

**Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**А. Л. Тойгильдин, В.И. Морозов,  
М.И. Подсевалов, Д.Э. Аюпов**

**БИОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В СЕВООБОРОТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ  
ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ**



**Ульяновск, 2019**

**ББК 41.4**  
**УДК 631:633.11**

Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах лесостепной зоны Поволжья / А. Л. Тойгильдин, В. И. Морозов, М.И. Подсевалов, Д.Э. Аюпов/. – Ульяновск: ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019. – 200 с.

Рецензенты:

Никитин С.Н., заместитель директора по научной работе Ульяновского НИИСХ - филиала СамНЦ, доктор сельскохозяйственных наук.

Зудилин С.Н., декан агрономического факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Землеустройство, почвоведение и агрохимия» доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Печатается  
по решению научно-технического совета  
Ульяновского государственного аграрного  
университета имени П. А. Столыпина  
Протокол № 4 от 6.11.2019 г.

Работа выполнена при поддержке гранта МД-2909.2019.11

ISBN 978-5-6043483-8-3

© Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсевалов М.И.,  
Аюпов Д.Э., 2019  
© ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
<b>1. Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах лесостепной зоны Поволжья (теоретические аспекты) .....</b>	<b>9</b>
1.1 Факторы биологизации земледелия лесостепной зоны Поволжья.....	9
1.2 Размещение озимой пшеницы и роль предшественников в условиях биологизации севооборотов .....	20
1.3 Влияние обработки почвы на ее плодородие и продуктивность озимой пшеницы .....	28
<b>2. Абиотические факторы и реакция растений .....</b>	<b>36</b>
2.1. Почвенный покров опытного участка и его характеристика .....	36
2.2. Агроклиматические ресурсы за годы исследования .....	38
2.3 Схема опыта и ее обоснование .....	49
2.4. Биоклиматические ресурсы и потенциальная урожайность полевых культур .....	52
2.5. Продолжительность межфазных периодов полевых культур .....	57
<b>3. Динамика показателей плодородия почвы при биологизации технологии возделывания озимой пшеницы .....</b>	<b>75</b>
3.1 Агрофизические свойства почвы.....	75
3.2 Динамика накопления продуктивной влаги и водопотребление озимой пшеницы.....	91
3.3 Разложение льняного полотна в почве.....	100
3.4 Флористический состав и засоренность посевов озимой пшеницы .....	106
<b>4. Эффективность возделывания озимой пшеницы при биологизации севооборотов .....</b>	<b>117</b>
4.1 Формирование урожая зерновых бобовых культур .....	117
4.2 Урожайность озимой пшеницы .....	123

---

4.3 Качество зерна озимой пшеницы .....	129
4.4 Продуктивность звеньев с озимой пшеницей.....	138
4.5 Подбор предшественников озимой пшеницы в севооборотах.....	141
<b>5. Экономическая и энергетическая эффективность биологизации технологии возделывания озимой пшеницы .....</b>	<b>150</b>
5.1 Оценка экономической эффективности.....	150
5.2 Оценка энергетической эффективности .....	154
Заключение .....	159
Список литературы .....	163
Приложение .....	189

---

## ВВЕДЕНИЕ

Техногенная интенсификация земледелия нашей страны, основанная на массовом использовании средств химизации (удобрения и пестициды), позволила повысить урожайность сельскохозяйственных культур и несколько стабилизировать плодородие почвы, однако энергетическая и экономическая эффективность производства стала снижаться<sup>1</sup>. Мировое и российское земледелие столкнулись с негативными процессами экологического характера (Зотилов В.И., Задорин А.Д., 2007; Кирюшин В.И., 2011; Жученко А.А., 2015).

Современные научные течения и ведущие ученые в области агротехнологий и земледелия скептически относятся к химической интенсификации земледелия и все больше опираются на принципы экологизации и биологизации. Экологизация (ecological direction, ecological course) – процесс последовательного внедрения идей сохранения природы и устойчивости окружающей среды в сфере законодательства, управления, разработки технологий, экономики, образования и др.» (Адаптивно-ландшафтное земледелие..., 2019).

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.

---

<sup>1</sup> действие экономического закона убывающей отдачи, гласящий, что увеличение одного из факторов производства (земля, труд, капитал) сверх определённых значений обеспечивает прирост дохода (результата) на всё меньшую величину, то есть темп увеличения дохода (результата) меньше темпа увеличения производственного фактора (Блауг М., 1994)

---

По выражению В.И. Кирюшина (2011), основным выражением экологизации земледелия является ее биологизация. Биологизация (направление) и биологическое земледелие (способ использования земли) направлены на снижение последствий от использования факторов интенсификации. 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).

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 (Зотиков В.И., Задорин А.Д., 2007; Лошаков В.Г., 2012; Обущенко С.В., 2014).

Данная работа направлена на обоснование системы биологизации технологии возделывания озимой пшеницы - одной из ключевых культур земледелия Поволжья, которой принадлежит наибольший вклад в накоплении зерновых ресурсов, финансовой вырубке и укреплении экономики зернопроизводящих хозяйств. Озимая пшеница - наиболее распространенная культура лесостепной зоны Поволжья, она обладает преимуществом в использовании агроклиматических ресурсов поздне-осеннего и ранне-весеннего периодов, что делает ее менее уязвимой от засухи (Гордеева Ю.В., 2013; Смолин Н.В. и др., 2013; Турусов В.И., Гармашов В.М., Сыромятников Ю.Д., 2013). Между тем высокий генетический потенциал современных сортов озимой пшеницы используется не в полной мере, ее урожайность и валовые сборы неустойчивы по годам. В основном производимое зерно не соответствует высоким требованиям качества, при этом производственные затраты техногенных ресурсов в технологии возделывания озимой пшеницы существенно выросли. Например,

---

в Ульяновской области с 2011 по 2016 годы затраты возросли с 7,6 тыс. руб. на 1 га посева до 12,7 тыс. руб. Рост производственных затрат материальных средств происходит на фоне деградации почвенного плодородия (Чекмарев П.А., Черкасов Е.А., 2017). Этим подтверждается тезис о том, что концепция интенсивного земледелия провоцировала рост целого комплекса взаимосвязанных экономических и экологических проблем.

Во многих хозяйствах региона на полях преобладают зерновая монокультура или монокультура подсолнечника, что не позволяет проектировать севообороты на принципах плодосмена. Общеизвестно, что нарушение научно-обоснованного чередования культур на полях ведет к деградации плодородия почвы, к ухудшению фитосанитарной обстановки почвы и посевов, снижению продуктивности и экономической эффективности растениеводства (Лошаков В.Г., 2012), что является следствием нарушения биологического разнообразия в экосистемах<sup>2</sup>.

Биологизация земледелия достигается за счет расширения набора возделываемых культур в севообороте (Парахин Н.В., 2002). Исходная позиция биологизации земледелия – увеличение разнообразия видов и сортов растений – диверсификация (Кирюшин В.И., 2011). В связи с этим возникает необходимость изучения и подбора парозанимающих культур в севооборотах для озимой пшеницы в сочетании чистых и занятых паров, регулирования органического вещества с максимальным использованием возобновляемых биогенных ресурсов воспроизводства плодородия почвы и оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем.

Исследования, проведенные в условиях лесостепной зоны Поволжья, показывают, что лучшим предшественником является

---

<sup>2</sup> Конвенция о биологическом разнообразии (КБР) «поощряет развитие технологий и методов ведения сельского хозяйства, которые не только повышают производительность, но и препятствуют деградации, а также способствуют восстановлению, реабилитации и повышению биологического разнообразия», таких, как «в частности, органическое земледелие» (Convention on Biological Diversity..., 1996).

чистый пар. Однако при этом неизбежны экологические последствия. Система биологизации земледелия предполагает необходимость диверсификации структуры посевных площадей, расширения набора бобовых культур, в т.ч. предшественников озимой пшеницы, минимализации обработки почвы, оптимизации систем удобрения с целью воспроизводства плодородия почвы и производства продукции растениеводства с низкой себестоимостью.

Представленная работа являлась составной частью общей тематики научно-исследовательских работ кафедры земледелия и растениеводства «Биологизация севооборотов, воспроизводство биогенных ресурсов и регулирование плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Поволжья», № государственной регистрации – 01201157938 и подготовлена в рамках выполнения гранта президента РФ МД-2909.2019.11.

Цель работы: разработка и обоснование адаптивных приемов биологизации технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах лесостепной зоны Поволжья.

**В задачи исследований входило:**

- провести оценку биоклиматического потенциала и влияния абиотических факторов на формирование урожая полевых культур в звеньях севооборотов с озимой пшеницей;
- изучить динамику агрофизических показателей плодородия почвы при биологизации технологии возделывания озимой пшеницы;
- определить режим влажности почвы и водопотребление озимой пшеницы в севооборотах;
- изучить состав и структуру сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы и определить вклад предшественников, обработки почвы и систем удобрения в регулирование засоренности полей;
- провести оценку урожайности и качества зерна озимой пшеницы при биологизации технологии;
- дать энергетическую и экономическую оценки эффективности биологизации технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах.



---

## **1. Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах лесостепной зоны Поволжья (теоретические аспекты)**

### ***1.1 Факторы биологизации земледелия лесостепной зоны Поволжья***

Мировое земледелие и агротехнологии последних десятилетий претерпели несколько революционных этапов: возделывание высокоинтенсивных сортов, освоение интенсивных технологий, генная инженерия, информационные технологии. Техногенная интенсификация земледелия, основанная на массовом использовании средств химизации (удобрения и пестициды), позволила повысить урожайность агрокультур и несколько стабилизировать плодородие почвы, однако окупаемость ресурсов, вкладываемых в агротехнологии, энергетическая и экономическая эффективность производства стали существенно снижаться (Жученко А.А., 2015).

Высокая интенсификация привела к экологическим проблемам, что породило протест общественности и бурные дискуссии, в которых противопоставлялись две позиции: первая – полный отказ от химизации; вторая – дальнейшая интенсификация путем создания наукоемких точных технологий с минимальными экологическими рисками (Кирюшин В.И., 2012). Первая позиция была популярна в период тотальной химизации и как результат были выдвинуты идеи по развитию альтернативных систем земледелия, отрицавших применение минеральных удобрений и пестицидов, среди которых биодинамическое земледелие, экологическое земледелие, органическое земледелие и другие формы, мало отличающиеся друг от друга. Позже (в 80-х гг.) активизировался поиск так называемого третьего пути – технологических решений, интегрирующих экономические, социальные и экологические аспекты земледелия. Сложился принципиально новый подход к методологии развития сельского хозяйства, обо-

значенный термином «sustainable agriculture», произошедшим от более общего понятия «sustainable development», которое отражает концепцию будущего развития человечества, принятую в 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию.

В России органическое земледелие не имеет массового распространения из-за отсутствия полной нормативно-правовой основы и потребителей. Следует также отметить, что органическое земледелие в России с ее различными почвенно-климатическими условиями в чистом виде не способно обеспечить производство продукции в объемах общественного потребления и решить вопрос продовольственной безопасности. Между тем химическая интенсификация земледелия привела к загрязнению получаемой продукции и окружающей среды, физической и биологической деградации плодородия почвы, снижению биоразнообразия агрофитоценозов и другим последствиям. Это вызывает необходимость проведения технологической модернизации существующего земледелия на основе экологизации. По мнению некоторых авторов (Лукин С.В., 2017), перспективным выражением экологизации является биологизация земледелия, когда отрицательное действие факторов химической интенсификации нейтрализуется биологическими факторами.

В разных странах сформировались терминологические различия в понятии альтернативных систем земледелия, которые часто приводят к возникновению недоразумений. По обзору информации, проведенной Я.А. Федоренко (2013), термин «органическое земледелие» (*Organic Farming* официально принят в странах Европейского Союза (ЕС), эквивалентным термином во Франции, Италии, Португалии и странах Бенилюкса является «биологическое земледелие» (*Biological Farming*), а в Дании, Германии и Испании - «экологическое земледелие» (*Ekolological Farming*).

Одно из первых комплексных определений термина «органическое земледелие» принадлежит группе ученых Департа-

---

мента сельского хозяйства США: «Органическое земледелие - производственная система, которая избегает или в значительной степени исключает использование синтетических удобрений, пестицидов, регуляторов роста и кормовых добавок для животноводства. В максимально возможной степени система органического земледелия основывается на севообороте, растительных остатках, навозе животных, бобовых, зеленых навозах, органических отходах сельского хозяйства, механическом культивировании минералосодержащих пород и аспектах биологической борьбы с вредителями для поддержания продуктивности почвы и ее количества, для обеспечения растений питательными веществами и для борьбы с насекомыми и другими вредителями». Такая система максимально базируется на севооборотах, использовании растительных остатков, навоза и компостов, бобовых растений и растительных удобрений, органических отходов производства, минерального сырья, механической обработке почв и биологических средствах борьбы с вредителями с целью повышения плодородия и улучшения структуры почв, обеспечения полноценного питания растений и борьбы с сорняками и разнообразными вредителями (Organic farming for..., 2016).

Органическое сельское хозяйство было определено Национальным советом по органическим стандартам США (1996): «Органическое сельское хозяйство – система управления экологическим производством, которая продвигает и увеличивает биологическое разнообразие, биологическую активность. Он основан на минимальном использовании ресурсов вне фермы и на методах управления, которые восстанавливают».

В литературе встречаются и такие определения: Органическое сельское хозяйство – это система, которая нацелена главным образом на использование экологических процессов, а не внешних ресурсов, для управления сельскохозяйственными культурами и животноводством (Seufert Verena et al., 2019). Органическое сельское хозяйство (ОА) - это система управления, которая избегает использования синтетических пестицидов, неорганических

---

удобрений и генетически модифицированных организмов (ГМО) и стремится уменьшить загрязнение (воздух, почва и вода) и оптимизировать здоровье и продуктивность растений, животных и человека (Müller-Lindenlauf M., 2009).

В мировом масштабе органическое земледелие, основанное на полном отказе от техногенных ресурсов, заняло определенную нишу, но не получило широкого распространения, вследствие повышенной затратности, низкой обеспеченности растений в питательных элементах, проблем с защитой растений и низкой урожайности сельскохозяйственных культур (Kirchmann H. et. al.; 2008, Pattanapant A. et. al., 2009).

В научной агрономии получил распространение такой термин и направление, как «биологизация», но его определение трактуется по-разному, следовательно, и методологические подходы к разработке в различных странах и научных школах неодинаковые. По выражению В.И. Кирюшина (2012), биологизация является основным выражением экологизации земледелия.

В одном из последних изданий РАН, подготовленном коллективом авторов, дается определение «экологизация (*ecological direction, ecological course*) – процесс последовательного внедрения идей сохранения природы и устойчивости окружающей среды в сфере законодательства, управления, разработки технологий, экономики, образования и др.» (Спиридонов Ю.А. и др., 2019).

Безусловно, что земледелие большинства российских регионов требует новых подходов, необходимо расширение исследований по его технологической модернизации. На сегодня созданы необходимые предпосылки для решения этой задачи в виде методологии формирования и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и наукоемких агротехнологий, в которой интегрируются адаптивная интенсификация и экологизация земледелия.

В.И. Кирюшин (2011, 2012) в своих работах указывает, что сущность экологизации сельского хозяйства заключается в приве-

---

дении 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.

Некоторые авторы считают, что сущность биологизации заключается в максимальном сокращении разницы в разложении органического вещества в почве и поступлением его из разных источников (Ильина Л.В., 2004). Однако данный подход - лишь часть сложного процесса биологизации.

Биологизации (направление) и биологическое земледелие (способ использования земли) направлены на снижение последствий от использования факторов интенсификации и основано на рациональном использовании биогенной интенсификации и биологических факторов продукционного потенциала растений. В простом приближении сущность биологизации земледелия можно выразить как усиление роли живых организмов и биопотенциала растений в продукционном процессе и воспроизводстве плодородия почвы (Парахин Н.В., 2002; Nugmanov A.V. et al., 2018).

Итак, органическое земледелие, базирующиеся на полном отказе от средств химической интенсификации, – это высшая форма проявления экологизации сельского хозяйства на современном этапе развития, в связи с низкой продуктивностью и высокой затратностью не способно обеспечить продовольственную безопасность страны. Понимание того, что глубокая химическая интенсификация чревата глобальными экологическими последствиями, вынуждает разрабатывать и активно ориентировать существующее земледелие на процессы биологизации (биологическое земледелие).

Нами выделены следующие факторы биологизации земледелия: севооборот, биологический азот, органоминеральная система удобрения, биологическая защита растений, почвозащитные системы обработки почвы (таблица 1).

Таблица 1 - Факторы биологизации земледелия, научные предпосылки и приемы для условий лесостепной зоны Поволжья

№ п/п	Факторы биологизации земледелия	Объективные научные предпосылки
1	Севооборот	Разнообразие видов и сортов культурных растений (биоразнообразие). Закон плодосмена. Концепция единства растениеводства и животноводства. Поливидовые или смешанные посевы.
2	Биологический азот	Симбиотическая азотфиксация бобовых культур
3	Обогащение почвы органическим веществом (органоминеральные системы удобрения)	Закон возврата. Теория воспроизводства плодородия почвы. Накопление биогенных ресурсов создаваемых в агрофитоценозах.
4	Биологическая защита растений	Использование биологических средств защиты растений, энтомофагов, повышение конкурентоспособности полевых культур по отношению к сорному компоненту агрофитоценозов.
5	Почвозащитные системы обработки почвы	Почвообразовательный процесс. Мульчирующая обработка почвы.

1) *Важнейший фактор биологизации – севооборот, определяющий разнообразие видов и сортов культурных растений (биоразнообразие).* Биологическое разнообразие в агрофитоценозах регулируется с помощью набора основных и промежуточ-

---

ных культур в севооборотах. Севооборот позволяет выстраивать систему защиты растений непосредственно за счет смены условий обитания вредных организмов и кормовой базы для них, и косвенно, за счет создания условий для развития энтомофагов. При широком разнообразии сельскохозяйственных культур увеличивается и численность насекомоядных хищников, которые борются с вредителями и помогают предотвратить болезни. Все это ведет к снижению объемов применения пестицидов (Parrot N. et. al., 2002; Niggli U. et. al., 2008; Penvern S. et. al., 2019).

Следует отметить, что расширить видовой состав и оптимизировать набор культур в севооборотах, в экономическом и экологическом аспектах, а также обеспечить системный эффект чередования культур можно только при развитии животноводства. При этом появляется возможность введения многолетних трав, которые, помимо кормового значения, чрезвычайно важны для повышения плодородия почв, защиты их от эрозии и оптимизации фитосанитарного состояния агроценозов. Интеграция земледелия и животноводства во многом решает проблему удобрения сельскохозяйственных культур и повышения биологической активности почвы.

2) *Биологический азот*. Общеизвестно, что азот минеральных удобрений характеризуется высокой энергоемкостью, приводит к увеличению затрат на производство продукции растениеводства, а также к повышению концентрации нитратов и нитритов, загрязнению почвы, водоисточников и продуктов растениеводства.

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 фикс-

---

сации азота осуществляется 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.

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, поэтому уровень биологизации севооборотов определяется, в частности, продуктивностью симбиотической фиксации азота из атмосферы культурой бобовых растений. Кроме прочего бобовые культуры являются источником растительного белка и незаменимых аминокислот, а также одним из лучших предшественников в севообороте. Все это определяет актуальность расширения видового состава бобовых культур в севооборотах и разработки приемов повышения их продуктивности и усиления симбиотической азотфиксации.

По нашим данным в условиях лесостепи Поволжья зерновые бобовые культуры отличаются высокой продуктивностью симбиотической азотфиксации: горох – до 70 кг/га, люпин – до 99 кг/га, вика – до 34 кг/га. Наибольшей продуктивностью симбиотической азотфиксации отличаются посевы люцерны (до 352 кг/га), эспарцет (до 207 кг/га) и смесь люцерны + кострец (до 130 кг/га), что обосновано в наших работах (Тойгильдин А.Л., 2017).

3) *Обогащение почвы органическим веществом.* В научной литературе встречается термин *soil health* – функциональная биологическая категория, отражающая состояние динамики активности биотического компонента в органоминеральном комплексе почвы (Спиридонов Ю.А. и др., 2019). Органическое вещество почвы как ключевой показатель плодородия формирует и поддерживает основные режимы, свойства и функции почвы, придает ей свойства эмерджентности системы (Семенов В.М., Когут Б.М., 2015; Karunaratne S.B. et. al., 2014).



---

Коллективами авторов разработаны концепции воспроизводства плодородия почвы и регулирования режима органического вещества почвы в различных регионах нашей страны (Концепция сохранения и..., 1999; Куликова А.Х. и др, 2007; В.А. Корчагин, 2014). Основная сущность концепций заключается в использовании в качестве источника органического вещества почвы биогенных ресурсов, создаваемых в агрофитоценозах. При биологизации земледелия в качестве источника органического вещества наряду с внесением навоза необходимо использовать солому зерновых и зернобобовых культур и другие биогенные ресурсы (пожнивные и корневые остатки культур, сидераты, промежуточные посевы), что усилит микробиологическую активность, улучшит режим органического вещества и водно-физические свойства почвы, повысит продуктивность севооборотов. Объем биогенных ресурсов, поступающих в почву, должен быть не менее 8 т/га сухого вещества, что обеспечит оптимизацию режима органического вещества черноземов.

Важно подчеркнуть, что половина названного количества растительной массы должна оставаться на поверхности почвы в виде мульчи для сокращения стока воды, защиты от смыва, размыва, дефляции. В целом подобное поступление лабильного органического вещества в почву способствует поддержанию ее благоприятного структурного состояния.

Решение проблем продовольственной безопасности возможно за счет повышения продуктивности сельскохозяйственных культур на используемых землях, что обуславливает широкое применение минеральных удобрений. Очевидно, что полный отказ от использования минеральных удобрений в системе органического земледелия приведет к снижению продуктивности. Между тем, работами Лыкова А.М. с соавторами (2004); Сычева В.Г. и др. (2011) доказано, что их негативное влияние нейтрализуется использованием органических удобрений. В работах Шакура, Н., Доля, Н., (1993) отмечено, что концепция биологизации реализуется через нейтрализацию отрицательного действия минеральных

---

удобрений, которое выражается в усилении дегумификации почв и деградации агрофизических свойств. Согласно концепции биологизации на 1 тонну органических удобрений должно вноситься не более 15 кг действующего вещества минеральных удобрений.

4) *Биологическая защита растений*. Биологизация защиты растений возможна за счет приемов, направленных на сохранение природных энтомофагов и антагонистов, интродукции фитофагов против отдельных видов сорных растений (Тутуянов Ю В., 2013) и применения биопрепаратов для уничтожения вредителей и возбудителей болезней.

Для повышения эффективности защиты растений за счет энтомофагов необходимо в числе возделываемых культур иметь растения, способные поддерживать высокую их численность (гречиху, рапс, фацелию, люцерну, эспарцет, клевер и др.); высаживать в защитных лесных насаждениях нектароносные многолетние растения (черемуху, липу, клен, рябину, боярышник и др.); оставлять полосы при скашивании многолетних трав; использовать пищевые аттрактанты для привлечения энтомофагов; проводить выборочную пестицидную обработку с учетом соотношения численности фитофагов и энтомофагов. По мере биологизации земледелия роль химических пестицидов должна уменьшаться, а в их ассортименте увеличиваться доля экологически безопасных препаратов на основе *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis* и др. В Поволжье эффективно функционируют несколько заводов по производству биопрепаратов, и данный метод набирает популярность среди сельхозтоваропроизводителей.

5) *Почвозащитные системы обработки почвы*. Переход на почвозащитные системы обработки обусловлен массовым распространением процессов деградации плодородия почвы в результате длительного нерационального использования земель сельскохозяйственного назначения человеком. Биологизация земледелия направлена на сокращение или исключение разрушения почвенного покрова под действием абиотических и биотических факторов (ветра, воды, химических веществ и других

---

факторов). Прежде всего, механическая обработка почвы должна быть дифференцирована в зависимости от свойств почв, биологических требований культур, ландшафтно-экологических и экономических условий. Критерием минимизации почвообработки служит сравнение оптимальной плотности почвы для той или иной культуры с равновесной, если судить по данному критерию, то на большей части почв лесостепи Поволжья возможны минимальная обработка почвы и прямой посев зерновых и зерновых бобовых культур.

Наиболее полно требованиям сохранения почвы и воспроизводства ее плодородия отвечает система прямого посева или no-till (Зеленский Н.А. и др., 2014; Дридригер В.К., 2012; Barr J.B., 2019). Основные факторы, определяющие перспективу освоения прямого сева и no-till, связаны с отсутствием механической обработки почвы и созданием мульчирующего слоя из растительных остатков, что уменьшает испарение влаги из почвы, подавляет сорняки, защищает почву от эрозионных процессов, при этом увеличивается биологическая активность почв, снижается интенсивность процессов минерализации органического вещества, уменьшается эмиссия CO<sub>2</sub>.

Несмотря на значительное распространение данной системы в мировом земледелии, по поводу внедрения прямого посева в России высказывается много сомнений, скепсиса, акцентируется внимание на его недостатках, но научному сообществу и передовым практикам следует вести разработку рекомендаций, как преодолеть эти недостатки ради проявления таких его достоинств. Таким образом, для освоения почвозащитных систем обработки почвы аграрному сообществу следует осмыслить необходимость сохранения окружающей среды и воспроизводства плодородия почвы, решить вопросы по подготовке специалистов и техническому оснащению системы.

Одним из главных факторов освоения системы прямого сева остается севооборот, при подборе культур важно учитывать проникающую способность корневой системы оказывать рыхлящее влияние на почву, замещая тем самым действие глубокой обра-

ботки почвы. Свойством разрыхлять почву обладают культуры со стержневой корневой системой, пригодные для возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья. Примером полевых севооборотов, пригодных для освоения системы no-till в условиях лесостепной зоны Поволжья, могут служить такие схемы: масличные культуры (лен, рапс, горчица) – озимая пшеница – зерновые бобовые (горох, соя, люпин, нут) – яровая пшеница – люцерна (выводное поле) – яровые зерновые.

Примером широкого и эффективного использования биологизации 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. В структуре посевных площадей увеличилась доля бобовых культур, а размеры симбиотической фиксации азота достигли в среднем за год 17,4 кг/га. Сочетание органических удобрений с минеральными и известкованием 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 (Лукин С.В., 2017).

### ***1.2 Размещение озимой пшеницы и роль предшественников в условиях биологизации севооборотов***

Зерновое хозяйство России традиционно является основой всего продовольственного комплекса и наиболее крупной отраслью сельского хозяйства. От ее развития в значительной степени зависят обеспеченность населения продуктами питания, его жизненный уровень. Зерновая проблема, в которой одновременно переплетается множество экономических, организационных, технологических, технических и других вопросов функционирования зернового хозяйства, сложна и многогранна (Алтухов А.И., Нечаев В.И., 2015).

---

Россия полностью обеспечивает себя зерном и может хорошо зарабатывать от его продажи уже сейчас, при 117 млн. тонн урожая. В 2016 году его экспорт превысил 35 млн. тонн, а к 2030 г. ожидается урожай в 150 млн. тонн – что позволит увеличить экспорт зерна (Беляева М., 2016). Поэтому направление структурных преобразований и устойчивости развития зернового подкомплекса является актуальной задачей.

В условиях возрастающего дефицита зерна наша страна обладает большим биоклиматическим потенциалом, что является конкурентным преимуществом перед другими странами – производителями зерна. В обеспечении зерном большой вклад вносят озимые культуры, которые более полно реализуют потенциал продуктивности.

Производственные факторы эффективности зернового производства заключаются в обосновании структуры посевных площадей, органически связывая земледелие и животноводство.

Структура использования пашни и посевных площадей – основополагающий элемент в системе ведения хозяйства. Она является системообразующим фактором. Имеется зависимость сельского хозяйства и реализации структуры посевных площадей от ресурсопоставляющих отраслей, что является важным для соблюдения обязательной эквивалентности межотраслевых товарных связей.

Зерновые культуры предъявляют неодинаковые требования к предшественникам, наиболее чувствительна к ним озимая пшеница. Основные требования озимых культур к месту в севообороте сводятся к тому, чтобы к посеву больше накапливалось в почве питательных веществ, доступных для растений, сохранялась влага, и поля были чистыми в фитосанитарном отношении. Общеизвестно, что таким требованиям в полной мере отвечают чистые пары, которые позволяют вести борьбу с сорняками, накапливать и сохранять влагу в почве к севу и улучшать питательный режим все это позволяет получать высокие урожаи (Воробьев С.А., 1979; Саранин К.И., Старовойтов Н.А, 1987; Немцев Н.С., По-

---

тушанский В.А., Захаров А.И., 2000; Терентьев О.В., 2006; Казаков Г.И., Морчагин В.А., 2009; Власова О.И., 2014; Тютюнов С.И., Соловichenко В.Д., Логвинов И.В., 2014). Паровое поле севооборота оказывает сильное влияние на изменение агрофизических, агрохимических и агробиологических свойств почвы (Болучевский Д.А., 2014). Бондаренко Н.П. (2009), изучив влияние различных видов пара на плодородие почвы и урожайность зерновых культур, пришел к выводу, что в условиях северной лесостепной зоны Южного Урала с годовым количеством осадков более 400 мм на выщелоченных черноземах высокие урожаи можно получать как по чистому, так и по сидеральному парам.

Многие исследователи указывают, что чем острее проявляется засушливость климата, тем выше агрогидрологическая роль чистого пара и тем больше его доля в структуре посевных площадей (Тулайков Н.М., 1963; Шульмейстер К.Г., 1988; Листопадов И.Н., 1991; Казаков Г.И., 2008).

Лучшие условия водного режима почвы в посевах озимой пшеницы в течение всей вегетации складываются по черному пару, что особенно важно в начальные фазы развития растений. По многолетним исследованиям, в южной части лесостепи За-волжья запасы продуктивной влаги в пахотном слое в период сева озимой ржи по черному пару были 45,2 мм, по занятому смесью суданской травы с чинной на сено – 20,4 и по гороху на зерно – 20,1 мм. Подобные данные отмечаются и в исследованиях, проведенных в Ульяновской, Пензенской и Саратовской областях (Потушанский В.А., Тимергалиев И.Ф., Немцев С.Н., 2003; Асмус А.А., 2009; Кочмин А.Г., 2015).

Исследования, проведенные во Всероссийском НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, показывают, что в районах с недостаточным и неустойчивым увлажнением черный пар – наиболее надежный предшественник, позволяющий сохранить влагу в почве (Алабушев А.В., Овсянникова Г.В., 2015). В зонах с нестабильным и недостаточным увлажнением отказ от чистого пара при выращивании качественного зерна пшеницы чреват отрица-

---

тельными последствиями (Чудаков Н., 2015).

Неоспоримым преимуществом чистых паров является эффективная борьба с сорняками, основанная на совокупном и последовательном научно-обоснованном применении химических и агротехнических мер борьбы, взаимно усиливающих друг друга. На основании исследований Казакова Г.И. и Милюткина В.А. (2010), в лесостепной зоне Заволжья для эффективной борьбы с сорной растительностью в полевые севообороты необходимо вводить чистый пар, такого мнения придерживаются и другие исследователи (Пенчуков В.М., Гончаров Б.П., Желнаков Л.И., 1986; Немцев Н.С., 2000; Казаков Г.И. и др., 2008; Кузьминых А.Н., 2013; Солодун В.И., Цвынтарная Л.А., 2016).

Несмотря на более высокие и стабильные урожаи озимых культур по чистому пару, этому предшественнику присущи известные недостатки. Одним из них является повышенная минерализация органического вещества почвы, к тому же в год парования с них не получают сельскохозяйственной продукции, в таком случае урожай получают один раз за два года (Вильямс В.Р., 1949; Шпедт А.А., Пурлаур В.К., 2008; Извеков А.С., 2012; Чибочаков Е.Я. и др., 2013).

Еще в древнем Риме Вергилий отмечал «...настоящий отдых земли состоит в полевой плодопереме, а поэтому, где прежде были стручковые растения, там без перемены можно сеять пшеницу. При перемене, таким образом, растений поля отдыхают, а между тем не приходится платить за невозделанную землю».

Чистый пар подвержен развитию ветровой эрозии и ухудшает плодородие почвы за счет минерализации гумуса. На почвах, с большим содержанием органического вещества, наблюдается снижение потерь элементов минерального питания в результате уменьшения миграционных процессов и уменьшается загрязнение сопряженных сред (Regenold J.P., Papendick R. I., 1990; Немцев С.Н., 2005; Шпедт А.А., Пурлаур В. К., 2008; Каштанов А.Н., 2010; Извеков А.С., 2012; Лошаков В.Г., 2012; Захаров А.И., Никитин С.Н., 2013).

---

Многие исследователи приходят к выводу, что переход к биологическим средствам восстановления плодородия вызывает необходимость совершенствования севооборотов путем частичной замены части чистых паров занятыми или сидеральными (Морозов В.И., Подсевалов М.И., Асмус А.А., 2007; Рендов Н.А. и др., 2010; Власова О.И., 2014; Несмеянова М.А., Дедов А.В., Дедов А.А., 2015).

По мнению многих исследователей (Акимов А.Ю., 2005; Сорокин А.Е., 2009; Голомолзин Р.С. и др., 2012; Лошаков В.Г., 2012; Лобков В.Т., Плыгун С.А., 2014; Морозов В.И. и др., 2016), в рыночных условиях, когда внесение минеральных удобрений и навоза связано с большими затратами, использование элементов биологизации позволяет получать устойчивые урожаи зерна.

Биологизация земледелия связана, прежде всего, с введением бобовых культур в севообороты (Дедов А.В., 2002; Кирюшин В.И., 2011; Морозов В.И., Тойгильдин А.Л., 2011; Морозов В.И., 2012; Дедов А.В., Слаук Н.В., Несмеянова М.А., 2012; Пенчуков В.М., Передериева В.М., Власова О.И., 2012; Дорожко Г.Р. и др., 2013; Дудкин И.В., Дудкина Т.А., 2014; Орлов А.Н., Ткачук О.А., Павликов Е.В., 2016).

Исследования, выполненные в разных почвенно-климатических регионах России, показали, что для получения стабильных урожаев озимой пшеницы в качестве предшественника, наряду с чистым паром, можно использовать занятые и сидеральные пары. В годы с достаточной влагообеспеченностью выход зерна здесь не меньше, чем по чистому пару, а энергетические затраты на производство значительно ниже (Ермаков В.В., Дубовик Д.В., 2005; Ковтун В.И., Ковтун Л.Н., 2013; Вакуленко В.В., 2014).

По сообщению Н.А. Рендова с соавторами (2010), увеличение производства продукции в севооборотах с занятыми парами, по сравнению с чистым, несмотря на большие затраты на 1 га способствовало повышению чистого дохода и рентабельности в два раза и более. В условиях проведения опыта эффективнее оказался севооборот с занятым донниковым паром и смесью го-



---

роха с овсом, при этом возрастали чистый доход с 1 га пашни и рентабельность производства.

В исследованиях Несмеяновой М.А. с соавторами (2015) показано, что замена чистого пара на занятый обеспечивала к посеву озимой пшеницы удовлетворительные запасы влаги (20 мм), улучшение питательного режима за счет более рационального расходования основных элементов, улучшение биологических свойств почвы, это привело к формированию хорошего урожая озимой пшеницы (3,9 - 4,1 т/га) при низких издержках производства.

По степени влияния на урожайность к лучшим предшественникам озимых культур можно отнести зерновые бобовые культуры, особенно горох. По исследованиям Е.М. Лебедь с соавторами (2014) в условиях юго-востока Украины повышение уровня урожайности озимой пшеницы в значительной степени зависит от предшественников, и наибольший прирост урожая был получен при размещении озимой пшеницы после черного пара, а также гороха и эспарцета.

К.Н. Бирюков с соавторами (2013) отмечает, что в условиях степи Ростовской области новые сорта озимой пшеницы интенсивного типа обладают высокой потенциальной продуктивностью, для этого их необходимо размещать по лучшим предшественникам – чистому пару и зернобобовым культурам.

К настоящему времени практически не изучено использование люпина на зерно в качестве предшественника озимой пшеницы. Имеются данные И.А. Шаганова (2008), который считает, что в условиях Белоруссии люпин считается хорошим предшественником для озимой пшеницы, но не всегда возможно успеть подготовить почву к севу.

По мнению В.И. Турусова с соавторами (2015) в условиях недостаточного увлажнения центральной черноземной зоны для повышения продуктивности звеньев и более высокой адаптации земледелия к ландшафтным условиям в виде альтернативных предшественников озимой пшеницы, наравне с классической

зернобобовой культурой – горохом, могут использоваться менее распространенные, но более засухоустойчивые зернобобовые культуры – нут и люпин.

Длительные исследования (в течение 30 лет) в засушливой зоне Ставропольского края показали, что урожайность озимой пшеницы по занятому пару составила 76 - 90 % от величины этого показателя по чистому пару, что дает возможность использовать занятые пары в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения (Бирюков К.Н., Фоменко М.А., Беседина О.В., 2013).

Занятые пары способны дать экономический эффект в тех хозяйствах, которые достигли сравнительно высокой культуры земледелия. Целесообразность применения занятых паров подтверждается экономическими расчетами, поскольку при равных урожаях и последующих культур в севообороте с занятыми парами получают больше продукции на каждый гектар пашни, так как в этом случае площадь используется под посев. Понижение урожайности озимых, которое обычно бывает при посеве их по занятым парам, с лихвой покрывается продукцией, получаемой с парового поля. Общий выход продукции в севооборотах с занятыми парами и непаровыми предшественниками обычно выше (Асмус А.А., 2009; Шмарко Н.В., Вихорева Г.В., 2011; Галиченко И.И., 2012; Желнакова Л.И., Хрипунов А.И., Федотов А.А., 2014; Toigildin A.L. and etc., 2016).

По мнению А.А. Асмус (2009), имеются другие не менее объективные оптимальные сочетания в севооборотах чистых, занятых и сидеральных паров, эти причины - глобальное потепление климата. По данным Р.Б. Шариповой (2012) потепление равноценно перемещению российских границ на юг с увеличением сельхозугодий за счет северных территорий. По данным исследований за 1961-2010 гг., в Ульяновской области многолетние среднемесячные температуры приобрели устойчивую тенденцию к повышению. Наиболее существенное повышение температуры происходит в зимний период (январь – 4,73°/50 лет, март – 2,89°/50 лет, февраль – 2,87°/50 лет), осенью – в ноябре (0,4°/50

---

лет). Наименьшее повышение температуры воздуха по области наблюдается в сентябре ( $0,94^{\circ}/50$  лет) и ноябре ( $0,40^{\circ}/50$  лет), что в свою очередь увеличивает продолжительность вегетационного периода и отодвигает сроки установления снежного покрова в более поздние сроки.

В условиях Самарской области также отмечается устойчивая тенденция роста среднегодовой температуры воздуха, особенно в зимние месяцы. Отмечена четкая тенденция увеличения количества осадков, особенно в зимние месяцы, что положительно сказывается на условиях перезимовки озимой пшеницы, росте ее урожайности. Теплые зимы могут привести к усиленному размножению фитофагов и фитопатогенов. В то же время продление теплого послеуборочного периода осенью позволит эффективнее подавлять сорные растения в системе зяблевой обработки почвы (Терентьев О.В., 2006).

Обзор источников литературы свидетельствует об изученности различных предшественников в севооборотах для озимой пшеницы. Общепринято, что в условиях лесостепной зоны Поволжья лучшим предшественником является чистый пар, который наряду с преимуществом имеет ряд недостатков. В связи с изменением климата все чаще встает вопрос о замене чистых паров занятыми. Традиционными парозанимающими культурами в изучаемой зоне служат горох и однолетние травы. В региональных условиях лесостепи Поволжья экспериментов по использованию люпина белого, люпина узколистного и его смеси с горохом в качестве предшественников озимой пшеницы не проводилось. В условиях изменяющегося климата открываются перспективы использования занятых паров с зернобобовыми культурами в технологии возделывания озимой пшеницы.

---

### ***1.3 Влияние обработки почвы на ее плодородие и продуктивность озимой пшеницы***

Важным фактором воздействия на плодородие почвы и создание благоприятных условий для возделываемых культур является обработка почвы. В научной агрономии существуют разные теории обработки почвы: от ежегодной культурной вспашки (Вильямс В.Р., 1949), плоскорезной и минимальной обработки почвы (Овсинский И.Е., 1899; Бараев А.И., 1975; Мальцев Т.С., 1988) до полного отсутствия механического воздействия и применения прямого сева. Вопросам оптимизации обработки почвы в севооборотах, и в частности при возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья посвящено большое количество научных работ (Немцев Н.С., 2000; Шайкин С.В., 2002; Корчагин В.А., 2005; Чуданов И.А., 2006; Немцев С.Н. и др. 2009; Куликова А.Х. и др., 2010; Кочмин А.Г., 2015).

Основная обработка почвы, пройдя длительный путь развития от примитивных до современных интенсивных приемов, осталась самым значимым, самым трудоемким элементом систем земледелия. Земледельцы независимо друг от друга перешли от рыхления примитивными орудиями к обработке почвы плугом. Вспашка с одной стороны, являясь наиболее эффективным способом контроля над сорняками, долгое время обеспечивала высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Но в то же время способствовала интенсивному развитию эрозионных процессов и привела к снижению эффективного и потенциального плодородия почв (Кирюшин В.И., 1988; Макаров И.П., Картамышев Н.И., 1998; Чуданов И.А., 2006; Казаков Г.И., Морчагин В.А., 2009; Ивенин В.В., Строкин В.А., Осипов В.В., 2010).

В истории имеется много примеров нерационально подхода при выборе способов обработки почвы. Так, пыльные бури в 30-х годах прошлого столетия на территории США нанесли громадный ущерб земледелию, земли, где подверглись особенно сильному разрушению, снизили урожайность в два с лишним раза и обеспечивали выход зерна не более 0,8-0,9 т/га. Ветровая эрозия почв

---

охватила поля в Канаде и в ряде других стран. Позже пыльные бури прошли на целинных землях Казахстана, Сибири, в Поволжье, а также в Северном Кавказе, освоение целины, кроме повышения валового сбора зерна, принесло отрицательные экологические последствия (Сдобников С.С., 1988; Витер А.Ф. и др. 2014).

Такие последствия вынудили ученых вести поиск альтернативных вариантов обработки почвы. В нашей стране одним из первых отказаться от вспашки и обрабатывать почву на 5 см предложил И.Е. Овсинский (1899). Он исходил из того, что почва в естественном состоянии пронизывается корнями растений, ходами дождевых червей и т.п., и вполне водо- и воздухопроницаема. Вспашка уничтожает в почве каналы, образованные ими, и превращает почву в однородную порошковую массу.

Убедившись в несостоятельности в засушливых условиях травопольной системы В.Р. Вильямса, в 1950 году против вспашки выступил Т.С. Мальцев (1988). Он стал применять систему безотвальной обработки почвы в 4-польном севообороте с одной глубокой безотвальной основной обработкой парового поля и в остальных случаях - лущение дисками на глубину 7-8 см.

Чуть позже академик А.И. Бараев (1975), интегрировав опыт Канады с опытом Т.С. Мальцева (1988), сформировал концепцию принципиально нового земледелия для районов с сильно развитой ветровой эрозией. Суть её заключалась в замене вспашки безотвальной обработкой с сохранением на поверхности почвы стерни. В северной лесостепи эта система трансформировалась в обработку почвы стойками СибИМЭ более пригодной для склонов и уплотненных почв.

Дальнейшее развитие способов обработки почвы вылилось в почвозащитную систему, основанную на бесплужной обработке почвы не глубже 12-14 см (Турусов В.И., Гармашов В.М., Сыромятников Ю.Д., 2013).

Новый толчок к внедрению альтернативных вспашке способов обработки почвы, которые впоследствии стали именоваться энерго- или ресурсосберегающими, дал энергетический кризис,

разразившийся в начале 70-х годов. Поиск новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур шёл не только по пути замены вспашки на безотвальную обработку, но и уменьшения глубины обработки и даже полного отказа от неё, которая позже получила название нулевой обработки почвы (Волков А.И. и др., 2015).

Существенным доводом, который делает необходимым переход к ресурсосберегающим технологиям, является накопленный практический опыт и исследования в этой области, свидетельствующие о том, что вспашка является причиной падения плодородия и резкой агрофизической деградации почв. Деградация почв является следствием потери ими значительной части органического вещества, гумуса (Баздырев Г.И., Третьяков Н.Н., Белошапкина О.О., 2014). При вспашке происходит излишняя минерализация. О том, что вспашка почвы способствует уменьшению запасов гумуса, отмечает в своих работах В.И. Кирюшин (2006, 2011). Сторонники отвальной обработки почвы мотивируют необходимость её проведения тем, что в результате вспашки повышается фильтрация. Уменьшаются потери на испарение, существенно увеличивается накопление влаги осенне-зимних осадков и улучшается влагообеспеченность растений (Черкасов Г.Н., Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., 2012).

Все же, по мнению многих авторов, системы обработки существенно не влияют на агрофизические свойства почвы, в том числе на количество агрегатов размером от 0,25 до 10 мм в слое почвы 0-30 см и плотность почвы (Бахтин П.У., 1969; Казаков Г.И., 2008; Корчагин В.А. и др., 2015). Кроме того, имеются публикации, указывающие на отрицательное влияние на агрофизические свойства почвы минимальной обработки почвы (Макаренко А.А., 2008; Турусов В.И., Корнилов И.М., 2013) и о низкой отзывчивости зерновых культур на глубокие обработки почвы (Казаков Г.И., 2008; Кирюшин В.И., 2011; Шарков И.Н., 2009).

А.В. Захаренко (1997) отмечает, что лучшие условия для прорастания семян сельскохозяйственных культур, в том числе

---

озимой пшеницы, создаются при размещении их на плотной почве, прикрытой сверху рыхлым мелкокомковатым слоем, хорошо пропускающим воздух. При этом указывается, что слишком глыбистая или распыленная почва снижает всхожесть высеванных семян.

Для снижения потерь воды на испарение важно, чтобы верхний слой почвы состоял в основном из структурных комочков размером 0,25-3 мм. Испарение воды увеличивается, если в верхнем слое содержатся отдельные частицы размерами меньше 0,25 мм или больше 5 мм. Влажность почвы оказывает большое влияние на качество вспашки, культивации посева и других полевых работ.

По данным Ульяновского НИИСХ, наилучшие условия при подготовке чистых паров показало применение плоскорезной обработки и других безотвальных орудий (Немцев Н.С., 2000). При обработке занятых паров лучше использовать поверхностные и минимальные способы в сравнении со вспашкой, это приводило к повышению урожайности озимой ржи на 5,6-6,0 ц/га (Немцев С.Н., 2005).

В опытах Самарской ГСХА (Казаков Г.И., 2008) наиболее рациональной при подготовке занятых паров в лесостепи Среднего Поволжья является мелкая обработка почвы отвальными и безотвальными орудиями. Урожайность озимой пшеницы при этом после гороха по вспашке составила 28,9 ц/га; по рыхлению на 28-30 см – 29,5; по рыхлению на 10-12 см 28,7 ц/га; по дискованию на 6-8 см – 29,5 ц/га, при равных урожаях расход топлива при мелких обработках сокращается в разы. Аналогичные данные получены и в других регионах Среднего Поволжья (Система земледелия..., 2014).

На черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края наибольшую урожайность и экономическую эффективность обеспечивает возделывание озимой пшеницы по технологии без обработки почвы, с внесением рекомендованной научными учреждениями региона дозы мине-

ральных удобрений –  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , при этом увеличение дозы минеральных удобрений или отказ от их внесения, как и посев озимой пшеницы по традиционной технологии, приводит к снижению экономической эффективности (Стукалов Р.С., 2016).

Результаты исследований Ставропольского ГАУ (Вольтерс И.А., Журавлева Е.Н., 2007) показали, что запас доступной влаги перед севом озимой пшеницы по отвальной обработке в 20-сантиметровом слое был 22,0 мм, по безотвальной обработке - 22,2 мм. То есть различия незначительные. Что касается поверхностной обработки, то запас влаги перед севом составил 24,9 мм в связи с тем, что при поверхностной обработке влага испаряется только с верхнего слоя почвы, что обусловило большое накопление влаги по сравнению со вспашкой и безотвальным рыхлением.

Как избыточная влажность (более 250 мм), так и недостаточная (менее 50 мм) в метровом слое отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности. Г.Р. Дорожко и Д.А. Бородин (2010) отмечают, что запас доступной влаги перед севом озимой пшеницы (предшественник занятый пар) по отвальной обработке в 20-сантиметровом слое был 22,0 мм, по безотвальной обработке - 22,2 мм. Это объясняется тем, что при безотвальном рыхлении не происходит оборот пласта, не нарушаются генетические горизонты, что и привело к сохранению влаги в большем количестве. Что касается поверхностной обработки, то запас влаги перед севом был 24,9 мм.

При поверхностной обработке влага испаряется только с верхнего слоя почвы, что обусловило большое накопление влаги по сравнению со вспашкой и безотвальным рыхлением (Фисюнов Н.В., Еремин Д.И., 2013).

Многие исследователи указывают, что наиболее приемлема комбинированная обработка почвы в севооборотах, которая заключается в чередовании глубины основной обработки почвы: глубокую (25-27 см) в черном пару под озимые и яровые зерновые, также мелкой (12-14 см) под зерновые в сухую осень (Куликова А.Х., 1999; Немцев Н.С., 2000; Казаков Г.И., Милюткин В.А.,



---

2010; Витер А.Ф. и др. 2014). Для поверхностных и мелких обработок рекомендуется использовать орудия КПШ-9, АПК-6, БДТ-7, КПЭ-3,8, КУМ-4 и др.

На основе многолетних исследований установлены качественно новые стороны водного режима при обработке почвы с сохранением стерни на поверхности поля. В осенний период в почве при такой обработке накапливается дополнительно в среднем 17-18 мм влаги. Весенние запасы увеличиваются по сравнению с отвальной зябью на 28 мм, а в годы с засушливой осенью и небольшим количеством зимних осадков - на 40 и более мм.

При плоскорезной обработке складываются лучшие условия для перемещения влаги зимних осадков по почвенному профилю, что способствует более устойчивому водному режиму. Наиболее высокую эффективность плоскорезная обработка почвы обеспечивает в сухостепных районах Среднего Поволжья с годовой суммой осадков 300-320 мм. Оставленная на поле стерня является в этой зоне важным средством дополнительного накопления влаги и роста урожайности яровых зерновых культур.

В опытах, проведенных на южных черноземах и темно-каштановых почвах Самарского Заволжья, прибавка урожая яровых зерновых от плоскорезной обработки составила 1,7–2,0 ц/га. Выход зерна в севообороте с 1 га пашни увеличился при плоскорезной обработке на 10-12%, а в засушливые годы – на 50-55% (Корчагин В.А., 2005; Шевченко С.Н., Корчагин В.А., 2008).

По данным Е.В. Кузиной (2015), сохранение стерни при поверхностных обработках способствует накоплению снега, а снижение плотности ведет к уменьшению стока талых вод и увеличивает запасы влаги в почве. За годы исследований в слое 0-30 см вспаханной осенью почвы к моменту сева озимой пшеницы содержалось 37,5 мм влаги, а в поверхностно обработанной почве – 42,0 мм. Эти различия достаточно высоки и положительно сказались на полевой всхожести семян, состоянии всходов и урожайности культуры. По поверхностной обработке почвы урожай-

---

ность озимой пшеницы составила 40,3, а по отвальной обработке – 39,7 ц/га.

А.И. Беленков (2006) отмечает, что на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья наибольшее усвоение атмосферных осадков отмечается при глубокой обработке плоскорезами и корпусами СиБИМЭ, наименьшее – по мелкой безотвальной и чизельной обработкам. Оценка урожайности сельскохозяйственных культур и энергетической эффективности показала преимущество плоскорезной обработки перед отвальными. Такого же мнения придерживается О.В. Терентьев (2006). Он отмечает, что переход на энергосберегающие способы подготовки почвы и посева с использованием комбинированных агрегатов создает более благоприятные условия для роста и развития растений. Как показали исследования, агрофизические свойства при этом не ухудшаются, водный режим улучшается, повышается в почве содержание подвижного фосфора и обменного калия, уменьшаются темпы минерализации гумуса.

На основании анализа литературных источников и своих исследований А.Ф. Витер (2014) приходит к выводу о том, что большинство из предлагаемых способов обработки почвы не гарантирует стабильно большее накопление осенне-зимних осадков, независимо от сложившихся погодных условий года. Они же отмечают, что исследования последних лет свидетельствуют о том, что при оставлении на поверхности почвы органических остатков в виде мульчи происходит значительно большее накопление влаги почвы в течение всего года.

При выборе системы обработки почвы следует учитывать много факторов, в частности, показатели плодородия почвы (мощность гумусового горизонта, минералогический и гранулометрический состав, плотность почвы, структуру, строение пахотного слоя и др.), биологические требования культур севооборота, наличие сельскохозяйственной техники и прочие условия.

Таким образом, из вышеизложенного материала можно заключить, что ученые единодушны в том, что вспашка способ-

---

ствуется деградации почвы, и на черноземах рекомендуется комбинированная обработка почвы в севооборотах, сочетающая отвальные, безотвальные и поверхностные приемы обработки. Однако в вопросах влияния способов обработки на накопление влаги в почве у исследователей нет единого мнения. Мало данных по оптимизации обработки почвы в звеньях с зернобобовыми культурами и озимой пшеницы, а эффективность приемов обработки почвы в звеньях с люпином практически не исследовалась. Откуда следует, что исследования в этом направлении имеют научный интерес и практическую значимость.

---

## 2. Абиотические факторы и реакция растений

### 2.1 Почвенный покров опытного участка и его характеристика

Агроэкологические условия являются определяющим фактором в специализации сельскохозяйственного производства. Они влияют на урожай и качество растениеводческой продукции, затраты на их производство и эффективность используемых удобрений и других средств химизации.

Лесостепь Поволжья находится в бассейне Средней Волги и занимает восточную окраину обширной русской равнины. К ней относятся Ульяновская, Пензенская, северная часть Самарской области и северо-западные районы Саратовского Правобережья. Среднее Поволжье в почвенно-климатическом отношении имеет ряд особенностей, определяющих пути и уровни сельскохозяйственного производства в целом.

Лесостепная зона Поволжья характеризуется разнообразием почв. Однако господствующее положение занимают глинистые и суглинистые, мощные и выщелоченные черноземы и серые лесные почвы. В Ульяновской области они занимают соответственно 69,1 и 23,0% общей площади. В целом почвы региона, особенно черноземы, в естественном состоянии характеризуются благоприятными агрофизическими свойствами, водным и питательным режимами, реакцией почвенного раствора, высоким потенциальным плодородием (Немцев Н.С., Потушанский В.А., Захаров А.И., 2000).

Опытное поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ расположено на территории Чердаклинского района Ульяновской области, который относится к западному левобережному Приволжскому агропочвенному району, расположенному на надпойменной террасе реки Волги.

Основными почвообразующими породами являются древнеаллювиальные отложения в виде разнообразных песчано-суг-

линистых и песчано-глинистых осадков. Землепользование по рельефу характеризуется слабоволнистой равниной с высотой над уровнем моря 45 – 50 м. Линейные и блюдцеобразные понижения являются характерной чертой агроландшафта.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный средне-мощный тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу, со следующими морфологическими признаками:

$A_n$  0-30 см – темный, зернисто пылеватый комковатый, густо пронизан корнями растений, переход постепенный, средний суглинок.

$A_1$  31-50 см – темно-серый, зернисто-комковатый, однороден по окраске, переход постепенный, средний суглинок.

$B_1$  51-100 см – светло-бурый, зернисто-комковатый, увлажнен, переход постепенный, средний суглинок.

$B_2$  101-150 см – желтоватый, бесструктурный, рыхлый, переход постепенный, легкий суглинок.

$C$  151- желтый, бесструктурный, рыхлый, влажный, переход постепенный, легкий суглинок. Глубина и характер вскипания с 60 см- бурное. Гумусовые языки и потеки до 115см.

Химический анализ почвы опытного участка показал, что по содержанию гумуса она относится к малогумусным – от 5,35 до 5,15%. Реакция среды в пахотном слое слабокислая, рН 6,2 – 6,4. Содержание подвижного фосфора и обменного калия высокое, соответственно 30 – 35 и 20 – 25 мг на 100г почвы. Степень насыщенности почвы основаниями составляет 96,4 – 97,9%, сумма поглощенных оснований 25,5 – 27,8 мг – экв. на 100 г почвы.

В целом почва на опытном поле характеризуется достаточно высоким уровнем плодородия и благоприятна для возделывания всех сельскохозяйственных культур.

---

## **2.2 Агроклиматические ресурсы за годы исследований**

Климат Ульяновской области - умеренно континентальный с отчетливо выраженными сезонами года. Зима - довольно холодная, лето - теплое. Переходные сезоны года – весенний и осенний – сжаты. Это характерная черта климата всех географических районов, расположенных далеко от океанических побережий.

Климат формируется под влиянием многих факторов, из них главная роль принадлежит следующим:

1. Радиационный режим. Географическое положение области – в умеренном поясе на востоке Восточно-Европейской равнины – определяет существенные различия в поступлении солнечного тепла в летние и зимние месяцы. В среднем за год у нас наблюдается 1500-2000 часов солнечного сияния (ясной погоды днем), что составляет около 40% от возможного. Самый солнечный период- с апреля по август.

2. Вторым важным климатообразующим фактором является движение воздуха – циркуляционный фактор.

Наибольшее воздействие на климат оказывают западные воздушные течения с Атлантического океана, которые смягчают и увлажняют климат области. В зимний период западные и юго-западные потоки воздуха приносят потепление, погоду со значительной и сплошной облачностью, частым выпадением снега, усилением ветров. В теплый период года влажные атлантические воздушные потоки понижают температуру и обуславливают дожди.

В то же время на климат области оказывают существенное влияние воздушные массы, образующиеся над огромной территорией суши, расположенной на востоке. В холодное время года влияние восточных воздушных течений от сибирского антициклона вызывает морозную погоду, слабое развитие облачности, несильные ветры – морозную дымку. В теплое время года под воздействием восточных континентальных масс устанавливается ясная погода.

---

Во все сезоны к нам может проникать сухой холодный арктический воздух с севера. Он приносит морозную погоду зимой и прохладную летом. Весной и осенью северный воздух формирует заморозки. В отдельные годы арктические воздушные массы оказываются преобладающими, тогда лето в Ульяновской области бывает холодным, с большим количеством осадков.

В основном на территории Ульяновской области преобладают западные и юго-западные вторжения воздуха. Этим обуславливается умеренно континентальный климат.

3. Третьим климатообразующим фактором является характер подстилающей поверхности. Она влияет на скорость ветра, влажность и температуру воздуха, от чего зависит местный климат и микроклимат отдельных районов.

Область несет на себе все отрицательные признаки засушливого климата Юго-Востока и лесостепи с частыми возвратами длительных весенних холодов и наступлением ранних осенних заморозков. В связи с тем, что Ульяновская область располагается в пределах 5<sup>0</sup> по широте, различия за вегетационный период по территории незначительно как в радиационном балансе, так и в температурном режиме.

Урожай сельскохозяйственных культур является сложной функцией многих факторов, в первую очередь почвенно-климатических. Увязка климатических условий с требованиями сельскохозяйственных культур осуществляется посредством агроклиматических показателей. По данным Приволжской гидрометеорологической службы среднегодовая температура воздуха на территории области составляет +4,0°С при средней температуре самого холодного месяца (январь) –14°С и самого теплого (июнь) +20°С. Продолжительность безморозного периода составляет 130-150 дней, период со среднесуточной температурой выше +10°С -142 дня, с суммой активных температур 2340°С. Среднегодовое количество осадков составляет 400–500 мм. При соотношении осадков теплого и холодного периодов 37–40%.

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 она 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. (таблица 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



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 <sub>май-июнь</sub>	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)	-	-

конце второй декады апреля, что является обычным для зоны Заволжья (рис. 1, 2).

В 2004 году количество осадков за май-июнь составило 195,2 мм, а ГТК=1,70 ед., но по фазам развития и декадам метеословия были контрастными как по температуре, так и условиям увлажнения, при этом засушливой 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 °С, а май - на 1,9 °С. 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 °С. 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 аномально высокая температура воздуха (декабрь 0,0 °С, при норме -8,3 °С; январь -2,3 °С, 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 недостаточном 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  $3,4^{\circ}\text{C}$  выше нормы. В апреле выпало 15,3 мм, что составляет 45,9% от 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 зна-

---

чениям 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.

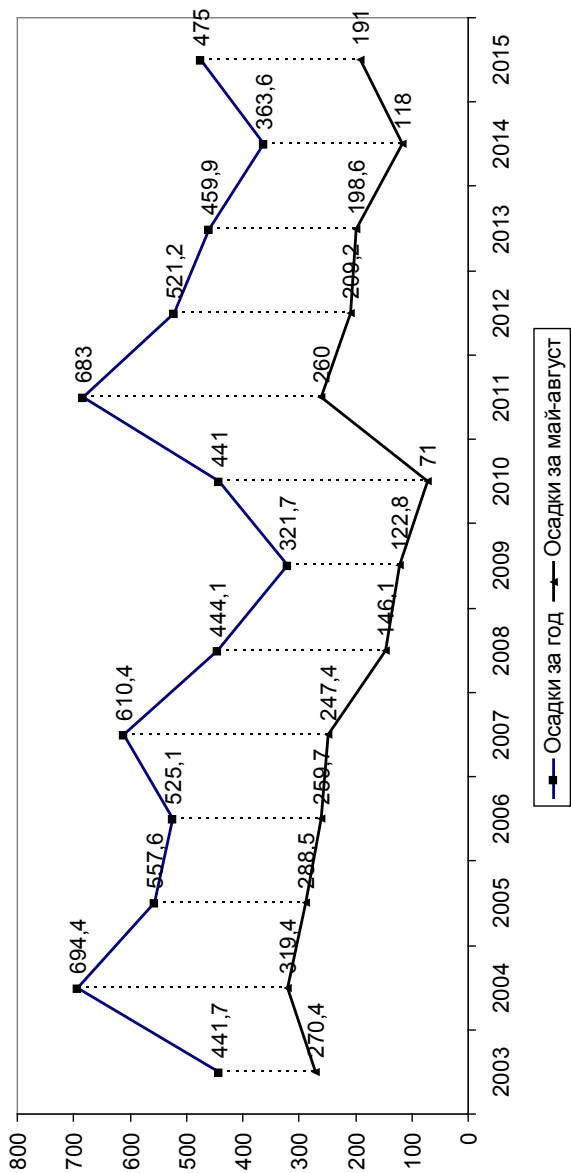
---

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. 1, 2).

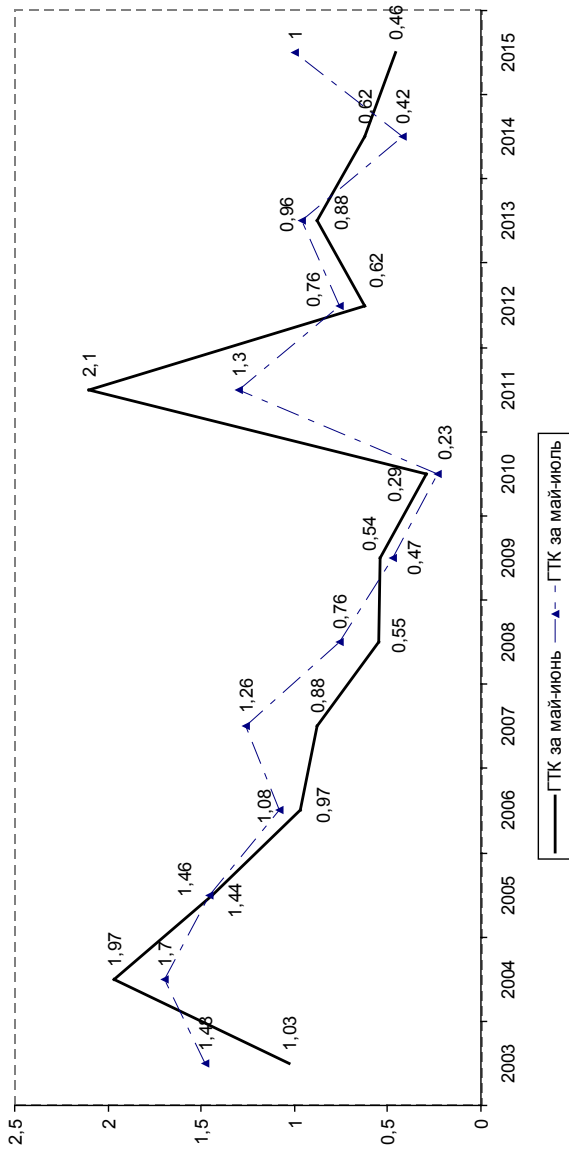
В 2012 году возобновление вегетации сельскохозяйственных культур произошло раньше среднелетних сроков. При этом аномально высокая температура во второй и третьей декадах апреля (в апреле на 4,0 °С выше нормы) способствовала быстрому наступлению физической спелости почвы. При пониженном количестве осадков и повышенном температурном режиме ГТК май-июнь составил 0,62 ед., вторая половина вегетации была близка к среднелетним значениям. Развитие озимых культур осенью 2012 года происходило при повышенном температурном режиме. Отсутствие снега в декабре привело к 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 °С при норме 2155 °С. 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 °С, что на 1,5 °С ниже нормы. Практически весь май стояла аномально теплая и жаркая погода с большой амплитудой суточной температуры – от +3,5 до +30,4



**Рисунок 1 - Сумма осадков за годы проведения исследований по данным метеопоста «Октябрьский»**



**Рисунок 2 - Гидротермический коэффициент (по Селянинову) за периоды май-июнь и май-июль в годы проведения исследований**

°С. 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.



### **2.3 Схема опыта и ее обоснование**

Исследования проводились на многолетнем стационарном полевом опыте кафедры земледелия и растениеводства Ульяновского ГАУ в ротациях 4-х севооборотов, развернутых во времени и пространстве (фактор А), на фоне двух вариантов основной обработки почвы (фактор В): 1. комбинированной; 2. минимизированной и двух фонов удобрения (фактор С): 1. Солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (фон средний); 2. Солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$  (фон повышенный). Удобрения рассчитывались на запланированную урожайность озимой пшеницы, 4,0 - 4,5 т/га по чистому пару, 3,0 - 4,0 т/га по занятым парам: горох, люпин, горох + люпин (рис. 3, приложение 4).

Стационарный полевой опыт подразумевал изучение 4-х 6-польных севооборотов: зернопаровой, зернотравяной с коострецом, зернотравяной с люцерной и зернотравяной со смесью люцерны и коостреца. Объектом наших исследований являлись паровые звенья с озимой пшеницей, то есть 1 и 2 поля севооборотов: чистый пар – озимая пшеница; горох – озимая пшеница; люпин – озимая пшеница; горох + люпин – озимая пшеница (таблица 3).

Обработка почвы в севооборотах была следующая:

1) Комбинированная в севообороте - сочетание вспашки и безотвальной обработки с дифференциацией по глубине в зависимости от биологических требований культур.

2) Минимизированная обработка - направлена на уменьшение глубины, кратности, совмещения операций за счет применения комбинированных энергосберегающих агрегатов (приложение 3).

В паровом звене и в звене севооборотов с бобовыми культурами обработка почвы проводилась по следующим технологиям:

Обработка почвы под парозанимающие культуры и чистый пар:

1) Дискование БДМ 4х4 на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.



2014 год



2017 год

**Рисунок 3 - Стационарный полевой многолетний опыт по изучению эффективности приемов биологизации земледелия, на фото - 6 блоков - по числу полей в севооборотах (заложен в 1975 году)**

Таблица 3 - Схемы экспериментальных севооборотов в 3-х факторном полевом опыте

№ сево-борота	Поля					
	1	2	3	4	5	6
I	Пар чистый	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Горох + люпин	Яровая пшеница	Яровая пшеница
II	Горох	Озимая пшеница	Яровая пшеница +кострец	Кострец 1 г. п.	Кострец 2 г. п.	Яровая пшеница
III	Люпин	Озимая пшеница	Яровая пшеница +люцерна	Люцерна 1 г.п.	Люцерна 2 г.п.	Яровая пшеница
IV	Горох + люпин	Озимая пшеница	Яровая пшеница +травосмесь	травосмесь 1 г.п.	травосмесь 2 г.п.	Яровая пшеница

2) Дискование БДМ-4х4 на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см.

Обработка почвы под озимую пшеницу после парозанимающих культур:

1) двукратное дискование БДМ 4х4 на глубину 8–10 см и 10–12 см. Предпосевная культивация КПИР–3,6 на 6–8 см.

2) на чистом пару под озимую пшеницу послойно – поверхностная обработка чистого пара КПИР 3,6 на 10–12 см; 8–10 см; 6–8 см.

Посевная площадь делянок первого порядка 560 м<sup>2</sup>, второго порядка - 280 м<sup>2</sup> и третьего порядка - 140 м<sup>2</sup>. Делянки располагаются систематически в трехкратной повторности.

## **2.4 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):

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

где:  $Y_{ny}$  – потенциальная урожайность сухой массы, ц/га;  $\eta$  – КПД ФАР, %;  $K_m$  – коэффициент хозяйственной эффективности урожая;  $\Sigma Q_{\text{ФАР}}$  – приход ФАР за период вегетации, кДж/см<sup>2</sup>;  $g$  – 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 предлагает определять действительно возможную урожайность (ДВУ), которая рассчитывается 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:

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

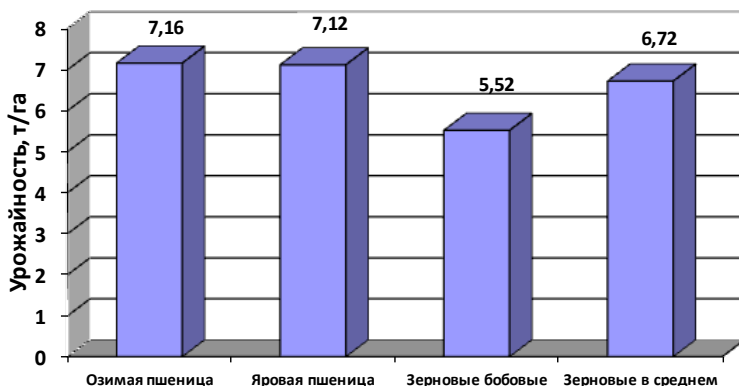
где:  $K_p$  – биогидротермический потенциал продуктивности, балл;  $T_v$  – период вегетации в декадах;  $R$  – суммарная ФАР за период вегетации, ккал/см<sup>2</sup>.

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

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

где:  $K_{увл}$  – коэффициент увлажнения;  
 $\sum t > 10$  – сумма  $t > 10^\circ C$  (за период вегетации культуры);  
 $1000^\circ C$  – сумма  $t$  выше  $10^\circ C$  на северной границе земледелия.

Биоклиматический потенциал характеризуется комплексом климатических факторов, определяющих возможную биологическую продуктивность данной территории. Максимальная продук-



**Рисунок 4 - Потенциальная урожайность зерновых культур по приходу фотосинтетической активной радиации (2 %), т/га**

тивность 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 среднемноголетним данным суммарный приход ФАР в условиях Ульяновской области в среднем за период вегетации зерновых культур составляет 106 кДж/см<sup>2</sup>, озимой пшеницы – 113 кДж/см<sup>2</sup>, яровой пшеницы – 106 кДж/см<sup>2</sup>, гороха – 88 кДж/см<sup>2</sup>.

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. 4).

Суммарный приход ФАР в условиях лесостепи Поволжья за период вегетации многолетних трав составляет 12,2 млрд. кДж/га. В наших расчетах при аккумуляции фотосинтетической

Таблица 4 - Потенциальная и действительно возможная урожайность полевых культур в условиях земледелия лесостепи Поволжья

Культура	Потенциальная урожайность по ФАР 2%, т/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

\*- для озимых культур 1- 350 мм; 2-400 мм; для яровых культур 1-300 мм; 2-350 мм

активной радиации (ФАР) 2 % возможная урожайность зеленой массы многолетних трав составит 66,5 т/га.

В таблице 4 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 среднемноголетним 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 весен-



не-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.

Зернобобовые культуры - люпин и горох более требовательные культуры к влагообеспеченности, что даже при непродолжительном дефиците влаги клубеньки отмирают из-за недостатка углерода, 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.

Согласно выше проведенным расчетам, потенциально возможная урожайность зерновых культур по приходу фотосинтетической активной радиации в условиях лесостепи Поволжья может составить: гороха и люпина 5,52, озимой пшеницы – 7,16 т/га и яровой пшеницы – 7,12 т/га зерна. 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.

## ***2.5 Продолжительность межфазных периодов полевых культур***

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 архитектонике посевов: высоте растений, индексе 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).

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.А., 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), недостаток – 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; влагообеспеченности, температуры воздуха, продолжительности светового дня и других факторов.

Продолжительность вегетации зернобобовых культур и составляющих ее периодов приводятся в таблице 5.

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.

В условиях недостатка тепла (средняя температура в 2004 г. 9,2°С), 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°С и 15,0°С.

Корреляционный анализ позволил выявить обратную связь продолжительности периода посев – всходы со среднесуточной температурой воздуха ( $r = -0,80...м 0,95$ ). 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 ( $r = 0,18...0,19$ ). Посев люпина проводился на глубину 3-4 см (он выносит семядоли на поверхность почвы). В условиях быстрого нарастания среднесуточных температур и иссушения верхнего слоя

Таблица 5 - 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 – полная спелость
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.		<b>11</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>79</b>
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.		<b>12</b>	<b>45</b>	<b>35</b>	<b>92</b>

Продолжение таблицы 5

Культура	Годы	Продолжительность периодов, сутки			
		посев - всходы	посев - цветение	цветение –полная спелость	посев – полная спелость
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.		<b>14</b>	<b>33</b>	<b>64</b>	<b>111</b>
V,%		10,9	12,4	4,4	3,8
Люпин узколист- ный (в смеси с горохом)	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.		<b>12/13</b>	<b>34/29</b>	<b>35/41</b>	<b>80/82</b>
V,%		15,1/13,9	8,3/7,6	7,3/6,2	7,7/6,4

\*- над чертой горох, под чертой люпин узколистный

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 (таблица 6).

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 ( $r = -0,66...-0,99$ ).

Как и предыдущая фаза развития, продолжительность периода цветения-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 ( $r = 0,69...0,89$ ), 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 ( $r = -0,73...-0,97$ ).

Зависимость длины межфазных периодов и всего периода вегетации от погодных условий (количества осадков, температуры воздуха и гидротермического коэффициента) приведены в таблице 6.

Нами выявлены следующие закономерности:

- продолжительность развития растений по фазам и в течение вегетации находится в обратной зависимости от среднесу-

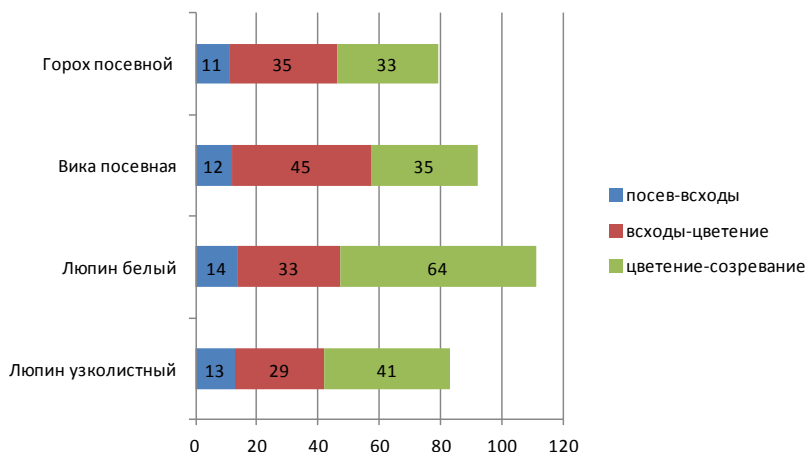
Таблица 6 – Коэффициенты корреляции и связь продолжительности межфазных периодов зерновых бобовых культур с абиотическими факторами

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

точной 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.





**Рисунок 5 - Сравнительная продолжительность межфазных периодов зернобобовых культур в условиях лесостепи Поволжья**

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. 5).

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 важным 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.

Изучаемые агротехнические приемы – обработка почвы и удобрения изменяли условия произрастания и развития 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.

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 °С), что во многом влияет на их перезимовку. Температура определяет скорость на-

---

бухания, 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 – колосение 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 возможностей, 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 показали, 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 определялись 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 зависела от погодных условий второй половины сентября и начала октября. В годы проведения опытов агрометеороусловия 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 7).

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 сутки (2013-2014 гг.), до 180 суток (2002-2003 гг.) при среднем значении 166 дней (коэффициент вариации 5,1-5,2 %).

Таблица 7 – 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 колосшение	22	19,5	22	18,4	21	17,3	23	16,5
Колосшение-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.

---

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 сидеральными 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 повышен-

---

ные 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 8).

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  $r = -0,42...-0,68$ , степень зависимости колебалась от обратной слабой до обратной средней.

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

Таблица 8 – Коэффициент корреляции и связь продолжительности межфазных периодов озимой пшеницы с абиотическими факторами (2002-2015 гг.)

Культура	Межфазные периоды				колошение – полная спелость
	посев – всходы	всходы -кущение	возобнове- ние вегета- ции - выход в трубку	выход в труб- ку-колошение	
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



---

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.

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.

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.

Продолжительность вегетационного периода зерновых бобовых и озимой пшеницы 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.

---

### **3. Динамика показателей плодородия почвы при биологизации технологии возделывания озимой пшеницы**

#### ***3.1 Агрофизические свойства почвы***

Одна из наиболее актуальных проблем современного земледелия – сохранение и воспроизводство плодородия почв (Никольников И.М., Боронтов О.К., 2003; Дедов А.В., Драчев Н.А., 2010; Кирюшин В.И., 2011). Агрофизические свойства почв и их направленное изменение имеют исключительно важное значение в повышении плодородия почвы и создании оптимальных условий для роста и развития растений (Бахтин П.У., 1969).

К основным агрофизическим показателям, определяющим плодородие почвы, относятся: плотность сложения и ее структурный состав.

Плотность почвы. Плотность пахотного слоя почвы определяет направленность применения технологических процессов при оптимизации физического состояния, а также указывает на степень окультуренности или деградации. От плотности сложения почвы зависит ее способность накапливать и сохранять влагу, мобилизовывать питательные вещества, создавать условия для жизнедеятельности микроорганизмов, что служит важнейшим фактором плодородия (Вильямс В.Р., 1949; Качинский Н.А., 1965; Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., 2016).

По основным земледельческим зонам России для многих сельскохозяйственных культур на основных типах почв установлены показатели оптимальной плотности пахотного слоя (Ревут И.Б., 1972; Слесарёв В.Н., 1984; Пупонин А.И., 1984; Казаков Г.И., 2008; Турусов В.И., Корнилов И.М., 2013; Солодовников А.П., 2015).

По данным Н.Т. Вороновой (1990), для большинства зерновых культур оптимальная плотность темно-серых лесных почв в северной лесостепи Тюменской области составляет 1,00 – 1,25 г/

см<sup>3</sup>. Н.В. Абрамов (1992) конкретизировал в лесостепной зоне оптимальные значения этого параметра для серой лесной почвы: для пшеницы 1,05 - 1,23 г/см<sup>3</sup>, для ячменя – 1,22 - 1,29 г/см<sup>3</sup>.

В вегетационных опытах Н.В. Вороновой уплотнение почвы на 0,10 - 0,22 г/см<sup>3</sup>сверх оптимальной величины снижало урожайность зерновых на 28 - 30 %.

Л.В. Ильина (1990) на серой лесной тяжелосуглинистой почве установила, что диапазон равновесной плотности при средней степени окультуренности составляет 1,39–1,41 г/см<sup>3</sup>, а при высокой – 1,36 – 1,38 г/см<sup>3</sup>. По исследованиям Г.И. Казакова (2008), на черноземах Среднего Поволжья оптимальная плотность для озимых культур находится в пределах 1,1 – 1,3 г/см<sup>3</sup>, показатели общей пористости при этом составляют 51 – 58 %.

По данным опытов, проведенных на опытном поле Ульяновской ГСХА для зернобобовых культур, оптимальная величина плотности сложения пахотного слоя почвы составляет 1,0 – 1,2 г/см<sup>3</sup>, отклонение от оптимальной величины ведет к снижению урожайности (Подсевалов М.И., Хайртдинова Н.А., 2012).

Обработка почвы служит одним из важных факторов регулирования ее плотности, а ее величина – диагностическим показателем необходимости механической обработки почвы, а также показателем качества и эффективности ее приемов.

Сельскохозяйственные растения формируют максимальную продуктивность при оптимальных показателях водно-физических свойств почвы. Однако вопрос о влиянии снижения интенсивности и глубины основной обработки на плотность сложения почвы остается дискуссионным.

По исследованиям некоторых ученых, систематическое применение минимальных и нулевых обработок приводит к увеличению плотности сложения пахотного слоя выше оптимальных значений (Чуданов И.А., 2006; Романенко А.А., Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., 2013). По данным других исследователей, способы основной обработки не оказывают существенного влияния на плотность почвы в весенний период (Дедов А.В., Трофимова Т.А.,

Болучевский Д.А., 2013; Турусов В.И., Гармашов В.М., Сыромятников Ю.Д., 2013).

Таким образом, исследования, направленные на определение влияния на величину этого показателя глубины обработки и влажности почвы пахотного слоя, остаются актуальными.

Анализируя данные, полученные нами в 2013 - 2015 гг., по плотности почвы необходимо отметить, что по предшественникам и изучаемым системам обработки почвы величина плотности слоя 0-30 см в полях озимой пшеницы во все периоды наблюдений соответствовала верхней границе оптимальных значений 1,26 – 1,32 г/см<sup>3</sup>, главным образом за счет благоприятного сложения верхнего слоя почвы 0-10 см (таблица 9).

В период посев – всходы она составляла 1,09 – 1,12 г/см<sup>3</sup>, в период возобновления вегетации 1,23 – 1,26 г/см<sup>3</sup>, в период полной спелости – уборка 1,26 – 1,29 г/см<sup>3</sup>. Вместе с тем, уже к периоду посев – всходы отмечалось высокое значение показателей плотности почвы в слоях 10 – 20 и 20 – 30 см, плотность которых составляла 1,15 – 1,19 г/см<sup>3</sup> и 1,22 – 1,25 г/см<sup>3</sup> соответственно. В фазу возобновления вегетации значения объемной массы составляли соответственно 1,24 – 1,28 и 1,30 – 1,32 г/см<sup>3</sup>, перед уборкой 1,30 – 1,32 и 1,33 – 1,35 г/см<sup>3</sup>. Как видим плотность 10 – 20 и 20 – 30 см слоев почвы превышала оптимальные значения на 0,02 – 0,08 г/см<sup>3</sup> и была близка к равновесному показателю 1,30 – 1,35 г/см<sup>3</sup>.

В ходе исследований было установлено, что вид пара не оказывал какого-либо существенного влияния на данный показатель. Так, при размещении озимой пшеницы по чистому пару плотность слоя почвы 0 – 30 см перед посевом составила 1,16 г/см<sup>3</sup>, а при размещении ее после гороха, люпина и горохо-люпиновой смеси - 1,17 – 1,19 г/см<sup>3</sup>. В фазу возобновления вегетации данный показатель по чистому пару находился в пределах 1,24 – 1,29 г/см<sup>3</sup>, а по занятым парам 1,26 - 1,30 г/см<sup>3</sup>, перед уборкой 1,27 – 1,33 и 1,28 – 1,34 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Что касается верхнего слоя почвы (0 – 10 см) во все годы исследований он характеризовался более рыхлым сложением

Таблица 9 - Влияние предшественников и обработки почвы на плотность сложения пахотного слоя, г/см<sup>3</sup>

Факторы		Слой почвы, см	Посев	Возобновление – вегетации	Уборка
Предшественник	Обработка почвы				
Чистый пар	B <sub>1</sub>	0-10	1,10	1,22	1,26
		10-20	1,15	1,24	1,30
		20-30	1,22	1,30	1,33
		0-30	1,16	1,26	1,29
	B <sub>2</sub>	0-10	1,09	1,25	1,28
		10-20	1,16	1,27	1,31
		20-30	1,24	1,32	1,35
		0-30	1,16	1,27	1,31
Горох	B <sub>1</sub>	0-10	1,12	1,24	1,27
		10-20	1,17	1,26	1,31
		20-30	1,23	1,30	1,34
		0-30	1,17	1,27	1,31
	B <sub>2</sub>	0-10	1,13	1,25	1,28
		10-20	1,18	1,27	1,32
		20-30	1,25	1,31	1,35
		0-30	1,19	1,28	1,32
Люпин	B <sub>1</sub>	0-10	1,11	1,25	1,28
		10-20	1,18	1,26	1,30
		20-30	1,24	1,31	1,33
		0-30	1,18	1,26	1,30
	B <sub>2</sub>	0-10	1,12	1,26	1,29
		10-20	1,19	1,28	1,31
		20-30	1,25	1,31	1,35
		0-30	1,19	1,28	1,32
Горох + люпин	B <sub>1</sub>	0-10	1,13	1,23	1,27
		10-20	1,17	1,26	1,30
		20-30	1,23	1,30	1,34
		0-30	1,18	1,26	1,30
	B <sub>2</sub>	0-10	1,12	1,25	1,28
		10-20	1,18	1,27	1,30
		20-30	1,24	1,31	1,35
		0-30	1,18	1,28	1,31

B<sub>1</sub> – комбинированная в севообороте; B<sub>2</sub> – минимальная

(1,09 – 1,10 г/см<sup>3</sup>) при размещении озимой пшеницы после чистого пара. При посеве культуры после занятых паров ее плотность была несколько выше и составляла 1,11 – 1,13 г/см<sup>3</sup>. Перед уборкой складывалась аналогичная ситуация. Величина этого показателя при размещении озимой пшеницы после чистого пара составила 1,26 – 1,28 г/см<sup>3</sup>, а после занятых паров 1,27 – 1,29 г/см<sup>3</sup> соответственно приемам комбинированной и минимальной обработок почвы. Во все годы наблюдений на всех вариантах опыта отмечено увеличение плотности сложения почвы, начиная от посева до уборки пшеницы.

Что касается влияния систем основной обработки почвы, то проведенные исследования показали незначительное уплотняющее действие на пахотный слой применения минимальной обработки почвы относительно традиционной комбинированной системы. Так, после посева озимой пшеницы в среднем за 3 года в слое 0 – 10 см плотность почвы по изучаемым вариантам систем обработки была практически одинаковой и составляла после чистого пара 1,09 – 1,10 г/см<sup>3</sup>, после занятых паров 1,1 – 1,13 г/см<sup>3</sup>. При этом слои почвы 10 – 20 и 20 – 30 см на вариантах минимизированной обработки были на 0,01 – 0,02 г/см<sup>3</sup> плотнее. К периоду весеннего кущения озимой пшеницы указанные закономерности влияния обработки почвы на ее плотность сохранились и в некоторой степени становились более отчетливыми. В среднем по слоям 0 – 10 ; 10 – 20; и 20 – 30 см мелкая обработка увеличивала плотность на 0,01 – 0,03 г/см<sup>3</sup>. В целом основная обработка почвы обеспечивала сложение пахотного слоя в пределах 1,16 – 1,19 г/см<sup>3</sup> перед посевом, 1,26 – 1,28 г/см<sup>3</sup> в фазу возобновления вегетации и 1,29 – 1,32 г/см<sup>3</sup> перед уборкой.

Таким образом, за весь период исследований плотность сложения почвы была оптимальной для возделывания озимой пшеницы, не выходя за рамки равновесной плотности, что в свою очередь говорит о возможности минимализации основной обработки почвы в условиях региона.

Структурно-агрегатный состав почвы. К числу важнейших

факторов, определяющих плодородие почвы, относится ее структурный состав. Он служит характерным генетическим признаком почвы, так как является функцией факторов, определяющих почвенный тип, механический, химический состав, а также наличие и качество органического вещества.

Важную роль в улучшении плодородия почвы в устойчивости ее против водной эрозии играют структурные водопрочные агрегаты. С увеличением их содержания улучшаются аэрация, водопроницаемость и водный режим почвы.

Водопрочность приобретает почвенными агрегатами в результате скрепления механических частиц органическими и минеральными коллоидными веществами, но чтобы агрегаты не расплывались под действием воды, коллоиды должны скоагулировать необратимо. Чаще всего такими коагулянтами являются катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . При наличии одновалентных катионов  $\text{Na}^+$  необратимой коагуляции не происходит и прочной структуры не образуется.

Не менее велика в формировании агрономически ценной структуры роль сельскохозяйственных растений, корневая система которых проникает в уплотнившуюся почву, расчленяет и дробит ее. В результате разложения отмирающих частей растений в почве возрастает количество новообразованных гуминовых кислот, заметным образом повышающих водопрочность структуры почвы.

Структурно агрегатный состав почвы исследовали методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову. Результаты наших исследований свидетельствуют (таблица 10), что длительное применение различных способов основной обработки почвы в системе севооборотов приводит к некоторому изменению структурно-агрегатного состояния почвы. Необходимо отметить, что дифференцированная в севообороте система основной обработки почвы обеспечивала более благоприятное состояние слоя 0 – 30 см. Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25 – 10 мм) после чистого пара весной составляла 65 %, после гороха – 66,7 %, после



Таблица 10 - Структурно-агрегатный состав почвы под посевами озимой пшеницы в севооборотах за 2013-2015 гг.

Фактор		Фракции, мм	Возобновление вегетации		Уборка	
Пред- ше- ствен- ник А	Обра- ботка почвы В		Содер- жание агрегатов в слое 0-30 см, %	Кoeffи- циент струк- турно- сти	Содер- жание агрегатов в слое 0-30 см, %	Кoeffи- циент струк- турности
Чистый пар	В <sub>1</sub>	0,25 - 10	65,0	1,86	68,8	2,20
		> 10	26,0		24,2	
		< 0,25	9,0		7,0	
	В <sub>2</sub>	0,25 - 10	63,2	1,72	67,8	2,11
		> 10	27,7		25,2	
		< 0,25	9,1		7,0	
Горох	В <sub>1</sub>	0,25 - 10	66,7	2,00	68,4	2,16
		> 10	26,3		25,4	
		< 0,25	7,0		6,2	
	В <sub>2</sub>	0,25 - 10	66,4	1,98	67,9	2,12
		> 10	26,3		26,0	
		< 0,25	7,3		6,1	
Люпин	В <sub>1</sub>	0,25 - 10	66,5	1,98	68,5	2,17
		> 10	26,6		25,5	
		< 0,25	6,9		6,0	
	В <sub>2</sub>	0,25 - 10	66,1	1,95	68,0	2,12
		> 10	26,7		25,6	
		< 0,25	7,2		6,4	
Горох + люпин	В <sub>1</sub>	0,25 - 10	66,8	2,01	68,3	2,15
		> 10	26,3		25,6	
		< 0,25	6,9		6,1	
	В <sub>2</sub>	0,25 - 10	66,3	1,97	68,2	2,14
		> 10	26,5		25,8	
		< 0,25	7,2		6,0	

В<sub>1</sub> – комбинированная в севообороте; В<sub>2</sub> – минимальная

люпина – 66,5 %, после горохо-люпиновой смеси – 66,8 %, при достаточно высоком коэффициенте структурности – 1,86; 2,00; 1,98 и 2,01 % соответственно. На варианте минимальной основной обработке почвы в системе севооборотов прослеживается ухудшение структурно-агрегатного состояния верхнего слоя почвы за счет увеличения содержания в нем пылевидных частиц (менее 0,25 мм). Содержание агрономически ценных агрегатов после чистого пара составляло 63,2 %, после гороха – 66,4 %, после люпина – 66,1 %, после горохо-люпиновой смеси – 66,3 %; с коэффициентом структурности – 1,72; 1,98; 1,95 и 1,97 % соответственно.

Большее содержание пылевой фракции отмечено в варианте по чистому пару, вероятнее всего это связано с проведением культивации в период парования, что приводит к более сильному распылению обрабатываемого слоя.

В момент уборки озимой пшеницы по всем вариантам опыта на всех полях отмечено улучшение структурного состояния почвы. За период возобновление вегетации – уборка содержание агрономически ценных агрегатов в слое 0 – 30 см увеличилось после чистого пара по комбинированной обработке на 3,8 %, по минимизированной на 4,6 % при коэффициенте структурности 2,20 и 2,11, с уменьшением доли пылеватых частиц. После гороха, люпина, горохо-люпиновой смеси увеличение агрономически ценных агрегатов составило соответственно на 1,7– 1,5; 2,0 – 1,9; 1,5 – 1,8 % при более высоком коэффициенте структурности, чем весной 2,11 – 2,17.

Таким образом, применение комбинированной основной обработки почвы в севообороте несколько улучшает ее структурное состояние по сравнению с вариантом минимизированной обработки. Оптимизация структурно – агрегатного состояния почвы при этом происходит за счет развития более мощной корневой системы возделываемых культур и повышения биологической активности почвы на вариантах с дифференцированной обработкой. Необходимо также отметить, что при выращивании озимых по чистому пару растения имеют более мощную корне-

вую систему при повышенной биологической активности почвы, чем после занятых паров, в связи с чем к уборке происходит увеличение количества агрономически ценных агрегатов.

Важным показателем структурного состояния является водопрочность агрономически ценных агрегатов, то есть способность их противостоять размывающему действию воды. Водопрочность определяли методом «мокрого» агрегатного анализа на приборе И.М. Бакшеева, водопрочные агрегаты при этом не размываются водой или частично распадаются на микроагрегаты. Не водопрочные агрегаты распадаются на механические элементарные частицы, расплываются. Параметры оценки структурного состояния почвы по С.И. Долгову (1966) и П.У. Бахтину (1969) следующие: отличная структура – более 70 % водопрочных макроагрегатов, хорошая – 70 – 55 %, удовлетворительная 55 – 40%, неудовлетворительная 40 – 20 %, плохая – менее 20 %.

На черноземах, принято считать структурными почвы, содержащие более 60 % водопрочных агрегатов, мало структурными - 60 – 40 % и без структурными менее 40 % от образца. Улучшение и поддержание структурного состояния почвы является одним из важнейших путей управления ее плодородием. Под воздействием механических, химических и биологических факторов структура почвы изменяется по сезонам года и в течение ротации севооборота. Влияние посевов, предшественников проявляется в зависимости от приемов обработки почвы, характера размещения культур, ветвления корней, сроков их отмирания и других факторов (Сафонов А.Ф., 2011).

О влиянии севооборотов предшественников и систем основной обработки почвы на изменение структурного состава почвы можно судить по данным таблицы 11.

В посевах озимой пшеницы по чистому пару на варианте комбинированной обработки с весны до уборки наблюдалось увеличение водопрочных агрегатов в слое 0 – 10 см на 8,6 %, 10 – 20 см на 5,4 %, и 20 – 30 см на 6,1 %; после гороха – на 8,9; 5,0; 4,7 %, люпина – на 8,7; 6,4; 4,7 %, после горохо-люпиновой смеси

Таблица 11 - Содержание водопрочных агрегатов чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы за 2013 -2015 гг.

Фактор		Количество, %							
Пред- ше- ствен- ник А	Обра- ботка почвы В	7-0,25 мм				< 0,25			
		0-10	10- 20	20- 30	0-30	0-10	10- 20	20- 30	0-30
Чистый пар	Возобновление вегетации								
	V <sub>1</sub>	57,4	64,8	65,0	62,4	42,6	35,2	35,0	37,6
	V <sub>2</sub>	56,3	63,4	63,1	60,9	43,7	36,6	36,9	39,1
	Уборка								
	V <sub>1</sub>	66,0	70,2	71,1	69,1	34,0	29,8	28,9	30,9
	V <sub>2</sub>	65,8	68,4	68,6	67,6	34,2	31,6	31,4	32,4
Горох	Возобновление вегетации								
	V <sub>1</sub>	56,8	64,6	65,3	62,2	43,2	35,4	34,7	37,8
	V <sub>2</sub>	55,9	63,9	64,2	61,3	44,1	36,1	35,8	38,7
	Уборка								
	V <sub>1</sub>	65,7	69,9	70,0	68,5	34,3	30,1	30,0	31,5
	V <sub>2</sub>	64,4	66,8	67,3	66,2	35,6	33,2	32,7	33,8
Люпин	Возобновление вегетации								
	V <sub>1</sub>	56,0	63,5	64,3	61,3	44,0	36,5	35,7	38,7
	V <sub>2</sub>	55,2	63,2	63,1	60,5	44,8	36,8	36,4	39,3
	Уборка								
	V <sub>1</sub>	64,7	68,9	69,0	67,5	35,3	31,1	31,0	32,5
	V <sub>2</sub>	63,8	65,6	66,8	65,4	36,2	34,4	33,2	34,6
Горох + люпин	Возобновление вегетации								
	V <sub>1</sub>	56,2	64,7	65,1	62,0	43,8	35,3	34,9	38,0
	V <sub>2</sub>	56,6	63,8	64,1	61,5	43,4	36,2	35,9	38,5
	Уборка								
	V <sub>1</sub>	65,3	69,8	69,3	68,1	34,7	30,2	30,7	31,9
	V <sub>2</sub>	64,3	67,3	66,9	66,2	35,7	32,7	33,1	33,8

V<sub>1</sub> -комбинированная в севообороте; V<sub>2</sub> -минимальная

- на 9,1; 5,1; 4,2 % соответственно анализируемым горизонтам. В среднем по слою (0 – 30 см) количество водопрочных агрегатов увеличилось на 6,7 %; 6,3 %; 6,2 % и 6,1 % соответственно после чистого пара, гороха, люпина и горохо-люпиновой смеси. К этому периоду на вариантах с минимальной обработкой в посевах культуры после чистого пара содержание водопрочных агрегатов по сравнению с весной возрастало в слое 0 – 10 см на 9,5 %, 10 – 20 см на 5,0 % и 20 – 30 см на 5,5 %, в среднем по слою 0 – 30 см на 6,7 %. После парозанимающих культур, содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов увеличивалось соответственно по слоям: после гороха – на 8,5 %, 2,9 %, 3,1 % и 4,9 %; люпина – на 8,6 %, 2,4%, 3,7 % и 4,7 %.; горох + люпин – на 7,7 %, 3,5 %, 2,8 % и 4,7 %.

Следовательно, минимальная обработка в системе севооборотов приводит к распылению почвы и уменьшению водопрочных агрегатов по всем изучаемым слоям почвы.

При возделывании озимой пшеницы после чистого пара растения имеют более мощную корневую систему, чем после занятых паров. В связи с этим содержание водопрочных агрегатов по этому предшественнику увеличивается. Аналогичные данные получены и в опытах Ульяновского НИИСХ (Немцев Н.С., 2000).

Изучение водопрочности, структурно-агрегатного состава в период возобновления вегетации показало, что по вариантам опыта в слое 0 – 30 см их количество находилось на уровне 61,3 – 62,4 % – по комбинированной в севообороте системе основной обработки почвы и 60,7 – 61,5 % – по минимальной обработке. Следует отметить, что их распределение по профилю слоя 0 – 30 см было весьма неравномерным, в верхнем 0 – 10 см слое почвы содержание таких агрегатов было на 6,8 – 8,9 % меньше, чем в слоях 10 – 20 и 20 – 30 см.

К концу вегетации озимой пшеницы (уборка) содержание водопрочных структурных агрегатов в 0 – 30 см слое было выше по сравнению с весенними показателями и составляло в посевах

данной культуры по чистому пару после минимальной обработки 67,6 %, после комбинированной 69,1 %, тогда как после гороха – 66,2 – 68,5 %, после люпина – 65,4 – 67,5 % и после горохо-люпиновой смеси – 66,2 – 68,1 % соответственно. Большее содержание данных агрегатов отмечалось в нижних слоях (10 – 20, 20 – 30 см), их количество было на 2,4 – 5,1 % больше по сравнению с верхним слоем (0 – 10 см).

Таким образом, исследования показали, что почва по водопрочности считается хорошей, имея в своем составе 60 – 70 % агрегатов устойчивых к размыванию. Обобщая результаты исследований агрофизических свойств плодородия чернозема выщелоченного, следует отметить, что параметры агрофизических показателей плодородия почвы в пахотном (0 – 30 см) слое, в зависимости от вида пара, обработки почвы и сроков определения существенно не отличались, находясь в пределах оптимальной для возделывания озимой пшеницы значениях.

Строение пахотного слоя. Для получения высоких и стабильных урожаев в каждой почвенно-климатической зоне определена своя оптимальная величина пористости – капиллярной и некапиллярной. Во влажных районах на тяжелых почвах с высоким содержанием гумуса она выше, в засушливых районах на легких малогумусных почвах ниже. На обыкновенном и выщелоченном черноземах лесостепи Среднего Заволжья оптимальная общая пористость составляет 50 – 60 %.

По результатам исследований Г.И. Казакова (2008, 2009), полученных на этих же почвах, благоприятная пористость почвы должна быть дифференцирована по глубине пахотного слоя. Над семенным слоем почвы (0 - 10 см) для зерновых культур, гороха и кукурузы оптимальная пористость составляет 60 – 63 %, а в слое ниже глубины посева (10 – 30 см), для озимой пшеницы и ржи – 51 – 58 %, кукурузы и гороха – 58 – 62 %, яровой пшеницы и ячменя – 54 – 61 %.

В опытах А.А. Асмус (2009) на черноземе выщелоченном в условиях Ульяновского Заволжья в агроценозах озимой пшеницы

---

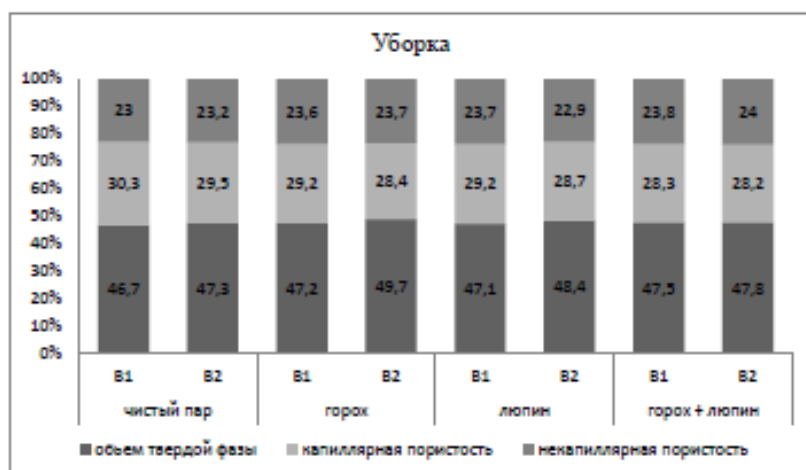
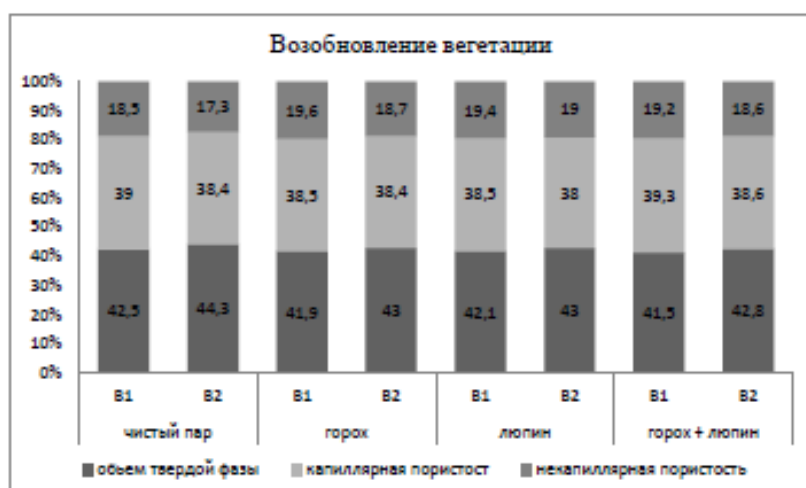
после чистых и занятых паров общая пористость составляла 56,6 – 58,8 %, из которых 39,6 % приходилось на капиллярную и 19,2 % на некапиллярную.

Для нормального газообмена между почвенным и атмосферным воздухом, по данным С.И. Долгова и С.А. Модиной (1969), пористость ее аэрации должна быть выше 15 %, для суглинистых почв минимальный объем воздуха в почвах составляет 15 – 20 % (Зинченко С.И., Мазиров М.А., Зинченко М.К., 2006).

В наших исследованиях общая пористость над (0 – 10 см) и под семенным слоем (10 – 30 см) почвы в большей мере зависела от особенностей роста и развития растений озимой пшеницы в севооборотах после различных предшественников и от изучаемых приемов основной обработки почвы (таблица 12).

Под посевами озимой пшеницы весной после чистого пара общая пористость, за счет снижения количества пор аэрации (некапиллярная пористость), была наименьшей. В 0 – 10 см слое почвы она составляла 58,0 – 58,3 %, в 10 – 20 см – 55,1 – 57,9 %, в слое 20 – 30 см – 54,1 – 56,2 %. На полях после занятых паров порозность колебалась над семенным слоем (0 – 10 см) от 58,8 до 60,1 %, а под семенным (10 – 20 см) слоем от 56,7 до 58,3 %, 20 – 30 см от 55,0 до 56,8 %. Приемы основной обработки почвы также оказали некоторое влияние на скважность почвы. Например, в вариантах с комбинированной обработкой она была на 1 – 2 % выше, особенно в слоях 10 - 20 и 20 – 30 см в сравнении с минимальной, за счет повышения пористости аэрации (некапиллярной скважности).

Ко времени уборки происходило дальнейшее уплотнение пахотного слоя (0 – 30 см) до 1,29 – 1,32 г/см<sup>3</sup>, а общая пористость снижалась до 51,8 – 53,3 %, однако, пористость аэрации не снижалась ниже 17 % весной и 23 % перед уборкой, что свидетельствует об оптимальном воздушном режиме для агроценоза озимой пшеницы. В конечном счете, в величине общей пористости нас интересует объем капиллярных и некапиллярных (пористость и аэрации) пор, которые служат показателями водного и



**Рисунок 6 - Строение пахотного (0 – 30 см) слоя почвы под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы**



Таблица 12 - Стрoение пахотного слоя почвы в период вегетации озимой пшеницы за 2013 – 2015 гг.

Вид пара	Обработка почвы В	Слой почвы см	Возобновление вегетации				Уборка			
			Пористость, %			Соотношение, КП/НП	Пористость, %			Соотношение, КП/НП
			Общая	Капиллярная	Некапиллярная		Общая	Капиллярная	Некапиллярная	
Пар чистый	В <sub>1</sub>	0-10	58,3	38,6	19,7	1,96	54,2	30,2	24,0	1,26
		10-20	57,9	39,3	18,6	2,11	53,7	30,5	23,2	1,32
		20-30	56,2	38,8	17,4	2,23	52,0	30,2	21,8	1,39
		0-30	57,5	39,0	18,5	2,11	53,3	30,3	23,0	1,32
	В <sub>2</sub>	0-10	58,0	39,8	18,2	2,19	54,0	29,6	34,4	1,21
		10-20	55,1	37,6	17,5	2,15	52,8	29,2	23,6	1,24
		20-30	54,1	37,8	16,3	2,32	51,4	29,8	21,6	1,38
		0-30	55,7	38,4	17,3	2,22	52,7	29,5	23,2	1,27
Занятый (горох)	В <sub>1</sub>	0-10	59,6	38,3	21,3	1,80	53,5	28,7	24,8	1,16
		10-20	57,9	38,4	19,5	1,97	52,9	29,3	23,6	1,24
		20-30	56,8	38,7	18,1	2,14	52,0	29,7	22,3	1,33
		0-30	58,1	38,5	19,6	1,96	52,8	29,2	23,6	1,24
	В <sub>2</sub>	0-10	59,8	39,0	20,8	1,88	53,1	28,1	25,0	1,12
		10-20	57,6	39,2	18,4	2,13	52,2	28,2	24,0	1,18
		20-30	56,0	39,0	17,0	2,29	51,1	29,0	22,1	1,31
		0-30	57,0	38,4	18,7	2,05	52,1	28,4	23,7	1,20
Занятый (люпин)	В <sub>1</sub>	0-10	59,2	38,2	21,0	1,82	53,8	29,2	24,6	1,19
		10-20	58,0	38,7	19,3	2,01	53,0	29,1	23,9	1,22
		20-30	56,6	38,6	18,0	2,14	51,8	29,2	22,6	1,29
		0-30	57,9	38,5	19,4	1,98	52,9	29,2	23,7	1,23

Продолжение таблицы 12

Вид пара	Обработка почвы В	Слой почвы см	Возобновление вегетации				Уборка			
			Пористость, %			Соотношение, КП/НП	Пористость, %			Соотношение, КП/НП
			Общая	Капиллярная	Некапиллярная		Общая	Капиллярная	Некапиллярная	
Занятый (люпин)	В <sub>2</sub>	0-10	58,8	37,6	21,2	1,77	53,5	28,4	25,1	1,13
		10-20	57,6	39,0	18,6	2,10	52,4	28,3	24,1	1,17
		20-30	55,2	38,0	17,2	2,21	51,6	28,7	22,9	1,25
		0-30	57,0	38,0	19,0	2,00	52,5	28,5	24,0	1,19
Занятый (горох + люпин)	В <sub>1</sub>	0-10	60,1	38,2	21,9	1,74	53,0	28,1	24,9	1,13
		10-20	58,3	39,6	18,7	2,12	52,7	28,9	23,8	1,21
		20-30	57,0	39,9	17,1	2,33	51,7	29,0	22,7	1,28
		0-30	58,5	39,3	19,2	2,05	52,5	28,7	23,8	1,21
	В <sub>2</sub>	0-10	59,7	39,4	20,3	1,94	53,1	27,9	25,2	1,11
		10-20	57,7	39,7	18,0	2,20	52,2	28,5	23,7	1,20
		20-30	56,8	39,4	17,4	2,26	51,3	28,2	23,1	1,22
		0-30	57,2	38,6	18,6	2,08	52,2	28,2	24,0	1,17

воздушного режимов (рис. 6). В среднем по севооборотам на исследуемых вариантах обработки общая пористость, а также капиллярная и некапиллярная скважность были благоприятными для развития растений озимой пшеницы.

---

### ***3.2 Динамика накопления продуктивной влаги и водопотребление озимой пшеницы***

В условиях земледелия лесостепной зоны Поволжья наибольшую урожайность озимая пшеница формирует в зернопаровых севооборотах за счет лучшей обеспеченности посевов влагой и элементами минерального питания. Однако очевидны экологические и энергетические издержки парования в связи с невозможными потерями органического вещества почвы (Морозов В.И., Подсевалов М.И., Милодорин И.К., 2014).

Эти обстоятельства дают основание поиска путей повышения продуктивности озимой пшеницы, возделываемой в севооборотных ротациях с разными видами пара, чтобы более полно использовать агроклиматические ресурсы на формирование урожайности при одновременном воспроизводстве почвенного плодородия за счет биогенных ресурсов, воспроизводимых в агроэкосистемах.

Производство зерна – одно из основных направлений земледелия Ульяновской области. Почвенно-климатические условия региона позволяют получать высокие урожаи высококачественного зерна озимой пшеницы, в то же время урожайность и эффективность ее производства в области не стабильны по годам (Морозов В.И., Басенкова С.В., 2014).

Научно-обоснованная система земледелия требует оптимального сочетания различных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. При возделывании такой ценной продовольственной культуры, как озимая пшеница важно обеспечить правильное сочетание агротехнических приемов, среди которых предшественники, способы основной обработки почвы и удобрения.

В условиях земледелия лесостепи Заволжья почвенная влага находится в первом минимуме и часто выступает фактором, резко снижающим продукционный процесс растений (Шульмейстер К.Г., 1988; Немцев Н.С., 2000; Голомолзин Р.С. и др., 2012; Захаров А.И., Никитин С.Н., 2013).

---

Обеспеченность сельскохозяйственных культур влагой зависит от количества и распределения атмосферных осадков, физических свойств почвы, состава и соотношения культур, чередования их в севообороте и технологий возделывания. Влияние предшественника в режиме влажности почвы имеет определенное значение в росте, развитии и урожайности озимой пшеницы. От предшественника непосредственно зависит влагонакопление и влагообеспеченность на момент оптимальных сроков сева озимых культур и вплоть до ухода в зиму. Поэтому задача максимального накопления, сохранения и рационального использования влаги при формировании урожая сохраняет свое приоритетное значение в технологиях культур, в том числе и озимой пшеницы.

Запасы влаги в корнеобитаемом слое в условиях лесостепи Заволжья определяются суммой осадков и тепловыми ресурсами, существенное влияние на расход их из почвы оказывают культуры севооборота. В этом плане подбор предшественников, особенно для озимых, имеет важное значение, так как формирование урожая имеет тесную связь с содержанием влаги в почве и с водопотреблением посевов.

Роль предшественников озимой пшеницы в условиях дефицита влажности лесостепного Заволжья определяется запасами достаточного количества доступной влаги в почве к посеву озимых, особенно в верхнем слое (0 – 20 см), чтобы сформировать полноценные всходы (Нарциссов В.П., Заикин В.П., 1987; Казаков Г.И. и др., 2008).

Как показывают наши данные, содержание доступной влаги в почве перед севом парозанимающих культур в среднем за 2012 – 2014 гг. по комбинированной обработке находилось в пределах 175 – 177 мм, что больше, чем по минимальной обработке почвы на 15 – 20 мм (таблица 13).

За время парования непродуктивный расход влаги на чистых парах часто превышает сумму осадков весенне-летнего периода. По нашим данным, потери воды на физическое испарение

Таблица 13 - Расход влаги предшественниками озимой пшеницы в севооборотах (2012 - 2014 гг.).

Севооборот (предшественник) Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Запас доступной воды в 1 м слое почвы, мм		Убыло -, пришло +, мм	Осадки, мм	Расход влаги, мм
		Посев предшественника, мм	Посев озимой пшеницы, мм			
I севооборот пар чистый	$V_1$	177	168	-9	156	165
	$V_2$	162	159	-3		162
II севооборот Горох	$V_1$	176	131	-45	156	201
	$V_2$	160	122	-38		194
III севооборот Люпин	$V_1$	176	129	-47	156	203
	$V_2$	159	120	-39		195
IV севооборот Горох+люпин	$V_1$	175	127	-48	156	204
	$V_2$	158	123	-35		191

$V_1$  - комбинированная в севообороте;  $V_2$  - минимальная

в чистом пару составили 162 - 165 мм, израсходовав из весенних запасов 3 - 9 мм, при этом агрогидрологическая роль чистого пара свелась только к сохранению запасов влаги, накопленной в почве за счет осенне-зимних осадков.

Вегетирующие парозанимающие культуры для создания урожая использовали влагу как выпадающих осадков, так и из почвы. Содержание влаги в почве во многом определялось сроком уборки парозанимающей культуры: чем он раньше, тем продолжительнее период для накопления влаги в почве к посеву озимой пшеницы.

Общий расход воды за счет физиологического ее потребления культурами, возделываемыми в парах, и физического испарения с поверхности почвы был намного больше (191 – 204 мм),

---

чем в чистом пару, поскольку расходуемая влага использовалась на образование урожая гороха и люпина.

Несмотря на значительные потери на физическое испарение из почвы, влагообеспеченность на чистых парах складывается благоприятнее. В среднем за годы исследований содержание продуктивной влаги в метровом слое при посеве под озимой пшеницей после чистого пара находилось на уровне 159 – 168 мм, после гороха, люпина и смеси горох + люпин величина этого показателя была ниже – соответственно 122 – 131 мм; 120 – 129 и 123 – 127 мм, что на 20 – 24 % меньше, чем после чистого пара.

Запасы продуктивной влаги отличались и на вариантах по обработке почвы. Перед посевом озимой пшеницы в чистом пару количество влаги составило по комбинированной в севообороте обработке 168 мм, а по минимизированной – 159 мм. На вариантах с занятыми парами комбинированная обработка также имела некоторое преимущество перед минимальной в 5 – 9 мм.

Анализируемые данные показывают: несмотря на потери влаги, на испарение из почвы за время парования, влагозапасы на чистых парах к дате посева озимой пшеницы складывались предпочтительнее, особенно в верхнем слое, чем на полях с горохом, люпином и смеси гороха с люпином.

Для получения полных и дружных всходов необходимо, чтобы к периоду посева озимых в верхнем слое почвы (0 - 20 см) содержалось не менее 25 – 30 мм. Удовлетворительные урожаи озимой пшеницы можно получить при 15 – 20 мм доступной влаги в верхнем слое почвы. Для прорастания семян озимой пшеницы необходимо, чтобы в посевном слое почвы содержалось не менее 10 – 12 мм продуктивной влаги, но нормальные и дружные всходы можно получить лишь при 20 мм доступной влаги. Степень обеспеченности растений озимой пшеницы влагой после различных предшественников оказывает влияние на состояние растений и в последующие периоды роста (Немцев Н.С., 2000; Захаров А.И., Никитин С.Н., 2013; Пичугин А.Н., 2013; Турусов В.И., Гарма-

---

шов В.М., Сыромятников Ю.Д., 2013; Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Виноградов Д.Ю., 2014).

Наши исследования показывают: к моменту посева озимой пшеницы, в чистом пару запасы продуктивной влаги в посевном слое находились на уровне 40 – 41 мм, тогда как после парозанимающих культур - 24 – 26 мм, что вполне достаточно для получения полноценных всходов (таблица 14).

Влагообеспеченность посевного, а в дальнейшем и метрового слоя оказала положительное влияние на полноту всходов, сохранность и выживаемость растений. Количество растений в период полных всходов после чистого пара составило 468 – 476 шт./м<sup>2</sup> или соответственно по минимальной и комбинированной обработкам почвы 85,1 % - 86,5 %. После занятых паров количество всходов составило 450 – 458 шт./м<sup>2</sup>, при полевой всхожести 81,8 - 83,3 % с преимуществом комбинированной обработки почвы.

В период вегетации озимой пшеницы происходило изменение числа растений на единицу площади в зависимости от предшествующих культур и обработки почвы.

В среднем за три года количество растений к уборке после занятых паров составило 307 – 310 шт./м<sup>2</sup>, значительно больше насчитывалось после чистого пара – 346 по минимальной обработке и 356 шт./м<sup>2</sup> – по комбинированной. Сохранность растений озимой пшеницы по чистому пару составляла 73,9 – 74,8 % при выживаемости 62,9 – 64,7 %, после занятых паров соответственно 66,8 – 68,2 % и 55,6 – 56,4 %.

Таким образом, минимальная система основной обработки почвы, рекомендуемая для снижения прямых затрат при выращивании сельскохозяйственной продукции, по накоплению влаги и влиянию на полевую всхожесть и сохранность растений существенно уступала комбинированной в севообороте. По минимальной обработке почвы запасы продуктивной влаги в метровом слое после занятых паров составили 120 – 123 мм и 159 мм после чистого пара, что на 10 – 12% меньше, чем на вариантах по комбинированной обработке. Это обусловлено ухудшением водопроница-

Таблица 14 - Структура посевов озимой пшеницы в зависимости от влажности от влажности в севооборотах при разных системах обработки почвы в 2013 – 2015 гг.

Севооборот (предшественник) Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Запасы доступной влаги перед посевом в слое, мм		Число растений, шт./м <sup>2</sup>		Полнота всходов, %	Сохранность, %	Выживаемость растений, %
		0-20 см	0-100 см	всходы	уборка			
I севооборот пар чистый	B <sub>1</sub>	41	168	476	356	86,5	74,8	64,7
	B <sub>2</sub>	40	159	468	346	85,1	73,9	62,9
II севооборот Горех	B <sub>1</sub>	25	131	456	308	82,9	67,5	56,0
	B <sub>2</sub>	26	122	452	308	82,2	68,1	56,0
III севооборот Люпин	B <sub>1</sub>	26	129	457	310	83,1	67,8	56,4
	B <sub>2</sub>	24	120	452	308	82,2	68,1	56,0
IV севооборот Горех+люпин	B <sub>1</sub>	25	127	458	306	83,3	66,8	55,6
	B <sub>2</sub>	24	123	450	307	81,8	68,2	55,8

B<sub>1</sub> – комбинированная в севообороте; B<sub>2</sub> – минимальная



---

емости пахотного слоя, что приводило к увеличению физического испарения осадков, выпадающих во второй половине вегетации.

Начальный период вегетации озимых культур в лесостепной зоне Заволжья обычно проходит в условиях оптимального увлажнения, что позволяет растениям сформировать несколько побегов и успешно перенести зимовку. По нашим данным к моменту ухода в зиму запасы доступной влаги в почве увеличивались и достигли 175 – 180 мм по чистому пару и 140 – 150 мм по занятым парам, не отличаясь по вариантам обработки.

После зимовки и снеготаяния запасы доступной для растений влаги в метровом слое варьировали в пределах 170 – 184 мм. В период возобновления вегетации озимой пшеницы наибольшая влагозарядка почвы была отмечена по чистому пару и составила 184 мм, что на 13 – 14 мм больше, чем после занятых паров. Весенние запасы продуктивной влаги и количество атмосферных осадков в период весенне-летней вегетации в дальнейшем оказали существенное влияние на режим влажности и водопотребление.

С начала весенней вегетации до колошения происходит нарастание надземной массы, что влечет за собой увеличение расхода влаги посевами. Значительное снижение запасов влаги отмечалось в почве по чистому пару -до 101 мм, по другим предшественникам запасы уменьшились до 87 – 89 мм, это привело к некоторому уравниванию содержания продуктивной влаги в полях озимой пшеницы по изучаемым предшественникам. К уборке озимой пшеницы запасы доступной влаги в метровом слое почвы с чистым паром уменьшились до 60 мм, после гороха – до 62 мм, после люпина и горохо-люпиновой смеси – до 63 мм.

За период возобновление вегетации-полная спелость запасы доступной влаги в почве уменьшились на 124 мм по варианту с чистым паром и на 107 – 109 мм – после занятых паров (таблица 15).

Величина суммарного водопотребления озимой пшеницы по различным предшественникам в этот период составляла 134,0 – 148,0 мм, основным источником расхода влаги служили

Таблица 15 – Расход влаги в посевах озимой пшеницы в севооборотах (в среднем за 2013–2015 гг.)

Период наблю- дений	Предше- ственники	Запасы влаги в слое 0-1,0 м, мм		Убыло, прибы- ло, мм	Осад- ки, мм	Расход влаги за период, мм		Из запасов почвы		За счет осадков	
		Весной	Уборка			мм	%	мм	%	мм	%
Возоб- новление вегета- ции- ко- лошение	Пар чистый	184	83	-101	47	148	58,7	101	68,2	47	31,8
	Горох	171	84	-87	47	134	56,5	87	64,9	47	35,1
	люпин	170	82	-88	47	135	57,4	88	65,2	47	34,8
	Горох + люпин	170	81	-89	47	136	57,9	89	65,4	47	34,6
Коло- шение – уборка	Пар чистый	83	60	-23	81	104	41,3	23	22,1	81	77,9
	Горох	84	62	-22	81	103	43,5	22	21,4	81	78,6
	люпин	82	63	-19	81	100	42,6	19	19,0	81	81,0
	Горох + люпин	81	63	-18	81	99	42,1	18	18,2	81	81,8
Возоб- новление веге- таци- уборка	Пар чистый	184	60	-124	128	252	100	124	49,2	128	50,8
	Горох	171	62	-109	128	237	100	109	46,0	128	54,0
	люпин	170	63	-107	128	235	100	107	45,5	128	54,5
	Горох + люпин	170	63	-107	128	235	100	107	45,5	128	54,5

V<sub>1</sub> – комбинированная в севообороте; V<sub>2</sub> – минимальная

Таблица 16 - Эвапотранспирация и коэффициент водопотребления озимой пшеницы после различных паров (в среднем за 2013 – 2015 гг.)

Показатели	Пар чистый	Горох	Люпин	Горох + люпин
Урожай сухой надземной биомассы, т/га	7,92	6,57	6,32	6,21
Урожай зерна, т/га	4,40	3,65	3,51	3,45
Запасы продуктивной воды перед возобновлением вегетации, мм	184	171	170	170
Осадки за период возобновление вегетации-уборка, мм	128	128	128	128
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 1 м перед уборкой, мм	60	62	63	63
Общий расход продуктивной влаги, мм	252	237	235	235
Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т*	<u>318</u> 572	<u>361</u> 649	<u>372</u> 670	<u>378</u> 681

$B_1$  - комбинированная в севообороте;  $B_2$  -минимальная

почвенные запасы, по чистому пару они составили 68,2% , по занятым парам – 64,9 – 65,4 %, а доля осадков была – 31,8–35,1 %.

Общий расход влаги под посевом озимой пшеницы, посеянной по чистому пару, составил 252 мм, из них было использовано 124 мм из почвы и 128 мм воздушных осадков, что составляет 49,2 и 50,8 % от расхода воды за период весенняя вегетация - уборка. После гороха, люпина и горохо-люпиновой смеси расход влаги составил 237 – 235 мм. Использование влаги из почвы составило 46 – 45,5 %, а за счет осадков соответственно 54 – 54,5 %.

Основным показателем эффективного использования воды растениями считается коэффициент водопотребления. В среднем

за три года на формирование одной тонны урожая надземной биомассы озимой пшеницы по чистому пару затрачивалось 318 м<sup>3</sup>. По занятым парам потребление воды озимой пшеницей было больше и составило 361 – 378 м<sup>3</sup>, а на одну тонну зерна по чистому пару израсходовано 572 м<sup>3</sup>, после занятых паров 649 – 681 м<sup>3</sup> (таблица 16).

Следует отметить, что как в чистом, так и занятом парах запасы влаги под посевами озимой пшеницы в значительной степени зависели от суммы осадков за летний период, особенно в конце лета к моменту посева озимых. При этом почти каждый год в звеньях с чистым паром запасов продуктивной влаги в почве для озимых бывает больше на 20 – 30 мм, чем с занятым. Горох, люпин и другие культуры в занятых парах используют почвенную воду на формирование урожая, и зачастую в засушливые годы запасов влаги к севу озимых не всегда достаточно для получения всходов в отличие от чистого пара.

### ***3.3 Разложение льняного полотна в почве***

Запасы и режим органического вещества почвы служит основным критерием оценки плодородия почвы, а в последнее время все больше рассматривается и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы. Основным источником органического вещества почвы в агрофитоценозах служат пожнивно-корневые растительные остатки, солома и другие биогенные ресурсы, которые, попадая в почву, подвергаются сложным процессам трансформации под действием комплекса микроорганизмов (Орлова О.В. и др., 2015). Микроорганизмы играют ведущую роль в биохимических превращениях веществ и биологическом круговороте химических элементов в агрофитоценозах (Мишустин Е.Н., 1984; Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., 1987; Звягинцева Д.Г., 1987).

Деятельность человека способна усиливать биогеохимическую функцию и регулировать активность микроорганизмов в нужном направлении, поэтому данный показатель может быть

---

использован в качестве показателя по оценке того или иного агроприема. На биологическую активность почвы оказывают влияние режим использования и применяемые агротехнологии (Щербakov А.В. и др., 2015). Считается, что общую биологическую направленность микробиологических процессов в почве достаточно полно отражает интенсивность разложения клетчатки (Сорокин Н.Д., 1996; Мельник А.Ф., 2016).

Существующие в настоящее время севообороты с непропорциональной структурой посевных площадей из-за уменьшения поступления в почву свежего органического вещества растительных остатков могут стать одной из причин снижения плодородия почвы (Немцев Н.С., Потушанский В.А., Захаров А.И., 2000; Трубилин И.Т., Малюга Н.Г., Василько В.П., 2006; Морозов В.И., 2012). Этот вывод согласуется с мнением С.И. Тютюнова с соавторами (2014) и Мельника А.Ф. (2016), которые, опираясь на собственные исследования, утверждают, что научно обоснованные севообороты, организованные на принципах плодосмена, остаются доступным и эффективным средством повышения уровня влагообеспеченности, микробиологической деятельности и питания растений, биологическим фактором сохранения и повышения плодородия почвы.

Предшественник является фактором более полного использования экологических ресурсов: света, тепла, влаги, естественного плодородия, находящихся на территории агроландшафта для повышения продуктивности всех культур, в том числе озимой пшеницы. Правильное размещение, оптимальное чередование, эффективная система основной обработки почвы в севообороте и действенная система удобрения являются основой высокопродуктивного функционирования озимой пшеницы (Морозов В.И., Подсевалов М.И., Асмус А.А., 2007; Лошаков В.Г., 2012).

Об эффективности звеньев севооборотов и других агротехнических приемов можно судить по влиянию на микробиологическую активность почв, определяемых 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 об одной из главных функций микробного сообщества – разложение органического вещества почвы (Сорокин Н.Д., 1996). Нами был использован аппликационный метод определения интенсивности разложения целлюлозы, что определялось заложением льняных полотен. Метод наглядно демонстрирует интенсивность микробиологической деятельности в пахотном горизонте.

Как показывают наблюдения, предшественники, приемы основной обработки почвы, нормы удобрений изменяли почвенные условия и существенно влияли на ход микробиологических процессов, что представлено в таблице 17.

На вариантах со средней нормой удобрения интенсивность разложения клетчатки за 2013 – 2015 гг. варьировала от 38,2 % при минимизированной обработке почвы после люпина, до 51,1 % после чистого пара на повышенном фоне удобрения при комбинированной обработке почвы. Это обусловлено активным течением микробиологических процессов под озимой пшеницей, размещенной по предшественнику с высокой влажностью почвы (чистый пар). Нормы питания способствовали увеличению интенсивности разложения льняного полотна, система удобрения солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$  увеличила интенсивность разложения льняной ткани на 3,3 % (абсолютная величина) или на 9,1 % (относительная величина) по сравнению с вариантом солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

Приемы основной обработки также оказали влияние на микробиологическую активность почвы. Комбинированная в севообороте система основной обработки в сравнении с минимизированной способствовала увеличению интенсивности разложения льняного полотна на 3,9 % (абсолютная величина), 8,5 % (относительная величина), это связано с тем, что при отвальной обработке растительные остатки заделываются на дно борозды, где к тому же создаются более стабильные условия пористости и влажности, чем при поверхностной обработке.

Таблица 17 - Биологическая активность почвы в посевах озимой пшеницы по чистому и занятым парам в зависимости от обработки почвы и удобрений

Севооборот предшественник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Разложение ткани, %			В среднем по факторам			
			2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее	А	В	С
Пар чистый А <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	48,3	52,4	40,6	47,1	46,8 100	45,7 100	41,8 100
		С <sub>2</sub>	51,8	56,7	44,8	51,1			
	С <sub>1</sub>	40,7	45,6	39,8	42,0				
	С <sub>2</sub>	48,8	49,3	42,5	46,9				
Горох А <sub>2</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	48,3	51,1	37,3	45,6	44,4 94,9	45,7 100	41,8 100
		С <sub>2</sub>	51,7	53,8	38,9	48,1			
	С <sub>1</sub>	39,9	45,0	36,4	40,4				
	С <sub>2</sub>	46,4	47,8	37,0	43,7				
Люпин А <sub>3</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	37,6	50,6	35,0	41,1	42,1 90,0	41,8 91,5	45,1 109,1
		С <sub>2</sub>	46,6	54,1	36,1	45,6			
	С <sub>1</sub>	35,7	44,2	34,7	38,2				
	С <sub>2</sub>	46,2	48,9	35,4	43,5				
Горох + люпин А <sub>4</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	37,9	52,0	35,2	41,7	41,6 88,9	41,8 91,5	45,1 109,1
		С <sub>2</sub>	45,8	53,3	35,9	45,0			
	С <sub>1</sub>	37,1	43,5	34,0	38,2				
	С <sub>2</sub>	44,2	45,8	35,1	41,7				

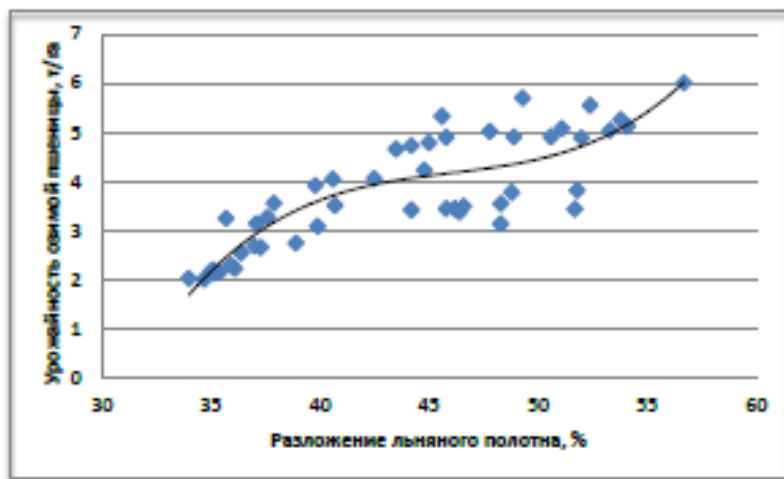
При внесении соломы в почву в ней происходят процессы, приводящие к морфологическим и химическим изменениям исходного органического материала. Осуществляют эти процессы почвенные микроорганизмы, использующие органическое вещество в качестве источника пищи и энергии. К подобным выводам пришел и ряд других исследователей, которые отмечают увеличение целлюлозоразлагающей активности в вариантах с применением соломы, что приводит к повышению содержания доступных форм элементов минерального питания (Хвостов Н.В., 2003; Новиков В.М., 2016).

Существенное влияние на микробиологическую активность почвы оказывают влагообеспеченность, температурный режим и физическое состояние почвы. В 2013 и 2014 годах для жизнедеятельности микроорганизмов условия увлажнения и температуры были благоприятные (сумма осадков за май – июнь – 66,4 – 75,3 мм, сумма эффективных температур – 1095 – 1089 °С соответственно), разложение льняной ткани находилось в среднем по опыту в пределах 44,2 – 49,6 % (экспозиция 60 суток). Менее благоприятные условия для активной деятельности почвенных микроорганизмов для разложения льняного полотна сложились в 2015 году, которое составило 37,4 %. Снижение биологической активности объясняется недостаточной влагообеспеченностью - содержание влаги в почве в июне снижалось почти до «мертвых запасов».

В среднем за 2013 – 2015 годы предшественники показали неоднозначное влияние на биологическую активность почвы. Следует отметить, что она была выше на варианте озимой пшеницы после чистого пара и составила 46,8 %. Варианты по занятым парам на 5,1 – 11,1 % уступали чистому пару.

На основании полученных данных установлены корреляционные связи степени разложения льняного полотна с урожайностью озимой пшеницы (рис. 7). Нами установлена тесная связь урожайности озимой пшеницы ( $y$ , т/га) со степенью разложения льняной ткани ( $x$ , %) в пахотном слое почвы. Зависимость выражается полиномиальным уравнением следующего вида:





**Рисунок 7 - Связь разложения льняного полотна (%) с урожайностью озимой пшеницы (т/га) по данным исследований за 2013-2015 гг.**

$$y = 0,0011x^3 - 0,1451x^2 + 6,7319x - 100,78; r = 0,852 [1]$$

где  $y$  – урожайность озимой пшеницы, т/га;

$x$  – интенсивность разложения льняного полотна, %.

Оценка микробиологической активности почвы под озимой пшеницей методом разложения льняных полотен показала, что она повышалась после чистого пара по комбинированной обработке почвы в севообороте и по повышенному фону удобрений – солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$ . Установлена прямая связь ( $r=0,852$ ) между разложением льняного полотна в почве ( $x$ , %) и урожайностью озимой пшеницы ( $y$ , т/га), что характеризуется полиномиальным уравнением третьей степени.

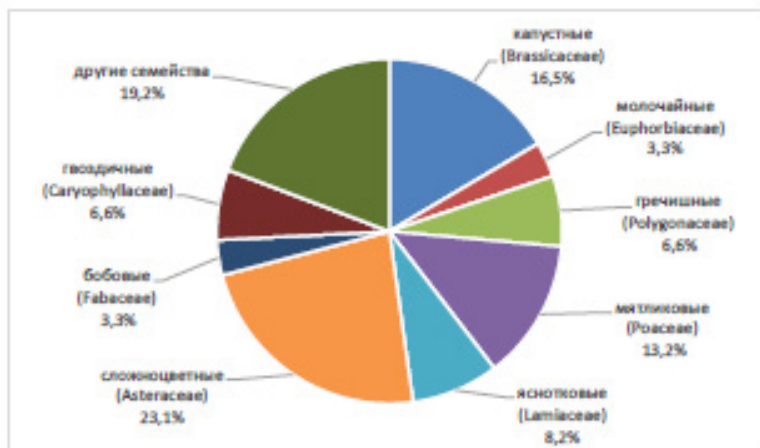
### **3.4 Флористический состав и засоренность посевов озимой пшеницы**

На полях Средневолжского региона превалируют сорта озимой пшеницы, созданные в Поволжских селекционных центрах, обладающие высоким генетическим потенциалом продуктивности (Шевченко С.Н., Корчагин В.А., 2008; Глуховцев В.А., 2009; Тупицын Н.В., Тупицын В.Н., 2013). Между тем урожайность озимой пшеницы растет медленными темпами. Одна из причин состоит в конкуренции сорных растений в агрофитоценозе, когда засоренность превышает экономические пороги вредоносности, что снижает ее продуктивность и эффективность зернового производства.

В современной земледелии стратегия защиты полевых культур от засоренности состоит в управлении структурой полевых растительных сообществ, чтобы обеспечить их конкурентоспособность к сорному компоненту. Создание высокопродуктивного агроценоза культурных растений позволяет обеспечить фитоценотическое давление на сорный компонент за счет технологии (Захаренко А.В., 1997; Морозов В.И., Злобин Ю.А., Куликова А.Х., 1999; Баздырев Г.И., 2002). Первостепенное внимание уделяется агротехническим, фитоценотическим, экологическим методам снижения вредоносности сорняков – севообороту, обработке почвы, уходу за посевами, нормам высева семян, подбору сортов, проведению полевых работ в оптимальные сроки и с хорошим качеством с соблюдением всех технологических требований (Деревицкий, Н.Ф., 1947; Захаренко, А. В., 1997).

Фитосанитарный мониторинг озимой пшеницы, проведенный в хозяйствах Ульяновской области СПК «Родина», СПК им Н.К. Крупской, ФГУП «Учхоз Ульяновской ГСХА», СПК «Белозерский», СПК «Заволжский», СПК «Маяк» и других на площади 19952 га показал, что в составе сорного компонента выявлен 61 вид, относящийся к 20 семействам (рис. 8).

Наиболее часто встречаемые виды сорных растений относятся к следующим ботаническим семействам: астровые (сложноцветные) (*Asteraceae* Juss) – 14 видов, капустные (крестоцвет-



**Рисунок 8 - Структура сорного компонента по ботаническим семействам в агроценозе озимой пшеницы в хозяйствах Ульяновской области**

ные) (*Brassicaceae* Burnett) – 10 видов, мятликовые (*Poaceae* Barnhart) – 8 видов, яснотковые (губоцветные) (*Lamiaceae* Lindl) – 5 видов, гречишные (*Polygonaceae* Juss) – 4 вида, гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss) – 4 вида, бобовые (*Fabaceae* Lindl) – 2 вида, молочайные (*Euphorbiaceae* Juss) – 2 вида. В группу других вошли семейства с 1 видом сорняков: дымяноквые (*Fumariaceae* DC), маревые (*Chenopodiaceae* Vent), мальвовые (*Malvaceae* Juss), пасленовые (*Solanaceae* Juss), амарантовые (*Amaranthaceae* Juss), лютиковые (*Ranunculaceae* Juss), мареновые (*Rubiaceae* Juss), фиалковые (*Violaceae* Batsch), буравчиковые (*Boraginaceae* Juss), вьюнковые (*Convolvulaceae* Juss), хвощовые (*Equisetaceae* Rich), подорожниковые (*Plantaginaceae* Juss).

В составе сорного компонента также присутствуют 8 биологических групп сорных растений (рис. 9). При этом 16 видов – 26,2% зимующих, 15 видов – 24,6% приходилось на долю яровых ранних сорняков, 5 видов – 8,2 % – яровых поздних, 5 видов – 8,2

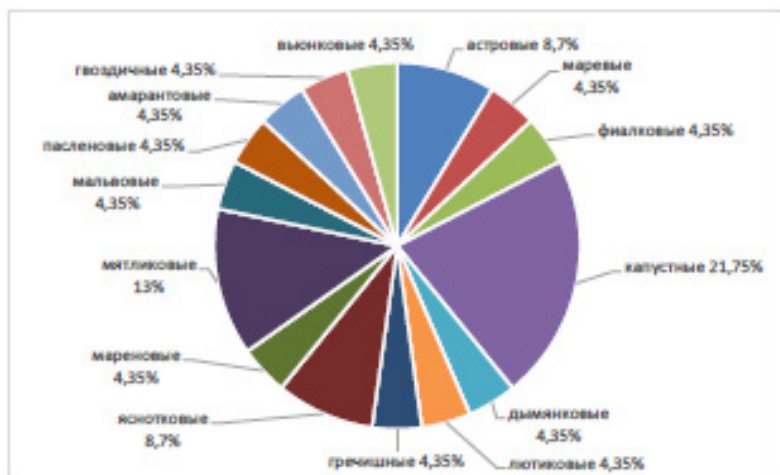


**Рисунок 9 - Структура и соотношение видов сорняков по биогруппам в посевах озимой пшеницы в хозяйствах Ульяновской области**

% двулетних, 2 вида – 3,3 % озимых. Из многолетников выявлены корнеотпрысковые сорняки 6 видов – 9,8 %, стержнекорневые 6 видов – 9,8 %, корневищные – 5 видов 8,2 % и мочковато корневые 1 вид – 1,7 %. Таким образом, в производственных посевах озимой пшеницы преобладают сложные типы засоренности корнеотпрысково малолетний двудольный, корнеотпрысково малолетний однодольный, корнеотпрысково корневищный и другие.

Большинство сеgetальных сорных растений являются инвазийными видами, самовоспроизводимыми за счет депо семян и органов вегетативного возобновления в корнеобитаемом слое, конкурирующими с полевыми культурами, снижающими их урожайность.

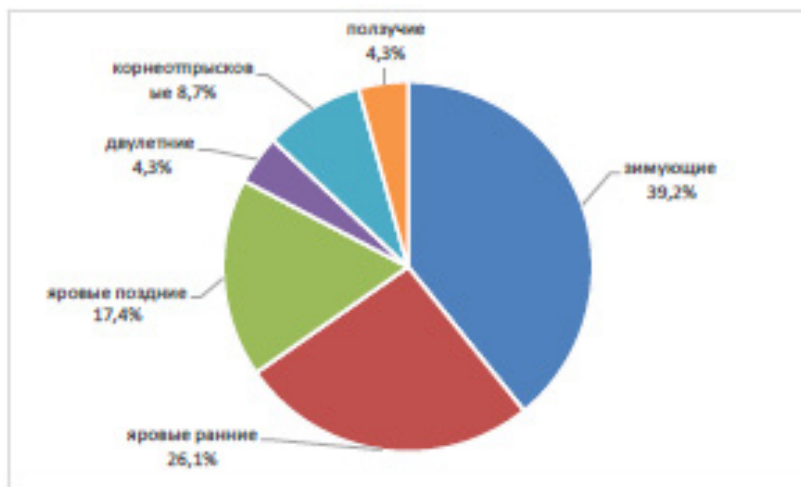
Из 19952 га на 60,7 % площади численность сорняков составляла до 5 шт./м<sup>2</sup> – очень слабая, 26,2 % от 5 до 15 шт./м<sup>2</sup> – слабая, 11,9 % от 15 до 50 шт./м<sup>2</sup> – средняя, 1,2% от 50 до 100 шт./м<sup>2</sup> – сильная степень засоренности. Учет видового состава сорняков на многолетнем стационаре за 2013–2015 гг. показал, что в посе-



**Рисунок 10 - Состав сорного компонента по ботаническим семействам в агроценозе озимой пшеницы на стационарном опыте**

вах озимой пшеницы преобладает малолетний тип засоренности, в составе которого 23 вида 15 семейств (рис.10), из них 5 видов - капустные (крестоцветные) (*Brassicaceae Burnett*), 3 вида – мятликовые (*Poaceae Barnhart*), 2 вида – астровые (сложноцветные) (*Asteraceae Juss*), 2 вида – яснотковые (губоцветные) (*Lamiaceae Lindl*), и по 1 виду были отмечены мареновые (*Rubiaceae Juss*), фиалковые (*Violaceae Batsch*), дымянковые (*Fumariaceae DC*), лютиковые (*Ranunculaceae Juss*), гречишные (*Polygonaceae Juss*), маревые (*Chenopodiaceae Vent*), мальвовые (*Malvaceae Juss*), пасленовые (*Solanaceae Juss*), амарантовые (*Amaranthaceae Juss*), гвоздичные (*Caryophyllaceae Juss*) и вьюнковые (*Convolvulaceae Juss*).

В составе сорного компонента также присутствуют виды биологических групп сорных растений (рис.11). Из них зимующих 9 видов – мелкопестник канадский (*Erigeron canadensis L.*), па-



**Рисунок 11 - Структура и соотношение видов сорняков по биогруппам в посевах озимой пшеницы на стационарном опыте**

стушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.)), подмаренник цепкий (*Gallium aparine* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii* L.), дескурения Софьи (*Descurainia Sophia* (L.) Webb ex Prantl.), дымянка аптечная (*Fumaria officinalis* L.), живокость полевая (*Consolida regalis* S.F. Liray); яровых ранних 6 видов – горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus* L.), чистец однолетний (*Stachys annua* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), овсюг (*Avena fatua* L.), просвирник пренебреженный (*Malva neglecta* Wallr), неслия метельчатая (*Neslia panikulata* (L.) Desv.); яровых поздних 4 вида – паслен черный (*Solanum nigrum* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), просо куриное (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv), просо сорное (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* (Kitag.) Tzvel.), двулетних 1 вид – смолевка ночецветная (*Oberna behen* (L.) Ikonn). Многолетних: корнеотпрысковых 2 вида – бодяк полевой (*Cirsium*

*arvensis* (L.) Scop), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.); ползучих 1 вид – будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.).

Учеты численности сорных растений в посевах озимой пшеницы показали, что наименьшая засоренность сорняков (17,5 шт./м<sup>2</sup>) в 2013 – 2015 гг. была при размещении ее по чистому пару. В севооборотах с занятыми парами численность сорняков возрастала на 33,7 % после гороха; 29,1 % после люпина и 32,6 % после гороха + люпин во 2; 3 и 4 севооборотах. Следует отметить преимущество комбинированной обработки почвы в регулировании засоренности по сравнению с минимизированной. Численность сорняков была меньше на 16,1 % (таблица 18).

Засоренность озимой пшеницы в севооборотах изменялась также в зависимости от года исследований. Наименьшая засоренность наблюдалась в 2014 году с густотой стояния сорняков весной 4,7 – 8,5 шт./м<sup>2</sup>. В среднем по вариантам исследований 6,8 шт./м<sup>2</sup>. Наибольшее число сорняков наблюдалось в 2015 году 23,7 – 40,6 шт./м<sup>2</sup>, в среднем по опыту 34,5 шт./м<sup>2</sup>.

Между тем многие авторы отмечают, что вредоносность сорняков определяется не только количеством сорняков, но и их массой (Шевченко С.Н., Корчагин В.А., 2008; Казаков Г.И. и др., 2008; Немцев С.Н. и др., 2009; Ивенин В.В., Строкин В.А., Осипов В.В., 2010). Учеты массы сорных растений в период возобновления весенней вегетации показали, что выявлены те же закономерности в ее изменении по вариантам опыта, что и численность сорняков. В первом зернопаровом севообороте на фоне комбинированной обработки почвы масса сорняков весной составила 12,0 – 13,3 г/м<sup>2</sup>, тогда как по минимизированной обработке в четвертом севообороте с занятым паром она составила 21,2 – 22,9 г/м<sup>2</sup>.

В фазу колошения в зернопаровом севообороте по чистому пару засоренность озимой пшеницы была меньше по сравнению с её возделыванием по занятым парам в зернотравяных севооборотах, где она составила 11,3 шт./м<sup>2</sup>, в то время, как после гороха, люпина и горохо-люпиновой смеси она была 15,7 – 16,6

Таблица 18 - Густота стояния и масса сорных растений в посевах озимой пшеницы в севооборотах (2013-2015 гг.) шт./м<sup>2</sup> / г/м<sup>2</sup>(кущение весной)

Предшественник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Годы			В среднем за 3 года	В среднем по факторам			
			2013	2014	2015		А	В	С	
Чистый пар	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	17,6	4,7	23,7	15,3	19,8	21,6	18,1	
			15,3	3,2	17,6	12,0				
		С <sub>2</sub>	18,3	5,0	24,0	15,8				
			17,6	3,8	18,4	13,3				
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	22,5	6,3	29,2	19,3				17,5
			20,3	3,6	23,3	15,7				
		С <sub>2</sub>	22,2	6,9	29,1	19,4				
			22,8	4,0	25,1	17,3				
Горох	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	23,3	6,7	34,0	21,3	19,7	23,4	19,7	
			21,8	4,2	28,2	18,1				
		С <sub>2</sub>	24,7	6,8	35,2	22,2				
			24,0	4,4	29,3	19,2				
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	27,7	8,3	39,4	25,1				
			23,5	4,1	32,5	20,0				
		С <sub>2</sub>	27,6	8,5	38,8	25,0				
			26,3	4,4	33,1	21,3				



Продолжение таблицы 18

Предшествен- ник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Годы			В среднем за 3 года	В среднем по факторам		
			2013	2014	2015		А	В	С
Люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	<u>20,9</u>	<u>6,4</u>	<u>34,6</u>	<u>20,6</u>	<u>22,6</u> 20,1	<u>23,6</u> 20,1	<u>21,8</u> 19,5
			<u>22,1</u>	<u>4,5</u>	<u>29,1</u>				
	С <sub>2</sub>	<u>20,0</u>	<u>6,2</u>	<u>35,2</u>	<u>20,5</u>				
		<u>24,3</u>	<u>5,0</u>	<u>29,3</u>	<u>18,5</u>				
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	<u>25,8</u>	<u>8,0</u>	<u>40,1</u>	<u>24,6</u>			
			<u>23,1</u>	<u>4,9</u>	<u>32,8</u>	<u>20,3</u>			
	С <sub>2</sub>	<u>26,8</u>	<u>7,7</u>	<u>39,8</u>	<u>24,8</u>				
		<u>26,5</u>	<u>5,1</u>	<u>34,0</u>	<u>21,9</u>				
Горох + люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	<u>23,8</u>	<u>6,3</u>	<u>33,5</u>	<u>21,2</u>			
			<u>25,1</u>	<u>4,1</u>	<u>28,3</u>	<u>19,2</u>			
	С <sub>2</sub>	<u>24,2</u>	<u>5,9</u>	<u>34,4</u>	<u>21,5</u>				
		<u>27,3</u>	<u>4,4</u>	<u>29,5</u>	<u>20,4</u>				
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	<u>27,1</u>	<u>7,8</u>	<u>39,6</u>	<u>24,8</u>			
			<u>26,1</u>	<u>4,9</u>	<u>32,6</u>	<u>21,2</u>			
С <sub>2</sub>	<u>28,1</u>	<u>7,6</u>	<u>40,6</u>	<u>25,4</u>					
Среднее			<u>23,8</u>	<u>6,8</u>	<u>34,5</u>	<u>21,7</u>			
			<u>23,5</u>	<u>4,4</u>	<u>30,0</u>	<u>18,7</u>			

Примечание: Обработка почвы: В<sub>1</sub> -комбинированная, В<sub>2</sub>-минимизированная; над чертой – густота стояния , шт/  
м<sup>2</sup>, под чертой – масса сорных растений г/м<sup>2</sup>

Таблица 19 - Густота стояния и масса сорных растений в агроценозе озимой пшеницы в севооборотах (2013-2015 гг.) шт./м<sup>2</sup> / г/м<sup>2</sup>(колошение)

Предшественник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Годы			В среднем за 3 года	В среднем по факторам			
			2013	2014	2015		А	В	С	
Чистый пар	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	<u>12,7</u> 6,7	<u>3,4</u> 3,8	<u>16,4</u> 15,8	<u>10,8</u> 8,8				
		C <sub>2</sub>	<u>10,3</u> 7,4	<u>3,1</u> 4,0	<u>16,8</u> 17,0	<u>10,1</u> 9,5				
	В <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	<u>12,3</u> 8,5	<u>4,4</u> 4,0	<u>20,3</u> 22,5	<u>12,3</u> 11,7	<u>11,3</u> 10,6			
		C <sub>2</sub>	<u>12,3</u> 9,6	<u>4,4</u> 4,2	<u>20,0</u> 23,8	<u>12,2</u> 12,5	<u>13,3</u> 12,7			
	Горох	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	<u>12,5</u> 12,6	<u>4,7</u> 4,4	<u>26,3</u> 26,7	<u>14,5</u> 14,6			
			C <sub>2</sub>	<u>8,1</u> 8,9	<u>4,7</u> 4,6	<u>27,0</u> 27,4	<u>13,3</u> 13,6			
В <sub>2</sub>		C <sub>1</sub>	<u>15,6</u> 12,8	<u>5,9</u> 5,4	<u>31,2</u> 30,2	<u>17,6</u> 16,1				
		C <sub>2</sub>	<u>14,0</u> 13,7	<u>6,0</u> 5,9	<u>32,2</u> 31,6	<u>17,4</u> 17,1				

Продолжение таблицы 19

Люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	<u>11,9</u> 7,9	<u>4,0</u> 4,3	<u>25,9</u> 27,1	<u>13,9</u> 13,1	16,3 15,7	14,7 14,5	
		С <sub>2</sub>	<u>13,2</u> 8,6	<u>4,5</u> 4,9	<u>25,8</u> 28,3	<u>14,5</u> 13,9			
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	<u>13,6</u> 11,2	<u>5,9</u> 6,0	<u>33,0</u> 31,2	<u>17,5</u> 16,1			
		С <sub>2</sub>	<u>12,4</u> 12,0	<u>5,7</u> 6,2	<u>32,8</u> 32,9	<u>17,0</u> 17,0			
	Горох + люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	<u>13,4</u> 9,2	<u>5,1</u> 4,3	<u>27,0</u> 27,7			<u>15,2</u> 13,7
			С <sub>2</sub>	<u>11,3</u> 10,1	<u>4,8</u> 4,6	<u>27,3</u> 28,8			<u>14,5</u> 14,5
В <sub>2</sub>		С <sub>1</sub>	<u>13,6</u> 13,5	<u>6,3</u> 6,1	<u>34,1</u> 31,6	<u>18,0</u> 17,1			
		С <sub>2</sub>	<u>15,0</u> 14,2	<u>6,4</u> 6,1	<u>34,3</u> 32,7	<u>18,6</u> 17,7			
Среднее			<u>12,6</u> 10,4	<u>5,0</u> 4,9	<u>27,0</u> 27,2	<u>14,8</u> 14,2			

Примечание: Обработка почвы: В<sub>1</sub>-комбинированная, В<sub>2</sub>-минимизированная; над чертой – густота стояния, шт/м<sup>2</sup>, под чертой – масса сорных растений г/м<sup>2</sup>.

шт./м<sup>2</sup>. По минимальной в севообороте обработке почвы засоренность возросла на 22,6 % по сравнению с комбинированной обработкой. Воздушно-сухая масса сорняков в севообороте с чистым паром составила 10,6 г/м<sup>2</sup>, в севооборотах после гороха, люпина и гороха – люпиновой смеси она составила 15,1 – 15,7 г/м<sup>2</sup>. Наименьшая засоренность наблюдалась так же, как и фазу кущения весной в 2014 году с густотой стояния сорняков 10,1 – 12,3 шт./м<sup>2</sup>.

Таким образом, возможность регулирования состава и структуры агрофитоценозов и повышения конкурентоспособности культурных растений за счет технологий указывает на то, что в подавлении сорных растений важное место принадлежит фитоценолитическому методу, в том числе севообороту.

В производственных посевах озимой пшеницы преобладают сложные типы засоренности: корнеотпрысково-малолетний двудольный, корнеотпрысково-малолетний однодольный, корнеотпрысково-корневищный и другие. В составе агрофитоценозов большую долю занимают злостные сорные растения из корнеотпрысковых – бодяк полевой, осот полевой, вьюнок полевой, из однолетних однодольных – овсюг обыкновенный, куриное просо, сорное просо, виды щетинника, из однолетних двудольных – зимующие, яровые ранние, яровые поздние.

Наиболее эффективным средством в подавлении численности сорняков является зернопаровой севооборот. Комбинированная в севообороте обработка почвы обеспечивает более полное уничтожение сорных растений по сравнению с минимизированной.

---

## **4. Эффективность возделывания озимой пшеницы при биологизации севооборотов**

### **4.1 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.

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 ус-

ловиях 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.

Наши исследования показали, что в условиях лесостепной зоны Поволжья люпин белый формирует высокую урожайность. В среднем за 2012-2015 гг. она составила 1,99-2,30 т/га, но наибольшая урожайность была получена при возделывании гороха в смеси с люпином – 2,06-2,40 т/га. 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 (Тойгильдин А.Л. и др. Патент Способ возделывания гороха на зерно).

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 узколистный ( $13,0-15,0\%$ ) > люпин белый ( $17,5-19,9\%$ ).

Во всех случаях возделывания зерновых бобовых культур отмечалось преимущество комбинированной системы обработки почвы и повышенного фона удобрения (таблица 20, рис. 12). 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.



1. ГОРОХ
2. ОЗИМАЯ ПШЕН
3. ЯРОВАЯ ПШЕН
4. КОСТРЕЦ 1 г.п.
5. К...

**Рисунок 12 - Посевы зерновых бобовых культур в стационарном полевом опыте, 2012 год**

Таблица 20 - 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 <sub>1</sub>	C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,19	2,42	2,55	2,25	2,35	6,0	2,35	2,31
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,30	2,64	2,73	2,33	2,50	7,5		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,09	2,36	2,32	2,16	2,23	5,0		
II Зерноотра-вляющей с кострцом	Горох	В <sub>1</sub>	C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,16	2,39	2,52	2,23	2,33	6,0	2,17	
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,41	2,14	2,26	1,97	2,20	8,5		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,63	2,27	2,46	2,18	2,39	8,4		
III Зерноотра-вляющей с люцерной	Люпин	В <sub>2</sub>	C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,17	1,84	1,99	1,75	1,94	9,5	2,14	
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,39	1,97	2,27	1,88	2,13	11,4		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,95	1,76	2,68	2,12	2,13	18,6		
IV Зерноотра-вляющей с травосмесью	Горох + люпин	В <sub>1</sub>	C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,08	1,91	2,95	2,25	2,30	19,9	2,23	2,23
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,79	1,63	2,48	2,04	1,99	18,7		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,98	1,72	2,6	2,16	2,12	17,5		
По фактору С	Горох	В <sub>2</sub>	C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,42	1,79	2,42	2,24	2,22	13,4	2,23	2,23
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,63	1,92	2,71	2,32	2,40	15,0		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,26	1,68	2,24	2,06	2,06	13,0		
			C+N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,46	1,74	2,53	2,15	2,22	16,2		
			<b>2,07</b>	<b>2,16</b>	<b>1,95</b>	<b>2,37</b>	<b>2,07</b>	<b>2,14</b>	-	-	-
				<b>2,60</b>	<b>2,19</b>	<b>2,30</b>	-	-	-	-	-
				0,11	0,14	0,18	0,16	0,16	-	-	-
				0,06	0,07	0,09	0,08	0,08	-	-	-
				0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	-	-	-

V<sub>1</sub> - дискование БДМ-3х4 М на 10-12 см + рыльце плугами со столами СибИМЭ на 20-22 см.

V<sub>2</sub> - 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. 13).

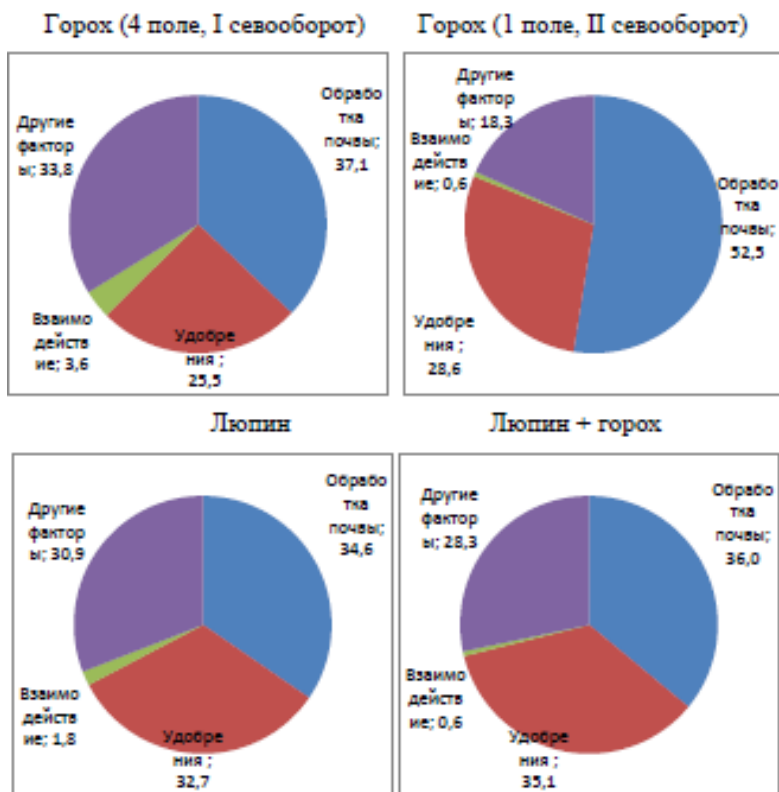


Рисунок 13 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожайности зерновых бобовых культур в среднем за 2012–2015 гг. (по данным дисперсионного анализа)

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 %.

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.

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.

## 4.2 Урожайность озимой пшеницы

Урожайность сельскохозяйственных культур является интегральным показателем степени эффективности агротехнических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Зерновые культуры требуют точного регулирования многочисленных факторов, определяющих высокую хозяйственную продуктивность растений. Поэтому продукционный процесс накопления урожая рассматривается в сочетании с агротехническими и климатическими факторами, влияющими на уровень урожайности. В наших исследованиях урожайность озимой пшеницы варьировала в зависимости от влияния погодных условий (была разная по годам исследований), предшественников, технологий обработки почвы и систем удобрений.

Оценка влияния предшественников на урожайность озимой пшеницы показала, что в 2013 году она изменялась от 3,09 – 3,50 т/га после занятых паров, до 3,51 – 3,82 т/га после чистого пара (таблица 21). Оценка системы обработки почвы показала равноценное влияние способов обработки почвы на формирование урожайности озимой пшеницы, различия находились в пределах НСР<sub>05</sub>.

Системы удобрения также оказывали влияние на урожайность озимой пшеницы, в 2013 году прибавка на повышенном фоне ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ) составила 0,20 – 0,30 т/га 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 2014 году урожайность возросла на 0,61 – 0,77 т/га в сравнение с занятыми парами и в 2015 году на 1,40 – 1,93 т/га.

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

Таблица 21– Урожайность озимой пшеницы в звеньях севооборотов, т/га (2013 год)

Предшественник фактор А	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С		±	Среднее по фактору	
		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>		А	В
Пар чистый	V <sub>1</sub>	3,55	3,82	+0,27	<u>3,66</u>	<u>3,42</u> 100
	V <sub>2</sub>	3,51	3,78	+0,27	100	
Горох	V <sub>1</sub>	3,14	3,44	+0,30	<u>3,26</u>	
	V <sub>2</sub>	3,09	3,38	+0,29	89,1	
Люпин	V <sub>1</sub>	3,27	3,50	+0,23	<u>3,37</u>	
	V <sub>2</sub>	3,25	3,45	+0,20	92,1	
Горох + люпин	V <sub>1</sub>	3,16	3,45	+0,29	<u>3,29</u>	
	V <sub>2</sub>	3,14	3,42	+0,28	90,0	
		НСР <sub>05</sub> = 0,20; НСР А= 0,10; НСР В и С= 0,07				

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 или 3,8 %, что является достоверной прибавкой (НСР<sub>05</sub> = 0,06).

При оценке фонов удобрений были получены данные, которые позволяют утверждать, что по чистому пару отмечалось преимущество повышенного фона удобрений, при этом прибавки составили 0,46 по комбинированной и 0,37 т/га по минимальной обработке почвы, что выше ошибки опыта. После занятых паров прибавка урожайности по повышенному фону составила 0,05 - 0,24 т/га, причем по комбинированной обработке почвы эффективность удобрений была выше (таблица 22).

В условиях 2015 года преимущество чистого пара было более значительным. По сравнению с горохом урожайность возросла на 1,37 – 1,48 т/га, а в сравнении с другими предшественниками на

Таблица 22 – Урожайность озимой пшеницы в звеньях севооборотов, т/га (2014 год)

Предшественник фактор А	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С		±	Среднее по фактору	
		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>		А	В
Пар чистый	V <sub>1</sub>	5,55	6,01	+0,46	<u>5,65</u>	<u>5,23</u> 100
	V <sub>2</sub>	5,33	5,70	+0,37	100	
Горох	V <sub>1</sub>	5,08	5,26	+0,18	<u>5,08</u>	
	V <sub>2</sub>	4,97	5,02	+0,05	89,9	
Люпин	V <sub>1</sub>	4,91	5,12	+0,21	<u>4,92</u>	<u>5,03</u> 96,2
	V <sub>2</sub>	4,73	4,91	+0,18	87,1	
Горох + люпин	V <sub>1</sub>	4,89	5,04	+0,15	<u>4,87</u>	
	V <sub>2</sub>	4,66	4,90	+0,24	86,2	
		НСР <sub>05</sub> = 0,17; НСР А= 0,08; НСР В и С= 0,06				

1,71 – 2,00 т/га, что объясняется, прежде всего, недостатком влаги перед посевом, низким температурным фоном зимы, малоснежным периодом при низких температурах (декабря 2014 года).

В среднем по предшественникам отмечалось преимущество комбинированной обработки почвы в севообороте, где прибавка урожайности составила на 0,09 т/га (НСР<sub>05</sub> = 0,06).

Повышенный фон удобрения имел преимущество особенно по чистому пару. По парозанимающим культурам, в условиях недостатка влаги, эффективность удобрений снижалась (таблица 23).

Оценка эффективности предшественников в среднем за 2013 - 2015 гг. показала, что чистый пар создавал лучшие условия для формирования урожайности озимой пшеницы, прежде всего, по влагообеспеченности посевов, это повлияло на появление более дружных всходов и хорошее развитие растений, что определило уровень урожайности (таблица 23).

Таблица 23 – Урожайность озимой пшеницы в звеньях севооборотов, т/га (2015 год)

Предшественник фактор А	Обработка почвы Фактор В	Фон питания Фактор С		±	Среднее по фактору		
		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>		А	В	
Пар чистый	В <sub>1</sub>	4,05	4,23	+0,17	<u>4,07</u>	<u>2,82</u> 100	
	В <sub>2</sub>	3,92	4,06	+0,14	100		
Горох	В <sub>1</sub>	2,66	2,75	+0,09	<u>2,66</u>		
	В <sub>2</sub>	2,55	2,69	+0,11	65,4		
Люпин	В <sub>1</sub>	2,16	2,23	+0,07	<u>2,19</u>		<u>2,73</u> 96,8
	В <sub>2</sub>	2,21	2,15	-0,06	53,8		
Горох + люпин	В <sub>1</sub>	2,14	2,30	+0,16	<u>2,17</u>		
	В <sub>2</sub>	2,03	2,20	+0,17	53,3		
		HCP <sub>05</sub> = 0,16; HCP А= 0,08; HCP В и С= 0,06					

В среднем за 2013 – 2015 гг. урожайность по чистому пару составила 4,25 – 4,69 т/га, тогда как после парозанимающих культур от 3,28 т/га (после люпина с горохом, минимальная обработка почвы, фон солома + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) до 3,82 т/га (после гороха, комбинированная обработка почвы, фон солома + N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>). Лучшим из парозанимающих культур оказался горох, после которого было получено от 3,46 т/га (минимальная обработка почвы, фон удобрений солома + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) до 3,82 т/га (комбинированная обработка почвы, фон удобрений солома + N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>).

Обработка почвы оказывала определенное 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.

Учеты показали, что изменения урожайности озимой пшеницы в зависимости от фона минеральных удобрений и применения соло-

Таблица 24 - Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений, т/га.

Предшественник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Годы						В среднем	В среднем по факторам			
			2013		2014		2015			A	B	C	
			С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>		С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>3</sub>	
Пар чистый А <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,55	5,55	4,05	4,05	4,38	4,46	3,82	100	3,65	100	
		С <sub>2</sub>	3,82	6,01	4,23	4,23	4,69	4,46					
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,51	5,33	3,92	3,92	4,25	3,82	100	3,82	100	3,65	100
		С <sub>2</sub>	3,78	5,7	4,06	4,06	4,51	3,82					
Горох А <sub>2</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,14	5,08	2,66	2,66	3,63	3,66	3,44	82,0	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,44	5,26	2,75	2,75	3,82	3,66					
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,09	4,79	2,55	2,55	3,48	3,48	3,38	82,0	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,38	5,02	2,69	2,69	3,70	3,48					
Люпин А <sub>3</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,27	4,91	2,16	2,16	3,45	3,48	3,50	78,0	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,50	5,12	2,23	2,23	3,62	3,48					
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,25	4,73	2,01	2,01	3,33	3,33	3,45	77,4	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,45	4,91	2,15	2,15	3,50	3,33					
Горох + люпин А <sub>4</sub>	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,16	4,89	2,14	2,14	3,40	3,45	3,45	77,4	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,45	5,04	2,30	2,30	3,60	3,45					
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,14	4,66	2,03	2,03	3,28	3,28	3,45	77,4	3,70	100	
		С <sub>2</sub>	3,42	4,90	2,20	2,20	3,51	3,28					
Среднее			3,40	5,12	2,76	2,76	3,76	-	-	-	-	-	
НСР			0,20	0,17	0,16	0,16	0,16	-	-	-	-	-	
НСР <sup>05</sup>			0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	-	-	-	-	-	
А			0,06	0,06				-	-	-	-	-	
В								-	-	-	-	-	
С								-	-	-	-	-	
0,07								-	-	-	-	-	

мы были достоверными. В среднем в варианте солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  урожайность составила 3,67 т/га, а по фону солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$  – 3,87 т/га, разница 0,22 т/га - в пользу повышенного фона питания.

Урожайность культуры изменялась по годам также в зависимости от изменений водно-теплового режима в посевах как основного механизма регулирования продукционного процесса растений. Урожайность зерна озимой пшеницы по годам была следующая: 2013 г. – 3,42 т/га, 2014 г. – 5,12 т/га, 2015 г – 2,76. В среднем по опыту за эти годы она составила 3,77 т/га. На черноземных почвах лесостепи Поволжья наиболее высокая урожайность озимой пшеницы формируется в севообороте после чистого пара 4,46 т/га, это на 18,0– 22,0 % больше, чем после занятого пара (горох, люпин, горох + люпин).

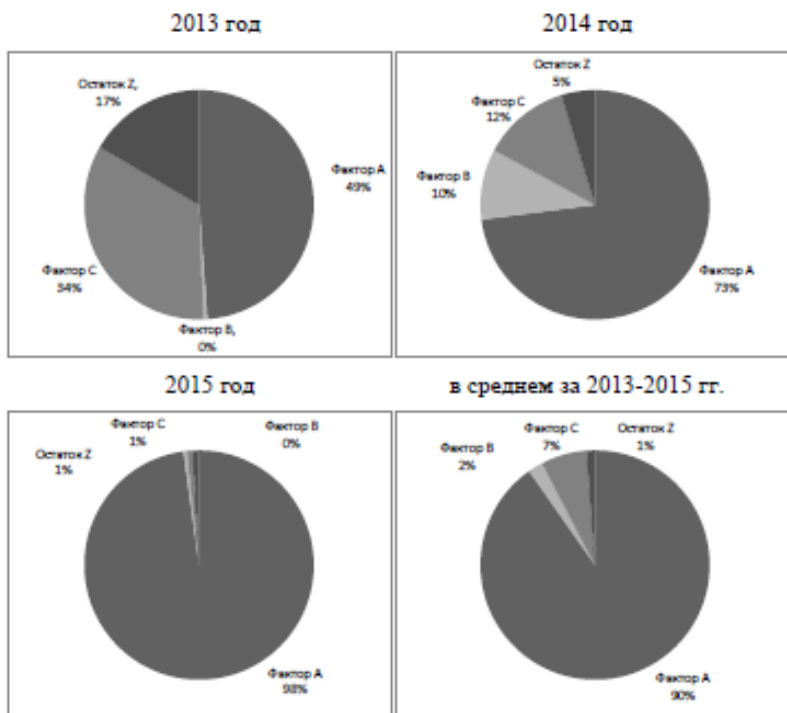
Следует отметить, что обработка данных методом дисперсионного анализа доказывает, что разности между средними значениями по вариантам существенны на 5%-ном уровне значимости по предшественникам, вариантам обработки почвы (кроме 2013 года) и фонам удобрений.

Дисперсионный анализ показал, что в 2013 году наибольшие изменения урожайности связаны с предшественниками – 49 %, на долю удобрений приходилось 34 %, другие факторы – 17 %. Следует отметить, что способы обработки почвы оказывали равноценное влияние на формирование урожайности озимой пшеницы (рис. 14).

Анализ урожайных данных за 2014 год показал, что с предшественниками связано 73 %, обработкой почвы – 10 % и удобрениями – 12% изменения урожайности. В 2015 году основным фактором выступали предшественники – 98%, в среднем за годы исследований на долю предшественников приходилось 90% изменения урожайности.

Таким образом, наибольшие колебания урожайности озимой пшеницы были вызваны действием предшественников, следовательно, в лесостепной зоне Заволжья наибольшую урожайность озимой пшеницы обеспечивает ее возделывание по чистым парам с применением обработки почвы по схеме Си-





**Рисунок 14 - Вклад изучаемых факторов в формирование урожайности озимой пшеницы за 2013– 2015 гг. (по данным дисперсионного анализа)**

БИМЭ на 20 – 22 см под парозанимающие культуры или КПИР-3,6 на 12 –14 см и органоминеральной системы удобрений солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  или солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$ .

### **4.3 Качество зерна озимой пшеницы**

Зерно пшеницы – один из главных источников продуктов питания для человека, также широко используется в качестве кормовых ресурсов и в переработке (Шпаар Д., Гриб С., Захарен-

ко А., 2000; Морозов В.И., Басенкова С.В., 2014; Турусов В.И. и др., 2015).

В структуре зернового хозяйства Среднего Поволжья озимая пшеница занимает ведущее место и наиболее востребована на рынке (Немцев Н.С., Потушанский В.А., Захаров А.И., 2000; Турусов В.И., Гармашов В.М., Сыромятников Ю.Д., 2013). Постоянно растут посевные площади и валовой сбор озимой пшеницы в Самарской области благодаря высокопродуктивным сортам, созданным в региональных селекционных центрах (Глуховцев В.А., 2009; Шевченко С.Н., 2009).

В объёмах реализации зерновых в Ульяновской области на долю пшеницы приходится 60 % финансовой выручки. Она могла быть больше в случае реализации зерна с более высокими параметрами качества. Из общего объёма товарного зерна пшеницы только 25,7 % 1 – 2 и 3 классов, а 74,3 % – ниже 3 класса. Отсюда снижается эффективность зернового хозяйства. Проблема качества зерна пшеницы весьма актуальная.

Освоение принципа плодосмена при построении севооборотов означает переход к биологическим системам ведения земледелия, к использованию биогенных ресурсов, создаваемых в агроэкосистемах, таких, как бобовых фитоценозов, симбиотического азота, сидератов, навоза и компостов, других органических удобрений и т.д. (Морозов В.И. и др., 2008).

Важно при этом выяснить влияние факторов биологизации на урожай и качество зерна пшеницы. Многие авторы считают, что качество зерна пшеницы зависит от состояния технологии, агротехнических факторов, водно-теплового режима посевов, гидротермических, фитосанитарных и других условий её возделывания (Исмагилов Р.Р., Азнаев А.А., 1997; Морозов В.И., Подсевалов М.И., Асмус А.А., 2007; Тойгильдин А.Л., Морозов В.И., Подсевалов М.И., 2015).

Согласно ГОСТу Р 52554 - 2006 качество зерна пшеницы - совокупность показателей: содержание белка, массовая доля клейковины, стекловидность, натура и др. Основная биологическая

---

ценность зерна пшеницы – это содержание белка и его аминокислотный состав.

Наши исследования показали, что белковость зерна пшеницы изменяется по годам, что может быть связано с гидротермическими условиями. Так, если среднее содержание белка в 2013 году составило 13,7 %, то в 2014 – 13,4 % и в 2015 – 12,7 %. Оценивая агротехнические факторы, следует отметить, что наиболее высокое содержание белка 13,6 % было в зерне пшеницы при размещении её по чистому пару. После гороха данный показатель находился на уровне 13,0 %. Содержание белка по вариантам опыта в 2013 г. изменялось от 14,1 до 13,1%, в 2014 году от 13,1 до 14,0%, в 2015 - от 12,2 до 13,9 % (таблица 25).

Белковость зерна озимой пшеницы размещенной после люпина в среднем за 3 года составила 13,2 %. На таком же уровне сформировалась отмечалось содержание белка зерна пшеницы после двухкомпонентной смеси – горох + люпин.

Главная составная часть белка, определяющая качество муки и хлеба, – клейковина, которую считают его белковым каркасом (Марушев А.И., 1968). Она обладает хорошей растяжимостью, упругостью и эластичностью, то есть способностью восстановить исходную форму после растяжения и надавливания.

Содержание клейковины в зерне, муке и её качество являются наиболее важным признаком в сравнении с физическими свойствами зерна (Созинов А.А., 1976). Учеты показали, что в среднем за годы исследований содержание клейковины, по чистому пару составило 35,2 %, после гороха – 34,8 %, после люпина – 34,7 %, после люпина в смеси с горохом – 34,4 %. Как видим, преимущество здесь имеет севооборот с чистым паром, однако разница между вариантами не превышала 0,8 % (абсолютное значение).

Обработка почвы не оказала влияния на изменение содержание клейковины 34,8 % и 34,7 %. Повышенные дозы минерального питания имели незначительное преимущество в содержании клейковины 34,5 и 35,1 % (таблица 26).

Таблица 25 - Содержание белка в зерне озимой пшеницы в севооборотах

Севооборот культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	Годы			В среднем за три года	В среднем по факторам		
			2013	2014	2015		А	В	С
I	Комбин	1	13,7	13,6	13,8	13,7	13,6 100	13,4	13,2
		2	13,8	14,0	13,9	13,9			
	минимиз	1	13,4	13,3	13,4	13,4			
		2	13,5	13,3	13,5	13,4			
II	Комбин	1	13,2	13,1	12,5	12,9	13,0 95,8	100	100
		2	13,7	13,4	12,5	13,2			
	минимиз	1	13,1	13,1	12,3	12,8			
		2	13,7	13,3	12,5	13,2			
III	Комбин	1	14,0	13,1	12,5	13,2	13,2 97,2	13,2	13,4
		2	14,1	13,6	12,7	13,5			
	минимиз	1	13,6	13,1	12,3	13,0			
		2	13,7	13,4	12,5	13,2			
IV	Комбин	1	13,6	13,3	12,4	13,1	13,2 97,1	98,7	101,6
		2	13,8	13,4	12,6	13,3			
	минимиз	1	13,6	13,6	12,2	13,1			
		2	13,9	13,8	12,3	13,4			
В среднем			13,7	13,4	12,7	13,4			

Корреляционно-регрессионный анализ качества зерна пшеницы показал среднюю связь между содержанием клейковины и содержанием белка в зерне:

$$y = 1,0734x + 20,519; r = 0,38 \quad [2]$$

Прогностическое уравнение позволяет по одному из признаков рассчитать второй.

В 2013 г содержание клейковины в зерне пшеницы изменя-

Таблица 26 - Влияние агроприемов на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, %

Севооборот культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	Годы			В среднем за три года	В среднем по факторам			
			2013	2014	2015		А	В	С	
I	Комбин	1	30,9	39,8	34,9	35,2	<u>35,2</u>	34,8	<u>34,5</u>	
		2	30,8	40,2	35,6	35,5				
	минимиз	1	30,5	39,8	34,4	34,9				100
		2	30,6	39,8	34,8	35,1				
II	Комбин	1	30,6	39,3	33,9	34,6	<u>34,8</u>	100	<u>34,5</u>	
		2	31,1	40,0	34,2	35,1				
	минимиз	1	30,0	39,6	33,6	34,4				98,9
		2	31,2	39,8	34,0	35,0				
III	Комбин	1	29,3	39,2	33,1	33,9	<u>34,7</u>	34,7	<u>35,1</u>	
		2	29,8	41,2	33,8	34,9				
	минимиз	1	30,7	40,4	33,0	34,7				38,6
		2	30,9	40,8	33,6	35,1				
IV	Комбин	1	30,6	38,9	33,2	34,2	<u>34,4</u>	99,7	101,8	
		2	31,2	39,4	33,9	34,8				
	минимиз	1	30,1	38,8	32,4	33,8				97,7
		2	31,4	39,6	33,6	34,9				
В среднем			30,6	39,8	33,9	34,8				

лось в пределах 2,1 %, в 2014 г – 2 %, в 2015 г. – 2,5 %, при этом средние показатели содержания клейковины составили в 2013 году 30,6%, в 2014 – 39,8% и в 2015 году - 33,9%, что связано с изменчивостью погодных условий за эти же годы.

Кроме содержания клейковины, нами определялось и ее качество – индекс деформации клейковины (ИДК). Качество клейковины во всех вариантах опыта в среднем за годы исследо-

Таблица 27 - Качество зерна озимой пшеницы (ИДК) в зависимости от агроприемов

Севооборот культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	Годы			В среднем за три года	В среднем по факторам		
			2013	2014	2015		А	В	С
I	Комбин	1	75	86	76	79	<u>80</u> 100	<u>81</u> 100	<u>81</u> 100
		2	76	85	74	78			
	минимиз	1	78	88	78	81			
		2	78	89	78	82			
II	Комбин	1	81	85	76	81	<u>81</u> 100,8	<u>82</u> 103,0	<u>82</u> 102,0
		2	77	86	75	79			
	минимиз	1	82	84	75	80			
		2	87	85	76	83			
III	Комбин	1	80	90	78	83	<u>83</u> 103,3	<u>82</u> 103,0	<u>82</u> 100,2
		2	80	89	78	82			
	минимиз	1	83	87	76	82			
		2	86	87	77	83			
IV	Комбин	1	83	83	81	82	<u>83</u> 103,3	<u>82</u> 102,0	<u>82</u> 100,2
		2	79	85	81	82			
	минимиз	1	80	82	86	83			
		2	81	83	88	84			
В среднем			80	86	78	81			

ваний соответствовало второй группе (78 – 83 ед.) и существенных различий по вариантам и годам не выявлено (таблица 27).

Получение кондиционного зерна высокого качества является одним из приоритетов при возделывании зерновых культур. Качество зерна пшеницы также зависит от его натуры, т.е. объемной массы.

Таблица 28 - Натура зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах

Севооборот культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	Годы			В среднем за три года	В среднем по факторам		
			2013	2014	2015		А	В	С
I	Комбин	1	781	795	735	770	<u>771</u> 100	<u>761</u> 100	<u>754</u> 100
		2	789	800	753	781			
	минимиз	1	775	788	729	764			
		2	778	790	736	768			
II	Комбин	1	777	780	713	757	<u>756</u> 98,1		
		2	783	791	720	765			
	минимиз	1	755	775	708	746			
		2	768	785	713	755			
III	Комбин	1	772	784	694	750	<u>750</u> 97,3	<u>753</u> 98,9	<u>760</u> 100,8
		2	784	788	693	755			
	минимиз	1	780	787	675	747			
		2	777	788	679	748			
IV	Комбин	1	778	786	697	754	<u>752</u> 97,5		
		2	783	790	704	759			
	минимиз	1	771	785	680	745			
		2	770	789	688	749			
В среднем			776	788	707	757			

Натура очищенного от примесей зерна служит одним из основных физических его свойств. Чем выше натура, 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 (Созинов А.А., 1976).

---

В условиях Среднего Поволжья базисные значения культуры зерна, предъявляемые к сильным пшеницам, составляют 750 г/л, для зерна ценных пшениц 710 г/л (Кочмин А.Г., 2015).

В ходе проведенных исследований за 2013 – 2015гг. установлено, что наибольшее влияние на выполненность зерна оказали виды пара, обработки почвы и метеоусловия за годы опытов (таблица 28). Системы удобрения практически не оказывали влияния 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 764 – 780 г/л и 745 – 765 г/л после занятых паров. Комбинированная обработка почвы способствовала увеличению натуры зерна в среднем на 8 г/л. Следует отметить, что особенно сильно натурная масса зерна озимой пшеницы различалась по годам, она изменялась от 788 г/л в 2014 году до 707 г/л в 2015 году. В 2014 году натура зерна составляла 776 г/л, но в основном она соответствовала базисным значениям сильных пшениц.

Масса 1000 зерен – один из хозяйственных признаков пшеницы. В наших опытах масса 1000 зерен варьировала в пределах 37,6 г в 2013 году, 38,6 г – в 2014 и 33,4 г – в 2015 году, в среднем за три года – 36,5 г.

В среднем за 2013 – 2015 годы чистый пар, комбинированная в севообороте система основной обработки почвы и повышенный фон питания способствовали формированию наибольшей массы 1000 зерен – 37,7 г. за счет лучших условий произрастания (запасов влаги, меньшей засоренности и др.). По другим предшественникам масса 1000 зерен была ниже на 1,0 – 2,0 г, где были менее благоприятные условия для роста и развития озимой пшеницы (таблица 29).

Наибольшей массой характеризовалась озимая пшеница после чистого пара по комбинированной в севообороте системе обработки почвы на повышенном фоне удобрений – 38,3 г, что объясняется лучшими условиями для роста и развития, которые способствовали формированию большей массы 1000 зерен. Наименьшая была зафиксирована в четвертом севообороте после



Таблица 29 - Масса 1000 зерен озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах

Севооборот культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Удобрения Фактор С	Годы			В среднем за три года	В среднем по факторам		
			2013	2014	2015		А	В	С
I	Комбин	1	38,0	39,4	35,9	37,8	<u>37,7</u> 100	<u>36,9</u>	<u>36,3</u>
		2	38,3	39,8	36,9	38,3			
	минимиз	1	37,9	38,2	35,2	37,1			
		2	38,0	39,1	35,7	37,6			
II	Комбин	1	37,4	38,3	34,8	36,8	<u>36,7</u> 97,3	100	100
		2	38,1	38,6	35,3	37,3			
	минимиз	1	36,6	38,0	33,3	36,0			
		2	36,8	38,8	33,9	36,5			
III	Комбин	1	37,6	38,5	32,5	36,2	<u>36,0</u> 95,5	<u>36,1</u>	<u>36,8</u>
		2	37,9	39,0	32,8	36,6			
	минимиз	1	37,2	38,0	31,3	35,5			
		2	37,4	38,7	31,6	35,9			
IV	Комбин	1	37,6	38,1	31,4	35,7	<u>35,7</u> 94,5	97,8	101,4
		2	38,0	39,0	32,3	36,4			
	минимиз	1	37,0	38,0	30,3	35,1			
		2	37,2	38,2	31,0	35,5			
В среднем			37,6	38,6	33,4	36,5			

смеси гороха-люпина по минимизированной в севообороте обработки почвы на среднем фоне питания – 35,1 г, т.е. действие предшественника.

Проанализировав показатели качества урожая озимой пшеницы в среднем по опыту за 2013 – 2015 гг., можно сделать вывод, что наилучшие условия для роста и развития растений, а в

конечном итоге повышение качества урожая складывалось при возделывании озимой пшеницы после чистого пара, при комбинированной в севообороте системе обработки почвы и повышенном фоне удобрений.

#### **4.4 Продуктивность звеньев с озимой пшеницей**

В современных условиях ведения сельского хозяйства очень важно дать правильную оценку не только отдельным предшественникам, но и показать продуктивность звеньев севооборотов.

По сообщению авторов (Асмус А.А., 2009; Кирюшин В.И., 2011; Лошаков В.Г., 2012) при высокой культуре земледелия в условиях оптимального питательного режима почвы, применении средств защиты растений при достаточной влагообеспеченности роль чистого пара в звеньях снижается в сравнении с занятыми парами.

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 30.

За 2012 - 2015 гг. урожайность гороха составила 2,00 - 2,45 т/га, люпина - 1,97 - 2,31 т/га, а при возделывании гороха в смеси с люпином – 2,06 - 2,40 т/га. Оценка показала, что урожайность зерновых бобовых культур возрастала по комбинированной системе обработки почвы и повышенному фону удобрений.

Так, безотвальная обработка почвы на 20 - 22 см под парозанимающие культуры имела преимущество перед культивацией на 12 - 14 см, где прибавка в среднем по звеньям составила 0,2 т/га. Повышенный фон удобрений (солома +  $N_{20}P_{30}K_{30}$ ) имел преимущество в сравнении со средним фоном (солома +  $N_{10}P_{20}K_{20}$ ) на 0,17 т/га.

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 удобрения показало более высокую продуктивность звеньев с занятыми парами.

Таблица 30 – Сравнительная продуктивность звеньев севооборотов в зависимости от системы обработки почвы и удобрений за 2012-2015 гг.

№ севооборота	Звенья севооборота (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность, т/га		Выход зерна с 1 га пашни, т		Выход зерновых единиц с 1 га пашни по звену, т	
				Зернобобовых культуры	Озимой пшеницы	В среднем по звену	По вариантам	В среднем по звену	По вариантам
I	Пар чистый – озимая пшеница	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	4,38	4,38	2,19	2,19	2,19	2,23
			C <sub>2</sub>	4,69	4,69	2,35	2,35	2,35	
	В <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	4,25	4,25	2,13	2,13	2,13		
		C <sub>2</sub>	4,51	4,51	2,26	2,26	2,26		
II	Горох - озимая пшеница	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	2,27	3,63	2,95	2,95	3,40	2,95
			C <sub>2</sub>	2,45	3,82	3,14	3,14	3,63	
	В <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	2,00	3,48	2,74	2,74	3,14		
		C <sub>2</sub>	2,21	3,70	2,96	2,96	3,40		
III	Люпин - озимая пшеница	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	2,13	3,45	2,79	2,79	3,22	2,80
			C <sub>2</sub>	2,31	3,62	2,97	2,97	3,43	
	В <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	1,97	3,33	2,65	2,65	3,04		
		C <sub>2</sub>	2,10	3,50	2,80	2,80	3,22		

Продолжение таблицы 30

№ севооборота	Звенья севооборота (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность, т/га			Выход зерна с 1 га пашни, т		Выход зерновых единиц с 1 га пашни по звену, т	
				Зернобобовых культуры	Озимой пшеницы	В среднем по звену	По вариантам	В среднем по звену	По вариантам	В среднем по звену
IV	Люпин + горох	В <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	2,21	3,40	2,81	2,81	3,25	3,29	
			C <sub>2</sub>	2,42	3,60	3,01	3,01	3,49		
	В <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	2,06	3,28	2,67	2,67	3,08			
		C <sub>2</sub>	2,24	3,51	2,88	2,88	3,32			
По фактору С				2,11	3,43	2,77	2,77	3,19		
2,29			3,63	2,96	2,96		3,42			
НСР <sub>05</sub>				0,11-0,18	-	-	-	-	-	
				0,06-0,09	-	-	-	-	-	
				0,04-0,06	-	-	-	-	-	

Несмотря на более высокую урожайность озимой пшеницы по чистому пару – 4,25 – 4,69 т/га, выход зерна с 1 га парового звена составил всего 2,13 – 2,35 т/га, тогда как в звене горох – озимая пшеница – 2,74 – 3,14 т/га (зерновых единиц – 3,14 – 3,63 тыс./га).

Продуктивность звеньев с люпином и его смеси с горохом также была выше, чем в звене чистый пар – озимая пшеница соответственно на 0,52 – 0,62 и 0,54 – 0,66 т/га, а зерновых единиц на 0,91 – 1,08 и 0,95 – 1,14 тыс./га.

Оценка изучаемых приемов показала преимущество комбинированной обработки почвы и повышенного фона удобрений.

Расчеты показали, что на 1 т недобора урожая озимой пшеницы по занятым парам в сравнении с чистым паром получено 2,60 – 3,03 т урожая гороха, 2,08 – 2,29 т зерна люпина и 2,12 – 2,26 т/га смеси люпина с горохом.

Таким образом, анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что по выходу зерна и зерновых единиц звенья севооборотов можно расположить в следующий ряд в убывающей последовательности: 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).

Размещение озимой пшеницы по занятым парам (горох и люпин), наряду с чистыми парами, позволяет более эффективно использовать биоклиматический потенциал и повысить зерновую продуктивность паровых звеньев севооборотов. Наряду с возделыванием в занятом пару традиционной зерновой бобовой культуры гороха, в условиях лесостепи Заволжья интерес представляют люпин и его смесь с горохом.

#### ***4.5 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 (Кашеев 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 сеvu озимых куль-

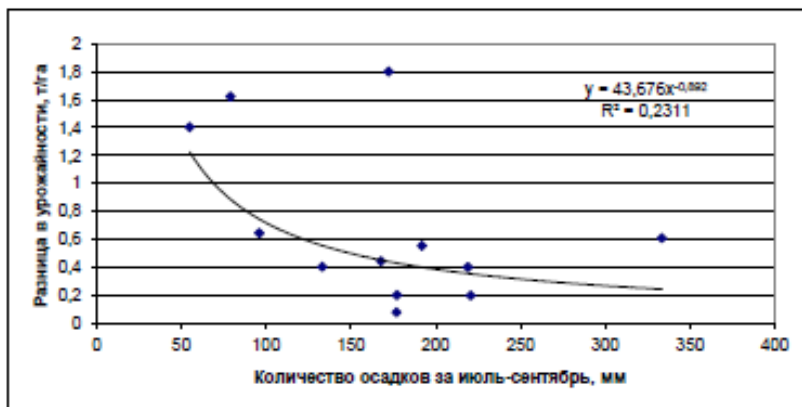
тур накапливают достаточное количество влаги. Наши расчеты показали, что урожайность озимой пшеницы в занятом пару (после гороха) имела прямую среднюю зависимость от количества осадков в период июль-август предшествующего года ( $r = 0,58$ ).

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 альтернативу 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. 14).



**Рисунок 14 - 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 31).

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



Таблица 31 - 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

пшеницы ( $x$ , мм) и урожайностью зерна озимой пшеницы ( $y$ , т/га), что характеризуется уравнением регрессии:  $y = 0,025x + 0,401$ .

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 32).

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; Фруммин И.Л., 2004).

Постановка задачи сводилась к определению оптимального звена севооборота (с чистым и занятым парами), доли чистого пара в качестве предшественника озимой пшеницы, которая бы обеспечивала получение максимальной денежной выручки от произведенной зерновой продукции в звене севооборота.

Таблица 32 - 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

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 33).

За целевую функцию был принят показатель - получение выручки от реализации получаемой продукции в звеньях севооборотов, за ограничивающие 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 обеспечивала бы максимальное значение функции

$$F(X) = 23,6 x_1 + 40,8 x_2 \rightarrow \max$$

Таблица 33 - 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 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:

$$2,00x_1 + 3,02x_2 \geq 2,5$$

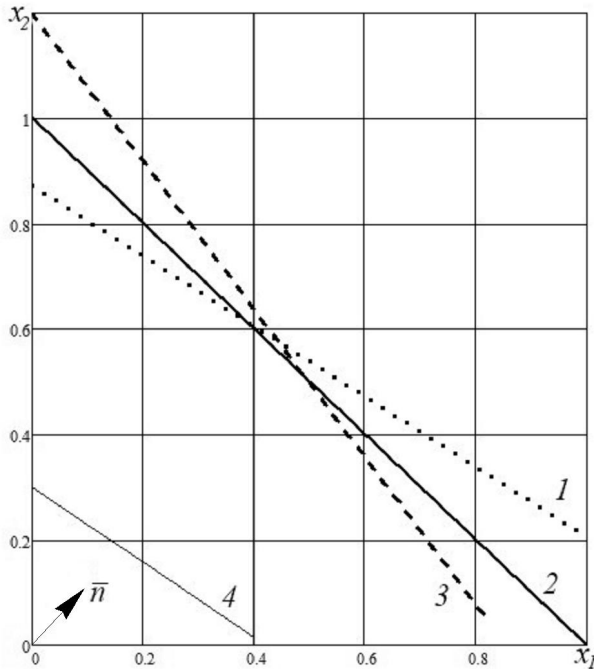
$$4,01x_1 + 3,31x_2 \geq 3,65$$

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. 16):

$$x_1 + x_2 = 1$$



**Рисунок 16 – 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

$$2,00x_1 + 3,02x_2 \geq 2,6$$

Решив систему уравнений, получены значения:  $x_1 = 0,4$ ,  $x_2 = 0,6$ .

Откуда найдено максимальное значение целевой функции:

$$F(X) = 23,6 \times 0,4 + 40,8 \times 0,6 = 33,9$$

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 паров 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. Структура 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, что на 1,02 т/га или 50,1% больше чем в паровом звене. 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. Экономическая и энергетическая эффективность биологизации технологии возделывания озимой пшеницы**

### ***5.1 Оценка экономической эффективности***

В современных условиях первостепенное значение имеет оценка экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, которая определяется рядом показателей и зависит, прежде всего, от технологий возделывания. В производственных условиях при подборе агротехнических приемов возделывания большое значение придается повышению окупаемости затрат за счет получаемой продукции, поэтому наряду с агротехнологической и агроэкологической оценками технологических приемов, следует проводить экономическую оценку целесообразности их применения.

Общеизвестно, что экономическая эффективность показывает отдачу совокупных вложений, и повышается при получении максимального количества продукции с единицы площади при наименьших затратах денежных средств.

Анализ экономических показателей возделывания зерновых бобовых культур в опыте приведены в таблице 34. Максимальной стоимостью полученной продукции отличались посевы люпина белого – 39800 – 46000 руб./га, тогда как стоимость урожая гороха составила 23380 – 30000 руб./га. Это в значительной мере обусловило и все остальные показатели: величина условно чистого дохода при возделывании люпина составила 18394 – 22043 руб./га, а уровень рентабельности – 85,7 – 92,0 %, тогда как у гороха данные показатели составили 4679 – 8213 руб./га при уровне рентабельности 32,5 – 40,8 %.

Сравнительная оценка систем обработки почвы показала, что дискование БДМ-3 × 4П на 10 – 12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см привело к росту экономической

Таблица 34 - Экономическая эффективность возделывания зерновых бобовых культур в севооборотах за 2012-2015 гг.

Культура, № севооборота (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность, т/га	Стоимость полупроцентной продукции, руб.	Производительные затраты, руб./га	Себестоимость зерна, руб.	Условно чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %		
								По фактору С	По фактору А	По фактору В
Горох II	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20-30</sub> K <sub>30</sub>	2,20	26400	19913	9051	6487	32,6	30,3	33,9
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,39	28680	21231	8883	7449	35,1		
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	1,94	23280	18601	9588	4679	25,2	26,8	
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,13	25560	19919	9352	5641	28,3		
Люпин III	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,13	42600	22641	10630	19959	88,2	88,2	90,1
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,30	46000	23957	10416	22043	92		
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	1,99	39800	21406	10757	18394	85,9	86,3	
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,12	42400	22715	10715	19685	86,7		
Горох + люпин, IV	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,22	35520	22654	10205	12866	56,8	56,8	58,5
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,40	38400	23971	9988	14429	60,2		
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10-20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,06	32960	21416	10396	11544	53,9	56,8	55,1
		C+N <sub>20-30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,22	35520	22729	10238	12791	56,3		

V<sub>1</sub> – комбинированная; V<sub>2</sub> – минимальная

эффективности возделывания зерновых бобовых культур за счет повышения урожайности и условно чистого дохода в сравнении с вариантом, где применялось дискование БДМ-3×4П 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.

Анализ технологических карт по возделыванию озимой пшеницы показывает, что производственные затраты на 1 га пашни по чистому пару в среднем за 3 года на фоне удобрений  $N_{30}P_{30}K_{30}$  варьировали в пределах 15543 – 16416 руб. / га, после занятых паров – 14815 – 14900 руб. / га, на повышенном фоне питания затраты на 1 га пашни повысились до 18206 – 19076 руб. / га, после чистого пара и до 17500 – 17543 руб. / га после парозанимающих культур (таблица 35).

На варианте с комбинированной в севообороте обработкой (2-кратное дискование и безотвальная обработка на 20 – 22 см) в зависимости от вида пара и удобрений производственные затраты на фоне питания солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  составили 14875 – 16416 руб./га, а на фоне солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$  - 17512 – 19076 руб. / га. На варианте с минимальной обработкой (2-кратное дискование под парозанимающие культуры и культивация на 12-14 см) затраты варьировали в пределах 14850 – 15543 руб. / га (1 фон питания) и 17498 – 18206 тыс. руб. / га (2 фон питания).

При этом производственная себестоимость зерна озимой пшеницы по чистому пару была наименьшей – от 3657 до 4067 руб./ 1 т. При снижении урожайности озимой пшеницы по занятым парам себестоимость зерна возрастала до 4105 – 4999 руб./т.

Влияние предшественников на формирование урожая определило различную экономическую эффективность озимой пшеницы. Вариант с чистым паром обеспечил более высокие экономические показатели за счет более высокой урожайности зерна в сравнении с занятыми парами. Однако элементарный расчет



Таблица 35 - Экономическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы в сево-оборотах за 2013 – 2015 гг.

Предшественник? № севооборота (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Урожайность т/га	Стоимость продукции с 1 га, руб.	Производственные затраты, руб. на 1 га.	Себестоимость 1 т. руб.	Условный чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %
Пар чистый I	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	4,38	35040	16416	3748	18624	113,5
		С <sub>2</sub>	4,69	37520	19076	4067	18444	96,7
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	4,25	34000	15543	3657	18457	118,7
		С <sub>2</sub>	4,51	36080	18206	4037	17874	98,2
Горох II	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,63	29040	14900	4105	14140	94,9
		С <sub>2</sub>	3,82	30560	17543	4593	13017	74,2
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,48	27840	14879	4276	12961	87,1
		С <sub>2</sub>	3,70	29600	17526	4737	12074	68,9
Люпин III	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,45	27600	14875	4312	12725	85,5
		С <sub>2</sub>	3,62	28960	17515	4838	11445	65,3
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,33	26640	14858	4462	11782	79,3
		С <sub>2</sub>	3,50	28000	17498	4999	10502	60,0
Горох + люпин IV	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,40	27200	14860	4370	12340	83,0
		С <sub>2</sub>	3,60	28800	17512	4865	11288	64,5
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,28	26240	14851	4528	11389	76,7
		С <sub>2</sub>	3,51	28080	17500	4986	10580	60,5

В<sub>1</sub> – комбинированная; В<sub>2</sub> – минимальная

экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в различных звеньях показывает, что суммарный условно чистый доход звеньев с бобовыми культурами (горох – озимая пшеница, люпин белый – озимая пшеница, люпин + горох – озимая пшеница) выше, чем в паровом звене.

Следует отметить, что себестоимость зерна при размещении озимой пшеницы по чистому пару была наименьшей по минимальной в севообороте обработке почвы, а случае размещения ее по занятым парам себестоимость снижалась по комбинированной обработке почвы. Поэтому 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 4×4 на 10–12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20–22 см.

Расчеты показали более высокую экономическую эффективность производства зерна 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 условным чистым доходом и уровнем рентабельности производства. Применение повышенных доз минеральных удобрений –  $N_{60}P_{45}K_{45}$  обеспечило меньшую окупаемость затрат.

## ***5.2 Оценка энергетической эффективности***

С позиций энергетической оценки сельское хозяйство – особая форма деятельности человека по преобразованию солнечной радиации в энергию органического вещества пищевых и других продуктов посредством растений и животных. Автотрофные растительные организмы, преобразуя энергию Солнца, накапливают ее в химических связях различных соединений своих тканей (Булаткин Г.А., 2007; Булаткин Г.А., 2012; Ahamed T. And ect., 2013).

Основным источником энергии выступает Солнце, которое, например, в широтах Центральной России обеспечивает поступле-

---

ние около  $87,7 \text{ ккал/см}^2$  – или  $3675 \times 10^4 \text{ МДж/га}$  в год, что в пересчете эквивалентно теплу, выделяющемуся при сжигании 835 т бензина. Если считать, что фотосинтетически активная радиация (ФАР) составляет только половину общей, то и тогда сумма активной радиации равна  $43,8 \text{ ккал/см}$  или  $1838 \times 10^4 \text{ МДж/га}$  в год.

Наряду с использованием солнечной радиации, в агроэкосистемах для их создания, поддержания структуры и функционирования, снижения ограничивающего воздействия неблагоприятных экологических факторов используется большое количество дополнительной технической (антропогенной) энергии. Антропогенная энергия применяется в различном виде: в форме минеральных удобрений, химических средств защиты растений, сельскохозяйственной техники, топлива, электроэнергии и других энергоносителей на всех этапах производства продукции земледелия.

С одной стороны, вложения антропогенной энергии в агросфере – важный фактор повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, с другой – дополнительная нагрузка на компоненты агроландшафтов, часто приводящая к снижению плодородия почв, непроизводительным потерям вещества и энергии с аграрных территорий, загрязнению природных ландшафтов.

По мнению А.А. Жученко (2002), Кирюшина В.И. (2011), в отличие от 20-го столетия, когда основу интенсификации растениеводства составляла главным образом химизация, в наступившем веке первостепенную роль приобретают биологизация и экологизация интенсификационных процессов.

Поэтому важнейшим направлением научных исследований в земледелии, на котором должны быть сосредоточены основные усилия, является изучение биологической продуктивности, круговорота веществ и потоков энергии в агроэкосистемах и агроландшафтах для обоснования систем ведения земледелия, наиболее соответствующих типам природной среды, наличию материальных и энергетических ресурсов и пределам допустимых агротехногенных нагрузок на почвы.

Таблица 36 - Энергетическая эффективность возделывания зерновых бобовых культур в севооборотах за 2012-2015 годы

Культура, № севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрения (Фактор С)	Урожайность, т/га	Накоплено энергии в урожае, ГДж/га	Затраты энергии, ГДж/га	Коеф энергетической эффективности
Горох II	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,20	38,92	24,20	1,61
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,39	42,28	25,51	1,66
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	1,94	34,32	22,44	1,53
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,13	37,68	23,75	1,59
Люпин III	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,13	40,69	24,14	1,69
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,30	37,68	25,42	1,48
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	1,99	37,50	22,49	1,67
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,12	35,20	23,74	1,48
Горох + люпин	В <sub>1</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,22	39,27	24,22	1,62
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,40	42,46	25,52	1,66
	В <sub>2</sub>	C+N <sub>10</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	2,06	36,44	22,56	1,62
		C+N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,22	39,27	23,83	1,65

*V<sub>1</sub> – комбинированная; V<sub>2</sub> – минимальная*

Оценка энергетической эффективности возделывания зерновых бобовых культур показывает, что накопленной энергии в урожае основной продукции в 1,48 – 1,66 раз больше, чем совокупные затраты на их возделывание (таблица 36).

В таблице 37 приведен расчет энергетической эффективности производства озимой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы в севообороте, по различным вариантам фондов удобрений после чистого пара, гороха, люпина и смеси горох + люпин.

При расчете энергетической эффективности кроме энергии, накопленной урожаем, мы определяли совокупную энергию,

Таблица 37 - Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предшественников, обработки почвы и удобрений в севооборотах в среднем за 2013 – 2015 годы

Предшественник фактор А	Обработка почвы фактор В	Удобрения фактор С	Урожайность т/га	Затраты энергии ГДж/га	Содержание энергии в урожае ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Пар чистый	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	4,38	24,85	72,06	2,90
		С <sub>2</sub>	4,69	28,12	77,16	2,74
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	4,25	23,40	69,92	2,99
		С <sub>2</sub>	4,51	26,62	74,20	2,79
Горох	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,63	22,31	59,72	2,68
		С <sub>2</sub>	3,82	25,46	62,84	2,47
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,48	22,16	57,25	2,58
		С <sub>2</sub>	3,70	25,34	60,87	2,40
Люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,45	22,13	56,76	2,56
		С <sub>2</sub>	3,62	25,26	59,56	2,36
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,33	22,01	54,78	2,49
		С <sub>2</sub>	3,50	25,14	57,58	2,29
Горох + люпин	В <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	3,40	22,08	55,94	2,34
		С <sub>2</sub>	3,60	25,24	59,23	2,35
	В <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	3,28	21,96	53,96	2,46
		С <sub>2</sub>	3,51	25,15	57,74	2,30

затраченную на производство зерна озимой пшеницы, которые складывались из энергии затрат на ГСМ, семена, удобрения, пестициды, амортизационные отчисления на тракторы и сельскохозяйственные машины, оборудование, автотранспорт, капитальный и текущий ремонт, электроэнергию и овеществленный труд.

Технология выращивания озимой пшеницы по комбинированной в севообороте обработке почвы сопровождалась большими затратами на произведенную продукцию, чем по минимальной обработке почвы. Однако коэффициент энергетической эффективности по комбинированной обработке почвы составил после чистого пара 2,90 – 2,74, после гороха – 2,68 – 2,47, после люпина – 2,56 – 2,36, после гороха – люпиновой смеси – 2,62 – 2,34 ед. По минимальной обработке почвы значения коэффициента энергетической эффективности были ниже, за исключением варианта по чистому пару.

Расчеты показали увеличение затрат энергии с повышением доз удобрений. На первом фоне питания (солома +N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) после чистого пара по комбинированной обработке они составляют 24,85 ГДж/га, на втором фоне питания (солома +N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) 28,12 ГДж/га. На варианте с минимальной обработкой затраты снизились не значительно, соответственно до 23,40 – 26,62 ГДж/га. Такая же закономерность выявлена и на вариантах после занятых паров.

Одновременно с ростом затрат увеличился энергетический запас, накопленный урожаем озимой пшеницы. Максимальное количество энергии обеспечил вариант с нормой солома +N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> после чистого пара 77,16 ГДж/га по комбинированной обработке и 74,20 ГДж/га – по минимальной, при этом коэффициент энергетической эффективности составил соответственно 2,90 и 2,99 ед.

Анализируя агротехнологии, следует отметить, что возделывание озимой пшеницы в звеньях с бобовыми культурами по энергетической эффективности более выгодно, чем в паровых звеньях. В случае размещения озимой пшеницы по чистому пару следует учитывать, что наибольшая энергетическая эффективность получена по минимальной обработке почвы, тогда как после занятых паров более эффективна комбинированная в севообороте обработка почвы.

---

## Заключение

Озимая пшеница – ценная продовольственная культура, отличающаяся наибольшей продуктивностью среди зерновых колосовых. Наши исследования показали, что в условиях лесостепной зоны Поволжья наибольшую урожайность озимая пшеница формирует после чистого пара, что объясняется прежде всего, оптимальными условиями водного, воздушного и питательного режимов почвы, а также фитосанитарного состояния посевов.

Следует отметить, что в лесостепной зоне Поволжья наблюдается значительная вариабельность погодных условий по годам. Коэффициент вариации годовой суммы осадков за 12 лет составил 22,3 %, а периода вегетации (май-август) – 36,2 %. Оценка динамики температурного режима и количества атмосферных осадков показывает, что климатические условия характеризуются обострением засушливости, что приводит к уязвимости посевов и нестабильности урожая.

Несмотря на колебания погодных условий, биоклиматический потенциал в условиях региона позволяет формировать полноценный урожай зернобобовых культур на уровне 3,5 т/га, озимой пшеницы 5,1 т/га зерна, но потенциальная продуктивность агрокультур ограничивается влагообеспеченностью посевов.

Продолжительность вегетационного периода зерновых бобовых и озимой пшеницы в разной степени находится в обратной зависимости от среднесуточной температуры воздуха и в прямой зависимости от количества осадков и гидротермического коэффициента. Уборка урожая гороха в основном проводится во второй декаде июля, люпина белого и люпино-гороховой смеси - в первой декаде августа, что позволяет использовать их в качестве предшественников озимой пшеницы.

Анализ агрофизических свойств плодородия чернозема щелоченного показывает, что в пахотном слое в зависимости от видов пара, обработки почвы в посевах озимой пшеницы они на-

ходились в пределах оптимальных значений, поэтому плотность почвы, структурно-агрегатный состав и строение пахотного слоя позволяют минимизировать основную обработку почвы в паровых звеньях с озимой пшеницей.

Проведенные исследования свидетельствуют, что запасы продуктивной влаги к моменту сева озимых культур были более высокими после чистого пара 164 мм в метровом слое и 41 мм – в пахотном, что больше чем после занятых паров соответственно на 35–37 мм и 15–16 мм. Чистый пар обеспечил лучшую полноту всходов (85,1 – 86,5 %) и сохранность растений (73,9 – 74,8 %), пары, занятые горохом, люпином и их смесью, также обеспечили получение продуктивного стеблестоя.

Коэффициент водопотребления был наименьшим после чистого пара и составил 318 м<sup>3</sup>/т зерна, а после занятых паров изменялся от 361 до 378 м<sup>3</sup>/т. Доля почвенной влаги и атмосферных осадков во влагообеспечении растений и формировании урожая озимой пшеницы была примерно одинаковая и составляла соответственно 46-49% и 51-55%.

Наибольшая микробиологическая активность почвы под озимой пшеницей была отмечена после чистого пара, по комбинированной обработке почвы на повышенном фоне удобрения - солома + N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. Установлена прямая связь ( $r=0,852$ ) между урожайностью озимой пшеницы и разложением льняного полотна.

В составе агрофитоценоза озимой пшеницы преобладали малолетние двудольные и однодольные сорные растения. Численность сорняков по изучаемым вариантам опыта не превышала экономические пороги вредоносности. Комбинированная обработка почвы в севообороте обеспечивала более полное уничтожение сорных растений по сравнению с минимальной.

Дисперсионный анализ показал, что изменения урожайности озимой пшеницы связаны с предшественниками на 90 %, с влиянием обработки почвы на 2 %, а с фонами удобрения на 7 %. Наибольшая урожайность сформировалась по чистому пару – 4,46 т/га, что на 18-22 % выше, чем после занятых паров. При-



бавка урожая от фона удобрения солома +  $N_{60}P_{45}K_{45}$  в сравнении с фоном солома +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  составила 0,22 т/га, основная обработка почвы в севообороте оказывала равноценное влияние. По качеству зерно озимой пшеницы, полученное в опытах, соответствовало 3 классу качества.

Продуктивность звеньев севооборотов с занятыми парами была выше, чем с чистым паром. 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.

Исследования показали более высокую экономическую эффективность звеньев с бобовыми культурами в сравнении с возделыванием озимой пшеницы в паровом звене. При возделывании озимой пшеницы после чистого пара лучшая экономическая и энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы по чистому пару получена на минимальной обработке почвы. По занятым парам эффективнее комбинированная обработка почвы в севообороте. При возделывании озимой пшеницы экономически и энергетически более оправданы дозы удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ), повышение доз минеральных удобрений ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ) снижало окупаемость затрат.

Таким образом, биологизация технологии возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Поволжья заключается в освоении следующих основных факторов и приемов:

- подбор предшественника с условием биоценотического разнообразия. Построение экономико-математической модели показало, что оптимальное соотношение предшественников для озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья следующее: чистый пар 40 % и занятый 60 %, что позволит повысить продуктивность звеньев и получить наибольшую экономическую эффективность. В данной зоне Поволжья имеют перспективу зерновые звенья севооборотов: горох – озимая пшеница, люпин – озимая пшеница и горох + люпин – озимая пшеница.

---

- максимальное использование биологического азота за счет симбиоза азотфиксирующих бактерий и бобовых культур, что позволит снизить объемы внесения азотных удобрений и повысить экономическую и энергетическую эффективность агротехнологий;

- обогащение почвы органическим веществом, освоение органоминеральных систем удобрения на основе соломы возделываемых культур и минеральных удобрений в дозе под зерновые бобовые культуры в дозе  $N_{20}P_{30}K_{30}$  и озимую пшеницу  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ;

- почвозащитные системы обработки почвы, направленные на защиту почв от эрозии, снижение объемов минерализации органического вещества почвы, сохранение влаги, повышение биологической активности почвы.

Под чистый пар обработку почвы проводить по схеме: дискование на 10-12 см + культивация КПИР-3,6 на 12–14 см. Под парозанимающие культуры (горох, люпин, горох + люпин) по схеме: дискование на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20–22 см.

---

## Список литературы

1. Абрамов, Н. В. Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири: спец. 06.01.01 - общее земледелие: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Абрамов Николай Васильевич. Омский сельскохозяйственный институт им. С. М. Кирова. - Омск, 1992. - 32 с.
2. Адаптивно-интегрированная защита растений / Ю. А. Спиридонов, М. С. Соколов, А. П. Глинушкин [и др.]. – Москва : Печатный город, 2019. - 626 с. ISBN: 978-5-98467-014-2.
3. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области. – Ульяновск : ООО Колор-Принт, 2013. - 354 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. Акимов, А. Ю. Сидеральный пар – хороший предшественник озимой пшеницы / А. Ю. Акимов // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 25.
6. Алабушев, А. В. Влагообеспеченность почвы и водопотребление озимой пшеницы в полевом севообороте / А. В. Алабушев, Г. В. Овсянникова // Земледелие. - 2015. - № 5. - С. 10-12.
7. Алтухов, А. И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России / А. И. Алтухов, В. И. Нечаев. – Москва : Издательство Насирддинова В.В., 2015. – 477с. ISBN: 978-5-905523-45-8
8. Асмус, А. А. Биологизация севооборотов и продуктивность паровых звеньев с озимой пшеницей на черноземе выщелоченном лесостепи Поволжья: спец. 06.01.01 - общее земледелие: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Асмус Александр Анатольевич; «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», Кинель, 2009. – 178 с.

9. Асмус, А. А. Биологизация севооборотов и продуктивность паровых звеньев с озимой пшеницей на черноземе выщелоченном лесостепи Поволжья : 06.01.01 - общее земледелие: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Асмус Александр Анатольевич; ; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - Кинель, 2009. - 16 с.
10. Асмус, А. А. Экономические пороги вредоносности подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.) в агрофитоценозах с озимой пшеницей в условиях лесостепи Поволжья / А. А. Асмус, М. И. Подсевалов, В. И. Михлеев // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Саратов, 2007. - С. 10-13.
11. Аэробное целлюлолитическое сообщество ассоциантов сфагнового мха *Sphagnum fallax* как основа в процессах деградации пожнивных остатков / А. В. Щербаков, И. В. Русакова, О. В. Орлова, Н. И. Воробьев, О. В. Свиридова, Е. Н. Щербакова, В. К. Чеботарь // Сельскохозяйственная биология. - 2014. - № 1. – С. 54-62.
12. Баздырев, Г. И. Агрэкологические основы интегрированной защиты полевых культур от сорных растений на равнинных и склоновых землях / Г. И. Баздырев // Известия ТСХА. - 2002. – Вып. 1. - С. 15-35.
13. Баздырев, Г. И. Интегрированная защита растений от вредных организмов / Г. И. Баздырев, Н. Н. Третьяков, О. О. Белошапкина. – Москва : ИНФРА-М, 2014. – 302 с.
14. Бараев, А. И. Почвозащитное земледелие. Избранные труды / А. И. Бараев. – Москва : Колос, 1975. - 296 с.
15. Бахтин, П. У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР // Научные труды ВАСХНИЛ. - Москва : Колос, 1969. - 271 с.
16. Беленков, А. И. Плодородие почвы: современная концепция обоснования и решения проблемы / А. И. Беленков, А. И. Горбунова // Зерновое хозяйство. - 2006. - № 3. - С. 25.

17. Беляева, М. Лидеры по экспорту пшеницы. Россия вернула себе первенство на мировом рынке / М. Беляева // Аргументы и факты. – 2016. - URL: [http://www.aif.ru/society/agronews/pervaya\\_po\\_eksportu\\_pshenicy\\_kto\\_my\\_na\\_mirovom\\_rynke](http://www.aif.ru/society/agronews/pervaya_po_eksportu_pshenicy_kto_my_na_mirovom_rynke) (дата обращения: 23 уноября 2017 г.
18. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / под редакцией А. В. Гордеева ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. - Москва : Товарищество КМК, 2006. - 508 с. ISBN 5-87317-304-4.
19. Биологический контроль в сельском хозяйстве: методика определения, таблицы и краткое описание этапов органогенеза 50 видов растений / под редакцией Ф. М. Куперман. – Москва : Издательство МГУ, 1962. – 276 с. Бирюков, К. Н. Агротехнологические особенности возделывания новых сортов озимой пшеницы / К. Н. Бирюков, М. А. Фоменко, О. В. Беседина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2013. - № 4 (42). - С. 56-58.
20. Блауг, М. Закон убывающей отдачи / М. Блауг // Экономическая мысль в ретроспективе = Economic Theory in Retrospect.- Москва : Дело, 1994. – XVII. - С. 72-73.
21. Болучевский, Д. А. Плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы при различных приемах биологизации в лесостепи ЦЧР : спец. 06.01.01 - общее земледелие, растениеводство: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Болучевский Дмитрий Алексеевич; ФГБОУВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». - Воронеж, 2014. – 24 с.
22. Бондаренко, Н. П. Влагодобеспеченность посевов яровой пшеницы при возделывании в зернопаротравяном севообороте / Н. П. Бондаренко, А. В. Вражнов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2009. - № 1. - С. 7-11.
23. Булаткин, Г. А. Методические основы анализа потоков энергии в агроэкосистемах и агроландшафтах / Г. А. Булаткин //

- Агрохимия. - 2012. - № 6. - С. 89-96.
24. Булаткин, Г. А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем : спец. 06.01.04 - агрохимия : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Булаткин Геннадий Александрович ; ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова . - Москва, 2007. – 339 с.
  25. Вакуленко, В. В. Стабильные урожаи зерновых культур даже в условиях стресса / В. В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2014. – № 2. – С. 25-27.
  26. 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.
  27. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. - Москва : Государственное Издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. - 471 с.
  28. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений. Т. 3 : Земледелие / В. Р. Вильямс. – Москва, 1949. - С. 524-528.
  29. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия : монография / А. Ф. Витер, В. И. Турусов, В. М. Гармашов, С. А. Гаврилова. – Москва : ИНФРА, 2014. – 173с. ISBN 978-5-16-008982-9.
  30. Власова, О. И. Научное обоснование приемов сохранения плодородия почв при возделывании пшеницы озимой в условиях центрального Предкавказья : спец. 06.01.01 общее земледелие, растениеводство : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Власова Ольга Ивановна ; ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет». - Ставрополь, 2014. – 376 с.
  31. Перспективы «нулевой» обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в Волго-Вятском регионе / А. И. Вол-

- 
- ков, Н. А. Кирилов, Л. Н. Прохорова, Л. Н. Куликов // Земледелие. - 2015. - № 1. - С.3-5.
32. Вольтерс, И. А. Водно-физические свойства чернозема выщелоченного в зависимости от способа основной обработки почвы и предшественников озимой пшеницы / И. А. Вольтерс, Е. Н. Журавлева // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа : материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство, 2007. - С. 235-240.
  33. Воробьев, С. А. Севообороты интенсивного земледелия / С. А. Воробьев. – Москва : Колос, 1979. - 287 с.
  34. Воронова, Н. Т. Безотвальная и минимальная обработка темно-серых лесных почв Северного Зауралья / Н. Т. Воронова // Ресурсосберегающие системы обработки почвы.- Москва : Агропроимздат, 1990. - С. 186-195.
  35. Галиченко, И. И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников / И. И. Галиченко // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 35-36.
  36. Глуховцев, В. А. Озимая пшеница Поволжская 86 гарантия урожая в засушливом Заволжье 2009 г. / В. А. Глуховцев. – URL: <http://www.pniiss.ru/news.php?cont=long&id=9&year=2009&today=17&month=12> (дата обращения : 1 октября 2019)
  37. 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. – Москва : Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2012. - С. 98. ISBN 978-5-86785-288-7.
  38. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / А. А. Гордеев; соавтор А. Д. Клещенко [и др.]; Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А. А. Никонова. – Москва, 2012. - 202 с.

---

(ISBN 978-5-85941-430-7)

39. Гордеева, Ю. В. Влияние технологий возделывания на продуктивность сортов мягкой и твердой озимой пшеницы на черноземе обыкновенном : спец. 06.01.01 общее земледелие, растениеводство : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гордеева Юлия Валерьевна ; ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» . - Ставрополь, 2013. – 22 с.
40. 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. – Т. 19, № 3. – С. 49-59.
41. Давлетов, Ф. А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала / Ф. А. Давлетов. – Уфа : Гилем, 2008. - 236 с. (ISBN 978-5-7501-0956-2).
42. Дедов, А. В. Биологизация земледелия – основа сохранения плодородия / А. В. Дедов // Земледелие. –2002. – № 2. – С. 10 -12.
43. Дедов, А. В. Биологизация земледелия ЦЧР / А. В. Дедов, Н. А. Драчев. – Воронеж, 2010. – 171 с.
44. 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.
45. Дедов, А. В. Совершенствование основной обработки почвы в ЦЧР / А. В. Дедов, Т. А. Трофимова, Д. А. Болучевский // Земледелие. - 2013. - № 6. - С. 5-7.
46. Деревицкий, Н. Ф. О заглушении сорняков / Н. Ф. Деревицкий // Советская агрономия. - 1947. - № 4. - С. 61-63.
47. Дифференцированное использование приемов биологизации земледелия в различных природных зонах Средней Сибири / Е. Я. Чебоцаков, Ю. Ф. Едигеичев, А. М. Берзин, В. Н. Романов // Земледелие. – 2013. – № 5. – С. 6-8.



48. Дозоров, А. В. Оптимизация продукционного процесса гороха и сои в условиях лесостепи Поволжья / А. В. Дозоров, О. В. Костин. – Ульяновск. - 2003. – 166 с.
49. Долгов, С. И. Агрофизические методы исследований почв / С. И. Долгов, П. У. Бахтин. – Москва : Наука, 1966. – С. 56-68.
50. Биологизация земледелия Ставрополя / Г. Р. Дорожко, В. М. Пенчуков, В. М. Передериева, О. И. Власова // Вестник АПК Ставрополя. - 2013. - № 2 (10). - С. 31-35.
51. Дорожко, Г. Р. Динамика продуктивной влаги в зависимости от способа основной обработки почвы / Г. Р. Дорожко, Д. Ю. Бородин // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа : материалы 74-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Параграф, 2010. - С. 72-74.
52. Дридигер, В. К. Проблемы освоения «нулевой» системы земледелия в Ставропольском крае и некоторые направления их решения / В. К. Дридигер // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - № 7. - С. 18-19.
53. Дубовик, Д. В. Влияние агротехнических приемов на урожайность озимой пшеницы / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, Д. Ю. Виноградов // Земледелие. - 2014. - № 1.- С. 39-40.
54. Дудкин, И. В. Действие факторов биологизации земледелия на засоренность посевов озимой пшеницы / И. В. Дудкин, Т. А. Дудкина // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 41-43.
55. Ермаков, В. В. Влияние предшественников и рельефа местности на качество зерна озимой пшеницы / В. В. Ермаков, Д. В. Дубовик // Земледелие. – 2005. – № 3. – С. 24-25.
56. Желнакова, Л. И. Эффективность чистых и занятых паров в условиях Ставропольского края / Л. И. Желнакова, А. И. Хрипунов, А. А. Федотов // Достижения науки и техники АПК. - 2014. - № 9. - С. 26-30.
57. Жученко, А. А. Биологизация, экологизация, энергосбережение, экономика современных систем земледелия / А. А. Жученко // Вестник АПК Ставрополя. - 2015. - № 2. - С. 9-13.

- 
58. Жученко, А. А. Научные приоритеты развития растениеводства в XXI веке / А. А. Жученко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2002. - № 2. - С. 9.
  59. Захаренко, А. В. Взаимоотношения компонентов агрофитоценоза и борьба с сорняками / А. В. Захаренко // Земледелие. - 1997. - № 3. - С. 42-43.
  60. Захаров, А. И. Эффективность адаптивно-ландшафтной системы земледелия в засушливых условиях Ульяновской области / А. И. Захаров, С. Н. Никитин // Земледелие. - 2013. - № 3. - С. 3-5.
  61. Звягинцева, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцева. - Москва : МГУ, 1987. - 256 с.
  62. Зеленский, Н. А. Урожайность подсолнечника при различных технологиях обработки почвы / Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, А. Ю. Шуркин // Защита и карантин растений. - 2014. - № 9. - С. 44-47.
  63. Зинченко, С. И. Почва и растения / С. И. Зинченко, М. А. Мазиров, М. К. Зинченко. - Владимир, 2006. - 284 с. (ISBN 978-5-8311-0387-8)
  64. 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. - Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2000. - 75 с.
  65. Зотиков, В. И. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем / В. И. Зотиков, А. Д. Задорин. - Орел : ООО ПФ Картуш, 2007. - 197 с. (ISBN 978-5-9708-0100-0)
  66. Ивенин, В. В. Минимизация обработки почвы и урожайность яровой пшеницы / В. В. Ивенин, В. А. Строкин, В. В. Осипов // Земледелие. - 2010. - №5. - С. 13-14.
  67. Извеков, А. С. Защита почв от эрозии и воспроизводство их плодородия в южных степных и лесостепных районах России / А. С. Извеков // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. - 2012. - № 70. - С. 79-95.

- 
68. Ильина, Л. В. Биологизация земледелия – фактор ресурсосбережения и сохранения плодородия почвы / Л. В. Ильина, К. Н. Дрожжин, Р. Н. Ушаков // Севооборот в современном земледелии : сборник докладов Международной научной конференции. – Москва : МСХА, 2004. – С. 166 – 169.
  69. Ильина, Л. В. Оценка различных систем основной обработки почвы / Л. В. Ильина // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – Москва : Агропромиздат, 1990. - С. 145-162.
  70. Исмагилов, Р. Р. Основные резервы увеличения производства высококачественного зерна пшеницы / Р. Р. Исмагилов, А. А. Азнаев // Качество зерна и приёмы его повышения : материалы республиканской научно-практической конференции. - Уфа, 1997. - С .22-30.
  71. Земледелие в среднем Поволжье / Г. И. Казаков, Р. В. Авраменко, А. А. Марковский [и др.]; под редакцией Г. И. Казакова. – Москва : Колос, 2008. – 308 с. (ISBN: 978-5-10-004014-9)
  72. Казаков, Г. И. Обработка почвы в Среднем Поволжье : монография / Г. И. Казаков. – Самара : Издательство Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2008. - 251 с.
  73. Казаков, Г. И. Почвозащитная обработка почвы в среднем Поволжье / Г. И. Казаков, В. А. Морчагин // Земледелие. – 2009. - № 1. – С. 26-28.
  74. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. –261 с. (ISBN 978-5-88575-269-5)
  75. Качинский, Н. А. Физика почв. Ч. 1 / Н. А. Качинский. - Москва: Высшая школа, 1965. - 324 с.
  76. Каштанов, А. Н. О состоянии и предложениях по улучшению использования земель сельскохозяйственного назначения России / А. Н. Каштанов // Земля и почвы России: проблемы и решения : сборник. - Москва. -2010. - С. 19-28.
  77. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – Москва : Агропромиздат,

- 
1989. – 320 с. ISBN 5-260-00114-1
78. Кирюшин, В. И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В. И. Кирюшин // Земледелие. - 2006. - № 5. - С. 12-14.
79. Кирюшин, В. И. О теоретических основах зональных систем земледелия / В. И. Кирюшин // Земледелие. - 1988. - № 1. - С. 15-19.
80. Кирюшин, В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В. И. Кирюшин. – Москва : КолосС, 2011. – 443 с. (ISBN: 978-5-9532-0779-9)
81. Кирюшин, В. И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) / В. И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - № 12. - С. 3-9.
82. Ковалев, В. М. Теория урожая / В. М. Ковалёв. – Москва : МСХА, 2003. - 308 с. ISBN 5-94327-149-X.
83. Ковтун, В. И. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на Юге России / В. И. Ковтун, Л. Н. Ковтун // Земледелие. – 2013. – №3. – С. 27-29.
84. Колосков, П. И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР / П. И. Колосков // Труды НИИАК.- Москва, 1963.- Вып. 23. - С. 90-111.
85. Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России. – Москва : Информротех, 1999. - 108 с. (ISBN 5-7367-0157-X)
86. Концепция воспроизводства плодородия черноземных почв степных районов среднего Заволжья / В. А. Корчагин, О. И. Горянин, С. В. Обущенко, А. П. Чичкин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - Т. 16, № 5-3. - С. 1081-1085.
87. Корчагин, В. А. Почвозащитные влаго- и ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания зерновых культур в степных районах Среднего Поволжья / В. А. Корчагин // Проблемы борьбы с засухой : сборник научных трудов. - Ставрополь: СтГАУ АГРУС, 2005. - Т.1. - С. 51-55.

- 
88. Системы обработки почвы в современных ресурсосберегающих технологических комплексах возделывания зерновых культур на черноземных почвах степных районов среднего Заволжья / В. А. Корчагин, С. В. Обущенко, О. И. Горянин, Б. Ж. Джангабаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2015. - Т. 17, №4-3. - С. 546-550.
  89. Кочмин, А. Г. Агротехнические приемы повышения продуктивности озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья : спец. 06.01.01 общее земледелие, растениеводство : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кочмин Александр Геннадьевич ; ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». – Пенза, 2015. – 152 с.
  90. 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.
  91. Кузьминых, А. Н. Фитосанитарное состояние агроценоза озимой ржи в зависимости от паровых предшественников / А. Н. Кузьминых // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2013. - №6. - С. 111-117.
  92. Куликова, А. Х. Агроэкологическая концепция воспроизводства плодородия чернозёма лесостепи Поволжья / А. Х. Куликова // Проблемы повышения продуктивности и устойчивости земледелия лесостепи Поволжья: сборник научных трудов. – Ульяновск : Ульяновская ГСХА, 1999. – С.11-19.
  93. Влияние систем основной обработки почвы на засоренность посевов и урожайность звена севооборота с сидеральным паром / А. Х. Куликова, А. В. Дозоров, Н. Г. Захаров, Н. В. Маркова // Нива Поволжья. – 2010. – № 2 (15). – С. 23-26.
  94. 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 сельскохозяй-

- зяйственной академии. - 2007. - № 2 (5). - С. 3-12.
95. Куликова, А. Х. Воспроизводство биогенных ресурсов в экосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья : спец. 06.01.01( указать название специальности ) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Куликова Алевтина Христофоровна ; ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». - Кинель, 1997. - 40 с.
96. Куперман, Ф. М. Биологические основы культуры пшеницы. В 3-х частях. Ч. 2 / Ф. М. Куперман. – Москва, 1953. – 300 с.
97. 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.
98. Лебедь, Е. М. Влияние предшественников и систем удобрения на биологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы в юго-восточной части степи Украины / Е. М. Лебедь, Л. М. Десятник, Д. А. Коцюбан // Вестник Прикаспия. - 2014. - № 3(6). - С. 26-30.
99. Листопадов, И. Н. Концепция парового поля / И. Н. Листопадов // Земледелие. - 1991. - № 6. – С.48-51.
100. Лобков, В. Т. Теоретические и практические аспекты биологизации земледелия в современных тенденциях развития мирового сельского хозяйства / В. Т. Лобков, С. А. Плыгун // Вестник АПК Ставрополя. - 2014. - № 4 (16). - С. 150-154.
101. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы / В. Г. Лошаков. – Москва : ВНИИА, 2012. – 512 с. (ISBN 978-5-9238-0134-7)
102. Лукин, С. В. Опыт биологизации земледелия в Белгородской области / С. В. Лукин // Агрехимический вестник. - 2017. - № 5. - С. 21-25.
103. Лыков, А. М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А. М. Лыков, А. М. Еськов, М. Н. Новиков. – Москва: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. - 630 с. (ISBN 5-85941-086-7)

- 
- 104.Макаренко, А. А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе выщелоченном западного Предкавказья : спец. 06.01.01 - общее земледелие : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макаренко Александр Алексеевич ; Кубанский государственный аграрный университет. - Краснодар, 2008. - 16 с.
  - 105.Макаров, И. П. Пути совершенствования обработки почвы / И. П. Макаров, Н. И. Картамышев // Земледелие. – 1998. – № 5. – С.17-18.
  - 106.Макашева, Р. Х. Горох. Культурная флора СССР. Т. 4, ч. 1 / Р. Х. Макашева ; под редакцией О. Н. Коровиной. – Ленинград : Колос, 1979. — 324 с.
  - 107.Мальцев, Т. С. Система безотвального земледелия / Т. С. Мальцев. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 128 с. (ISBN 5-10-001802-X)
  - 108.Марушев, А. И. Качество зерна пшениц Поволжья / А. И. Марушев. - Саратов, 1968. - 210с.
  - 109.Мельник, А. Ф. Научное обеспечение производства качественного зерна озимой пшеницы на основе регулирования агробиологических ресурсов в Центральном Черноземье : спец. 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Мельник Анатолий Федорович; Орловский государственный аграрный университет . - Орел, 2016. – 40 с.
  - 110.Мироновские пшеницы / В. Н. Ремесло, М. А. Говорун, А. И. Суховецкий [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Колос,1976. – 335 с.
  - 111.Мишустин, Е. Н. Микробиология / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – Москва : Агропромиздат, 1987. 367 с.
  - 112.Мишустин, Е. Н. Ценозы почвенных микроорганизмов / Е. Н. Мишустин // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. – Москва : Наука, 1984. – С. 5-24.

- 
113. Морозов, В. И. Биологизация севооборотов и плодородие почвы в земледелии лесостепи Поволжья / В. И. Морозов // Поволжье Агро . – 2012. - № 5. – С. 8-9.
  114. Морозов, В. И. Биологизация севооборотов и регулирование плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Поволжья / В. И. Морозов, А. Л. Тойгильдин // Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы : материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск : Ульяновская ГСХА, 2011. – С. 176-187.
  115. Биологизация технологии возделывания яровой пшеницы и формирование её продуктивности в условиях среднего Поволжья / В. И. Морозов, А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, В. В. Басенков // Нива Поволжья. - 2016. - № 4 (41). - С. 49-55.
  116. Морозов, В. И. Вклад агротехнических 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.
  117. Морозов, В. И. Водный баланс полей севооборотов зерновой специализации / В. И. Морозов, М. И. Подсевалов // Ускорение научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе. Тезисы докладов. – Ульяновск, 1986. - С. 8-9.
  118. 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.
  119. Морозов, В. И. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов биологизации в севооборотах лесостепи Поволжья / В. И. Морозов, М. И. Подсевалов, А. А. Асмус // Ресурсосберегающие технологии: опыт, проблемы, перспективы : материалы Всероссийского «Круглого стола». - Ульяновск, 2007. – 170 с.
  120. Морозов, В. И. Сорные растения и регулирование засоренности на сельскохозяйственных угодьях Среднего Поволжья



- 
- / В. И. Морозов, Ю. А. Злобин, А. Х. Куликова. - Ульяновск, 1999. – 198 с.
121. Эффективность приемов биологизации севооборотов с озимой пшеницей в лесостепи Поволжья / В. И. Морозов [и др.] // Нива Поволжья. – 2008. – № 3 (8). – С. 39-42.
122. Нарциссов, В. П. предшественники урожайность озимых на серых лесных почвах Волго-вятского района / В. П. Нарциссов, В. П. Заикин // Агротомические основы специализации севооборотов. – Москва : Агропромиздат, 1987. – С. 40.
123. Немцев, Н. С. Научно-практические основы совершенствования севооборотов в лесостепи Поволжья / Н. С. Немцев, В. А. Потушанский, А. И. Захаров. – Ульяновск, 2000. – 149 с.
124. Немцев, Н. С. Научно-практические основы систем обработки почвы в Среднем Поволжье / Н. С. Немцев. – Ульяновск, 2000. – 150 с. ISBN 5-7572-0047-2/
125. Немцев, С. Н. Агрэкологические основы почвозащитных систем земледелия в Лесостепи Среднего Поволжья / Н. С. Немцев. – Ульяновск, 2005. – 240с.
126. Экономическая и энергетическая оценка мелкой обработки выщелоченного чернозёма под ранние зерновые культуры / С. Н. Немцев, В. И. Каргин, Р. А. Захаркина, Ю. И. Каргин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 4. – С.38-40.
127. Несмеянова, М. А. Занятый пар как предшественник озимой пшеницы в условиях юго-востока ЦЧЗ / М. А. Несмеянова, А. В. Дедов, А. А. Дедов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. - 2015. -№ 3(36). - С. 31-32.
128. Никульников, И. М. Повышение плодородия черноземов / И. М. Никульников, О. К. Боронтов // Земледелие. - 2003. - № 5. – С. 30-31.
129. Новиков, В. М. Влияние агротехнологических приемов и погодных условий на биологическую активность тёмно-серой лесной почвы при возделывании зернобобовых и крупяных

- культур / В. М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 4(20). – С. 116-120.
130. Обущенко, С. В. Агроэкологическое обоснование систем воспроизводства почвенного плодородия в полевых севооборотах Среднего Заволжья : спец. 06.01.01 - общее земледелие, растениеводство : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Обущенко Сергей Владимирович ; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - Самара, 2014. - 40 с.
131. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия / И. Е. Овсинский. – Киев - Харьков, 1899. – 138 с.
132. Орлов, А. Н. Биологическое земледелие – основа повышения плодородия почвы и получения продукции высокого качества / А. Н. Орлов, О. А. Ткачук, Е. В. Павликова // Энергосберегающие технологии в ландшафтном земледелии : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию кафедры «Общее земледелие и землеустройство» и Дню российской науки. - 2016. - С. 227-231.
133. Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерново-подзолистой почве / О. В. Орлова, Е. Е. Воробьев, А. Ю. Колодяжный, Ю. П. Москалевская, Н. В. Патыка, О. В. Свиридова // Сельскохозяйственная биология. - 2015. – Т. 5. – С. 305-314.
134. Парахин, Н. В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства: теоретические основы и практический опыт / Н. В. Парахин. – Москва : Колос, 2002. – 199 с. (ISBN 5-9532-0083-8)
135. Патент № 2634353 Российская Федерация. Способ возделывания гороха на зерно : № 2016148349 : заявл. 08.12.2016: опубл. 26.10.2017 / Тойгильдин А. Л., Подсевалов М. И., Аюпов Д.Э. ; заявитель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - с. 4
136. Пенчуков, В. М. Биологизированные севообороты – эффективный путь сохранения плодородия почвы и повышения урожайности с.-х. культур / В. М. Пенчуков, В. М. Передери-

- 
- ева, О. И. Власова // Вестник АПК Ставрополя. - 2012. – Т. 4, №8. - С. 114–118.
137. Пенчуков, В. М. Чистые и занятые пары / В. М. Пенчуков, Б. П. Гончаров, Л. И. Желнакова. - Ставрополь, 1986. – 155 с.
138. Перфильев, Н. В. Параметры темно-серой лесной почвы при длительном применении различных систем основной обработки / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина // Земледелие. - 2016. - № 2. - С. 23-25.
139. Пичугин, А. Н. Запасы доступной влаги в почве под озимой пшеницей по занятому и сидеральному парам / А. Н. Пичугин // Земледелие. - 2013. - № 6. - С.12-15.
140. Плещачев, Ю. Н. О севооборотах в Нижнем Поволжье / Ю. Н. Плещачев, А. Н. Сухов // Земледелие. – 2013. - № 2. - С. 3-5.
141. Подсевалов, М. И. Влияние обработки почвы и удобрений на агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность зернобобовых культур при биологизации севооборотов / М. И. Подсевалов, Н. А. Хайртдинова // Нива Поволжья. - 2012. - № 3(24). - С. 18-22.
142. Полуэктов, Р. А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев. – Ленинград : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2006. – 396 с. (ISBN 5-288-03836-8)
143. Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 300 с. ISBN 5-10-002710-X.
144. Потушанский, В. А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / В. А. Потушанский, И. Ф. Тимергалиев, С. Н. Немцев; Ульяновский научно- исследовательский институт сельского хозяйства. - Ульяновск: Симбирская книга, 2003. - 86 с. ISBN 5-8426-0034-X.
145. Пупонин, А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии нечерноземной зоны / А. И. Пупонин. – Москва : Колос, 1984. - 184 с.
146. Ревут, И. Б. Физика почв / В. Б. Ревут. – Ленинград : Колос, 1972. - 365 с.

- 
- 147.Эффективность севооборотов с чистым и занятыми парами на лугово-черноземной почве южной лесостепи Омской области / Н. А. Рендов, Е. В. Некрасова, А. А. Калошин, С. И. Мозылёва // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2010. - № 10 (72). - С. 5-8.
  - 148.Романенко, А. А. Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно / А. А. Романенко, В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко // Земледелие. - 2013. - № 5. - С. 32-34.
  - 149.Романов, Г. Г. Симбиотические растения-азотфиксаторы во флоре Европейского Северо-Востока / Г. Г. Романов. - Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2014. - 128 с. (ISBN 978-5-9239-0689-9)
  - 150.Рябчиков, А. М. Гидротермические условия и продуктивность фитомассы в основных ландшафтных зонах / А. М. Рябчиков // Вестник МГУ. Серия «География». – 1968. - № 5. - С.41-48.
  - 151.Саранин, К. И. Обработка почвы под озимую рожь в Нечерноземье / К. И. Саранин, Н. А. Старовойтов // Земледелие. - 1987. - № 8. - С. 17.
  - 152.Сафонов, А. Ф. Воспроизводство плодородия почв агроландшафтов: учебное пособие / А. Ф. Сафонов. – Москва : РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. - 309 с.
  - 153.Сдобников, С. С. Острые проблемы теории обработки почвы / С. С. Сдобников // Земледелие. - 1988. - № 12. - С. 16-22.
  - 154.Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – Москва : ГЕОС, 2015. - 233 с. (ISBN 978-5-89118-702-3.)
  - 155.Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне: научно-практические рекомендации на примере Владимирской области / под общей редакцией А. И. Еськова. – Москва : Росинформагротех, 2007. - 296 с.
  - 156.Система земледелия Республики Татарстан. Ч. 2 : Агротехнологии производства продукции растениеводства – Казань : Центр инновационных технологий, 2014. - 292 с. (ISBN978-5-93962-636-1)

- 
157. Слесарев, В. Н. Агрофизические основы совершенствования основной обработки выщелоченных черноземов Западной Сибири : спец. 06.01.01 общее земледелие: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Слесарёв Владимир Николаевич; Омский сельскохозяйственный институт.- Омск, 1984. - 32 с.
  158. Эволюция сорной флоры агрофитоценозов в Республике Мордовия / Н. В. Смолин, Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский, Р. Ф. Баторшин // Земледелие. - 2013. - № 8. - С. 38-40.
  159. Созинов, А. А. Урожай и качество зерна / А. А. Созинов. – Москва : Знание, 1976. - 63с.
  160. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки / А. П. Солодовников, А. В. Летучий, Д. С. Степанов, Б. З. Шагиев, А. С. Линьков // Земледелие. - 2015. - № 1. - С. 5-7.
  161. Солодун, В. И. Влияние чистых и сидеральных паров на засоренность зерновых культур / В. И. Солодун, Л. А. Цвынтарная // Вестник ИРГСХА. - 2016. - № 72. - С. 22-27.
  162. Сорокин, А. Е. Экономическая эффективность биологизации растениеводства / А. Е. Сорокин // Экономика сельского хозяйства России. - 2009. - № 9. - С. 87-90.
  163. Сорокин, Н. Д. Оценка микробиологической активности почв / Н. Д. Сорокин // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов России. – Санкт-Петербург, 1996. – Кн. 1. - С. 291-292.
  164. Спиридонов, Ю. Я. Оптимизированная технология производства озимой пшеницы в центральном Нечерноземье РФ / Ю. Я. Спиридонов, М. С. Соколов, Г. С. Босак // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - № 6. - С. 27-30.
  165. Стукалов, Р. С. Влияние технологии возделывания и удобрений на урожайность и экономическую эффективность озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения ставропольского края / Р. С. Стукалов // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства : международный саммит молодых учёных. - 2016. - С. 197-202.

- 
166. Сычев, В. Г. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года. Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий / В. Г. Сычев, Е. Н. Ефремов. – Москва : ВНИИА, 2011. - 30 с.
  167. Терентьев, О. В. Агроэкологические и экономико-энергетические основы оптимизации полевых севооборотов в среднем Заволжье : 06.01.01 общее земледелие : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Терентьев Олег Владимирович ; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - Самара, 2006. - 300 с.
  168. 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.
  169. 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.
  170. Тойгильдин, А. Л. Абиотические факторы и устойчивость урожайности озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / А. Л. Тойгильдин, В. И. Морозов, М. И. Подсевалов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 1(29). - С. 29-35.
  171. Тойгильдин, А. Л. Сравнительная урожайность и продуктивность симбиотической фиксации азота зерновых бобовых культур в севооборотах лесостепи Поволжья / А. Л. Тойгильдин // Нива Поволжья. - 2017. - № 4 (45). - С. 144-151.
  172. Трубилин, И. Т. Научные основы биологизированной системы земледелия в Краснодарском крае / И. Т. Трубилин, Н. Г. Малюга, В. П. Василько. - Краснодар, 2006. – 431 с.
  173. Тулайков, Н. М. О севообороте зернового хозяйства засушливых районов. Избранные произведения / Н. М. Тулайков . – Москва : Россельхозиздат, 1963. - 312 с.

- 
174. Тупицын, Н. В. Волжские сорта озимых пшениц и ячменя / Н. В. Тупицын, В. Н. Тупицын // Земледелие. – 2013. - № 1. – С. 47- 48.
  175. Турусов, В. И. Обработка почвы под ячмень на различных элементах агроландшафта / В. И. Турусов, И. М. Корнилов // Земледелие. - 2013. - № 1. - С. 19-20.
  176. Оптимизация биологических свойств почвы под посевами озимой пшеницы в севооборотах с многолетними травами / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, О. А. Абанина, Н. В. Дронова // Сельскохозяйственные науки: вопросы и тенденции развития : сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции. - 2015. - С. 5-7.
  177. Повышение устойчивости производства зерна озимой пшеницы в ЦЧЗ / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, О. А. Абанина, Н. В. Дронова // Современные тенденции развития науки и технологий. - 2015. - № 4-2. - С. 81-85.
  178. Турусов, В. И. Технология возделывания озимой пшеницы в Воронежской области / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Ю. Д. Сыромятников // Земледелие. - 2013. - № 8. - С. 28-30.
  179. Тютюнов, С. И. Плодосменный севооборот – основной фактор сохранения и повышения плодородия почвы в Белгородской области / С. И. Тютюнов, В. Д. Соловиченко, И. В. Логвинов // Земледелие. - 2014. - № 2. – С. 29-31.
  180. Федоренко, Я. А. Становлення та розвиток органічного землеробства в Україні: історичний контекст / Я. А. Федоренко // Науково-теоретичний і громадсько-політичний альманах. – 2013. - № 4. - С. 20-23.
  181. Фисюнов, Н. В. Влияние обработки почвы и способа посева на водопотребление озимой пшеницы в Зауралье / Н. В. Фисюнов, Д. И. Еремин // Земледелие. - 2013. - № 3. - С. 24-26.
  182. Хвостов, Н. В. Эффективность использования соломы и минеральных удобрений в звене зернопропашного севооборота на черноземе типичном лесостепи Поволжья : 06.01.01 - агрохимия : диссертация на соискание ученой степени кан-

- дидата сельскохозяйственных наук / Хвостов Николай Викторович ; Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. – Ульяновск, 2003. 16 с.
183. Чекмарев, П. А. Почвенные ресурсы Ульяновской области и их современное состояние / П. А. Чекмарев, Е. А. Черкасов // *Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства: сборник.* - 2017. - С. 12-26.
184. Черкасов, Г. Н. Плодородие чернозема типичного при минимизации основной обработки / Г. Н. Черкасов, Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик // *Земледелие.* – 2012. - № 4. - С. 23-25.
185. Чудаков, Николай. Озимая пшеница в Поволжье / Н. Чудаков // *Аграрное обозрение.* - 2015. - № 6 (52). - С.40-45.
186. Чуданов, И. А. Ресурсосберегающие системы обработки почв в Среднем Поволжье / И. А. Чуданов. – Самара, 2006. – 236 с. (ISBN 978-5-904164-02-7:)
187. Шаганов, И. А. Практические рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания озимых зерновых культур / И. А. Шаганов. - 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : Равноденствие, 2008. - 180 с. (ISBN 978-985-6736-26-4.)
188. Шайкин, С. В. Системы обработки почвы в звене севооборота с сидеральным паром в лесостепи Поволжья : спец. 06.01.01( указать название специальности): диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шайкин Сергей Васильевич; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - Ульяновск, 2002. - 162 с.
189. 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.
190. Шарипова, Р. Б. Уязвимость и адаптация сельского хозяйства Ульяновской области к изменяющемуся климату / Р. Б. Шари-



- 
- пова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 3. - С. 52-58.
191. Шарков, И. Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы / И. Н. Шарков // Земледелие. - 2009. - № 3. - С. 24-27.
192. Шатилов, И. С. Принципы программирования урожайности / И. С. Шатилов // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1973. - №3. - С. 8-14.
193. Шашко, Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. - 247 с.
194. Шевченко, С. Н. Основные пути повышения устойчивости производства зерна в Среднем Заволжье / С. Н. Шевченко // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2009. - № 1. - С.16-19.
195. Шевченко, С. Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на черноземах Среднего Поволжья / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин // Земледелие. - 2008. - № 3. - С. 26-27.
196. Концепция биологизации земледелия для производства экологически чистой продукции / М. К. Шикила, М. М. Доля, С. С. Антонец, А. Г. Голуб // Эколого-экономические проблемы Причерноморского региона. - Николаев : Минприроды Украины, 1993. - С. 26 -38.
197. Шмарко, Н. В. Роль парового поля в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Верхневолжья / Н. В. Шрамко, Г. В. Вихорева // Владимирский земледелец. - 2011. - № 1. - С. 24-25.
198. Шпаар, Д. Зерновые культуры / Д. Шпар, С. Гриб, А. Захаренко. - Минск : Информ, 2000. - 422с. (ISBN 978-5-519-03229-2)
199. Шпедт, А. А. Оценка влияния рельефа на плодородие почв и урожайность зерновых культур / А. А. Шпедт, В. К. Пурлаур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2008. - № 10. - С. 5-11.
200. Шульмейстер, К. Г. Борьба с засухой и урожай / К. Г. Шульмейстер. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Агропромиздат, 1988. - 263 с. (ISBN 5-10-000419-3)

- 
201. Шульмейстер, К. Г. Избранные труды. Т.2 / К. Г. Шульмейстер. - Волгоград, 1995. - 480 с.
  202. Remote sensing applications of estimating biomass for energy crops: development of ground-based sensing systems / T. Ahamed, N. Ryoza, T. Takigawa, L. Tian // Remote Sensing: Techniques, Applications and Technologies 2013. - С. 31-53.
  203. Development and field evaluation of a high-speed no-till seeding system / J. B. Barr, J. M. Desbiolles, J. M. Fielke, M. Ucgul // Soil and Tillage Research. – Vol. 194, November 2019, с. 2-11
  204. Convention on Biological Diversity / Conference of Parties Decision III/11 on Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biological Diversity (4-15 November 1996, Buenos Aires, Argentina). - 1996. - URL: <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7107> (9/11/2019).
  205. 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, R. Trans. // PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES, 365 (1554). – 2010. - P. 2973–2989.
  206. Karunaratne, S. B. Catchment scale mapping of measureable soil organic carbon fractions / S. B. Karunaratne, T. F. Bishop, J. A. Baldock // Geoderma. - 2014. - 14-23 pp.
  207. Kirchmann, H. Fundamentals of organic agriculture – past and present / H. Kirchmann, G. Thorvaldsson, L. Bergström // Organic crop production – ambitions and limitations. Springer. - Netherlands, 2008. - 13–37 pp.
  208. Müller-Lindenlauf, M. Organic agriculture and carbon sequestration. Possibilities and constrains for the consideration of organic agriculture within carbon accounting systems / M. Müller-Lindenlauf // Natural Resources Management and Environment Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Law at University of Gothenburg Vasagatan 1, PO Box 640, SE 405 30 Göteborg, Sweden. - 2009.
  209. Vision for an organic food and farming research agenda to 2025 / U. Niggli, A. Slabe, O. Schmid, H. Halberg, M. Schluter // Pub-

- 
- lished by IFOAM - EU and FiBL. - 2008. - 48 p.
210. Developing a system of organic farming technologies to obtain environmentally clean agricultural products (organic food) in the steppe zone of the Kostanai region / A. B. Nugmanov, Y. V. Tulayev, S. A. Tulkubayeva, S. V. Somova // *OnLine Journal of Biological Sciences*. - 2018. - Vol. 18, № 2. - P. 130-137.
211. Organic farming for sustainable agriculture. Editor Dilip Nandwani Publisher: Springer. - 2016.- 352 p.
212. Pattanapant, A. Opportunities and constraints of organic agriculture in Chiang Mai province /A. Pattanapant, G. P. Shivakoti // *Thailand. Asia-Pacific Develop.* - 2009. - J 16 (1). p. 115-147
213. Parrot, N. The real Green Revolution: Organic and Agroecological farming in the London: Green peace Environment Trust / N. Parrot, T. Marsden . - 2002. - P. 1-6.
214. Farmers' management of functional biodiversity goes beyond pest management in organic European apple orchards / S. Penvern, S. Fernique, A. Cardona, A. Herz, E. Ahrenfeldt [et all.] // *Agriculture, Ecosystems & Environment* - Vol. 284, 15 November, 2019, Номер статьи 106555
215. Regenold, J. P. Sustainable Agriculture / J. P. Regenold, R. I. Pappendick // *Scientific American*. - 1990. - T. 262, № 6. - p. 112-118.
216. Seufert, V. Current and Potential Contributions of Organic Agriculture to Diversification of the Food Production System / V. Seufert, Zia Mehrabi, Doreen Gabriel, Tim G. Benton // *Agroecosystem Diversity Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality*. - 2019. – P. 435-452.
217. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the volga region forest steppe / A. L. Toigildin, V. I. Morozov, M. I. Podsevalov, Y. M. Isaev, I. A. Toigildina // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. - 2016. - T. 7, № 6. - C. 2203-2209.
218. Tyutyunov, Yu. V. Spatial Demogenetic Model for Studying Phenomena Observed upon Introduction of the Ragweed Leaf Beetle in the South of Russia / Yu. V. Tyutyunov, O. V. Kovalev, L. I.

- 
- Titova // Mathematical modeling of natural phenomena. - 2013. – Т. 8, вып. 6. - С. 80-95.
219. Umarov, M. M. Associative nitrogen fixation / M. M. Umarov. – Moscow : Moscow State University, 1986. - 131 p.
220. Will higher minimum temperatures increase corn production in Northeast 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. - P. 1580–1588.

## Приложение

Приложение 1  
**Температура воздуха в годы проведения исследований, °С (метеопоста «Октябрьский»)**

Ме-сяц	Декада	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
	сред-нее	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
	сред-нее	<b>14,0</b>	<b>14,7</b>	<b>14,4</b>	<b>17,1</b>	<b>13,7</b>	<b>16,1</b>	<b>13,2</b>	<b>13,6</b>	<b>17,1</b>	<b>14,5</b>	<b>16,7</b>	<b>16,3</b>	<b>16,8</b>	<b>15,9</b>
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
	сред-нее	<b>18,5</b>	<b>14,3</b>	<b>18,1</b>	<b>18,0</b>	<b>21,2</b>	<b>17,4</b>	<b>16,9</b>	<b>20,6</b>	<b>21,7</b>	<b>17,1</b>	<b>19,8</b>	<b>20,1</b>	<b>17,5</b>	<b>21,2</b>

Продолжение приложения 1

Ме-сяц	Дека-ды	Температура воздуха, °С													
		Сред. за 1975-2015 гг.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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
	сред-нее	<b>20,3</b>	<b>20,7</b>	<b>20,9</b>	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
	сред-нее	<b>18,3</b>	<b>19,6</b>	<b>19,9</b>	<b>18,6</b>	<b>19,3</b>	<b>22,8</b>	<b>20,1</b>	<b>17,4</b>	<b>23,0</b>	<b>19,1</b>	<b>20,3</b>	<b>17,4</b>	<b>19,9</b>	<b>16,5</b>
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
	сред-нее	<b>12,5</b>	<b>13,2</b>	<b>14,4</b>	<b>14,0</b>	<b>14,6</b>	<b>14,2</b>	<b>11,7</b>	<b>14,7</b>	<b>13,6</b>	<b>12,4</b>	<b>12,3</b>	<b>12,3</b>	<b>11,9</b>	<b>11,6</b>

Приложение 2  
**Сумма осадков в годы проведения исследований, °С (метеопоста «Октябрьский»)**

Ме- сяцы	Дека- ды	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	<b>33,3</b>	<b>15,7</b>	<b>66,1</b>	<b>14,9</b>	<b>28,7</b>	<b>66,1</b>	<b>15,3</b>	<b>22,0</b>	<b>6,7</b>	<b>33,3</b>	<b>14,9</b>	<b>34,8</b>	<b>30,8</b>	<b>41,3</b>
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	<b>38,6</b>	<b>76,6</b>	<b>56,7</b>	<b>41,2</b>	<b>60,3</b>	<b>20,8</b>	<b>0</b>	<b>31,7</b>	<b>31,9</b>	<b>94,0</b>	<b>25,7</b>	<b>21</b>	<b>17,4</b>	<b>29,4</b>
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	<b>66,2</b>	<b>81,5</b>	<b>138,5</b>	<b>113,1</b>	<b>42,8</b>	<b>69</b>	<b>50,6</b>	<b>24,4</b>	<b>1,6</b>	<b>111,1</b>	<b>36,0</b>	<b>41</b>	<b>47,1</b>	<b>22,8</b>



## Продолжение приложения 2

Ме- сяцы	Дека- ды	Сумма осадков, мм													
		Сред.за 1975- 2015 гг.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Июль	1	26,7	34,9	48,0	27,7	16,0	43	19,6	19,0	6,0	19,0	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	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	<b>67,0</b>	<b>67,7</b>	<b>83,3</b>	<b>92,3</b>	<b>72,7</b>	<b>120,5</b>	<b>68,1</b>	<b>22,6</b>	<b>12,0</b>	<b>20,1</b>	<b>46,5</b>	<b>5,2</b>	<b>118,6</b>	
Август	1	18,2	10,5	16,8	10,5	27,9	0	24,8	58,0	0,0	26,0	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	<b>52,4</b>	<b>44,6</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>83,9</b>	<b>37,1</b>	<b>27,4</b>	<b>103,0</b>	<b>24,9</b>	<b>34,6</b>	<b>87,7</b>	<b>46,9</b>	<b>19,6</b>	
Сентябрь	1	18,9	18,5	25,1	27,0	7,2	35,2	20,4	0,1	12,3	65,8	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	12,5	
	3	19,4	0,0	25,3	0,0	0,0	1,6	0	2,8	45,3	54,1	48,5	19,9	2,0	
	сумма	<b>58,5</b>	<b>20,8</b>	<b>52,7</b>	<b>33,6</b>	<b>20,6</b>	<b>63,1</b>	<b>76,8</b>	<b>7,9</b>	<b>66,6</b>	<b>137,2</b>	<b>172,9</b>	<b>45,0</b>	<b>19,0</b>	

Приложение 3  
Системы основной обработки почвы в экспериментальных севооборотах

№ поля	Вариант обработки	I севооборот	II севооборот	III севооборот	IV севооборот
1	В1	Пар чистый	Горох	Вика (Люпин)	Сидерат (Горох + люпин)
		Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.	Дискование БДМ-4х4П на 10-12 см + рыхление плугами со стойками СибИМЭ на 20-22 см.		
	В2	Пар чистый	Горох	Вика (Люпин)	Сидерат (Горох + люпин)
		Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см		
2	В1	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
		Весенне-летний уход за чистым паром. Культивация КПИР-3,6, посев	Дискование БДМ-4х4П двухкратное на 8-10; 10-12 см. предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см, посев.		
	В2	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
		Весенне-летний уход за чистым паром. Культивация КПИР-3,6, посев	Дискование БДМ-4х4П двухкратное на 8-10; 10-12 см. предпосевная культивация КПИР-3,6 на 6-8 см, посев.		
3	В1	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + костреч Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + люцерна Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница + мн. травы Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см

## Продолжение приложения 3

№ поля	Вариант обработки	I севооборот	II севооборот	III севооборот	IV севооборот
3	B2	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + коострец Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + люцерна Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница + мн. травы Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см
		Горох Дискование БДМ-4х4П 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
4	B2	Горох Дискование БДМ-4х4П 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
		Горох Дискование БДМ-4х4П 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

## Продолжение приложения 3

№ поля	Вариант обработки	I севооборот	II севооборот	III севооборот	IV севооборот
5	V1	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. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 2-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0
	V2	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. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0	Люцерна 2-го г.п. Уход за посевами мн. трав. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0	Эспарцет (Травосмесь 2-го г.п.) Уход за посевами мн. трав. Раннее весеннее боронование БЗСС-1,0
6	V1	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 20-22 см	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 25-27 см	Яровая пшеница	Яровая пшеница
	V2	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + культивация КПИР-3,6 на 12-14 см	Яровая пшеница Дискование БДМ-4х4П на 10-12см + вспашка на 25-27 см	Яровая пшеница	Яровая пшеница

## Система удобрений в экспериментальных севооборотах

Севооборот	Культура	1 фон солома предшественника + NPK			2 фон солома предшественника + NPK		
		Планируемая урожайность, т/га	Зерновых единиц, тыс/га	Дозы минеральных удобрений	Планируемая урожайность, т/га	Зерновых единиц, тыс/га	Дозы минеральных удобрений
Зернопаровый	Пар чистый	-	-	-	-	-	-
	Озимая пшеница	3,5	3,5	N30P30K30	4,5	4,5	N60P45K45
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	Горох	2,5	3,5	N10P20K20	3,0	4,2	N20P30K30
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	В среднем	-	-	N22P23P23	-	-	N43P35K35
	Горох	2,5	3,5	N10P20K20	3,0	3,0	N20P30K30
	Озимая пшеница	3,5	3,5	N30P30K30	4,5	4,5	N60P45K45
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
Зернопаровый с кострцом	Кострец на з.м.	25	2,2	N30P20K20	30	2,6	N60P30K30
	Кострец на з.м.	25	2,2	N30P20K20	30	2,6	N60P30K30
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	В среднем	-	-	N27P27K27	-	-	N53P33K33

## Продолжение приложения 4

Сево- оборот	Культура	1 фон солома предше- ственника + NPK			2 фон солома предше- ственника + NPK		
		Плани- руемая урожай- ность, т/га	Зер- новых единиц, тыс/га	Дозы ми- неральных удобрений	Плани- руемая урожай- ность, т/га	Зерновых единиц, тыс/га	Дозы ми- неральных удобрений
Зерноотрава с кострецом	Люпин	2,5	3,5	N10P20K20	3,0	4,2	N20P30K30
	Озимая пшеница	3,5	3,5	N30P30K30	4,5	4,5	N60P45K45
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	Люцерна на з.м.	25	2,8	N10P20K20	3,0	3,3	N20P30K30
	Люцерна на з.м.	25	2,8	N10P20K20	3,0	3,3	N20P30K30
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	В среднем	-	-	N20P25K25	-	-	N40P38K38
	Люпин + горох	2,5	3,5	N10P20K20	3,0	4,2	N20P30K30
	Озимая пшеница	3,5	3,5	N30P30K30	4,5	4,5	N60P45K45
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
Зерноотрава с люцерной	Люцерна +кострец	25	2,5	N10P20K20	3,0	3,0	N20P30K30
	Люцерна + кострец	25	2,5	N10P20K20	3,0	3,0	N20P30K30
	Яровая пшеница	3,0	3,0	N30P30K30	4,0	4,0	N60P45K45
	В среднем	-	-	N20P25K25	-	-	N40P38K38

**Для заметок**

---

**Тойгильдин Александр Леонидович**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры  
Земледелия, растениеводства и селекции

**Морозов Владимир Иванович**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
кафедры Земледелия, растениеводства и селекции

**Подсевалов Михаил Ильич**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры  
Земледелия, растениеводства и селекции

**Аюпов Денис Энисович**

кандидат сельскохозяйственных наук, ст. преподаватель  
кафедры Земледелия, растениеводства и селекции

## **Биологизация технологии возделывания озимой пшеницы в севооборотах лесостепной зоны Поволжья.**

– Ульяновск, ФГОБУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019. – 200 с.

Подписано в печать \_\_\_\_\_

Формат 60х90/16 Бумага офсетная №1

Гарнитура Calibri. Усл. печ. л. 12,5

Тираж 150 Заказ \_\_\_\_\_

---

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1