиянию на баланс гумуса.

Следует отметить, что в зернотравяном севообороте доля минерального азота составила 23,4 % от его выноса (биологического азота – 9,8 кг/га или 9 %), обладающий большей энергоемкостью, тогда как в зернотравяном с люцерной лишь 8,6 %, а доля биологического азота достигала 49 %.

Сравнительная оценка систем удобрений с сидератом в зернотравяном севообороте с эспарцетом, показала, что заделка сидерата компенсировала 10 % от объема минерализации, пожнивно-корневых остатки – 40 % и 50 % остались не компенсированными, при этом баланс гумуса сложился с дефицитом – 428-372 кг/га. По системе удобрения сидерат + солома + NPK сложился практически бездефицитный баланс гумуса – 122-183 кг/га.

4.6 Содержание и накопление биогенных элементов в фитомассе

Причиной снижения плодородия почвы, в том числе содержания органического вещества, является нарушение энергетического баланса вследствие отчуждения биомассы культур и сдвига биохимических процессов синтеза и разложения органических веществ в сторону большей их минерализации из-за несовершенства и несоответствия природным условиям элементов системы земледелия и снижения объемов применения органических и минеральных удобрений. При этом, чем выше продуктив-

ность земледелия, тем больше требуется затрат, направленных на поддержание и воспроизводство плодородия почвы. Без такого антропогенного регулирования резко снижается устойчивость функционирования агроландшафтов и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время применение как органических, так и минеральных удобрений не компенсирует вынос элементов питания и часто ограничивается высокой затратностью транспортировки и внесения первых и дороговизной – вторых. В последние годы разработаны концепции воспроизводства плодородия почвы с учетом отмеченных проблем, которые предполагают, прежде всего, максимальное накопление биогенных ресурсов плодородия в агроценозах, что в значительной мере определяется набором сельскохозяйственных культур в севооборотах (Кирюшин В.И., 1993; 2011; Лыков А.М. и др., 2004; Куликова А.Х., 2007; Морозов В.И., 2010; Обущенко С.В., 2014).

Биологизация земледелия подразумевает воспроизводство плодородия почвы посредством накопления органического вещества, накапливаемого в агроценозах, однако всесторонняя оценка должна проводиться с учетом не только его режима и баланса гумуса почвы как ключевого показателя плодородия, но и биогенных элементов, прежде всего углерода, азота, фосфора и калия.

Растения для формирования биомассы потребляют элементы питания из воздуха и почвы, при этом такие элементы как азот, фосфор и калий потребляются, прежде всего, из почвы, частично из воздуха. При постоянном отчуждении отмеченных элементов происходит истощение почвенного плодородия, что вызывает необходимость компенсировать их вынос за счет вносимых органических и минеральных удобрений.

В условиях отсутствия развитого животноводства органические удобрения в виде навоза практически не вносятся на поля и растительные остатки полевых культур – это единственный поток, который определяет процессы, связанные с воспроизводством плодородия почвы и нормальный

биохимический круговорот углерода, азота и других элементов. Некоторые авторы указывают, что при внесении органических остатков в почву использование элементов питания выше, чем при использовании минеральных удобрений (Фокин А.Д., 1986; Дзюин Г.П., 2016).

Данные по содержанию и накоплению углерода и азота в фитомассе сельскохозяйственных культур в среднем за 2005-2008 гг. приведены в таблицах 47 и 48.

Анализ растительных остатков показывает, что они характеризовались высокой интенсивностью накопления углерода. По накоплению органического углерода в растительных остатках выделялись кострец 2 г.п. (до 4349 кг/га), озимая пшеница (до 4161 кг/га) и люцерна (до 3669 кг/га).

Урожайность биомассы культур определяла накопление углерода в севооборотах, так по его накоплению в пожнивно-корневых остатках отличался зернотравяной севооборот с кострцом – 1672 кг/га, что больше чем в других зернотравяных севооборотах на 11-18 % и более чем 2 раза больше, чем в зернопаровом севообороте.

По накоплению углерода в соломе (в т.ч. в массе сидерата) выделялся сидеральный севооборот - 1960 кг/га, что на 8-19 % больше, чем в других в севооборотах.

В целом наибольшее количество органического углерода с растительными остатками в почву поступало в зернотравяных севооборотах: с кострцом – 2828 кг/га, с люцерной – 2703 кг/га и с эспарцетом (сидеральный) – 2679 кг/га и меньше всего в зернопаровом – 2366 кг/га.

В свою очередь разложение почвенного органического вещества и опада растений зависит от содержания в них азота и определяется соотношениями C:N (Aerts R., 1997; Weedon et al., 2009).

Известно, что потребление богатых углеродом субстратов с соотношением C:N выше 30 приводит к недостатку азота в микробной биомассе и, следовательно, высокой скорости микробной иммобилизации азота, что приводит к конкуренции между растениями и микроорганизмами за этот ресурс.

На основании полученных данных, нами рассчитано соотношение С:N поступающей в почву органической массы соломы, массы сидерата и пожнивно-корневых остатков (таблица 47).

Таблица 47 - Накопление углерода и азота в растительных остатках полевых культур за 2005-2008 гг.

Севооборот, культуры	Пожнивно-корневые остатки		Солома (масса сидерата)		Всего в биогенных ресурсах		С:N
	С	N	С	N	С	N	
Озимая пшеница	1555	30	2606	34	4161	64	65
Яровая пшеница	873	19	1873	28	2746	47	58
Горох	608	26	1350	41	1958	67	29
Яровая пшеница	893	20	1955	30	2848	50	57
Яровая пшеница	782	17	1698	25	2480	42	59
Зернопаровой	785	19	1580	26	2366	45	53
Горох	610	26	1416	42	2026	68	30
Озимая пшеница	1456	27	2446	32	3902	59	66
Яровая пшеница	872	20	1873	29	2745	49	56
Кострец. 1 г.п.	2214	34	-	-	2214	34	65
Кострец 2 г.п.	4349	44	-	-	4349	44	99
Яровая пшеница	528	11	1206	19	1734	30	58
Зернотравяной с ко- стрецом	1672	27	1157	20	2828	47	60
Вика	453	21	1170	39	1623	60	27
Озимая пшеница	1448	27	2433	31	3881	58	67
Яровая пшеница	889	21	1908	29	2797	50	56
Люцерна 1 г.п.	1711	91	-	-	1711	91	19
Люцерна 2 г.п.	3669	170	-	-	3669	170	22
Яровая пшеница	800	19	1735	26	2535	45	56
Зернотравяной с люцерной	1495	58	1208	21	2703	79	34
Вика-овес на сидерат	908	26	1890	114	2798	140	20
Озимая пшеница	1345	25	2269	29	3614	54	67
Яровая пшеница	907	20	1943	31	2850	51	56
Эспарцет 1 г.п.	1704	81	-	-	1704	81	21
Эспарцет 2 г.п.	2565	107	-	-	2565	107	24
Яровая пшеница	803	19	1739	27	2542	46	55
Зернотравяной си- деральный)	1372	46	1307	34	2679	80	34

Самое узкое отношение этих элементов отмечено у люцерны, эспарцета, гороха, вики, люпина, его смеси с горохом и смеси вики с овсом – 19-30, наиболее широкое у озимой пшеницы, яровой пшеницы – 55-67 и костреца 65-99.

В среднем масса органического вещества в зернотравяном севообороте с кострцом имела самое широкое соотношение C:N – 1:60, в зернопаровом – 1:53, в сидеральном и зернотравяном с люцерной – 1:34.

В период второй ротации севооборота сравнивались по накоплению углерода в расчете на 1 га, а закономерности по соотношению углерода к азоту сохранились (таблица 48).

Таблица 48 - Накопление углерода и азота в растительных остатках полевых культур за 2012-2015 гг.

Севооборот, культуры	Пожнивно-корневые остатки		Солома		Всего в биогенных ресурсах		C:N
	С	N	С	N	С	N	
Озимая пшеница	1493	28	2076	25	3569	53	67
Яровая пшеница	923	20	1972	29	2895	49	59
Горох	720	30	1586	47	2306	77	30
Яровая пшеница	996	21	2116	32	3112	53	59
Яровая пшеница	810	17	1754	26	2564	43	60
Зернопаровой	824	19	1584	27	2408	46	53
Горох	655	28	1485	44	2140	72	30
Озимая пшеница	1299	24	1787	22	3086	46	67
Яровая пшеница	848	19	1828	28	2676	47	57
Кострец 1 г.п.	1943	29	-	-	1943	29	67
Кострец 2 г.п.	3418	43	-	-	3418	43	79
Яровая пшеница	784	17	1704	27	2488	44	57
Зернотравяной с кострецом	1491	27	1134	20	2625	47	56
Люпин	649	30	1304	43	1953	73	27
Озимая пшеница	1262	23	1731	21	2993	44	68
Яровая пшеница	875	20	1879	28	2754	48	57
Люцерна 1 г.п.	1417	65	-	-	1417	65	22
Люцерна 2 г.п.	2314	105	-	-	2314	105	22
Яровая пшеница	835	20	1801	27	2636	47	56
Зернотравяной с люцерной	1225	44	1119	20	2345	64	37
Люпин + горох	677	30	1516	47	2193	77	28
Озимая пшеница	1242	23	1795	21	3037	44	69
Яровая пшеница	854	18	1839	29	2693	47	57
Люцерна + кострец	1826	59	-	-	1826	59	31
Люцерна + кострец	3213	95	-	-	3213	95	34
Яровая пшеница	813	19	1760	28	2573	47	55
Зернотравяной с травосмесью	1438	41	1152	21	2589	62	42

Несмотря на то, что зерновые бобовые культуры обладают высокой продуктивностью симбиотической азотфиксации, они не являются накопителями азота в почве, при благоприятных условиях они обеспечивают лишь бездефицитный баланс азота. Аналогичные результаты были получены и другими исследователями (Посыпанов Г.С., 1991; Куликова А.Х., 1997; Васин А.В., 2015).

Судя по данным накопления углерода в соломе и пожнивно-корневых остатках, сельскохозяйственные культуры оказывали неодинаковое влияние на формирование режима органического вещества, баланс элементов питания и гумусовое состояние чернозема выщелоченного. В таблицах 49 и 50 приводятся данные биологического баланса азота, фосфора и калия в экспериментальных севооборотах.

Установлено, что в период первой ротации севооборотов вынос азота варьировал от 89 кг/га (зернопаровой севооборот) и 107 кг/га (зернотравяной с кострцом) до 152-175 кг/га (зернотравяные с бобовыми культурами). Во всех экспериментальных севооборотах введены бобовые культуры, поэтому нами учитывалась доля биологического азота, накопление которого изменялось от 9,8 кг на 1 га севооборотной площади (зернопаровой и зернотравяной с кострцом) до 85,0 кг/га, где бобовые занимали 50 % структуры севооборота (вика, 2 поля люцерны). При этом доля биологического азота, в суммарном его накоплении биомассой культур, варьировала от 9 % (зернотравяной с кострцом) до 49 % (зернотравяной с люцерной).

Учитывая общее накопление азота в биомассе и долю биологического, нами рассчитан его вынос из почвы, который изменялся по севооборотам от 79 кг/га до 98 кг/га. Во всех экспериментальных севооборотах потребление азота из почвы возрастало по комбинированной обработке почвы.

В зернопаровом севообороте на первом варианте удобрений при внесении навоза в почву поступало 33 кг/га азота (43-45 % от общего поступления в почву), с пожнивно - корневыми остатками 17 кг/га (22 %) по комбинированной обработке почвы и 15 кг/га (20 %) по минимальной, с удоб-

рениями поступало 26 кг/га. В целом баланс азота по фону удобрения с навозом был близок к бездефицитному по комбинированной обработке почвы – 7,0 кг/га, по минимальной 1,5 кг/га.

На втором фоне удобрения при внесении соломы зерновых культур общее поступление азота в почву уменьшилось до 65 и 61 кг/га соответственно по обработкам почвы, а структура источников была следующей: ПКО – 17-15 кг/га или 26-25 %, солома 24-22 кг/га или 37-36 % и минеральные удобрения 24 кг/га или 37-39 % от общего поступления азота в почву. В целом по второму фону удобрения при внесении соломы баланс по азоту складывался с небольшим дефицитом, указанные источники компенсировали от 78,1 % (комбинированная обработка почвы, потери – 18,4 кг/га) до 82,2 % (минимальная обработка почвы, потери – 13,5 кг/га) выноса его почвы.

В зернотравяном севообороте с кострцом баланс азота был более напряженный. По первому фону основным источником азота выступал навоз – 33 кг/га (41-42 %), а по второму фону его основным источником выступали минеральные удобрения – 27 кг/га (39-42 %). По первому фону некомпенсированный вынос азота составил 20,4 кг/га по комбинированной обработке почвы и 14,9 кг/га по минимальной обработкам почвы, а по второму фону удобрений потери возросли соответственно до 35,1 кг/га и 28,2 кг/га.

В зернотравяном севообороте с люцерной складывался бездефицитный баланс азота как по фону удобрений с навозом, так и с соломой, что объясняется, прежде всего, высокой продуктивностью симбиотической азотфиксации люцерны, при этом основным источником компенсации выноса азота служили пожнивно – корневые остатки (прежде всего, люцерны) – 45-53 кг/га или 49-60 %. Интенсивность баланса составила по первому фону 101,4-106,6 % и по второму фону 92,1-98,0 % соответственно по способам основной обработки почвы.

В зернотравяном севообороте с эспарцетом (сидеральном) основным источником поступления азота в почву являлись также пожнивно-корневые остатки – 38-42 кг/га или 48-55 % от общего поступления. На фоне удобрения с заделкой в почву только сидерата, складывался дефицитный баланс в 18,6 кг/га по комбинированной обработке почвы и 15,3 кг/га по минимальной, при этом компенсировалось соответственно 80,4 и 82,1 % от выноса. По фону удобрения (сидерат + солома + NPK) баланс азота был близок к бездефицитному, компенсировалось 92,9-98,7% от его выноса из почвы с урожаем.

По выносу фосфора в период первой ротации изучаемые севообороты можно расположить в следующий ряд: зернопаровой – 33 кг/га, зернотравяной с кострцом – 48 кг/га, зернотравяной с эспарцетом – 53 кг/га и зернотравяной с люцерной – 60 кг/га.

Фоны удобрения значительно отличались по влиянию на баланс фосфора в почве. В зернопаровом севообороте по фону навоз + NPK основное поступление фосфора было обеспечено за счет минеральных удобрений – 16,7 кг/га или 48 %, с навозом поступало 13 кг/га фосфора или 37-39%, с ПКО – 4-5 кг/га, что составляет 12-14 % от общего поступления в почву. При сложившейся структуре источников фосфора его баланс был положительным + 0,7-2,7 кг/га, а его интенсивность составила 102,1-108,7 %. По фону удобрения солома + NPK основным источником оставались минеральные удобрения – 16,7 кг или 54-58 %, с соломой поступало 9-8 кг/га или 29-28 % и с пожнивно-корневыми остатками – 5-4 кг/га или 16-14 % от общего его поступления в почву. Баланс сложился с небольшим дефицитом – 5,3-3,3 кг/га.

В зернотравяном севообороте с кострцом по фону с внесением навоза баланс фосфора сложился с дефицитом в 10,7-7,7 кг/га, по фону с внесением соломы на – 17,7-18,7 кг/га.

Учитывая, что фосфор играет также важную роль в обмене азотистых веществ в растении, этим определяется тесная связь между азотным и

фосфорным питанием растений, поэтому его потребление бобовыми культурами выше, чем, например, зерновыми. В севооборотах, где 50 % от структуры занимали бобовые культуры, вынос фосфора значительно возрос, на что указывают данные, приведенные в таблице 49.

В зернотравяных севооборотах с бобовыми культурами большая часть накопленного фосфора отчуждалась с основной продукцией, биогенные ресурсы (ПКО, солома и сидерат) не покрывали его вынос из почвы, и даже дополнительно внесение навоза, содержащего 2,5 % фосфора, не компенсировало в полном объеме его потребность для растений. Баланс фосфора, как по первому, так и по второму фону, в зернотравяных севооборотах и люцерной и с эспарцетом складывался с дефицитом (– 19,7-30,7 кг/га).

Что касается калия, то его вынос с урожаем варьировал от 57 кг/га в зернопаровом до 109-128 кг/га в зернотравяных севооборотах.

В зернопаровом севообороте на первом фоне удобрения в почву поступало 73,7-71,7 кг/га калия, с навозом - 40 кг/га – это основной его источник на данном фоне (54–56 % от общего поступления). С минеральными удобрениями в почву поступало 16,7 кг/га (23 %) с пожнивными - корневыми остатками – 15-17 кг/га калия (23-21 %). По второму фону удобрения поступление калия в почву составило по комбинированной в севообороте обработке почвы 63,7 кг/га и 57,7 кг/га по минимальной, где основным источником являлась солома зерновых культур и гороха – 30-26 кг/га или 47-45 % от общего поступления соответственно по вариантам обработки почвы. Баланс калия по всем вариантам зернопарового севооборота был положительным, его интенсивность по первому фону удобрений составил 124,9-132,8 %, а по второму 106,2-108,9 %.

В зернотравяных севооборотах с кострцом и с люцерной поступление калия с навозом, минеральными удобрениями и с биогенными ресурсами (ПКО, солома) была больше, чем в зернопаровом севообороте, но в связи с большим его выносом баланс сложился с дефицитом на 38,7-58,7 кг/га.

Таблица 49 - Баланс биогенных элементов в севооборотах в зависимости от систем обработки почвы и удобрений за 2005-2008 гг.

Севооборот	Обработка почвы	Фон	Накопление биогенных элементов в фитомассе, кг/га				Возвращается в почву с соломой, сидератом, ПКО и вносится с навозом, кг/га			Баланс NPK, +/-			Интенсивность баланса, %		
			N	N _б	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зернопаровой	В ₁	H+NPK	93	10,0	34	59	76,0	34,7	73,7	-7,0	0,7	14,7	91,6	102,1	124,9
		C+NPK	94	10,8	36	60	65,0	30,7	63,7	-18,4	-5,3	3,7	78,1	60,3	106,2
	В ₂	H+NPK	84	8,5	31	54	74,0	33,7	71,7	-1,5	2,7	17,7	98,0	108,7	132,8
		C+NPK	84	9,7	32	53	61,0	28,7	57,7	-13,5	-3,3	4,7	82,1	64,7	108,9
В среднем по севообороту			89	9,8	33	57	69,0	32,7	66,7	-10,1	-1,3	10,2	87,3	83,3	118,2
Зернотравяной с кострцом	В ₁	H+NPK	110	10,0	47	125	80,0	36,3	84,3	-20,4	-10,7	-41	80,0	77,2	67,4
		C+NPK	115	10,8	52	136	69,0	34,3	71,3	-35,1	-17,7	-65	66,2	52,5	52,4
	В ₂	H+NPK	101	8,5	43	112	78,0	35,3	81,3	-14,9	-7,7	-30,7	84,3	82,1	72,6
		C+NPK	103	9,7	48	118	65,0	29,3	62,3	-28,2	-18,7	-55,7	69,7	48,5	52,8
В среднем по севообороту			107	9,8	48	123	72,5	34,3	75,3	-24,7	-13,7	-48,0	74,9	64,3	61,3
Зернотравяной с люцерной	В ₁	H+NPK	177	83,3	58	113	95,0	38,3	81,3	1,6	-19,7	-31,7	101,4	66,0	71,9
		C+NPK	189	93,5	65	115	88,0	34,3	64,3	-7,5	-30,7	-50,7	92,1	40,5	55,9
	В ₂	H+NPK	161	74,7	57	103	92,0	36,3	76,3	6,0	-20,7	-26,7	106,6	63,7	74,1
		C+NPK	172	88,3	58	105	82,0	31,3	59,3	-1,7	-26,7	-45,7	98,0	41,9	56,5
В среднем по севообороту			175	85,0	60	109	89,3	36,3	71,3	-0,4	-24,5	-38,7	99,4	52,6	64,6
Зернотравяной с эспарцетом (сидеральный)	В ₁	C+NPK	159	65,7	53	132	75,0	28,3	61,3	-18,6	-24,7	-70,7	80,4	44,0	46,4
		C+C+NPK	162	67,3	57	138	88,0	36,3	84,3	-6,4	-20,7	-53,7	92,9	44,4	61,1
	В ₂	C+NPK	140	56,0	50	120	69,0	26,3	56,3	-15,3	-23,7	-63,7	82,1	44,6	46,9
		C+C+NPK	146	63,3	53	123	80,0	32,3	76,3	-2,4	-20,7	-46,7	96,7	44,0	62,0
В среднем по севообороту			152	63,1	53	128	63,0	30,3	69,3	-10,7	-22,5	-58,7	88,0	44,2	54,1

N_б – симбиотический азот

Таблица 50 - Баланс биогенных элементов в севооборотах в зависимости от систем обработки почвы и удобрений за 2012-2015 гг.

Севооборот	Обработка почвы	Фон	Накопление биогенных элементов в фитомассе, кг/га				Возвращается в почву с соломой и ПКО, кг/га			Баланс NPK, +/-			Интенсивность баланса, %		
			N	N ₆	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зернопаровой	В ₁	C+NPK I	95	10	38	62	61	36,3	70,3	-24,3	-1,7	8,3	71,5	95,5	113,4
		C+NPK II	103	12	40	70	85	48,0	89,0	-6,3	8,0	19,0	93,1	120,0	127,1
	В ₂	C+NPK I	89	9	36	60	58	35,3	68,3	-22,0	-0,7	8,3	72,5	98,1	113,8
		C+NPK II	95	10	37	64	82	47,0	83,0	-3,3	10,0	19,0	96,1	127,0	129,7
В среднем по севообороту			96	10	38	64	72	41,7	77,7	-14,0	3,9	13,7	83,3	110,3	121,3
Зернотравяной с кострцом	В ₁	C+NPK I	104	8	39	101	65	40,0	73,0	-31,0	1,0	-28,0	67,7	102,6	72,3
		C+NPK II	116	10	46	114	95	56,5	92,5	-10,7	10,5	-21,5	89,9	122,8	81,1
	В ₂	C+NPK I	97	6	38	96	62	38,0	71,0	-29,3	0,0	-25,0	67,9	100,0	74,0
		C+NPK II	105	8	44	105	91	53,5	86,5	-6,5	9,5	-18,5	93,3	121,6	82,4
В среднем по севообороту			106	8	42	104	78	47,0	80,8	-19,4	5,3	-23,3	79,7	112,6	77,6
Зернотравяной с люцерной	В ₁	C+NPK I	154	59	47	89	79	41,0	71,0	-17,0	-6,0	-18,0	82,3	87,2	79,8
		C+NPK II	167	69	53	95	105	55,5	86,5	4,0	2,5	-8,5	104,0	104,7	91,1
	В ₂	C+NPK I	136	47	46	82	72	39,0	66,0	-19,0	-7,0	-16,0	79,1	84,8	80,5
		C+NPK II	150	62	48	88	99	53,5	83,5	7,0	5,5	-4,5	107,6	111,5	94,9
В среднем по севообороту			152	59	49	89	89	47,3	76,8	-6,3	-1,3	-11,8	93,4	97,4	86,7
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	C+NPK I	139	43	46	100	77	43,0	74,0	-19,0	-3,0	-26,0	80,2	93,5	74,0
		C+NPK II	151	52	52	108	102	57,5	91,5	1,0	5,5	-16,5	101,0	110,6	84,7
	В ₂	C+NPK I	127	36	45	94	71	40,0	71,0	-20,0	-5,0	-23,0	78,0	88,9	75,5
		C+NPK II	138	47	50	102	97	55,5	87,5	5,0	5,5	-14,5	105,4	111,0	85,8
В среднем по севообороту			139	45	48	101	87	49,0	81,0	-8,0	0,8	-20,0	91,6	101,6	80,2

N₆ – симбиотический азот

Во второй ротации севооборотов тенденции относительно изучаемых культур и обработки почвы сохранились, а системы удобрения по-разному влияли на динамику элементов минерального питания (таблица 50).

В зернопаровом севообороте по первому фону удобрения (солома + $N_{22}P_{23}P_{23}$) отмечался дефицит по азоту ($-24,3-22,0$ кг/га), по фосфору баланс был близок к бездефицитному ($-1,7...-0,7$ кг/га), а по калию положительный ($8,3$ кг/га). По второму фону удобрений (солома + $N_{43}P_{35}K_{35}$) по фосфору и калию сложилось расширенное их воспроизводство, тогда как по азоту вынос был больше, чем вносилось с источниками на $6,3-3,3$ кг/га, при его интенсивности $93,1-96,1$ %.

В севообороте с кострцом сложился отрицательный баланс по азоту и калию, вынос фосфора компенсировался за счет соломы, пожнивно - корневых остатков и минеральных удобрений, где складывался положительный баланс. По интенсивности баланса биогенных элементов второй фон удобрений имел преимущество.

В зернотравяных севооборотах складывалась аналогичная ситуация. В севообороте с люцерной и ее смесью с кострцом на втором варианте удобрений (солома + NPK) сложился положительный баланс по азоту и фосфору, а калий находился в небольшом дефиците. По первому фону удобрения (солома + NPK) отмечался незначительный дефицит по всем элементам. В зернотравяном севообороте с кострцом существенный дефицит по азоту и незначительный по калию.

Таким образом, наибольшее количество углерода накапливалось в зернотравяных севооборотах – $2679-2828$ кг/га, что больше чем в зернопаровом севообороте на $13,5-19,5$ %. В зернопаровом севообороте основная доля углерода поступает с соломой зерновых и зернобобовых культур. В зернотравяных севооборотах основным источником выступали пожнивно - корневые остатки. По соотношению C:N изучаемые культуры можно расположить в следующий ряд: люцерна $19...22:1$, эспарцет $21...24:1$, зерновые бобовые культуры – $27...30:1$, яровая пшеница $55...60:1$, озимая пшеница $64...69:1$,

кострец 65...99:1. В зернопаровом севообороте наиболее благоприятный баланс биогенных элементов складывался на фоне навоз + NPK, по фону солома + NPK отмечался незначительный дефицит азота и фосфора. В зернотравяном севообороте с люцерной баланс элементов питания находился на бездефицитном уровне.

Выводы:

1. Биологизация севооборотов (внесение навоза, соломы, сидерата) определяла условия, при которых складывалась оптимальная плотность, твердость и высокая оструктуренность чернозема выщелоченного. При комбинированной обработке почвы в севооборотах плотность почвы и ее твердость были оптимальными, по минимальной обработке почвы отмечалось повышение плотности, особенно в зернотравяных севооборотах. Система основной обработки почвы оказывала равноценное влияние на структурно-агрегатный состав почвы.

2. Изучение динамики запасов продуктивной влаги в почве и водопотребление культур показало, что в условиях лесостепи Поволжья наибольшее накопление влаги происходит в паровых звеньях и зернопаровых севооборотах. Однако за две ротации севооборотов установлено, что занятые пары также формируют условия для возделывания последующих культур в севооборотах. Несмотря на иссушение почвы под многолетними травами, влагозапасы к севу последующей в севообороте яровой пшеницы восстанавливаются до хорошего (по комбинированной обработке – 124,4-148,1 мм) и удовлетворительного уровней (минимальная обработка почвы – 99,5-123,5 мм).

От первой ко второй ротации севооборотов отмечалось повышение запасов продуктивной влаги в почве в весенний период, что указывает на улучшение водоудерживающей способности почвы за счет улучшения агрофизических и биологических свойств почвы (содержание органического вещества) под влиянием системы биологизации.

3. На основании многочисленных данных построены адекватные модели, отражающие изменение величины твердости почвы в зависимости от ее

плотности и влажности, что дает возможность использовать их в производственных условиях.

4. Наши исследования показывают, что для оптимизации водно-физических параметров в севооборотах рекомендуется проводить комбинированную обработку почвы. В зернотравяных она должна сочетать вспашку (2 раза за ротацию на 20-22 и 25-27 см), безотвальное рыхление на 20-22 см и поверхностную обработку. В зернопаровых севооборотах имеется возможность ее минимизировать и проводить вспашку 1 раз за 6 лет на глубину 20-22 см.

5. Приемы биологизации севооборотов, обеспечивающие накопление и поступление в почву свежего органического вещества приводили к усилению ее микробиологической и ферментативной активности. Высокая активность микрофлоры почвы наблюдалась в звене с бобовыми культурами, где поступало большее количество органического вещества, богатого азотом. При этом повышался коэффициент накопления гумуса (отношение полифеноксидазной активности к пероксидазной). Высокая биологическая активность почвы имеет фитосанитарное и экологическое значение, так как органическое вещество увеличивает численность сапрофитной почвенной микрофлоры, которая является активным антагонистом почвенных грибов - возбудителей болезней культурных растений.

6. Биологическая интенсификация земледелия за счет введения в севообороты бобовых культур позволяет накапливать атмосферный азот, что имеет научно-практическое значение. В условиях лесостепи Поволжья зерновые бобовые культуры отличаются высокой продуктивностью симбиотической азотфиксацией – гороха до 70 кг/га, люпина – до 99 кг/га, вики – до 34 кг/га. Наибольшее количество биологического азота накапливалось люцерной (до 352 кг/га), эспарцетом (до 207 кг/га) и смесью люцерны + кострец (до 130 кг/га). Эффективность биологизации севооборотов за счет бобовых культур усиливается по комбинированной обработке почвы и на органоминеральной системе удобрения с соломой.

7. По накоплению биогенных ресурсов плодородия почвы система удобрения солома + NPK имела преимущество перед системой навоз + NPK (за ротацию 6-польного севооборота 40 т/га навоза). В зернопаровом севообороте объемы поступления органического вещества по фону с соломой возрастали на 48,4-55,7 %, а в зернотравяных севооборотах – на 16,9-24,9 %.

Совместное использование сидерата с соломой в системе органоминерального удобрения повышало объем поступления органического вещества в 1,6 раз.

8. Экологическая роль биологизации севооборотов заключается в регулировании режима органического вещества почвы и поддержании баланса гумуса на бездефицитном уровне. По нашим данным, зернотравяные севообороты (33% многолетних трав) при использовании соломы зерновых культур и/или сидерального пара обеспечивают накопление досрочного объема биогенных ресурсов для создания бездефицитного баланса гумуса почвы по сравнению с зернопаровым севооборотом.

9. В зернопаровом севообороте основная доля углерода поступала с соломой зерновых и зернобобовых культур, а в зернотравяных севооборотах с пожнивными - корневыми остатками. По соотношению C:N изучаемые культуры можно расположить в следующий ряд: люцерна 19-22:1, эспарцет 21-24:1, зерновые бобовые культуры – 27-30:1, яровая пшеница 55-60:1, озимая пшеница 64-69:1, костреч 65-99:1. В зернопаровом севообороте наиболее благоприятный баланс биогенных элементов складывался на фоне навоз + NPK, по фону солома + NPK отмечался незначительный дефицит азота и фосфора. В зернотравяном севообороте с люцерной и его смеси с костречом баланс элементов питания находился на бездефицитном уровне.

ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ

5.1 Формирование урожая зерновых бобовых культур

Зерновые бобовые являются важными культурами в мировом земледелии. Благодаря уникальной биологической особенности они накапливают большое количество белка и выступают ценными предшественниками для основных полевых культур (Посыпанов Г.С., 1991; Дозоров А.В., 2003; Васин В.Г., 2012).

Несмотря на распространенность зерновых бобовых культур, их продуктивность в Поволжье и в целом по России остается низкой, что определяет поиск путей по разработке технологий для более полной реализации биоклиматического потенциала. Так, урожайность зернобобовых культур в Ульяновской области за период 2012-2016 гг. варьировала в пределах 11,6-17,4 ц/га, аналогичная картина складывалась и других районах Среднего Поволжья и России (Посевные площади сельскохозяйственных..., 26.11.2017).

Известно, что формирование урожая происходит под влиянием агротехнических и климатических факторов, которые определяют условия роста и развития. Они требуют точного регулирования для управления продукционным процессом растений. Изучение влияния обработки почвы и систем удобрений на продуктивность наиболее распространенных в условиях лесостепи Поволжья зерновых бобовых культур является актуальной задачей.

По данным ряда авторов наиболее эффективной обработкой почвы под зернобобовые культуры является вспашка (Куликова А.Х., Антонов И.В., 2007). Однако многочисленные исследования подтверждают, что если рассматривать обработку почвы системно в севообороте и использовать комбинированные приемы, то роль ежегодной вспашки снижается. По данным А.Х. Куликовой (1997), Н.С. Немцева (2000) и Г.И. Казакова (2008) в условиях Поволжья комбинированная система обработки почвы, сочетающая отвальные и безотвальные способы с элементами минимализации, не уступает по

влиянию на продуктивность зерновых бобовых отвальной обработке почвы, а по экономической и энергетической эффективности имеет преимущество.

В разные периоды нами оценивалась урожайность зерновых бобовых культур в зависимости от систем основной обработки почвы в севооборотах и систем удобрения. В период первой ротации севооборотов (2005-2008 гг.) зернобобовые культуры размещались по фонам удобрения с использованием навоза, соломы и расчетным дозам минеральных удобрений: 1 фон - $P_{20}K_{20}$; 2 фон - солома $P_{20}K_{20}$.

Как показали исследования, урожайность зерновых бобовых культур варьировала как по годам, так и по вариантам опыта (таблица 51).

Горох возделывался в четвертом поле зернопарового севооборота и в первом поле зернопарового севооборота с кострцом. В среднем за четыре года максимальная урожайность гороха в паровом поле была получена по комбинированной обработке: по первому фону удобрения она составляла 2,15 т/га, а по второму – 2,23 т/га, в зернопаровом севообороте различий по урожайности между фонами удобрений не отмечено – 2,19 т/га.

Урожайность гороха на всех вариантах сильно варьировала по годам. Например, во втором севообороте она изменялась по комбинированной обработке по годам от 1,36 до 1,40 т/га (2007 г.) до 2,83 - 2,92 т/га (2008 г.) при высоком коэффициенте вариации $V=28,3-28,5 \%$. Вариабельность урожайности гороха связана с неустойчивостью влагообеспеченности посевов по годам (коэффициент вариации количества осадков = 20,9-28,5 %).

В условиях 2007 г. отмечено значительное снижение урожайности семян гороха по сравнению с другими годами исследований, что связано с неблагоприятными особенностями погоды в период после посева культуры (количество осадков составило 20,8 мм при среднесуточной температуре воздуха $23,6^{\circ}C$). Урожайность находилась в пределах 1,16-1,40 т/га с тенденцией увеличения на варианте с комбинированной обработкой почвы и фоне $P_{20}K_{20}$ + солома.

Оценка систем обработки почвы показала, что на вариантах с минимальной обработкой (культивация на 12-14 см) урожайность гороха снижалась в сравнении с более глубокой (безотвальное рыхление на 20-22 см) как в первом, так и во втором севооборотах.

Следует отметить, что системы удобрения навоз + NPK и солома + NPK в первом севообороте (4 поле) оказывали равноценное влияние на урожайность гороха. В период первой ротации внесение навоза еще не проявило своего действия на паровые поля, поэтому внесенная под горох солома с минеральными удобрениями - $P_{20}K_{20}$ повышала урожайность по сравнению с минеральным фоном - $P_{20}K_{20}$.

Такие же закономерности формирования урожайности характерны и для вики. По влиянию на урожайность минимальная обработка почвы уступала комбинированной на 0,24 т/га, что является достоверной прибавкой и подтверждается данными дисперсионного анализа. В среднем за 2005–2008 гг. на фоне $P_{20}K_{20}$ урожайность вики составила 1,69 т/га по комбинированной обработке и 1,45 т/га по минимизированной, а на фоне $P_{20}K_{20}$ + солома – 1,72 и 1,48 т/га соответственно.

Вариабельность урожайности вики была выше, чем у гороха. Так, наибольшая урожайность этой культуры была получена в 2006 г., который по условиям вегетационного периода приближался к среднегодовым (ГТК – 0,97, при среднегодовом 0,96) и характеризовался равномерными условиями увлажнения в течение вегетационного периода. Урожайность вики изменялась от 2,12 т/га (минимальная обработка; $P_{20}K_{20}$) до 2,48 т/га (комбинированная обработка; $P_{20}K_{20}$ + солома). Самая низкая урожайность от 0,59 до 0,74 т/га была получена в 2007 г., который оказался неблагоприятным для формирования урожая семян вики. Вариабельность урожайности по годам составила 40,6-44,6 %.

Таблица 51 - Урожайность зернобобовых культур в зависимости от систем обработки почвы и органоминеральных систем удобрения в севооборотах (первая ротация, 2005-2008 гг.)

Севооборот	Культура (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность по годам, т/га				В среднем за 4 года (по фактору С)	V, %	По фактору А	По фактору В
				2005	2006	2007	2008				
I Зернопаровой	Горох	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	2,47	2,13	1,46	2,68	2,19	24,4	2,03	2,03
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	2,40	2,30	1,52	2,54	2,19	20,9		
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	2,35	1,89	1,25	1,96	1,86	24,5	1,74	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	2,30	1,97	1,33	1,91	1,88	21,5		
II Зерноотравной с коострецом	Горох	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	2,34	2,07	1,36	2,83	2,15	28,5	2,04	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	2,39	2,21	1,40	2,92	2,23	28,3		
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	2,28	1,83	1,16	2,17	1,86	27,1		
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	2,24	1,92	1,22	2,26	1,91	25,4		
III Зерноотравной с люцерной	Вика	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	1,76	2,37	0,74	1,87	1,69	40,6	1,59	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	1,85	2,48	0,74	1,81	1,72	42,0		
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	1,71	2,12	0,59	1,39	1,45	44,6		
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	1,80	2,14	0,61	1,38	1,48	44,5		
По фактору С			P ₂₀ K ₂₀	2,15	2,07	1,09	2,15	1,87			
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	2,16	2,17	1,14	2,14	1,90			
	НСР 05			0,11	0,13	0,12	0,16	0,09	-	-	
	НСР фактор А			0,06	0,07	0,06	0,08	0,04			
	НСР фактор В и С			0,04	0,05	0,04	0,06	0,03			

В₁ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

В₂ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + культивация КПШ-5 с БИГ – 3А на 12-14 см

Оценка систем основной обработки почвы по влиянию на урожайность вики выявила преимущество комбинированной системы, а удобрения оказывали равноценное влияние.

Оценка вклада изучаемых агротехнических приемов в период первой ротации севооборотов в формирование урожайности гороха, возделываемого в зернопаровом севообороте, показала, что её изменения на 67,0 % были обусловлены влиянием обработки почвы. При этом доля удобрений составила 8,6 %, взаимодействие обработки почвы и удобрений - 0,7%, на долю других факторов приходилось 23,7%. Аналогичные данные получены при возделывании гороха во втором зернотравяном севообороте (рис. 21, приложение 6).

Анализ изменений урожайности вики в зависимости от действия и взаимодействия факторов показал, что наибольшие изменения урожайности (62,1 %) были также связаны с обработкой почвы. На долю удобрений приходилось 9,4 % варьирования урожайности, на взаимодействие факторов - 0,7 %, а на другие факторы - 27,6 %. Оценка вклада факторов в изменение урожайности викоовсяной смеси в зависимости от обработки почвы составила 61,5 %, систем удобрений - 14,7 %.

При оценке действия и взаимодействия обработки почвы и систем удобрений установлено, что наиболее эффективна комбинированная обработка почвы, а органоминеральные системы удобрения с участием навоза и соломы в технологии зерновых бобовых культур являются равноценными по влиянию на их урожайность.

В период второй ротации севооборотов проводилось изучение сравнительной продуктивности гороха, люпина и их смеси на двух системах обработки почвы и на двух фонах удобрения солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$ и солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$. Данные об урожайности зернобобовых культур гороха, люпина и совместных посевов гороха с люпином в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах представлены в таблице 52.

При сравнении влияния севооборотов на урожайность гороха можно отметить, что наибольшая ее величина была получена в зернопаровом

севообороте (4 поле) и варьировала от 2,23 т/га (минимальная обработка почвы и первому фон удобрения) до 2,50 т/га (комбинированная обработка почвы по второму фон удобрения). В зернотравяном севообороте с кострцом урожайность гороха была ниже.

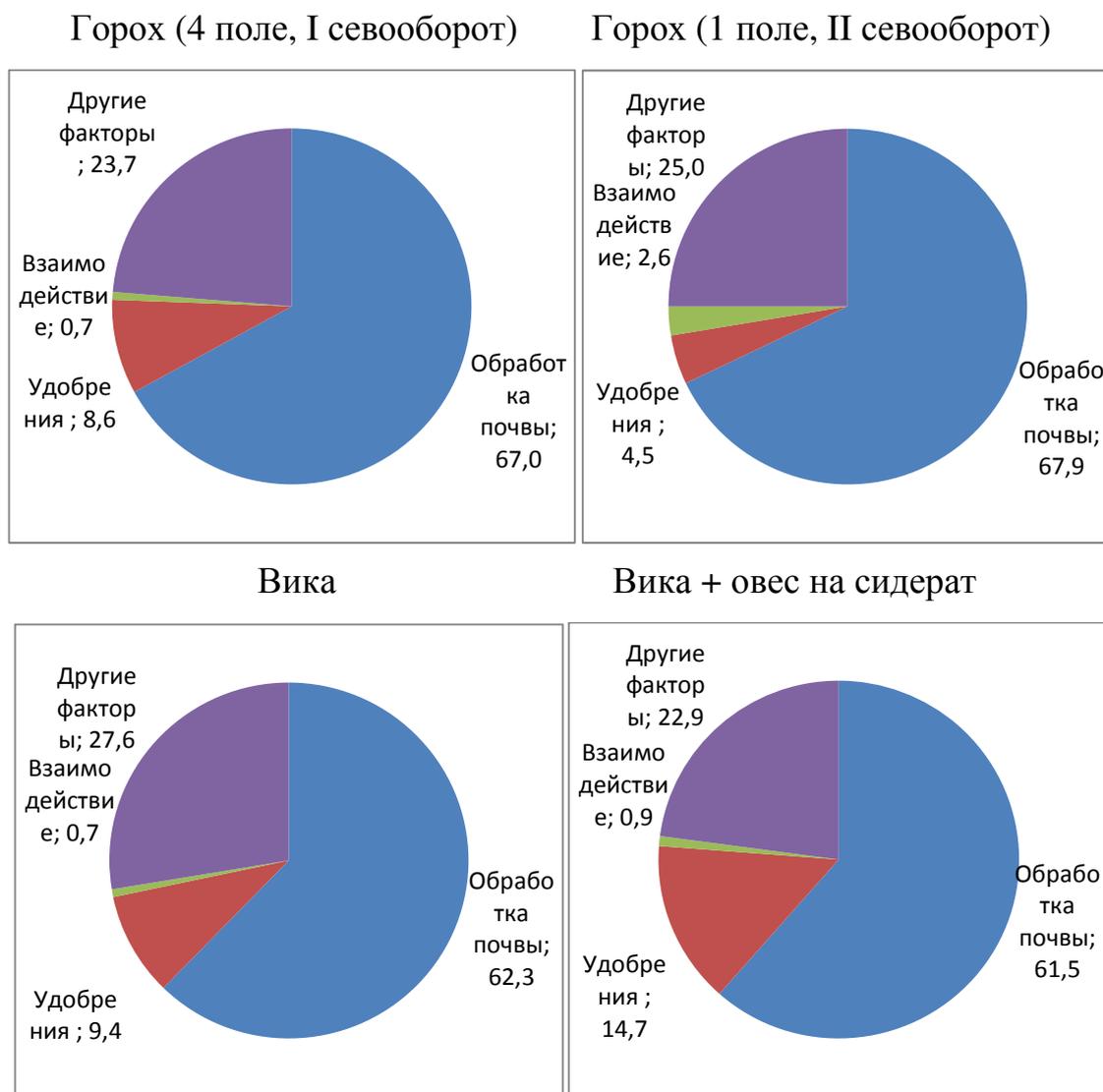


Рисунок 21 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожая зерновых бобовых культур в среднем за 2005– 2008 гг. (по данным дисперсионного анализа)

Последнее объясняется, прежде всего, последствием чистого пара в зернопаровом севообороте. К тому же в отдельные годы кострец, накапливал большую биомассу, потреблял большое количество воды на формирование

урожая и транспирацию, тем самым иссушал почву, а в годы с недостаточным количеством осадков запас влаги не всегда восстанавливался до среднегодовалого значения, что сказывалось на урожайности последующих культур в севообороте, в том числе и горохе.

Следует отметить высокую урожайность люпина белого - 1,99-2,30 т/га, однако наибольшая урожайность была получена при возделывании гороха в смеси с люпином – 2,06-2,40 т/га. Нами получен патент на изобретение: способ возделывания гороха на зерно (приложение 20).

Более высокая урожайность двухкомпонентной смеси, по нашему мнению, объясняется плотностью травостоя, который снижает непродуктивное испарение влаги, повышенной конкурентоспособности по отношению к сорному компоненту, устойчивости к полеганию. Подобранный состав смеси со сниженной нормой высева гороха в 2 раза исключает угнетение растений люпина, которые поддерживают растения гороха, предупреждая их полегание при созревании.

Оценка урожайности по годам показала, что по ее устойчивости зернобобовые культуры можно расположить в следующий ряд в убывающей последовательности: горох ($V=5,0-11,4\%$) > горох + люпин узколиственный (13,0-15,0 %) > люпин белый (17,5-19,9 %).

Во всех случаях возделывания зерновых бобовых культур отмечалось преимущество комбинированной системы обработки почвы и повышенного фона удобрения (таблица 52). Безотвальная обработка почвы на 20-22 см была более эффективна, и прибавка в среднем по вариантам составила 0,18 т/га по отношению к варианту с минимальной обработкой почвы. Повышенный фон удобрения (солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$) повышал урожайность по сравнению с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$ на 0,16 т/га.

Таблица 52.- Урожайность зернобобовых культур в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах (вторая ротация, 2012-2015)

Севооборот(фактор А)	Культура	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность по годам, т/га				В среднем за 4 года (по фактору С)	V, %	По фактору А	По фактору В
				2012	2013	2014	2015				
I Зернопаровой	Горох	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,19	2,42	2,55	2,25	2,35	6,0	2,35	2,31
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,30	2,64	2,73	2,33	2,50	7,5		
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,09	2,36	2,32	2,16	2,23	5,0	2,13	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,16	2,39	2,52	2,23	2,33	6,0		
II Зернотравяной с кострцом	Горох	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,41	2,14	2,26	1,97	2,20	8,5	2,17	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,63	2,27	2,46	2,18	2,39	8,4		
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,17	1,84	1,99	1,75	1,94	9,5		
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,39	1,97	2,27	1,88	2,13	11,4		
III Зернотравяной с люцерной	Люпин	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	1,95	1,76	2,68	2,12	2,13	18,6	2,14	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,08	1,91	2,95	2,25	2,30	19,9		
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	1,79	1,63	2,48	2,04	1,99	18,7		
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	1,98	1,72	2,6	2,16	2,12	17,5		
IV Зернотравяной с травосмесью	Горох + люпин	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,42	1,79	2,42	2,24	2,22	13,4	2,23	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,63	1,92	2,71	2,32	2,40	15,0		
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,26	1,68	2,24	2,06	2,06	13,0		
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,46	1,74	2,53	2,15	2,22	16,2		
По фактору С			C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2,16	1,95	2,37	2,07	2,14	-	-	-
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,33	2,07	2,60	2,19	2,30	-	-	-
НСР 05				0,11	0,14	0,18	0,16	-	-	-	-
НСР фактор А				0,06	0,07	0,09	0,08				
НСР фактор В и С				0,04	0,05	0,06	0,06				

В₁ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

В₂ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12см + культивация КПШ-5 с БИГ – 3А на 12-14 см

Дисперсионный анализ урожайных данных за 2012-2015 гг. показал, что в зернопаровом севообороте изменения урожайности гороха были связаны с обработкой почвы на 37,1 % и удобрений на 25,5 %, с взаимодействием обработки почвы и удобрениями на 3,6 % и с другими факторами – 33,8 % (рис. 22, приложение 6).

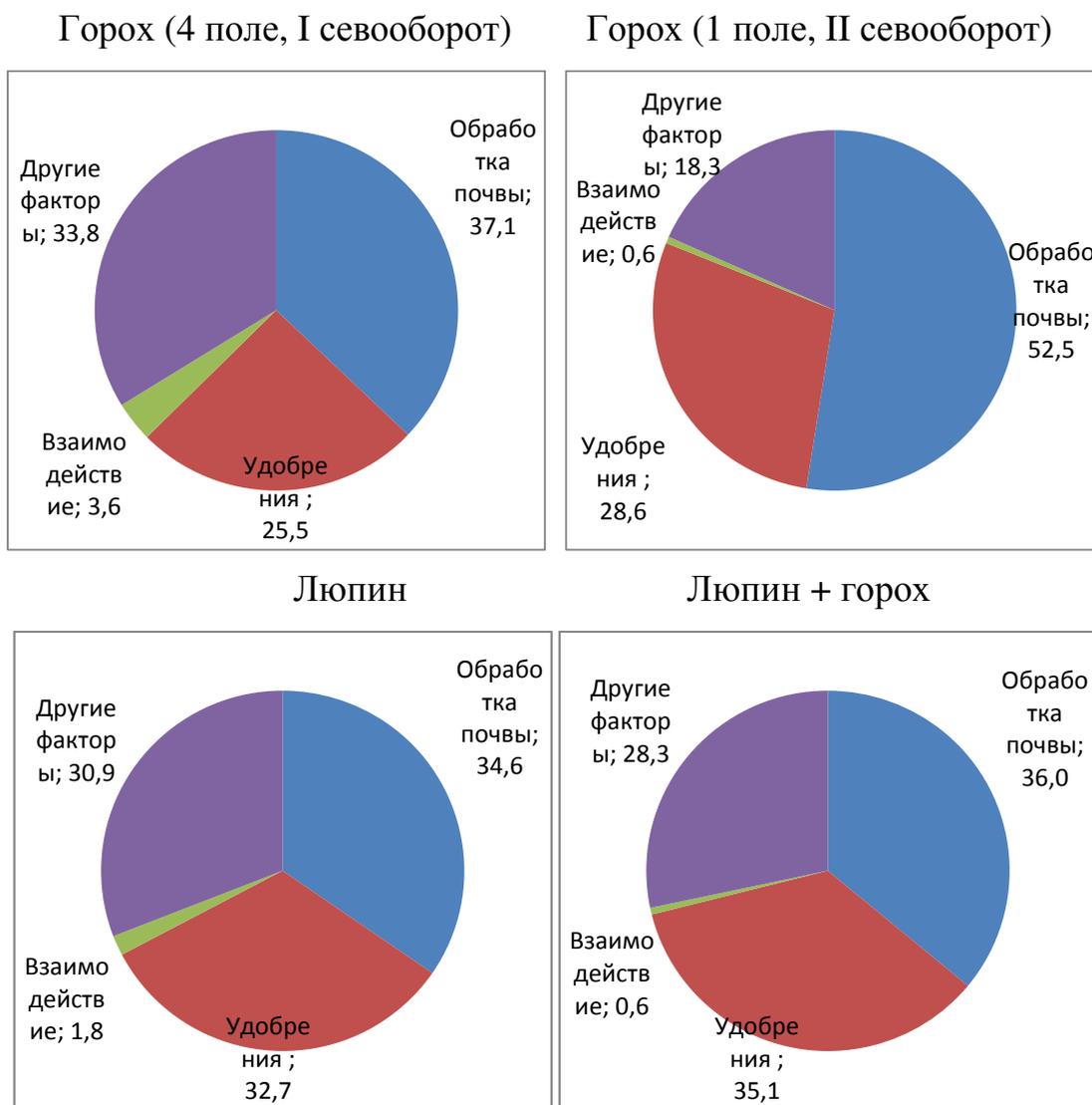


Рисунок 22 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожайности зерновых бобовых культур в среднем за 2012– 2015 гг. (по данным дисперсионного анализа)

Наибольшие изменения урожайности гороха в паровом поле второго севооборота были связаны с обработкой почвы – 52,5 %, на долю удобрений приходилось 28,6 %, на взаимодействие факторов – 0,6 % и с другими факторами было связано 18,3 %.

Более высокая зависимость гороха в зернотравяном севообороте от обработки почвы объясняется тем, что почва была более плотной и имела более высокие значения твердости по отношению к почвенным условиям зернопарового севооборота.

Урожайность люпина в одновидовых посевах и в смеси с горохом на 34,5-36,0 % определялась обработкой почвы и имела наибольшую отзывчивость на удобрения – 32,7-35,1 %.

Выявлены корреляционные зависимости между урожайностью семян зернобобовых культур и различными условиями ее формирования. Анализ показал, что имеется прямая связь между урожайностью и продолжительностью периода посев-созревание ($r=0,44-0,67$).

Урожайность люпина белого и узколистного находилась в прямой зависимости от продолжительности периода всходы - цветение ($r=0,83-0,84$), горох и вика имела среднюю положительную связь ($r=0,53-0,57$). Продолжительность периода цветение-созревание у гороха и люпина имел слабую прямую связь ($r=0,20-0,29$), у вики - прямую среднюю ($r=0,37$) (таблица 53).

Урожайность гороха и вики имела среднюю обратную ($r=-0,62...-0,65$), а люпина белого - сильную обратную ($r=-0,87...-0,91$) связь со среднесуточными температурами. Аналогичная закономерность отмечена и при выявлении связи с суммой эффективных температур.

Влияние суммы осадков и ГТК на урожайность зернобобовых культур было положительным, отмечена слабая прямая связь у вики ($r= 0,24$ и $0,30$), средняя - у гороха и люпина в смеси ($r=0,44-0,56$) и сильная - у люпина белого ($r=0,74-0,75$).

Также установлена прямая средняя связь урожайности семян гороха и вики с запасами продуктивной влаги перед посевом в метровом слое почвы ($r=0,61-0,64$). Люпин и его смеси с горохом, в большей степени зависели от содержания продуктивной влаги в метровом слое почвы ($r=0,87-0,78$).

Таблица 53 – Связь урожайности семян зернобобовых культур с продолжительностью межфазных периодов, абиотическими и другими факторами

Показатели	Коэффициент корреляции			
	Горох посевной	Вика посевная	Люпин белый	Люпин + горох
Продолжительность периода				
Всходы-цветение	0,53	0,57	0,84	0,83
Цветение-созревание	0,20	0,37	0,23	0,29
Посев-созревание	0,50	0,67	0,53	0,49
Абиотические факторы				
Среднесуточные температуры	-0,65	-0,62	-0,87	-0,91
Сумма температур	-0,35	-0,49	-0,72	-0,74
Сумма осадков	0,44	0,24	0,74	0,56
ГТК	0,44	0,30	0,75	0,54
Другие факторы				
Запасы продуктивной влаги перед посевом, мм	0,64	0,61	0,87	0,74
Численность сорных растений перед уборкой, шт/м ²	-0,68	-0,43	-0,65	-0,57

Сравнительная оценка продолжительности межфазных периодов и урожайности зернобобовых культур в динамике с абиотическими факторами позволяет отметить их взаимосвязь. Появление всходов люпина в большей степени зависела от осадков после посева и температуры по сравнению с традиционными культурами горохом и викой. Продолжительность вегетации зернобобовых культур удлинялась с увеличением осадков и укорачивалась при повышении среднесуточной температуры воздуха.

Урожайность находилась в прямой зависимости от продолжительности периода всходы - цветение, особенно у люпина белого и люпина узколистного, и в обратной зависимости от температуры воздуха. Урожайность зернобобовых культур прямо зависела от суммы осадков и величины гидротерми-

ческого коэффициента, особенно люпина, что характеризует его более влаголюбивой культурой в сравнении с горохом и викой.

Таким образом, наряду с возделыванием традиционных зерновых бобовых культур (горох и вика) в условиях лесостепи Поволжья большой интерес представляют посевы люпина белого и его смесей с горохом. Люпин белый может стать ценной парозанимающей культурой, предшественником для озимых культур. При планировании посевов смесей гороха и люпина важно подобрать сорта с близким по продолжительности периодом вегетации, что позволит увеличить производство качественного зернофуража.

5.2 Качество урожая и продуктивность зерновых бобовых культур

В сельскохозяйственном производстве вместе с решением главной проблемы увеличения валовых сборов зерна все большее внимание уделяется повышению его качественных показателей. Ключевую роль в повышении белковой продуктивности играют, прежде всего, генетический код (вид растения), сорт или гибрид, условия произрастания и агротехника. В этой связи заслуживает внимания оценка влияния агротехнических приемов на качество получаемой продукции и продуктивность.

Введение зернобобовых культур в севообороты является важнейшим приемом биологизации, что объясняется их уникальным свойством – симбиотической фиксацией азота воздуха, благодаря чему бобовые культуры способны накапливать большое количество белка.

Дефицит растительного белка приводит к перерасходу кормов на единицу животноводческой продукции на 20–30 %. Вместе с тем, зерновые бобовые культуры благодаря повышенному содержанию белка в семенах являются главным и практически незаменимым источником для производства белковых добавок (Парахин Н.В., 2002; Дозоров А.В., 2003; Новоселов Ю.К. и др., 2008), поэтому наиболее полная реализация их продуктивного потенциала является актуальной задачей.

Наши исследования показали, что комбинированная обработка почвы в севообороте в сочетании с внесением под зерновые бобовые культуры соломы и минеральных удобрений $P_{20}K_{20}$ оказывала положительное влияние на производство белка (таблица 54).

Так, в период первой ротации севооборотов содержание белка в семенах гороха варьировала в зависимости от вариантов опыта от 21,9 % (минимальная обработка и $P_{20}K_{20}$) до 23,0 % (комбинированная обработка и солома + $P_{20}K_{20}$), а в семенах вики от 25,2 % (комбинированная + $P_{20}K_{20}$ и на варианте минимальная обработка + $P_{20}K_{20}$) до 26,1 % (комбинированная обработка + солома + $P_{20}K_{20}$).

При этом на вариантах с внесением под культуры соломы + $P_{20}K_{20}$, как по комбинированной, так и по минимальной в севообороте обработке почвы, наблюдалось увеличение содержания белка и других качественных показателей семян гороха и вики.

Под воздействием обработки почвы и удобрений за 2005–2008 гг. в семенах гороха содержание сырого жира изменялось в пределах 1,56–1,64 %, сырой клетчатки 5,27–5,56 %, сырой золы 2,28–2,57 %, БЭВ 56,98–58,43 %, а в урожае вики 1,93–2,03 %, 5,92–6,75 %, 2,88–3,26 %, 52,87–54,33 % соответственно.

Анализ кормовых достоинств зерна бобовых культур за 2005-2008 гг. показал, что по выходу обменной энергии, переваримого протеина и кормовых единиц на изучаемых культурах преимущество имела комбинированная обработка почвы. С возрастанием уровня минерального питания отмечалась тенденция повышения продуктивности изучаемых культур.

Наибольшей продуктивностью отличались посеы гороха в зернопаровом севообороте, где по минимальной обработке почвы сбор обменной энергии с урожаем составил 22,6-22,9 ГДж/га, выход переваримого протеина 0,276-0,278 т/га и кормовых единиц – 2,572-2,633 тыс./га соответственно фоновым удобрениям. По комбинированной обработке почвы сбор обменной энергии возрос до 26,8-26,7 ГДж/га, переваримого протеина до 0,332-0,334 т/га и кормовых единиц до 3,083-3,059 тыс./га. На 1 кормовую единицу приходилось 105-109 г переваримого протеина.

Таблица 54 – Продуктивность зернобобовых культур в зависимости от обработки почвы и органоминеральных удобрений в севооборотах (первая ротация, 2005 - 2008 гг.)

Севооборот	Культура	Обра- ботка почвы	Удобрения	Сбор с урожаем зерна						ПП на 1 к.ед., г	
				Обменной энер- гии, ГДж/га		Переваримого протеина, т/га		Кормовых еди- ниц, тыс./га			
I севооборот Зернопаровой	Горох	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	26,8	24,7	0,332	0,305	3,083	2,84	108	108
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	26,7		0,334		3,059		109	
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	22,5		0,276		2,572		108	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	22,9		0,278		2,633		105	
II севооборот Зернотравяной с кострцом	Горох	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	23,8	22,5	0,308	0,295	2,48	2,34	124	126
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	24,7		0,333		2,574		129	
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	20,4		0,262		2,116		124	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	21,1		0,276		2,201		126	
III севооборот Зернопаровой с люцерной	Вика	В ₁	P ₂₀ K ₂₀	19,2	18,0	0,281	0,268	2,056	1,92	136	139
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	19,6		0,297		2,111		141	
		В ₂	P ₂₀ K ₂₀	16,4		0,241		1,738		138	
			Солома + P ₂₀ K ₂₀	16,8		0,254		1,791		142	

В₁ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

В₂ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12см + культивация КПШ-5 с БИГ – 3А на 12-14 см

Горох в паровом поле второго зернотравяного севооборота с кострцом по выходу обменной энергии, переваримого протеина и кормовых единиц уступал посевам гороха зернопарового севооборота, но обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином был выше – 124-129 г.

Выход переваримого протеина вики был также довольно высоким при относительно невысокой урожайности. Он несколько уступал гороху и изменялся в пределах 0,281-0,297 т/га по комбинированной обработке почвы и 0,241-0,254 т/га по минимальной соответственно по первому и второму фонам удобрений.

Таким образом, в среднем за 2005–2008 гг. технологии обработки почвы оказали существенное влияние на продуктивность зерновых бобовых культур. В посевах гороха сбор переваримого протеина по комбинированной обработке увеличивался на 56-57 кг/га, в посевах вики на 40-43 кг/га по сравнению с минимальной. Внесение соломы в сочетании с фосфорно-калийными удобрениями по сравнению с минеральным фоном повышало белковую продуктивность гороха на 25 кг/га по комбинированной обработке и на 14 кг/га по минимизированной, вики на 16 кг/га и на 13 кг/га соответственно.

В период второй ротации севооборотов по выходу обменной энергии преимущество оставалось за посевами гороха (4 поле I севооборота), где он варьировал от 27,1-28,9 ГДж/га по минимальной обработке почвы и до 28,8-30,6 ГДж/га по комбинированной с преимуществом второго фона удобрения (солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$) (таблица 55).

По выходу переваримого протеина выделялись посевы люпина - 0,534-0,588 т/га по комбинированной обработке почвы и 0,480-0,528 т/га по минимальной системе обработки почвы, что больше чем продуктивность гороха в паровом поле в 1,52-1,64 раза. Следует отметить более высокую продуктивность по выходу переваримого протеина смеси люпина и гороха по сравнению с одновидовыми посевами гороха на 22,3-29,6 %.

Таблица 55 – Продуктивность зернобобовых культур в зависимости от обработки почвы и органоминеральных удобрений в севооборотах (вторая ротация, 2012 - 2015 гг.)

Севооборот	Культура	Обработка почвы	Удобрения	Сбор с урожаем зерна						ПП на 1 к.ед., г	
				Обменной энергии, ГДж/га		Переваримого протеина, т/га		Кормовых единиц, тыс./га			
I севооборот Зернопаровой	Горох	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	28,8	28,9	0,369	0,374	3,332	3,335	111	112
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	30,6		0,407		3,535		115	
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	27,1		0,350		3,111		112	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	28,8		0,369		3,362		110	
II севооборот Зерноотравной с кострцом	Горох	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	26,9	26,4	0,340	0,337	3,091	3,041	110	110
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	29,2		0,386		3,37		114	
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	23,7		0,293		2,727		107	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	25,9		0,328		2,975		110	
III севооборот Зерноотравной с люцерной	Люпин	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	26,8	26,9	0,534	0,533	3,186	3,190	167	167
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	29,0		0,588		3,437		171	
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	25,1		0,480		2,973		162	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	26,7		0,528		3,162		167	
IV севооборот Зерноотравной с травосмесью	Люпин + горох	В ₁	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	27,4	27,5	0,416	0,423	3,189	3,200	130	132
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	29,7		0,473		3,461		137	
		В ₂	C + N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	25,5		0,380		2,967		128	
			C + N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	27,4		0,422		3,183		132	

В₁ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

В₂ - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + культивация КПШ-5 с БИГ – 3А на 12-14 см

По выходу кормовых единиц изучаемые культуры можно расположить в следующий ряд убывающей последовательности: горох (занятый пар) – 2,727-3,370 > люпин 2,973-3,461 > люпин + горох 2,967-3,461 > горох (4 поле I севооборота) 3,111-3,535 тыс. к. ед./га. По обеспеченности переваримым протеином среди зерновых бобовых преимущество имел люпин – 162-171 г на 1 к ед.

В период второй ротации севооборотов по выходу обменной энергии, переваримого протеина и кормовых единиц преимущество было за комбинированной обработкой почвы. Более высокая отзывчивость на комбинированную обработку почвы проявлялась в зернотравяных севооборотах. Так, белковая продуктивность гороха в зернотравяном севообороте с кострцом по отмеченному варианту возросла на 16,9 % (29 кг/га), тогда как в зернопаровом на 7,9 % (53 кг/га). Наибольшая отзывчивость на глубокую обработку почвы отмечена у люпина и составила в абсолютном выражении 57 кг/га. Аналогичные закономерности сохранились по выходу обменной энергии и кормовых единиц, однако более отзывчивым на обработку почвы оказался горох в зернотравяном севообороте.

Внесение соломы предшественника и минеральных удобрений из расчета $N_{20}P_{30}K_{30}$ повышало продуктивность всех изучаемых бобовых культур. По сбору обменной энергии и переваримого протеина при внесении $N_{20}P_{30}K_{30}$ наибольшую прибавку показали зерновые бобовые культуры в зернотравяных севооборотах: горох на 41 кг, люпина на 51 кг/га и смесь гороха с люпином на 50 кг/га. Преимущество повышенного фона удобрений проявилось и по сбору комовых единиц и по культурам он изменялся от 0,22 (люпин) до 0,26 тыс. к.ед./га (горох).

5.3 Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы

5.3.1 Формирование урожая и качества зерна озимой пшеницы

Наибольший урожай озимая пшеница формирует по чистому пару, но парование имеет ряд недостатков, которые общеизвестны. В случае разме-

щения озимой пшеницы по непаровым (колосовым) предшественникам, что обусловлено сложившейся структурой посевных площадей, факторами, ограничивающими урожайность, выступают фитосанитарная напряженность и почвоутомление. В итоге продуктивный потенциал сортов озимой пшеницы реализуется не в полной мере при значительном варьировании урожайности и валовых сборов зерна по годам.

Эти обстоятельства дают основание поиска путей повышения продуктивности озимой пшеницы, возделываемой в севооборотных ротациях с разными видами паров, чтобы более полно использовать агроклиматические ресурсы на формирование урожая при одновременном воспроизводстве почвенного плодородия.

В наших исследованиях в период первой ротации севооборота озимая пшеница размещалась по чистому пару, после гороха, после вики и сидерального пара. Как показывают данные, урожайность озимой пшеницы значительно варьировала, прежде всего, в зависимости от предшественников (табл. 56).

В среднем за 2005-2008 гг. более высокая урожайность озимой пшеницы была получена по чистому пару – 3,86 т/га, что больше чем после гороха на 0,23 т/га или 6,3 %, после вики на 0,25 т/га или 6,9 % и сидерального пара на 0,49 т/га или 14,5 %.

В отдельные годы, например, в 2005 году горох и вика по влиянию на урожайность озимой пшеницы не уступали чистому пару - 3,42-3,82 т/га, так как в этом году сложились лучшие условия влагообеспеченности посевов как в осенний, так и весенне-летний период вегетации. В 2007 году чистый и сидеральный пары были равноценными по влиянию на урожайность озимой пшеницы.

Таблица 56 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почвы и удобрений в севооборотах, т/га (первая ротация, 2005-2008 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Удобрения	Годы					V, %	По предшественнику	По обработке почвы	По удобрениям
			2005	2006	2007	2008	В среднем				
Чистый пар	В ₁	Н + N ₄₃ P ₂₀ K ₂₀	3,91	3,24	3,62	5,31	4,02	22,5	3,86	3,67	3,76
		С + N ₅₉ P ₂₀ K ₂₀	3,46	3,14	3,52	5,20	3,83	24,2			3,64
	В ₂	Н + N ₄₃ P ₂₀ K ₂₀	3,73	3,17	3,48	5,10	3,87	22,0	3,57		
		С + N ₅₉ P ₂₀ K ₂₀	3,34	3,07	3,45	5,04	3,73	23,9			
Горох	В ₁	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	3,78	2,78	3,35	5,06	3,74	25,9	3,63		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	3,42	2,73	3,30	5,02	3,62	27,1			
	В ₂	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	3,61	2,72	3,30	4,90	3,63	25,4	3,61		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	3,31	2,61	3,31	4,87	3,53	27,1			
Вика	В ₁	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	3,82	2,84	3,37	4,74	3,69	21,8	3,61		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	3,54	2,80	3,29	4,87	3,63	24,4			
	В ₂	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	3,69	2,77	3,37	4,66	3,62	21,8	3,37		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	3,35	2,66	3,27	4,70	3,50	24,6			
Сидерат	В ₁	Сид+N ₃₃ P ₂₀ K ₂₀	3,17	3,06	3,59	3,81	3,41	10,3	3,37		3,36
		Сид+С+N ₂₉ P ₂₀ K ₂₀	3,27	3,07	3,55	3,82	3,43	9,5			3,39
	В ₂	Сид+N ₃₃ P ₂₀ K ₂₀	3,09	3,02	3,47	3,66	3,31	9,2	3,37		
		Сид+С+N ₂₉ P ₂₀ K ₂₀	3,19	3,00	3,53	3,64	3,34	8,9			
НСР05			0,13	0,14	0,20	0,25					
НСР А			0,07	0,07	0,10	0,13					
НСР В			0,05	0,05	0,07	0,09					
НСР С			0,05	0,05	0,07	0,09					

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

В 2006 и 2008 годах чистый пар как предшественник обеспечил максимальную урожайность озимой пшеницы по сравнению с другими предшественниками. Следует отметить положительное влияние сидерального пара. За исключением засушливого 2008 года, во все годы исследований урожайность по этому предшественнику была выше, чем после гороха и вики.

Что касается обработки почвы, то в среднем за годы исследований отмечалось незначительное преимущество комбинированной системы обработки почвы, где прибавка составила 0,09-0,13 т/га, а в среднем - 0,10 т/га.

Системы удобрения с внесение навоза повышали урожайность озимой пшеницы на 0,09-0,17 т/га по сравнению с системой удобрения солома + NPK, а в среднем по фону удобрений – 0,13 т/га. Фоны удобрений сидерат + NPK и сидерат + солома + NPK были равноценными по влиянию на формирование урожайности озимой пшеницы, что объясняется примерно одинаковыми дозами минеральных удобрений.

Наибольшие колебания урожайности отмечались после гороха при коэффициенте вариации – 25,4-27,1 %, наименьшие по сидеральному пару – 8,9-10,3 %, тогда как после чистого пара – 22,0-24,3 % и после вики – 21,8-24,6 %.

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы показал, что в 2005 году 46,2 % изменений урожайности было вызвано действием предшественников в севооборотах и 21,2 % влиянием удобрений, на обработку почвы приходилось 6,5 %, с взаимодействием факторов (прежде всего, предшественников и удобрений) было связано 15,4 % и другими факторами 5,9 %.

В последующие годы исследований большая часть дисперсии урожайности была связана также с предшественниками от 48,0 % (2007 год) и до 91,3 % (2008 год), на обработку почвы приходилось 1,8-3,9 %, на удобрения до 2,4 %, взаимодействие факторов – 0,3-3,2 % и другие факторы – 4,4-40,9 %.

Данные дисперсионного анализа показывают, что в период первой ротации севооборотов (2005-2008 гг.) комбинированная и минимальная обработки почвы были равноценными по влиянию на урожайность озимой пше-

ницы. В среднем использование систем удобрений солома + NPK, сидераты + NPK, сидераты + солома + NPK по влиянию на урожайность озимой пшеницы не уступали органоминеральной системе удобрений навоз + NPK (рис. 23, приложение 7).



Рисунок 23 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожая озимой пшеницы за 2005– 2008 гг. (по данным дисперсионного анализа),%

В период второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) изменился набор предшественников озимой пшеницы культур (горох, люпин, люпин + горох) и системы удобрения: I фон – солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$ и II фон солома +

$N_{60}P_{45}K_{45}$. Урожайные данные озимой пшеницы по годам и вариантам представлены в таблице 57.

Оценка влияния предшественников на урожайность озимой пшеницы показала, что в 2012 году она изменялась от 3,22-3,78 т/га после занятых паров до 4,11-4,33 т/га после чистого пара. Способов обработки почвы показали равноценное влияние на формирование урожайности озимой пшеницы, различия находились в пределах НСР₀₅.

Системы удобрения повлияли на урожайность озимой пшеницы. В 2012 году прибавка на повышенном фоне ($N_{60}P_{45}K_{45}$) составила от 0,16 т/га по чистому пару и до 0,21-0,24 т/га после занятых паров в сравнении с фоном $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Следует отметить, что преимущество чистого пара по отношению к занятым парам сохранялось и в последующие годы исследований. Так, в 2013 году урожайность возросла на 0,30-0,40 т/га, в 2014 году на 0,61-0,77 т/га и в 2015 году на 1,40-1,93 т/га в сравнение с занятыми парами.

Наибольшая урожайность озимой пшеницы была достигнута во влажный и теплый вегетационный период 2014 года, особо благоприятной была осень 2013 года после посева. На варианте опыта по чистому пару с комбинированной обработкой почвы и фоном удобрения $N_{60}P_{45}K_{45}$ урожайность достигала 6,01 т/га, на других вариантах опыта она составляла 4,66-5,55 т/га. В сложившихся условиях прослеживалось преимущество комбинированной обработки почвы над минимальной на 0,20 т/га, что является достоверной прибавкой (НСР₀₅=0,06).

При оценке фонов удобрений были получены данные, которые позволяют утверждать, что по чистому пару отмечалось преимущество повышенного фона удобрений, при этом прибавка составила 0,46 т/га по комбинированной и 0,37 т/га по минимальной обработке почвы, что выше ошибки опыта. После занятых паров прибавка урожайности по повышенному фону была ниже и составила 0,05-0,24 т/га, причем по комбинированной обработке почвы эффективность удобрений была выше.

В условиях 2015 года преимущество чистого пара было более значительным. Так, по сравнению с горохом урожайность озимой пшеницы выросла на 1,37-1,48 т/га, а в сравнении с другими предшественниками на 1,71-2,00 т/га, что объясняется, прежде всего, недостатком влаги перед посевом, низким температурным фоном зимы, малоснежным периодом при низких температурах (декабрь 2014 г.).

В среднем за 2012-2015 гг. урожайность озимой пшеницы по чистому пару составила 4,22-4,60 т/га, тогда как после парозанимающих культур от 3,26 т/га (после люпина + горох, минимальная обработка почвы, фон солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$) до 3,81 т/га (после гороха, комбинированная обработка почвы, фон солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$). Лучшим из парозанимающих культур оказался горох, после которого было получено от 3,47 т/га (минимальная обработка почвы, фон удобрения солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$) до 3,81 т/га зерна (комбинированная обработка почвы, фон удобрения солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$). В среднем преимущество чистого пара в формировании урожайности озимой пшеницы по сравнению с горохом составило 0,75 т/га, люпина - 0,89 т/га и смеси гороха с люпином - 0,97 т/га. Наиболее устойчивая урожайность была после чистого пара, при этом коэффициент вариации составил 18,5-21,0 %, тогда как после гороха – 26,3-28,9 %, а после люпина и его смеси с горохом – 31,3-33,6 %.

Оценка эффективности предшественников в среднем за 2012 – 2015 гг. показала, что чистый пар создавал лучшие условия для формирования урожая озимой пшеницы, прежде всего, за счет влагообеспеченности посевов, это повлияло на появление более дружных всходов и хорошее развитие растений на начальных этапах.

Обработка данных методом дисперсионного анализа доказывает, что различия между средними значениями по вариантам существенны на 5%-ном уровне значимости по предшественникам, вариантам обработки почвы (кроме 2013 года) и фонам удобрений.

Таблица 57 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почвы и удобрений в севооборотах, т/га (вторая ротация, 2012-2015 гг.)

Предшест- венник	Обра- ботка почвы	Удобрения	Годы					V,%	По предше- ственнику	По об- работке почвы	По удоб- рениям
			2012	2013	2014	2015	В сред- нем				
Чистый пар	В ₁	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,13	3,55	5,55	4,05	4,32	19,9	4,40	3,81	3,64
		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	4,33	3,82	6,01	4,23	4,60	21,0			3,85
	В ₂	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,11	3,51	5,33	3,92	4,22	18,5	3,69		
		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	4,22	3,78	5,70	4,06	4,44	19,4			
Горох	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,59	3,14	5,08	2,66	3,62	28,9	3,65		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,78	3,44	5,26	2,75	3,81	27,8			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,46	3,09	4,79	2,55	3,47	27,5			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,74	3,38	5,02	2,69	3,71	26,3			
Люпин	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,53	3,27	4,91	2,16	3,47	32,6	3,51		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,74	3,50	5,12	2,23	3,65	32,4			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,47	3,25	4,73	2,01	3,37	33,1			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,68	3,45	4,91	2,15	3,55	31,9			
Люпин + го- рох	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,32	3,16	4,89	2,14	3,38	33,6	3,43		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,57	3,45	5,04	2,30	3,59	31,3			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,22	3,14	4,66	2,03	3,26	33,1			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,40	3,42	4,90	2,20	3,48	31,8			
НСР05			0,11	0,20	0,17	0,16					
НСР А			0,06	0,10	0,08	0,08					
НСР В			0,04	0,07	0,06	0,06					
НСР С			0,04	0,07	0,06	0,06					

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Обработка почвы оказывала влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы. Рыхление почвы плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см под парозанимающие культуры повышает урожайность на 0,12 т/га по сравнению с вариантом - культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

Наши исследования показали, что изменения урожайности озимой пшеницы в зависимости от фона минеральных удобрений и применения соломы были достоверными. В среднем при использовании соломы с минеральными удобрениями $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность составила 3,64 т/га, а по фону солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 3,85 т/га, разница - 0,21 т/га в пользу повышенного фона питания.

Дисперсионный анализ показал, что в 2012 году наибольшие изменения урожайности связаны с предшественниками – 84,7 %, на долю удобрений приходилось 9,7 %, на обработку почвы 1,8 % и другие факторы 4,3 %.

В 2013 году наибольшие изменения урожайности были связаны также с предшественниками – 48,5 %, на долю удобрений приходилось 33,7 %, другие факторы – 17,1 %. Способы основной обработки почвы оказывали равноценное влияние на формирование урожайности озимой пшеницы (рис. 24, приложение 7).

Анализ урожайных данных за 2014 год показал, что с предшественниками связано 70,9 %, с обработкой почвы 9,7 % и удобрениями 12,0 % изменения урожайности. В 2015 году основным фактором выступали предшественники – 97,7 %.

Таким образом, наибольшие колебания урожайности озимой пшеницы были вызваны действием предшественников.

В лесостепной зоне Поволжья наибольшую урожайность озимой пшеницы обеспечивает ее возделывание по чистым парам с применением обработки почвы по схеме СибИМЭ на 20-22 см под парозанимающие культуры или КПИР-3,6 на 12-14 см и органоминеральной системы удобрения солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$ или солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$.

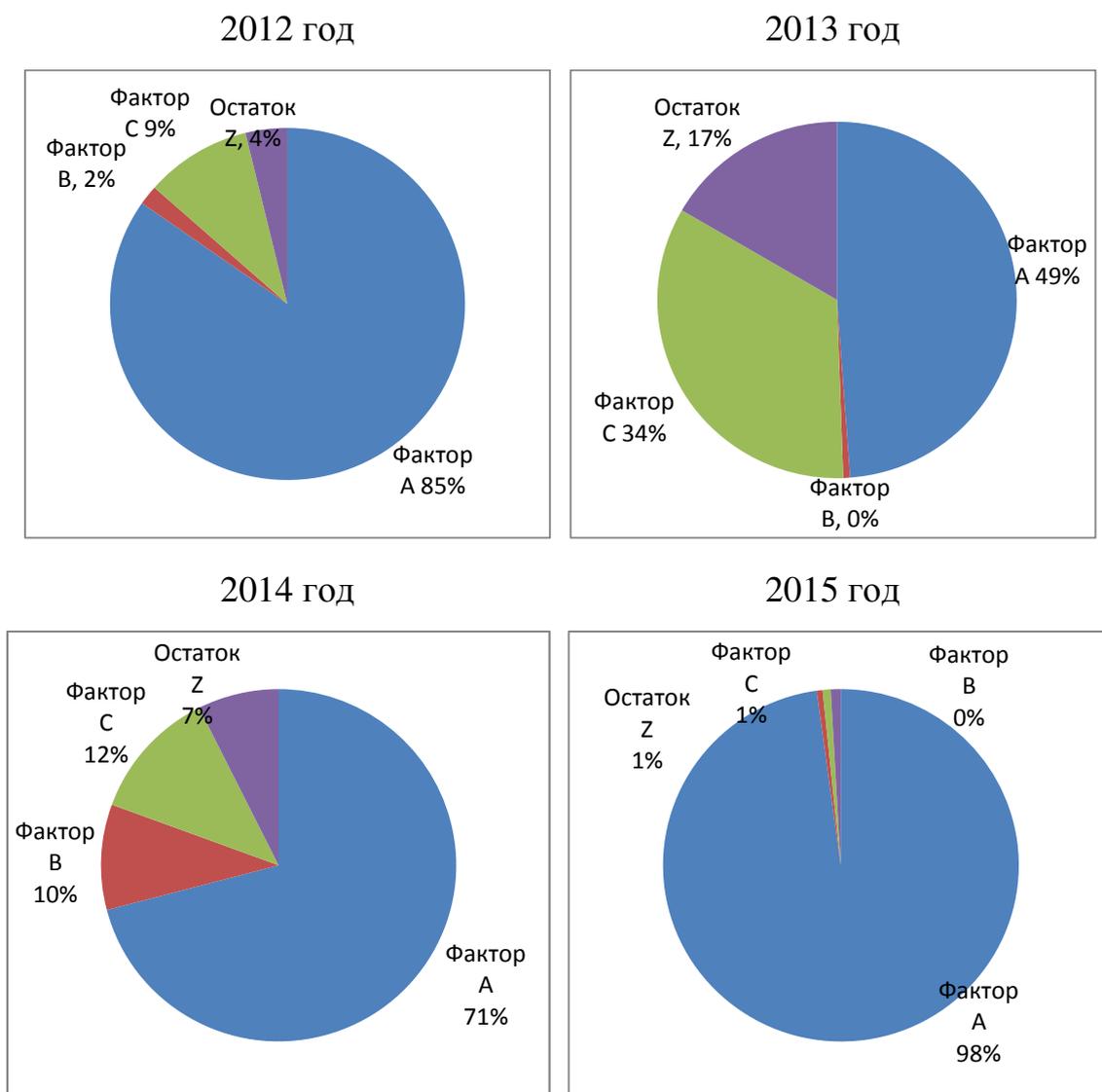


Рисунок 24 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожая озимой пшеницы за 2012– 2015 гг. (по данным дисперсионного анализа)

Посредством корреляционно-регрессионного анализа нами установлена положительная связь ($R^2=0,499$) между содержанием продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы (x , мм) и урожайностью зерна озимой пшеницы (y , т/га), что характеризуется уравнением регрессии:

$$y = 0,0415x + 2,3565$$

Несмотря на то, что возрастает частота весенне-летних засух за май-июнь, динамика урожайности озимой пшеницы по средним данным полевых опытов имеет тенденцию к повышению, которая характеризуется полиномиальным уравнением при средней положительной связи $r = 0,39$.

Минимальный уровень урожайности зерновых культур отмечен в год очень сильной засухи – 2010 г., однако в другие годы, в том числе в годы со средней засухой, уровень урожайности озимой пшеницы мало зависел от ГТК (май-июнь).

Наибольшая урожайность озимой пшеницы была получена в годы со средней засухой в период май-июнь – 4,12 т/га, тогда как в годы недостаточного увлажнения – 3,27 т/га, а в годы с отсутствием засухи – 3,39 т/га. Этот факт указывает на то, что озимая пшеница активно использует запасы почвенной влаги осенне-зимнего и весеннего периодов на продукционный процесс (таблица 58).

Таблица 58 - Средняя урожайность озимой пшеницы в опытах и ее связь с интенсивностями засух за 2003-2015 гг.

Интенсивность засухи	Очень сильная ГТК<0,4	Сильная 0,4-0,5	Средняя ГТК 0,5-0,7	Слабая ГТК 0,7-1,0	Без засухи ГТК>1,0
Годы	2010	2015	2008, 2009, 2012, 2014	2006, 2007, 2013	2003, 2004, 2005, 2011
Урожайность озимой пшеницы, т/га	0,22	2,76	4,12	3,27	3,39

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ показал, что урожайность озимой пшеницы имеет слабую зависимости от ГТК Селянинова за май-июнь (таблица 59).

Наши исследования показывают, что более высокая урожайность была получена после чистого пара – 3,72 т/га, после занятых паров (горох, вика, люпин) урожайность составила 3,15 т/га и после сидерата – 3,24 т/га зерна.

Водно-тепловой режим почвы и посевов - главный регулятор продукционного процесса в агроэкосистемах, поэтому изучение водно-теплого режима почвы с целью управления ресурсами влаги за счет неравномерно выпадающих атмосферных осадков в регионе - важная задача в системах

земледелия и эффективная мера преодоления засушливых условий и смягчения их последствий.

Таблица 59 - Связь урожайности озимой пшеницы и ГТК за май-июнь в зависимости от предшественников

Предшественник	Средняя урожайность, т/га	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Чистый пар	3,72	$y = 0,366 x + 3,339$	0,17
Занятый пар	3,15	$y = 0,318 x + 2,810$	0,14
Сидеральный пар *	3,24	$y = 0,468 x + 2,749$	0,25

* - Сидеральный пар (2003-2008 гг.) и занятый пар (2009-2015 гг.)

Учитывая вышеизложенное можно констатировать, что урожайность озимой пшеницы зависела от предшественников и в меньшей степени - от гидротермических условий за май-июнь. Эффективность видов пара в качестве предшественников определялась, прежде всего, накоплением и сохранением влаги к посеву озимой пшеницы.

Повышение устойчивости урожаев зерна озимой пшеницы в изменяющихся метеорологических условиях лесостепи Поволжья связано с приемами, способствующими накоплению и рациональному использованию продуктивной влаги, более широкого введения сидеральных паров как фактора воспроизводства плодородия почв, оптимизации обработки почвы и удобрения.

В объёмах реализации зерновых в Ульяновской области на долю пшеницы приходится 60 % финансовой выручки, и она могла бы возрасти в случае реализации зерна с более высокими параметрами качества. Из общего объёма товарного зерна пшеницы только 26 % 1-2 и 3 класса, а 74 % - ниже 3 класса, отсюда снижается экономическая эффективность зернового хозяйства, проблема качества зерна пшеницы особо актуальная в современных усло-

виях (Морозов В.И., 2014) Аналогичная ситуация складывается и в других регионах России (Алтухов А.И., 2015). По оценке А.В. Алабушева (2015), в отечественном экспорте зерна доля продовольственной пшеницы не превышает 20%.

По мнению многих ученых среди основных причин, оказывающих негативное влияние на качество зерна, следует выделить изменения климата, деградация почвенного плодородия, усиление процессов эрозии, изменение режима минерального питания почвы, а также ухудшение фитосанитарной обстановки, использование химических средств защиты растений, увеличение микотоксической зараженности зерна (Парахин Н.В., 2015; Прянишников А.И., 2016).

Решение проблемы повышения продуктивности и качества зерна многие ученые связывают, прежде всего, с селекцией (Прянишников А.И., 2016; Goutam U., 2013; Bilgin O, 2016), также с агротехнологиями (Różyło K., 2016) и адаптивным растениеводством, основанном, на принципах биологизации земледелия (Жученко А.А., 2008; Кирюшин В.И., 2011; Парахин Н.В., 2013). Поэтому оценка приемов биологизации земледелия и их влияние на качество зерна озимой пшеницы носит актуальный характер.

Согласно ГОСТа Р 52554-2006, качество зерна пшеницы - совокупность показателей: содержание белка, массовая доля клейковины, натура и др. Основная биологическая ценность зерна пшеницы – это содержание белка и его аминокислотный состав.

Исследования показали, что качество зерна изменялось в зависимости от предшественников и других изучаемых факторов. Следует отметить, что содержание белка в зерне озимой пшеницы находилось на высоком уровне. Так, в период первой ротации севооборотов уровень содержания белка в зерне озимой пшеницы изменялся по годам исследований. Наибольшее его содержание было получено после чистого пара – 14,4-14,7 %, после гороха - 14,1-14,5 %, после сидерата - 14,0-14,4 % и вики – 13,8-14,2% (табл.60).

Таблица 60 - Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений
(в среднем за 2005-2008 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Удобрения	Нагура, г/л		Содержание белка, %			Содержание клейковины, %			ИДК, ед			
Чистый пар	В ₁	Н + N ₄₃ P ₂₀ K ₂₀	751	749	752	14,8	14,6	14,6	27,0	26,9	26,8	72	73	75
		С + N ₅₉ P ₂₀ K ₂₀	747			14,4			26,7			74		
	В ₂	Н + N ₄₃ P ₂₀ K ₂₀	754	755		14,7	14,6		27,0	26,8		77		
		С + N ₅₉ P ₂₀ K ₂₀	755	14,4		26,6			76					
Горох	В ₁	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	752	749	743	14,5	14,4	14,3	26,8	26,8	26,7	73	74,5	76
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	746			14,3			26,8			76		
	В ₂	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	738	738		14,1	14,2		26,6	26,7		78		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	737	14,2		26,7			76					
Вика	В ₁	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	749	752	747	13,8	14,0	13,9	25,6	25,8	25,6	74	74,5	76
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	754			14,2			25,9			75		
	В ₂	Н + N ₂₅ P ₂₀ K ₂₀	746	742		13,8	13,8		25,8	25,5		75		
		С + N ₃₇ P ₂₀ K ₂₀	738	13,7		25,2			79					
Сидерат (вика+овес)	В ₁	Сид+N ₃₃ P ₂₀ K ₂₀	749	753	751	14,2	14,4	14,2	26,3	26,7	26,8	70	69	70
		Сид+С+N ₂₉ P ₂₀ K ₂₀	756			14,5			27,0			68		
	В ₂	Сид+N ₃₃ P ₂₀ K ₂₀	749	749		14,0	14,0		26,8	26,9		71		
		Сид+С+N ₂₉ P ₂₀ K ₂₀	749	14,0		26,9			71					
НСР05			8,0		0,85			1,2			-			
НСР А			5,4		0,48			0,86						
НСР В и С			4,1		0,36			0,60						

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

В 2005 году в условиях высокой влагообеспеченности бобовые предшественники имели преимущество перед чистым паром по влиянию на содержание белка в зерне. После бобовых предшественников его содержание в зерне было на уровне 13,9-15,1 %, тогда как после чистого пара - 13,8-14,6 %. Однако в среднем за годы исследований лучшие результаты получены по предшественнику чистый пар.

Главная составная часть белка, определяющая качество муки и хлеба, – клейковина. Последняя обладает хорошей растяжимостью, упругостью и эластичностью, то есть способностью восстановить исходную форму после растяжения и надавливания. Количество клейковины в среднем за годы исследований находилось в пределах 25,2-27,0 %.

Кроме количества клейковины, определяли ее качество, в частности, упругость клейковины (ИДК). Качество клейковины во всех вариантах опыта в среднем за годы исследований находилось на уровне 70-78 ед., что соответствовало второй группе качества клейковины.

Качество зерна пшеницы также зависит от его природы, то есть объемной массы. Природа очищенного от примесей зерна служит одним из основных физических его свойств. Чем выше природа, тем больше в нем содержится полезных веществ. Такое зерно хорошо выполнено, так как относительно больше содержится эндосперма и меньше оболочек, что важно для мукомольных качеств зерна. Базисные значения зерна, предъявляемые к сильным пшеницам, составляют 750 г/л, для зерна ценных пшениц 710 г/л.

В среднем за годы исследований отмечалось повышение природы зерна после чистого пара – 747-755 г/л и сидерата – 746-756 г/л. При размещении озимой пшеницы после гороха ее значения снижались до 738-746 г/л, после вики - до 738-754 г/л.

По влиянию факторов на природу зерна выделялась комбинированная обработка почвы по сравнению с минимальной, где ее значения возросли в среднем на 4-11 г/л. Фоны удобрения были равноценными по влиянию на природу зерна.

Система биологизации севооборотов оказала комплексное влияние на рост качества зерна озимой пшеницы от первой ротации ко второй. Пожнив-но-корневых остатки многолетних трав в зернотравяных севооборота и систематическое внесение соломы зерновых и зернобобовых культур приводило к повышению почвенного плодородия. Следует учесть тот факт, что бобовые фитоценозы вовлекают в круговорот биотического вещества дополнительный биологический азот, который закрепляется в лабильном органическом веществе почвы. В течение вегетации последующих культур, органическое вещество разлагается, азот и другие элементы становятся доступным для вегетирующих растений в течение всей вегетации, что также важно с позиции получения качественного зерна зерновых культур. Наши экспериментальные данные подтверждают высокую эффективность теорию биологизации севооборотов при возделывании зерновых культур на зерно.

В период второй ротации севооборотов белковость зерна пшеницы изменялась по годам, что может быть связано с гидротермическими условиями. Так, если среднее содержание белка в 2012 году составило 15,8 %, то в 2013 – 13,7 %, 2014 – 13,4 % и в 2015 - 13,8 %.

Оценивая агротехнические факторы, следует отметить, что в полученном зерне озимой пшеницы было высокое содержание белка – 14,6 % по чистому пару, после гороха - 13,9 %, после люпина – 14,1 % и после смеси люпина с горохом – 14,2 %.

Содержание клейковины в зерне, муке и её качество являются наиболее важным признаком в сравнении с физическими свойствами зерна. Учеты показали, что ее содержание находилось на высоком уровне. Так, в среднем за годы исследований по чистому пару ее концентрация составила 34,1 %, после гороха - 33,4 %, после люпина - 33,5 %, после люпина в смеси с горохом - 33,4 %. Как видим, незначительное преимущество здесь имеет севооборот с чистым паром, однако разница между вариантами не превышала 0,6-0,7 % (абсолютное значение).

Таблица 61 - Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений
(в среднем за 2012-2015 гг.)

Предшественник	Обра- ботка почвы	Удобрения	Нагура, г/л			Содержание белка, %			Содержание клейковины, %			ИДК, ед		
Чистый пар	В ₁	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	775	781	776	14,6	14,7	14,6	33,9	34,2	34,1	81	80	82
		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	786			14,8			34,4			79		
	В ₂	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	769	771		14,5	14,4		33,8	34,0		82	83	
		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	773	14,3		34,1			84					
Горох	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	760	764	760	13,8	14,0	13,9	33,2	33,4	33,4	83	82	83
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	768			14,1			33,6			80		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	751	755		13,7	13,9		33,1	33,3		83	84	
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	759	14,1		33,5			84					
Люпин	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	753	755	752	14,1	14,1	14,1	32,7	33,2	33,5	85	85	84
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	757			14,1			33,6			84		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	749	750		13,9	14,0		33,4	33,8		83	84	
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	750	14,1		34,1			84					
Горох + люпин	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	756	759	754	14,0	14,1	14,2	33,2	33,5	33,4	83	83	83
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	762			14,2			33,7			82		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	747	750		14,0	14,3		32,7	33,3		84	84	
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	752	14,6		33,8			83					
НСР05			14,6			1,2			1,3			-		
НСР А			10,2			0,9			0,9					
НСР В и С			8,0			0,6			0,7					

В₁ - комбинированная в севообороте; В₂ - минимальная.

Кроме содержания клейковины, нами определялось и ее качество – индекс деформации клейковины (ИДК). Качество клейковины во всех вариантах опыта в среднем за годы исследований соответствовало второй группе (78-83 ед.) и существенных различий по вариантам и годам не выявлено.

Изучаемые системы обработки почвы были равноценными по влиянию на изменение содержания клейковины по всем изучаемым предшественникам. Повышенные дозы минерального питания имели незначительное преимущество в содержании клейковины (таблица 61).

В ходе проведенных исследований за 2012-2015 гг. установлено, что наибольшее влияние на натуру зерна оказали виды пара, обработка почвы и метеоусловия за годы опытов. Системы удобрения были равноценными по влиянию на данный показатель (754 г/л на среднем фоне и 760 г/л на повышенном).

Натура зерна при возделывании озимой пшеницы по чистому пару составила 769-786 г/л, тогда как после занятых паров 747-768 г/л. Комбинированная обработка почвы способствовала увеличению натуре зерна на 5-11 г/л.

Следует отметить, что особенно сильно натурная масса зерна озимой пшеницы различалась по годам, она изменялась от 788 г/л (2014 год) до 707 г/л (2015 год), но в основном она соответствовала базисным значениям сильной пшеницы.

Проанализировав показатели качества урожая озимой пшеницы в среднем по опыту за 2012-2015 гг., можно сделать вывод, что наилучшие условия для роста и развития растений, а в конечном итоге повышение урожая складывалось при возделывании озимой пшеницы после чистого пара, при комбинированной в севообороте системе обработки почвы и повышенном фоне удобрения. Качество зерна озимой пшеницы по содержанию белка и клейковины мало изменялось по предшественникам, обработке почвы и удобрениям, что можно объяснить высоким уровнем плодородия почвы при систематическом использовании органоминеральной системы удобрения и ротации биологизированных севооборотов.

5.3.2 Продуктивность звеньев с озимой пшеницей

Устойчивое производство зерна озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья является условием экономической стабильности в хозяйствах. Лучшими предшественниками для озимой пшеницы по влиянию на урожайность является чистый пар, который позволяет очистить поле от сорняков, накопить и сохранить влагу, обеспечивает получение дружных всходов, хорошее развитие с осени. Вместе с тем введение чистого пара носит экологические последствия (минерализация органического вещества почвы, подверженность эрозионным процессам и др.) и зачастую приводит к снижению продуктивности севооборотов, что вызывает необходимость поиска парозанимающих культур.

Оценка продуктивности паровых звеньев за две ротации севооборотов показывает, что четко прослеживается существенное преимущество звеньев севооборотов с занятыми парами зерновыми бобовыми культурами (таблицы 62 и 63).

Расчеты показали, что в период первой ротации севооборотов (2005-2008 гг.) выход зерна в изучаемых звеньев с занятыми парами горохом и викой составил соответственно 2,79 и 2,57 т/га, что больше чем в звеньях с чистым (1,93 т/га) и сидеральным парами (1,69 т/га). По выходу условных зерновых единиц продуктивность звеньев с занятыми парами возросла до 3,18 и 2,87 тыс. на 1 га, что больше чем в звене с чистым паром соответственно на 1,25 и 0,94 тыс./га и с сидеральным паром на 1,49 и 1,18 тыс./га.

Эффективность комбинированной системы обработки почвы по выходу условных зерновых единиц в звеньях с занятыми парами оказалась выше по отношению к минимальной системе в звене с горохом на 0,31 тыс./га и в звене с викой на 0,26 тыс./га. В звеньях с чистым и сидеральным парами озимая пшеница слабо реагировала на обработку почвы, поэтому продуктивность звеньев находилась на одном уровне.

Таблица 62 – Продуктивность звеньев севооборотов с озимой пшеницей в зависимости от систем обработки почвы и удобрения за 2005 - 2008 гг.

№ севооборота	Звенья севооборота	Обработка почвы	Удобрения	Урожайность зерна в среднем по звену, т/га	Выход зерна с 1 га пашни, т			Выход зерновых единиц с 1 га пашни по звену, т		
					По вариантам	По обработке почвы	В среднем по звену	По вариантам	По обработке почвы	В среднем по звену
I	Пар чистый – озимая пшеница	В ₁	C ₁	4,02	2,01	1,97	1,94	2,01	1,97	1,94
			C ₂	3,83	1,92			1,92		
		В ₂	C ₁	3,87	1,94	1,91		1,94	1,91	
			C ₂	3,73	1,87			1,87		
II	Горох - озимая пшеница	В ₁	C ₁	2,92	2,92	2,91	2,79	3,33	3,34	3,18
			C ₂	2,90	2,90			3,34		
		В ₂	C ₁	2,68	2,68	2,68		3,02	3,03	
			C ₂	2,67	2,67			3,03		
III	Вика - озимая пшеница	В ₁	C ₁	2,68	2,68	2,67	2,57	3,01	3,00	2,87
			C ₂	2,66	2,66			2,99		
		В ₂	C ₁	2,50	2,50	2,47		2,77	2,75	
			C ₂	2,44	2,44			2,72		
IV	Сидерат - озимая пшеница	В ₁	C ₃	3,41	1,71	1,72	1,69	1,71	1,72	1,69
			C ₄	3,43	1,72			1,72		
		В ₂	C ₃	3,31	1,66	1,67		1,66	1,67	
			C ₄	3,34	1,67			1,67		

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Исследования позволяют сделать вывод, что фоны органоминеральных систем удобрений навоз + NPK, солома + NPK, сидераты + NPK, сидераты + солома + NPK по влиянию на продуктивность изучаемых звеньев и в целом оказались равноценными. Однако в связи с меньшими затратами на внесение в почву соломы и сидератов в сочетании с минеральными удобрениями, эти системы удобрений более эффективны как средства биологизации севооборотов, чем навоз.

В период второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) проводилось сравнительное изучение звеньев севооборотов в зависимости от размещения озимой пшеницы по чистому пару, гороху, люпину и смеси гороха с люпином при двух способах основной обработки почвы и двух фонах удобрения. Исследования показали, что, как и в период первой ротации, более высокая продуктивность звеньев по выходу зерна и условных зерновых единиц была отмечена при размещении озимой пшеницы после бобовых культур (гороха, люпина и смеси гороха с люпином).

Несмотря на более высокую урожайность озимой пшеницы по чистому пару - 4,22-4,60 т/га, выход зерна с 1 га парового звена составил 2,11-2,30 т/га, тогда как в звене горох - озимая пшеница – 2,71-3,10 т/га (зерновых единиц – 3,09-3,58 тыс./га). Продуктивность звеньев с люпином и его смеси с горохом также была выше, чем в звене чистый пар - озимая пшеница (таблица 63).

По выходу условных зерновых единиц изучаемые звенья севооборотов можно расположить в следующий ряд: горох – озимая пшеница (3,39 тыс./га) - горох + люпин – озимая пшеница (3,29 тыс. /га) – люпин – озимая пшеница (3,23 тыс./га) – чистый пар – озимая пшеница (2,23 тыс./га).

Оценка изучаемых приемов показала, что в период второй ротации севооборотов отмечалось преимущество комбинированной обработки почвы, так, в звене с чистым паром выход условных зерновых единиц повышался лишь на 0,06 тыс./га, а в звеньях с занятыми парами на 0,17-0,25 тыс./га.

Таблица 63 – Продуктивность звеньев севооборотов с озимой пшеницей в зависимости от систем обработки почвы и удобрения за 2012-2015 гг.

№ севооборота	Звенья севооборота	Обработка почвы	Удобрения	Урожайность зерна в среднем по звену, т/га	Выход зерна с 1 га пашни, т			Выход зерновых единиц с 1 га пашни по звену, т		
					По вариантам	По обработке почвы	В среднем по звену	По вариантам	По обработке почвы	В среднем по звену
I	Пар чистый – озимая пшеница	В ₁	C ₁	4,32	2,16	2,23	2,20	2,16	2,23	2,20
			C ₂	4,60	2,30			2,30		
		В ₂	C ₁	4,22	2,11	2,17		2,11	2,17	
			C ₂	4,44	2,22			2,22		
II	Горох - озимая пшеница	В ₁	C ₁	2,91	2,91	3,01	2,91	3,35	3,47	3,34
			C ₂	3,10	3,10			3,58		
		В ₂	C ₁	2,71	2,71	2,82		3,09	3,22	
			C ₂	2,92	2,92			3,35		
III	Люпин - озимая пшеница	В ₁	C ₁	2,80	2,80	2,89	2,83	3,23	3,34	3,25
			C ₂	2,98	2,98			3,44		
		В ₂	C ₁	2,68	2,68	2,76		3,08	3,17	
			C ₂	2,84	2,84			3,26		
IV	Люпин + горох - озимая пшеница	В ₁	C ₁	2,80	2,80	2,90	2,83	3,24	3,36	3,27
			C ₂	3,00	3,00			3,48		
		В ₂	C ₁	2,66	2,66	2,76		3,07	3,18	
			C ₂	2,85	2,85			3,29		

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Увеличение доз минеральных удобрений при планировании более высокой урожайности зернобобовых культур и озимой пшеницы повышало продуктивность звеньев. В зернопаровом звене повышенный фон удобрения имел преимущество на 0,14 тыс. з.ед./га по комбинированной и на 0,11 тыс. з.ед./га по минимальной обработке почвы, в звеньях с занятыми парами преимущество составило от 0,18 до 0,26 тыс. з.ед./га.

В целом за две ротации севооборотов комбинированная система основной обработки почвы по влиянию на продуктивность звеньев оказалась эффективнее минимальной, что, прежде всего, объясняется ее влиянием на урожайность парозанимающих культур (горох, вика, люпин и смесь люпин + горох).

Обобщая экспериментальные данные по биологизации технологии озимой пшеницы, следует отметить, что современная рыночная экономика ориентирует на производство той продукции, которая пользуется спросом на рынке. Однако такая ориентация в реальных условиях производства сопровождается дефицитным балансом органического вещества почвы и элементов минерального питания. Имеется опасность замедления роста урожайности, ухудшения качества зерна, деградации плодородия и серьёзными экологическими издержками. Наши исследования показывают, что использование в качестве предшественников озимой пшеницы зерновых бобовых культур и использование в звеньях севооборотов соломы на удобрение позволяет при невысоких дозах минеральных удобрений получать 2,72- 3,01 т/га высокобелкового зерна бобовых культур и качественного зерна озимой пшеницы.

5.3.3 Подбор предшественников озимой пшеницы в севооборотах

В условиях Ульяновской области в производстве зерна озимые зерновые культуры занимают 17-26% от посевных площадей, и обеспечивают 26-63% валового производства.

Формирование урожая зерна озимых культур в значительной степени обусловлено появлением своевременных всходов и развитием растений в

осенний период, что определяется комплексом факторов. По данным многих ученых, в условиях Среднего Поволжья лучшим предшественником для озимых культур является чистый пар (Морозов В.И., 1986; Потушанский В.А., 2003; Асмус А.А., 2009; Плескачев Ю.Н., 2013).

Впервые районирование паров проведено в 1931 г, тогда было принято решение о том, что в условиях Среднего Поволжья 50% озимых культур было рекомендовано размещать по занятым парам (Биоклиматический потенциал России, 2006).

Исследованиями Шульместера К.Г. (1995) установлено, что оптимальной долей озимых зерновых культур для условий лесостепи Поволжья является 20-23 % от площади пашни, озимые зерновые целесообразно размещать по чистым парам только 40-50 % площади (10-12 % от всей пашни). Однако в засушливых районах Среднего Поволжья по чистым парам размещают 100% площади посева озимых культур, особенно озимую пшеницу (Кащеев А.Н., 2007).

В рекомендациях для условий Ульяновской области отмечено, что для повышения зернового производства от 60 % (Западная зона) до 100 % (Южная зона) озимых культур рекомендуется размещать по чистым парам (Адаптивно-ландшафтная система..., 2013).

В условиях высокой культуры земледелия, при оптимизации питательного режима почвы за счет внесения удобрений, применении средств защиты растений и достаточной влагообеспеченности, роль чистого пара снижается, а с точки зрения экономической эффективности его введение не целесообразно и преимущество остается за звеньями с занятыми парами.

Получение высоких урожаев озимой пшеницы по занятым парам возможно в годы с достаточным количеством осадков в период июль-август, что обеспечивает получение своевременных и дружных всходов, поэтому посев озимой пшеницы можно производить только по тем занятым парам, которые к севу озимых культур накапливают достаточное количество влаги. Наши расчеты показали, что урожайность озимой пшеницы в занятом пару (после

гороха) имела прямую среднюю зависимость от количества осадков в период июль-август предшествующего года ($r=0,58$).

В условиях лесостепи Поволжья ценными культурами для размещения в занятых парах являются зерновые бобовые, а одним из лучших - горох. По мнению В.И. Морозова (2002), севооборотные звенья с горохом следует рассматривать как «генетически связанные с плодосменом», что ослабляет отрицательное влияние повторных посевов зерновых культур, снижает поражение корневыми гнилями.

Сельскохозяйственные предприятия лесостепи Поволжья в недалеком прошлом лидировали по производству зернобобовых культур. По данным В.И. Морозова (1996), в среднем за 1971-1980 гг. зернобобовые культуры в Ульяновской области занимали 240 тыс. га (12,9 %). При этом на долю гороха приходилось 207 тыс. га (11,9 % от площади пашни). Валовой сбор зернобобовых достигал 306-350 тыс.т. или 16-19 % к общему валовому сбору зерновых. Накопление ресурсов растительного белка за счет интенсификации культуры зернобобовых растений оказывало позитивное влияние на развитие животноводства и удовлетворение потребностей населения в продуктах питания животного происхождения.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что занятый пар следует рассматривать как альтернатива чистому пару, а подбор видового состава предшественников определяются конкретными почвенно-климатическими условиями.

Анализ полученных данных в стационарном полевом опыте кафедры земледелия позволил выявить обратную среднюю ($r= -0,48$) зависимость прибавки урожайности озимой пшеницы по чистому пару (в сравнении с занятым гороховым) от количества осадков в период июль-сентябрь. Выявлено, что при сумме осадков > 150 мм, за указанный период, различия в урожайности озимой пшеницы по чистому и занятому парам минимизируются и не превышают 0,6 т/га (рис. 25).

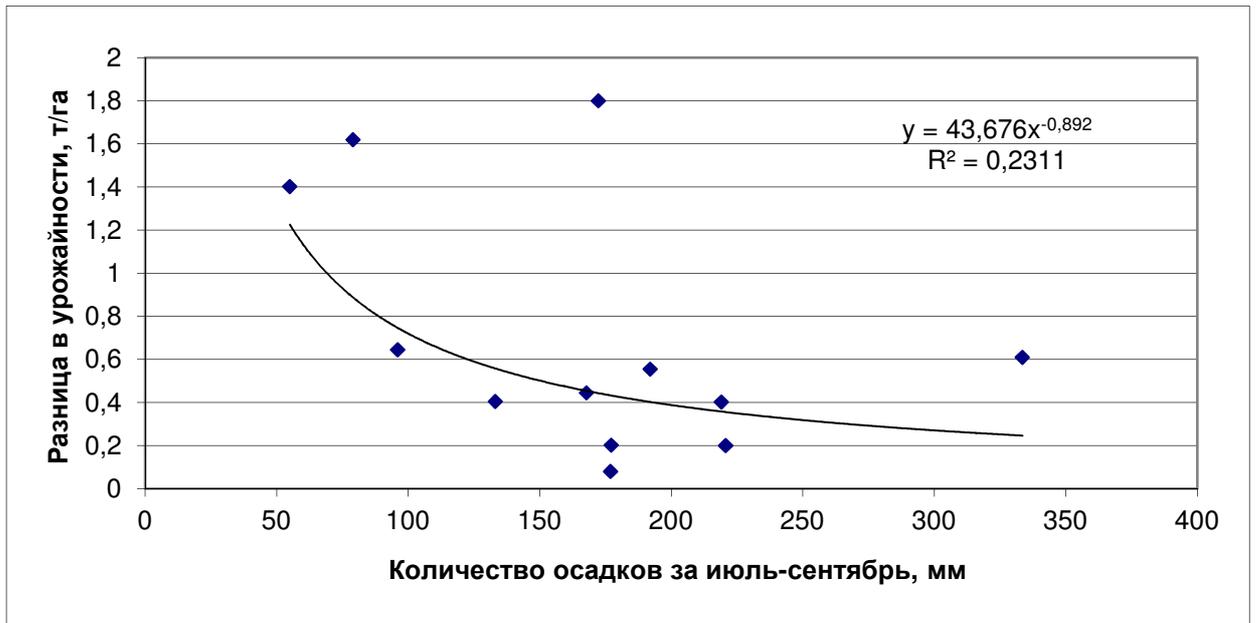


Рис. 25 - Связь прибавки урожая озимой пшеницы от чистого пара с количеством осадков в предшествующем году (за 2003-2015 гг.)

Анализ урожайности озимой пшеницы по чистому пару показал, что она изменялась от 3,09 до 5,65 т/га (отмечена гибель посевов 7,7% лет), при этом коэффициент вариации составил 19,7%, что характеризуется как средняя вариабельность. После гороха урожайность озимой пшеницы варьировала от 1,72 до 5,04 т/га, при коэффициенте вариации 30,6%.

В среднем за 12 лет наблюдений урожайность озимой пшеницы изменялась в зависимости от предшественников от 3,31 до 4,01 т/га с преимуществом чистого пара на 0,7 ц/га. Таким образом, урожайность озимой пшеницы по чистому пару была выше, чем после занятого пара горохом и более устойчива по годам (таблица 64).

Данный факт объясняется более высокой влагообеспеченностью посевов озимой пшеницы по чистому пару в период посева и осеннего развития. Посредством корреляционно-регрессионного анализа нами установлена положительная связь ($r=0,633$) между содержанием продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы (x , мм) и урожайностью зерна озимой пшеницы (y , т/га), что характеризуется уравнением регрессии: $y = 0,025x + 0,401$.

Таблица 64 - Урожайность озимой пшеницы и ее вариация по различным предшественникам за 2003-2015 гг.

Предшественник	Средняя урожайность, 2003-2015 гг.	Варьирование урожайности, т/га		V, %
		min	max	
Без учета 2010 года				
Чистый пар	4,01	3,09	5,65	19,7
Занятый пар (горох)	3,31	1,72	5,04	30,6
С учетом 2010 года (гибель озимой пшеницы)				
Чистый пар	3,42	0,41	5,65	35,5
Занятый пар (горох)	2,86	0,16	5,04	43,7

Несмотря на отмеченное, при оценке продуктивности прослеживается существенное преимущество звеньев севооборотов с горохом. По нашим исследованиям, выход условных зерновых единиц в звене с горохом составил 3,02 тыс./га, что больше чем в звене с чистым паром на 1,02 тыс./га (таблица 65).

Таблица 65 - Продуктивность звеньев севооборотов с озимой пшеницей за 2003-2015 гг.

№ п/п	Звено севооборота	Урожайность гороха, т/га	Урожайность озимой пшеницы, т/га	Выход зерновых единиц, тыс./га	V, %
1	Чистый пар - озимая пшеница	-	4,01	2,00	19,7
2	Горох - озимая пшеница	1,95	3,31	3,02	26,0

Моделирование систем земледелия и ее элементов основано на экономико-математических методах, однако они применяются не часто, хотя имеется определенный опыт их разработки и внедрения (Моделирование систем земледелия..., 1983; Образцов, А.С., 1990; Фрумин И.Л., 2004).

Постановка задачи сводилась к определению оптимального звена севооборота (с чистым и занятым паром), доли чистого пара в качестве предшественника озимой пшеницы, которая бы обеспечивала получение максимальной денежной выручки от произведенной зерновой продукции в звене севооборота.

Для решения данной проблемы была разработана экономико-математическая модель. Искомыми величинами в ней являлись площади посевов озимой пшеницы в звеньях с чистым и занятым парами (x_1 , x_2).

x_1 – площадь посева чистый пар - озимая пшеница;

x_2 – площадь посева горох - озимая пшеница;

Ограничения задачи были составлены из условий, описывающих структуру посевных площадей зерновых культур, условий, отражающих условия возделывания, а также по расчету технико-экономических показателей. Общий размер задачи составили две переменные и наиболее значимые условия-ограничения (таблица 66).

Таблица 66 - Исходные данные для построения модели по оптимизации звеньев севооборотов с озимой пшеницей

№ п/п	Показатели	Чистый пар - озимая пшеница	Горох - озимая пшеница	Объемы ограничений
1	Производственные затраты, тыс.руб./ 1 га	15,1	27,5	Не более 25,0
2	Выход зерна, т/га	2,00	3,02	Не менее 2,5
3	Выручка от реализации продукции, тыс. руб. с 1 га	23,6	40,8	Целевая функция стремится к тах

За целевую функцию был принят показатель - получение выручки от реализации получаемой продукции в звеньях севооборотов, за ограничиваю-

щие факторы такие показатели как производственные затраты и выход зерна в звене севооборота.

Цель задачи сводилась к определению такой доли чистого и занятого паров в качестве предшественников для озимой пшеницы, которая обеспечила бы максимальное значение функции:

$$F(X) = 23,6 x_1 + 40,8 x_2 \rightarrow \max$$

при следующих условиях:

По общей площади пашни:

$$x_1 + x_2 = 1$$

По суммированию производственных затрат:

$$15,1x_1 + 27,5x_2 \leq 25,0$$

По производству зерновой продукции:

$$2,00x_1 + 3,02x_2 \geq 2,5$$

$$4,01x_1 + 3,31x_2 \geq 3,65$$

В результате решения задачи была построена область допустимых решений, то есть решена графически система неравенств. Для этого построены прямые и определены полуплоскости, заданные неравенствами.

В результате построения прямой, отвечающей значению функции $F = 0$: $F = 23,6x_1 + 40,8x_2 = 0$ и построения вектора-градиента, составленного из коэффициентов целевой функции, указывается направление максимизации $F(X)$.

Прямая $F(x) = \text{const}$ пересекает область в точке А. Так как точка А получена в результате пересечения прямых (1) и (3), то ее координаты удовлетворяют уравнениям этих прямых (рис. 26):

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$2,00x_1 + 3,02x_2 \geq 2,6$$

Решив систему уравнений, получены значения: $x_1 = 0,4$, $x_2 = 0,6$

Откуда найдено максимальное значение целевой функции:

$$F(X) = 23,6 * 0,4 + 40,8 * 0,6 = 33,9$$

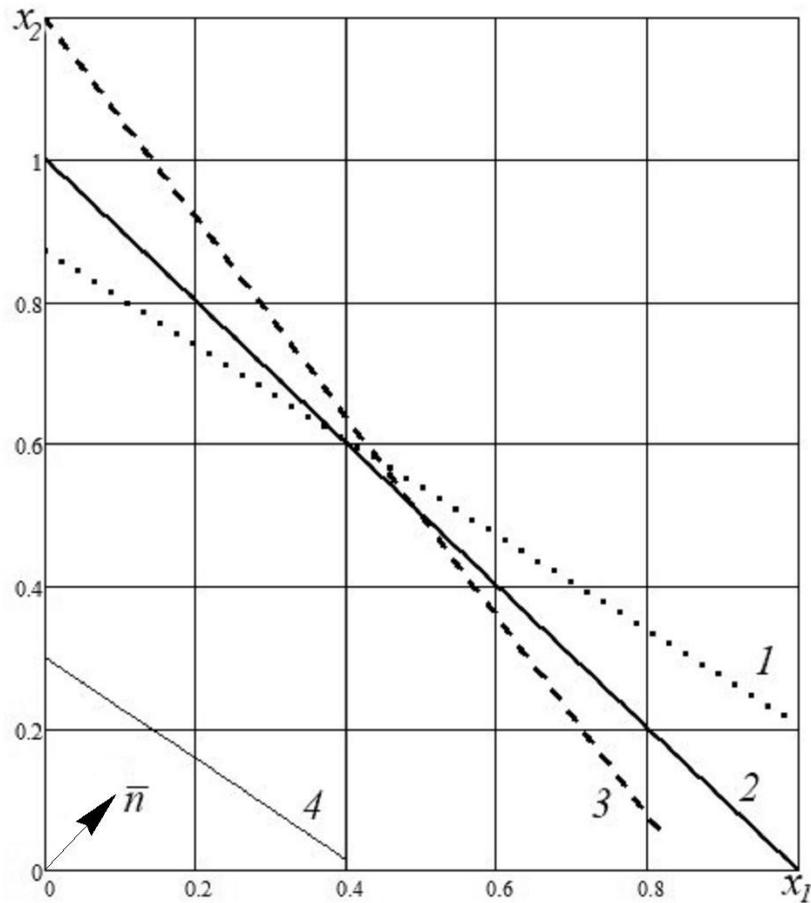


Рис. 26 – Графическое изображение решения задачи по оптимизации звеньев севооборотов

1- решение уравнения по оптимизации производственных затрат.

2- доля x_1 – чистого пара; x_2 - доля занятого пара горохом.

3- решение уравнения по производству зерновой продукции с единицы площади

Сумма планируемой денежной выручки от реализации зерновой продукции может составить 33,9 тыс. руб. с 1 га.

Таким образом, решение задачи линейного программирования показывает, что оптимальное соотношение чистого и занятого пара в качестве предшественников озимой пшеницы по данным многолетних полевых исследований в условиях лесостепи Поволжья составляет соответственно 0,4:0,6.

Севооборот выполняет комплекс важнейших организационно-хозяйственных и агротехнических функций в системах земледелия. Структу-

ра севооборотов, количество полей и набор культур определяют такие условия, как специализация, почвенно-климатические и социально-экономические условия ведения хозяйства.

Чистые пары в севооборотах имеют преимущества и недостатки, поэтому их доля определяется, прежде всего, уровнем интенсификации и почвенно-климатическими условиями. По нашим данным (в среднем за 12 лет), урожайность озимой пшеницы по чистому пару составила 4,01 т/га, что на 0,7 т/га больше, чем после гороха (3,31 т/га), но выход зерна в звене с горохом составил 3,02 т/га или на 1,02 т/га или 50,1% больше. В этой связи актуально определить оптимальное соотношение доли чистого и занятого паров-предшественников для озимой пшеницы. Нами предлагается метод линейного программирования с включением в модель показателей производственных затрат и продуктивности звеньев по выходу зерна с целью получения максимальной выручки от реализации получаемой продукции. Решение задачи линейного программирования показывает, что оптимальное соотношение предшественников для озимой пшеницы *чистый пар : занятый пар* по нашим многолетним данным в условиях лесостепи Поволжья составляет соответственно 0,4:0,6.

5.4 Формирование урожая и качества зерна яровой пшеницы при биологизации севооборотов

Интенсификация биологических приемов в технологии яровой пшеницы в лесостепи Поволжья мало изучена. Изучение комплексного действия и взаимодействия предшественников, обработки почвы и удобрений в формировании урожайности и качества зерна яровой пшеницы при биологизации севооборотов является актуальной задачей.

Урожайность – интегральный показатель продуктивности агроэкосистемы. К тому же она занимает ведущее место в оценке эффективности культуры, конкретного сорта, применяемой агротехнологии, себестоимости продукции, рентабельности и производительности труда.

Исследования показали, что в период первой ротации севооборотов (за 2005-2008 гг.) прослеживалось последствие паровых предшественников на урожайность яровой пшеницы, однако наибольшее влияние оказывала основная обработка почвы.

В первом севообороте, в зернопаровом звене и во втором севообороте при последствии гороха, урожайность яровой пшеницы находилась на уровне 2,78 т/га. В третьем севообороте при последствии вики урожайность составила 2,83 т/га и в 4-ом, при последствии сидерального пара – 2,88 т/га (таблица 67).

Оценка обработки почвы по влиянию на формирование урожая яровой пшеницы показала, что комбинированная система в севообороте имела существенное преимущество по сравнению с минимальной.

Разница в пользу комбинированной технологии в первом севообороте составила 0,44 т/га, во 2-м 0,42 т/га, в 3-ем 0,46 т/га и в 4-ом 0,44 т/га, что можно объяснить лучшей влагообеспеченностью растений перед посевом и меньшей их засоренностью. В среднем по севооборотам прибавка составила 0,43 т/га.

Эффективность удобрений в севооборотах повышалась на фоне комбинированной системы обработки почвы по сравнению с минимальной. Различий между вариантами удобрений фактически не отмечено, то есть можно констатировать, что органоминеральные системы удобрений с навозом и соломой были равноценными по влиянию на урожайность яровой пшеницы.

Оценка урожайности по предшественникам показала, что в отдельные годы (2006 и 2008 гг.) отмечалось преимущество сидерального пара. Так, в 2008 году сидеральный пар оказывал последствие на яровую пшеницу, где урожайность возросла по отношению к звену с чистым паром на 0,14-0,26 т/га, к звену с горохом – на 0,05-0,24 т/га и викой - на 0,1-0,28 т/га. Особенно урожайность возрастала на комбинированной системе обработки почвы. В 2005 и 2007 гг. преимущество ни одного из изучаемых звеньев севооборотов не наблюдалось.

Таблица 67 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почвы и удобрения в севооборотах, т/га (первая ротация, 2005-2008 гг.)

Звено	Обра- ботка почвы	Удобрения	Годы				V, %	По предше- ственнику	По обра- ботке почвы	По удоб- рениям
			2005	2006	2007	2008				
Чистый пар - озимая пшени- ца	В ₁	Н + N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	2,47	3,93	2,14	3,51	3,01	2,78	3,03	2,81
		С + N ₁₈ P ₂₀ K ₂₀	2,24	3,96	2,19	3,42	2,95			2,78
	В ₂	Н + N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	2,05	3,51	1,90	2,83	2,57		2,60	
		С + N ₁₈ P ₂₀ K ₂₀	2,00	3,47	1,99	2,81	2,57			
Горох – озимая пшеница	В ₁	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	2,46	3,90	2,15	3,44	2,99	2,78		
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	2,43	3,87	2,14	3,44	2,97			
	В ₂	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	2,06	3,46	1,83	2,92	2,57			
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	2,06	3,43	1,91	2,86	2,57			
Вика - озимая пшеница	В ₁	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	2,54	4,01	2,21	3,53	3,07	2,83		
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	2,43	4,00	2,27	3,40	3,03			
	В ₂	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	2,19	3,58	1,82	2,87	2,62			
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	2,13	3,56	1,87	2,80	2,59			
Сидерат – ози- мая пшеница	В ₁	Сид+N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	2,50	4,05	2,17	3,70	3,11	2,88		2,89
		Сид+С+N ₁₃ P ₂₀ K ₂₀	2,43	4,06	2,28	3,68	3,11			2,88
	В ₂	Сид+N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	2,24	3,58	1,86	2,97	2,66			
		Сид+С+N ₁₃ P ₂₀ K ₂₀	2,10	3,56	1,93	2,96	2,64			
НСР05			0,13	0,13	0,16	0,17				
НСР А			0,07	0,07	0,08	0,09				
НСР В			0,05	0,05	0,06	0,06	-	-	-	-
НСР С			0,05	0,05	0,06	0,06				

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Дисперсионный анализ показал, что за 2005-2008 годы наибольшее влияние на формирование урожайности оказала систем основной обработки почвы в севообороте, с которой было связано по годам 72,6-87,4 % изменений, а в среднем – 80,1 %. На долю звеньев севооборотов (предшественников) приходилось 1,4-7,5 %, а вклад систем удобрений составил всего лишь 0,05-4,8 % (рис. 27, приложение 8).

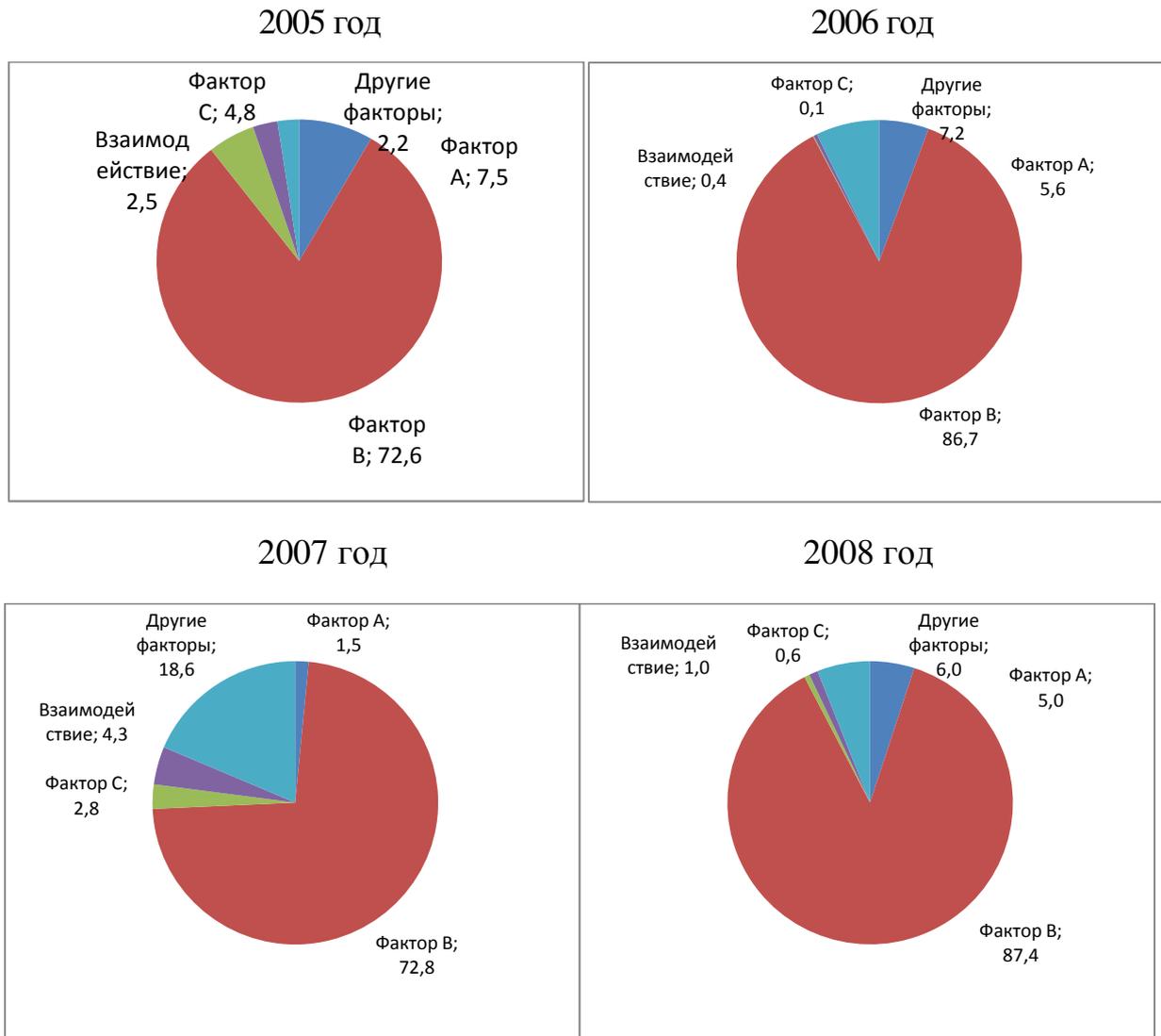


Рис. 27 - Вклад факторов в формирование урожая яровой пшеницы в севооборотах за 2005-2008 гг. (3 поле севооборотов, первая ротация), %

В объёмах реализации зерновых в хозяйствах Ульяновской области на долю пшеницы приходится 60 % финансовой выручки. Она могла быть больше в случае реализации зерна с более высокими параметрами качества,

согласно годовым отчетам из общего объёма товарного зерна пшеницы только 25,7 % 3 класса и выше, а 74,3 % ниже 3 класса, поэтому эффективность зернового хозяйства в регионе остается низкой, что вызывает необходимость разработки приемов, направленных на повышение качества зерна пшеницы.

Исследования показали, что предшественники оказывали последствие на качество зерна яровой пшеницы. Обработка почвы и удобрения были равноценными по влиянию на качество зерна яровой пшеницы.

Наибольшая натура зерна была получена при последствии чистого пара – 758 г/л, что больше чем после других предшественников на 9-15 г/л. Однако по содержанию белка выделялось зерно пшеницы в звене с горохом, где его доля возрастала с 12,5-12,6 % до 13,2 %, что является достоверной прибавкой. По накоплению клейковины также выделялось звено с горохом – 24,2 %, что больше чем в звене с чистым паром на 1,4 %, по сравнению со звеном с викой на 1,0 % и сидератом на 0,8 %. По качеству клейковины (индексу деформации клейковины) существенных различий не выявлено (таблица 68).

В более засушливых условиях в период второй ротации севооборотов (2012-2015 гг.) урожайность зерна яровой пшеницы изменялась по годам в зависимости от гидротермических условий. При этом отмечены сильные колебания урожайности, так наибольшая была получена в 2014 году от 3,86 до 4,54 т/га, наименьшая - в 2015 году от 0,86 до 1,38 т/га. Коэффициент вариации урожайности составил от 42,8-49,7 % в паровом звене севооборота, до 48,6-51,6 % в звене с люпином (таблица 69).

В годы с низкой влагообеспеченностью (2012-2015 гг. ГТК за май-июнь = 0,46-0,88) прослеживалось положительное последствие чистого пара на урожайность яровой пшеницы, где она была наиболее высокой – 2,92 т/га, что больше чем в звене с горохом на 0,21 т/га, люпином на 0,13 т/га и смеси люпина и гороха на 0,19 т/га. Причем преимущество урожайности яровой пшеницы в паровом звене прослеживалось во все годы второй ротации севооборотов.

Таблица 68 - Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от последствия паров, обработки почвы и органоминеральных удобрений (в среднем за 2005-2008 гг.)

Звено сево-оборота	Обра-ботка почвы	Удобрения	Нагура, г/л		Содержание белка, %			Содержание клейковины, %			ИДК, ед			
Чистый пар - озимая пше-ница	В ₁	Н + N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	753	760	758	12,2	12,3	12,5	22,9	22,9	22,8	75	73	74
		С + N ₁₈ P ₂₀ K ₂₀	767			12,4			22,9			70		
	В ₂	Н + N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	753	12,7		22,4	76							
		С + N ₁₈ P ₂₀ K ₂₀	760	12,5		23	73							
Горох - ози-мая пшеница	В ₁	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	756	760	749	13,1	13,1	13,2	24,1	24,2	24,2	73	74	72
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	763			13,1			24,2			74		
	В ₂	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	752	13,3		24	72							
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	725	13,3		24,4	69							
Вика - озимая пшеница	В ₁	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	742	752	743	12,6	12,7	12,5	22,7	23,0	23,2	78	73	72
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	762			12,7			23,2			68		
	В ₂	Н + N ₁₆ P ₂₀ K ₂₀	731	12,3		23,1	73							
		С + N ₁₄ P ₂₀ K ₂₀	735	12,3		23,9	69							
Сидерат (ви-ко-овес) - озимая пше-ница	В ₁	Сид+N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	764	766	752	13,1	13,0	12,6	23,6	23,8	23,4	68	67	73
		Сид+С+N ₁₃ P ₂₀ K ₂₀	768			12,8			23,9			65		
	В ₂	Сид+N ₂₃ P ₂₀ K ₂₀	745	11,7		22,9	81							
		Сид+С+N ₁₃ P ₂₀ K ₂₀	731	12,6		23,3	78							
НСР05			7,00		0,94			1,30			-			
НСР А			5,00		0,52			0,90						
НСР В и С			3,82		0,41			0,70						

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Таблица 69 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почвы и удобрения в севооборотах, т/га (вторая ротация, 2012-2015 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Удобрения	Годы					V, %	По предшественнику	По обработке почвы	По удобрениям
			2012	2013	2014	2015	В среднем				
Чистый пар - озимая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,44	2,69	4,39	1,23	2,94	45,4	2,92	2,89	2,68
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,76	2,94	4,54	1,38	3,16	42,8			2,90
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,25	2,36	4,12	1,00	2,68	49,7	2,68		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,59	2,65	4,33	1,07	2,91	48,3			
Горох – озимая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,22	2,53	4,03	0,91	2,67	49,6	2,71		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,61	2,80	4,29	0,97	2,92	49,1			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,12	2,30	3,74	0,88	2,51	49,3			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,48	2,59	3,93	0,90	2,73	49,0			
Люпин - озимая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,31	2,58	4,27	0,97	2,78	50,1	2,79		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,71	2,84	4,39	1,03	2,99	48,6			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,19	2,31	3,96	0,86	2,58	51,6			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,49	2,54	4,14	0,99	2,79	49,0			
Люпин + горох – озимая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,24	2,56	4,11	0,94	2,71	49,5	2,73		
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,63	2,78	4,27	1,00	2,92	48,6			
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,11	2,30	3,82	0,87	2,53	50,0			
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,48	2,54	4,00	0,95	2,74	48,9			
НСР05			0,11	0,17	0,15	0,21					
НСР А			0,05	0,09	0,07	0,10					
НСР В			0,04	0,06	0,05	0,07	-	-	-	-	-
НСР С			0,04	0,06	0,05	0,07					

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Комбинированная система обработки почвы во все годы исследований имела существенное преимущество по сравнению с минимальной. Урожайность яровой пшеницы в среднем возросла с 2,68 т/га (дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см) до 2,89 т/га (дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см).

Отмечено повышение урожайности яровой пшеницы по фону удобрения солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$ на 0,22 т/га по сравнению с фоном солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Оценка вклада факторов в формирование урожайности яровой пшеницы показала, что наибольшие ее изменения были связаны с применением удобрений, который изменялся по годам от 3,0 % (2015 год) до 70,0 % (2012 год), на обработку почвы приходилось от 3,5 (2015 год) до 41,3 % (2013 год), предшественники – 4,4 (2013 год) до 31,7 % (2014 год). С взаимодействием факторов было связано от 1,1% (2014 год) до 20,6 % (2015 год) и с другими факторами – от 5,9 % до 62,6 % (рис. 28, приложение 8).

В среднем за 2012-2015 гг. вклад в формирование урожайности удобрений составил – 31,5 %, с обработкой почвы было связано 22,7 %, с предшественниками – 13,9 %, с взаимодействием факторов – 6,4 % и другими факторами – 23,4%.

Анализ полученного зерна показал изменения качества по изучаемым вариантам (таблица 70). Натура зерна яровой пшеницы по предшественникам изменялась от 751-758 г/л и не имела существенных различий, практически не выделялись способы обработки почвы и фоны удобрения по влиянию на данный показатель. Содержание белка также находилось на уровне наименьшей существенной разности по изучаемым вариантам. По содержанию клейковины в зерне преимущество имело звено с люпином – 28,9 %, что больше чем в других звеньях на 1,2-1,5 % . Также в отдельных звеньях увеличение наблюдалось содержания клейковины по повышенному фону удобрений солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$ по сравнению с фоном солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$. Так, в звене с чистым паром по минимальной обработке почвы доля клейковины в зерне возросла на 1,2 %, аналогичные данные были получены в звеньях с го-

рохом и люпином. По индексу деформации клейковины существенных различий по вариантам не установлено.



Рис. 28. - Вклад факторов в формирование урожая яровой пшеницы в севооборотах за 2012-2015 гг. (3 поле севооборотов, вторая ротация), %

Чистый пар по влиянию на урожайность второй культуры в севообороте – яровой пшеницы имел преимущество только в засушливых условиях, а по качеству имели преимущества бобовые культуры и сидеральный пар, что прослеживалось в период двух ротаций севооборотов. Фоны удобрения с навозом и соломой были равноценными по влиянию на урожайность и качество зерна пшеницы, а внесение сидерата способствовало повышению его качества, что, по мнению многих авторов, объясняется образованием большого количества лабильного органического вещества в почве.

Таблица 70 - Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от последствий паров, обработки почвы и удобрений
(в среднем за 2012-2015 гг.)

Звено сево-оборота	Обра-ботка почвы	Удобрения	Натура, г/л			Содержание белка, %			Содержание клейко-вины, %			ИДК, ед		
Чистый пар - озимая пше-ница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	758	760	758	14,6	14,6	14,6	26,9	27,4	27,4	82	83	83
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	762			14,6			27,9			84		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	754	14,5		26,8	83							
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	756	14,6		28,0	81							
Горох - ози-мая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	756	757	756	15,0	15,0	15,0	27,4	27,6	27,7	80	81	81
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	758			15,0			27,8			82		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	754	15,0		27,2	81							
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	757	14,9		28,5	79							
Люпин - ози-мая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	753	757	756	15,1	15,2	15,1	28,3	29,1	28,9	82	82	81
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	760			15,2			28,9			81		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	754	15,0		28,5	82							
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	756	15,1		29,7	80							
Люпин + го-рох - озимая пшеница	В ₁	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	750	753	751	14,6	14,5	14,4	27,3	27,5	27,5	82	80	79
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	755			14,3			27,7			77		
	В ₂	C+N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	745	14,6		27,2	80							
		C+N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	752	14,2		27,8	76							
НСР05			10,4			1,0			1,1			-		
НСР А			8,2			0,7			0,8					
НСР В и С			6,0			0,6			0,7					

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

Следует отметить повышение качества зерна яровой пшеницы ко второй ротации севооборотов по сравнению с первой, что говорит о комплексном действии факторов биологизации в течение длительного времени.

В современном земледелии сложилось мнение о высокой эффективности многолетних трав в повышении плодородия почвы и использовании их в качестве предшественников зерновых культур (Сторожев Д.Н., 2009; Борисова Е.Е., 2015). Неоспорим тот факт, что многолетние бобовые фитоценозы являются важным приемом биологизации севооборотов (Кирюшин В.И., 1996; Лобков В.Т., Плыгун С.А., 2014).

Прянишников Д.Н. (1945), как и Вильямс В.Р. (1939), считали, что при полном введении травопольных севооборотов 22 % пашни нужно занимать многолетними травами. По расчетам В.И. Морозова (1996), в Ульяновской области для создания прочной кормовой базы и воспроизводства плодородия почвы многолетние травы должны занимать 400-450 тыс. га или 25-30 % от площади пашни.

Многолетние травы в условиях лесостепи Поволжья имеют как положительные (воспроизводство плодородия почвы, накопление биологического азота), так и отрицательные стороны (иссушение почвы). Это вызывает необходимость изучения многолетних трав в качестве предшественников в конкретных условиях производства, при этом биологизация технологии яровой пшеницы на основе использования симбиотической азотфиксации бобовых предшественников в севооборотах является актуальной задачей.

В изучаемых севооборотах в период первой ротации севооборотов (2006-2008 гг.) яровая пшеница размещалась после следующих предшественников: в зернопаровом севообороте после гороха и яровой пшеницы, в зернотравяных севооборотах после костреца, люцерны и эспарцета. Обработка почвы отличалась по вариантам, после гороха и в повторных посевах яровой пшеницы по первому варианту: V_1 – дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см, по второму варианту: V_2 - дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см. После многолетних трав: 1 вариант - дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 25-27 см, 2 вариант - дис-

кование БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см. Дозы минеральных удобрений представлены в таблице 71 и в приложении 4.

В 2006 году максимальная урожайность яровой пшеницы была получена после люцерны 4,16 т/га, где проводилась комбинированная система обработки почвы и 3,73-3,76 т/га по минимальной обработке. На таком же уровне получена урожайность после эспарцета – 4,07-4,08 т/га и 3,66-3,74 т/га соответственно. После гороха урожайность яровой пшеницы составила 3,70-3,83 т/га по комбинированной обработке почвы и 3,43-3,54 т/га - по минимальной. В повторных посевах и после костреца урожайность яровой пшеницы была значительно меньше, чем после бобовых предшественников.

В 2007 году на формировании урожая сказались худшие условия влагообеспеченности посевов. Однако преимущество в урожайности было за бобовыми культурами: горохом, люцерной и эспарцетом.

В 2008 году преимущество в формировании урожайности имели посе-вы после гороха – 3,17-3,62 т/га и повторная яровая пшеница 2,48-3,27 т/га по комбинированной обработке почвы. Урожайность яровой пшеницы после люцерны также была выше по комбинированной обработке почвы – 2,20-2,26 т/га, а по пласту эспарцета 2,50-2,52 т/га. Самым худшим предшественником яровой пшеницы во все годы исследований оказался кострец, что объясняется рядом причин, в том числе и аллелопатическим действием растительных остатков костреца при их разложении на яровую пшеницу (Лобков В.Т., 1994; Кружков Н.К., 2007).

Различия в урожайности объясняются воздействием предшественников на плодородие почвы, улучшением азотного питания после бобовых. После бобовых культур в почву поступал азот накопленных в растительных остатках с узким соотношением C:N. Разложение растительных остатков сопровождалось образованием легкодоступных для растений азота в мобильной форме, что обеспечивало поддержание питания на протяжении всей вегетации. Процессы минерализации растительных остатков костреца были замедленными и не сопровождались накоплением доступного азота.

В прежних исследованиях, проведенных на том же опытном поле, установлена более высокая активность ферментов азотного режима под яровой пшеницей после бобовых предшественников. Особенно четко положительное влияние бобовых проявляется на активности фермента дегидрогеназы, характеризующей общую биологическую активность почвы (Чундерова А.И., Зубец Т.П., Морозов В.И., 1978). Аналогичные данные были получены и в наших исследованиях, представленных в разделе 4.4.

Разница в урожайности яровой пшеницы объясняется и неодинаковой влагообеспеченностью посевов, что описано в разделе 4.2. В отдельные годы (2007) в условиях низкой влагообеспеченности разложение пожнивно-корневых остатков многолетних трав было замедленным, что усугубило формирование оптимальной густоты стояния растений, особенно после костреца.

В среднем за годы исследований оценка урожайности яровой пшеницы в зависимости от обработки почвы показала преимущество комбинированной системы обработки почвы по сравнению с минимальной, особенно после многолетних трав. После гороха урожайность возросла на 0,31 т/га, в повторных посевах на 0,37 т/га, после костреца – 0,39 т/га, люцерны – 0,40 и эспарцета – на 0,42 т/га, в среднем по предшественникам прибавка составила 0,35 т/га (таблица 71).

Кроме влагообеспеченности и качества органического вещества, поступающего в почву, динамика урожайности яровой пшеницы объясняется снижением фитосанитарной напряженности в агрофитоценозах яровой пшеницы после многолетних бобовых трав. Наши исследования показали, что использование в качестве предшественников многолетних трав снижало засоренность посевов яровой пшеницы, особенно в период второй ротации.

Наши исследования показали, что плодосмен способствует снижению распространения и развития, корневых гнилей зерновых культур. Наименьшая распространенность корневых гнилей яровой пшеницы отмечалась после бобовых культур – 14,6-26,6 %, и при развитии болезни не более 12 %. Наименьшее распространения и развитие отмечалось в зернотравяных севооборотах. Поражение растений яровой пшеницы при повторных посевах дости-

гало 45 %, при развитии болезни 14-24 %, также высокое поражение было и после костреца (приложение 9).

Оценка систем обработки почвы показала преимущество комбинированной обработки почвы в сравнении с минимальной в зернопаровом севообороте, при размещении яровой пшеницы в повторных посевах. По нашим исследованиям, пораженность растений яровой пшеницы снижалась на 3,7-4,3 %. При минимальной обработке почвы, особенно после однолетних культур сплошного сева (в данном случае после яровой пшеницы) с оставлением части стерни на поверхности почвы создавались условия для перезимовки возбудителей болезней. Заделка растительных остатков и оборот пласта создают условия для гибели инфекционного начала.

Солома является источником первичной инфекции и местом перезимовки возбудителей корневых гнилей. Так, в зернопаровом севообороте на фоне солома + $N_{31}P_{20}K_{20}$ возрастало количество пораженных растений корневыми гнилями по комбинированной обработке на 10,4% и по минимальной - на 12,2 % по сравнению с минеральным фоном удобрений - $N_{45}P_{20}K_{20}$.

Повторные посеы яровой пшеницы приводили к увеличению численности пораженных растений и развития болезни, особенно при минимальной обработке почвы. Органоминеральная система удобрения солома + NPK повышала поражение растений корневыми гнилями в сравнении с фоном – навоз + NPK и сидерат + NPK.

В данном случае преимущество бобовых предшественников объясняется тем, что органическое вещество с узким соотношением C:N при поступлении в почву повышает биологическую активность почвы и выполняет роль катализатора разложения растительных остатков – носителей патогенной микрофлоры в почве. Это обстоятельство также имеет большое фитосанитарное и экологическое значение, так как органическое вещество увеличивает численность сапрофитной почвенной микрофлоры, которая является активным антагонистом почвенных грибов - возбудителей болезней культурных растений (Лошаков В.Г., 2017).

Таблица 71 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почв и удобрений в севооборотах, т/га (первая ротация, 2006-2008 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Удобрения	Годы				По предшественнику	По обработке почвы	По удобрениям
			2006	2007	2008	В среднем			
Горох	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,70	2,25	3,59	3,18	3,09	2,76	2,51
		C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	3,83	2,49	3,62	3,31			2,55
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,43	2,05	3,17	2,88	2,38		
		C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	3,54	2,22	3,21	2,99			
Яровая пшеница	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,39	1,86	3,25	2,83	2,66		
		C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	3,48	1,82	3,27	2,86			
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,19	1,65	2,65	2,50			
		C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	3,20	1,68	2,48	2,45			
Кострец	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	2,40	1,84	1,30	1,85	1,66		
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	2,42	1,82	1,33	1,86			
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	2,04	1,65	0,65	1,45			
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	2,09	1,68	0,66	1,48			
Люцерна	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	4,16	2,31	2,20	2,89	2,71		
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	4,16	2,36	2,26	2,93			
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,76	2,13	1,69	2,53			
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,73	2,06	1,67	2,49			
Эспарцет	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	4,07	2,22	2,50	2,93	2,73		2,73
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	4,08	2,21	2,52	2,94			2,72
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,74	2,03	1,83	2,53			
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	3,66	2,02	1,82	2,50			
НСР05			0,14	0,15	0,20				
НСР А			0,08	0,09	0,11				
НСР В			0,05	0,06	0,07				
НСР С			0,05	0,06	0,07				

Относительно высокая урожайность яровой пшеницы при повторных посевах во все годы, в том числе и в 2008, объясняется последствием гороха (четвертое поле первого севооборота), который улучшал питательный режим почвы в отношении азота, благодаря бобово-ризобияльному симбиозу и более благоприятным водным режимом почвы.

Проведенный дисперсионный анализ показал, что в 2006 году наибольший вклад в формирование урожайности приходился на предшественники – 92,0 %. Доля технологий обработки почвы составила только 6,4 %. В 2007 году действием предшественников объясняется 73,4 % изменения урожайности, технологией обработки почвы – 15,1 %. В 2008 году влияние предшественников было на уровне – 87,4 %, обработки почвы – 11,0 %.

В среднем уровень урожайности яровой пшеницы определялся предшественниками на 85,9 %, обработкой почвы на 13,1 %, удобрения и взаимодействие факторов во все годы оказывали незначительное действие. Действие удобрения выравнивалось за счет влияния массы пожнивно-корневых остатков многолетних трав.

Приемы биологизации агротехнологий яровой пшеницы оказывали влияние на качество зерна. Оценка вклада факторов в изменение качества зерна пшеницы показала, что наибольшее влияние принадлежит предшественникам.

Набольшая натура зерна была получена после бобовых культур - гороха (759-779 г/л) и люцерны (752-784 г/л), тогда как в повторных посевах 751-771 г/л, после эспарцета – 747-767 г/л и после костреца – 738-760 г/л. Статистическая обработка урожайных данных показала, что вклад предшественников в изменение натуры зерна составил 62,1 % (2006 г.) 51,7 % (2007 г.), 74,9 % (2008 г.), тогда как обработки почвы 16,4%, 24,4 % и 8,7 % соответственно. Отмечено достоверное повышение натуры зерна яровой пшеницы по комбинированной обработке почвы в севооборотах в среднем на 17 г/л. Действие и последствие систем удобрения на натуру зерна яровой пшеницы было равнозначным (таблица 72).

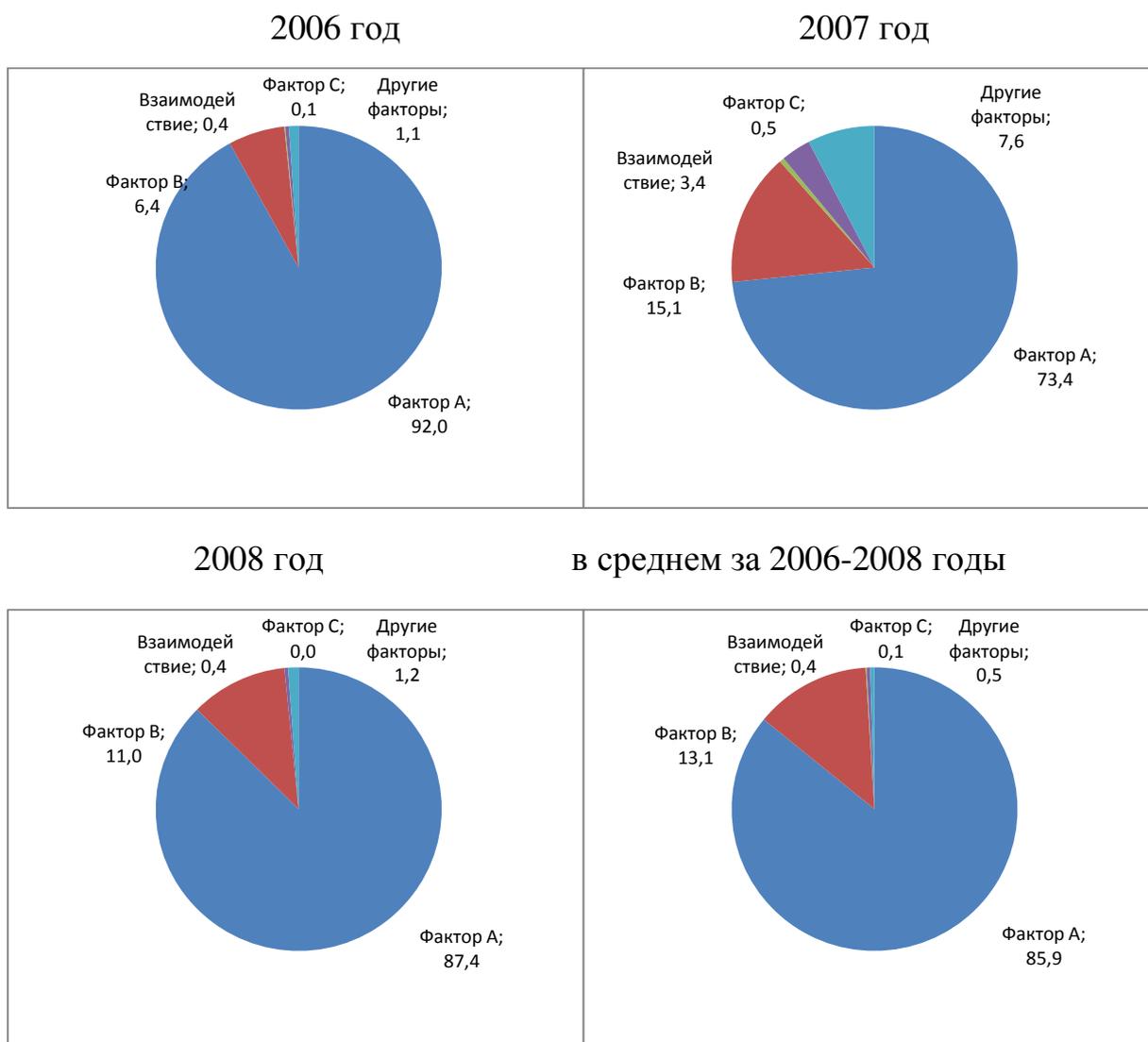


Рисунок 29 - Вклад факторов в формирование урожая яровой пшеницы в севооборотах за 2006-2008 гг. (6 поле севооборотов, первая ротация), %

Содержание белка в зерне после люцерны в зависимости от обработки почвы и удобрений составило 12,2-14,0 %, после гороха – 13,0-13,9 %, после эспарцета 12,8-13,6 %, что больше, чем в зерне повторных посевов и после коостреца. Фон органоминерального удобрения с соломой обеспечил увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы, однако преимущество проявлялось только после бобовых предшественников и особенно на комбинированной обработке почвы.

Таблица 72 – Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах (2006 – 2008 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Удобрения	Натура, г/л			Белок, %			Клейковина, %			ИДК (ед.)		
Горох	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	776	777	770	13,2	13,6	13,4	23,1	23,7	23,3	75	73	75
		C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	779			13,9			24,3			70		
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	759	762		13,0	13,3		22,1	22,9		80		
		C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	766	13,5		23,6			75					
Яровая пшеница	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	768	769	762	11,9	12,0	12,1	22,1	22,2	22,3	75	74	76
		C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	771			12,2			22,3			72		
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	751	754		12,2	12,3		22,1	22,4		78		
		C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	758	12,3		22,6			77					
Кострец	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	760	758	749	11,6	11,6	11,5	20,2	20,5	20,6	74	76	77
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	755			11,6			20,8			78		
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	738	740		11,5	11,4		20,5	20,7		80		
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	742	11,4		20,9			76					
Люцерна	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	779	780	768	13,6	13,6	13,3	23,3	23,9	23,6	75	71	71
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	784			14,0			24,5			68		
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	752	756		12,2	12,2		22,8	23,3		73		
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	760	13,3		23,8			68					
Эспарцет	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	767	765	757	12,8	12,8	13,1	23,1	23,3	23,0	69	70	73
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	764			13,6			23,5			72		
	В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	747	748		12,8	12,8		22,2	22,6		78		
		N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	748	13,2		23,0			74					
НСП ₀₅			16,6			0,67			0,93			-		
НСП А			11,7			0,48			0,66					
НСП В и С			8,7			0,32			0,50					

В₁ – комбинированная в севообороте; В₂ – минимальная.

По влиянию предшественников на содержание клейковины в зерне яровой пшеницы их можно расположить в такой ряд в убывающей последовательности: люцерна – 22,8-24,5 %, горох – 22,1-24,3 %, эспарцет – 22,2-23,5 %, повторные посевы яровой пшеницы – 22,1-22,6 % и кострец – 20,2-20,9 %. По влиянию на ИДК существенных различий по изучаемым вариантам не выявлено.

В период второй ротации севооборотов выявлена значительная вариабельность урожайности яровой пшеницы по годам исследований, что объясняется, прежде всего, погодными условиями. Коэффициент вариации урожайности яровой пшеницы изменялся от 32,1-36,7 % (после гороха) до 45,3-50,8 % (в повторных посевах).

Наибольшая урожайность яровой пшеницы была получена в 2014 г. и после гороха по комбинированной обработке почвы урожайность составила 4,46-4,62 т/га и по минимальной обработке - 4,30-4,47 т/га, что можно объяснить улучшением влагообеспеченности в повторных посевах этой культуры. К тому же свою позитивную роль здесь сыграл горох как предшественник благодаря своей симбиотической активности и средообразующей функции. Следует отметить, что преимущество гороха как предшественника отмечалось во все годы исследований второй ротации севооборотов (таблица 73).

Уместно привести данные А.В. Малышева (1974) о внесении гороховой соломы как удобрения под яровую пшеницу на выщелоченном черноземе этого же опытного поля, что обеспечило нитрифицирующую и аммонифицирующую активность, усиливало энергию биосинтеза аминокислот и интенсивность целлюлозоразрушения, существенно возростала ферментативная активность почвы.

Люцерна и ее смесь с кострцом как предшественники яровой пшеницы имели преимущество перед повторными посевами в 2012 и 2013 гг. В засушливых условиях в 2014 и 2015 гг. яровая пшеница по пластовым предшественникам снижала урожайность из-за дефицита влаги, которая расходовалась в предыдущие годы многолетними травами, что описано в разделе 4.2, а

преимущество имели предшественники – однолетние культуры (горох и яровая пшеница).

Заметное снижение урожайности яровой пшеницы наблюдается при её размещении после костреца. Здесь два фактора, которые отрицательно влияют на урожайность: первый - иммобилизация азота, второй – сильное иссушение почвы кострецом.

Оценка многолетних трав как предшественников яровой пшеницы показала, что наибольшая ее урожайность была получена при её возделывании после люцерны – 2,67 т/га (в среднем за 2012-2015 гг.). Ценность люцерны как предшественника обусловлена ее симбиотической азотфиксацией, поступлением массы ПКО и в целом средообразующими функциями (влияние на агрофизические, биологические и агрохимические показатели плодородия почвы).

Худшим предшественником яровой пшеницы оказался кострец. Это в значительной мере объясняется тем, что корневые остатки костреца плохо разлагались под воздействием микроорганизмов, а это в свою очередь обусловлено широким соотношением углерода к азоту C:N 65-90:1. При этом происходит иммобилизация азота и его дефицит в питании яровой пшеницы.

Однако урожайность яровой пшеницы варьировала не только под влиянием предшественников, но и в зависимости от обработки почвы и систем удобрения.

Преимущество было за более глубокой обработкой почвы – вспашка на 25-27 см. Уменьшение глубины снижало урожайность яровой пшеницы на 0,15 т/га – 5,7 % из-за меньшей её влагообеспеченности. Повышенные дозы удобрений обеспечили прибавку урожайности, которая составила в среднем за годы исследований 0,21 т/га или 8,1 %.

Таблица 73 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почв и удобрения в севооборотах, т/га (вторая ротация, 2012-2015 гг.)

Предшественник	Обраб. почвы	Удобрения	Годы					V, %	По предшественнику	По обраб. почвы	По удобрениям			
			2012	2013	2014	2015	В сред.							
Горох, I, 5 поле	B ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,37	2,67	4,46	1,96	3,12	34,2	3,13	2,78	2,60			
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,71	2,88	4,62	2,13	3,34	32,1			2,81			
	B ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,27	2,33	4,30	1,86	2,94	36,7	2,63					
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,58	2,60	4,47	1,93	3,15	35,3						
Яровая пшеница, I, 6 поле	B ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,84	2,21	4,11	1,15	2,58	47,9				2,59		
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,16	2,48	4,40	1,32	2,84	45,3						
	B ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,69	2,03	3,78	0,92	2,36	50,8						
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,03	2,34	4,00	1,05	2,61	47,5						
Кострец, II 6 поле	B ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,18	2,26	3,51	0,97	2,48	45,9	2,52					
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,50	2,55	3,65	1,06	2,69	44,3						
	B ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,09	2,15	3,37	0,8	2,35	49,3						
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,36	2,46	3,53	0,93	2,57	46,3						
Люцерна, III, 6 поле	B ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,43	2,51	3,53	0,99	2,62	44,9	2,67					
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,76	2,78	3,70	1,05	2,82	44,8						
	B ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,36	2,36	3,44	0,87	2,51	47,7						
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,66	2,62	3,60	0,98	2,72	46,0						
Люцерна + кострец IV, 6 поле	B ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,40	2,33	3,52	0,99	2,56	45,9	2,60					
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,68	2,63	3,66	1,06	2,76	44,7						
	B ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,28	2,27	3,32	0,92	2,45	46,1						
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,54	2,54	3,54	0,96	2,65	46,0						
НСР05			0,13	0,18	0,10	0,17								
НСР А			0,08	0,10	0,06	0,10								
НСР В			0,06	0,08	0,04	0,08								
НСР С			0,06	0,08	0,04	0,08								

Проведенный дисперсионный анализ показал, что наибольший вклад в формирование урожайности приходился на предшественники – 36,2-90,9 %, доля технологий обработки почвы составила 3,0-11,0 %, а удобрений – 1,6-28,5 %. (рис. 30, приложение 8).

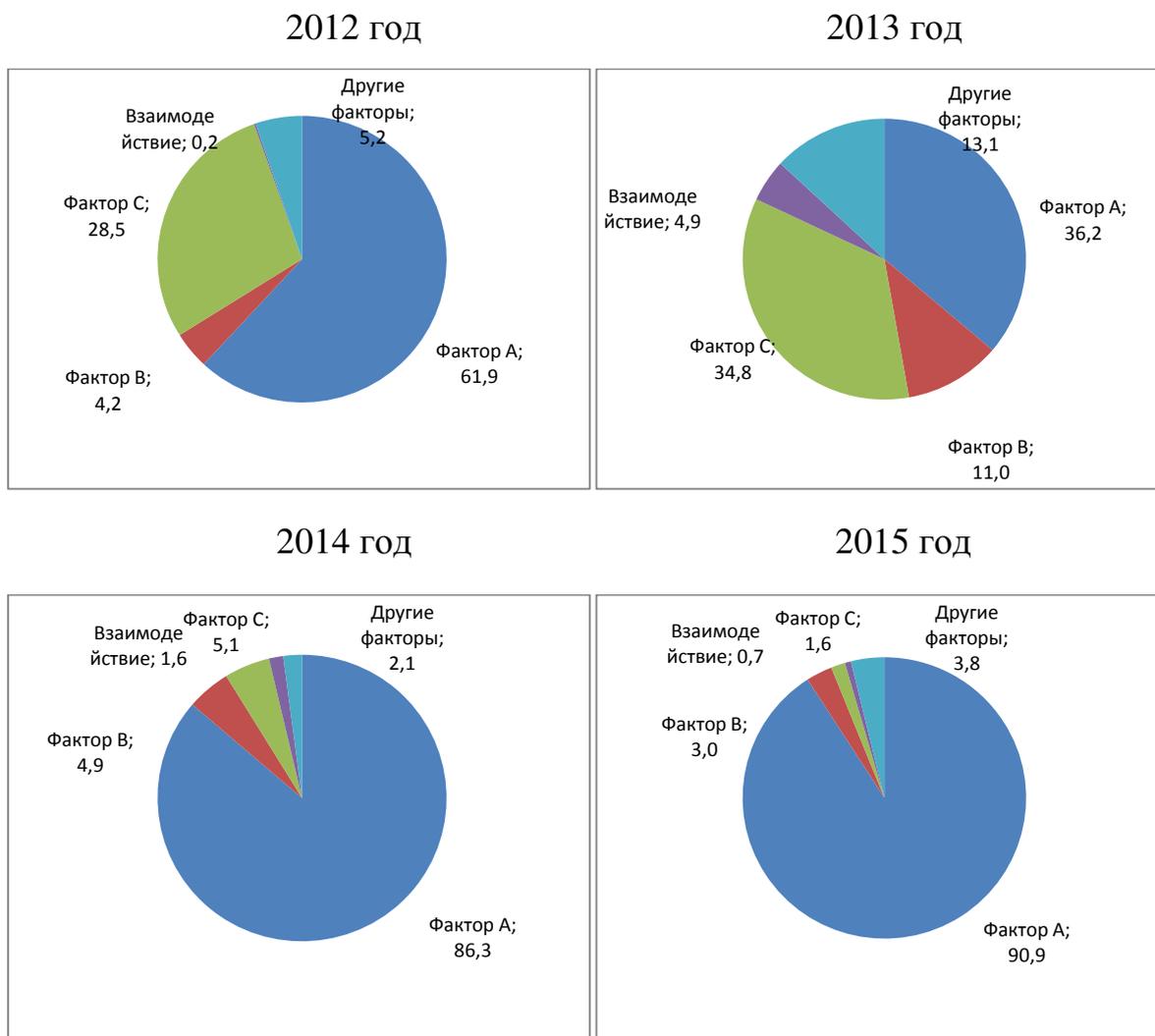


Рисунок 30 - Вклад факторов в формирование урожая яровой пшеницы в севооборотах за 2012 - 2015 гг. (5 и 6 поля севооборотов, вторая ротация), %

В период второй ротации севооборотов бобовые и злаковые предшественники оказывали различное влияние на динамику качества зерна яровой пшеницы. Содержание белка в зерне изменялось по предшественникам (в среднем по обработке почвы и удобрениям): люцерна – 15,2 % > люцерна + коострец и горох – 14,8 % > яровая пшеница 14,3 % > коострец 13,3 %. Анало-

гичные закономерности сохранились и по накоплению клейковины в зерне яровой пшеницы, содержание которой варьировало от 26,6 % (люцерна) до 23,7 % (кострец). Величина ИДК практически не различалась по изучаемым вариантам (таблица 74).

Особо следует выделить комбинированную обработку почвы, которая повысила качество зерна в отдельных звеньях. Так, при размещении яровой пшеницы после гороха возрастало содержание клейковины на 1,1 %, что является существенным значением. В звеньях с люцерной и ее смеси с кострецом содержание белка повышалось соответственно на 1,0 и 0,8 %. Также отмечена существенная прибавка содержания белка по второму фону удобрения (солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$) после гороха как по комбинированной, так и по минимальной обработке почвы. Аналогичная закономерность отмечена и после люцерны.

По натуре зерна преимущество имело зерно после гороха – 778 г/л и после люцерны 774 г/л, что больше чем после костреца на 0,19 и 0,17 г/л соответственно. Как предшественники яровая пшеница и смесь люцерны с кострецом занимали промежуточное положение по влиянию на формирование природы зерна последующей. Фоны удобрения были равноценными по влиянию на данный показатель.

Следует отметить, что зерно яровой пшеницы при возделывании в период второй ротации имело лучшие качественные показатели по сравнению с зерном первой ротации, это объясняется тем, что возросла средообразующая роль севооборота, усиливалось действие, последствие и взаимодействие системы органо-минеральных удобрений. В условиях воспроизводства плодородия почвы при биологизации севооборотов возрастала продуктивность культур и качество получаемой продукции.

Таблица 74 – Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах (2012 – 2015 гг.)

Предшественник (фактор А)	Фактор В	Фактор С	Натура, г/л			Белок, %			Клейковина, %			ИДК (ед.)		
Горох, I, 5 поле	В ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	778	782	778	14,6	14,9	14,8	26,6	27,1	26,5	80	78	81
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	786			15,1			27,6			75		
	В ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	771	775		14,4	14,7		25,8	26,0		85	85	
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	778	15,0		26,1			85					
Яровая пшеница, I, 6 поле	В ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	770	774	768	14,3	14,5	14,3	25,4	25,5	25,6	83	81	83
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	777			14,6			25,6			79		
	В ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	759	763		13,4	14,1		25,4	25,7		86	85	
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	766			14,8			26,0			85		
Кострец, II 6 поле	В ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	763	767	757	12,9	13,4	13,3	23,2	23,6	23,7	81	84	85
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	770			13,9			23,9			86		
	В ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	745	747		12,4	13,1		23,6	23,8		88	86	
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	749			13,8			24,0			84		
Люцерна, III, 6 поле	В ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	778	784	774	15,1	15,7	15,2	25,6	26,3	26,6	79	75	75
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	789			16,3			27,0			71		
	В ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	760	764		14,3	14,7		26,2	26,8		77	74	
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	768			15,1			27,4			71		
Люцерна + кост- рец IV, 6 поле	В ₁	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	769	774	771	15,1	15,2	14,8	26,6	26,8	26,4	72	74	77
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	778			15,4			27,0			76		
	В ₂	C + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	765	768		14,2	14,4		25,5	26,0		82	80	
		C + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	771			14,6			26,5			78		
НСР05			17,6			0,70			1,10					
НСР А			12,4			0,51			0,71			-		
НСР В и С			10,6			0,43			0,54					

Проведенные корреляционный и регрессионный анализы позволили выявить зависимости между урожайностью зерна яровой пшеницы с условиями ее формирования. Анализ показал, что имеется средняя прямая связь между урожайностью и продолжительностью межфазных периодов: кущение – выход в трубку ($r=0,35$), выход в трубку - колошение ($r = 0,45$) и длиной вегетации ($r=0,43$) (табл. 75).

Таблица 75 – Связь урожайности зерна яровой пшеницы (у, т/га) с продолжительности межфазных периодов, абиотическими и другими факторами

Показатели	r	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Продолжительность периода			
Кущение - выход в трубку	0,35	средняя, прямая	$y = 0,0951x + 0,9116$
Выход в трубку-колошение	0,42		$y = 0,8089x + 12,57$
Посев – созревание	0,43	средняя, прямая	$y = 0,0515x - 2,1805$
Абиотические факторы			
Среднесуточные температуры	-0,34	средняя, обратная	$y = -0,2627x + 7,3973$
Сумма осадков кущение – выход в трубку	0,60	средняя, прямая	$y = 0,019x + 1,9994$
Сумма осадков – выход в трубку – колошение	0,43	средняя, прямая	$y = 0,9184x + 12,498$
Сумма осадков за вегетацию	0,42	средняя, прямая	$y = 0,0048x + 1,9405$
ГТК кущение – выход в трубку	0,55	средняя, прямая	$y = 0,4617x + 2,0547$
ГТК выход в трубку - колошение	0,37	средняя, прямая	$y = 0,3643x + 2,2852$
ГТК за вегетацию	0,49	средняя, прямая	$y = 0,9595x + 1,8414$
Другие факторы			
Запасы продуктивной влаги в почве (0-100 см), мм	0,53	средняя, прямая	$y = 0,0094x + 1,3532$
Численность сорных растений перед уборкой, шт/м ²	-0,48	средняя, обратная	$y = -0,0115x + 3,3072$

Величина урожайности яровой пшеницы имела среднюю обратную ($r = -0,34$) связь со среднесуточными температурами. Влияние суммы осадков и ГТК на урожайность яровой пшеницы было положительным, а связи характеризовались как прямые средние как по критическим фазам потребления влаги (кущение – выход в трубку; выход в трубку - колошение), так и в целом за вегетацию.

Также установлена прямая средняя положительная связь урожайности яровой пшеницы с запасами продуктивной влаги перед посевом в метровом слое почвы ($r = 0,53$) и обратная средняя связь с численностью сорных растений перед уборкой ($r = -0,48$).

Таким образом, изучение системы биологизации технологии возделывания яровой пшеницы позволяет сделать следующие обобщения:

- чистый пар оказывает последствие на урожайность второй культуры (яровой пшеницы) только в засушливые годы, в годы с достаточной увлажненностью преимущество имеют бобовые предшественники и сидеральный пар, а по влиянию на качество зерна независимо от года, качество зерна в звеньях с бобовыми культурами и сидератом повышается;

- комбинированная обработка почвы в звеньях севооборотов: пар (чистый, занятый) - озимая пшеница – яровая пшеница - под яровую пшеницу дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см имела преимущество по влиянию на ее урожайность и на качество зерна;

- органоминеральные системы удобрения с навозом и соломой имели равноценное влияние на формирование урожайности и качество зерна яровой пшеницы в паровом и зерновых звеньях;

- при использовании многолетних трав в качестве предшественников яровой пшеницы в зависимости от уровня урожайности и качества зерна яровой пшеницы, изучаемые предшественники можно разделить на 3 группы: 1) бобовые культуры-симбионты (люцерна, эспарцет, горох) после которых получена наибольшая урожайность и наиболее качественное зерно; 2) костреч - самая низкая урожайность и менее качественное зерно; 3) яровая пшеница

занимает промежуточное положение по уровню урожайности и качеству зерна. Предшественники оказывали неоднозначное влияние на плодородие почвы, ее питательный и водный режимы, физические свойства. Это объясняется различиями в химическом составе оставляемых на поле растительных остатков, количеством симбиотического азота бобовых, поступающих в почву, потреблением продуктивной влаги, а также влиянием на фитосанитарное состояние посевов (засоренность и корневые гнили);

- в период первой ротации севооборотов в звеньях с паровыми предшественниками наибольший вклад в изменение урожайности принадлежит обработке почвы 79,9 %, вклад предшественников 4,9 %, а фоны органоминеральных систем удобрений с навозом и соломой в севооборотах имели равноценное влияние на продуктивность яровой пшеницы. В период второй ротации севооборотов при планировании урожайности на 2 уровня возрастал вклад удобрений в формирование урожайности – 31,5 %, обработки почвы – 22,7 % и предшественников – 13,9 %;

- в звеньях с многолетними травами наибольший вклад в изменение урожайности принадлежит предшественникам - 76,2 %, вклад обработки почвы составил 14,7 %, а фоны органоминеральных систем удобрений имели равноценное влияние на продуктивность яровой пшеницы. В период второй ротации севооборотов при планировании урожайности на 2 уровня возрастал вклад удобрений в формирование урожайности до 17,5 %, а обработки почвы уменьшался до 22,7 %, но преимущество оставалось за предшественниками – 68,8 %;

- от первой ко второй ротации севооборотов повышались урожайность и качество зерна яровой пшеницы, что указывает на эффективность приемов биологизации ее технологии.

Исследования биологизации технологии яровой пшеницы позволяют рекомендовать пути совершенствования структуры пашни за счет расширения посевов зернобобовых (горох, люпин, соя, вика), многолетних бобовых фитоценозов – люцерны и эспарцета. Во-первых, здесь скрываются огромные

ресурсы растительного белка для увеличения мясомолочной продукции и птицеводства. Во-вторых, это ценнейшие предшественники для озимой и яровой пшеницы, а также зернофуражных культур. В-третьих, бобовые культуры позволяют создавать ценные для почвы биогенные ресурсы, а это регулирование режима органического вещества, оздоровление экологии и среды обитания. Симбиотическая азотфиксация бобовыми культурами в севооборотах, послеуборочная фитомасса, солома, пожнивно - корневые остатки, другие биогенные ресурсы - это крупный резерв, чтобы компенсировать биотический круговорот вещества и энергии в агроэкосистемах, восстановить плодородие почвы, повысить урожайность, качество зерна яровой пшеницы и других культур, обеспечить эффективное ведение агропроизводства.

5.5 Формирование урожая и продуктивность многолетних трав

Урожайность сухого вещества многолетних трав первого года пользования в зависимости от обработки почвы и удобрения показана в таблице 76. Среди изучаемых видов трав в первый год пользования наиболее урожайной оказалась люцерна, за два укоса было получено 6,53 т/га сухого вещества, что больше, чем урожайность эспарцета и костреца соответственно на 0,27 и 0,97 т/га. Многолетние травы первого года пользования по накоплению сухого вещества можно расположить в ряд: люцерна > эспарцет > кострец.

Существует необходимость оценки вклада укосов в суммарный урожай культуры. В наших опытах доля второго укоса люцерны первого года жизни составила – 36,9-37,6 %, костреца – 34,4-36,0 %. Эспарцет характеризовался меньшей долей отавы в суммарном урожае – 26,4-27,8 % (приложение 10).

Сравнительная оценка систем основной обработки почвы под изучаемые многолетние травы показала преимущество вспашки на 20-22 см в сравнении с рыхлением почвы на 12-14 см.

Наиболее чувствительной культурой на сокращение глубины обработки почвы оказалась люцерна, которая по второму варианту снизила урожайность на 0,78-1,05 т/га, тогда как урожайность костреца снизилась на 0,41-

0,44, эспарцета – на 0,18-0,23 т/га. В среднем, уменьшение глубины обработки почвы привело к снижению урожайности многолетних трав на 0,52 т/га сухого вещества или 8,0 %.

Таблица 76 – Урожайность многолетних трав первого года пользования в зависимости от обработки почвы и удобрения в севооборотах за 2006-2008 гг., т/га сухой массы (первая ротация севооборотов)

Культура	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С		±	Среднее по факторам*	
		1-ой	2-ой		А	В**
Кострец	В ₁	5,59	5,97	0,38	<u>5,57</u>	<u>6,38</u> 100
	В ₂	5,18	5,53	0,35	100	
Люцерна	В ₁	6,74	7,23	0,49	<u>6,53</u>	<u>5,86</u> 92
	В ₂	5,98	6,18	0,20	117	
Эспарцет	В ₁	6,18	6,54	0,36	<u>6,26</u>	92
	В ₂	6,00	6,31	0,31	112	
Среднее по фактору С		5,95	6,29	0,35	-	-
НСР ₀₅ 2006 год		0,32		0,11	0,16	0,11
НСР ₀₅ 2007 год		0,36		0,13	0,18	0,13
НСР ₀₅ 2008 год		0,28		0,10	0,14	0,10

* - над чертой сухая масса, под чертой отношение к контрольному варианту, %

** - приведены данные в среднем по обработке почвы

Системы удобрения выступают важнейшим средством повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и приемом биологизации земледелия, особое значение в которых занимают органические удобрения и биогенные ресурсы, воспроизводимые в агрофитоценозах (Кирюшин В.И., 2011). Изучение органоминеральных удобрений с применением навоза, соломы и сидерата в севооборотах показала их последствие на урожайность многолетних трав. Отмечалось повышение урожайности трав по фону удобрений с применением соломы. Урожайность костреца возросла в среднем на 0,35-0,38 т/га сухой массы, что объясняется большими дозами внесения минерального азота по второму фону, урожайность люцерны и эспарцета соот-

ветственно на 0,20-0,49 и 0,31-0,36 т/га сухой массы, особенно на обработке почвы с применением вспашки. Повышение урожайности люцерны и эспарцета объясняется усилением бобово-ризобияльного симбиоза на фоне применения соломы предшествующих культур, что подробно описано в разделе 4.5.

Дисперсионный анализ показал, что в 2006 году на 83,6 % вариация урожайности была связана с видом трав, на 3,1 % с обработкой почвы, на 1,7 % с удобрениями. В 2007 году возросло влияние обработки почвы до 25,5 % и удобрений до 12,9 %, однако урожайность в основном определялась видом трав – 43,2 %. В 2008 году формирование урожайности на 43,3 % определялось видом трав, на 15,8 % обработкой почвы и на 20,0% фонами удобрения.

В среднем за годы исследований (2006-2008 гг.) наибольший вклад в изменение урожайности принадлежал видам культуры многолетних трав – 56,7 %, на долю обработки почвы приходилось 14,8 %, вариации урожайности и удобрений – 11,5 % (приложение 12).

Урожайность многолетних трав второго года пользования представлена в таблице 77. Следует отметить, что травостой люцерны и костреца ко второму году пользования были более развиты по высоте растений, густоте стояния и мощности корневой системы, что в конечном итоге привело к повышению их урожайности. В среднем урожайность люцерны второго года пользования за два укоса составила 8,42 т/га сухой массы, что на 28,9 % больше, чем было получено на травостое первого года пользования, костреца 6,57 т/га или на 18,0 % больше трав первого года пользования. За два укоса эспарцета было получено 6,54 т/га сухой массы. Многолетние травы второго года пользования по накоплению сухого вещества можно расположить в ряд: люцерна > кострец > эспарцет.

Ко второму году пользования снизилась доля второго укоса в суммарном урожае на люцерне до 29,9-31,4 %, костреце - до 30,2-32,1 %. Густота стояния растений эспарцета ко второму году пользования снижалась, особен-

но после первого укоса, и при втором укосе формировался не высокий урожай, доля отавы составила 24,4-25,2 % (приложение 10).

Оценка влияния изучаемых факторов на формирование урожайности многолетних трав второго года пользования показала те же закономерности, что были отмечены при изучении травостоев первого года пользования. Отмечалось преимущество комбинированной обработки почвы, которое особенно прослеживалось на посевах люцерны (разница 0,99-1,15 т/га). В среднем прибавка по комбинированной обработке почвы в севообороте составила на 0,71 т/га сухого вещества. Возросло преимущество фона удобрений с участием соломы, прибавка урожайности люцерны составила 0,65-0,81 т/га, коостреца - 0,47-0,60 и эспарцета - 0,23 т/га сухого вещества.

Таблица 77 – Урожайность многолетних трав второго года пользования в зависимости от обработки почвы и удобрения в севооборотах, 2006-2008 гг., т/га сухой массы (первая ротация севооборотов)

Культура (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Фон питания (Фактор С)			Среднее по фактору*	
		1-ой	2-ой	±	А	В**
Кострец	В ₁	6,55	7,15	0,60	<u>6,57</u>	<u>7,53</u> 100
	В ₂	6,06	6,53	0,47	100	
Люцерна	В ₁	8,63	9,28	0,65	<u>8,42</u>	<u>6,82</u> 90,6
	В ₂	7,48	8,29	0,81	128	
Эспарцет	В ₁	6,68	6,91	0,23	<u>6,54</u>	90,6
	В ₂	6,17	6,40	0,23	99	
Среднее по фактору С		6,93	7,43	0,5	-	-
НСР ₀₅ 2006 год		0,49		0,17	0,25	0,17
НСР ₀₅ 2007 год		0,87		0,31	0,43	0,31
НСР ₀₅ 2008 год		0,24		0,08	0,12	0,08

* - над чертой сухая масса, под чертой отношение к контрольному варианту, %

** - приведены данные в среднем по обработка почвы

Оценка вклада изучаемых факторов в изменение урожайности многолетних трав второго года пользования показала, что с видами трав было свя-

зано 23,3-84,9 % изменений, на долю обработки почвы приходилось 4,0-44,7 % и удобрений 4,8-23,2 %.

В среднем за годы исследований (2006-2008 гг.) наибольший вклад в изменение урожайности многолетних трав второго года пользования принадлежал видам многолетних трав – 56,7 %, на долю обработки почвы приходилось 14,8 %, вариации урожайности и удобрений – 11,5 % (приложение 12).

Белковая продуктивность изучаемых культур определялась, прежде всего, генотипическим признаком, который задается комплексом наследственных свойств конкретного вида. Наибольшая белковая продуктивность была отмечена у бобовых культур, также она изменялась по вариантам основной обработки почвы и фонам удобрений. Кроме того, она определялась долей второго укоса, в котором за счет большей облиственности содержание белка было выше.

Белковая и энергетическая продуктивность многолетних трав приведена в таблице 78. За два года пользования наибольшая урожайность была получена при возделывании люцерны - 6,73-8,26 т/га сухого вещества с выходом с 1 га 6050-7144 кормовых единиц, 1031-1334 кг белка и 70,7-85,9 ГДж обменной энергии. На всех вариантах отмечалось преимущество комбинированной системы обработки почвы в севообороте и фона удобрений с применением соломы. В среднем урожайность люцерны была выше урожайности костреца в 1,23 раза, имела преимущество по выходу кормовых единиц в 1,38 раза, переваримого протеина в 2,87 раза и обменной энергии в 1,29 раза. Продуктивность эспарцета по отмеченным показателям была также выше, чем костреца.

Обеспеченность переваримым протеином сухого вещества люцерны составила 170-187 г на 1 к.ед., эспарцета 161-170 и костреца 83-91 г на 1 к.ед.

В период второй ротации севооборотов изменился видовой состав многолетних трав. Вместо эспарцета, который изреживался ко второму году пользования, снижал урожайность и зарастал сорными растениями, была введена более продуктивная смесь люцерны с кострцом. Многолетние травы

стали возделываться на двух фонах удобрения с участием соломы, а дозы минеральных удобрений вносились на разную планируемую продуктивность.

Таблица 78 - Продуктивность многолетних трав в зависимости от систем обработки почвы и удобрения в севооборотах, за 2006-2008 гг.

Культура и год пользования	Обработка почвы	Удобрения	Урожайность, (сухое вещество) т/га	Выход с 1 га			ПП, г на 1 к. ед.
				кормовые единицы	Переваримый протеин, кг	Обменная энергия, ГДж	
Кострец	В ₁	С ₁	6,07	4734	393	60,1	83
		С ₂	6,56	5176	441	64,9	85
	В ₂	С ₁	5,62	4353	397	55,4	91
		С ₂	6,03	4718	416	59,9	88
По культуре			6,07	4745	412	60,1	87
Люцерна	В ₁	С ₁	7,69	6646	1233	80,0	186
		С ₂	8,26	7144	1334	85,9	187
	В ₂	С ₁	6,73	6050	1031	70,7	170
		С ₂	7,24	6326	1132	74,0	179
По культуре			7,00	6542	1183	77,7	181
Эспарцет	В ₁	С ₃	6,43	5070	863	63,3	170
		С ₄	6,73	5310	866	66,3	163
	В ₂	С ₃	6,08	4706	758	59,4	161
		С ₄	6,36	5098	830	63,1	163
По культуре			6,40	5046	829	63,0	164

Исследования показали, что в среднем за 2012-2015 годы урожайность костреца первого года пользования по комбинированной системе обработки почвы составила 4,36 и 4,74 т/га сухой массы, по минимальной обработке урожайность снижалась до 4,06-4,40 т/га или на 7,3-7,7 % соответственно по первому и второму фонам удобрений (таблица 79).

В первый год пользования люцернового травостоя по комбинированной системе обработки почвы было получено 4,11-4,79 т/га сухого вещества за два укоса соответственно по первому и второму фонам удобрения. По ми-

нимальной обработке почвы ее урожайность снижалась до 4,01-4,37 т/га или на 10,0 и 9,6 %.

Введения в севооборот бинарной смеси многолетних трав люцерны + костреч (первый год пользования) показало, что ее урожайность была выше одновидовых посевов и по комбинированной системе обработки почвы составила 4,59-4,91 т/га сухой массы, а по минимальной – 4,20-4,46 т/га (на 9,3-10,1 % меньше).

В среднем по вариантам наиболее урожайной была смесь люцерны и костреч – 4,54 т/га сухой массы, что больше чем костреч на 0,15 т/га и люцерны на 0,14 т/га. Комбинированная обработка почвы обеспечила прибавку урожайности на 0,38 т/га.

Оценка влияния фонов питания на формирование урожайности костреч показала, что фон удобрений $N_{60}P_{30}K_{30}$ повышал его урожайность на 0,38 и 0,34 т/га соответственно по комбинированной и минимальной обработке почвы по сравнению с фоном $N_{30}P_{20}K_{20}$. На люцерне по фону $N_{20}P_{30}K_{30}$ прибавка составила 0,38 - 0,36 т/га, смеси люцерны + костреч – 0,32-0,26 т/га по сравнению с фоном $N_{10}P_{20}K_{20}$.

Следует отметить, что в засушливых условиях 2012-2015 г. снизилась доля второго укоса в общем урожае. Так, у костреч она составила 19,0-21,3 %, люцерны 25,9-28,0 % и смеси люцерны и костреч – 25,1-25,7 % (приложение 11).

Дисперсионный анализ показал, что вклад культур и их смесей в урожайность составил от 23,0 % (2015 год) до 76,8 % (2012 год), обработки почвы от 7,2% (2012 год) 40,2 % (2015 год) и фоны удобрения от 9,8 (2012 год) 29,7 % (2013 год). В среднем за годы исследований вклад факторов в урожайность составил 44,0 %, 24,4 и 20,1 % соответственно (приложение 12).

Ко второму году пользования отмечено повышение урожайности многолетних трав по всем изучаемым вариантам. Так, урожайность костреч возросла на 0,66-0,70 т/га или на 14,8-16,3 %, люцерны - на 0,11-0,23 т/га или

2,5-7,0 %, а смеси люцерны с кострцом на - 0,22 - 0,34 т/га или на 4,7-8,1 % (табл. 80).

Таблица 79 – Урожайность многолетних трав первого года пользования в зависимости от обработки почвы и удобрения в севооборотах за 2012-2015 гг., т/га сухой массы (вторая ротация севооборотов)

Культура	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С			Среднее по факторам*	
		1-ой	2-ой	±	А	В**
Кострец	В ₁	4,36	4,74	+0,38	<u>4,39</u>	<u>4,63</u>
	В ₂	4,06	4,40	+0,34	100	
Люцерна	В ₁	4,41	4,79	+0,38	<u>4,40</u>	100
	В ₂	4,01	4,37	+0,36	100	<u>4,25</u>
Кострец + люцерна	В ₁	4,59	4,91	+0,32	<u>4,54</u>	
	В ₂	4,20	4,46	+0,26	103	
Среднее по фактору С		4,27	4,61	+0,34	-	-
НСР ₀₅ 2012 год		0,09		0,03	0,05	0,03
НСР ₀₅ 2013 год		0,27		0,10	0,14	0,10
НСР ₀₅ 2014 год		0,24		0,09	0,10	0,09
НСР ₀₅ 2015 год		0,29		0,10	0,14	0,10

* - над чертой сухая масса, под чертой отношение к контрольному варианту, %

** - приведены данные в среднем по обработке почвы

Ко второму году пользования доля второго укоса кострца снижалась до 16,8-17,3 %, люцерны - до 19,5-23,9 % и смеси люцерны с кострцом до 20,9-22,5 %, что объясняется низкой влагообеспеченностью посевов многолетних трав из-за активного потребления влаги из почвы на формирование урожая.

Наибольшей выход сухого вещества был получен у кострца – 5,07 т/га, травсмеси – 4,82 т/га и люцерны – 4,61 т/га. В целом анализ показал те же закономерности, что и при формировании травостоев первого года пользования: преимущество комбинированной обработки почвы, которая обеспечила прибавку урожайности сухого вещества 0,40 т/га (в среднем по культурам). Наиболее отзывчивой на глубину обработки почвы оказалась люцерна,

которая повышала урожайность на 0,52 и 0,54 т/га соответственно по первому и второму фоновым питаниям.

Таблица 80 – Урожайность многолетних трав второго года пользования в зависимости от обработки почвы и удобрений в севооборотах за 2012-2015 гг., т/га сухой массы (вторая ротация севооборотов)

Культура	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С			Среднее по факторам*	
		1-ой	2-ой	±	А	В**
Кострец	В ₁	5,05	5,44	+0,39	<u>5,07</u>	<u>5,03</u>
	В ₂	4,72	5,06	+0,34	100	
Люцерна	В ₁	4,72	5,02	+0,30	<u>4,61</u>	100
	В ₂	4,20	4,48	+0,28	91	
Кострец + люцерна	В ₁	4,81	5,14	+0,33	<u>4,82</u>	<u>4,63</u>
	В ₂	4,54	4,77	+0,23	95	
Среднее по фактору С		4,67	4,99	+0,31	-	-
НСР ₀₅ 2012 год		0,20		0,07	0,10	0,07
НСР ₀₅ 2013 год		0,34		0,12	0,17	0,12
НСР ₀₅ 2014 год		0,25		0,09	0,12	0,09
НСР ₀₅ 2015 год		0,32		0,11	0,16	0,11

* - над чертой сухая масса, под чертой отношение к контрольному варианту, %

** - приведены данные в среднем по обработке почвы

Прибавка от повышенного фона была также существенной и составила в среднем 0,31 т/га, а наибольшую отзывчивость показали посеы кострца (0,34-0,39 т/га).

Дисперсионный анализ урожайных данных по накоплению сухого вещества показал те же закономерности, которые были получены при анализе урожая травостоев первого года пользования. В среднем вклад культур и их смесей в урожайность составил 68,8 %, обработки почвы – от 5,8 % и удобрений – 17,5 % (приложение 12).

Оценка продуктивности многолетних трав показала, что по выходу кормовых единиц преимущество имела люцерна, где по комбинированной обработке почвы было получено 4385-4718 к.ед. и 793-857 кг переваримого

протеина соответственно по первому и второму фонам удобрения. По минимальной в севообороте обработке почвы ее продуктивность снижалась до 3995 – 4301 к.ед., при этом сбор белка составил 675-758 кг. Высокой продуктивностью отличались совместные посевы люцерны с кострцом, которые превзошли одновидовой посев кострца (таблица 81).

Таблица 81 - Продуктивность многолетних трав в зависимости от систем обработки почвы и удобрения в севооборотах, за 2012-2015 гг.

Культура и год пользования	Обработка почвы	Удобрения	Урожайность, (сухое вещество) т/га	Выход с 1 га			ПП, г на 1 к. ед.
				кормовые единицы	Переваримый протеин, кг	Обменная энергия, ГДж	
Кострец	В ₁	С ₁	4,71	4037	319	50,0	79
		С ₂	5,09	4336	361	53,9	83
	В ₂	С ₁	4,39	3723	331	46,3	89
		С ₂	4,73	4057	343	50,2	85
По культуре			4,73	4038	339	50,1	83
Люцерна	В ₁	С ₁	4,57	4385	793	51,8	181
		С ₂	4,91	4718	857	55,7	182
	В ₂	С ₁	4,11	3995	675	46,7	169
		С ₂	4,43	4301	758	50,4	176
По культуре			4,51	4350	771	51,2	177
Кострец + люцерна	В ₁	С ₃	4,70	4277	596	51,5	139
		С ₄	5,03	4588	648	55,2	141
	В ₂	С ₃	4,37	3984	552	47,9	139
		С ₄	4,62	4188	593	50,5	142
По культуре			4,68	4259	597	51,3	140

Обеспеченность переваримым протеином сухого вещества люцерны составила 169-182 г на 1 к.ед., смеси люцерны с кострцом 139-141 и кострца 79-89 г на 1 к.ед.

На всех вариантах отмечалось преимущество комбинированной системы обработки почвы в севообороте и повышенного фона удобрения.

Формирование урожая многолетних трав определялось, прежде всего, условиями влагообеспеченности и ее величина зависела от вида трав, обработки почвы и удобрений в севообороте. Корреляционный анализ позволил выявить связь величины урожайности с основными условиями и факторами произрастания многолетних трав (таблица 82).

Нами установлена прямая связь урожайности сухого вещества многолетних трав с продолжительностью формирования укосов, особенно у эспарцета ($r = 0,67-0,81$), которая характеризовалась как сильная, средняя у люцерны ($r=0,48-0,46$) и смеси люцерны с кострцом ($0,54-0,62$) и слабая у кострца ($r=0,32-0,27$).

Выявлена количественная зависимость накопления сухого вещества от среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков. Уровень урожайности всех изучаемых культур имел обратную связь со среднесуточной температурой как при формировании первого укоса ($r = - 0,53 \dots -0,97$), так и второго укоса ($r = - 0,46 \dots - 0,77$).

Установлена прямая связь между осадками и урожайностью многолетних трав, урожайность первого укоса имела среднюю связь ($r = 0,44-0,65$), а второго укоса сильную ($r = 0,67-0,80$). Аналогичные закономерности выявлены и с комплексным показателем – гидротермическим коэффициентом.

Накопление сухого вещества первого укоса всех многолетних трав прямо и в сильной степени зависело от содержания продуктивной влаги в почве в начале весеннего отрастания ($r = 0,67-0,76$). Формирование второго укоса в первую очередь определялось количеством осадков и в средней степени зависело от содержания влаги в метровом слое почвы ($r=0,42-0,59$).

На формирование урожая многолетних трав оказывали влияние сорные растения, так выявлена связь между накоплением сухого вещества и численностью сорных растений перед укосами ($r = -0,48 \dots -0,75$).

Таблица 82 – Связь урожайности сухого вещества многолетних трав (т/га) с продолжительностью межфазных периодов, абиотическими и другими факторами

Показатели	Коэффициент корреляции							
	Кострец		Люцерна		Эспарцет		Люцерна+ кострец	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Продолжительность периода								
Отрастание – укос	0,32	0,27	0,48	0,46	0,67	0,81	0,54	0,62
Абиотические факторы								
Среднесуточные температуры	-0,56	-0,69	-0,53	-0,46	-0,86	-0,65	-0,97	-0,77
Сумма осадков	0,65	0,80	0,54	0,67	0,44	0,70	0,50	0,72
ГТК	0,57	0,70	0,58	0,67	0,52	0,72	0,64	0,75
Другие факторы								
Запасы продуктивной влаги, мм	0,76	0,47	0,68	0,49	0,74	0,59	0,68	0,42
Численность сорных растений перед укосом, шт./м ²	-0,48	-0,46	-0,75	-0,52	-0,57	-0,53	-0,58	-0,54

Формирование урожая многолетних трав происходит под действием абиотических факторов, где решающее значение имеет содержание продуктивной влаги в метровом слое и сумма осадков за периоды формирования укосов. Наиболее отзывчивой культурой на увлажнение почвы является люцерна, на втором месте кострец и на третьем эспарцет, поэтому следует наиболее полно обеспечивать почвы многолетних трав ресурсами влаги за счет технологий.

Таким образом, в условиях черноземных почв лесостепной зоны Поволжья в хозяйствах животноводческого направления следует вводить в структуру севооборотов бобовые фитоценозы (люцерна и эспарцет). Основную обработку почвы под многолетние травы следует проводить посредством вспашки на фоне органоминеральной системы удобрений с навозом и сидератом или как альтернативу - с соломой, что позволит получать 4-8 т/га сухого вещества сбалансированных по белку кормовых ресурсов.

5.6 Модели посевов многолетних трав

Исследования одновидовых посевов и травосмесей различного состава и сложности, проведенные как в России, так и за рубежом, показывают, что смешанные посевы оптимально подобранных компонентов являются наиболее эффективными. По мнению геоботаника В.Н. Сукачева (1953), между растениями в смешанных посевах могут быть и взаимовыгодные отношения, обеспечивающие улучшение физических и химических свойств почвы, создание лучшего микрофитоклимата, защиту от болезней и вредителей, привлечение полезной энтофауны, что, в конечном счете, приводит к повышению продуктивности агрофитоценозов.

В условиях лесостепи Поволжья введение в севообороты многолетних трав сопряжено со следующими проблемами: во-первых, при длительном возделывании многолетних трав в севооборотах, в богарных условиях, обостряется проблема влагообеспеченности, что затрудняет их использование в качестве предшественников и снижает продуктивность последующих куль-

тур в севооборотах. Во-вторых, большинство видов многолетних трав при длительном использовании выпадают из травостоя, поля засоряются, и их продуктивность падает. В связи с этим в полевых севооборотах лесостепи Поволжья интерес представляют краткосрочные травосмеси (2-3 летнего пользования), которые можно включать в ротацию 6-8-польных севооборотов, не выводя поле из оборота.

Традиционными многолетними травами, обладающими ценными биологическими и хозяйственными признаками, возделываемыми в условиях земледелия Среднего Поволжья, являются кострец безостый, люцерна посевная и эспарцет песчаный (Беляк В.Б., 1998).

Смешанные посевы кормовых культур в мировой практике известны давно и широко используются. В системе организации адаптивного кормопроизводства особое место принадлежит бобово-злаковым фитоценозам, продуктивность которых зависит от правильного подбора видов, количества и соотношения компонентов. Теория этого вопроса раскрыта в работах зарубежных и отечественных ученых (Грюммер Г., 1957; Марков, М.В., 1972; Миркин Б.М., 1978; Норин Б.Н. 1987; Гродзинский А.М., 1991), исследования продуктивности смешанных посевов указывают, что при правильном подборе компонентов отмечается их преимущество в сравнении с одновидовыми посевами (Методическое руководство по..., 1996; Васин, А.В., 2000; Котов П.Ф., 2001; Варламов В.А., 2008; Humphrey L.D., 1998; Lafolie F., 1999; Di Falco S., 2003).

Показателями целесообразности возделывания кормовых культур являются урожайность зеленой массы и сбор сухого вещества. В среднем за годы исследований наибольшую урожайность зеленой массы при первом укосе обеспечил 6 вариант люцерна + эспарцет 17,55 т/га; на втором месте люцерна – 17,35 т/га; на третьем люцерна + кострец – 16,88 т/га. Тройные смеси обеспечивали примерно одинаковый урожай – 16,54-16,88 т/га; чистый посев эспарцета – 14,87; эспарцето-кострецовая смесь – 13,54; и чистый посев костреца 13,45 т/га зеленой массы (приложение 13).

В системе конвейерного производства кормов имеет значение доля второго укоса в суммарном урожае. Учет урожайности второго укоса изучаемых вариантов показал, что наибольшей отавностью обладали посевы костреца – 41,1 %; на втором месте – люцерно-кострецовая смесь 38,2 %; на третьем чистые посевы люцерны – 37,5 %. Доля второго укоса в урожае тройной смеси люцерна + кострец + эспарцет составила 37,1 % от общего урожая; кострец + эспарцет – 36,2 %, кострец + люцерна + эспарцет – 35,8; эспарцет + кострец + люцерна 34,1 %; чистого посева эспарцета – 29,7 % (рис.31).

Интегральным показателем эффективности агротехнических приемов является урожайность возделываемых культур. Изучение одновидовых и смешанных посевов многолетних трав показало, что наибольшее накопление сухого вещества происходило в двухкомпонентных и трехкомпонентных смесях многолетних трав, при этом прибавка урожайности составила 0,20-0,24 т/га. Учет урожайности многолетних трав показал не одинаковый вклад отдельных компонентов в ее формирование, введение в смесь люцерны привело к повышению урожайности в среднем на 0,29 т/га сухого вещества, введение эспарцета к ее снижению на 0,50 т/га (таблица 83).

Следует отметить важный аспект – при возделывании травосмесей азотные удобрения не применялись, тогда как относительно высокий урожай костреца в одновидовом посеве получен при внесении азота перед началом формирования укосов.

Наибольшая урожайность сухого вещества была получена при возделывании смеси люцерны и костреца (50+50 %) - 6,79 т/га, что выше, чем одновидовой посев люцерны на 6,2 % (6,37 т/га), посев костреца на 12,7 % (6,09 т/га) и посева эспарцета на 26,1 % (5,02 т/га).

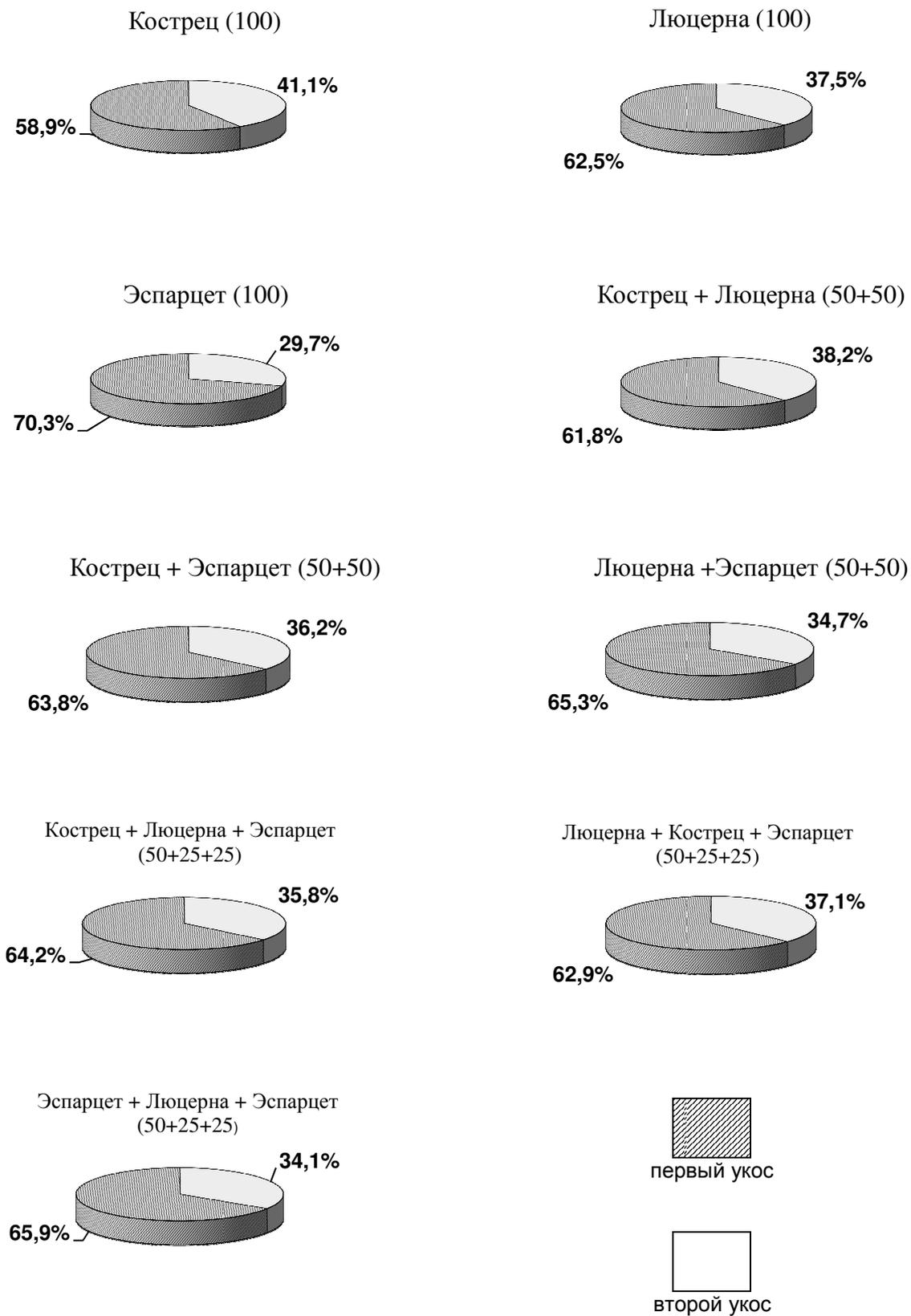


Рис. 31 - Доля укосов в суммарном урожае зеленой массы многолетних трав в простых и сложных агрофитоценозах

Таблица 83 -Урожайность многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах, т/га сухого вещества (за 2004-2006 гг.)

Количество компонен- тов (Фактор А)	Преобладающая культура (фактор В)			Среднее по фак- тору А	Откло- нения (+-), т/га
	Кострец	Люцерна	Эспарцет		
Одновидовые посевы	6,09	6,37	5,02	5,83	-
Двойная смесь	6,79 (Л)*	6,13 (Э)	5,18 (К)	6,03	+0,20
	5,18 (Э)	6,79 (К)	6,13 (Л)		
Тройная смесь	6,19	6,11	5,92	6,07	+0,24
Среднее по фактору В	6,06	6,35	5,56	х	Х
Отклонения (+-), т/га	-	+0,29	-0,50	х	Х
НСР ₀₅ для факторов А и В	0,18				

*-второй компонент смеси: Л - люцерна; К – кострец; Э – Эспарцет.

Характер взаимосвязи урожайности сухого вещества и показателей доли компонентов в агрофитоценозах с многолетними травами характеризуют уравнения регрессии, которые являются статистически значимыми (таблица 84).

Динамика урожайности многолетних трав в двухкомпонентных смесях в зависимости от доли компонентов представлена на рисунке 32.

Модель сочетания люцерны и костреца (рис. 32 а) в двойной смеси показывает, что ее урожайность повышается с долей компонентов, то есть эти две культуры дополняют друг друга. Построенная 3D модель показывает, что роль люцерны в травосмеси выше, чем костреца, о чем свидетельствуют значения бета - коэффициентов (0,61 – люцерна, 0,53 – кострец).

Проведенная оценка агрофитоценозов показывает, что наименьшая урожайность была получена при возделывании одновидового посева эспарцета. Урожайность травосмеси эспарцет + кострец увеличилась в сравнении с одновидовым посевом эспарцета. Максимальная урожайность эспарцета в смеси с кострецом или люцерной может быть получена при доле эспарцета не более 30 % (рис. 32 б, в).

Таблица 84 – Взаимосвязь урожайности сухого вещества с долей многолетних трав в травосмесях

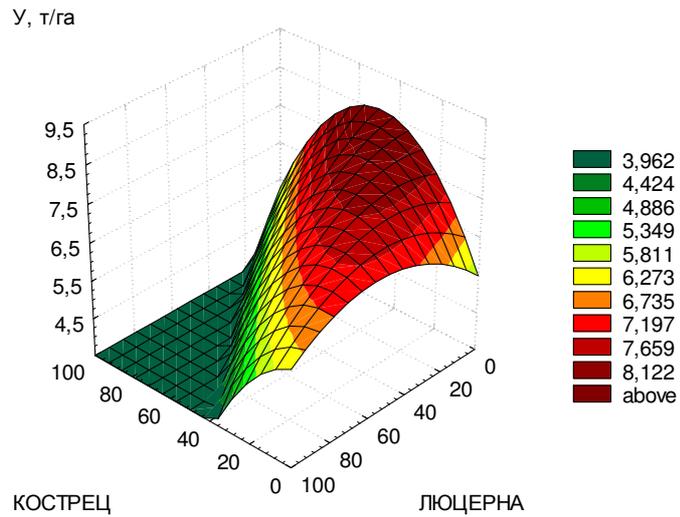
Смесь	Нелинейная модель	r
К + Л	$y=5,487+0,126x_1+0,053x_2-0,001x_1^2-0,001x_1x_2-0,0005x_2^2$	0,980
К + Э	$y=3,072+0,055x_1+0,045x_3+0,0003x_1^2-0,0006x_1x_3-0,0003x_3^2$	0,987
Л + Э	$y=1,795+0,041x_2+0,013x_3+0,0008x_2^2+0,001x_2x_3+0,0001x_3^2$	0,990

y – урожайность смеси; *x*₁ – доля костреца в смеси, %; *x*₂ – доля люцерны в смеси, %; *x*₃ – доля эспарцета в смеси, %.

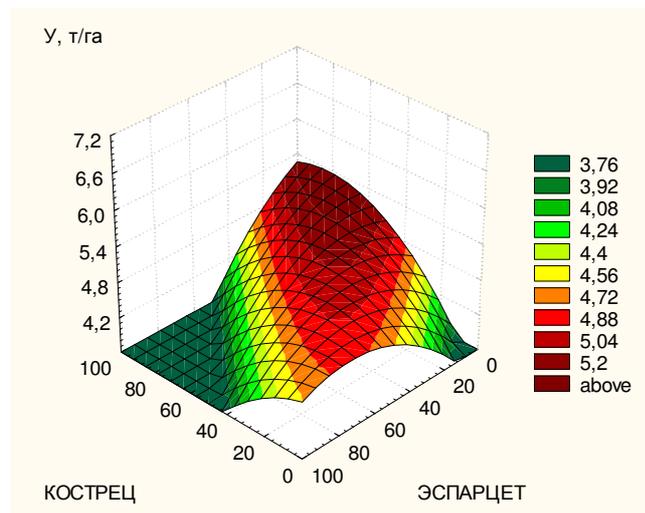
Анализ продуктивности многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах показал, что по выходу кормовых единиц (к.ед.) их можно расположить в следующей последовательности (тыс. к.ед. с 1 га): люцерна + кострец – 5,94 > люцерна 5,77 > люцерна + кострец + эспарцет – 5,41 > кострец + люцерна + эспарцет – 5,39 > люцерна + эспарцет – 5,29 > эспарцет + люцерна + кострец – 5,21. Однокомпонентные посева костреца и эспарцета значительно уступали травосмесям по выходу кормовых единиц, их продуктивность составила соответственно 4,85 и 4,45 тыс. к.ед. с 1 га (таблица 85).

По выходу обменной энергии складывалась аналогичная ситуация, данный показатель изменялся от 70,4 (кострец + люцерна) до 52,6 ГДж/га (эспарцет).

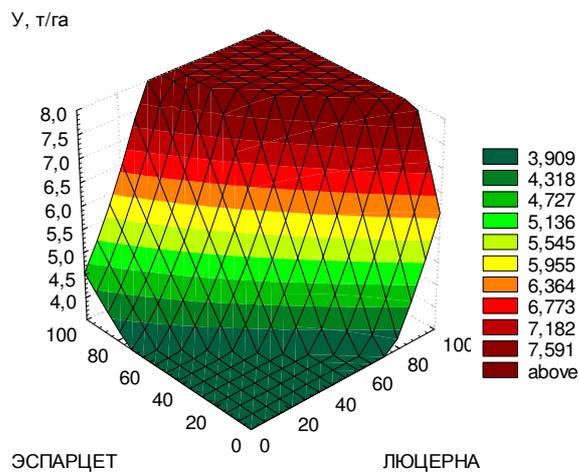
Оценка белковой продуктивности показала преимущество бобовых культур и смесей с их преобладанием. Продуктивность одновидового посева люцерны составила 0,91 т/га переваримого протеина (ПП), травосмесей с преобладанием люцерны – 0,78-0,82 т/га, тогда как одновидового посева костреца – 0,40 т/га. По белковой обеспеченности кормовых ресурсов преимущество имели также фитоценозы с бобовыми культурами. Изучаемые посева можно расположить в следующем порядке (г ПП на 1 к. ед.): эспарцет – 160 г, люцерна 158 г, травосмеси – 131-151 г, кострец – 82 г.



а)



б)



в)

Рисунок 32 – Зависимость сбора сухого вещества травосмесей многолетних трав (у, т/га) от доли компонентов (х, %)

При оценке биоэнергетической эффективности одновидовых и смешанных посевов многолетних трав выявлено, что по накоплению валовой энергии в основной продукции преимущество имели смесь костреца и люцерны – 125,6, а также одновидовой посев люцерны – 118,8 ГДж/га, другие посева характеризовались меньшим накоплением энергии – 94,1-114,7 ГДж/га.

Затраты суммарной энергии при возделывании одновидового посева люцерны и смеси люцерны + кострец составили 8,9 ГДж/га, тогда как на других вариантах данный показатель находились на уровне 9,3-10,4 ГДж/га. Затраты энергии при возделывании одновидового посева костреца возросли до 15,9 ГДж/га, что объясняется применением энергоемких азотных удобрений.

Таблица 85 - Сравнительная продуктивность многолетних трав в одновидовых и поливидовых агрофитоценозах, 2005-2006 гг.

Культура*	% от нормы высева	Выход с 1 га			ПП, г на 1 корм. ед.
		Корм. ед., т	ПП, т	ОЭ, ГДж	
Кострец	100	4,85	0,40	60,5	82
Люцерна	100	5,77	0,91	67,3	158
Эспарцет	100	4,45	0,71	52,6	160
К + Л	50+50	5,94	0,78	70,4	131
К + Э	50+50	4,50	0,60	53,6	132
Л + Э	50+50	5,29	0,80	63,1	151
К + Л + Э	50+25+25	5,39	0,71	64,0	132
Л + К + Э	50+25+25	5,41	0,82	64,0	151
Э + Л + К	50+25+25	5,21	0,76	61,8	145

* - К – кострец безостый; Л - люцерна посевная; Э – эспарцет песчаный.

Окупаемость затрат энергии при возделывании многолетних трав был на высоком уровне, при этом самый высокий биоэнергетический коэффициент

ент был получен на смеси люцерна + кострец (14,1) и одновидового посева люцерны (13,4). Биоэнергетический коэффициент одновидовых посевов костреца и эспарцета составил соответственно 7,0 и 9,1 ед., тогда как при возделывании двойных и тройных смесей костреца, люцерны и эспарцета в различных сочетаниях он находился на уровне 10,2-12,3 ед.

Многолетние травы в смешанных агрофитоценозах по уровню урожайности имели преимущество перед одновидовыми посевами в среднем на 0,20-0,24 т/га сухого вещества. Наибольшее влияние на повышение продуктивности травосмесей оказывала люцерна, введение ее в травосмесь приводило к росту урожайности агрофитоценозов. Выявлены прямые зависимость урожайности сухого вещества от долей компонентов в смешанных посевах, которые характеризуются нелинейными моделями.

По урожайности преимущество имела травосмесь кострец + люцерна, на которой за два укоса было получено 6,79 т/га сухого вещества, что больше чем на одновидовых посевах люцерны на 0,42 и костреца на 0,70 т/га. Отмечалось преимущество травосмеси кострец + люцерна по выходу кормовых единиц, переваримого протеина, обменной энергии и биоэнергетической эффективности продуктивности в сравнении с одновидовыми посевами костреца, люцерны и эспарцета и других их сочетаний.

Выводы:

1. В одинаковых агроэкологических условиях возделывания зерновые бобовые культуры (горох, вика, люпин белый, смесь люпина узколистного с горохом) по урожайности и сбору белка существенно различаются между собой, что обусловлено биологическими особенностями. Урожайность варьировала в зависимости от культур: горох 1,86-2,50 т/га, люпин белый 1,99-2,30 т/га, смесь гороха и люпином узколистным – 2,06-2,40 т/га, вика 1,45-1,72 т/га.

Более высокая урожайность двухкомпонентной смеси, по нашему мнению, объясняется плотностью травостоя, который снижает

непродуктивное испарение влаги, повышением конкурентоспособности по отношению к сорному компоненту, устойчивостью к полеганию.

2. Сравнительная оценка продолжительности межфазных периодов и урожайности зернобобовых культур в динамике с абиотическими факторами позволяет отметить их взаимосвязь. Появление всходов люпина в большей степени зависела от осадков после посева и температуры по сравнению с традиционными культурами – горохом и викой. Продолжительность вегетации зернобобовых культур удлинялась с увеличением осадков и укорачивалась при повышении среднесуточной температуры воздуха. Урожайность находилась в прямой зависимости от продолжительности периода всходы - цветение, особенно у люпина белого и люпина узколистного, и в обратной зависимости от температуры воздуха. Урожайность зернобобовых культур прямо зависела от суммы осадков и величины гидротермического коэффициента, особенно люпина, что характеризует его более влаголюбивой культурой в сравнении с горохом и викой.

3. По белковой продуктивности зернобобовые культуры можно расположить в следующий ряд: вика - 0,241-0,297 т/га > горох - 0,293-0,407 т/га > люпин + горох – 0,380-0,473 т/га > люпин белый - 0,480-0,588 т/га. По выходу к.ед. преимущество имели посеvy гороха.

Урожайность и продуктивность зерновых бобовых культур возрастала по комбинированной в севообороте обработке почвы и по органоминеральной системе удобрения в севообороте – солома + NPK.

4. Наибольшая урожайность озимой пшеницы формируется после чистого пара, однако по продуктивности преимущество имели звенья севооборотов с бобовыми культурами, где выход зерна возрастал с 2,20 до 2,83-2,91 т/га, а зерновых единиц с 2,20 до 3,25-3,34 тыс. /га.

Построение экономико-математической модели показало, что оптимальное соотношение предшественников для озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья следующее: чистый пар 40 % и занятый пар 60 %, что позволит повысить продуктивность звеньев и получить наибольшую эконо-

мическую эффективность. В условиях лесостепи Поволжья имеют перспективу бобовые звенья севооборотов: горох – озимая пшеница, люпин – озимая пшеница и горох + люпин – озимая пшеница.

5. В зерновых звеньях с бобовыми культурами эффективна комбинированная обработка почвы, подразумевающая рыхление почвы плугами со стойками СибИМЭ или их аналогами под бобовые культуры на 20-22 см. Исследования показали, что зерновые бобовые культуры повышали урожайность и продуктивность азотфиксации на варианте солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$.

6. Чистый пар оказывал последствие на урожайность 2-й культуры (яровой пшеницы) только в засушливые годы, в годы с достаточной увлажненностью преимущество имели бобовые предшественники и сидеральный пар, а качество зерна не зависимо от года в звеньях с бобовыми культурами и сидератом повышалось.

От первой ко второй ротации севооборотов повышались урожайность и качество зерна озимой пшеницы и яровой пшеницы, что указывает на эффективность приемов биологизации ее технологии.

7. Органоминеральные системы удобрения с навозом и соломой имели равноценное влияние на формирование урожайности и качества зерна яровой пшеницы в паровом и зерновых звеньях. Комбинированная обработка почвы в звеньях севооборотов: пар (чистый, занятый) - озимая пшеница – яровая пшеница, подразумевающее проведение под яровую пшеницу дискования БДМ-3х4П на 10-12 см + вспашка на 20-22 см имела преимущество по влиянию на ее урожайность и на качество зерна.

8. В зависимости от уровня урожайности и качества получаемого зерна яровой пшеницы изучаемые предшественники можно разделить на 3 группы: 1) бобовые культуры-симбионты (люцерна, эспарцет, горох), где получена наибольшая урожайность и наиболее качественное зерно; 2) кострец - самая низкая урожайность и менее качественное зерно; 3) яровая пшеница занимает промежуточное положение по уровню урожайности и качеству зерна. Предшественники оказывали неоднозначное влияние на плодородие почвы, ее пи-

тательный и водный режимы, физические свойства. Это объясняется различиями в химическом составе оставляемых на поле растительных остатков, количеством симбиотического азота бобовых, поступающих в почву, потреблением продуктивной влаги, а также влиянием на фитосанитарное состояние посевов (засоренность и корневые гнили).

9. В период первой ротации севооборотов в звеньях с паровыми предшественниками наибольший вклад в изменение урожайности принадлежал обработке почвы – 79,9 %, вклад предшественников – 4,9 %, а фоны органоминеральных систем удобрений с навозом и соломой в севооборотах имели равноценное влияние на продуктивность яровой пшеницы. В период второй ротации севооборотов при планировании урожайности на два уровня возрастал вклад удобрений в формирование урожая – 31,5 %, вклад обработки почвы составил 22,7 %, а предшественников – 13,9 %.

10. В звеньях с многолетними травами наибольший вклад в изменение урожайности яровой пшеницы принадлежал предшественникам – 76,2 %, вклад обработки почвы составил 14,7 %, а фоны органоминеральных систем удобрений имели равноценное влияние. В период второй ротации севооборотов (при планировании урожайности на два уровня) вклад возрастал удобрений до 17,5 %, вклад обработки почвы составил 22,7 %, но преимущество оставалось за предшественниками – 68,8 %. Многолетние бобовые травы отличались наибольшим средообразующим воздействием на почву, что сказывалось на формировании урожая и качества зерна яровой пшеницы.

11. Формирование урожая многолетних трав происходило под действием абиотических факторов, где решающее значение имело содержание продуктивной влаги в метровом слое и сумма осадков за периоды формирования укосов. Наиболее отзывчивой культурой на увлажнение почвы является люцерна, на втором месте кострец и на третьем эспарцет, поэтому следует наиболее полно обеспечивать почвы многолетних трав ресурсами влаги за счет технологий.

Наибольшей продуктивностью отличались смеси костреца, люцерны и эспарцета по сравнению с их одновидовыми посевами. Наибольшее влияние на повышение продуктивности травосмесей оказывала люцерна, введение ее в травосмесь приводило к росту урожайности агрофитоценозов. Выявлены прямые зависимости урожайности сухого вещества от долей компонентов в смешанных посевах, которые характеризуются нелинейными моделями.

Для повышения продуктивности многолетних трав, особенно бобовых следует применять комбинированную обработку почвы на фоне органоминеральной системы удобрения с навозом, сидератом или с соломой, что позволит получать 4-8 т/га сухого вещества сбалансированных по белку кормовых ресурсов.

ГЛАВА 6. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научно обоснованное чередование культур в сочетании с оптимальными системами обработки почвы и органоминеральными удобрениями при биологизации земледелия оказывает синергетическое управляющее воздействие на плодородие почвы, ее агрофизические, агрохимические и биологические свойства и, следовательно, на продукционный процесс растений.

Как при традиционных чередованиях, так при биологизированных севооборотах их оценка по выходу продукции в натуральном выражении или в условных единицах является важнейшим показателем их эффективности.

О продуктивности биологизированных севооборотов можно судить по данным таблицы 86. Анализ продуктивности многолетних трав в период первой ротации по сбору кормовых единиц показал преимущество люцерны – 6,05-7,14 т/га, что больше по сравнению с эспарцетом на 1,34-1,83 т/га и с кострцом на 1,61-1,96 т/га.

По выходу условных кормовых единиц изучаемые севообороты распределились в следующем порядке: зернотравяной с люцерной – 4,67 тыс. с 1 га, зернотравяной с кострцом - 3,82, зернотравяной с эспарцетом - 3,73 тыс./га и зернопаровой севооборот - 2,90 тыс./га. Различия в продуктивности объясняются высокой продуктивностью многолетних трав по сравнению с другими изучаемыми культурами.

По выходу зерна с 1 га пашни преимущество имел зернопаровой севооборот, благодаря высокому уровню концентрации зерновых - 83 % от севооборотной площади. В среднем за 2005-2008 гг. выход зерна с 1 га здесь составил 2,36 т. При этом комбинированная обработка почвы обеспечивала повышение сбора зерна по сравнению с минимальной системой на 0,25 т/га. Фоны удобрений навоз + NPK и солома + NPK были равноценными по влиянию на формирование урожая и продуктивности культур в зернопаровом севообороте.

В севооборотах с долей зерновых культур 67 % преимущество по выходу зерна имел зернотравяной с люцерной - 1,77 т/га, тогда как в севообороте с кострцом выход зерна составил 1,70 т/га. Действие и последствие комбинированной обработки почвы в севообороте было более высокой по сравнению с минимальной, а изучаемые фоны удобрения были равноценными по влиянию на выход зерна с 1 га.

С уменьшением доли зерновых культур до 50 % в зернотравяном севообороте с сидеральным паром (зернотравяной с эспарцетом) выход зерна снижался до 1,47 т/га.

Оценка влияния систем удобрения показала достоверную прибавку урожая люцерны и эспарцета по тем вариантам опыта, где вносилась солома. Рост продуктивности объясняется повышением активности бобово-ризобиального симбиоза и продуктивности азотфиксации люцерны, эспарцета и зернобобовых культур.

Закономерности формирования урожая в зависимости от систем обработки почвы были такими же, как и в других зернотравяных севооборотах. В период первой ротации севооборотов по влиянию на их продуктивность система удобрения сидерат + солома + NPK имела преимущество перед фоном сидерат + NPK.

Обработка почвы выступает одним из существенных факторов, оказывающих влияние на условия произрастания культурных растений за счет воздействия на агрофизические свойства почвы, микробиологическую активность и фитосанитарное состояние посевов (Эффективность систем основной..., 2013; Морозов, В.И. и др. 2014; Богомазов, С.В. и др. 2014; Дедов, А.В. и др. 2015; Научно-практические основы..., 2015).

Нами установлено, что по влиянию на урожайность зерновых, зернобобовых культур, многолетних трав и в целом на продуктивность изучаемых севооборотов, преимущество имела комбинированная система по сравнению с минимальной. По нашим данным, в среднем по экспериментальным севооборотам прибавка составила 0,20 тыс./га кормовых единиц и 0,12 т/га зерна в пользу комбинированной системы обработки почвы. Ее преимущество осо-

бенно проявлялось в севооборотах с многолетними травами, которые снижали урожайность при отсутствии вспашки.

Различия в продуктивности севооборотов объясняются не только набором культур, имеющих разный потенциал продуктивности, но и влиянием чередования культур на фитосанитарное состояние посевов, и в этом плане севооборот выполняет фитосанитарную и экологическую функции.

По мнению Лошакова В.Г. (2016), севооборот совместно с обработкой почвы и удобрениями дает такой суммарный положительный эффект в улучшении фитосанитарной ситуации на полях, который не дает ни одно из элементов системы земледелия в отдельности, что еще раз доказывает первостепенное значение соблюдения принципов плодосмена в современном земледелии. По нашим исследованиям, культуры и ротации экспериментальных севооборотов оказывали влияние на состав и структуру агрофитоценозов. Чередование культур и введение многолетних трав в севообороты имеет высокий сороочищающий эффект, открывающий возможности для снижения гербицидной нагрузки на агрофитоценозы.

В среднем по полям в первую ротацию севооборотов (2005-2008 гг.) наименьшее количество сорных растений в начале вегетации и перед уборкой отмечено в зернопаровом севообороте – 23,6 шт./м² и 22,1 шт./м² соответственно с их воздушно-сухой массой 4,5 и 31,1 г/м². Наибольшая засоренность отмечалась в зернотравяном севообороте с эспарцетом – 37,1-36,0 шт./м² с массой 13,7-40,4 г/м². Севообороты с кострцом и люцерной занимали промежуточное положение (приложение 14).

В годы второй ротации (2012 - 2015 гг.) на полях севооборотов сложилась несколько иная фитосанитарная ситуация. В среднем по севообороту самое низкое количество сорняков отмечено в зернотравяных севооборотах с кострцом и травосмесью (кострец + люцерна) – 18,3-16,8 шт./м² весной и 18,8-17,6 шт./м² перед уборкой, с массой соответственно 9,2-9,5 и 20,7-18,8 г/м². На полях зернопарового севооборота в среднем насчитывалось 20,2 шт./м² весной, а перед уборкой 21,6 шт./м² с массой 6,4 и 23,6 г/м² соответственно по срокам наблюдения (приложение 15).

Ко второй ротации произошло уменьшение засоренности по сравнению с первой ротацией. Так, на варианте зернопарового севооборота засоренность посевов была ниже на 13,1% весной и на 2,7 % перед уборкой, в зернотравяных севооборотах она оказалась еще ниже на 23,2 -49,3 % и 4,5-51,1 % соответственно по срокам определения. Такая же ситуация складывалась по массе сорных растений. Перед уборкой масса сорных растений уменьшалась на 15,7-53,1 % по сравнению с первой ротацией (приложение 16).

Наряду с предшественниками важную роль в регулировании сорного компонента агрофитоценоза принадлежит обработке почвы. По нашим данным, в период первой ротации севооборотов комбинированная обработка почвы способствовала снижению засоренности. В среднем по севооборотам к уборке культур 3 на варианте комбинированной обработки почвы насчитывалось 22,2 шт./м² сорняков, а на минимальной – 29,4 шт./м², а их биомасса увеличивалась от 26,0 до 37,8 шт./м². Аналогичные данные были получены и в период второй ротации севооборотов (приложение 17).

Следует отметить, что в биологизированных севооборотах, как в первой, так и во второй ротации севооборотов по обилию сорняков посевы не превышали среднюю степень засоренности, тогда как на полях региона численность сорных растений значительно превышает экономические пороги вредности (Морозов В.И. и др., 2007; 2014).

Таким образом, наши исследования показали сороочищающую способность севооборотов, особенно с многолетними травами, которые обладают высокой конкурентоспособностью по отношению к сорному компоненту агрофитоценозов. Кроме того, многие авторы отмечают, что в процессе роста отдельных культур (люпин), а также при разложении пожнивно-корневых остатков многолетних трав происходит выделение физиологических веществ в почву (аллелопатическое действие), которые оказывают ингибирующее действие на прорастание семян и вегетативные органы размножения сорных растений (Лобков В.Т., 1994; Захаренко А.В., 2000; Демина О.С., 2016).

Таблица 86 - Сравнительная продуктивность севооборотов за 2005-2008 гг. (первая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Урожайность зерновых и зернобобовых, т/га	Продуктивность многолетних трав, тыс./га к.ед.	Выход с 1 га пашни по севообороту				
					кормовых единиц, тыс.			зерна, т	
					По факторам				
					С	А	В	А	В
Пар чистый - озимая пшеница - яровая пшеница – горох - яровая пшеница - яровая пшеница	В ₁	Навоз + NPK	2,98	-	3,06	2,90	3,05	2,36	2,48
		Солома + NPK	2,97	-	3,04				
	В ₂	Навоз + NPK	2,69	-	2,74		2,74		2,23
		Солома + NPK	2,67	-	2,73				
Горох- озимая пшеница- яровая пшеница – коострец – коострец- яровая пшеница	В ₁	Навоз + NPK	2,71	4,73	3,90	3,82	4,00	1,70	1,80
		Солома + NPK	2,70	5,18	4,09				
	В ₂	Навоз + NPK	2,41	4,35	3,52		3,63		1,61
		Солома + NPK	2,41	4,72	3,75				
Вика - озимая пшеница - яровая пшеница – люцерна – люцерна - яровая пшеница	В ₁	Навоз + NPK	2,80	6,65	4,78	4,67	4,88	1,77	1,86
		Солома + NPK	2,78	7,14	4,98				
	В ₂	Навоз + NPK	2,53	6,05	4,42		4,46		1,67
		Солома + NPK	2,49	6,33	4,50				
В среднем по севооборотам		Навоз + NPK	2,69	5,45	3,74				
		Солома + NPK	2,67	5,84	3,85				
Вико-овес на сидерат - озимая пшеница - яровая пшеница – эспарцет – эспарцет - яровая пшеница	В ₁	Сидерат + NPK	3,10	5,07	3,82	3,73	3,88	1,47	1,55
		С + С+ NPK	3,11	5,31	3,94				
	В ₂	Сидерат + NPK	2,79	4,71	3,50		3,58		1,39
		С + С+ NPK	2,78	5,10	3,67				
В среднем по севообороту		Сидерат + NPK	2,95	4,89	3,66				
		С + С+ NPK	2,95	5,21	3,81				
НСР ₀₅ для частных средних = 0,20			-	-	0,09	0,11	0,09	-	-

В₁ – комбинированная; В₂ – минимальная

Дисперсионный анализ позволил оценить вклад изучаемых факторов в формирование продуктивности пашни. Выявлено, что изменения продуктивности по выходу к. ед. были обусловлены влиянием погодных условий (годы), вклад которых составил 35,2 %. С севооборотами (фактор А) было связано 42,3 % вариации продуктивности, при этом отмечено преимущество зернотравяных севооборотов. Вклад обработки почвы составил 9,7 % с преимуществом комбинированной системы в севообороте, органоминеральные фонны удобрений обусловили 0,5 % изменений продуктивности пашни, на другие факторы приходилось 11,8 % (рис. 33, приложение 18).

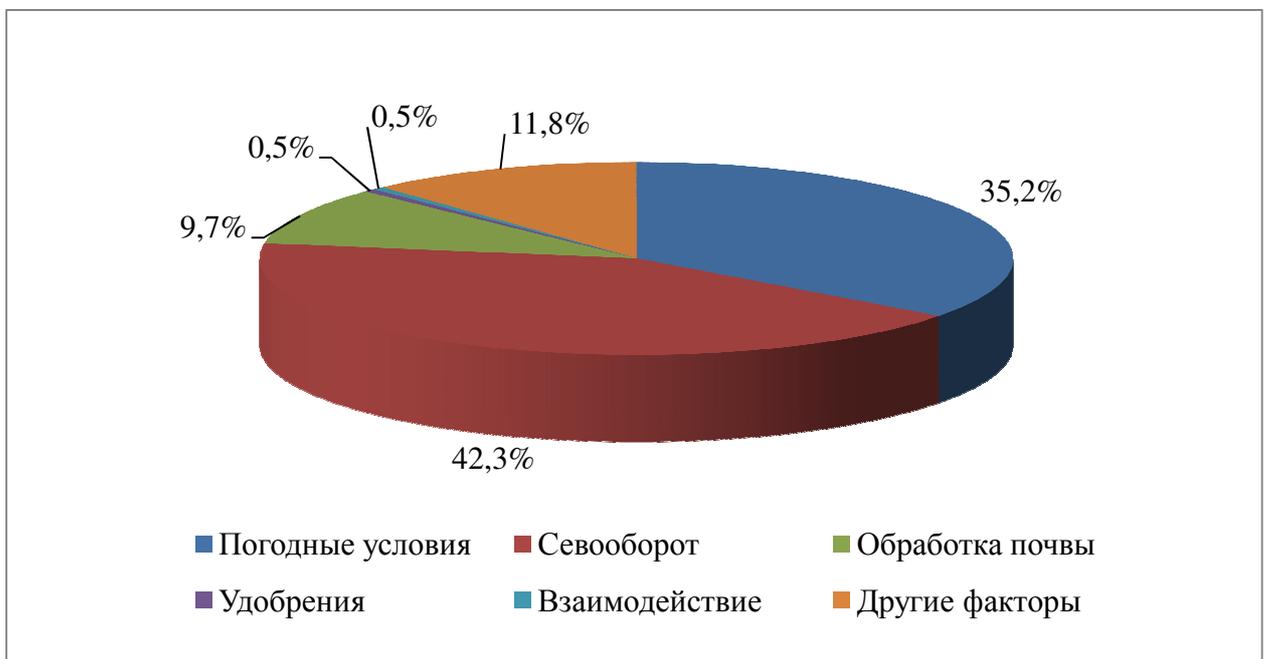


Рисунок 33 – Вклад факторов в формирование продуктивности севооборотов в период первой ротации (по данным дисперсионного анализа)

Дисперсионный анализ показал, что в период первой ротации севооборотов отмечались незначительные колебания продуктивности по годам исследований, наибольшие вариации были связаны с влиянием севооборотов. Более существенное влияние севооборота по сравнению с обработкой почвы и удобрениями подтверждается дисперсионным анализом, проведенным по годам исследований. Влияние севооборотов по годам исследований колеба-

лось от 49,7 до 91,2 %, обработки почвы – от 7,1 до 42,1 % и удобрений от 0,3 до 2,2 %.

В период второй ротации при оценке продуктивности зернопарового севооборота, зернотравяного с кострцом, зернотравяного с люцерной и зернотравяного с травосмесью (кострец + люцерна) закономерности, отмеченные при оценке их продуктивности в период первой ротации, сохранились.

Исследования показали, что по зерновой продуктивности выделялся зернопаровой севооборот с уровнем концентрации зерновых 83%, где выход зерна составил 2,57 т/га, что больше чем в период первой ротации на 8,9%. В севооборотах с долей зерновых культур 67% (зернотравяные) этот показатель находился на уровне 1,83-1,85 т/га или на 4,5-8,2 % выше, чем в период первой ротации (таблица 87).

Замена сидерального пара в IV-м севообороте на смесь люпин + горох (на зерно) привела к росту выхода зерна до 1,83 т/га или на 24,5 %.

Более полное использование удобрений было отмечено на первом органоминеральном фоне, запланированного на продуктивность севооборота 3,06-4,11 тыс. на 1 га кормовых единиц (приложение 5). Использование из почвы повышенных доз удобрений и более полная реализация потенциала продуктивности ограничивались засушливыми условиями весенне-летних периодов. Нами выявлена прямая связь продуктивности севооборотов с гидротермическим коэффициентом за май-июнь по годам ($r=0,518 - 0,744$).

Следует отметить рост урожайности зерновых культур и зерновой продуктивности изучаемых севооборотов от первой ко второй ротации биологизированных севооборотов. Это произошло в условиях снижения количества осадков за вегетацию. Можно предположить, что повышение продуктивности зерновых культур ко второй ротации объясняется повышением доз минеральных удобрений (приложение 4 и 5), однако данный факт не дает полного объяснения, поскольку в условиях недостаточной влагообеспеченности многолетние травы снижали свою продуктивность.

Таблица 87 - Сравнительная продуктивность севооборотов за 2012-2015 гг. (вторая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Урожай- ность зерно- вых и зерно- бобовых, т/га	Продуктив- ность много- летних трав, тыс./га к.ед.	Выход с 1 га пашни по севообороту				
					кормовых единиц, тыс.			зерна, т	
					С	А	В	А	В
Пар чистый - озимая пшеница - яровая пшеница – горох - яровая пшеница - яровая пше- ница	В ₁	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	3,05	-	3,15	3,17	3,27	2,57	2,65
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,28	-	3,38				
	В ₂	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	2,86	-	2,96				
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,08	-	3,18				
Горох - озимая пшеница- яро- вая пшеница – коострец – костр- рец- яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	2,74	4,04	3,61	3,63	3,75	1,84	1,90
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	2,95	4,34	3,89				
	В ₂	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	2,55	3,72	3,36				
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	2,78	4,06	3,65				
Люпин - озимая пшеница - яровая пшеница – люцерна – люцерна - яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	2,75	4,38	3,77	3,78	3,91	1,85	1,90
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	2,94	4,72	4,04				
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	2,61	3,99	3,52				
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	2,77	4,30	3,77				
Люпин + горох - озимая пше- ница - яровая пшеница – костр- рец + люцерна – коострец + лю- церна - яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	2,72	4,28	3,69	3,71	3,83	1,83	1,88
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	2,92	4,59	3,96				
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	2,58	3,98	3,47				
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	2,77	4,19	3,70				
По фактору С			2,74	4,07	3,44	-	-	-	-
			2,94	4,36	3,70	-	-	-	-
НСР ₀₅ для частных средних = 0,26			-	-	0,12	0,15	0,12	-	-

В₁ – комбинированная; В₂ – минимальная

Рост урожайности культур и продуктивности зерновых и зернобобовых культур объясняется, прежде всего, улучшением агрофизических, гидрологических и биологических свойств почвы, что указано в 4 главе. Кроме того снижалась фитосанитарная напряженность в посевах, отмечалось снижение засоренности ко второй ротации при биологизации севооборотов и снижение развития корневых гнилей зерновых культур в зернотравяных севооборотах.

Дисперсионный анализ данных, полученных в период второй ротации севооборотов, показал, что на 63,5 % изменений продуктивности были обусловлены влиянием погодных условий (годы), с севооборотами было связано 13,2 % изменений, с обработкой почвы - 4,6 %, а с органоминеральными фонами удобрения - 8,3 % изменений продуктивности пашни (рис. 34, приложение 18).

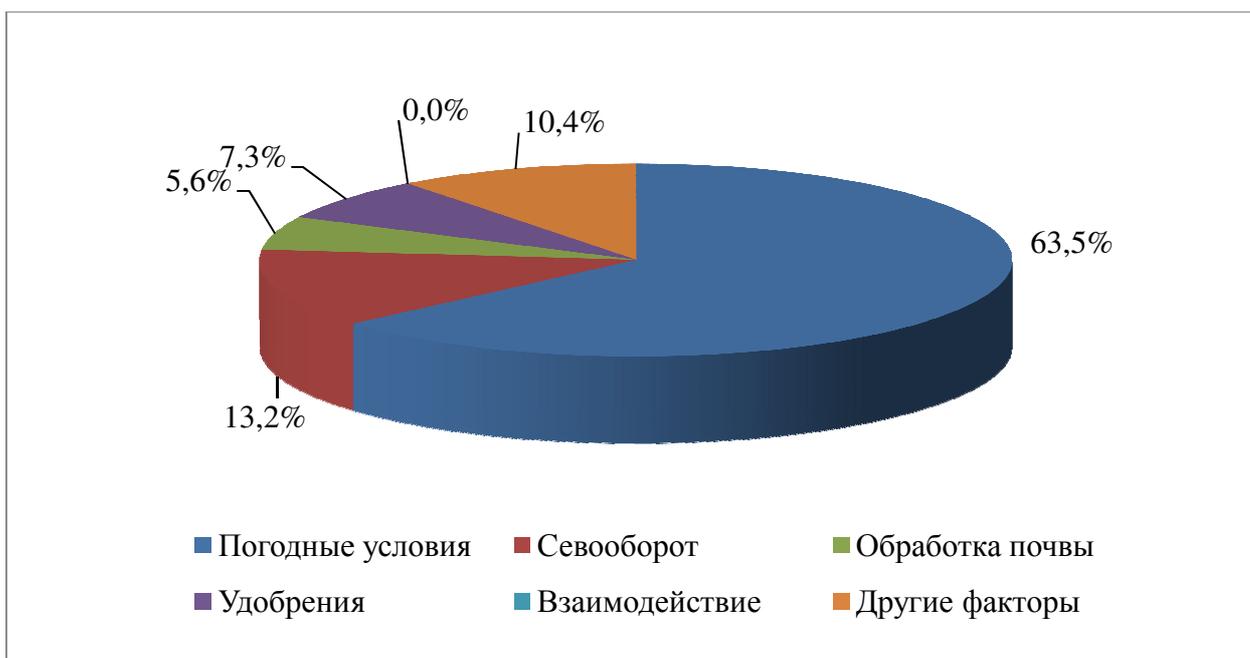


Рисунок 34 – Вклад факторов в формирование продуктивности в период второй ротации севооборотов (по данным дисперсионного анализа)

В период второй ротации севооборотов дисперсионный анализ, проведенный по годам исследований, подтверждает, что наибольшие изменения продуктивности пашни были связаны с севооборотом 7,2-77,0 %, на долю обработки почвы приходилось 7,3-54,8 % и удобрений 7,3-51,4 %.

Наши исследования позволили раскрыть сущность и разработать концепцию биологизации земледелия лесостепи Поволжья (рис. 35). Основным направлением биологизации является поддержание круговорота вещества и энергии в агроэкосистемах, при этом особое внимание следует уделять биологическому азоту. Необходимо осуществлять регулирование режима органического вещества за счёт биогенных ресурсов воспроизводимых в агроэкосистемах, в том числе посредством агрофитоценозов зернобобовых культур.



Рисунок 9 – Сущность (концепция) биологизации и экологизации земледелия лесостепи Поволжья

Таким образом, севооборот выступает важным системообразующим звеном в системе биологизации земледелия. Он позволяет диверсифициро-

вать сельскохозяйственное производство и рационально использовать природные и антропогенные факторы формирования урожая в рамках агроэкосистем, в том числе планировать системы обработки почвы и удобрения, а также носит фитосанитарную и экологические функции.

Выводы:

1. Продуктивность севооборотов определяется, прежде всего, условиями увлажнения вегетационного периода, биологическими особенностями и потенциалом культур, системой основной обработки почвы, а также удобрениями.

2. Сравнительная продуктивность севооборотов по выходу кормовых единиц показала, что их можно расположить в следующий ряд: зернотравяной с люцерной – 3,78-4,67 тыс./га, зернотравяной с кострцом - 3,63-3,82, зернотравяной с эспарцетом - 3,73 тыс./га, зернотравяной с травосмесью - 3,71 тыс./га и зернопаровой севооборот - 2,90-3,17 тыс./га. Различия в продуктивности объясняются высокой продуктивностью многолетних трав, которые более эффективно использовали биоклиматический потенциал и накапливали биологический азот.

3. Зерновая продуктивность севооборотов определялась уровнем концентрации посевов зерновых и зернобобовых культур, и наибольший выход зерна отмечен в зернопаровом севообороте с уровнем насыщения 83 % - (2,36 т/га), причем ко второй ротации продуктивность севооборота возрастала на 8,9% (2,57 т/га). Отмечен рост продуктивности по выходу зерна с единицы площади и в зернотравяных севооборотах.

4. Во всех севооборотах преимущество по влиянию на урожайность зерновых культур, многолетних трав и зернобобовых культур имела комбинированная обработка почвы, которая повышала выход к.ед. на 0,20-0,42 тыс. и зерна на 0,10-0,25 т/га, что объясняется улучшением влагообеспеченности и улучшением фитосанитарного состояния в посевах.

5. Системы удобрения с навозом и соломой оказывали равноценное влияние на продуктивность зернопарового севооборота.

Зернотравяные севообороты по выходу кормовых единиц повышали продуктивность пашни на фоне удобрения солома + NPK по сравнению с фоном на-

воз + NPK. Последнее объясняется повышением продуктивности бобово-ризобиального симбиоза при использовании в качестве удобрения соломы, что в свою очередь повышало продуктивность многолетних бобовых трав и зерновых бобовых культур и сказывалось на сборе продукции в севообороте. Аналогичная картина складывалась и при оценке систем удобрения сидерат + NPK и солома + сидерат + NPK - второй фон повышал продуктивность зернотравяного севооборота по выходу кормовых единиц.

6. В период второй ротации севооборотов вышеуказанные закономерности сохранились, отмечено повышение урожайности зерновых культур по сравнению с первой ротацией и выявлено преимущество фона удобрения солома +NPK на планируемую продуктивность 3,06-4,11 тыс. к.ед. Использование из почвы повышенных доз удобрений и более полная реализация потенциала продуктивности ограничивались засушливыми условиями весенне-летних периодов. Нами выявлена прямая связь продуктивности севооборотов с гидротермическим коэффициентом за май-июнь по годам ($r=0,518-0,744$).

7. В условиях биологизации севооборотов отмечен рост урожайности зерновых культур и выход зерна с единицы площади от первой ко второй ротации. Рост урожайности культур и продуктивности зерновых и зернобобовых культур объясняется, прежде всего, улучшением агрофизических, гидрологических и биологических свойств почвы и фитосанитарной обстановкой ко второй ротации при биологизации севооборотов.

8. Согласно концепции биологизации для разработки энергоресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур и воспроизводства плодородия почвы следует усилить производственные функции полевых культур за счет севооборотов (принцип плодосмена); обосновать источники обогащения почвы органическим веществом; максимально использовать биологический азот бобовых растений посредством симбиотической фиксации его из атмосферы; повысить конкурентоспособность полевых культур к вредным организмам и оптимизировать фитосанитарное состояние посевов.

ГЛАВА 7. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ

7.1 Экономическая эффективность

В современных социально - экономических условиях развития сельского хозяйства наряду с вопросами продуктивности агрокультур и воспроизводства плодородия почвы необходимо изучить экономическую эффективность агротехнических приемов, что определяет перспективность их практического использования.

Экономическая эффективность агротехнологий определяется рядом условий: продуктивностью полевых культур, производственными затратами на единицу площади, ценами реализации и другими технологическими и экономическими факторами. Особенно важно сократить невозобновимые техногенные ресурсы в производстве продукции растениеводства (минеральные удобрения, пестициды и другие), стоимость которых подчиняется закону возрастающих затрат, что приводит к росту себестоимости продукции, снижает конкурентоспособность агропроизводства.

Экономическая оценка агротехнологий в биологизированных севооборотах с различными приемами основной обработки почвы и уровнями питания осуществлялась по технологическим картам, рассчитанным по расценкам для производственных условий опытного поля Ульяновского ГАУ в 2017 году.

В производственных условиях лесостепи Поволжья экономическая оценка возделывания зерновых бобовых культур в период первой ротации севооборотов показала, что наибольший условно чистого доход был получен на многолетних травах – на люцерне 21123-35703, эспарцете – 19122-22466 и кострече – 15096-19917 руб. на 1 га, что в значительной степени превышало производственные затраты. Высокая экономическая эффективность многолетних трав обусловлена продуктивностью многолетних трав по выходу к.ед.

и низкими затратами на возделывание, особенно бобовых трав - люцерны и эспарцета.

На втором месте по экономической эффективности расположилась озимая пшеница, условно чистый доход на которой изменялся в зависимости от предшественников, обработки почвы и фонов удобрений от 5881,6 руб./га (после чистого пара, минимальная обработка почвы, фон удобрений навоз + NPK) до 14908,5 руб./га (после вики, комбинированная обработка почвы, солома + NPK).

Производство зерновых бобовых культур было также рентабельным, условно чистый доход на горохе составил от 1076,7 руб./га (1 севооборот, минимальная обработка почвы, навоз + NPK) до 7832,7 руб./га (1 севооборот, комбинированная обработка почвы, солома + NPK).

Экономическая эффективность яровой пшеницы в значительной степени определялась предшественниками, обработкой почвы и удобрениями. Например, в 3-м поле севооборотов условно чистый доход составил от 948,0 руб./га до 9783,9 руб./га (последствие гороха, комбинированная обработка почвы, солома + NPK). В 6-м поле отмечалась контрастность - после костреца был получен убыток (до - 3517 руб./га), а после бобовых предшественников условно чистый доход возрастал до 11827 руб./га.

Применение навоза в системе удобрения приводил к росту производственных затрат. Например, в зернопаровом севообороте они возросли на 3440 – 3521 руб./га или на 26,4-26,8%, что значительно повышало себестоимость продукции и снижало экономическую эффективность возделывания полевых культур (таблица 88). Аналогичная закономерность прослеживалась и в зернотравяных севооборотах, где изучался фон удобрений с навозом (II и III севообороты).

Преимущество фона удобрения солома +NPK по сравнению с фоном навоз + NPK объясняется не только высокими затратами на внесение навоза, но и отсутствием необходимости уборки и скирдования соломы.

Таблица 88 – Экономическая эффективность севооборотов за 2006-2008 гг. (первая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Выход с 1 га пашни кормовых единиц, тыс.	Стоимость полученной продукции, руб.	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость к. ед., руб.	Условно чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %		
								По фактору С	По фактору А	По фактору В
Зернопаровой	В ₁	Навоз + N ₂₆ P ₁₇ K ₁₇	3,06	21353	16072	5252	5281	38,3	42,9	
		Солома + N ₂₄ P ₁₇ K ₁₇	3,04	21660	14157	4657	7503			
	В ₂	Навоз + N ₂₆ P ₁₇ K ₁₇	2,74	19373	15647	5711	3726		23,8	33,7
		Солома + N ₂₄ P ₁₇ K ₁₇	2,73	19840	13810	5059	6030		43,7	
Зернотравяной с коострецом	В ₁	Навоз + N ₂₅ P ₁₃ K ₁₃	3,90	22892	14875	3814	8017	66,4	70,8	
		Солома + N ₃₀ P ₁₃ K ₁₃	4,09	23735	12642	3091	11093			87,7
	В ₂	Навоз + N ₂₅ P ₁₃ K ₁₃	3,52	20924	14271	4054	6653		46,6	62,0
		Солома + N ₃₀ P ₁₃ K ₁₃	3,75	21671	12224	3260	9447		77,3	
Зернотравяной с люцерной	В ₁	Навоз + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	4,78	24748	13279	2778	11469	101,3	107,3	
		Солома + N ₁₆ P ₁₃ K ₁₃	4,98	25605	11217	2252	14388			128,3
	В ₂	Навоз + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	4,42	22633	12787	2893	9846		77,0	95,3
		Солома + N ₁₆ P ₁₃ K ₁₃	4,50	23141	10829	2406	12312		113,7	
Зернотравяной с эспарцетом	В ₁	Сидерат + N ₁₇ P ₁₃ K ₁₃	3,82	18867	10492	2747	8375	81,3	84,1	
		Сид+ С+ N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	3,94	19480	10339	2624	9141			88,4
	В ₂	Сидерат + N ₁₇ P ₁₃ K ₁₃	3,50	17501	10221	2920	7280		71,2	78,4
		Сид+ С+ N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	3,67	18304	9865	2688	8439		85,5	

В₁ – комбинированная; В₂ – минимальная

Несмотря на то, что по комбинированной обработке почвы затраты были выше, применение разноглубинной обработки почвы приводило к росту продуктивности полевых культур, особенно бобовых, что отражалось на экономических показателях.

Так, в зернотравяном севообороте с люцерной условно чистый доход возрастал по комбинированной обработке почвы на 1624-2428 руб./га по сравнению с минимальной, это сказывалось на себестоимости и уровне рентабельности в пользу дифференцированной обработки почвы. Преимущество комбинированной обработки почвы отмечалось во всех изучаемых севооборотах.

По уровню рентабельности изучаемые севообороты можно расположить в следующий ряд: зернотравяной с люцерной – 101,3 %, сидеральный – 81,3 %, зернотравяной с кострцом – 66,4 % и зернопаровой – 38,3 %. Во всех севооборотах отмечалось преимущество комбинированной обработки почвы. Фон удобрения солома + NPK по сравнению с фоном навоз + NPK был более эффективен по экономическим соображениям, и совместное использование сидерата с соломой по сравнению с внесением только сидерата также показало свое преимущество.

Это подтверждает тот факт, что биологизация севооборотов за счет создаваемых в агрофитоценозах биогенных ресурсов (солома, сидераты, ПКО полевых культур) является мало затратной и экономически эффективной в сравнении с внесением дополнительных источников органического веществ в виде навоза.

В период второй ротации севооборотов их экономическая эффективность была значительно выше (таблица 89).

Анализ экономических показателей возделывания зерновых бобовых культур показал, что максимальной стоимостью продукции отличались посе-вы люпина – 39800-46000 руб./га, тогда как стоимость урожая гороха составила 23380-30000 руб./га. Это в значительной мере обусловило и все остальные показатели: величину условно чистого дохода, который у люпина составил 18394-22043 руб./га и уровень рентабельности – 85,7-92,0 %, тогда как у

гороха условно чистый доход составил 4679-8213 руб./га при уровне рентабельности – 32,5-40,8 %.

Сравнительная оценка систем обработки почвы во второй ротации подтвердила полученные результаты в период первой ротации севооборотов. Обработка почвы по схеме: дискование БДМ-3х4П на 10-12см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см повышало экономическую эффективность возделывания зерновых бобовых культур за счет роста урожайности и условно чистого дохода по сравнению с минимальной обработкой (дискование БДМ-3х4П на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см).

Фон удобрения солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$ повышал продуктивность зерновых бобовых культур и был более эффективным в сравнении с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$ особенно на комбинированной обработке почвы.

Экономическая оценка возделывания озимой пшеницы показала, что производственные затраты зависели в большей мере от вида пара, систем основной обработки почвы и применения удобрений, что определяло ее урожайность.

Влияние предшественников на формирование урожая определило различную экономическую эффективность озимой пшеницы. Вариант с чистым паром обеспечил более высокие экономические показатели за счет высокой урожайности зерна, в сравнении с занятыми парами.

Следует отметить, что себестоимость зерна при размещении озимой пшеницы по чистому пару была наименьшей по минимальной в севообороте обработке почвы, а в случае размещения ее по занятым парам себестоимость снижалась по комбинированной обработке почвы. Таким образом, при размещении озимой пшеницы по занятым парам имеет значение глубина обработки под парозанимающие культуры, при этом преимущество остается за вариантом, который обеспечивал большее накопление влаги в почве - дискование БДМ 3х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.

Расчеты показали более высокую экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы по первому фону удобрений – $N_{30}P_{30}K_{30}$,

где наряду с меньшими производственными затратами было получено зерно с меньшей себестоимостью и более высоким условно чистым доходом и уровнем рентабельности. Применение повышенных доз минеральных удобрений - $N_{60}P_{45}K_{45}$ обеспечило меньшую окупаемость затрат. Нами установлено, что средний фон питания (солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$) является оптимальным, так как, несмотря на увеличение урожайности озимой пшеницы в варианте с повышенными дозами (солома + $N_{60}P_{45}K_{45}$), рентабельность ее производства снизилась.

Уровень рентабельности производства зерна яровой пшеницы по звеньям севооборотов составил 26,7-31,3 % с незначительным преимуществом зернопарового севооборота. Выявлено преимущество комбинированной обработки почвы в севообороте по всем анализируемым показателям (себестоимость, условно чистый доход и уровень рентабельности). Несмотря на то, что по повышенному фону удобрений урожайность была выше, средний фон – солома + $N_{30}P_{30}K_{30}$ был экономически более эффективным. Аналогичные закономерности выявлены при оценке экономической эффективности яровой пшеницы после многолетних трав, гороха и яровой пшеницы. Следует отметить, что наибольший уровень рентабельности был получен после гороха – 46,6 %, тогда как в повторных посевах яровой пшеница – 21,7 %, после кострца – 17,0 %, люцерны – 25,6 % и травосмеси – 22,2 %.

Наибольшая стоимость продукции была получена в зернотравяных севооборотах благодаря высокой продуктивности бобовых культур и многолетних трав.

В целом производственные затраты в зернопаровом севообороте были выше в сравнении с зернотравяными. Введение в севообороты многолетних бобовых трав снижало затраты на энергоемкие азотные удобрения. Севообороты с бобовыми культурами (горох, люпин, люцерна, эспарцет), благодаря бобово-ризобиальному симбиозу, обеспечили получение урожая с минимальными денежными затратами на азотные удобрения и как следствие - более высокий уровень рентабельности.

Таблица 89 – Экономическая эффективность севооборотов за 2012-2015 гг. (вторая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Выход с 1 га пашни кормовых единиц, тыс.	Стоимость полученной продукции, руб.	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость к. ед., руб.	Условно чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %			
								По фактору С	По фактору А	По фактору В	
Зернопаровой	В ₁	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	3,15	21980	14418	4577	7562	45,0		46,6	
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,38	23587	16762	4959	6825				40,7
	В ₂	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	2,96	20727	13874	4687	6853				49,4
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,18	22140	16130	5072	6010				37,3
Зернотравяной с кострцом	В ₁	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	3,61	22822	13022	3607	9800	66,4		69,8	
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	3,89	24567	14950	3843	9617				64,3
	В ₂	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	3,36	21192	12573	3742	8619				68,6
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	3,65	23035	14620	4005	8415				57,6
Зернотравяной с люцерной	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,77	26235	13360	3544	12875	85,0		89,8	
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	4,04	28143	15355	3801	12788				83,3
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,52	24572	13043	3705	11529				88,4
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,77	26315	15296	4057	11019				72,0
Зернотравяной с травосмесью	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,69	24582	13357	3620	11226	74,2		77,7	
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,96	26407	15402	3889	11005				71,5
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,47	23120	13039	3758	10081				77,3
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,7	24727	15080	4076	9647				64,0

В₁ – комбинированная; В₂ – минимальная

Выявлена закономерность – величина условно чистого дохода и уровень рентабельности снижаются с увеличением доз минеральных удобрений, что связано с высокими ценами на агрохимикаты. Этим объясняется более высокая экономическая эффективность зернотравяных севооборотов с люцерной и ее смеси с кострцом.

Наиболее эффективной оказалась комбинированная обработка почвы в севооборотах (особенно в зернотравяных), где, несмотря на рост производственных затрат, возростал условно чистый доход и уровень рентабельности. Сравнительная оценка фонов удобрения показала преимущество среднего фона по сравнению с повышенным фоном. Увеличение доз минеральных удобрений, хотя и обеспечило повышение урожайности культур, однако уровень рентабельности производства продукции уменьшился. Окупаемость минеральных удобрений напрямую связана с влагообеспеченностью посевов, недостаток влаги не позволяет в полной мере реализовать генетический потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур.

Полученные в результате исследований данные по продуктивности и экономической эффективности позволили разработать оптимизационные модели звеньев и полевых севооборотов, пригодных для условий лесостепи Поволжья. В основу модели были заложены такие показатели, как продуктивность по выходу кормовых единиц, выход зерна, ресурсы воспроизводства плодородия почвы и экономическая эффективность (приложение 19).

Модели показывают, что наибольший доход в денежном выражении может быть получен при возделывании многолетних трав, люпина и озимой пшеницы по чистому пару.

Для компенсации потерь органического вещества в чистом пару необходимо внесение навоза, однако это ведет к повышению затрат и снижению экономической эффективности возделывания культур в севообороте, часть чистых паров следует заменить на сидеральный, что позволит компенсировать потери органического вещества при высокой экономической окупаемости.

В зернотравяных севооборотах для повышения чистого дохода и снижения себестоимости продукции необходимо применять дифференцированную обработку почвы, сочетающую вспашку, безотвальное рыхление и поверхностное рыхление (комбинированная обработка вспашка 2 раза за ротацию на 20-22 и 25-27 см). В зернопаровых севооборотах следует применять дифференцированную обработку с минимизацией (вспашка 1 раз за ротацию на 20-22 см). Для компенсации потерь органического вещества почвы необходимо всю солому зерновых и зернобобовых культур использовать в качестве удобрения.

7.2 Энергетическая эффективность

В современных условиях энерго- ресурсосбережение приобретает все большую актуальность и подчеркивает необходимость разработки и практического освоения приемов биологизации земледелия, направленных на получение устойчиво высоких и качественных урожаев с одновременным воспроизводством плодородия почвы.

Современный этап развития земледелия сопровождается возрастанием энергозатрат в расчете на единицу площади посева при производстве продукции растениеводства. Затраты энергии на производство продукции растут быстрее, чем прибавка урожая, поэтому перспективно в земледелии перейти с химико-техногенной стратегии развития на адаптивную - биологическую систему с сохранением полной восстанавливаемости естественных параметров природной среды.

Методология энергетической оценки эффективности агротехнологий заключается в соотношении количества накопленной растительным сообществом энергии с антропогенными затратами и позволяет более объективно и точно проводить это через энергетические эквиваленты, затрачиваемые на производство единицы сельскохозяйственной продукции независимо от ценовой политики.

В связи с этим оценка энергетической продуктивности культур – важный критерий эффективности севооборотов, технологий и системы земледелия в целом. Научные подходы в оценке эффективности земледелия основаны на сопоставлении энергозатрат и энергетического производства. Культуры и их технологии считаются энергетически эффективными в том случае, если накопленная в урожае энергия превышает совокупные затраты на их возделывание.

В нашей работе при анализе энергетической эффективности биологизации севооборотов мы пользовались методикой, разработанной В.М. Володиным с соавторами (1999).

Проведенная нами биоэнергетическая оценка возделывания зерновых бобовых, озимой пшеницы, яровой пшеницы и многолетних трав в биологизированных севооборотах показала, что все культуры являются энергоэффективными. Накопленная энергия в урожае благодаря фотосинтезу растений значительно превышает затраты совокупной антропогенной энергии.

Наши исследования показали, в соответствии со структурой использования пашни определялись совокупные затраты антропогенной энергии в севооборотах. Следует отметить, что биологизированные севообороты подразумевали невысокие дозы минеральных удобрений, что обусловило относительно не высокий уровень затрат антропогенной энергии.

Нами проведена сравнительная биоэнергетическая оценка эффективности биологизации севооборотов в течение двух ротаций в условиях лесостепи Поволжья (таблицы 90 и 91).

Уровень отчуждения создаваемой энергии и восполнения ее в агрофитосистемах в значительной мере определялись севооборотами.

В период первой ротации наиболее затраты энергии отмечались в зернотравяном севообороте с кострцом (22,8-25,2 ГДж/га), что обусловлено высокими дозами азотных удобрений по сравнению с другими изучаемыми севооборотами – по первому фону $N_{25}P_{13}K_{13}$ и по второму - $N_{30}P_{13}K_{13}$. Как известно удобрения, особенно азотные, имеют самый высокий энергетический

эквивалент, поэтому и их внесение сопровождается ростом затрат. В зерно-травяном севообороте с люцерной затраты снижались на 2,9-5,6 %, в сидеральном - на 11,7-13,7 % и в зернопаровом - на 6,9-12,7 %.

При оценке эффективности агротехнологий следует учитывать энергопотенциал почвы и с учетом динамики органического вещества может кардинальным образом измениться эффективность агротехнологий.

Прогнозируемый баланс гумуса и расчет некомпенсированной энергии органического вещества почвы показали, что совокупные затраты в зернопаровом севообороте возросли на 11,8-15,8 ГДж/га или на 62-67 %. В зернотравяных севооборотах при учете баланса гумуса затраты энергии возросли лишь на 2,70-9,86 (или на 13-45%).

Такие различия обусловлены тем, что в зернопаровом севообороте складывался баланс гумуса с большим дефицитом, что объясняется, прежде всего, наличием чистого пара в его структуре. Внесение соломы энергетически более эффективно по сравнению с системой удобрения навоз + NPK. Совместное внесение сидерата с соломой и минеральными удобрениями стабилизирует энергетическое состояние почвы в плане создания бездефицитного баланса гумуса и обеспечивает высокую биоэнергетическую эффективность производства продукции растениеводства.

В связи с высокой энергоемкостью навоза перспективу имеют органо-минеральные системы удобрения с соломой, а также ее использование совместно с сидератом, которые являются важным средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур и оптимизации режима органического вещества почвы, с минимальными издержками.

Наши исследования показали, что наибольшее накопление энергии в основной продукции отмечалось в зернотравяных севооборотах: от 69,4-71,5 ГДж/га, тогда как в зернопаровом – 37,2-41,54 ГДж/га. По коэффициенту биоэнергетической эффективности также отмечалось преимущество зернотравяных севооборотов: зернотравяной с люцерной – 3,16 > сидеральный 2,71 > зернотравяной с кострцом – 2,45 и зернопаровой – 1,14 ед.

Таблица 90 – Биоэнергетическая эффективность севооборотов за 2006-2008 гг.

(первая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Выход с 1 га пашни по се- вообороту кормовых единиц, тыс.	Накоп- лено энергии в урожае, ГДж/га	Баланс гу- муса за ротацию севооборо- та, кг/га	Затраты энергии с учетом энергии гумуса, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности		
							По фак- тору С	По фак- тору А	По фак- тору В
Пар чистый - озимая пше- ница - яровая пшеница – го- рох - яровая пшеница - яро- вая пшеница	В ₁	Навоз + N ₂₆ P ₁₇ K ₁₇	3,06	41,54	-687	39,32	1,06	1,14	1,17
		Солома + N ₂₄ P ₁₇ K ₁₇	3,04	41,37	-541	32,35	1,28		
	В ₂	Навоз + N ₂₆ P ₁₇ K ₁₇	2,74	37,40	-632	36,44	1,03		1,12
		Солома + N ₂₄ P ₁₇ K ₁₇	2,73	37,18	-510	30,84	1,21		
Горох - озимая пшеница- яровая пшеница – кострец – кострец- яровая пшеница	В ₁	Навоз + N ₂₅ P ₁₃ K ₁₃	3,90	68,55	-222	30,36	2,26	2,45	2,48
		Солома + N ₃₀ P ₁₃ K ₁₃	4,09	71,54	-162	26,50	2,70		
	В ₂	Навоз + N ₂₅ P ₁₃ K ₁₃	3,52	62,39	-185	28,24	2,21		2,43
		Солома + N ₃₀ P ₁₃ K ₁₃	3,75	64,92	-127	24,50	2,65		
Вика - озимая пшеница - яровая пшеница – люцерна – люцерна - яровая пшеница	В ₁	Навоз + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	4,78	87,14	-256	30,41	2,87	3,16	3,18
		Солома + N ₁₆ P ₁₃ K ₁₃	4,98	91,11	-183	26,00	3,50		
	В ₂	Навоз + N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	4,42	77,12	-203	27,77	2,78		3,13
		Солома + N ₁₆ P ₁₃ K ₁₃	4,50	80,36	-117	23,07	3,48		
Сидерат - озимая пшеница - яровая пшеница – эспарцет – эспарцет - яровая пшеница	В ₁	Сидерат + N ₁₇ P ₁₃ K ₁₃	3,82	72,42	-428	31,64	2,29	2,71	2,69
		Сид+ С+ N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	3,94	74,65	-183	24,17	3,09		
	В ₂	Сидерат + N ₁₇ P ₁₃ K ₁₃	3,50	67,38	-372	29,40	2,29		2,73
		Сид+ С+ N ₁₄ P ₁₃ K ₁₃	3,67	69,27	-122	21,86	3,17		

В период второй ротации севооборотов складывалась примерно аналогичная ситуация (таблица 91). Преимущество сохранилось за зернотравяными севооборотами, среди которых выделялись зернотравяной с люцерной и травосмесью (люцерна + костреч), где складывался близкий к бездефицитному баланс гумуса и биоэнергетический коэффициент составил соответственно 3,27 и 2,49 ед. В севообороте с костречом коэффициент энергетической эффективности составил 2,31 и в зернопаровом – 1,32 ед.

Повышенный фон удобрения - солома + $N_{40-53}P_{33-38}K_{33-38}$ по агроэнергетической эффективности (без учета баланса гумуса) во всех севооборотах уступал среднему фону - солома + $N_{22-27}P_{23-27}K_{23-27}$, с учетом динамики органического вещества повышенный фон удобрений был более эффективен.

Потоки вещества и энергии в агрофитоценозах в значительной степени определяются системами основной обработки почвы.

Наши исследования показали, что комбинированная обработка в севообороте приводила к незначительному росту затрат антропогенной энергии. В севооборотах затраты по комбинированной обработке почвы энергии возросли на 1,18-2,93 ГДж/га. Однако за счет более высокой продуктивности полевых культур по агроэнергетической эффективности в зернотравяных севооборотах преимущество было за комбинированной обработкой почвы, а по биоэнергетической эффективности они выравнивались. В зернопаровом севообороте системы обработки почвы по влиянию на энергетическую эффективность были равноценными.

Следовательно, в условиях лесостепи Поволжья на черноземных почвах минимализация обработки почвы за счет снижения глубины не приводит к эффективной экономии энергетических ресурсов, даже несмотря на снижение затрат совокупной энергии (до 10%) за исключением зернопарового севооборота. Это объясняется снижением урожайности полевых культур и продуктивности севооборота в целом при минимальной системе обработки почвы.

Таблица 91 – Биоэнергетическая эффективность севооборотов за 2012-2015 гг. (вторая ротация)

Схема севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Выход с 1 га пашни по севообороту кормовых единиц, тыс.	Накоплено энергии в урожае, ГДж/га	Баланс гумуса за ротацию севооборота, кг/га	Затраты энергии с учетом энергии гумуса, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности		
							По фактору С	По фактору А	По фактору В
Пар чистый - озимая пшеница - яровая пшеница – горох - яровая пшеница - яровая пшеница	В ₁	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	3,15	42,69	-598	33,22	1,28	1,32	1,33
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,38	45,83	-509	33,50	1,37		1,33
	В ₂	С+ N ₂₂ P ₂₃ P ₂₃	2,96	40,23	-574	31,65	1,27		1,31
		С+ N ₄₃ P ₃₅ K ₃₅	3,18	43,04	-478	31,77	1,35		1,31
Горох - озимая пшеница- яровая пшеница – коострец – коострец- яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	3,61	60,32	-193	26,53	2,27	2,31	2,32
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	3,89	65,10	-112	27,61	2,36		2,32
	В ₂	С+N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇	3,36	56,36	-179	25,35	2,22		2,30
		С+N ₅₃ P ₃₃ K ₃₃	3,65	60,94	-63	25,62	2,38		2,30
Люпин - озимая пшеница - яровая пшеница – люцерна – люцерна - яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,77	64,46	-269	27,78	2,32	2,37	2,38
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	4,04	68,06	-170	27,85	2,44		2,38
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,52	59,45	-252	26,49	2,24		2,36
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,77	63,05	-102	25,37	2,49		2,36
Люпин + горох - озимая пшеница - яровая пшеница – коострец +люцерна – коострец + люцерна - яровая пшеница	В ₁	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,69	64,60	-235	26,97	2,40	2,49	2,48
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,96	69,21	-131	26,90	2,57		2,48
	В ₂	С+N ₂₀ P ₂₅ K ₂₅	3,47	60,59	-209	25,53	2,37		2,50
		С+N ₄₀ P ₃₈ K ₃₈	3,70	64,59	-69	24,60	2,63		2,50

В₁ – комбинированная; В₂ – минимальная

Таким образом, оценка биоэнергетической эффективности изучаемых культур показала, что накопление энергии посредством фотосинтеза значительно превышает ее расход на возделывание, уборку и транспортировку получаемой продукции. При этом урожай более энергоемок, чем понесенные затраты, что позволяет обеспечить расширенное воспроизводство энергии.

Наши данные свидетельствуют о целесообразности совершенствования структуры посевных площадей на основе биологизации. Имеется возможность оптимально сочетать культуры, отличающиеся высокой белковой и энергетической продуктивностью (многолетние травы, зернобобовые культуры). Большую энергетическую ценность представляют солома зерновых и пожнивно-корневые остатки многолетних трав как ценный источник поддержания энергетики черноземных почв.

Выводы:

1. При биологизации севооборотов наиболее высокой экономической и энергетической эффективностью отличаются многолетние травы, на втором месте - озимая пшеница, на третьем - бобовые культуры и четвертом - яровая пшеница, что обусловлено их продуктивностью, затратами на производство и ценой реализации продукции.

2. Наибольшую экономическую эффективность из зерновых бобовых культур имеет люпин, который пользуется спросом при относительно высокой цене реализации (благодаря высокой белковой продуктивности), условно чистый доход при его производстве составил 18,4 – 22,0 руб. на 1 га.

3. При возделывании озимой пшеницы в засушливые годы наибольшая ее экономическая эффективность была получена по чистому пару (условно чистый доход до 18,0 руб./га), но при достаточной влагообеспеченности сравнительная экономическая оценка производства после чистого и занятых паров выравнивалась, а на фоне солома + NPK в звеньях с занятым паром эффективность выше, чем после чистого пара.

4. Наибольшей экономической и энергетической эффективностью отличаются биологизированные зернотравяные севообороты с бобовыми травами и

травосмесью (условно чистый доход 9,6 – 14,3 тыс. руб.), что обусловлено их высокой продуктивностью при минимальных затратах на производство. В зернопаровом севообороте, несмотря на более высокую зерновую продуктивность, условно чистый доход руб. на 1 га снижался (до 3,7 – 7,6 тыс. руб./га).

5. Комбинированная обработка почвы, благодаря повышению продуктивности полевых культур, особенно бобовых, приводила к повышению экономической эффективности севооборотов. По биоэнергетической эффективности системы обработки почвы были равноценны.

6. Внесение навоза является затратным приемом компенсации выноса питательных элементов и потерь органического вещества по экономическим и энергетическим критериям. При биологизации севооборотов наиболее эффективно внесение соломы с минеральными удобрениями, а также совместное внесение сидерата и соломы с минеральными удобрениями.

7. В результате комплексной оценки по продуктивности, экономической и энергетической эффективности приемов биологизации земледелия нами разработаны модели звеньев и схемы полевых севооборотов, обладающих высокой продуктивностью, при этом рекомендованы системы основной обработки почвы и органоминеральных удобрений, обеспечивающие воспроизводство плодородия чернозема выщелоченного.

Решение проблем устойчивого производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия черноземных почв в условиях лесостепи Поволжья связано с практическим освоением приемов биологизации и экологизации земледелия. Доступными для практического освоения приемами биологизации земледелия являются севообороты с однолетними и многолетними бобовыми фитоценозами для максимального вовлечения в земледелие ресурсов биологического азота; использование побочной продукции и сидератов в качестве источников органического вещества почвы. Совокупное действие факторов биологизации позволяет более полно реализовать биоклиматический потенциал, повысить экономическую эффективность производства и воспроизвести плодородие почвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В лесостепной зоне Поволжья отмечается значительная вариабельность погодных условий по годам. Коэффициент вариации годовой суммы осадков за 40 лет составил 23,1 %, а за период вегетации (май-август) – 34,7 %. Оценка динамики температурного режима и количества атмосферных осадков показывает, что погодные условия характеризуются обострением засушливости, что приводит к уязвимости посевов и нестабильности урожаев.

Биоклиматический потенциал в условиях лесостепи Поволжья позволяет формировать урожайность культур: гороха, вики и люпина белого на уровне 3,5 т/га высокобелкового зерна, озимой пшеницы - 5,1 т/га, яровой пшеницы - 4,1 т/га зерна, многолетних трав не менее 30 т/га зеленой массы. Потенциальная продуктивность полевых культур ограничивается влагообеспеченностью посевов.

2. Продолжительность вегетационного периода зерновых бобовых и зерновых культур находится в обратной зависимости от среднесуточной температуры воздуха ($-0,48 < r < -0,97$) и в прямой зависимости от количества осадков ($0,58 < r < 0,89$) и гидротермического коэффициента ($0,54 < r < 0,90$). Повышение среднесуточной температуры воздуха ускоряет темпы роста и развития полевых культур, что приводит к сокращению периода вегетации и снижению урожая.

3. Биологизация севооборотов (внесение навоза, соломы, сидерата, многолетние травы) создает условия, при которых складываются оптимальная плотность, твердость и высокая оструктуренность чернозема выщелоченного.

Накопление органического вещества в почве от ротации к ротации полевых севооборотов приводит к увеличению агрономически ценных агрегатов в пахотном слое почв. Многолетние травы выполняют важную фитомелиоративную роль в севооборотах: при биомассе корневой системы не менее 8 т/га сухого вещества отмечалось снижение плотности почвы. Выявлена обратная связь между плотностью почвы (γ , г/см³) и массой пожнивно-

корневых остатков многолетних трав (х, т/га), что характеризуется уравнением регрессии: $y = -0,0128x + 1,4009$ ($r = -0,82$).

4. В условиях лесостепной зоны Поволжья наибольшее накопление продуктивной влаги к севу озимых и яровых зерновых культур происходит в зернопаровом севообороте. В зернотравяных севооборотах многолетние травы, формируя высокий урожай, иссушают почву, но влагозапасы к севу последующей в севообороте яровой пшеницы восстанавливаются до хорошего – 124-148 мм (по комбинированной обработке) и удовлетворительного уровня – 100-124 мм (минимальная обработка почвы), что позволяет формировать ее урожай на уровне 1,66-2,72 т/га.

При биологизации земледелия в полевых севооборотах зоны от ротации к ротации повышаются запасы продуктивной влаги в почве в весенний период, что указывает на рост водоудерживающей способности почвы за счет улучшения ее агрофизических и биологических свойств.

5. Модели, разработанные нами на основе результатов многолетних исследований, отражают изменение величины твердости почвы (T , кг/см²) в зависимости от ее плотности (p , г/см³) и влажности (W , %), что дает возможность использовать их в производственных условиях: $T = 39,973 - 8,043p + 102,163W + 0,078p^2 + 2,793pW - 58,73W^2$.

Установлено, что для оптимизации водно-физических свойств в биологизированных севооборотах целесообразно проводить комбинированную обработку почвы. В зернотравяных севооборотах она должна сочетать вспашку (2 раза за ротацию 6-польного севооборота на 20-22 и 25-27 см), безотвальное рыхление на 20-22 см и мелкую обработку (на 10-12 и 12-14 см). Выявлена возможность минимизировать систему обработки почвы зернопаровых севооборотах и проводить вспашку 1 раз за 6 лет на глубину 20-22 см.

6. Биологизация земледелия тесно связана с деятельностью микробиоты почвы. Микробиологическая активность чернозема напрямую зависит от фитоценоза и условий, создаваемых в биогеоценозах. Более высокая активность микрофлоры почвы присуща севооборотным звеньям с люцерной, эс-

парцетом и смесью люцерны + кострец, где поступало наибольшее количество органического вещества с узким соотношением C:N, благоприятно влияющим на повышение ферментативной активности, в частности каталазы, полифенолоксидазы, инвертазы, уреазы и фосфатазы, что, в конечном счете, сказывалось на показателях плодородия и продуктивности последующих культур.

7. Биологизация земледелия предполагает максимальное вовлечение симбиотического азота в круговорот вещества и энергии агрофитоценозов. В условиях лесостепной зоны Поволжья зерновые бобовые культуры отличаются высокой продуктивностью симбиотической азотфиксации: горох – до 70 кг/га, люпин – до 99 кг/га, вика – до 34 кг/га. Наибольшее количество биологического азота накапливалось люцерной (до 352 кг/га), далее эспарцет (до 207 кг/га) и смесь люцерны + кострец (до 130 кг/га). Эффективность биологизации севооборотов за счет бобовых культур усиливается по комбинированной обработке почвы на органоминеральной системе удобрения солома +NPK и сидерат + солома + NPK. Между продуктивностью симбиотической азотфиксации и урожайностью зерновых бобовых культур, а также многолетних бобовых трав существует тесная связь ($r = 0,60-0,99$).

8. Биологизация полевых севооборотов в земледелии лесостепи Поволжья позволяет регулировать режим органического вещества почвы и поддерживать баланс гумуса на бездефицитном уровне. По накоплению органического вещества, поступающего в почву, полевые севообороты можно расположить в следующий ряд: зернотравяной с кострцом 5,40-6,97 т/га, зернотравяной с люцерной 5,15-6,71 т/га, зернотравяной 3,87-6,64 т/га и зернопаровой 3,47-5,73 т/га.

9. В полевых севооборотах лесостепной части Поволжья основная доля углерода в почву поступает с соломой и пожнивными-корневыми остатками. По качественному показателю - соотношению C:N в поступающей в почву биомассе культуры можно выстроить следующий ряд: люцерна 19-22:1, эспарцет 21-24:1, зерновые бобовые культуры – 27-30:1, яровая пшеница 55-60:1, ози-

мая пшеница 64-69:1, кострец 65-99:1. В зернопаровом севообороте наиболее благоприятный баланс биогенных элементов складывался на фоне навоз + NPK. По фону солома + NPK отмечался незначительный дефицит азота и фосфора. В зернотравяном севообороте с люцерной и его смеси с кострцом на фонах навоз + NPK и солома + NPK баланс элементов питания находился на бездефицитном уровне.

10. В условиях лесостепного Поволжья урожайность гороха изменяется в среднем от 1,86 до 2,50 т/га, люпина белого - 1,99-2,30, смеси гороха с люпином узколистным – 2,06-2,40 и вики - 1,45-1,72 т/га с преимуществом фона комбинированной обработки почвы и фона удобрений с соломой. Повышенные дозы удобрений солома + $N_{20}P_{30}K_{30}$ увеличивали урожайность зерновых бобовых культур в сравнении с фоном солома + $N_{10}P_{20}K_{20}$. Более высокая урожайность двухкомпонентной смеси (горох + люпин узколистный), объясняется высокой плотностью травостоя, которая снижала непродуктивное испарение влаги, обладала повышенной конкурентоспособностью по отношению к сорному компоненту, устойчивостью к полеганию.

11. По белковой продуктивности зернобобовые культуры можно расположить в следующей последовательности: вика - 0,241-0,297 т/га > горох - 0,293-0,407 т/га > люпин + горох – 0,380-0,473 т/га > люпин белый - 0,480-0,588 т/га. По выходу к.ед. преимущество имели посеы гороха. Урожайность и продуктивность зерновых бобовых культур возрастала по комбинированной в севообороте обработке почвы и органоминеральной системе удобрения – солома + NPK.

12. Наибольшая урожайность озимой пшеницы формируется после чистого пара, однако по продуктивности преимущество имели звенья севооборотов с бобовыми культурами, где выход зерна возрастал с 2,20 до 2,83-2,91 т/га, а зерновых единиц с 2,20 до 3,25-3,34 тыс. /га. Построенная экономико-математическая модель показала, что оптимальное соотношение предшественников для озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья следующее: чистый пар 40 % и занятый пар 60 %, что позволит повысить про-

дуктивность звеньев и обеспечить наибольшую экономическую эффективность. В данной зоне имеют перспективу зерновые звенья севооборотов: горох – озимая пшеница, люпин – озимая пшеница и горох + люпин – озимая пшеница.

13. В условиях лесостепной зоны Поволжья чистый пар оказывает положительное влияние на урожайность последующей - второй культуры (яровой пшеницы) только в засушливые годы, тогда как в годы с достаточной увлажненностью преимущество имеют бобовые предшественники и сидеральный пар. Качество зерна яровой пшеницы повышалось в зерновых звеньях с бобовыми культурами и сидератом независимо от влагообеспеченности года. По сравнению с первой ротацией во второй ротации севооборотов повышались урожайность и качество зерна озимой и яровой пшеницы, что указывает на эффективность приемов биологизации технологии возделывания зерновых культур.

14. Органоминеральные системы удобрения с навозом и соломой оказывают равноценное влияние на формирование урожая и качество зерна яровой пшеницы в паровом и зерновых звеньях. Предшественники яровой пшеницы по влиянию на урожайность и качество зерна можно разделить на три группы: 1) бобовые культуры (люцерна, эспарцет, горох) - получена наибольшая урожайность с наилучшим качеством зерна; 2) кострец - самая низкая урожайность с худшим качеством зерна; 3) яровая пшеница занимает промежуточное положение по уровню урожайности и качеству зерна.

15. При разработке и внедрении приемов биологизации севооборотов эффективны травосмеси многолетних трав, которые по сравнению с их одновидовыми посевами более продуктивны. Построенные модели показывают, что роль люцерны в травосмеси выше, чем других культур, о чем свидетельствуют значения бета – коэффициентов: 0,61 – люцерна, 0,53 – кострец. Максимальная урожайность эспарцета в смеси с кострецом или люцерной может быть получена при его доле не более 30 %. Решающее значение для формирования первого укоса многолетних трав имеет содержание продуктивной

влаги в метровом слое и сумма осадков за периоды формирования второго укоса Наибольшую продуктивность многолетних трав, особенно бобовых, обеспечивает комбинированная обработка почвы на фоне органоминеральной системы удобрения с навозом, сидератом и с соломой, которая позволяет получать 4-8 т/га сухого вещества, сбалансированного по белку.

16. Общая продуктивность биологизированных севооборотов лесостепной зоны Поволжья определяется, прежде всего, условиями увлажнения вегетационного периода, а также биологическими особенностями культур, системой основной обработки почвы и удобрениями. По выходу кормовых единиц севообороты этой зоны можно расположить в следующий ряд: зерно-травяной с люцерной – 3,78-4,67 тыс./га, зерно-травяной с кострцом - 3,63-3,82, зерно-травяной с эспарцетом - 3,73, зерно-травяной с травосмесью - 3,71 и зернопаровой севооборот - 2,90-3,17 тыс./га.

16. Наибольший выход зерна отмечен в зернопаровом севообороте с уровнем насыщения зерновыми и зернобобовыми культурами 83,0 % - 2,36 т/га, причем в последующей ротации продуктивность севооборота возрастала до 2,57 т/га или на 8,9% по сравнению с первой, что свидетельствует о накопительном эффекте от чередования культур. Это же отмечено и для зерно-травяных севооборотах, что объясняется улучшением агрофизических, агро-гидрологических и биологических свойств почвы и фитосанитарной обстановки на полях при биологизации севооборотов.

17. Во всех севооборотах преимущество по влиянию на урожайность зерновых культур, многолетних трав и зернобобовых культур имела комбинированная обработка почвы, которая повышала выход к.ед. на 0,20-0,42 тыс., зерна на 0,1-0,25 т/га. Системы удобрения с навозом и соломой оказывали равноценное влияние на продуктивность зернопарового севооборота. Зерно-травяные севообороты повышали продуктивность пашни на фоне удобрения солома + NPK по сравнению с фоном навоз + NPK.. Аналогичная картина складывалась и при оценке систем удобрения сидерат + NPK и солома + си-

дерат + NPK. При этом выявлена прямая связь продуктивности севооборотов с гидротермическим коэффициентом за май-июнь по годам ($r=0,52-0,74$).

18. Наибольшей экономической и энергетической эффективностью отличаются зернотравяные севообороты - уровень рентабельности 66,4-101,3 %, тогда как зернопаровой севооборот имел уровень рентабельности 38,5-45,0 %, Комбинированная обработка почвы, благодаря повышению продуктивности полевых культур, приводила к повышению экономической эффективности севооборотов. По биоэнергетической эффективности системы обработки почвы были равноценны. Внесение навоза является затратным приемом компенсации выноса питательных элементов и по экономическим и энергетическим критериям. Наиболее эффективно внесение соломы с минеральными удобрениями, а также совместное их внесение с сидератом.

19. Комплексная оценка продуктивности, экономической и энергетической эффективности приемов биологизации земледелия позволяет разрабатывать и рекомендовать сельскохозяйственному производству лесостепной зоны Поволжья модели полевых севооборотов с системами основной обработки почвы и органоминеральных удобрений, обеспечивающих высокую продуктивность пашни и воспроизводство плодородия чернозема выщелоченного.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании проведенных комплексных исследований системы биологизации земледелия на черноземе выщелоченном лесостепной зоны Поволжья для повышения продуктивности, качества продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почвы в современных экономических условиях рекомендуется:

1. Оптимизировать структуру посевных площадей как фактора биологизации земледелия:

- увеличить долю занятых и сидеральных паров не менее, чем до 60% от площади посева озимых зерновых культур.

- в занятых парах размещать зерновые бобовые культуры - горох, вику, люпин белый, люпин узколистный с горохом в двухкомпонентных агрофитоценозах как источники биологического азота и накопления ресурсов растительного белка;

- довести площадь многолетних бобовых трав и бобово-злаковых агрофитоценозов до 25 % как источников биологического азота, биогенных ресурсов плодородия почвы и кормовых ресурсов для развития животноводства;

- рекомендовать зернотравяные севообороты, обеспечивающие улучшение фитосанитарного и экологического состояния посевов, воспроизводство плодородия почвы и продуктивность пашни на уровне – 3,7-4,6 тыс. к. ед.

2. При биологизации земледелия в качестве источника органического вещества наряду с внесением навоза использовать солому зерновых и зернобобовых культур (до 1,5 млн. тонн по Ульяновской области) и другие биогенные ресурсы, что усилит микробиологическую активность, улучшит режим органического вещества и водно-физические свойства почвы, повысит продуктивность севооборотов.

В полевых севооборотах использовать органоминеральные системы удобрения: солома + NPK и сидерат + солома + NPK. Дозы минеральных

удобрений рассчитывать на планируемую урожайность озимой пшеницы 3,5-4,5 т/га, яровой пшеницы – 3,0-3,5 т/га, зернобобовых культур – 2,5-3,0 т/га зерна и продуктивность многолетних трав – 4,0-5,0 тыс. к. ед.

3. Для усиления процессов биологизации земледелия применять возделывание бобовых многолетних трав и зерновых бобовых в сложных фитоценозах (бобово-злаковые или бобовые смеси): люцерна + кострец, люцерна + кострец + эспарцет, люпин узколистный + горох.

4. При биологизации севооборотов рекомендуется комбинированная система основной обработки почвы, сочетающая вспашку на 20-22 см (1-2 раз за ротацию, под бобовые травы и травосмеси), безотвальное рыхление на 20-22 см (под зерновые бобовые культуры и чистый пар) и мелкую обработку на 10-12 см или 12-14 см (под озимые и яровые зерновые культуры).

Список литературы

1. Абашев, В.Д. Сидераты в адаптивном земледелии / В.Д. Абашев, Л.М. Козлова // Аграрная наука Евро-Северо-востока. - 2005. - №6. - С. 169-178.
2. Авдеенко, А.П. Биоэнергетическая эффективность звеньев севооборота с занятыми и сидеральными парами в Ростовской области/А.П. Авдеенко, Н.А. Зеленский, А.Л. Безлюдский//Успехи современного естествознания. -2005. -№6. -С. 77-78.
3. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» Под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина и академика РАСХН А. Л. Иванова. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 794 с.
4. Агроэкологическая оценка плодородия почв среднего Поволжья и концепция его воспроизводства / А.Х. Куликова, А.В. Карпов, И.А. Вандышев, В.П. Тигин. - Ульяновск, 2007. – 171 с.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области. – Ульяновск: ООО Колор-Принт, 2013. - 354 с.
6. Азаров, Б.Ф. Вклад симбиотического азота бобовых в плодородие почв центрального Черноземья / Б.Ф. Азаров [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. –2008. –№ 9. –С. 9-11.
7. Акименко, А.С. Основа эффективного использования природных ресурсов в севооборотах / А.С. Акименко // Земледелие. – 2015. - №1. - С. 21-22.
8. Алабушев, А.В. Влияние времени прекращения осенней вегетации и возобновления весенней вегетации на урожайность твердой озимой пшеницы / А.В. Алабушев, А.С. Попов // Аграрный вестник Урала. – 2015. - №11(141) . - С. 6-11.
9. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы и его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980, - 286 с.
10. Алексеев, Е.К. Зеленое удобрение в СССР / Е.К. Алексеев – М.: Сельхозгиз, 1948. – 469 с.
11. Алтухов, А.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России/ А.И. Алтухов, В.И. Нечаев // – М.: Издательство Насирддинова В.В., 2015. –477с.
12. Амелин, А.В. К научному обоснованию селекции гороха на кормовые цели / А.В. Амелин, Н.В. Парахин // Кормопроизводство. 2003. № 2. С. 20.
13. Антонова, Ж.А. Почвенно-экологическое районирование ульяновской области: автореф. дис... канд. биологических наук: 03.02.13 /Ж. А. Антонова. - Ульяновск, 2011. - 16 с.
14. Аристовская, Т.В. Микроорганизмы как особый компонент экосистемы (биогеоценоза) / Т.В. Аристовская // Труды X международного конгресса почвоведов. - М, 1974. – Том 3. 15-21 с.

15. Асмус, А.А. Биологизация севооборотов и продуктивность паровых звеньев с озимой пшеницей на черноземе выщелоченном лесостепи Поволжья: автореф. дис... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / А. А. Асмус – 2009 – 20 с.
16. Ахметов, Ш.И. Влияние длительного применения средств химизации на изменения биологических свойств чернозема выщелоченного / Ш.И. Ахметов, Н.А. Замотаева, Д.С. Гвоздев // Нива Поволжья. - 2010. - №3. - С. 11-14.
17. Базилинская, М.В. Использование биологического азота в земледелии/М.В. Базилинская // – М., 1985.–56 с.
18. Бараев, А.И. Основные положения почвозащитной системы и ее влияние на формирование урожая яровой пшеницы // Почвозащитное земледелие. Избранные труды. – М., 1988. – С. 223-252.
19. Беленков, А.И. Приемы биологизации в севооборотах Нижнего Поволжья / А.И. Беленков, А.В. Зеленев, Б.О. Амантаев // Земледелие. – 2014. - №1. С. 23-26.
20. Беляк, В.Б. Интенсификация кормопроизводства биологическими приемами (теория и практика) / В.Б. Беляк. – Пенза: изд-во ПТИ, 1998. – 184 с.
21. Беляк, В.Б. Применение сидерации в Пензенской области / В.Б. Беляк - Пенза: РИО ПГСХА, 2005. - 25 с.
22. Берестецкий, О.А. Биологические основы плодородия почв./ О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский // – Колос, 1984.–284 с.
23. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / под ред. А. В. Гордеева. М-во сельского хоз-ва Российской. Москва: Товарищество науч. изд. КМК 2006. - 508 с.
24. Биологизация земледелия Ставрополя / Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова // Вестник АПК Ставрополя. - 2013. - №2 (10). - С. 31-35.
25. Биологизация земледелия Юго-запада России / В. Ф. Мальцев, А. И. Артюхов, В. П. Лямцев [и др.] // Брянск, 2000. – 343 с.
26. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье / В.Е Шевченко [и др.]. - Воронежский ГАУ им. К.Д. Глинки, 2000. – 305 с.
27. Биологический контроль в сельском хозяйстве: методика определения, таблицы и краткое описание этапов органогенеза 50 видов растений; под ред. Ф.М. Куперман. – Москва: Изд-во МГУ, 1962. – 276 с.
28. Богомазов, С.В. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания озимой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / С.В. Богомазов, А.Г. Кочмин // Нива Поволжья. - 2014. - №4 (33). - С. 12-19.
29. Боинчан, Б.П. Альтернативные системы земледелия [Текст] / Б. П. Боинчан // Плодородие. - 2013. - №5 (74). - С. 2-6.

30. Бондарева, В.Ю. Твердость дерново-подзолистой почвы при различной обработке / В.Ю. Бондарева // Вестник МГУ. Серия «Почвоведение». - 1982. - №2. - С. 21-27.
31. Борин, А.А. Эффективность различных технологий обработки почвы в севообороте / А.А. Борин, О.А. Коровина, А.Э. Лощина // Владимирский земледелец. – 2011. – №3 (57). – С. 21–22.
32. Борисова, Е.Е. Роль в севооборотах многолетних трав / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. - 2015. - №8 (51). - С. 12-19.
33. Буров, Д.И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д.И. Буров. – Куйбышев: Куйбышевское кн. изд-во, 1970. – 294 с.
34. Бушнев, А.С. Динамика структуры чернозема выщелоченного при длительном применении различных систем основной обработки почвы в севообороте с масличными культурами / А.С. Бушнев, Н.М. Тишков, // Масличные культуры. - Выпуск 2. (155–156). – 2013. - С. 48-57
35. Бялый, А.М. Водный режим почвы в севооборотах / А.М. Бялый. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 232 с.
36. Вавилов, Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков, зерновых бобовых, льна и их использование в селекции/ Н.И. Вавилов// – М.: – Л.: АН СССР, 1957 – 463 с.
37. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка // П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов // – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
38. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
39. Ваксман, С.А. Гумус: Происхождение, химический состав и значение его в природе / С.А. Ваксман. – М.: - 1937. - 470 с.
40. Варламов, Владимир Александрович. Агробиологическое обоснование формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур в лесостепи Среднего Поволжья: монография / В.А. Варламов. - Пенза, 2008. - 226 с.
41. Васин, Алексей Васильевич. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов многокомпонентных смесей с бобовыми на корм в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / А.В. Васин. - Кинель, 2000. - 45 с.
42. Васин, А.В. Многолетние поливидовые посева в условиях степи / А.В. Васин, А.А. Брагин // Самара, 2004. – 155 с.
43. Васин, В.Г. Зернобобовые культуры в чистых и смешанных посевах на зерносеяж и зернофураж для создания полноценной кормовой базы в Самарской области / В.Г. Васин, А.В. Васин // Зернобобовые и крупяные культуры». 2012. - №2. – С. 87-98.
44. Васин, В.Г. Основные направления развития кормопроизводства в Самарской области / В.Г. Васин, Н.Н. Ельчанинова, А.В. Васин // Кормопроизводство. - 2012. - №8. - С. 34-36.
45. Васин, В.Г. Создание кормовой базы для молочных комплексов В.Г. Васин, А.А. Васина, А.В. Васин // Кинель, 2015. – 118 с.

46. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И.Вернадский. - М.: - 1978. – 358 с.
47. Вилде, А.А. О закономерностях изменений твердости почв / А.А. Вилде // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Рига, 1978. - Выпуск 4. - С. 167-178.
48. Вильямс, В.Р. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс - М.: ОГИЗ – Сельхозгиз,1939. - 458 с.
49. Вильямс, В.Р. Наука о почве и ее роль в сельскохозяйственном производстве // Докл. ВАСХНИЛ. – М.: - 1940. – №22. – С. 5 – 7.
50. Вильямс, В.Р. Значение органических веществ почвы:/ В.Р Вильямс // Избранные сочинения. – М.: - 1948. – С. 5 – 13.
51. Власова, Ольга Ивановна. Научное обоснование приемов сохранения плодородия почв при возделывании пшеницы озимой в условиях Центрального Предкавказья: дис...д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / О. И. Власова. - Ставрополь, 2014. - 376 с.
52. Влияние агротехнологий на азотфиксирующую способность бобовых культур в Юго-Западной части ЦЧЗ / Н.И. Клостер, В.Б. Азаров, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - №2. - С.68-70
53. Влияние последействия систематического применения соломы на продуктивность культур второй ротации севооборота / Г.В. Колсанов, А.Х. Куликова, Н.В. Хвостов, И.Н. Землянов // Агрехимия. - 2008. № 7. С. 31-34.
54. Возняковская, Ю.М. Биологическая оценка предшественников яровой пшеницы как регуляторов почвенного плодородия засушливой зоны Поволжья / Ю.М. Возняковская, Ю.Ф. Курдюков и др. / Почвоведение. – 1994. – №1.– С. 70 – 74.
55. Возняковская, Ю.М., Оценка биологического состояния южного чернозема под разными севооборотами / Ю.М. Возняковская, Ю.Ф. Курдюков, Ж.П. Попова, Л.П. Лощинина // Почвоведение. – 1996. – № 9. – С. 1107 – 1112.
56. Волынский, В.П. Способы основной обработки почвы в зерно-пропашном севообороте на каштановых почвах Волгоградской области / В.П. Волынский, И.И. Лисниченко, Ю.И. Ковалев // Севообороты и приемы обработки почвы в системе сухого земледелия. – Волгоград, 1988. – С. 17-26.
57. Воробьев, С.А. Севообороты интенсивного земледелия / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
58. Ганжара, Н. Ф. Процессы трансформации органического вещества в почвах и его качественный состав / Н. Ф. Ганжара, Д. С. Орлов // Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. - М.: 1993. – С. 18-26.
59. Гельцер, Ф.Ю. Динамика угольной кислоты почвенного воздуха в условиях орошаемого земледелия/ Ф.Ю. Гельцер // . - М.: Сельхозгиз, 1946. - 40 с.

60. Глобальные проблемы рационального природопользования / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // *Фундаментальные исследования*. - 2014. - №5-1. - С. 93-97.

61. Голомолзин, Роман Сергеевич. Плодородие почвы и продуктивность агробиоценозов в полевых севооборотах лесостепи Поволжья: монография / Р.С. Голомолзин, В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, С.В. Шайкин, А.В. Карпов, Е.А. Петухов. – М.: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. - Москва, 2012. - 98 с.

62. Голштайн, В.В. Ведение хозяйств на экологической основе в лесостепной и степных зонах Молдовы, Украины и России / В.В. Голштайн, Б.П. Боинчан. - М.: Изд. ЭкоНива, 2000. - 267 с.

63. Гордеев, А.А. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / А. А. Гордеев; соавт.: А.Д. Клещенко [и др.]; Всерос. ин-т аграр. пробл. и информатики им. А.А. Никонова. - М.: 2012. - 202 с.

64. Гордеев, Ю.А. Проблемы адаптации сельского хозяйства смоленской области к неблагоприятным природным стрессам при внедрении в производство эколого-адаптивных (противострессовых) агронанотехнологий / Гордеев Ю.А // *Техника и технология пищевых производств*. - 2014. - №4 (35). - С. 113-118.

65. Горохов, П.В. Некоторые аспекты понятия «твердость почвы» применительно к исследованию процесса рыхления / П.В. Горохов // *Почвоведение*. – 1990. - №2. - С. 56-67.

66. Горянин, О.И. Дифференцированная система обработки почвы как элемент адаптивной системы земледелия самарской области / Горянин О.И. // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. - 2014. - № 5 (49). - С. 23-25.

67. Горянин, Олег Иванович. Агротехнологические основы повышения эффективности возделывания полевых культур на черноземе обыкновенном среднего Заволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Горянин О. И. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2016 – 40 с.

68. ГОСТ 28168 – 89. Почвы. Отбор проб. Введ. 1990-04-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с

69. ГОСТ 10840 – 64. Зерно. Метод определения натурального веса. Взамен ГОСТ 3040-55; введ. 1965-07-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 3 с.

70. ГОСТ 12037 – 81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. Взамен ГОСТ 12037-66; введ. 1982-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 18 с.

71. ГОСТ 13586.5 – 93. Зерно. Метод определения влажности. Введ. 1994- 06-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.

72. ГОСТ 13496.4 – 93. Зерно. Методы определения азота и сырого протеина. Введ. 1995-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.

73. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации / А.Н. Геннадиев, и др. – М.: Роскомзем, 1993. – 95 с.
74. Григоров, А.Н. Агроэкологические приёмы использования органических остатков / А.Н. Григоров, Н.Н. Лесной // Агроэкологическая оптимизация земледелия: сборник докладов Международной научно - практической конференции, посвященной 75-летию Россельхозакадемии и 100-летию со дня рождения С.С. Соболева, 14-16 сентября 2004. – Курск, 2004. – С. 265-267.
75. Гро, А. Практическое руководство по применению удобрений / А. Гро; [перевод с фр. Н.А. Емельяновой и Н.М. Ильчука]. М.: - Колос, 1966. – 350 с.
76. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление/А.М. Гродзинский//Избранные труды. -Киев: Нукова Думка, 1991.-430 с.
77. Громаков, А.А. Эффективность сочетаний соломы с минеральными удобрениями на черноземе обыкновенном Ростовской области / А.А. Громаков, А.И. Журавлев // Вестник Донского ГАУ, – 2012. – №2. – С. 40–43.
78. Грюммер, Г. Взаимное влияние высших растений (аллелопатия)/Г. Грюммер//. -М.:1957.-262 с.
79. Гумусовое состояние черноземов / Г.Я. Чесняк, Ф.Я. Гаврилюк, И.А. Крупяников, Н.И. Лактионов, И.И. Шлихина // Русский чернозем - 100 лет после Докучаева. - М.: Наука, 1983. – С. 186 – 199.
80. Давлетов, Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала. / Ф.А. Давлетов. - Уфа: Гилем, 2008. - 236 с.
81. Давлетов, Ф.А. Изменчивость продолжительности вегетационного периода гороха посевного (*pisum sativum* L.) в условиях Предуральской степи республики Башкортостан / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев // Вестник академии наук РБ. 2014. - Том 19. № 3. – С. 49-59.
82. Данилов Г.Г. Система обработки почвы. / Г.Г. Данилов, И.Ф. Каргин, Н.С. Немцев // – М.: Россельхозиздат, 1982. – 270 с.
83. Данилов, А.Н. Сравнительная оценка удобрений и способов основной обработки почвы в полевом севообороте / А.Н. Данилов, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. 2016. № 6. С. 3-7.
84. Дедов, А.В. Приемы основной обработки как факторы оптимизации агрофизических свойств почвы / А.В. Дедов, Т.А. Трофимова, Д.А. Селищев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. –№1(44). – С. 24-29.
85. Дедов, А.В. Биологизация земледелия: современное состояние и перспективы / А.В. Дедов, Н.В. Слаук, М.А. Несмеянова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2012. - №3. - С. 57-65.
86. Дедов, А.А. Влияние приемов биологизации земледелия и способов обработки почвы на содержание органического вещества в черноземе типичном и продуктивность севооборотов / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В.Дедов // Агрохимия. - 2017. - №9. - С.25-32.

87. Демина, О.С. Аллелопатический потенциал люпина узколистного (*lupinusangustifolius* L.) во взаимодействии с другими сельскохозяйственными культурами / О.С.Демина, Ю.С. Ларикина, М.Н. Кондратьев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 4. - С. 27-40.
88. Денисов, Е.П. Улучшение агрофизических свойств южных черноземов под влиянием многолетних трав / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Мокин // Кормопроизводство. – 2006. - №3. - С. 19 – 21.
89. Денисов, Е.П. Многолетние травы как предшественники и фитомелиоранты зерновых культур / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Н.П. Молчанова // Аграрный научный журнал. - 2013. - №11. - С. 23-27.
90. Денисов, Е.П. Фитомелиоративная характеристика многолетних трав как предшественников для зерновых культур в травяном звене полевого севооборота / Е.П. Денисов // Аграрный научный журнал. 2015. № 5. С. 13.
91. Деревягин, В.А. Солома – органическое удобрение / В.А. Деревягин, М.Е. Кравченко, И.В. Русакова // – Владимир: ВНИПТИОУ, - 1989. – 66 с.
92. Дзюин, Г.П. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота / Г.П. Дзюин, А.Г. Дзюин // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – №5-1. – С. 83-90;
93. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. - М.: Наука, 1990. - 261 с.
94. Добровольский, Г.В. Деградация почв - угроза глобального экологического кризиса / Г.В. Добровольский //Век глобализации. 2008. № 2. С. 54-65.
95. Добровольский, Г.В. К истории эталона русского чернозема на всемирной выставке 1900 года. Почвоведение, 9, 2010, - С.1135–1136.
96. Добровольский, Г.В. Полузабытая, но очень важная для почвоведения и учения о биосфере работа В. И. Вернадского /Добровольский Г.В // Живые и биокосные системы. - 2013. - № 2. - С. 2.
97. Добровольский, Г.В. Деградация почв – угроза экологического кризиса В сборнике: Куда движется век глобализации?/ Г.В. Добровольский // Волгоград, 2014. - С. 192-203.
98. Довбан, К.И. Зеленое удобрение в современной земледелии. Вопросы теории и практики / К.И. Довбан. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 404 с.
99. Дозоров, А.В. Оптимизация продукционного процесса гороха и сои в условиях лесостепи Поволжья / А.В. Дозоров, О.В. Костин. – Ульяновск. - 2003. – 166 с.
100. Дозоров, А.В. Динамика азота и продуктивность зерновых бобовых культур / А.В. Дозоров, М.Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - №1(21). - С. 4-9.

101. Доклад конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. – ООН, Нью-Йорк, 1993.
102. Докучаев, В.В. Русский чернозем / В.В.Докучаев. – СПб.: 1883. – 551 с.
103. Долотин, И.И. Проблемы системы обработки почвы в Татарстане / И.И. Долотин. – Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001. – 172с.
104. Донская, М.В. Симбиотическая азотофиксация нута в условиях Орловской области / М.В. Донская, Т.С. Наумкина // Биотехнология: состояние и перспективы развития материалы IX международного конгресса. – М.: - 2017. - С. 105-107.
105. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
106. Дояренко, А.Г. К изучению структуры почвы как соотношение некапиллярной и капиллярной скважности и ее значение в плодородии почвы/ А.Г. Дояренко. - Изб. соч. М., 1963. – С.116 – 141.
107. Дудкин, В.М. Биологизация земледелия: состояния и пути совершенствования (аналитический обзор) / В.М. Дудкин, В.Т. Лобков // Земледелие. - 1990. - №6. - С. 6.
108. Дульгеров, А.Н. Микробиологическая активность и деструкция органических веществ интенсивно возделываемых почв/ А.Н. Дульгеров, Л.И. Серая // Тез. докл. всесоюз. совещания «Микробиологическая деструкция органических остатков в биогеоценозе». - Москва, 1987. - С. 35-37.
109. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. / Ф. Дюшофур. – М.: 1970. – 617 с.
110. Елисеев, С.Л. Пути увеличения производства зернобобовых культур в предуралье / С.Л. Елисеев // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. - 2014. - №3(7). - С. 11-17.
111. Емцев, В.Т. Экология анаэробных почвенных бактерий // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. – М.: Наука, 1984 – С. 141 – 162.
112. Емцев, В.Т. Влияние некоторых экологических факторов на количественный и видовой состав анаэробных бактерий рода Clostridium в почве // Доклады ТСХА, 1996. – С. 53 – 59.
113. Епифанов, Василий Степанович. Повышение эффективности травосеяния в лесостепной зоне Поволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.09 / В. С. Епифанов – Пенза, 1996. – 40 с.
114. Жуков, А.И. Регулирование баланса гумуса в почве./ А.И. Жуков, П.Д. Попов // – М.: Росагропромиздат, 1988. – 40 с.
115. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства/ А.А. Жученко. - Пушино, 1994, - 74 с.
116. Жученко, А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XX веке /А.А. Жученко/ – Саратов, 2000, - 276 с.

117. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах. - Том III. Особенности реализации стратегии адаптивной интенсификации растениеводства в условиях России. - Издательство: Агрорус, 2009 г. – 958 с.

118. Жученко, А.А. Проблемы ресурсосбережения в процессах интенсификации сельскохозяйственного производства. Проблемы адаптивной интенсификации земледелия в Среднем Поволжье / А.А. Жученко - Самара, 2012. - С.8-33.

119. Жученко, А.А. Вызовы XXI столетия мировой и отечественной продовольственной безопасности / А.А. Жученко // Агропродовольственная политика России. - 2012. - № 1. - С. 6-9.

120. Жученко, А.А. Биологизация, экологизация, энергосбережение, экономика современных систем земледелия / А.А. Жученко // Вестник АПК Ставрополя. – Ставрополь, 2015. - №2. - С. 9-13

121. Задорин, А.Д. Средообразующая роль бобовых культур / А.Д. Задорин. - Орел, 2003 – 126 с.

122. Заикин, В.П. Закон плодосмена: экономическая и энергетическая эффективность севооборотов / В.П.Заикин, А.Е. Шамин, А.Ю. Лисина А.Ю, Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. - 2016. - №3(58). - С. 72-79.

123. Заикин, В.П. Севооборот и сидерация как основные факторы стабильного земледелия. / В. П. Заикин, А. Ю. Лисина // Биологические и экологические проблемы земледелия Поволжья: сборник. -Чебоксары: ООО «Полиграф». - 2010. – С. 76-69.

124. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом в системах земледелия / А.В. Захаренко // М.:МСХА, 2000. - 466 с.

125. Зеленев, А.В. Плодородие светло-каштановых почв и продуктивность биологизированных севооборотов нижнего Поволжья / А. В. Зеленев, Р. Х. Уришев, Е. В. Семинченко // Вестник Прикаспия. - 2016. - №2 (13). - С. 32-39.

126. Зеленин, И.Н. Подсевная форма сидерации в условиях лесостепи Среднего Поволжья / И.Н. Зеленин, А.А. Курочкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – №35-1 - С. 21-23.

127. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства/ В.И. Зотиков Т.С. Наумкина, Н.В. Грядунова, В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. - №1 (17). - С. 6-13

128. Зоидзе, Е.К. Сравнительная оценка сельскохозяйственного потенциала климата территории РФ и степени использования её агроклиматических ресурсов сельскохозяйственными культурами: монография / Е.К. Зоидзе, Л.И. Овчаренко // СПб: Гидрометеиздат, 2000. - 75 с.

129. Зольникова, Н.В. развитие микроорганизмов при химической мелиорации грунтов Подмосковского буроугольного бассейна / Н.В. Зольникова, Н.В. Серебренникова // Труды ВНИИСХГИ. - 1990. - Т.60 – С. 73-80.

130. Зотиков, В.И. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем // В.И. Зотиков, А.Д. Задорин. – Орел: Издательство: ООО ПФ «Картуш», 2007. – 197 с.
131. Зотиков, В.И. Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях / В.И. Зотиков, А.А. Боровлев. – Орел, 2008. – 609 с.
132. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, Н.В. Грядунова // «Зернобобовые и крупяные культуры». - 2016. - №1 (17) - С.6-13.
133. Зудилин, С.Н. Оценка продуктивности многолетних трав Среднего Поволжья / С.Н. Зудилин, А.С. Петрушкина // Аграрная наука, 2002. – №2. С. 11 – 12.
134. Иванов, А.Л. Инновационные приоритеты в развитии земледелия в России / А.Л. Иванов // Плодородие. - 2011. - №1 (61). - С. 2-6.
135. Иванов, А.Л. Научное земледелие России: итоги и перспективы / А.Л. Иванов // Земледелие. - 2014. - №3 - С. 25-29.
136. Иенни, Г. Факторы почвообразования / Г. Иенни. – М.: 1948. – 345 с.
137. Извеков, А.С. Защита почв от эрозии и воспроизводство их плодородия в южных степных и лесостепных районах России/ Извеков А.С. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. - 2012. - № 70. С. 79-95.
138. Измаилович, И.Б. Актуальные проблемы кормового белка / И.Б. Измаилович // Вестник АПК Верхневолжья. - 2010. - № 4. - С. 31-33.
139. Измаильский, А. А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы/ А.А. Измаильский // Избранные сочинения. – М.: Гос. изд. с.-х. лит, 1949. – С. 83–323.
140. Ильина, Л.В. Биологизация земледелия – фактор ресурсосбережения и сохранения плодородия почвы / Л.В. Ильина, К.Н. Дрожжин, Р.Н. Ушаков // Севооборот в современной земледелии: Сб. докл. междунар. науч. конф. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – С. 166 – 169.
141. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК Самарской области / В.А. Корчагин, С.Н. Шевченко, С.Н. Зудилин, О.И. Горянин. - Кинель, 2014. – 192 с.
142. Инструкция по методике отбора проб и анализов почвы и растений. Часть 1. – Безенчук, 1971. – 32 с.
143. Инструкция по методике отбора проб и анализов почвы и растений. Часть 2. – Безенчук, 1971. – 36 с.
144. Кадермас, Ирина Геннадьевна. Формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений и их вклад в повышение продуктивности агроценозов гороха посевного (*Pisum sativum*): автореф. дис. ... канд биологических наук: 03.02.08 / Кадермас И.Г. - Омск, 2015. – 147 с.

145. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков. – Самара: Изд-во Самарской ГСХА, 2008. – 251 с.
146. Казаков, Г.И. Экологизация и энергосбережение в земледелии среднего Поволжья / Казаков Г.И., Милюткин В.А. // монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара, 2010. – 244 с.
147. Карпетян, Мартик Аршалуйсович. Повышение эффективности технологических процессов путём уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов: автореф. дис. ... канд. технических наук: 05.20.01 /Карпетян М.А. – М.: Московский государственный университет природообустройства, 2010 – 40 с.
148. Качинский, Н.А. Свойства почвы как фактор, определяющий условия работы сельскохозяйственных машин / Н.А. Качинский // Почвоведение, - 1937. - №8. - С. 1119-1138.
149. Каштанов, А.Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, Ф.Н. Лисецкий, Г.И. Швобс. - М.: Колос, 1994. - 127 с.
150. Каштанов, А.Н. Научное земледелие России / А.Н. Каштанов, И.П. Макаров, А.В. Захаренко // Достижения науки и техники АПК. - 2004. № 6. С. 10.
151. Каштанов, А.Н. Земледелие. Избранные труды / А.Н. Каштанов. - М.: Россельхозакадемия, 2008. - 685 с.
152. Каштанов, А.Н. Развитие и совершенствование адаптивно-ландшафтных систем земледелия / А.Н. Каштанов / Материалы всероссийской конференции «Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» - Ульяновск: Издательство «Корпорация технологий продвижения», 2010. – 14-21 с.
153. Кащеев, А.Н. Севообороты и обработка почвы в интенсивном земледелии: учебное пособие / А.Н. Кащеев, А.Н. Орлов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 153 с.
154. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
155. Кираев, Р.С., Сафин, Х.М. Ресурсосберегающие технологии – основа повышения эффективности сельхозпроизводства / Р.С. Кираев, Х.М. Сафин // Система обработки почвы в севооборотах степных и лесостепных агроландшафтов Башкортостана. Результаты опытов и предложения производству - Уфа, 2009. - С. 16-20.
156. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В.И. Кирюшин. - Пушино, 1993. - 64 с.
157. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 366 с.
158. Кирюшин, В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. / В.И. Кирюшин. – М.: 2000. 367 с.
159. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов / В.И. Кирюшин. - М.: КолосС, 2011. - 443 с.

160. Кирюшин, В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) / В.И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. – 2012. - №12. - С. 3-9.
161. Киселева, Людмила Владимировна. Подбор многолетних трав для зеленого и сырьевого конвейеров и приемы их возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.09 / Л.В. Киселева. – Кинель, 2002. - 16 с.
162. Кислов, А.В. Биологизация земледелия и ресурсосберегающие технологии в адаптивно-ландшафтных системах степной зоны южного Урала / А.В.Кислов// Оренбург, 2012. – 267 с.
163. Климатические условия и ресурсы Ульяновской области /Под ред. Ю.П. Переведенцева, Э.П. Наумова. – Казань: Издательство Казанского университета, 2008. – 209 с.
164. Кобак, К.И. Биотические компоненты углеродного цикла / К.И. Кобак - Л.: Гидрометиздат, 1988. - 248 с
165. Ковалев, В.М. Теория урожая / В.М. Ковалёв - М.: Издательство МСХА, 2003. - 308 с.
166. Ковда, В.А. Советское почвоведение на службе сельского хозяйства СССР / В.А.Ковда // VI Всесоюз. съезд почвоведов. - Тбилиси, 1981. – 106 с.
167. Козлова, Л.М. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни / Козлова Л.М., Макарова Т.С, Попов Ф.А, Денисова А.В // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №1. - С. 16-18.
168. Колобов, Н.В. Климат Среднего Поволжья / Н.В. Колобов. – Казань: Издательство Казанского университета, 1968. – 252 с.
169. Колосков, П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК.- М.: 1963.- Выпуск 23. - С. 90-111.
170. Колсанов, Г.В. Солома как удобрение в зернопропашном севообороте на черноземе лесостепи Поволжья / Колсанов Г.В. // Агрохимия. - 2006. - №5. - С. 30-40.
171. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. - М.: 1963. - 314 с.
172. Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России / Б.П. Михайличенко, [и др.] / – М.: Информагротех, 1999. – 108 с.
173. Копосов, И.П. Агрочувственные районы Ульяновской области /И.П. Копосов / - Ульяновск: Ульяновская правда, 1948. - 203 с.
174. Коржов, С.И. Сидераты и их роль в воспроизводстве плодородия черноземов. Монография: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. / С.И. Коржов, В.В. Верзилин, Н.Н. Королев. - Воронеж, 2011.- 98 с.

175. Корчагин, В.А. Разноглубинная обработка почвы в севообороте / Корчагин В.А. // Системы обработки почвы в условиях интенсивного земледелия: сборник научных трудов. – Куйбышев, 1984. - С. 24-32.
176. Косолапов, В.М Кормопроизводству — сбалансированное развитие / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова // АПК: Экономика, управление. - 2013.- №7. - С. 15-23.
177. Костычев, П.А. Почвоведение / П.А. Костычев. - М.: Издательство СЕЛЬХОЗГИЗ 1940. – 224 с.
178. Костычев, П.А. Образование и свойства перегноя: Избранные труды. / П.А. Костычев - М.: 1951 - 670 с.
179. Котов, П.Ф. Смешанные посевы кормовых культур / П.Ф. Котов. – Воронеж, 2001. - 110 с.
180. Котоврасов, И.П. Влияние удобрений и обработки почвы на ее плодородие / И.П. Котоврасов, А.С. Кузьменко, И.Д. Примак // Земледелие. - 1984. - №6. - С. 48-49.
181. Кравков, С.П. Биохимия и агрохимия почвенных процессов / С.П. Кратков. - Л.: 1978. - 205 с.
182. Кравченко, Ю.С. Российские чернозем: генезис, распределение и управления / Ю.С. Кравченко // Научные труды SWorld. – 2015. - №23(1). – С. 23–26.
183. Краснова, Л.И. Биологические и селекционные возможности озимой пшеницы в резко континентальных засушливых условиях Южного Урала / Л.И. Краснова // Вестник ОГУ. - 2003. – №2. – С. 75-81.
184. Кружилин, И.П. Биологическое земледелие, проблемы и пути освоения на Алтае / И.П. Кружилин, В.П. Часовских // . – Барнаул: ГИПП «Алтай», 2002. – 234 с.
185. Кружков, Николай Кузьмич. Совершенствование систем земледелия в центральной лесостепи на основе активизации биологических факторов / Н.К. Кружков/ диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / 06.01.01. Орел, 2007 – 356 с.
186. Кузина, Е.В. Структурное состояние и плотность чернозёма выщелоченного в зависимости от вида основной обработки почвы / Е.В. Кузина // Научные труды Ульяновского НИИСХ. – Ульяновск, 2008. – Том 18. – С. 61-64.
187. Кузнецова, И.В. Физические свойства пахотных дерново-подзолистых суглинистых почв/ Кузнецова И.В. //Почвоведение. - 1978. - № 2. - 44 с.
188. Кузнецова, Татьяна Геннадьевна. Влияние приёмов биологизации и обработки почвы на засорённость посевов и урожайность культур: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Т. Г. Кузнецова - Воронеж, 2014. - 184 с.
189. Кузьмин, И.К. Азот как средство обеспечивающее устойчивость плодородия почвы / И.К. Кузьмин - М.: 1926.

190. Кулаковская, Т.Н. Оптимизационная модель плодородия почв // Оптимальные параметры плодородия почв / Т.Н. Кулаковская – М.: Колос, 1984. – с. 246 – 259.
191. Кулаковская, Тамара Владимировна. Разработка системы адаптивного травосеяния для различных экологических условий Карелии: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.09. / Т. В. Кулаковская - М., 1997. – 40 с.
192. Куликова, Алевтина Христофоровна. Воспроизводство биогенных ресурсов в экосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / А.Х. Куликова. - Кинель, 1997, 40 с.
193. Куликова, А.Х. Эффективность основной обработки почвы в регулировании азотфиксирующей активности и продуктивности гороха в лесостепи Поволжья / А.Х. Куликова, И.В. Антонов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2007. - №2 (5). - С. 3-12.
194. Куликова, А.Х. Повышение эффективности применения соломы как удобрения при возделывании ячменя / А.Х. Куликова, К.Ч. Хисамова // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 4. - С. 13-17.
195. Куликова, А.Х. Повышение эффективности использования соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, А.Е. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - №3. - С. 20-24.
196. Куперман, Ф.М. Биологические основы культуры пшеницы: в 3-х частях. – Часть 2. / Ф.М. Куперман. – Москва, 1953. – 300 с.
197. Купревич, В.Ф. Почвенная энзимология / В.Ф. Купревич, Т.А. Щербакова - Минск: «Наука и техника», 1966. – 274 с.
198. Курдюков, Ю. Ф. Оптимальные и предельные сроки посева озимых культур в Поволжье / Ю.Ф.Курдюков, Н.Г. Левицкая, Л.П. Лощина // АГРО XXI. - 2008. - №7–9. - С. 34–36.
199. Курдюков, Ю.Ф. Роль многолетних трав в полевых севооборотах засушливой степи Поволжья / Ю.Ф. Курдюков, Л.П. Лощина, Ж.П. Попова, Г.В. Шубитидзе, Ф.П. Кузьмичев, М.В. Третьяков // Аграрный вестник Юго-востока, - 2009. - №2. - С. 38-42.
200. Кутузова, А.А. Научные основы использования биологического азота в луговодстве / А.А. Кутузова, К.Н. Привалова, В.В. Станков // Роль и перспективы биологического и минерального азота в интенсивном луговодстве. – Тарту, 1985. –с. 7–10.
201. Лазарев, В.И. Разложение пшеничной соломы под влиянием микробиологических препаратов Гуапсин и Трихофит / В.И. Лазарев, А.Я. Айдиев, С.А. Тарасов // Земледелие, – 2014. – №8. – С. 20-22.
202. Лебедева, Т.Б. Использование соломы для улучшения гумусного состояния почв / Т.Б. Лебедева, М.В. Арефьева, А.И. Арефьев // Нива Поволжья. – 2008. – С.12–16.

203. Лепкович И.П. Луговые бобовые растения на Северо-Западе России, их значение и перспективы // Сб. науч. тр. междунаро. совещания «Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве» (2 – 4 июля 1998), Новгород, 1998. – 224 с. – С. 4 – 8.

204. Листопадов, И.Н Севооборот как средство предотвращения водной эрозии почв / И.Н. Листопадов, Д.С. Игнатьев, Э.А. Гаевая // Земледелие. - 2010. - №8. - С. 8-9.

205. Лобков, В.Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур /Лобков В.Т. // - М.: Колос, 1994. - 112 с.

206. Лобков, В.Т. Теоретические и практические аспекты биологизации земледелия в современных тенденциях развития мирового сельского хозяйства / В.Т. Лобков, С.А. Плыгун // Вестник АПК Ставрополья. - 2014. - №4 (16). - С. 150-154.

207. Лопырев, М.И. Развитая система земледелия на эколого-ландшафтной системе /М.И. Лопырев // Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в центральном Черноземье: сборник трудов. - Воронеж, 2000. - С. 27-35.

208. Лошаков, В.Г. Севооборот и биологизация земледелия / В.Г. Лошаков. // Вестник с/х науки, 1992. - С.9-14.

209. Лошаков, В.Г. Проблемы теории и практики севооборота. / Теория и практика современного севооборота: сборник трудов. – М.: Изд. МСХА – 1996. С. 9 – 14.

210. Лошаков, В.Г. Итоги исследований по севооборотам /Лошаков В.Г. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2002. - № 1. - С. 68-91.

211. Лошаков, В.Г. Севооборот и плодородие почвы / В.Г. Лошаков // - М.: Изд. ВНИИА, 2012. - 512 с.

212. Лошаков, В.Г. Зеленые удобрения в земледелии России / под ред. Сычева В.Г. – М.: изд-во ВНИИА, 2015. – 300 с.

213. Лошаков, В.Г. Фитосанитарная роль севооборота в адаптивном земледелии/ В.Г. Лошаков //Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом с-х-ве России, СНГ и ЕС: сборник трудов. - Б. Вяземы, 2016. – Том 2. - С. 203-221.

214. Лошаков, В.Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения / В.Г. Лошаков// Успехи современной науки. – 2017. - Том 1. - №10. - С.24-31.

215. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков – М.: 1985-192 с.

216. Лыков, А.М. Концептуальные основы плодородия агробиогеоценозов и его воспроизводства в ландшафтных (адаптивно-ландшафтных) системах земледелия / А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков // Агро XXI №8, 2001, с.22-23

217. Лыков, А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А.М. Лыков, А.М. Еськов, М.Н. Новиков. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004.- 630 с.
218. Макашева, Р.Х. Горох. Культурная флора СССР / Р.Х. Макашева // под ред. О.Н. Коровиной. - Л.: Колос, 1979. - Том 4, часть 1. - 324 с.
219. Максимов, В.А. Агроэкологическое обоснование роли севооборота в улучшении фитосанитарного состояния Агроциноза / Максимов В.А, Замятин С.А, Апаева Н.Н // Научная жизнь. - 2013. - № 3. - С. 34-41.
220. Максютков, Н.А. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала / Н.А. Максютков – Оренбург, 2004. – 204 с.
221. Малышев, Алексей Васильевич. Влияние гороховой соломы как удобрения на биологическую активность почвы, превращение азота в ней и на урожай растений: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук: 06.01.01 / А.В. Малышев. – Ленинград, 1974.- 20 с.
222. Марков, М.В. Агрофитоценология / М.В. Марков. - Казань, 1972. - 269 с.
223. Марковский, А.А. Минимализация обработки почвы в лесостепи Заволжья и ее влияние на ферментативную активность чернозема типичного / А.А. Марковский, Г.К. Марковская, Ю.В Степанова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2013. - №1(25). - С. 16-18.
224. Маслов, Михаил Николаевич. Углерод, азот и фосфор в тундровых экосистемах северной Фенноскандии: дис. ... канд биологических наук : 03.02.13 / М.Н. Маслов. - Москва, 2015. - 234 с.
225. Матюк, Н.С. Действие 100-летних бессменных культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы / Н.С. Матюк, М.А. Мазиров, В.Д. Полин, Д.М. Кащеева // Агрохимический вестник. - 2012. - № 6. - С. 25-29.
226. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов/ В.В. Медведев. – М.: «Агропромиздат» 1988. - 166 с.
227. Медведев, В.В. Твердость почв / В.В. Медведев. – Харьков: Изд. КГ1 «Городская типография», 2009, - 152 с.
228. Мельник, Анатолий Федорович. Научное обеспечение производства качественного зерна озимой пшеницы на основе регулирования агробиологических ресурсов в центральном Черноземье: дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / А.Ф. Мельник – Орел: Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, 2017 – 328 с.
229. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / В.М. Володин, Р.Ф. Ерёмкина, А.Е. Федорченко, А.А. Ермакова. – Курск: «ЮМЭСК», 1999. - 48 с.
230. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / сост. Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов и др. - М.: РАСХН, 1997. - 140 с.

231. Методическое руководство «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» / под редакцией академика РАСХН В. И. Кирюшкина и академика РАСХН А. Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005 – 794 с.
232. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.
233. Механическая обработка и агрофизические свойства почвы / В.Ю. Тимонов, Н.М. Чернышева, С.С. Балабанов, Н.И. Картамышев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2009. - Том 6. - № 6. - С. 53-57.
234. Милюткин, В.А. Мировое развитие берегающих технологий и перспективы в РФ // Аграрная Россия.- 2002.- №6.- С.20-23.
235. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения/ В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. - М: Колос, 1993. – 413 с.
236. Миркин, Б.М. Фитоценология. Принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. - М.: Наука, 1978. – 212 с.
237. Мироновские пшеницы / В.Н. Ремесло, М.А. Говорун, А.И. Суховецкий [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1976. – 335 с.
238. Мишустин Е.Н. Биологическая фиксация атмосферного азота. / Е.Н. Мишустин, В.К. Шильникова // – М.: Наука, 1968.
239. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. /М.: Наука, 1972. – 342 с.
240. Мишустин, Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е.Н. Мишустин//. – М.: Наука, 1975.
241. Мишустин, Е.Н. Методика определения целлюлозоразлагающей активности почвы / Е.Н. Мишустин, И.П. Востров, А.Н. Петров. – М.: Наука, 1987. – 375 с.
242. Мишустин, Е.Н. Азотный баланс в почвах СССР. / Е. Е. Мишустин. // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР: сборник.– М.: Наука, 1985. – С. 3-8.
243. Моделирование систем земледелия на основе многолетних полевых экспериментов / В.И. Овсянников, А.Н. Сухорукова, С.М. Овсянникова и др. // Сибирский вестник с.-х. науки. –1983. - №5. - С. 1-8.
244. Моисеев, Н.Н. Взаимодействие природы и общества - глобальные проблемы / Моисеев Н.Н.// Вестник Российской академии наук. 1998. Т. 68. № 2. С. 167.
245. Морозов, В.И. Водный баланс полей севооборотов зерновой специализации / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов //Ускорение научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе. Тезисы докладов. 1986. - С. 8-9.
246. Морозов В.И. Влияние севооборотов на баланс гумуса в выщелоченном черноземе лесостепи Поволжья / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, А.Х. Куликова // Агрохимия, № 10, 1994, с. 3 – 10.

247. Морозов, В.И. Дифференциация систем земледелия и их практическое освоение в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // В сборнике: Дифференциация систем земледелия и плодородие чернозема лесостепи Поволжья. Тематический сборник научных трудов. - Ульяновск, 1996. - С. 12-31.

248. Морозов, В.И. Законы земледелия в теории и на практике / В.И. Морозов // Вестник УГСХА. - 2002. - № 9. - С. 5-9.

249. Морозов, В.И. Дифференциация севооборотов, плодородие чернозема и устойчивость агроэкосистем лесостепи Поволжья Морозов В.И., Подсевалов М.И., Петухов Е.А. / Севооборот в современной земледелии: сборник докладов Международной научной конференции. сост. и ред. - В. Г. Лошаков. - Москва, 2004. - С. 65-69.

250. Морозов, В.И. Продуктивность севооборотов и воспроизводство биогенных ресурсов земледелия в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, Е.А. Петухов // Плодородие почвы - основа высокоэффективного земледелия. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2000. - С. 114-115.

251. Морозов, В.И. Защита полевых культур от засоренности в системах земледелия / В.И. Морозов, Ю.А. Злобин, А.И. Голубков – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, - 2007. - 174 с.

252. Морозов, В.И. Средообразующие функции зернобобовых культур при биологизации севооборотов / В.И. Морозов // Ульяновск: Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2010. - №1(11). - С. 3-15.

253. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и плодородие почвы в земледелии лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Поволжье Агро. - 2012 - №5 – С. 8-9.

254. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и их синергетическая эффективность в управлении плодородием в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – Ульяновск, 2012. - № 1. - С. 36-40.

255. Морозов, В.И. Проблемы эффективности зернового хозяйства в системах земледелия Среднего Поволжья / С.В. Басенкова // Агромир Поволжья. - 2013. - №1(9). - С.28-33

256. Морозов, В.И. Зерновая отрасль в рыночном измерении и её эффективность в земледелии Ульяновской области / В.И. Морозов, С.В. Басенкова // Поволжье Агро. – 2014. - №5. - С.48-50.

257. Морозов, В.И. Вклад факторов в изменение засоренности и формирование урожайности яровой пшеницы при биологизации ее технологии в условиях Среднего Поволжья / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, И.К. Милодорин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 1 (25). С. 19-23.

258. Морозов, В.И. Структура агрофитоценоза и урожайность озимой пшеницы при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья / М.И. Подсе-

валов, Д.Э. Аюпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - №3(27). - С. 21-28.

259. На пути к бесплужному земледелию / С. Д. Гилев [и др.]. - Курган: ООО «Куртамышская типография», 2015. - 312 с.

260. Назаренко, В.И. Мировые экологические проблемы / В.И. Назаренко. – М.: ВНИИТЭИ агропром, 1991. – 138 с.

261. Найденов, А.С. Физические свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте [электронный ресурс] / А.С. Найденов, А.Ф. Бурбель // Агропромышленная газета юга России. КубГАУ. – 2014. – Режим доступа: [http:// www.agropromyug.com/nauka-apk/rasteniievodstvo](http://www.agropromyug.com/nauka-apk/rasteniievodstvo).

262. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия / А.И. Беленков, В.А. Шевченко, Т.А. Трофимова, В.П. Шачнев. – М.: 2015. - 500 с.

263. Немцев, Николай Сергеевич. Научно-практические основы систем обработки почвы в Среднем Поволжье / Н. С. Немцев// Ульяновск: Ульяновский НИИСХ, 2000. - 149 с.

264. Немцев, Н.С. Научно-практические основы совершенствования севооборотов в лесостепи Поволжья / Н.С. Немцев, В.А. Потушанский, А.И. Захаров - Ульяновск, 2000. - 150 с.

265. Немцев, С.Н. Агроэкологические основы почвозащитных систем земледелия в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Немцев. - Ульяновск, 2005. - 240 с.

266. Нечаев, Л.А. Биологизация в адаптивно-ландшафтном земледелии / Л.А. Нечаев, О.В. Острикова, В.И. Коротеев, А.Н. Мордовин //Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. - 2014. - №3. - С.164-168.

267. Никитин, Д.И. Микробные ценозы и перспективы их изучения. /Д. И. Никитин // Экология почв, микроорганизмов, и микробиологические аспекты применения пестицидов в сельском хозяйстве. Тезисы докладов на семинаре-совещании. – М.: АН СССР, 1975. - С. 7-10.

268. Никитин, С.Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи среднего Поволжья / С.Н. Никитин, - Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 316 с.

269. Новиков, М.Н. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне / М.Н. Новиков, В.М. Тужилин, О.А. Самохина - Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. – 260 с.

270. Новиков, В.М. Влияние агротехнологических приёмов и погодных условий на биологическую активность тёмно-серой лесной почвы при возделывании зернобобовых и крупяных культур / В.М. Новиков // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2016. - № 4 (20). - С. 116-120.

271. Новоселов, С.И. Пути сохранения плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов в земледелии Нечерноземья / С.И. Новоселов // Плодородие. 2011. № 2. С. 34-36.

272. Новоселов, С.И. Влияние севооборота и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы / С.И. Новоселов // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 60-65.

273. Новоселов, Ю.К. Стратегия совершенствования сырьевой базы для производства растительного масла и высокобелковых кормов / Ю.К. Новоселов, В.Т. Воловик, В.В. Рудоман // Кормопроизводство. - 2008. - № 10. - С. 2-5.

274. Норин, Б.Н. Некоторые вопросы теории фитоценологии. Ценотическая система, ценотические отношения, фитогенное поле / Б.Н. Норин // Ботанический журнал. - 1987. - Том 72. - № 9. - С. 1168-1174.

275. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. - 3-е издание переработанное и дополненное. - М. - 2013 - 456 с.

276. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия: монография/ А. Ф. Витер, В. И. Турусов, В. М. Гармашов, С. Гаврилова. - М: ИНФРА-М-М, 2014. - 173 с.

277. Образцов, А.С. Системный метод: применение в земледелии / А.С. Образцов, А.В. Образцов - М.: Агропромиздат, 1990. - 303 с.

278. Обущенко, Сергей Владимирович. Агроэкологическое обоснование систем воспроизводства почвенного плодородия в полевых севооборотах Среднего Заволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / С.В. Обущенко. - Самара, 2014. - 40 с.

279. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. - М.: 1975. - 740 с.

280. Оптимизация содержания лабильного органического вещества в почвах лесостепи Поволжья / Н.Ф. Ганжара, Р.Ф. Байбеков, Б.А. Борисов, С.М. Надежкин // Плодородие. - 2010. - №5. - С. 15-17.

281. Орлов, А.Н. Ресурсосберегающие системы зяблевой обработки почвы в современной земледелии / А.Н. Орлов, С.В. Богомазов, В.В. Манейлов // Нива Поволжья. - 2007. - №2. С.17-20.

282. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почвы / Д.С. Орлов - М.: Издательство МГУ, 1974. - 333 с.

283. Орлов, Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, Н.И. Суханова. - М.: Наука, 1996. - 254 с.

284. Орлова О.В. Повышение плодородия почв при активизации почвенной микрофлоры, регулируемой биоудобрениями / О.В. Орлова // Сельскохозяйственная биология, - 2011. - №3. С. 94-97.

285. Орлова, Ольга Владимировна. Активное органическое вещество как регулятор процессов трансформации азота и углерода в дерново-

подзолистых почвах: дис. ... д-ра биологических наук: 06.01.03 / О.В Орлова. - Санкт-Петербург, 2013. - 322 с.

286. Орлова, Л. В. О развитии сберегающего земледелия в России //Главный агроном. – 2007. - № 3. – С.25.

287. Очерки по истории агрономии / А.Л. Иванов, Н.С. Немцев, И.Ф. Каргин, С.Н. Немцев. – М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2008. – 495 с.

288. Павлов, М.Г. Плодопеременение как закон природы и первое правило составления севооборотов/ М.Г. Павлов // Русский земледелец, 1838. – 41 с.

289. Парахин, Н.В. Биологическое земледелие в России / Н.В. Парахин, В.Т. Лобков - Орел, 2000. – 175 с.

290. Парахин, Н.В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства: теоретические основы и практический опыт / Н.В. Парахин. - М.: Колос, 2002. – 199 с.

291. Парахин, Н.В. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации / Н.В. Парахин, С.Н. Петрова . – М. Колос, 2006. – 149 с.

292. Парахин, Н.В. Симбиотически фиксированный азот в агроэкосистемах / Н.В. Парахин, С.Н. Петрова // Вестник Орел ГАУ. – 2009. - №3. - Том 18.

293. Парахин, Н.В. Теория и практика биологизации земледелия/ Н.В. Парахин //В сборнике: Проблемы экологизации и биологизации земледелия и пути их решения в современном сельскохозяйственном производстве России Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2013. С. 6-7.

294. Платонов, А. М. Продуктивность восьмипольных севооборотов в зависимости от систем основной обработки почвы, фонов удобрения и приемов ухода за посевами / А.М. Платонов, А.П. Исаев, Т.Г. Кухтина // Севооборот в современном земледелии: сборник докладов международной конференции. - М.: Изд-во МСХА, 2004.

295. Плескачев, Ю.Н. О севооборотах в Нижнем Поволжье / Ю.Н. Плескачев, А.Н. Сухов // Земледелие. - 2013. - № 2, С. 3-5.

296. Подбор многолетних трав как предшественников сорго в зоне рискованного земледелия саратовского Поволжья / А.С. Болкунов, С.И. Калмыков, Н.С Шарова, Н.С. Глубокова // Аграрный научный журнал. - 2005. - №3. - С. 6-8.

297. Поддымкина, Л.М. Целлюлозоразлагающая активность микробов почвы в полевом опыте / Л.М. Поддымкина // Плодородие. –2004. - №5. – С.26-27.

298. Полуэктов, Р. А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р.А. Полуэктов, Э.И. Смоляр, В.В. Терлеев - Л.: Изд-во СПб. университета, 2006. – 396 с.

299. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А.И. Попов. – СПб.: Изд-во С. - Петерб. ун-та, 2004. – 248 с.

300. Посевные площади сельскохозяйственных культур по Россий-

ской Федерации. Федеральная служба государственной статистики дата обращения 26.11.2017 [Электронный ресурс]: официальный сайт. – Режим доступа:

Режим доступа: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstatmain/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy>

301. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» [Электронный ресурс]: официальный сайт. Режим доступа: <http://rg.ru/2012/08/07/selo-site-dok.html>

302. Постников, П.А. Продуктивность севооборотов при использовании приемов биологизации / П.А. Постников // Аграрный вестник Урала. - 2015. - №6(136). - С. 20-23.

303. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

304. Потушанский, В.А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / И. Ф. Тимергалиев, С. Н. Немцев. - Ульяновск, 2003. - 86 с.

305. Пошон, Ж. Почвенная микробиология / Ж. Пошон, Г.Д. Баржак. - М.: Изд-во иностр.лит, 1960. - 560 с.

306. Почвенная экология / В.И.Савич, Н.В.Парахин, В.Г.Сычев [и др.]. - Орел, 2002. – 546 с.

307. Проблемы деградации восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / под редакцией академиков Россельхозакадемии А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.

308. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года / Минсельхоз России; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2017. – 140 с.

309. Программа действий: повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро. – Женева, 1998. - 70 с.

310. Пронина, Ольга Викторовна. Влияние сидератов на плодородие черноземных почв и продуктивность севооборота в степном Заволжье: автореф. дис.... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / О.В. Пронина. - Кинель, 2005 – 16 с.

311. Пронько, В.В. Применение удобрений и плодородие почв в степном Поволжье / В.В. Пронько, М.П. Чуб, Н.В. Михайлин // Агрехимический вестник. - 2006. - №6. - С. 18-20.

312. Прянишников, А.И. Научные основы адаптивного растениеводства Поволжья / А.И. Прянишников, И.В. Савченко, А.И. Шабаев // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 2 (18).- С. 60-66.

313. Прянишников, Д.Н. Агрехимия / Д.Н. Прянишников. - М.: 1934. – 399 с.

314. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. – Сельхозиздат АН СССР, 1945. – 147 с.

315. Прянишников, Д.Н. Севооборот и его значение в деле поднятия наших урожаев / Д.Н. Прянишников. – М.: ТСХА, 1945. – 35 с.
316. Прянишников, Д.Н. Севооборот и его значение в поднятии урожайности / Д.Н. Прянишников // Об удобрении полей и севооборотах. - М.: 1962. – 35 с.
317. Пупонин, А.И. Минимализация обработки почвы: опыт, проблемы и перспективы / А.И. Пупонин, Б.Д. Кирюшин. – М.: ВНИИТЭИ Агропром., 1989. – 55с.
318. Рабочев, И.С. Уплотнение почвы ходовыми системами машин / И.С. Рабочев, П.У. Бахтин, И.В. Гавалов // Земледелие. – 1978. – № 5. – С. 74.
319. Ревут, И.Б. Физика почвы / Б.И Ревут. - Л.: Колос, 1972. – 368 с.
320. Ревякин, Ю.Ю. Применение плотномера Горячкина для контроля качества обработки почв / Ю.Ю. Ревякин // Доклады ТСХА. -1986. - Выпуск - 1. - С. 11-14.
321. Роде, А.А. Почвоведение / А.А. Роде. – Л.: Гослбумиздат, 1955. – 524 с.
322. Роде, А.А. Система методов исследования в почвоведении / А.А. Роде. – Новосибирск, 1971. – 92 с.
323. Роль агротехнических приемов в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях черноземных почв Среднего Поволжья / С.В. Богомазов, О.А. Ткачук, Е.В. Павликова, А.Г. Кочмин // Нива Поволжья. - 2014. – №2(31). – С.2-7.
324. Роль многолетних трав в полевых севооборотах засушливой степи Поволжья / Ю.Ф. Курдюков, Л.П. Лощинина, Ж.П. Попова, Г.В. Шубитидзе, Ф.П. Кузьмичев, М.В. Третьяков //Аграрный вестник Юго-Востока. - 2009. - №2(2). - С. 38-42.
325. Романов, Г.Г. Симбиотические растения-азотфиксаторы во флоре Европейского Северо-Востока / Г. Г. Романов. - Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2014. - 128 с.
326. Русакова, И. В. Практические рекомендации по эффективному использованию пожнивных остатков (растительных остатков, побочной продукции, отходов растениеводства) в сельском хозяйстве / И. В. Русакова. - ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии. – 2012 г.
327. Рюзенбам, Э. Земледелие / Э. Рюзенбам, К. Рауэ. – М.: Колос, 1969. – 520 с.
328. Рябчиков, А.М. Гидротермические условия и продуктивность фитомассы в основных ландшафтных зонах / А.М.Рябчиков // Вестник МГУ. География. – 1968. - №5. - С.41-48.
329. Саввинов, Н.И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелог и старопахотных участках / Н.И. Савинов. - М. Сельхозгиз, 1931. -120 с.
330. Светлов, Н.М. Стохастические модели динамического программирования для оптимизации севооборотов и их использование в системе моделей перспективного планирования производственной структуры сельскохозяйственных предприятий / Н.М. Светлов. - М.: 1997. – 8 с.

331. Семенов, В.М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве / В.М. Семенов, А.К. Ходжаева // Агрохимия. – 2006. – №7. – С. 63–81.
332. Семенова, Наталья Валерьевна. Агроэкологическая оценка гумусного состояния черноземов Среднего Поволжья: На примере Республики Татарстан и Ульяновской области: автореф. дис.... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Н.В. Семенова. - Ульяновск, 2004. - 16 с.
333. Сидоров, М.И. Научные и агротехнические основы севооборотов / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. - Воронеж, 1993. - 104 с.
334. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне: научно-практические рекомендации на примере Владимирской области / под общей ред. А. И. Еськова. - М.: Росинформагротех, 2007. - 296 с.
335. Системы земледелия /Сафонов А.Ф., Гатаулин А.М., Платонов И.Г. и др.// М.: КолосС, 2006. - 447с.
336. Скрепинский, А. И. Эспарцет на Юго-Востоке СССР / А. И. Скрепинский. - Саратов. обл. гос. изд-во, 1951. - 40 с.
337. Смородин, Г.С. Влияние сложения пахотного слоя на водно-физический режим и плодородие южных карбонатных черноземов Крыма / Г.С. Смородин, В.В. Паршиков // Теоретические вопросы обработки почв: сборник трудов. –Ленинград, 1969. - Выпуск 2. - С. 197-204.
338. Советов, А.В. О системах земледелия / А.В.Советов. – СПб, 1867. – 286 с.
339. Советов, А.В. О разведении кормовых трав на полях / А.В.Советов // Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиз, 1950. - С.241.
340. Соломистая система удобрений на черноземе лесостепи Поволжья / Г.В. Колсанов, А.Х. Куликова, Н.В. Хвостов, И.Н. Землянов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №1. – С. 26–35.
341. Сорокин, И.Б. Зеленое удобрение в балансе почвенного органического вещества подтаежной зоны / И.Б. Сорокин, Э.В. Титова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2012. - №5(91). - С. 33-39.
342. Сорокин, Н.Д. Количественная оценка микробиологической активности / Н.Д. Сорокин // Почвоведение. – 1993 - №8. – С. 99-103
343. Сравнительная экологическая оценка традиционных и перспективных сидеральных культур в условиях Московской области / Д.А. Постников, В.Г. Лошаков, С. Темирбекова, М.С. Мирон, А.А. Курило // Достижения науки и техники АПК. - 2014. - №8. - С. 39-43
344. Станков, Н.З. Корневая система полевых культур/ Н.З. Станков. М.: Колос,1964. –254 с.
345. Сторожев, Д.Н. Многолетние травы как предшественник яровой мягкой и твердой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волго-донского междуречья / Д.Н. Сторожев //Аграрный вестник Урала. - 2009. - №2. - С. 52-53.

346. Сукачев, В.Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений / В.Н. Сукачев // Ботанический журнал. - 1953. - №1. - С. 57.

347. Сычев, В.Г. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года. Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий / В.Г. Сычев, Е.Н. Ефремов. - М.: ВНИИА, 2011. - 30 с.

348. Тейт, Р.Л. Органическое вещество почвы / Р.Л. Тейт. – М.: 1991. – 400 с.

349. Терентьев, Олег Владимирович. Агроэкологические и экономико-энергетические основы оптимизации полевых севооборотов в среднем Заволжье: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / О.В. Терентьев. - Кинель, 2007. – 40 с.

350. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области (Электронный ресурс): официальный сайт. - URL: <http://uln.gks.ru/>(дата обращения: 18.10.2016).

351. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области (Электронный ресурс): официальный сайт. - URL: <http://pnz.gks.ru/>(дата обращения: 18.10.2016).

352. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Самарской области (Электронный ресурс): официальный сайт. - URL: <http://samarastat.gks.ru/> (дата обращения: 18.10.2016).

353. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений / К.А. Тимирязев. – М.: 1948. – 423 с.

354. Титлянова, А.А. Поступление органического вещества в почву в естественных фитоценозах и агроценозах / А.А. Титлянова // Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – С. 7 – 18.

355. Тищенко, В.Н. Продолжительность вегетационного и межфазных периодов и их корреляции с урожайностью в зависимости от условий года и генотипа озимой мягкой пшеницы / В.Н. Тищенко // Вестник Полтавской государственной аграрной академии. – 2005. – №3. – С. 97–102.

356. Тищенко, В.Н. Формирование продуктивности озимой пшеницы при изменчивости межфазных периодов начальных этапов органогенеза / В. Н. Тищенко, Л. М. Дриженко, Ю. Г. Палий // Вестник Курганской ГСХА. - 2014. - № 1. - С. 25-27.

357. Томмэ, М.Ф. Аминокислотный состав кормов/ М.Ф. Томмэ, Р.В. Мартыненко. – М.: Колос, 1972. – 287 с.

358. Томпсон, Л. М. Почвы и их плодородие. / Л. М. Томпсон, Ф. Р. Труу; пер. с англ. – Москва: Колос, 1982. – 462 с.

359. Трепачев, Евгений Пантелеймонович. Агрохимические аспекты биологического азота в земледелии: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Е.П. Трепачев. – М.: 1971. – 42 с.

360. Трепачев, Е.П. Влияние пожнивно-корневых остатков и неучтенного органического вещества люцерны и костра безостого на плодородие почв / Е.П. Трепачев, Л.Д. Алейникова // Почвоведение. - 1982. - №4. - С. 120-127.
361. Трепачев, Е. П. Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии / Е.П. Трепачев. – М.: 1999. – 532 с.
362. Трофимов, С.Я. Минерализация лабильных фрагментов органического вещества гумусово-аккумулятивного горизонта дерново-подзолистой почвы / С.Я. Трофимов, А.С. Лазарев, А.Д. Фокин // Почвоведение. - 2012. - №12. - С. 12-59.
363. Трофимова, Т.А. Минимализация обработки почвы - положительные и отрицательные стороны / Т.А. Трофимова, А.С. Черников // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2009. - №2. - С. 25-30.
364. Трунова, О.Н. Солома как прекрасное удобрение (Приготовление удобрения из соломы) / О.Н. Трунова, В.Г. Матершев // Степные просторы. - 1993. – Том 1. – 43 с.
365. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. - М.: Агропромиздат, 1989. - 237 с.
366. Тумин, Г.М. Гумус почвы и урожайность / Г.М. Тумин. - Тамбов, 1920. – 162 с.
367. Тюлин Владимир Александрович. Формирование устойчиво-продуктивных бобово-злаковых и злаковых травостоев // автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.09. / В. А. Тюлин. – М.: 1997. – 40 с.
368. Тюльдюков В.А. и др. Возделывание многолетних трав с участием клевера // Кормопроизводство. – 1997. – №5 – 6. – С. 36 – 39.
369. Тюльдюков В.А. и др. Продуктивность люцерно- и клеверозлаковых травосмесей при двух- и трехкратном скашивании. Кормопроизводство, 2001, №4, с. 15 – 18.
370. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы / И.В. Тюрин. - М. - Л.: Сельхозиздат, Ленинградское отделение, 1937. - 287 с.
371. Тюрин, И.В. Плодородие почв и проблема азота в почвоведении и земледелии/ И.В. Тюрин // М., 1957. – 21 с.
372. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация / М.М. Умаров. - Москва: МГУ, 1986. - 131 с.
373. Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. N 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства».
374. Федеральная служба государственной статистики дата обращения. Официальный сайт. <http://www.gks.ru/> (Дата обращения 26.11.2017)
375. Фокин, А.Д. Почва, биосфера и жизнь на земле / А.Д. Фокин. - М.: Наука, 1986.
376. Фрумин, И.Л. Моделирование земледелия Южного Зауралья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / И.Л. Фрумин. - Челябинск, 2004. - 40 с.

377. Хабибрахманов, Х.Х. Заделка сидератов под озимую рожь / Х.Х. Хабибрахманов, М.Р. Лотфуллин // Земледелие. – 1994. - №4. - С. 10-11.
378. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. - М.: Наука, 2005. - 252 с.
379. Харьков, Г.Д. Ориентир – многолетние травы / Г.Д. Харьков, К.И. Смирнова // Кормопроизводство. – 2001. - №9. – С. 17 – 22.
380. Хисамова, К.Ч. Влияние системы удобрения с использованием соломы на биологическую активность почвы и урожай ячменя / К.Ч. Хисамова // Агротехнический вестник. - 2015. - Том 1, № 1. - С. 35-37.
381. Холзаков, В.М. Повышение продуктивности дерново-подзолистых почв в Нечерноземной зоне: монография / В.М. Холзаков. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 436 с.
382. Христенко, Д.А. Многолетние травы и плодородие почвы / Д.А. Христенко // Аграрная наука. – 2007. – №4. – С. 8–9.
383. Худенко, М.Н. Конвейерное производство кормов на орошении / М.Н. Худенко, И.П. Кузнецов. – Саратов, 1991. – 112 с.
384. Хусаинов, С.В. Продуктивность многолетних бобовых и злаковых трав в аридных условиях Волгоградской области / С. В. Хусаинов, Г.С. Егорова // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений. III Международная научно-производственная конференция. – Пенза, 2000. – С. 286 – 287.
385. Чекмарёв, П.А. Мониторинг плодородия пахотных почв центрально-черноземных областей России / П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин // Агротехника. - 2013. - №4. - С. 11-22.
386. Черкасов, Е.А. Динамика основных показателей плодородия пахотных почв Ульяновской области за 50 лет / Е.А. Черкасов // Достижения науки и техники АПК. - 2014. - №7. - С. 27-29.
387. Черкасов, Е.А. Динамика агрохимических показателей плодородия черноземов ульяновской области за 2000–2015 гг / Е.А. Черкасов, А.Х. Куликова // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. – Часть I. - С. 135-136.
388. Чуб, М.П. Современное состояние плодородия почв Саратовской области / М.П. Чуб, И.Ф. Медведев, Н.В. Потатурина // Агротехника. – 2003. – №4. – С. 5–13.
389. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почв в Среднем Поволжье / И.А. Чуданов. – Самара, 2006. – 236 с.
390. Чундерова, А.И. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в дерново-подзолистых почвах / А.И. Чундерова // Почвоведение.- 1976. - Выпуск 7. - С.22-28.
391. Чундерова, А.И. Влияние предшественников на активность ферментов на выщелоченном черноземе / А.И. Чундерова, Т.П. Зубец, В.И. Мо-

розов // Роль микроорганизмов в повышении плодородия почв и урожая культурных растений. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института с/х микробиологии. - Л., 1978. – Том 47. - С.11 – 17.

392. Чумаков, А.В. Основные методы фитопатологических исследований. / А. В. Чумаков // научные труды ВАСНИЛ. – М.: Колос, 1976. – 35 с.

393. Шарипова, Р.Б. Климатическая составляющая урожаев зерновых культур по зонам ульяновской области / Р.Б. Шарипова, М.М. Сабитов, А.В. Орлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - №3(23). - С. 34-36.

394. Шатилов, И.С. Принципы программирования урожайности / И.С. Шатилов // Вестник сельскохозяйственной науки . – 1973. - №3. – С. 8-14.

395. Шашко, Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР/ Д.И. Шашко. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.

396. Шевченко, Д. Альтернативные методы управления растительными остатками в растениеводстве вместо сжиганий / Д. Шевченко, Е. Кобец. - СПб.: Bellona, 2014. - 64 с.

397. Шевченко, С.Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на черноземах среднего Поволжья / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин // Земледелие. - 2008. - №3. - С. 26-28.

398. Шестеркин, Геннадий Иванович. Эффективности агромелиораций южных черноземов Поволжья в условиях орошения: автореф. дис.... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Г.И. Шестеркин. – Саратов, 2005. – 47с.

399. Шильникова, В.К. Микроорганизмы – азотонакопители на службе растений. / В.К. Шильникова, Е.Н. Серова. – М.: Наука, 1983. 150 с.

400. Шмарко, Н.В. Севооборот - основа повышения плодородия дерново-подзолистых почв / Н.В. Шмарко, И.Г. Мельцаев, Г.В. Вихорева// - Земледелие. - 2008. - № 1. - С. 20-21.

401. Шмарко, Н.В. Пути совершенствования гумусированности и продуктивности дерново-подзолистых почв Верхневолжья / Н.В. Шмарко, Г.В. Вихорева // Владимирский земледелец. - 2017. - №2(80). - С. 8-10.

402. Шпаков, А.С. Основные параметры кормовых севооборотов для Центрального экономического района / А.С. Шпаков, Н.В. Гришина, Н.Ю. Красавина // Севооборот в современной земледелии. Сбор. Докладов Международной научной конференции. М.: Изд-во МСХА, 2004, с.206 – 211.

403. Шпаков, А.С. Производство кормов на пахотных землях российской федерации / А.С. Шпаков // Нива Татарстана. - 2008. - № 6. - С. 19-21.

404. Шульмейстер, К.Г. Избранные труды. Том 2 / К.Г. Шульмейстер. - Волгоград, 1995. - 480 с.

405. Щербаков, А.П. Изменение свойств черноземных почв в агроландшафтах ЦЧЗ за последнее столетие / А.П. Щербаков, И.И. Васенев, В.Т. Лобков // Экологические основы повышения устойчивости и продуктивности агроландшафтных систем: сборник научных трудов. – Орел: Орловский ГАУ, 2001. - С. 66 – 82.

406. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина, А.В. Козлова, О.В. Макшакова, С.П. Волошин, О.М. Хромова, И.В. Панкратенкова // *Агрехимия*. - 2012. - № 2. - С. 37-46.
407. Эффективность систем основной обработки почвы в звене севооборота с сидеральным паром / А.Х. Куликова, А.В. Дозоров, Н.Г. Захаров, Н.В. Маркова, М.А. Полняков // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. - 2012. - №3. - С. 29-35.
408. Юшкевич, Л.В. Применение соломы и эффективность обработки почвы в засушливом земледелии западной Сибири / Л.В.Юшкевич, В. Л. Ершов // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2013. – №4(12). – С. 18–22.
409. Яговенко, Л.Л. Фитоманитарное состояние почвы в севооборотах / Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко // *Севооборот в современном земледелии: сборник докладов Международной научной конференции*. - М.: Издательство МСХА, 2004. - 192-196 с.
410. Якушев, В.В. Точное земледелие и системы принятия решений в сельском хозяйстве/ В.В. Якушев // *Нивы Зауралья*.- 2014. - № 1 (112). - С. 60-61.
411. Aerts, R. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: A triangular relationship // *Oikos*. 1997. V. 79. P. 439-449.
412. Allison F.E. Soil organic matter and its role in crop production. – Amsterdam, London, New-York, 1973
413. Altieri, N. Some agroecological and socioeconomic features of organic farming in California synergies in agriculture: A preliminary study/- *Biol. Agr. Hortic*.1983,1,2: 97-100.
414. Andreeva, D. Genesis and properties of black soils in Buryatia, south-eastern Siberia, Russia / Andreeva, D., Leiber, K., Glaser, B., et al. // *Quaternary International*, 2011. 243(2), 313–326
415. Andrew, M McGuire. Wheat Yields, Nitrogen Uptake, and Soil Moisture Following Winter Legume Cover Crop vs.Fallow / Andrew M McGuire, Dennis C. Bryant, R.Ford Denison // *Agron*. 1998. J. 90 404-410
416. Bajla B.C., Minarik J. Navhr metody na meranie okamzitej vlhkosti pody u hrote penetrometra // *Acta technol. agr*. 2003. № 4. P.93-96.
417. Barbier G. L`extension de l`agriculture sans betail; ses aspects economiques et sociaux; ses consequences pour la fertilite// *C.R. Acad. Agr.Fr*. – 1965. - V.51. - №6.
418. Biotechnological approaches for grain quality improvement in wheat: present status and future possibilities /Goutam U., Kukreja S., Tiwari R., Gupta R.K., Chaudhury A., Yadav R., Dholakia B.B. // *Australian Journal of Crop Science*. 2013. T. 7. № 4. С. 469-483.
419. Bridges, E.M. Soil gaseous emissions and global climate change/ E.M. Bridges, N.H. Batjes // *Geography*. 1996. V. 81(2). P. 155–169.

420. Bussoher W.J., Frederick J.R., Baner B.J. Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 2000. 64. №3. P. 999-1003.S.

421. Di Falco, S. Crop Genetic Diversity, Productivity and Stability of Agroecosystems. A Theoretical and Empirical Investigation / S. Di Falco, Ch. Perrings // *Scottish Journal of Political Economy*. 2003. T. 50. № 2. C. 207-216.

422. Downie, J.A. Functions of rhizobial nodulation genes. In: Spaink, H.P., Kondorosi, A., Hooykaas, P.J.J. (eds) *The Rhizobiaceae: Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. 1998, pp. 387–402.

423. Evaluation of grain yield and quality traits of bread wheat genotypes cultivated in Northwest Turkey// Bilgin O., Başer İ., Korkut K.Z., Guzmán C., Crossa J. *Crop Science*. 2016. T. 56. № 1. C. 73-84

424. Flaig, W. Organic compounds in soil / W. Flaig, // *Soil Sci.* – 1971.- V.111, №1

425. Grastodt, A. A case study of a biodynamic farm in Sweden/ - *Sveriges Lantbruksuniv. Inst. Fur Vaxtodling. Rapport 1983*, 124, 22-23

426. Hardy, R. W. F. Nitrogen fixation and crop productivity / R. W Hardy // *CRS Handbook of Agricultural Productivity* CRS Press Inc. Boca, Raton Florida, 1982, v. 1, P. 103 - 116.

427. Henin, S. Element pour une doctrine de l`utilization des matieres organiques/ S. Henin // *Organic matter and soil fertility.* – Amsterdam, 1968

428. Horn, R. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment/ R. Horn, H. Domzal, A. Slowinska-Jurkiewicz, C. van Ouwerkerk // *Soil Till. Res.* 35, 1995. pp.23-36.

429. Humphrey, L.D. Demographic and growth responses of a guerrilla and a phalanx perennial grass in competitive mixtures / L.D. Humphrey, D.A. Pyke // *Journal of Ecology*. 1998. T. 86. № 5. C. 854-865.

430. Jadhav, R.S., Desai Anjana. Role of siderophore in iron uptake in cowpea *Rhizobium* GN1 (peanut isolate)... / R.S Jadhav, Anjana Desai // *FEMS Microbiologi. Lett*, 1994–115, N 2 – 3. – P. 185 – 189.

431. Kundler, R Einfluss mineralischer und Komibinierter mineralischorganischer. Dungung aut ausgewahlter Bodenfruchtbarkeitskennziffern (BFK) einer grundwasserfernen Sandbodens / Kundler., Smukalski M. // *Archiv Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde.*– 1983 – Bd. 27,– № 5. – P. 307 – 317.

432. Klonsky, K. Organic Agriculture in the 2007 Farm Bill / K. Klonsky // *AIC Farm Bill Brief* №3, JULY, 2007, S.1-6.

433. La Rue, T.A. How much nitrogen do legumes fix? / T.A. La Rue, T.G. Patterson // - *Advances in Agronomy*, 1981, v. 34, p. 15 - 38.

434. Martin, B *Grundlagen der Futterproduktion* / B. Martin, B. Frobe, W Kreil // 4. Aufl. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 1981, 264 S.

435. Modeling soil-root water transport and competition for single and mixed crops / F. Lafolie, L. Bruckler, H. Ozier-Lafontaine, R. Tournebize, A. Mollier // *Plant and Soil*. -1999. -T. 210, № 1. -P. 127-143.

436. On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol / E. Bolenius, G. Rogstrand, J. Arvidsson, B. Stenberg, L. Thylen // *International Soil Tillage Research Organization 17 th Triennial Conference*. Kiel. Germany, 2006. P.867-870.

437. Pastor, J Nitrogen fixation and the mass balances of carbon and nitrogen in ecosystems / J. Pastor, D. Binkley // *Biogeochemistry*. 1998. T. 43. № 1. C. 63-78.

438. Rennie, R. I. Dinitrogen fixation. /R. I. Rennie //- *Agrologist*, 1981, v. 10, N 3, p. 20 – 21.

439. Reinert, D.J. Interrelation of mechanical and physical soil properties of six south Brazilian soils under no-tillage // *International Soil Tillage Research Organization 17th Triennial Conference*, / D.J. Reiner , L.E Suzuki, J.M. Reichert // Kiel. Germany. 2006. Pp.1598-1602.

440. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil / C.L., Laboski, R.H. Dowley, R.R. Allmaras, J. A. Lamb // *Plant and Soil*. 1998. V.203. №2. P. 239-247.

441. Streeter, I.G. Symbiotic Nitrogen Fixation/ I.G. Streeter// *Plant Environ Interakt* N.Y., 1994, P.245 – 262.

442. Tillage and crop residue effects on soil physical properties and corn yield/ W.E. Riedell, S.L. Osborne, J.L.Ir. Pikul, T.E. Schumacher // *Soil Water Research*. South Dakota University. Progress Report, Agr. Exper. Stat, 2006. pp. 1-5.

443. Tippannavar, C.M. Inhibitory effects of seed diffusates of wheat genotypes on *Azotobacter chroococcum* strains / C.M Tippannavar, E. Rajashekara, M.N. Sreenivasa, A.H. Yelamani // *J. Manarashtra Agr. Univ.*, 1992 – 17, N3. – p. 481 – 482.

444. Troedson, R. Organic farming - a growing role in Australian agriculture? / R. Troedson// *Background information brief* № 20, 1991, - 34 p.

445. Wang, Li X. Efficient solar-driven nitrogen fixation over carbon-tungstic-acid hybrids / Li X. Wang, W. Wang, D. Jiang, S. Sun, L. Zhang, X. Sun // *Chemistry - A European Journal*. 2016. T. 22. № 39. C. 13819-13822.

446. Weedon, J.T., Wirth C., Coomes D.A. Global meta-analysis of wood decomposition rates: a role for trait variation among tree species? / J.T Weedon., W.K. Cornwell, J.H Cornelissen, A.E. Zanne. // *Ecology Letters*. 2009. V. 12. P. 45-56.

447. Will higher minimum temperatures increase corn production in North-east China? /C. Cheng, C. Lei, A. Deng, C. Qian, W. Hoogmoed, W. Zhang // *An analysis of historical data over 1965–2008*. *Agric. For. Meteorol.*, 151,2011, pp. 1580–1588

448. Wiltshire Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century /J. Gornall, R. Betts, E. Burke, R. Clark, J. Camp, K. Willett, A. Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci., 365 (1554), 2010, pp. 2973–2989

449. Winter wheat fertilized with biogas residue and mining waste: yielding and the quality of grain Różyło K., Pałys E., Gawlik-Dziki U., Świeca M., Różyło R. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016. C. 3454-3461.

450. Zahradnijek J., Beran P., Pulkrabek J., Svachula V., Famera P., Scoller J., Chochova J. The effect of physical soil properties on metabolism and technological quality of sugar beet. *Rosl. Vyroba*. 2001. №1. Pp. 23-27.

Приложения

Температура воздуха в годы проведения исследований, °С (метеопоста «Октябрьский»)

Месяцы	Декады	Температура воздуха, °С													
		Сред. за 1975- 2015 гг.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Апрель	1	2,3	2,7	-2,5	-0,1	3,8	5,8	9,5	0,9	2,2	2,1	3,2	5,4	0,9	1,3
	2	6,1	6,0	6,4	8,2	9,3	6,1	8,2	4,0	7,0	3,5	12,2	6,2	5,8	5,7
	3	9,0	6,5	7,1	10,5	7,1	8,5	9,8	7,8	9,7	7,8	14,5	8,4	8,8	6,7
	среднее	5,8	5,1	3,7	6,2	6,7	6,9	9,2	4,2	6,4	4,5	10,0	6,7	4,6	4,6
Май	1	12,5	12,2	12,7	13,0	12,4	7,9	11,4	13,8	18,1	13,3	15,1	13,1	10,7	13,2
	2	13,8	14,1	13,5	18,2	12,9	16,9	13,4	12,3	17,1	14,9	18,4	17,6	19,6	12,6
	3	15,8	17,4	16,7	19,9	15,8	23,6	14,8	14,5	15,8	15,4	16,7	18,2	20,4	23,5
	среднее	14,0	14,7	14,4	17,1	13,7	16,1	13,2	13,6	17,1	14,5	16,7	16,3	16,8	15,9
Июнь	1	16,8	11,7	17,0	18,5	20,6	13,4	10,7	19,3	20,6	15,4	17,5	17,6	21,2	18,0
	2	18,8	13,6	15,1	18,6	19,3	20,1	20,1	23,2	19,6	16,3	21,5	20,1	14,9	20,5
	3	20,0	17,5	22,3	17,0	23,8	18,7	19,1	19,4	24,7	19,7	20,3	22,5	16,3	25,1
	среднее	18,5	14,3	18,1	18,0	21,2	17,4	16,9	20,6	21,7	17,1	19,8	20,1	17,5	21,2
Июль	1	19,8	21,3	19,1	16,2	16,8	21,7	17,7	15,1	23,5	23,6	21,2	22,5	20,3	19,1
	2	20,6	20,4	23,2	20,8	23,2	21,9	22,9	23,2	24,0	21,6	22,8	20,6	19,6	17,4
	3	20,5	20,6	20,6	22,5	15,9	19,0	21,1	22,6	28,0	24,8	19,3	18,1	20,4	21,5
	среднее	20,3	20,7	20,9	19,9	18,5	20,9	20,6	20,4	25,3	23,3	21,1	20,4	19,5	18,8
Август	1	19,5	22,5	20,2	20,7	17,4	22,7	16,6	17,3	28,6	19,6	23,5	13,8	21,8	18,4
	2	18,5	19,1	17,8	20,0	20,0	23,7	23,7	19,1	24,1	21,6	20,6	21,3	20,4	15,8
	3	16,9	17,5	21,5	15,3	20,6	21,9	20,0	16,1	17,2	16,0	16,7	17,0	18,2	17,0
	среднее	18,3	19,6	19,9	18,6	19,3	22,8	20,1	17,4	23,0	19,1	20,3	17,4	19,9	16,5
Сентябрь	1	14,9	13,6	14,0	15,2	20,1	16,2	15,8	18,7	13,3	16,2	12,5	15,7	13,9	12,0
	2	12,5	13,3	14,3	15,4	11,0	12	9,8	13,3	15,3	11,9	13,4	14,0	11,2	11,5
	3	10,3	12,9	14,8	11,4	12,8	14,3	8,1	12,1	12,2	9,1	11,0	8,6	9,4	9,4
	среднее	12,5	13,2	14,4	14,0	14,6	14,2	11,7	14,7	13,6	12,4	12,3	12,3	11,9	11,6

Сумма осадков в годы проведения исследований, °С (метеопоста «Октябрьский»)

Месяцы	Декады	Сумма осадков, мм													
		Сред.за 1975-2015 гг.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Апрель	1	10,5	7,5	41,3	1,0	17,6	9,3	4,4	6,7	0	2,5	8,7	6,9	17,0	13
	2	11,6	0,0	18,2	4,1	9,5	43	9,3	11,3	4,5	25,2	2,6	0,9	1,7	16,3
	3	11,3	8,2	6,6	9,8	1,6	13,8	1,6	4,0	2,2	5,6	3,6	27	12,1	12
	сумма	33,3	15,7	66,1	14,9	28,7	66,1	15,3	22,0	6,7	33,3	14,9	34,8	30,8	41,3
Май	1	9,8	36,6	22,1	12,4	0,5	13,2	0	7,9	0,9	41,3	0,0	1	15,3	0
	2	13,6	10,9	9,2	16,0	15,5	7,6	0	18,3	22,6	1,7	0,4	16	1,0	21,8
	3	15,2	29,1	25,4	12,8	44,3	0	0	5,6	8,4	51,0	25,3	4	1,1	7,6
	сумма	38,6	76,6	56,7	41,2	60,3	20,8	0	31,7	31,9	94,0	25,7	21	17,4	29,4
Июнь	1	18,3	6,7	14,8	44,0	35,2	27,5	26,8	15,0	0,0	52,0	22,4	4	6,6	15,5
	2	24,5	65,2	38,2	25,9	7,6	9,8	5,1	4,0	1,3	22,9	1,6	12,5	19,5	0
	3	23,4	9,6	85,5	43,2	0,0	31,7	18,7	5,4	0,3	36,2	12,0	24,5	21,0	7,3
	сумма	66,2	81,5	138,5	113,1	42,8	69	50,6	24,4	1,6	111,1	36,0	41	47,1	22,8
Июль	1	26,7	34,9	48,0	27,7	16,0	43	19,6	19,0	6,0	19,0	15,0	16,8	0,5	78,3
	2	18,7	18,9	21,5	44,0	48,1	59,3	8,8	0,7	6,0	0,0	39,3	8,4	3,3	38,3
	3	21,5	13,9	13,8	20,6	8,6	18,2	39,7	2,9	0,0	1,1	5,4	21,3	1,4	2
	сумма	67,0	67,7	83,3	92,3	72,7	120,5	68,1	22,6	12,0	20,1	59,7	46,5	5,2	118,6
Август	1	18,2	10,5	16,8	10,5	27,9	0	24,8	58,0	0,0	26,0	9,5	52,6	2,5	5,3
	2	16,6	17,5	10,0	31,4	0	13,3	0	15,0	6,7	0,3	12,7	16	21,6	7,3
	3	17,5	16,6	14,1	0,0	56,0	23,8	2,6	30,0	18,2	8,3	65,5	23,1	22,8	7
	сумма	52,4	44,6	40,9	41,9	83,9	37,1	27,4	103,0	24,9	34,6	87,7	91,7	46,9	19,6
Сентябрь	1	18,9	18,5	25,1	27,0	7,2	35,2	20,4	0,1	12,3	65,8	19,5	108,6	11,7	4,5
	2	20,2	2,3	2,3	6,6	13,4	26,3	56,4	5,0	9	17,3	22,0	15,8	13,4	12,5
	3	19,4	0,0	25,3	0,0	0,0	1,6	0	2,8	45,3	54,1	14,0	48,5	19,9	2,0
	сумма	58,5	20,8	52,7	33,6	20,6	63,1	76,8	7,9	66,6	137,2	55,5	172,9	45,0	19,0

Системы основной обработки почвы в экспериментальных севооборотах (в период 2005-2015 гг.)

№ поля	Вариант обработки	I севооборот	II севооборот	III севооборот	IV севооборот
1	В ₁	Пар чистый Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.	Горох	Вика (Люпин)	Сидерат (Горох + люпин)
		Дискование БДМ-4х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.			
	В ₂	Пар чистый Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Горох	Вика (Люпин)	Сидерат (Горох + люпин)
		Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см			
2	В ₁	Озимая пшеница Весенне-летний уход за чистым паром. Культивация КПИР-3,6, посев	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
	Дискование БДМ-3х4П двухкратное на 8-10; 10-12 см. предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см, посев.				
2	В ₂	Озимая пшеница Весенне-летний уход за чистым паром. Культивация КПИР-3,6, посев	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
	Дискование БДМ-4х4П двухкратное на 8-10; 10-12 см. предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см, посев.				
3	В ₁	Яровая пшеница Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + кострец Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + люцерна Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + мн. Травы Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см
	В ₂	Яровая пшеница Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + кострец Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + люцерна Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + мн. Травы Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см
4	В ₁	Горох Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см	Кострец 1-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 1-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 1-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0
	В ₂	Горох Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Кострец 1-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 1-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 1-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0
5	В ₁	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см	Кострец 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 2-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0
	В ₂	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Кострец 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 2-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Ранневесеннее боронование БЗСС-1,0
6	В ₁	Яровая пшеница Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 25-27 см		
	В ₂	Яровая пшеница Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница
Дискование БДМ-3х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см					

Системы удобрений в экспериментальных севооборотах (в период 2002 - 2008 гг. – первая ротация)

Номер полей и схемы севооборотов	Планируемая урожайность зерна, ц/га	Сбор кормовых единиц, тыс. к.ед./га	Система удобрений							
			Навоз + NPK				Солома + NPK			
			навоз, т/га	минер.удобрения кг дв./га			солома, т/га	минер.удобрения кг дв./га		
				N	P	K		N	P	K
Зернопаровой										
1. Пар чистый	-	-	40/10				3			
2. Озимая пшеница	35	4,31		43	20	20		59	20	20
3. Яровая пшеница	30	3,69		23	20	20	3,5	18	20	20
4. Горох	25	2,98			20	20	3		20	20
5. Яровая пшеница	30	3,69		45	20	20	2,5	35	20	20
6. Яровая пшеница	30	3,69		45	20	20	3	31	20	20
В среднем на 1 га	30	3,06	6,6/1,7	26	16,7	16,7	2,5	23,8	16,7	16,7
Зернотравяной с кострцом										
1. Горох	25	2,98	40/10		20	20	3		20	20
2. Озимая пшеница	30	3,69		25	20	20	2	37	20	20
3. Яровая пшеница + кострец	25	3,08		16	20	20	3	14	20	20
4. Кострец	250	5,00		23				43		
5. Кострец	250	5,00		43				43		
6. Яровая пшеница	30	3,69		45	20	20		45	20	20
В среднем на 1 га	27,5	3,41	6,6/1,7	25,3	13,3	13,3	1,3	30,3	13,3	13,3
Зернотравяной с люцерной										
1. Вика	15	1,79	40/10		20	20	3		20	20
2. Озимая пшеница	30	3,69		25	20	20	2	37	20	20
3. Яровая пшеница + люцерна	25	3,08		16	20	20	3	14	20	20
4. Люцерна	250	4,25								
5. Люцерна	250	4,25								
6. Яровая пшеница	30	3,69		45	20	20		45	20	20
В среднем на 1 га	25	3,16	6,6/1,7	14,3	13,3	13,3	1,3	16,0	13,3	13,3
Сидеральный										
1. Вика-овес (сидерат)	200	3,08			20	20	3		20	20
2. Озимая пшеница	30	4,25	20/5	32,5	20	20	20/5	28,5	20	20
3. Яровая пшеница +эспарцет	25	4,25		22,5	20	20	3	12,5	20	20
4. Эспарцет	250	3,69								
5. Эспарцет	250	3,16								
6. Яровая пшеница	30	3,07		45	20	20		45	20	20
В среднем на 1 га	28,3	3,08	3,3/0,8	16,7	13,3	13,3	3,3/1	14,3	13,3	13,3

Система удобрения в экспериментальных севооборотах
(в период 2009-2015 гг. - вторая ротация)

Севооборот	Культура	1 фон солома + NPK			2 фон солома + NPK		
		Планируемая урожайность, т/га	Продуктивность тыс. к.ед.	Дозы минеральных удобрений	Планируемая урожайность, т/га	Продуктивность тыс. к.ед.	Дозы минеральных удобрений
Зернопаровой	Пар чистый	-	-	-	-	-	-
	Озимая пшеница	3,5	4,31	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,5	5,54	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Горох	2,5	2,98	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	3,0	3,57	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	В среднем	-	3,06	N₂₂P₂₃K₂₃	-	3,98	N₄₃P₃₅K₃₅
Зерноотравной с кострцом	Горох	2,5	2,98	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	3,0	3,57	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Озимая пшеница	3,5	4,31	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,5	5,54	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Кострец на з.м.	25,0	5,00	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	6,00	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
	Кострец на з.м.	25,0	5,00	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	6,00	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	В среднем	-	4,11	N₂₇P₂₇K₂₇	-	5,16	N₅₃P₃₃K₃₃
Зерноотравной с кострцом	Люпин	2,5	2,98	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	3,0	3,57	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Озимая пшеница	3,5	4,31	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,5	5,54	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Люцерна на з.м.	25,0	4,25	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	5,10	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Люцерна на з.м.	25,0	4,25	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	5,10	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	В среднем	-	3,86	N₂₀P₂₅K₂₅	-	4,86	N₄₀P₃₈K₃₈
Зерноотравной с люцерной	Люпин + горох	2,5	2,98	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	3,0	3,57	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Озимая пшеница	3,5	4,31	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,5	5,54	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	Л + К	25,0	4,75	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	5,70	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Л + К	25,0	4,75	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	30,0	5,70	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀
	Яровая пшеница	3,0	3,69	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,0	4,92	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅
	В среднем	-	4,03	N₂₀P₂₅K₂₅	-	5,06	N₄₀P₃₈K₃₈

Результаты дисперсионного анализа урожайных данных зерновых бобовых культур (вклад факторов в формирование урожайности), %

Год изучения	Факторы дисперсии				
	Обработка поч- вы	Удобрения	Взаимодействие удобрений	Повторения	Остаток
Горох (4 поле, I севооборот)					
2005	42,2	12,6	0,6	22,5	22,1
2006	69,3	13,0	1,7	7,2	8,8
2007	63,3	6,8	0,1	22,3	7,5
2008	93,0	1,8	0,4	0,2	4,6
Среднее	67,0	8,6	0,7	13,1	10,8
Горох (1 поле, II севооборот)					
2005	45,7	0,0	10,0	3,9	40,3
2006	66,8	12,1	0,4	1,4	19,4
2007	67,4	4,4	0,1	4,6	23,4
2008	91,8	1,6	0,0	6,2	0,5
Среднее	67,9	4,5	2,6	4,0	20,9
Вика (1 поле, III севооборот)					
2005	10,1	32,8	0,2	31,8	25,0
2006	88,7	3,6	2,2	1,0	4,5
2007	60,3	0,7	0,2	18,8	20,0
2008	90,2	0,4	0,3	0,0	9,0
Среднее	62,3	9,4	0,7	12,9	14,6
Вика + овес на сидерат (1 поле, IV севооборот)					
2005	62,1	12,8	0,5	21,5	3,1
2006	59,0	21,3	0,3	0,3	19,1
2007	42,7	18,4	1,3	14,1	23,5
2008	82,1	6,1	1,3	3,6	7
Среднее	61,5	14,7	0,9	9,9	13,2
Горох (4 поле, I севооборот)					
2012	41,7	32,9	0,3	17,7	7,5
2013	38,0	22,6	13,9	8,4	17,2
2014	40,7	31,3	0,1	19,9	8,0
2015	28,1	15,1	0,1	0,6	56,1
Среднее	37,1	25,5	3,6	11,7	22,2
Горох (1 поле, II севооборот)					
2012	45,9	39,8	0,0	3,3	11,0
2013	70,6	12,6	0,0	5,1	11,8
2014	33,2	36,2	1,1	12,7	16,8
2015	60,2	25,7	1,4	1,5	11,1
Среднее	52,5	28,6	0,6	5,7	12,7
Люпин (4 поле, I севооборот)					
2012	33,6	55,8	2,3	0,9	7,4
2013	45,8	24,3	1,3	6,5	22,1
2014	50,8	25,4	3,3	4,1	16,3
2015	8,30	25,4	0,2	12,5	53,6
Среднее	34,6	32,7	1,8	6,0	24,9
Горох + люпин (4 поле, I севооборот)					
2012	32,6	52,4	0,0	8,0	7,1
2013	42,5	18,0	2,3	12,5	24,7
2014	21,7	58,0	0,0	3,8	16,5
2015	47,3	12,1	0,0	9,7	30,9
Среднее	36,0	35,1	0,6	8,5	19,8

Результаты дисперсионного анализа урожайности озимой пшеницы (вклад факторов в ее формирование), %

Год изучения	Факторы дисперсии					
	Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Взаимодействие факторов	Повторения	Остаток
Первая ротация севооборотов						
2005	46,2	6,5	21,2	15,4	4,8	5,9
2006	80,8	3,9	2,4	1,3	2,2	9,5
2007	48,0	3,6	2,3	5,2	0,1	40,9
2008	91,3	1,8	0,0	0,3	2,0	4,4
Среднее	66,6	4,0	6,5	5,6	2,3	15,2
Вторая ротация севооборотов						
2012	84,7	1,8	9,7	0,7	0,6	2,6
2013	48,5	0,6	33,7	0,6	0,0	16,5
2014	70,9	9,7	12,0	2,6	0,7	4,6
2015	97,7	0,5	0,7	0,0	0,1	0,9
Среднее	75,5	3,2	14,0	1,0	0,3	6,0

Результаты дисперсионного анализа урожайности яровой пшеницы (вклад факторов в ее формирование), %

Год изучения	Факторы дисперсии					
	Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Взаимодействие факторов	Повторения	Остаток
3 поле севооборотов						
Первая ротация севооборотов						
2005	7,5	72,6	4,8	3,8	0,9	10,0
2006	5,6	86,7	0,1	0,5	0,3	6,8
2007	1,5	72,8	2,8	4,3	1,0	17,7
2008	5,0	87,4	0,6	1,0	0,2	5,8
Среднее	4,9	79,9	2,1	2,4	0,6	10,1
Вторая ротация севооборотов						
2012	9,3	12,3	70,0	1,2	1,3	5,9
2013	4,4	41,3	38,4	1,0	0,4	14,5
2014	31,7	33,8	14,5	1,1	10,6	8,4
2015	10,3	3,5	3,0	20,6	4,5	
Среднее	13,9	22,7	31,5	6,0	4,2	9,6
5-6 поля севооборотов						
Первая ротация севооборотов						
2005	51,9	26,1	0,1	6,4	1,0	14,6
2006	92,0	6,4	0,1	0,4	0,1	1,0
2007	73,4	15,1	0,5	3,4	0,6	7,0
2008	87,4	11,0	0,0	0,4	0,4	0,8
Среднее	76,2	14,7	0,2	2,7	0,5	5,9
Вторая ротация севооборотов						
2012	61,9	4,2	28,5	0,2	1,2	4,0
2013	36,2	11,0	34,8	4,9	0,6	12,6
2014	86,3	4,9	5,1	1,6	0,9	1,3
2015	90,9	3,0	1,6	0,7	0,3	3,4
Среднее	68,8	5,8	17,5	1,9	0,8	5,3

Пораженность корневыми гнилями посевов яровой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах (в период первой ротации, 2006 - 2008 гг.)

Севооборот (фактор А)	Предшественник	Система обработки почвы (В)	Удобрения (фактор С)	Больных растений, %			Развитие болезни, %		
				По фактору С	По фактору В	По фактору А	По фактору С	По фактору В	По фактору А
I	Горох	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	18,0	16,6	18,9	9,9	11,0	11,5
			C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	15,2			12,0		
		В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	20,1	21,3		12,0		
			C + N ₃₅ P ₂₀ K ₂₀	22,4			11,9		
I	Яровая пшеница	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	37,8	43,0	45,1	14,0	17,8	19,0
			C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	48,2			21,5		
		В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	41,1	47,3		16,6		
			C + N ₃₁ P ₂₀ K ₂₀	53,4			24,0		
II	Кострец	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	30,4	28,6	29,4	11,1	13,1	12,6
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	26,8			15,0		
		В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	28,6	30,1		11,0		
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	31,6			13,3		
III	Люцерна	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	14,6	15,7	16,0	9,8	9,9	9,7
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	16,8			10,0		
		В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	17,0	16,2		8,0		
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	15,4			11,0		
IV	Эспарцет	В ₁	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	24,0	23,1	23,6	8,9	7,5	7,5
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	22,2			6,0		
		В ₂	N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	21,6	24,1		8,0		
			N ₄₅ P ₂₀ K ₂₀	26,6			6,9		

Урожайность многолетних трав в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах, т/га
(2006-2008 гг.)

Культура	Система обработки почвы	Система удобрений	I укос		II укос		За два укоса		
			Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Доля 2 укоса, %
Второй год жизни									
Кострец	В ₁	Навоз+NPK	13,31	3,59	7,57	2,02	20,94	5,61	36,0
		Солома+NPK	14,91	4,03	7,87	2,09	22,78	6,12	34,2
	В ₂	Навоз+NPK	12,23	3,30	6,98	1,86	19,21	5,16	36,0
		Солома+NPK	13,52	3,65	7,17	1,91	20,70	5,56	34,4
Люцерна	В ₁	Навоз+NPK	17,34	4,05	10,74	2,37	26,97	6,42	36,9
		Солома+NPK	18,94	4,15	11,11	2,44	30,05	6,60	37,0
	В ₂	Навоз+NPK	15,19	3,74	9,76	2,25	24,96	5,99	37,6
		Солома+NPK	15,90	3,85	9,86	2,27	25,76	6,11	37,2
Эспарцет	В ₁	Сидерат+NPK	19,96	4,84	5,91	1,86	25,87	6,70	27,8
		С+С+NPK	21,43	5,15	5,93	1,85	27,36	7,00	26,4
	В ₂	Сидерат+NPK	19,56	4,42	5,54	1,64	25,10	6,06	27,1
		С+С+NPK	20,99	4,48	5,41	1,62	26,40	6,09	26,6
Третий год жизни									
Кострец	В ₁	Навоз+NPK	16,14	5,11	8,06	2,40	24,21	7,51	32,0
		Солома+NPK	17,83	5,66	8,54	2,55	26,37	8,21	31,1
	В ₂	Навоз+NPK	15,13	4,38	7,27	2,07	22,40	6,45	32,1
		Солома+NPK	16,34	5,00	7,60	2,16	23,94	7,15	30,2
Люцерна	В ₁	Навоз+NPK	22,98	5,19	11,62	2,38	34,60	7,57	31,4
		Солома+NPK	24,80	5,93	12,43	2,56	36,72	8,50	30,1
	В ₂	Навоз+NPK	19,93	5,03	10,37	2,19	30,30	7,21	30,4
		Солома+NPK	22,04	5,64	11,14	2,40	33,18	8,04	29,9
Эспарцет	В ₁	Сидерат+NPK	20,59	5,12	6,76	1,66	27,34	6,78	24,5
		С+С+NPK	21,49	5,34	7,09	1,74	28,57	7,08	24,6
	В ₂	Сидерат+NPK	18,81	4,69	6,43	1,58	25,24	6,27	25,2
		С+С+NPK	19,77	4,93	6,49	1,59	26,25	6,52	24,4

Урожайность многолетних трав в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в севооборотах, т/га
(2012-2015 гг.)

Культура	Система обработки почвы	Система удобрений	I укос		II укос		За два укоса		
			Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	доля 2 укоса
Второй год жизни									
Кострец	B ₁	N30P20K20	12,84	3,46	3,58	0,90	16,42	4,36	20,6
		N60P30K30	13,84	3,74	4,03	1,01	17,87	4,74	21,3
	B ₂	N30P20K20	12,20	3,29	3,07	0,77	15,27	4,06	19,0
		N60P30K30	13,06	3,53	3,50	0,88	16,56	4,40	20,0
Люцерна	B ₁	N10P20K20	12,88	3,22	4,95	1,19	17,83	4,41	27,0
		N20P30K30	13,82	3,45	5,56	1,34	19,38	4,79	28,0
	B ₂	N10P20K20	11,87	2,97	4,35	1,04	16,22	4,01	25,9
		N20P30K30	12,81	3,20	4,89	1,17	17,69	4,37	26,8
Кострец + люцерна	B ₁	N10P20K20	13,12	3,41	4,79	1,18	17,92	4,59	25,7
		N20P30K30	14,03	3,65	5,13	1,26	19,16	4,91	25,7
	B ₂	N10P20K20	12,02	3,13	4,36	1,07	16,38	4,20	25,5
		N20P30K30	12,83	3,34	4,58	1,12	17,41	4,46	25,1
Третий год жизни									
Кострец	B ₁	N30P20K20	15,47	4,17	3,57	0,88	19,04	5,05	17,4
		N60P30K30	16,69	4,51	3,74	0,94	20,43	5,44	17,3
	B ₂	N30P20K20	14,46	3,91	3,24	0,81	17,70	4,72	17,2
		N60P30K30	15,58	4,21	3,43	0,85	19,01	5,06	16,8
Люцерна	B ₁	N10P20K20	14,33	3,58	4,76	1,14	19,09	4,72	24,2
		N20P30K30	15,27	3,82	5,00	1,20	20,27	5,02	23,9
	B ₂	N10P20K20	13,52	3,38	3,43	0,82	16,95	4,20	19,5
		N20P30K30	14,18	3,55	4,03	0,93	18,21	4,48	20,8
Кострец + люцерна	B ₁	N10P20K20	14,34	3,73	4,42	1,08	18,76	4,81	22,5
		N20P30K30	15,35	3,99	4,68	1,15	20,02	5,14	22,4
	B ₂	N10P20K20	13,74	3,59	3,88	0,95	17,62	4,54	20,9
		N20P30K30	14,45	3,75	4,15	1,02	18,60	4,77	21,4

Результаты дисперсионного анализа урожайности сухого вещества
многолетних трав (вклад факторов в ее формирование), %

Год изучения	Факторы дисперсии					
	Культура	Обработка почвы	Удобрения	Взаимодействие факторов	Повторения	Остаток
Первая ротация севооборотов						
1 года пользования						
2006	83,6	3,1	1,7	5,1	3,0	3,5
2007	36,2	11,0	34,8	4,9	4,1	9,0
2008	43,3	15,8	20,0	8,2	3,2	9,5
Среднее	54,4	10,0	18,8	6,1	3,4	7,3
2 года пользования						
2006	84,9	4	4,8	2,1	2,1	2,1
2007	23,3	44,7	23,2	2,7	1,0	5,1
2008	72,9	11,1	4,9	4,3	2,8	4
Среднее	60,4	19,9	11,0	3,0	2,0	3,7
Вторая ротация севооборотов						
1 года пользования						
2012	76,8	7,2	9,8	1,2	0,0	4,9
2013	43,7	10,7	29,7	3,7	0,5	11,8
2014	32,3	40,2	19,5	1,8	0,9	5,3
2015	23,0	39,5	21,2	3,4	4,6	8,3
Среднее	44,0	24,4	20,1	2,5	1,5	7,6
2 года пользования						
2012	93,6	1,1	2,4	0,2	0,5	2,2
2013	52,2	9,3	20,3	2,8	1,9	13,5
2014	1,1	75,4	12,6	4,8	0,5	5,6
2015	30,7	26,6	16,9	2,9	7,4	15,4
Среднее	44,4	28,1	13,1	2,7	2,6	9,2

Урожайность многолетних трав в простых и сложных агрофитоценозах в
2005 – 2006 г., т/га

вариант	Вариант	% от нормы высева	Второй год жизни		Третий год жизни	Сред- нее
			2005 г.	2006 г	2006 г	
1	Кострец	100	<u>25,64</u>	<u>19,75</u>	<u>23,08</u>	<u>22,82</u>
			6,89	5,18	6,27	6,09
2	Люцерна	100	<u>34,3</u>	<u>22,65</u>	<u>26,31</u>	<u>27,75</u>
			7,71	5,08	6,31	6,37
3	Эспарцет	100	<u>22,13</u>	<u>18,84</u>	<u>22,43</u>	<u>21,13</u>
			5,12	4,34	5,61	5,02
4	Кострец + люцерна	50+50	<u>33,6</u>	<u>21,57</u>	<u>23,72</u>	<u>27,32</u>
			8,31	5,25	6,8	6,79
5	Кострец + эспарцет	50+50	<u>21,88</u>	<u>16,99</u>	<u>24,79</u>	<u>21,22</u>
			5,09	3,95	6,49	5,18
6	Люцерна + эспарцет	50+50	<u>33,4</u>	<u>20,29</u>	<u>26,88</u>	<u>26,86</u>
			7,35	4,47	6,56	6,13
7	Кострец + люцерна +эспарцет	50+25+25	<u>32,54</u>	<u>20,96</u>	<u>25,34</u>	<u>26,28</u>
			7,35	4,72	6,5	6,19
8	Люцерна +кострец + эспарцет	50+25+25	<u>32,62</u>	<u>20,04</u>	<u>26,18</u>	<u>26,28</u>
			7,30	4,49	6,55	6,11
9	Эспарцет +люцерна +кострец	50+25+25	<u>30,64</u>	<u>20,49</u>	<u>24,98</u>	<u>25,37</u>
			6,87	4,59	6,31	5,92
	НСР ₀₅		1,91/0,46	1,63/0,37	0,94/0,25	

над чертой – зеленая масса; под чертой – сухая масса

Динамика засоренности посевов сельскохозяйственных культур в севооборотах, 2005 - 2008 гг. (первая ротация севооборотов)

№ п/п	Севооборот	Чистый пар, занятый пар	Озимая пше- ница	Яровая пше- ница	Горох, мно- голетние травы	Яровая пшени- ца, многолет- ние травы	Яровая пшеница	По севообо- роту
В период кущения зерновых, перед 1 укосом многолетних трав								
I	Зернопаровой	<u>10,2</u> 5,8	<u>24,8</u> 11,5	<u>25,1</u> 0,5	<u>32,3</u> 1,9	<u>22,5</u> 5,8	<u>26,6</u> 1,5	<u>23,6</u> 4,5
II	Зернотравяной с кострцом	<u>11,7</u> 5,8	<u>33,2</u> 15,4	<u>45,3</u> 2,3	<u>52,5</u> 6,0	<u>4,7</u> 13,4	<u>20,0</u> 4,6	<u>27,9</u> 8,0
III	Зернотравяной с люцерной	<u>13,9</u> 5,6	<u>31,4</u> 14,4	<u>39,2</u> 0,9	<u>47,3</u> 8,6	<u>4,7</u> 14,6	<u>39,3</u> 8,7	<u>28,6</u> 8,8
IV	Зернотравяной с эспарцетом	<u>12,6</u> 4,9	<u>33,6</u> 16,2	<u>50,3</u> 1,4	<u>48,3</u> 8,8	<u>38,4</u> 42,0	<u>39,3</u> 8,9	<u>37,1</u> 13,7
Перед уборкой культур, перед 2 укосом многолетних трав								
I	Зернопаровой	<u>13,3</u> 23,3	<u>10,6</u> 15,1	<u>30,6</u> 22,5	<u>27,4</u> 44,8	<u>22,6</u> 38,3	<u>28,3</u> 42,5	<u>22,1</u> 31,1
II	Зернотравяной с кострцом	<u>15,4</u> 23,1	<u>17,4</u> 24,6	<u>44,3</u> 54,4	<u>32,5</u> 43,0	<u>1,8</u> 5,5	<u>26,9</u> 25,4	<u>23,0</u> 29,4
III	Зернотравяной с люцерной	<u>17,1</u> 22,5	<u>16,0</u> 21,7	<u>33,4</u> 41,5	<u>31,4</u> 34,2	<u>4,5</u> 9,6	<u>30,3</u> 30,8	<u>22,1</u> 26,7
IV	Зернотравяной с эспарцетом	<u>15,4</u> 19,4	<u>13,2</u> 18,6	<u>56,5</u> 46,6	<u>25,8</u> 27,2	<u>68,0</u> 95,6	<u>36,9</u> 34,6	<u>36,0</u> 40,4

Над чертой – количество сорняков шт./м²; под чертой масса сорняков г/м²

Динамика засоренности посевов сельскохозяйственных культур в севооборотах, 2012-2015 гг.

(вторая ротация севооборотов)

№ п/п	Севооборот	Чистый пар, занятый пар	Озимая пше- ница	Яровая пше- ница	Горох, мно- голетние травы	Яровая пшени- ца, многолет- ние травы	Яровая пшеница	По севообо- роту
В период кушения зерновых, перед 1 укосом многолетних трав								
I	Зернопаровой	<u>15,2</u> 3,6	<u>17,5</u> 14,6	<u>16,0</u> 2,2	<u>25,1</u> 7,3	<u>28,7</u> 9,2	<u>20,6</u> 2,3	<u>20,2</u> 6,4
II	Зернотравяной с кострцом	<u>21,1</u> 9,0	<u>23,4</u> 19,7	<u>18,5</u> 2,4	<u>22,7</u> 3,0	<u>5,3</u> 19,3	<u>19,0</u> 1,8	<u>18,3</u> 9,2
III	Зернотравяной с люцерной	<u>31,4</u> 13,6	<u>22,6</u> 19,8	<u>18,5</u> 2,0	<u>22,6</u> 4,2	<u>4,4</u> 21,1	<u>35,3</u> 9,9	<u>20,8</u> 11,8
IV	Зернотравяной с травосмесью	<u>17,3</u> 6,9	<u>23,2</u> 20,9	<u>16,9</u> 2,0	<u>15,5</u> 4,1	<u>3,5</u> 12,7	<u>36,5</u> 10,3	<u>16,8</u> 9,5
Перед уборкой культур, перед 2 укосом многолетних трав								
I	Зернопаровой	<u>21,5</u> 15,3	<u>11,4</u> 10,6	<u>28,9</u> 22,5	<u>22,8</u> 32,4	<u>20,5</u> 23,9	<u>24,5</u> 36,9	<u>21,6</u> 23,6
II	Зернотравяной с кострцом	<u>22,1</u> 17,8	<u>15,7</u> 15,4	<u>38,7</u> 48,9	<u>18,2</u> 19,7	<u>2,3</u> 8,1	<u>15,8</u> 14,1	<u>18,8</u> 20,7
III	Зернотравяной с люцерной	<u>29,3</u> 26,5	<u>15,7</u> 15,0	<u>35,7</u> 39,7	<u>16,2</u> 17,5	<u>6,9</u> 13,4	<u>22,9</u> 22,6	<u>21,1</u> 22,4
IV	Зернотравяной с травосмесью	<u>18,2</u> 13,7	<u>16,6</u> 15,8	<u>35,0</u> 38,6	<u>16,4</u> 20,5	<u>2,0</u> 6,5	<u>17,3</u> 18,0	<u>17,6</u> 18,8

Над чертой – количество сорняков шт/м²; под чертой масса сорняков г/м²

Динамика засоренности посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки почвы (период
кущения зерновых культур, перед вторым укосом многолетних трав)

Основная обработка почвы	Чистый пар, занятый пар	Озимая пше- ница	Яровая пше- ница	Горох, мно- голетние травы	Яровая пшени- ца, многолетние травы	Яровая пше- ница	По севообо- роту
За 2005 - 2008 гг. (первая ротация)							
Комбинированная	<u>9,8</u> 4,8	<u>29,3</u> 13,4	<u>30,3</u> 1,1	<u>41,1</u> 6,5	<u>16,0</u> 17,2	<u>27,6</u> 5,7	<u>25,8</u> 8,1
Минимальная	<u>14,5</u> 6,3	<u>32,2</u> 15,4	<u>49,6</u> 1,5	<u>49,1</u> 6,2	<u>19,1</u> 20,7	<u>32,7</u> 6,3	<u>32,9</u> 9,4
За 2012 - 2015 гг. (вторая ротация)							
Комбинированная	<u>18,1</u> 7,2	<u>19,8</u> 17,4	<u>15,1</u> 1,6	<u>19,2</u> 3,9	<u>8,8</u> 13,3	<u>18,0</u> 5,8	<u>16,5</u> 8,2
Минимальная	<u>24,4</u> 9,4	<u>23,6</u> 20,1	<u>18,8</u> 2,1	<u>23,7</u> 5,4	<u>12,2</u> 17,8	<u>26,5</u> 6,4	<u>21,7</u> 10,2
В среднем за 2 ротации							
Комбинированная	<u>14,0</u> 6,0	<u>24,6</u> 15,4	<u>22,6</u> 1,4	<u>30,2</u> 5,2	<u>12,4</u> 15,2	<u>22,8</u> 5,8	<u>21,2</u> 8,2
Минимальная	<u>19,5</u> 7,8	<u>27,9</u> 17,8	<u>34,3</u> 1,8	<u>36,4</u> 5,8	<u>15,6</u> 19,2	<u>29,6</u> 6,4	<u>27,3</u> 9,8

Динамика засоренности посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки почвы
(перед уборкой культур, перед вторым укосом многолетних трав)

Основная обработка почвы	Чистый пар, занятый пар	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Горох, многолетние травы	Яровая пшеница, многолетние травы	Яровая пшеница	По севообороту
За 2006 - 2008 гг. (первая ротация)							
Комбинированная	<u>12,5</u>	<u>12,9</u>	<u>33,6</u>	<u>26,1</u>	<u>22,8</u>	<u>25,4</u>	<u>22,2</u>
	19,2	13,3	31,9	29,5	34,4	27,4	26,0
Минимальная	<u>18,1</u>	<u>15,7</u>	<u>48,7</u>	<u>32,5</u>	<u>25,7</u>	<u>35,7</u>	<u>29,4</u>
	24,9	26,8	50,6	45,1	40,1	39,3	37,8
За 2012 - 2015 гг. (вторая ротация)							
Комбинированная	<u>18,7</u>	<u>13,4</u>	<u>31,4</u>	<u>14,5</u>	<u>6,8</u>	<u>14,9</u>	<u>16,6</u>
	14,7	12,7	32,7	18,8	11,5	19,8	18,4
Минимальная	<u>26,8</u>	<u>16,3</u>	<u>37,8</u>	<u>22,3</u>	<u>9,1</u>	<u>25,3</u>	<u>22,9</u>
	21,9	15,7	42,2	26,2	14,4	26,0	24,4
В среднем за 2 ротации							
Комбинированная	<u>15,6</u>	<u>13,2</u>	<u>32,5</u>	<u>20,3</u>	<u>14,8</u>	<u>20,2</u>	<u>19,4</u>
	17,0	13,0	32,3	24,2	22,8	23,6	22,2
Минимальная	<u>22,4</u>	<u>16,0</u>	<u>43,3</u>	<u>27,4</u>	<u>17,4</u>	<u>30,5</u>	<u>26,2</u>
	23,4	21,2	46,4	35,6	27,2	32,7	31,1

Результаты дисперсионного анализа данным по выходу кормовых единиц
(вклад факторов в формирование продуктивности севооборотов), %

Год изучения	Факторы дисперсии					
	Севооборот	Обработка почвы	Удобрения	Взаимодействие факторов	Повторения	Остаток
Первая ротация севооборотов						
2006	91,2	7,1	0,3	0,9	0,0	0,6
2007	86,5	8,9	1,3	0,9	0,2	2,2
2008	49,7	42,1	2,2	5,1	0,2	0,7
Среднее	75,8	19,4	1,3	2,3	0,1	1,2
Вторая ротация севооборотов						
2012	32,5	14,0	51,4	0,1	0,0	1,8
2013	71,9	7,3	17,2	0,5	0,2	2,9
2014	7,2	54,8	31,4	1,8	3,1	1,8
2015	77,0	12,3	7,3	0,4	0,5	2,4
Среднее	47,2	22,1	26,8	0,7	1,0	2,2

Модели оптимизации биологизированных севооборотов и их обоснование по эколого-экономическим критериям

Звено, севооборот	Рекомендуемая обработка почвы	Фоны удобрения	Урожайность, выход зерна, т/га	Выход к.ед., тыс./га	Условно чистый доход, тыс./руб.	Воспроизводство плодородия почвы
Уровень: звенья						
Чистый пар - озимая пшеница	Комбинированная в севообороте. Под культуру минимальная	навоз + NPK	3,9 - 4,0	-	6,0 – 8,2	навоз, ПКО
		солома + NPK	3,7 – 4,6	-	11,7 – 18,0	солома, ПКО
Занятый пар – озимая пшеница	Дискование двухкратное на 8-10 и 10-12 см, предпосевная культивация	солома + NPK	3,4 - 3,8	-	8,9 - 14,9	солома, ПКО
Сидерат – озимая пшеница	Дискование двухкратное на 8-10 и 10-12 см, предпосевная культивация	сидерат + солома + NPK	3,3 - 3,4	-	6,3 - 8,8	сидерат, солома, ПКО
Яровая пшеница после озимой пшеницы (чистый пар)	1 вариант: дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см 2 вариант: дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см	солома + NPK	2,6 - 3,2	-	6,0 - 8,3	солома, ПКО
Яровая пшеница после озимой пшеницы (занятые пары)	Дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см.	солома + NPK	2,7 - 3,1	-	7,0 - 9,8	солома, ПКО
Яровая пшеница после озимой пшеницы (сидер. пару)	Дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см.	солома + NPK	2,5 - 3,0	-	5,2 - 7,9	сидерат, солома, ПКО
Яровая пшеница после гороха	1 вариант: дискование на 10-12 см + безотвальное рыхление на 20-22 см 2 вариант: дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см	солома + NPK	2,9 - 3,3	-		солома, ПКО
Яровая пшеница по пласту многолетних бобовых трав	Дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см.	солома + NPK	2,5 – 2,9	-	5,1 – 9,0	солома, ПКО

Звено, севооборот	Рекомендуемая обработка почвы	Фоны удобрения	Урожайность, выход зерна, т/га	Выход к.ед., тыс./га	Условно чистый доход, тыс./руб.	Воспроизводство плодородия почвы
и травосмеси						
Люпин и смесь люпин + горох после яровой пшеницы	Комбинированная в севообороте. Под культуру - дискование на 10-12 см + безотвальное рыхление на 20-22 см	солома + NPK или солома + PK	2,0 – 2,2	3,0 - 3,5	13,0 – 22,0	солома, ПКО
Горох и вика после яровой пшеницы	Комбинированная в севообороте. Под культуру - дискование на 10-12 см + безотвальное рыхление на 20-22 см	солома + NPK или солома + PK	1,9 - 2,5	2,5 - 3,5	3,7 – 8,2	солома, ПКО
Кострец 2 годов пользования	Комбинированная в севообороте. Под культуру - дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см	солома + NPK	-	9,5 – 10,4	20,9 – 30,3	солома, ПКО
Бобовые травы и бобово-злаковая смесь 2 годов пользования (люцерна + коострец)	Комбинированная в севообороте. Под культуру - дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см	солома + PK	-	8,0 – 14,2	23,8 - 50,0	солома, ПКО
Уровень: севооборот						
6-польный зернопаровой	Комбинированная (вспашка 1 раз за ротацию на 20-22 см)	навоз + NPK	2,4	3,0 - 3,1	5,0 - 5,2	навоз, ПКО
		солома + NPK; сидерат + солома + NPK	2,4	3,0 - 3,4	7,5 - 8,5	сидерат, солома, ПКО
6-польный зернотравяной с бобовыми травами или травосмесью	Комбинированная (вспашка 2 раза за ротацию на 20-22 и 25-27 см)	солома + NPK; сидерат + солома + NPK	1,7 - 1,9	3,5 - 5,0	11,1 – 19,0	сидерат, солома, ПКО

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2634353

СПОСОБ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА НА ЗЕРНО

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина" (RU)*

Авторы: *Тойгильдин Александр Леонидович (RU), Подсевалов Михаил Ильич (RU), Аюпов Денис Энисович (RU)*

Заявка № 2016148349
 Приоритет изобретения 08 декабря 2016 г.
 Дата государственной регистрации в
 Государственном реестре изобретений
 Российской Федерации 26 октября 2017 г.
 Срок действия исключительного права
 на изобретение истекает 08 декабря 2036 г.

Руководитель Федеральной службы
 по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



<p>«УТВЕРЖДАЮ» Первый проректор – проректор по научной работе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ доктор с.-х. наук, профессор <i>В.А. Исaiчев</i> «20_»августа 2017 г.</p> 	<p>«УТВЕРЖДАЮ» Генеральный директор ООО «Восток» Новомалыклинского района Ульяновской области <i>А.Г. Богданов</i> «20»августа 2017 г.</p> 
--	---

АКТ внедрения

научно исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представитель федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет» Тойгильдин Александр Леонидович с одной стороны и представитель ООО «Восток» Новомалыклинского района Ульяновской области генеральный директор Богданов Альберт Геннадьевич составили настоящий акт в том, что в период с 2015 г. по октябрь 2017 г. (в рамках хозяйственного договора № от 15-54 от 20 октября 2015 гг.) сотрудником Ульяновского ГАУ Тойгильдиным А.Л. в ООО «Восток» внедрена следующая научно – технологическая разработка: Разработка и обоснование системы защиты полевых культур от засоренности (внедрение звеньев севооборотов и обоснование системы основной обработки почвы).

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Проведено обследование полей и рабочих участков севооборотов на засоренность. Выявлен видовой состав сорнополевых растений по ботаническим классам, биологическим группам и типам засоренности. Проведен количественный учет сорняков. Составлена карта засоренности полей для обоснования мер подавления сорных растений. Обоснованы звенья севооборотов и обработка почвы направленных на снижение засоренности посевов и повышение продуктивности пашни.

2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым, исходным вариантом:

Видовой состав сорного компонента агрофитоценозов представлен 37 видами, в т.ч. 10 видов - многолетние сорняки (корнеотпрысковые – 7 вида, корневищные – 2 вида, стержнекорневой – 1 вид), однолетних однодольных – 5 видов, из них просовидных 2, щетинники – 2 вида и овсюг, однолетних двудольных – 21 вид. Значительная часть площади ООО «Восток» имеет сильную степень засоренности корнеотпрысковыми сорняками, одна из причин преобладания этой группы - нарушение технологии зяблевого комплекса обработки почвы.

Обосновано и внедрены зерновые звенья севооборотов с бобовыми культурами. Для снижения засоренности овсюгом и корнеотпрысковыми сорняками рекомендовано частичная замена звена чистый пар – озимая пшеницы – яровая пшеница на звено люпин – озимая пшеница – яровая пшеница. Взамен ежегодной отвальной вспашки внедрена следующая схема основной обработки почвы: 1) под чистый пар дискование и проведение безотвальной вспашки на 20-22 см 2) под озимую пшеницу поверхностная обработка почвы 3) под гречиху двукратное дискование на 8-10 см и 10-12 см с последующей вспашкой на 20-22 см. Рекомендована интегрированная система защиты растений: за сет севооборота, основной обработки почвы и применения гербицидов.

Внедрение рекомендаций позволило снизить засоренность малолетними и корнеотпрысковыми сорняками на 54% и повысить урожайность озимой пшеницы на 23 % (с

34,2 ц/га до 42, 1 ц/га, зерно 3 класса качества), урожайность яровой пшеницы возросла с 23,4 ц/га до 32, 6 ц/га (зерно 3 класса качества), получен дополнительный урожай люпина 22,1 ц/га.

3. Согласно методике МСХ РФ экономическая эффективность (в рублях) составила по формуле: $\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П$

Ун, Ук – урожайность нового и контрольного вариантов, ц/га.

Сн, Ск – стоимость 1 т продукции нового и контрольного вариантов, руб.

Зд – дополнительные производственные затраты в новом варианте, руб.

П – площадь внедрения, га.

По люпину белому $\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П = (22,1 * 1400 - 11400) * 120 = 2\ 344\ 800$ руб.

По озимой пшенице $\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П = (42,1 * 700 - 34,2 * 600) * 540 = 4\ 833\ 000$ руб.

По яровой пшенице $\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П = (32,6 * 700 - 23,4 * 600) * 540 = 4\ 676\ 400$ руб.

4. Доля научной разработки в экономическом эффекте составляет 50 % т. е. 5 927 100 руб.

5. Предложение о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

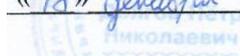
Для более полной реализации потенциала продуктивности полевых культур и повышения экономической эффективности их возделывания следует продолжить внедрение разработанных на научной основе рекомендаций по совершенствованию структуры посевных площадей, основной обработке почвы и системе защите растений от засоренности с использованием новых подходов в ресурсосбережении.

Акт составлен в 5 экземплярах.

Представители университета

Представители предприятия



<p>«УТВЕРЖДАЮ» Первый проректор – проректор по научной работе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ доктор с.-х. наук, профессор  В.А. Исайчев «18» декабря 2017 г.</p> 	<p>«УТВЕРЖДАЮ» Глава ИП (КФХ) П.Н. Долгов Цильнинского района Ульяновской области  П.Н. Долгов «18» декабря 2017 г.</p> 
--	---

АКТ внедрения

научно исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представитель федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет» Тойгильдин Александр Леонидович с одной стороны и представитель ИП (КФХ) П.Н. Долгов Цильнинского района Ульяновской области глава крестьянско-фермерского хозяйства Долгов Петр Николаевич составили настоящий акт в том, что в 2015-2016 гг. сотрудником Ульяновского ГАУ Тойгильдиным А.Л. на полях ИП (КФХ) П.Н. Долгов внедрена следующая научно – технологическая разработка: Технология возделывания смешанного посева гороха и люпина на зерно.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Способ возделывания зернобобовых культур, который включает посев гороха - Ульяновец (вегетационный период 70-91 день), и люпина узколистного **колосовидного морфотипа сорта Надежда** (вегетационный период 80-86 дней). Весной провели закрытие влаги в два следа с последующим прикатыванием. Предпосевную обработку провели на глубину 6-8 см паровым культиватором. Посев гороха провели в ранние сроки рядовым способом сеялкой с дисковыми сошниками с нормой высева 0,7 млн. шт./га (50% от нормы высева) на глубину 5-6 см. Поперек посева гороха или по диагонали высевают люпин узколистный рядовым способом на глубину 3-4 см, с нормой высева 0,6 млн. шт./га (50% от рекомендованной нормы высева). Снижение нормы высева гороха в 2 раза уменьшает угнетение растений люпина, растения люпина поддерживают растения гороха в вертикальном состоянии, предупреждая их полегание при созревании. После посева поле прикатали. По вегетирующим культурам, применили гербицид Пивот с нормой 0,5 л/га в фазу 3-5 листьев гороха. Провели десикацию и убрали прямым комбайнированием.

2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым, исходным вариантом:

При одновидовом посеве гороха его урожайность составила 1,80 т/га, а при совместных посевах гороха и люпина она возросла до 2,13 т/га. Внедрение результатов обеспечивает прибавку урожайности зерносмеси до 0,33 т/га и дополнительный сбор протеина, за счет более рационального использования света и влаги, более высокого содержания белка в урожае, меньшей засоренности посевов и снижения потерь при уборке. Посев был произведен на площади 50 га.

3. Согласно методике МСХ РФ экономическая эффективность (в рублях) составила по формуле: $\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П$

Ун, Ук – урожайность нового и контрольного вариантов, ц/га.

Сн, Ск – стоимость 1 т продукции нового и контрольного вариантов, руб.

Зд – дополнительные производственные затраты в новом варианте, руб.

П – площадь внедрения, га.

$$\Delta = (Ун * Сн - Ук * Ск - Зд) * П = (21,3 * 1200 - 34,2 * 1000 - 3000) * 50 = 628 000 \text{ руб.}$$

4. Доля научной разработки в экономическом эффекте составляет 50 % т. е. 314 000 руб.

5. Предложение о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

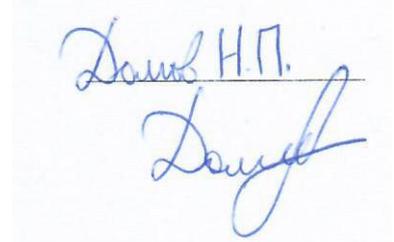
Применение данного способа возделывания гороха на зерно в смеси с люпином позволит повысить урожайность зернобобовых культур.

Акт составлен в 5 экземплярах.

Представители университет



Представители предприятия



<p>«УТВЕРЖДАЮ»</p> <p>Первый проректор – проректор по научной работе ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА доктор с.-х. наук, профессор В.А. Исайчев</p> <p>«1»июля 2017 г.</p> 	<p>«УТВЕРЖДАЮ»</p> <p>ИП Хамзин И.И. являющийся главой К(Ф)Х</p> <p>И.И. Хамзин Хамзин Ильгиз Ильдусович</p> <p>«1»июля 2017 г.</p> 
---	--

АКТ внедрения

научно исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представитель федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии имени П.А. Столыпина» Тойгильдин Александр Леонидович с одной стороны и представитель ИП Хамзин И.И. являющийся главой К(Ф)Х Цильнинского района Ульяновской области глава К(Ф)Х Хамзин Ильгиз Ильдусович составили настоящий акт в том, что в период с «20» июля 2016 г. по «01» октября 2017 г. в рамках хозяйственных работ №16-37 от 20.07.2016 гг. и № 17-23 от 03.07.2017 г. сотрудником Ульяновской ГСХА Тойгильдиным А.Л. внедрена в крестьянском (фермерском) хозяйстве ИП Хамзин И.И. следующие научно – технологические разработки:

Обоснование севооборотов, системы органоминеральных удобрения и защиты растений яровой пшеницы для повышения урожайности и качества

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

С 2014 года проведена работа по уточнению размещения культур в севообороте в целях повышения продуктивности яровой пшеницы и других культур севооборота. На основании мониторинга плодородия почв разработана органоминеральная система удобрения. Разработана система защиты растений от болезней, вредителей и сорных растений основанная на принципе плодосмена.

2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым, исходным вариантом:

По результатам 2016 года урожайность яровой пшеницы возделываемой по биологизированной системе в звене сидерат - озимая пшеница – яровая пшеница на органоминеральной системе удобрения (сидерат + солома + N₄₀P₂₀K₂₀) составила 38,9 ц/га, что выше, чем на контрольном участке на 56,5%, где была получена урожайность 22,0 ц/га. Следует отметить, что качество зерна яровой пшеницы было 3 класса, что повлияло на цену реализации. Рентабельность производства и реализации яровой пшеницы увеличена на 31,4 процентных пункта.

3. Согласно методике МСХ РФ экономическая эффективность (в рублях) составила по формуле: Э= (Ун*Сн – Ук * Ск - Зд)*П

Ун, Ук – урожайность нового и контрольного вариантов, ц/га.

Сн, Ск – стоимость 1 т продукции нового и контрольного вариантов, руб.

Зд – дополнительные производственные затраты в новом варианте, руб.

П – площадь внедрения, га.

Э= (Ун*Сн – Ук * Ск - Зд)*П = (38,9 * 800 – 22,0 * 700 - 5000) * 305 = 3 269 600 руб.

4. Доля научной разработки в экономическом эффекте составляет 60 % т. е. 1 961 760 руб.

5. Предложение о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

На основе результатов 2016 года в 2017 году было принято решение об использовании разработанной биологизированной системы возделывания яровой пшеницы на всей посевной площади хозяйства. В последующем рекомендуем использовать органоминеральную систему удобрения на всей посевной площади зерновых культур.

Акт составлен в 5 экземплярах.

Представители предприятия

Представители академии



4 days

«УТВЕРЖДАЮ» Первый проректор – проректор по научной работе ФГОУ ВО Ульяновский ГАУ доктор с.-х. наук, профессор	«УТВЕРЖДАЮ» Исполнительный директор ООО Агрофирма «Приволжье» Старомайнского района Ульяновской области
 В.А. Исайчев « 1 » сентября 2017 г.	 А.А. Асмус « 1 » сентября 2017 г.



АКТ внедрения

научно исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представитель федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет» Тойгильдин Александр Леонидович с одной стороны и представитель ООО Агрофирма «Приволжье» Старомайнского района Ульяновской области исполнительный директор Асмус Александр Анатольевич составили настоящий акт в том, что в период 2008-2017 гг. (в рамках договора о сотрудничестве) научно-производственным центром «Биологизация земледелия» (Морозов В.И., Подсевалов М.И., Тойгильдин А.Л.) в ООО Агрофирма «Приволжье» внедрена научно – обоснованная система приемов биологизации земледелия.

В период с 2008 года на полях ООО Агрофирма «Приволжье» на площади 4500 га внедрялась система приемов биологизации земледелия, подразумевающая следующие элементы

1) Модифицирована структура посевных площадей и севооборотов. На ряду с возделыванием традиционных для хозяйства зерновых культур – озимая пшеница, яровой пшеница, ячмень и овес, внедрены зернобобовые культуры (горох, соя) и крупяные культуры (гречиха, просо).

2) В производство внедрен зернопаровой севооборот: занятый пар (горох)– озимая пшеница – гречиха – яровая пшеница – соя - овес – ячмень. Севооборот построен с соблюдением принципов плодосмена и с учетом конъюнктуры рынка растениеводческой продукции. Схема позволяет реализовывать фитосанитарные и экологические функции севооборота, выдерживается интервал возврата на культур на прежнее поле. При такой структуре применяется минимальное количество пестицидов для защиты растений от вредных организмов (сорных растений, вредителей и болезней).

3) Обоснованна органоминеральная система удобрения солома + NPK. Органоминеральная система удобрения позволила существенно сократить дозы физических туков. При этом сложился бездефицитный режим органического вещества и отмечено воспроизводство агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия почвы. Средневзвешенное содержание гумуса в почве за последние десять лет по данным ФГБУ САС «Ульяновская» повысилось на 0,21% с (с 4,11 до 4,32 %).

3) Внедрена комбинированная система обработка почвы, которая подразумевает следующую схему:

№ п/п	Культура, пар	Основная обработка почвы
1	Горох	Дискование на 10-12 см + вспашка на 20-22 см
2	Озимая пшеница	Весенне-летний уход за чистым паром. Культивация, посев
3	Гречиха	Дискование на 10-12см + вспашка на 20-22 см
4	Яровая пшеница	Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация

		КПИР-3,6 на 12-14 см
5	Соя	Дискование на 10-12см + безотвальная вспашка
6	Овес, просо, ячмень	Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см

Комплексная система биологизации земледелия в ООО Агрофирма «Приволжье» (биологизированный севооборот, органоминеральная система удобрения) позволила в период с 2008 по 2017 гг. повысить урожайность зерновых и зернобобовых культур с 18 ц/га до 26 ц/га.

Условно чистый доход с 1 га в 2016 году составил более 6000 руб. а по хозяйству с учетом полной себестоимости более 12 млн. рублей. Рентабельность производства зерновых и зернобобовых культур составляет более 50%.

Считаем, что для более полной реализации потенциала продуктивности полевых культур и повышения экономической эффективности их возделывания следует продолжить внедрение разработанных на научной основе рекомендаций по биологизации земледелия за счет возделывания бобовых культур и использования органоминеральных систем удобрения.

Результаты научных исследований в области биологизации земледелия имеют важное практическое значение по повышению продуктивности пашни с высокой окупаемостью затрат и сохранением плодородия черноземных почв.

Акт составлен в 5 экземплярах.

Представители академии

Представители предприятия

<p>«УТВЕРЖДАЮ» Первый проректор – проректор по научной работе ФГОУ ВО Ульяновская ГСХА доктор с.-х. наук, профессор  В.А. Исайчев « 7 »  2017 г.</p>	<p>«УТВЕРЖДАЮ» Генеральный директор ООО «Хлебороб» Ульяновского района Ульяновской области  Р.С. Минибаев « 7 »  2017 г.</p>
--	---

АКТ внедрения

научно исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представитель федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии имени П.А. Столыпина» Тойгильдин Александр Леонидович с одной стороны и представитель ООО «Хлебороб» Ульяновского района Ульяновской области заместитель директора Идиатуллов Камиль Бурганович составили настоящий акт в том, что в период с октября 2015 г. по октябрь 2016 г. (в рамках хоздоговорных работы № от 15-53 от 19 октября 2015 г. и № 16-36 от 20 июля 2016 г.) сотрудником Ульяновской ГСХА Тойгильдиным А.Л. внедрена в ООО «Хлебороб» следующая научно – технологическая разработка: Оптимизация системы севооборотов и структуры посевных площадей.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

На основании данных по продуктивности и экономической эффективности обоснованно соотношение доли использования в качестве предшественника чистого и занятого паров в севооборотах. Озимая пшеница была размещена на площади 190 га со следующим соотношением по предшественникам: чистый пар (76 га, 40 %) : горох и однолетние травы (вика + овес) на площади (114 га, 60%), что согласно разработанной экономико-математической модели для условий хозяйства является оптимальным по хозяйственным и экономическим показателям.

2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым, исходным вариантом:

Принятое соотношение чистого и занятого пара, используемых в качестве предшественников для озимой пшеницы, позволило получить максимальную продуктивность звеньев севооборотов. В звене севооборота с чистым паром в среднем за 2

года было получено 26,0 ц/га, в звене с занятым паром (горох) 30,2 ц/га зерна гороха и озимой пшеницы, продуктивность возросла на 4,2 ц на 1 га севооборотной площади.

3. Согласно методике МСХ РФ экономическая эффективность (в рублях) составила по формуле: $\mathcal{E} = (У_n * С_n - У_k * С_k - З_d) * П$

$У_n, У_k$ – урожайность нового и контрольного вариантов, ц/га.

$С_n, С_k$ – стоимость 1 т продукции нового и контрольного вариантов, руб.

$З_d$ – дополнительные производственные затраты в новом варианте, руб.

$П$ – площадь внедрения, га.

$\mathcal{E} = (У_n * С_n - У_k * С_k - З_d) * П = (30,2 * 1135 - 26,0 * 1000 - 930) * 190 = 1\,395\,930$ руб.

4. Доля научной разработки в экономическом эффекте составляет 50 % т. е. 697 965 руб.

5. Предложение о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

Рекомендуется продолжить использовать обоснованное соотношение чистого и занятого пара (соответственно 0,4:0,6) как предшественников озимой пшеницы в севооборотах ООО «Хлебороб» (модель звеньев севооборотов), что позволит освоить принцип уплотненного использования пашни, обеспечить воспроизводство плодородия почвы, защищать почву от эрозионных процессов и повысить продуктивность звеньев и их экономическую эффективность.

Акт составлен в 3 экземплярах.

Представители академии



Представители предприятия

