

На правах рукописи

Семиусова Алена Сергеевна

**УРОЖАЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ОСОБЕННОСТИ РОСТА
РАСТЕНИЙ И РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ
В ПОВТОРНЫХ ПОСЕВАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ БУРЯТИИ**

Специальность 06.01.01-общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Улан-Удэ
2013

Работа выполнена на кафедре растениеводства и луговодства Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»

Научный руководитель доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства и луговодства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»
Будажанов Лубсан Владимирович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия»
Хуснидинов Шарифзян Каирович

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Государственного научного учреждения «Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» Россельхозакадемии
Гаркушева Наталья Михайловна

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Бурятский государственный университет»

Защита состоится «__» _____ 2013г. в __ часов на заседании Диссертационного совета Д.220.006.03 при ФГБОУ ВПО «Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им В.Р. Филиппова» по адресу: 670034, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8. Тел. / факс: (301-2) 44-21-33.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке на официальном сайте Бурятской ГСХА им В.Р. Филиппова www.bgsha.ru www.vak.ed.gov.ru

Автореферат разослан «__» ноября 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
профессор

Корсунова Татьяна Михайловна

Подписано в печать 15.11.2013. Бум. тип. №1. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 1,33. Тираж 100. Заказ № 1071.
Цена договорная.

Издательство ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова»
670034, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
e-mail: rio_bgsha@mail.ru

ками и обеспечивались лишь слабой окупаемостью затрат. Последнее служило слабым основанием экономической целесообразности повторных посевов.

Рекомендации производству

1. В условиях лесостепной зоны Бурятии рекомендовать повторные посевы яровой пшеницы в течение двух лет ежегодного посева, урожай и экономическая целесообразность которых сопоставима с посевом яровой пшеницы после чистого пара.

2. Для прогноза урожая яровой пшеницы в повторных посевах и по чистому пару рекомендовать модели экспоненциальной (1) и линейной (3) регрессии соответственно.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

Рекомендованных ВАК изданиях:

1. Цыдыпов Б.Д. Полевая всхожесть овса: статистики и модели определения в сухой степи Бурятии / Цыдыпов Б.Д., Будажапов Л.В., Билтуев А.С., Норбованжилов Р.Д., Семиусова А.С. // Вестник БГСХА. 2012. № 1 (26). С.197-199.

2. Будажапов Л.В. Бессменная пшеница: статистики продуктивности и кинетика роста в лесостепи Прибайкалья. Сообщение 1 / Будажапов Л.В., Васильев С.В., Семиусова А.С., Норбованжилов Р.Д. // Вестник БГСХА. 2013. № 4 (33). С.43-46.

3. Будажапов Л.В. Статистические показатели продуктивности и кинетика роста яровой пшеницы в бессменных посевах в условиях лесостепной зоны Бурятии / Будажапов Л.В., Норбованжилов Р.Д., Давыдова О.Ю., Васильев С.В., Семиусова А.С. // Плодородие. 2013. № 6 (75). С.28-31.

В других изданиях:

1. Будажапов Л.В. Информационная оценка системы почва-растение (литературный анализ структурных взаимосвязей компонентов) / Будажапов Л.В., Норбованжилов Р.Д., Дмитриев Н.Н., Билтуев А.С., Цыдыпов Б.Д., Васильев С.В., Дугарова Д.Ч., Семиусова А.С. // Инновационное развитие агропромышленного комплекса и аграрного образования: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию ФГБОУ ВПО «Бурятская ГСХА им В.Р. Филиппова»- Улан-Удэ, 2011 -С.11-17

2. Будажапов Л.В. Реестр продуктивности новых и редких сортов яровой пшеницы в растениеводстве лесостепной зоны Бурятии (результаты исследований на опорном пункте ВИР им Н.И. Вавилова) / Будажапов Л.В., Давыдова О.Ю., Норбованжилов Р.Д., Тодорхоева Т.Б., Батоева Е.А., Васильев С.В., Попов Д.А., Гусев И.И., Семиусова А.С. // Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных природных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию агрономического факультета- Улан-Удэ, 2012 - С.19-21.

3. Будажапов Л.В. Бессменная пшеница: отклик на изменение высоты растений, фазы роста и развития и продуктивность в экологических условиях лесостепи Прибайкалья / Будажапов Л.В., Васильев С.В., Семиусова А.С., Норбованжилов Р.Д. // Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий: науч. конф. с междунар. участием- Улан-Удэ. 2013 - С.18-21.

Общая характеристика работы

Актуальность. Современная оценка изменения урожая зерновых культуры сопряженных с этим показателей в многолетних и длительных наблюдениях позволяет выстроить наиболее достоверную панораму и служит основой для построения прогнозных сценариев устойчивого функционирования агроценозов (Шагилов и др., 2004; Замараев и др., 2005; Духанин и др., 2006; Будажапов, 2009; Савич и др., 2010; Гамзиков, 2011; Романенков, 2011; Сычев и др., 2012; Будажапов и др., 2013). В этом отношении мировой реестр длительных опытов с бессменной пшеницей представлен стационарными наблюдениями, продолжительность которых составляет 45-170 лет (Носов, 2010; Романенков и др., 2012). Аналогичные опыты с монокультурой пшеницы в разных агропочвенных зонах Сибири имеют реперные стационарные пункты с периодом наблюдений 28-68 лет, высокая информативность которых отнесена к «национальному достоянию» (Гамзиков, 2011).

В этой связи предпринята попытка оценить влияние повторных посевов яровой пшеницы на динамику урожая, развитие растений и ряд сопутствующих параметров, результативность которых позволяет выстроить закономерности отклика системы почва-растение на изменение вещества, энергии и информации (Замараев и др., 2005; Савич и др., 2010). Соответственно, актуальность построения таких оценок представляет несомненную значимость. В этом смысле возможность построения моделей урожая зерновых культур, их роста и развития в динамике многолетних рядов представляет уникальную информационную базу масштабного прогноза по эффективному и устойчивому функционированию агроценозов.

Цель работы – установить закономерности изменения урожая яровой пшеницы, особенности роста растений и разложения растительной массы в повторных посевах лесостепной зоны Бурятии.

Задачи исследований. 1. Выявить количественные закономерности изменения урожая пшеницы в повторных посевах с обоснованием экономической целесообразности возделывания в условиях лесостепной зоны.

2. Показать кинетические закономерности роста и развития растений пшеницы в повторных посевах и панораму корреляционных зависимостей с гидротермическими показателями лесостепной зоны.

3. Раскрыть динамику и скорость разложения растительного материала в почве под повторными посевами пшеницы с оценкой степени сопряженности с условиями тепло- и влагообеспеченности.

Защищаемые положения. 1. Закономерности изменения урожая яровой пшеницы, роста растений и разложения растительного материала в повторных посевах характеризуются общим трендом снижения с разными статистическими, кинетическими и корреляционными параметрами.

2. Величина и скорость изменения урожая пшеницы в повторных посе-

вах, роста растений при слабом разложении фитомассы в почве отражают риски получения урожая даже в благоприятных гидротермических условиях с низкой окупаемостью затрат на получение товарной продукции.

Научная новизна. Впервые для условий лесостепной зоны Бурятии выявлены индикационные признаки количественных, скоростных и корреляционных характеристик изменения урожая яровой пшеницы и особенности роста растений в повторных посевах с оценкой разложения растительной массы в серой лесной почве. Представлены статистическая и кинетическая панорама снижения урожая яровой пшеницы, изменения фитометрических показателей растений с оценкой эффекта разложения фитомассы в почве при повторных посевах. На основе математического моделирования впервые построены модели прогноза по изменению урожая яровой пшеницы, высоты растений и разложения растительного материала при повторных посевах. Дано обоснование экономической целесообразности получения продукции яровой пшеницы в течение первых двух лет повторных посевов.

Практическая значимость. Количественные и скоростные показатели изменения урожая яровой пшеницы и развития в повторных посевах растений могут быть использованы в дальнейшем мониторинге по оценке состояния бессменных посевов пшеницы в условиях лесостепной зоны. Выведенные эмпирические модели позволяют прогнозировать урожай яровой пшеницы на любой порядковый год при ежегодном посеве. Доказанное изменение урожая пшеницы и слабые темпы роста растений в повторных посевах лесостепной зоны позволяют оценить риски снижения в получении товарной продукции. Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению «Агрономия» и в магистерских программах «Растениеводство» и «Агробизнес».

Вклад автора. Автор принимал активное участие в разработке и реализации программы исследований, закладке и проведении полевых, камеральных и аналитических работ, статистической обработке и интерпретации результатов, подготовке и публикации основных положений диссертации.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы доложены на научно-практической конференции сотрудников и аспирантов БГСХА им. В.Р. Филиппова «Инновационное развитие АПК» (Улан-Удэ, 2013), научной конференции с международным участием «Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий» (Улан-Удэ, 2013).

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 6 статьях, в том числе три – в реферируемых изданиях ВАК МО РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 138 страниц компьютерного текста и включает введение, четыре главы, выводы, приложения и список литературы, который состоит из 183 источников, в том числе 48 иностранных авторов, и содержит 26 таблиц и 20 рисунков.

монокультуры с константой (k) скорости этого отклика $k = 0.375 \text{ год}^{-1}$, которая выражает региональную кинетику изменения урожая во времени. В сравнении с этим, характер отклика яровой пшеницы при посеве по чистому пару подчинялся линейной регрессии без доказанных статистических и скоростных изменений в равных эколого-почвенных условиях лесостепной зоны.

4. Повторный посев яровой пшеницы не оказал значимого влияния на развитие растений по фенологическим фазам, а выявленные различия наблюдались в датах регистрации и продолжительности их прохождения при более сильной сопряженности (r) с показателями влагообеспеченности посевов, чем с теплообеспеченностью при высокой и статистически значимой ($F_{\phi} > F_{st}$) конгломератности в общей совокупности признаков ($R_{mn} = 0.791 - 0.955$).

5. Показатели и скорость роста растений яровой пшеницы в повторных посевах при ежегодном возделывании на одном месте отражали замедленный рост растений на начальных этапах онтогенеза и последующими быстрыми темпами развития и узким доверительным интервалом и средней вариабельностью величин при слабом их разбросе вокруг математического ожидания. При этом, в первый год константа (k) скорости роста пшеницы, как при повторном посеве, находилась в пределах одной величины и не превышала $k = 0.753$ в сутки, а при трех-четырёхлетнем ежегодном наложении посевов снижалась значительно и уже не превышала величины $k = 0.319$ в сутки.

6. Деструкция молодых проростков и соломы пшеницы в модельных оценках подтверждает длительность процесса с наличием медленной и быстрой фаз разложения с различиями в количественных показателях, которые только в течение 30 суток экспозиции оказались схожими и не превышали в среднем 10% исходной массы; позднее размеры разложения складывались различно и через 60 и 90 суток составили, соответственно, по проросткам 1/2 и 98% и по соломе пшеницы 25% и 1/2 исходной массы и по завершении 110 суток - полное разложение и не более 60%.

7. Ранжирование кинетических показателей (k) разложения фитомассы в почве под повторными посевами пшеницы в равных условиях модельного опыта по темпам снижения процесса снижалось в ряду: молодые проростки пшеницы ($k = 1.626$ в сутки⁻¹) > солома с повторных посевов пшеницы ($k = 0.233$ в сутки⁻¹) > льняное полотно ($k = 0.166$ в сутки⁻¹). При этом, скорость разложения последнего в полевых условиях оказалась на несколько порядков ниже с константой (k) скорости $k = 0.073$ в сутки⁻¹. Во всех случаях процесс разложения находился в сильной тесноте с увлажнением почвы и менее – с температурами.

8. Экономическое обоснование повторных посевов пшеницы подкреплено не далее первых двух лет ежегодного возделывания, когда достоверно высокий урожай обеспечивал рентабельность производства товарной продукции. Последующие посевы монокультуры не сопровождалась подобными оцен-

ность введения повторных посевов яровой пшеницы по пшенице в условиях лесостепной зоны, экономическая обоснованность которых оправдана.

В сравнении с этими оценками экономический эффект возделывания яровой пшеницы в традиционном понимании не вызывает сомнений и оправданность чередования посева пшеницы после чистого пара доказана уровнем рентабельности, который достигал в равных эколого-почвенных условиях с повторным посевом четвертого года (2013) почти 15% (табл. 15).

Таблица 15 – Экономическая оценка посевов пшеницы по чистому пару

№	Показатели оценки	2010	2011	2012	2013
1.	Урожай, ц/га	15.5	13.9	15.4	16.0
2.	Затраты труда на 1 ц зерна	0.85	0.89	0.72	0.87
3.	Себестоимость возделывания 1га, руб.	10450	10564	12937	13920
4.	Стоимость продукции с 1га, руб.	11625	11120	13860	16000
5.	Условно чистый доход с 1 га, руб.	1085	556	924	2080
6.	Рентабельность, %	10.3	5.3	7.1	14.9

При равной трудоемкости и себестоимости возделывания яровой пшеницы в повторном посеве и чередовании по чистому пару показатели условно чистого дохода и рентабельности, безусловно, выглядят в пользу последнего (табл. 15). Тем не менее, вопросы к перспективам ведения земледелия по пути внедрения современных технологий (прямой посев) возделывания яровой пшеницы в этой агропочвенной зоне вполне притягательны. Именно с этих позиций при всей целесообразности технологии чистый пар -пшеница рассмотрение посевов в течение двух лет позволяет возможно откорректировать ведение традиционных технологий получения продукции в условиях рынка.

Выводы

1. В повторных посевах лесостепной зоны Бурятии показатели скорости изменения урожая яровой пшеницы, роста растений и разложения растительной массы свидетельствуют о наличии единого тренда с разной направленностью во времени при разной тесноте признаков (г) с гидротермическими условиями.

2. Статистики изменения урожая пшеницы в повторных посевах отражали отсутствие значимых различий на протяжении первых двух лет исследований (15.1 ± 0.3 ц/га) при доказанном снижении урожая в случае трех- и четырехлетних повторных посевов до 9.5 ± 0.8 и 5.8 ± 0.3 ц/га соответственно. Достоверное снижение урожая приводило кувеличению разброса величин вокруг математического ожидания и коэффициента варьирования от незначительного до среднего, которые вкупе характеризовали общее возрастание неустойчивости получения урожая в сравнении с аналогичными показателями по чистому пару в равных условиях оценки.

3. Изменение показателей при значимом снижении урожая пшеницы в повторных посевах поддерживалось кинетическим влиянием, которое отражало проявление скоростного возбуждения и реакцию растений на условия

Глава 1. Урожай яровых зерновых культур на серой лесной почве и оценка разложения растительных остатков (обзор литературы)

На основе анализа отечественных и зарубежных литературных источников, в том числе по лесостепной зоне Бурятии, представлена панорама изменения урожая яровых зерновых культур под влиянием различных факторов (предшественники, обработка и удобрения). Раскрыта современная интерпретация функций растительных остатков и специфики их разложения в почвах как средство регулирования плодородия почв и урожая полевых культур в краткосрочном и длительном воздействии на систему почва - растение.

Глава 2. Условия и методика исследований

Исследования с яровой пшеницей в повторных посевах проводили в полевом опыте (S=2 га) на серой лесной почве, заложенном в местности «Жаворонки» Кабанского района Республики Бурятия, в период 2010-2013 гг.

Объектом исследований служили повторные посевы пшеницы сорта Лютеценс 937, который высевали по чистому пару (2010) и по пшенице, ежегодно в течение трех лет (2011–2013 гг.), в два срока (физическая и биологическая спелость почвы) с нормой высева 2.0 ц/га, каждый из которых имел разные календарные даты и определялся метеорологическими условиями.

Почва характеризовалась слабо кислой реакцией среды ($pH 6.8 \pm 0.1$), высоким содержанием общего ($0.168 \pm 0.05\%$) и нитратного (8.2 ± 1.4 мг/кг) азота, средней обеспеченностью подвижным фосфором (18.2 ± 3.1 мг/100г) и обменным калием (32.1 ± 4.2 мг/100г) при содержании гумуса 2.16 ± 0.03 %.

Наступление и продолжительность фенологических фаз роста и развития растений пшеницы и регистрация изменениях высоты в повторных посевах и по чистому пару фиксировали в течение вегетационного периода ежегодно через каждые 15 дней. Фенологические фазы и изменение габитуса у яровой пшеницы проводили по методике, рекомендованной ВИР им. Н.И. Вавилова (Методика..., 2011).

Учет урожая в повторных посевах и по чистому пару проводили при полной спелости яровой пшеницы вручную с помощью рамки 1м² в 10 кратной повторности и механизированно («Енисей 1200»).

В стандартных режимах (60 - 70% ПВ и 18 - 22 °С) модельного опыта изучали скорость роста растений на начальных этапах онтогенеза (прорастание-всходы), который закладывали в контейнеры с серой лесной почвой полевого опыта (295.3 ± 12.4 г) и посевом пшеницы сорта Лютеценс 937 по 45 штук в семикратной повторности. Прорастание семян, изменение высоты всходов и проростков растений яровой пшеницы фиксировали через каждые сутки в течение 14 дней экспозиции.

Объектами статистической и кинетической оценки разложения растительного материала выступали молодые проростки пшеницы, солома яровой пшеницы с повторных посевов (2012) и льняное полотно, которые закладывали в почву: в модельном опыте - льняное полотно, проростки и солома пшеницы и в полевом опыте - льняное полотно и солома пшеницы. Разложение фиксировали по потере исходной массы в динамике через каждые 30 дней в течение 6 месяцев в модельном и календарного года в полевом опыте.

Показатели плодородия почвы определяли по общепринятым методикам: рН – потенциметрически (ГОСТ 26483-85), углерод гумуса – по Б.А. Никитину (Практикум..., 2002), азот общий – по Кьельдалю (ГОСТ 26107-86) и нитратный -дисульфобензоловым методом (ГОСТ 26488-85), подвижный фосфор и обменный калий в почве – по Чирикову (ГОСТ 26204-91). Гидротермические условия отражали неустойчивость климатических ресурсов с широким диапазоном гидротермического коэффициента (ГТК) при дефиците осадков в мае (ГТК = 0.11-0.77) и обильном выпадении в августе (ГТК = 1.36-1.61) на фоне ограниченных ресурсов тепла - сумма активных температур воздуха в среднем в течение сезона составила 1732.34 ± 40.8 С.

Статистический анализ полученных данных проводили по общепринятым методикам (Савич, 1972; Лакин, 1980). Кинетические характеристики изменений представлены константами (k) скорости процессов по регрессии экспоненты с помощью пакета стандартным программ (Excell 2010). Результаты статистического и кинетического анализа позволили вычленить количественные и скоростные изменения, обобщение которых служило основой в построении ряда закономерностей по изучаемым признакам.

Экономическая обоснованность повторных посевов пшеницы дана в сравнении с эффектом пшеницы по чистому пару в ценах текущего года.

Глава 3. Результаты исследований

Представлены результаты полевых исследований и модельных опытов по изменению урожая яровой пшеницы, росту и развитию растений в повторных посевах с оценкой разложения растительного материала в серой лесной почве в условиях лесостепной зоны Бурятии.

Статистики и кинетика изменения урожая яровой пшеницы в повторных посевах и по чистому пару

Полученные данные по динамике урожая повторных посевов пшеницы позволяют выстроить панораму количественных и скоростных изменений.

Статистики урожая яровой пшеницы в повторных посевах. В первый год (2010) урожай пшеницы по чистому пару в среднем достигал 16.5 ± 0.3 ц с пределами величин 14.5 - 17.5 ц/га при незначительной величине варьирования (табл. 1). Существенных различий по срокам посева (физическая и биологическая спелость почвы) не выявлено. В условиях дефицита осадков (180.6 мм) показатели урожая отражали благоприятный отклик растений на дефицит осадков, особенно в период всходы - кушение. В этом проявлении значимость чистого пара для яровой пшеницы проявилась в полной мере.

В благоприятных гидротермических условиях 2011 года (ГТК= 1.02) статистические показатели урожая яровой пшеницы, посеянной по яровой пшеницы 2010 года, в среднем достигали 14.5 ± 0.4 ц/га с незначительной вариативностью в отсутствии доказанных различий по двум срокам посева - А и В (табл. 1). Высокий урожай повторных посевов пшеницы связан с благоприятными гидротермическими условиями вегетационного периода (количество осадков составило 289.4 мм, ГТК = 1.02) и менее - с повторным посевом яровой пшеницы.

(табл.13). Наиболее тесная и статистически значимая эта связь наблюдалась по запасам продуктивной влаги в почве (w_n), которая приближалась к функциональной ($r > 1$). Менее выраженная связь ($r = 0.57 - 0.64$) проявилась с показателями температур почвы и оставалась слабой по осадкам ($r = 0.22 - 0.29$). Отметим, что эти корреляционные зависимости получены при условном изолировании активности почвенной микрофлоры, решающее значение которых доказано многочисленными работами (Звягинцев, 1987; Бабьева, Зенова, 1989; Нимаева, 1992; Будажапов, Гамзиков, 2010).

Динамика разложения растительного материала в серой лесной почве под повторными посевами характеризуется слабым откликом при высоком потенциале этого процесса в контролируемых условиях модельного опыта с высокой зависимостью процесса ($r > 0.70$) с показателям увлажнения почвы.

Экономическое обоснование повторных посевов пшеницы

Современная оценка значимости повторных посевов пшеницы в земледелии лесостепной зоны и возможности даже частичной реализации таковых в практике является одной из наиболее дискуссионных и неоднозначных позиций современных подходов к возделыванию яровых зерновых культур. В реестре последних выделим технологию прямого посева, практическая основа для внедрения которой до сих пор остается нереализованной в регионе.

Соответственно, ежегодный повторный посев пшеницы по пшенице можно рассматривать как один из возможных элементов прямого посева, а, следовательно, экономическая оценка ежегодных посевов пшеницы может отчасти раскрыть обоснованность внедрения прямого посева. Полученная оценка экономического эффекта от ежегодных посевов яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Бурятии представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Экономическая оценка повторных посевов яровой пшеницы

№	Показатели оценки	2010	2011	2012	2013
1.	Урожай, ц/га	16.0	14.3	8.0	4.0
2.	Затраты труда на 1 ц зерна	0.85	0.89	0.72	0.87
3.	Себестоимость возделывания 1га, руб	10540	10564	12936	13920
4.	Стоимость продукции с 1га, руб	12000	11400	7200	3950
5.	Условно чистый доход с 1 га, руб	1460	836	-5736	-9970
6.	Рентабельность, %	13.9	7.9	-	-
7.	Окупаемость, %	-	-	55.7	28.4

При высокой величине урожая пшеницы в первый год после пара (2010) и на второй год посева по пшенице (2011) величина условно чистого дохода и рентабельность производства товарной продукции отражает экономическую обоснованность затрат на ее получение (табл.14). Дальнейшее возделывание яровой пшеницы на третий (2012) и четвертый год (2013) сопровождалось значимым снижением урожая при низкой окупаемости затрат на вложенный рубль, которые на четвертый год ежегодного посева не превышали 0.30 рублей (табл.14). При всей предсказуемости этих оценок впервые показана возмож-

В этой связи льняное полотно является сигнальным материалом в оценке потенциальных возможностей разложения растительных остатков в почве (Звягинцев и др., 2005). Отсюда, оценка разложения льняного полотна в этой почве из-под монокультуры представляло несомненную значимость.

В течение 110 дней экспозиции размеры разложения льняного полотна едва превышали 1/2 исходной массы при слабых темпах, особенно в первые 30 суток - 4.1% (табл. 12). Как следствие, кинетика этого явления сопровождалась и низкими скоростными параметрами и составила $k = 0.166$ в сутки.

Выявленная направленность количественных и скоростных характеристик разложения льняного полотна в контролируемых условиях модельного опыта подтвердилась и в полевых с различиями в размерах и скоростных параметрах (табл. 12). Причем, если размеры разложения приближались к показателям модельных оценок, то скорость разложения полотна в естественных условиях оказалась очень слабой - константа (k) скорости составила $k = 0.073$ в сутки. Несмотря на количественные различия в динамике разложения льняного полотна, характер процесса в обоих случаях описывался общей функцией в виде экспоненты с различиями в скоростном проявлении этих оценок:

$$y(\text{модельный опыт}) = 1.332 e^{-0.166t} \dots\dots\dots (14)$$

$$y(\text{полевой опыт}) = 91.66 e^{-0.073t} \dots\dots\dots (15)$$

y - разложение льняного полотна, г; e - иррациональное число; t - порядковый номер фактора времени, сутки.

Сопряженность разложения растительной массы в почве с показателями тепло- и влагообеспеченности. В оценке разложения растительного материала (льняное полотно, солома) в почве из – под повторных посевов пшеницы наиболее ключевыми, при условном изолировании активности микрофлоры почв, выступали экологические показатели: температура почвы, запасы продуктивной влаги в 0-20 см слое и осадки. Соответственно, результатам корреляционного анализа ранжирование зависимостей (r) по этим признакам снижалось в ряду: запасы продуктивной влаги (0.96 ± 0.1) > температура почвы (0.66 ± 0.4) > осадки (0.22 ± 0.5) (табл. 13). Отсюда, ключевым признаком в этой оценке выступали запасы продуктивной влаги в почве.

Таблица 13 – Сопряженность ($r \pm s_r$) разложения растительного материала с показателями тепло- и влагообеспеченности, полевой опыт

	Параметры и показатели оценки, n = 5					
	льняное полотно			солома с повторных посевов		
	w _п , мм	t _п , °C	w _с , мм	w _п , мм	t _п , °C	w _с , мм
1	0.97 ± 0.12	0.82 ± 0.28	0.45 ± 0.45	0.98 ± 0.08	0.59 ± 0.40	0.23 ± 0.47
2	0.98 ± 0.11	0.66 ± 0.38	0.21 ± 0.49	0.99 ± 0.08	0.64 ± 0.39	0.29 ± 0.48
3	0.95 ± 0.16	0.50 ± 0.43	0.01 ± 0.50	0.98 ± 0.09	0.57 ± 0.41	0.22 ± 0.49
ср.	0.96 ± 0.13	0.66 ± 0.37	0.22 ± 0.48	0.98 ± 0.08	0.60 ± 0.40	0.25 ± 0.48

Схожая направленность корреляционных зависимостей (r) наблюдалась и по разложению соломы в почве под повторными посевами яровой пшени-

Таблица 1 – Статистики урожая яровой пшеницы в повторных посевах

Год	Сроки посева		ГТК	Повторности					Статистики		
	1	2		3	4	5	M ± m	σ	V, %		
2010	16.V	A	1.02	15.0	16.4	15.6	14.5	16.0	15.5 ± 0.4	0.76	5.1
	25.V	B		17.5	16.3	15.7	17.0	16.0	16.5 ± 0.3	0.74	4.5
2011	17.V	A	1.69	15.2	15.5	14.3	13.5	14.0	14.5 ± 0.4	0.83	5.8
	27.V	B		12.0	15.0	14.3	15.7	13.0	14.0 ± 0.7	1.50	10.7
2012	15.V	A	1.17	5.3	9.2	5.5	6.3	6.0	6.5 ± 0.7	1.58	24.5
	25.V	B		9.5	7.3	8.0	12.0	10.9	9.5 ± 0.9	1.96	20.5
2013	12.V	A	1.09	5.7	5.3	5.9	5.8	5.5	5.8 ± 0.3	0.14	5.2
	23.V	B		5.5	5.8	6.1	5.3	5.7	5.7 ± 0.3	0.14	5.3

A - физическая спелость, B- биологическая спелость почвы. НСР_{05А} 1.80; НСР_{05В} 2.23; НСР_{05АВ} 2.03

Наложение трехлетнего посева яровой пшеницы (2012) существенно отразилось на статистических показателях урожая (табл. 1). При недостаточном увлажнении (204.2 мм) показатели урожая в среднем не превышали 9.5 ± 0.9 ц/га с диапазоном лимитов 5.3 - 12.0 ц/га и коэффициентом варьирования 21 - 25 %. Именно с этого момента выявлены статистические различия в урожае культуры по срокам посева пшеницы. Значимо высокий урожай пшеницы по пшенице при посеве в более поздний срок (биологическая спелость почвы) связана с лучшими условиями увлажнения культуры в период онтогенеза.

Можно предположить, что начиная с третьего года возделывание яровой пшеницы по пшенице на серой лесной почве сопровождается резким изменением ее отклика на экологические, почвенные и биологические условия системы почва-растение. Ранее схожие оценки в этом плане наблюдались в длительных опытах с монокультурой пшеницы в европейской части (Алиев и др., 2011; Окорков и др., 2011; Воронкова, 2011; Сычев, Романенков, 2011), Западной Сибири (Гамзиков, 2011; Храмцов, 2011; Мальцев, Мошкарёв, 2011; Дмитриев, Будажапов, 2012;) и Бурятии (Лапухин и др., 2011; Батудаев, Уланов, 2011; Будажапов, 2011). Статистически доказанное в каждом конкретном случае снижение урожая пшеницы под монокультурой с третьего по пятый год посева.

Значительное снижение урожая яровой пшеницы в повторных посевах проявилось при четырехлетнем наложении (2013). При дефиците тепловых ресурсов этого года и ежегодном посеве пшеницы в течение 4 лет на одном месте показатели урожая в среднем не превышали 6 ц/га с незначительной величиной варьирования (табл. 1). При этом доказанных различий по срокам посева не выявлено. Отметим, что в 2013 году наблюдался наиболее высокий четвертый балл засоренности посевов в отсутствие существенного изменения в видовом составе сорной растительности.

В целом, за четыре года наблюдений (2010 - 2013 гг.) установлена выраженная направленность снижения величин урожая яровой пшеницы от паро-

вого предшественника (2010) к повторнопосеву (2013) при снижении общей урожайности почти вчетверо в отсутствие значимых различий по срокам посева. При этом наблюдалось ежегодное увеличение сорного компонента особенно на четвертый год ежегодного посева. Снижение урожая пшеницы в повторных посевах описывалось регрессией экспоненты с константой скорости (k) ежегодного снижения $k = 0.375^{-1}$ (А) и $k = 0.358^{-1}$ (В) в год в виде: урожай, ц/га (А) = $24.508e^{-0.375t}$ (1)
урожай, ц/га (В) = $25.859e^{-0.358t}$ (2)
где t - порядковый номер ежегодного посева яровой пшеницы; e - основание натурального логарифма. Полученные константы(k) скорости отражают региональные характеристики скоростного снижения урожая яровой пшеницы в повторных посевах.

Сопряженность урожая с тепло- и влагообеспеченностью повторных посевов. По данным корреляционного анализа выявлена высокая теснота (r) урожая повторных посевов пшеницы с показателями влагообеспеченности в сравнении с их теплообеспеченностью (табл.2). При этом ранжирование тесноты связей (r) в первом случае за вегетационный сезон в среднем снижалась в ряду: относительная влажность воздуха ($r = 0.90 \pm 0.4$) > запасы продуктивной влаги ($r = 0.84 \pm 0.5$) - осадки ($r = 0.84 \pm 0.5$). В этом построении теснота признаков весной (май) была наибольшей, приближаясь к функциональной связи ($r > 1$), по запасам продуктивной влаги в почве (w_n) и относительной влажности воздуха (w_a) при высокой зависимости по осадкам (табл. 2). Позднее (июнь-сентябрь) их сопряженность оставалась высокой, за редким исключением, в отсутствие различий по срокам посева (А и В).

Таблица 2 – Теснота связей ($r \pm s_r$) урожая яровой пшеницы в повторных посевах с тепло- и влагообеспеченностью

Срок	Символ	Месяц вегетации					За сезон
		май	июнь	июль	августа	сентябрь	
		А	0.82 ± 0.6	0.76 ± 0.7	0.87 ± 0.5	0.65 ± 0.8	
В	0.73 ± 0.7	0.82 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.82 ± 0.6	0.57 ± 0.8	0.75 ± 0.6	
А	t_n	0.78 ± 0.6	0.66 ± 0.8	1.00 ± 0.0	0.77 ± 0.6	0.86 ± 0.5	0.81 ± 0.5
В		0.79 ± 0.6	0.84 ± 0.5	0.90 ± 0.4	0.94 ± 0.3	0.67 ± 0.7	0.83 ± 0.5
А	$\sum t$	0.99 ± 0.1	0.76 ± 0.7	0.61 ± 0.8	0.62 ± 0.8	0.81 ± 0.6	0.76 ± 0.6
В		0.87 ± 0.5	0.82 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.64 ± 0.8	0.80 ± 0.6
А	w	0.81 ± 0.6	0.80 ± 0.6	0.70 ± 0.7	0.92 ± 0.4	0.98 ± 0.2	0.84 ± 0.5
В		0.76 ± 0.7	0.59 ± 0.8	0.83 ± 0.6	0.74 ± 0.7	0.93 ± 0.4	0.77 ± 0.6
А	w_n	0.99 ± 0.1	0.84 ± 0.5	0.65 ± 0.8	0.85 ± 0.5	0.89 ± 0.5	0.84 ± 0.5
В		0.91 ± 0.4	0.64 ± 0.8	0.82 ± 0.6	0.65 ± 0.8	0.93 ± 0.4	0.79 ± 0.6
А	w_a	0.99 ± 0.1	0.80 ± 0.6	0.95 ± 0.3	0.94 ± 0.3	0.81 ± 0.6	0.90 ± 0.4
В		0.86 ± 0.5	0.61 ± 0.8	0.92 ± 0.4	0.98 ± 0.2	0.96 ± 0.3	0.87 ± 0.4

Примечание: t_a - температура воздуха, °С; t_n - температура почвы в слое 0 - 20 см, °С; $\sum t$ - сумма активных температур ≥ 10 , °С; w - количество осадков, мм; w_n - запасы продуктивной влаги в 0 - 50 см почвы, мм; w_a - относительная влажность воздуха, %; А - физическая спелость почвы; В-биологическая спелость почвы

чительные различия. По истечении 60 суток экспозиции размеры разложения соломы в почве в среднем не превышали 25% (0.30 ± 0.1 г); через 90 суток эти величины не превышали 1/2 исходной массы, а к завершению эксперимента (110 суток) составили в среднем 60% с пределами величин 30-76 % (табл.11). При этом скоростные параметры разложения соломы в этих условиях имели схожий характер и описывались регрессионной функцией экспоненты с константой скорости $k = 0.233$ в сутки:

$$y = 0.549 e^{-0.233t} \dots\dots\dots(13)$$

y- разложение соломы пшеницы, г; e - иррациональное число; t - порядковый номер фактора времени, сутки.

Сравнение размеров и скорости разложения молодых проростков и соломы пшеницы в серой лесной почве из-под повторных посевов позволяют предположить, что первые служат примером быстрого разложения, а последняя - медленного течения процесса, которое связано с наличием трудногидролизуемых соединений в соломе (лигнин, гемицеллюлоза) и более растворимых биохимических соединений в молодых проростках. Подобное подтверждается тем, что в равных условиях модельного опыта разложение молодых проростков пшеницы в почве из-под монокультуры в течение 110 суток было полным, а соломы не более 1/2 исходной массы при значительно меньших кинетических параметрах ($k = 0.233$ против $k = 1.626$ в сутки).

Динамика и кинетика разложения льняного полотна в почве под монокультурой. Различия в динамике и скорости разложения растительного материала в полевых и контролируемых условиях оказались разными (табл.12).

Таблица 12 – Динамика разложения льняного полотна в почве под повторными посевами яровой пшеницы

№	Потеря исходной массы во времени									
	1		2		3		4		5	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
модельный опыт										
1	1.0	100	0.99	1.0	0.95	5.0	0.91	9.0	0.36	64.0
2	1.0	100	0.96	4.0	0.91	9.0	0.86	14.0	0.60	40.0
3	1.0	100	0.99	1.0	0.98	2.0	0.97	3.0	0.83	17.0
4	1.0	100	0.99	1.0	0.98	2.0	0.97	3.0	0.49	51.0
5	1.0	100	0.92	8.0	0.83	17.0	0.75	25.0	0.31	69.0
6	1.0	100	0.95	5.0	0.90	10.0	0.82	18.0	0.32	68.0
7	1.0	100	0.91	9.0	0.84	16.0	0.71	29.0	0.29	71.0
ср	1.0	100	0.96 ± 0.03	4.1	0.91 ± 0.06	8.7	0.86 ± 0.1	14.4	0.46 ± 0.2	54.3
полевой опыт										
1	79.8	0.25	74.3	7.13	60.8	24.0	47.9	40.1	46.8	41.6
2	79.9	0.13	73.6	8.00	61.2	23.5	57.2	28.5	55.3	30.9
3	69.8	0.29	64.3	8.14	54.4	22.3	50.9	27.3	50.2	28.3
ср	76.5	0.22	70.3 ± 5.6	7.75	58.8 ± 3.8	23.3	52.0 ± 4.5	32.0	50.8 ± 4.3	33.6

Примечание. 1 - исходная масса; 2.....5 - порядковый номер фактора времени; модельный опыт 1 - 27.12.2011 г; 2 - 30.01.2012 г; 3 - 04.03.2012 г; 4 - 12.04.2012 г; 5 - 3.05.2012 г.; полевой опыт 5 - 19.04.2012г.; 6 - 20.05.2012г.; 7 - 21.06.2012г.; 8 - 19.07.2012г.; 9 - 18.08.2012г

практически завершилось и в среднем составило 98%, а к завершению эксперимента (110 суток) наблюдалось практически полное разложение исходной массы проростков пшеницы. В этом проявлении деструкция молодых проростков пшеницы в количественном определении подтверждает длительность и многоступенчатость процесса с наличием медленной и быстрой фазы разложения растительного материала (Звягинцев и др., 2005; Семенов, Ходжаева, 2006). В нашем случае медленная фаза наблюдается в течение первых 60 суток, а быстрая - в последующие 50 суток. Последнее подтверждается полученными результатами по динамике изменения исходной массы, которая описывалась по экспоненте с константой скорости $k = 1.626$ в сутки:

$$y = 73.47 e^{-1.626t} \dots\dots\dots (12)$$

y – разложение проростков пшеницы, г; e – иррациональное число; t- порядковый номер фактора времени, сутки.

Таблица 11 – Динамика разложения молодых проростков и соломы пшеницы с повторных посевов в почве под монокультурой, модельный опыт

№	Потеря исходной массы									
	1		2		3		4		5	
	г	г	%	г	%	г	%	г	%	
Молодые проростки, развитие 10 суток										
1	4.18	4.02	3.8	2.63	37.1	0.18	95.7	0.01	99.8	
2	4.79	4.19	12.5	2.71	43.4	0.12	97.5	0.03	99.3	
3	4.81	4.05	15.8	2.05	57.4	0.09	98.1	0	100.0	
4	4.94	4.21	14.8	2.16	56.3	0.08	98.4	0	100.0	
5	5.41	4.96	8.3	2.45	54.7	0.05	99.1	0	100.0	
6	5.19	4.99	3.9	2.12	59.2	0.05	99.0	0	100.0	
7	6.05	5.16	14.7	2.78	54.1	0.13	97.9	0.01	99.8	
ср	5.05 ± 0.6	4.51 ± 0.5	10.6	2.41 ± 0.3	51.7	0.1 ± 0.1	97.9	0.01 ± 0.01	99.83	
солома пшеницы повторных посевов										
1	0.34	0.32	5.9	0.26	23.5	0.12	64.7	0.09	73.5	
2	0.40	0.38	5.0	0.32	20.0	0.30	25.0	0.28	30.0	
3	0.28	0.24	14.3	0.19	32.1	0.15	46.4	0.10	64.3	
4	0.34	0.31	8.8	0.23	32.4	0.17	50.0	0.13	61.8	
5	0.37	0.30	18.9	0.28	24.3	0.20	46.0	0.15	59.5	
6	0.43	0.39	9.3	0.27	37.2	0.19	55.8	0.11	74.2	
7	0.38	0.36	5.3	0.33	13.2	0.14	63.2	0.09	76.3	
8	0.47	0.42	10.6	0.34	27.7	0.28	40.4	0.22	53.2	
9	0.45	0.41	8.9	0.37	17.8	0.30	30.3	0.21	53.3	
10	0.52	0.48	7.7	0.41	21.2	0.32	38.5	0.24	53.9	
ср	0.40 ± 0.1	0.36 ± 0.1	9.5	0.30 ± 0.1	24.9	0.22 ± 0.1	46.0	0.16 ± 0.1	59.9	

Примечание. 1 – исходная масса; 2.....5 – порядковый номер фактора времени: проростки 1 - 18.01.2012 г; 2 - 19.02.2012 г; 3 - 20.03.2012 г; 4 - 21.04.2012 г; 5 - 2.05.2012 г; солома 1 - 27.12.2011 г; 2 - 28.01.2012 г; 3 - 28.02.2012 г; 4 - 29.03.2012 г; 5 - 2.05.2012 г.

В аналогичных условиях другого модельного опыта разложение соломы пшеницы с повторных посевов отличалось значительно (табл.11). Подобное связано с различием в биохимическом составе соломы и молодых проростков пшеницы, который в первом случае характеризуется наличием трудно разлагаемых органических соединений - гемицеллюлоза, лигнин, клетчатка (Чимитдоржиева, 1990). Как следствие, при экспозиции в течение первых 30 суток разложение соломы не превышало 10% от исходной массы и оказалось вполне сопоставимо с размерами разложения проростков. В последующем выявлены зна-

Менее выраженная, но высокая и статистически значимая ($t_{\phi} > t_{st}$), парная связь (r) урожая повторных посевов с показателями теплообеспеченности связана с дефицитом тепловых ресурсов в лесостепи Прибайкалья. В реестре этих показателей ранжирование корреляционных зависимостей в течение сезона возрастало в среднем в ряду: температура воздуха ($r = 0.77 \pm 0.6$) > сумма активных температур воздуха ($r = 0.80 \pm 0.6$) > температура почвы ($r = 0.83 \pm 0.5$). Отметим сильную тесноту (r) этих признаков по каждому месяцу, кроме отдельных случаев (табл.2). Сильная теснота ($r > 0.7$) в парной комбинации обеспечивала и высокую сопряженность признаков в общей совокупности (R) с урожаем пшеницы ($R_{mn} = 0.791 - 0.955$).

Статистики урожая пшеницы по чистому пару. Результаты ежегодного учета урожая яровой пшеницы после чистого пара характеризуют устойчивое формирование товарной продукции в сравнении с повторными посевами в одних эколого-почвенных условиях лесостепи Прибайкалья. В этом случае величина урожая в среднем составила 15.2 ± 0.6 ц с диапазоном лимитов 12.2 - 17.5 ц/га в отсутствии значимых различий по годам (табл.3).

Таблица 3 – Урожай яровой пшеницы в системе пар - пшеница

Год	Срок посева	ГТК	Повторности					Статистики		
			1	2	3	4	5	M ± m	σ	V, %
2010	16. V	1.02	15.0	16.4	15.6	16.0	14.5	15.5 ± 0.4	0.76	5.1
2011	17. V	1.69	14.4	12.4	14.1	15.6	12.8	13.9 ± 0.6	1.28	9.3
2012	15. V	1.17	17.5	12.2	15.2	16.5	15.8	15.4 ± 0.9	2.00	13.0
2013	12. V	1.09	15.6	16.5	16.3	17.2	14.3	16.0 ± 0.5	1.10	6.9
среднее	-	1.24	15.6	17.4	15.3	16.3	14.4	15.2 ± 0.6	1.12	8.7

НСР₀₅ 2.2

В этом приложении можно констатировать, что повторные посевы яровой пшеницы только в течение первых двух лет (табл. 1) сохраняют сопоставимую урожайность с показателями после чистого пара на серой лесной почве. По-видимому, резерв экологического состояния агроценозов и плодородия почвы максимально может быть обеспечен не далее двух лет повторных посевов в отношении высокого и устойчивого урожая без привлечения извне дополнительных источников энергии (удобрений и др.). Как следствие, дальнейшее возделывание пшеницы по пшенице даже в этих относительно благоприятных эколого-почвенных условиях лесостепи не имеет значимого обоснования для повторных посевов. Однако с позиций научного сопровождения и длительного мониторинга за состоянием повторных посевов эта сравнительная информация представляет несомненную значимость.

Характер отклика яровой пшеницы на паровой предшественник (чистый пар) в этих условиях описывался моделью линейной регрессии в виде: урожай, ц/га = $14.75 + 0.15 t$(3) где 14.75 - константа; 0.15 - коэффициент регрессии; t - порядковый номер ежегодного посева яровой пшеницы по чистому пару. Модель (3) может выступать при прогнозе урожая яровой пшеницы после чистого пара.

Сопряженность урожая с тепло- и влагообеспеченностью посевов по чистому пару. Анализ выявленных корреляционных связей позволяет констатировать высокую тесноту связей ($r > 0.7$) урожая яровой пшеницы по чистому пару с тепло- и влагообеспеченностью посевов (табл. 4). Аналогичный характер этих зависимостей наблюдался и в повторных посевах яровой пшеницы (табл. 2). Однако, в отличие от последних их теснота в системе пар-пшеница оказалась более высокой в сравнении с повторными посевами для одних условий. Отсюда, наблюдался устойчивый урожай яровой пшеницы по паровому предшественнику (табл. 3,) чем при повторном посеве (табл. 1). Таблица 4 – Теснота связей ($r_{\pm s}$) урожая яровой пшеницы в системе пар - пшеница с тепло- и влагообеспеченностью посевов

Символ	Месяц вегетации					За сезон
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	0.95 ± 0.2	0.97 ± 0.2	0.91 ± 0.3	0.94 ± 0.2	0.85 ± 0.4	0.92 ± 0.3
$t_{п}, ^\circ\text{C}$	0.98 ± 0.1	0.94 ± 0.2	0.78 ± 0.5	0.89 ± 0.3	0.85 ± 0.4	0.89 ± 0.3
$\sum \geq 10^\circ\text{C}$	0.80 ± 0.5	0.99 ± 0.1	0.90 ± 0.3	0.92 ± 0.3	0.89 ± 0.3	0.90 ± 0.3
$w, \text{мм}$	0.98 ± 0.1	0.84 ± 0.4	0.98 ± 0.2	0.68 ± 0.6	0.68 ± 0.6	0.82 ± 0.4
$w_{п}, \text{мм}$	0.75 ± 0.5	0.85 ± 0.4	0.95 ± 0.2	0.85 ± 0.4	0.65 ± 0.6	0.81 ± 0.4
$w_{в}, \%$	0.98 ± 0.1	0.84 ± 0.4	0.61 ± 0.6	0.70 ± 0.6	0.90 ± 0.3	0.80 ± 0.4

Ранжирование корреляционных связей (табл. 4) за вегетационный сезон снижалось в ряду изучаемых признаков: температура воздуха ($r = 0.92$) > сумма активных температур и температура почвы ($r = 0.89 - 0.90$) > осадки, запасы продуктивной влаги и относительная влажность воздуха ($r = 0.80 - 0.82$). Соответственно, значимость температурных показателей в лесостепи в ряду экологических факторов в создании продукции выше, чем показателей увлажнения при высокой их значимости в общей совокупности ($R_{\text{мн}} = 0.851$).

Статистики и кинетика роста и развития растений яровой пшеницы в повторных посевах и по чистому пару

На основании учета фенологических фаз роста и развития, а равно данных изменения высоты растений в динамике вегетационного сезона, представлены закономерности их статистических и скоростных проявлений в лесостепи.

Динамика изменения высоты и скорость роста растений в повторных посевах. Ежегодное наложение посевов яровой пшеницы отразилось и на изменении высоты растений в онтогенезе. Независимо от гидротермических условий динамика изменения высоты растений яровой пшеницы на начальных этапах онтогенеза (всходы-кущение) характеризовалась поступательным нарастанием с последующими высокими темпами роста, особенно в фазе выхода в трубку, где в среднем высота растений достигала 63.2 см при небольшой вариабельности величин (табл. 5, 6). К периоду созревания культуры высота растений пшеницы находилась в пределах метровой отметки.

Изменение высоты растений (h , см) по фенологическим фазам роста яровой пшеницы при повторном посеве (2012 г.) аппроксимировалось моделью экспоненциальной регрессии, независимо от сроков посева (А и В), в виде:

почвы при устойчивом прохождении фенологических фаз роста и развития растений с высокими скоростными характеристиками в онтогенезе.

Фенологические фазы роста и развития растений по чистому пару.

Регистрация фенологических фаз растений по датам и продолжительности прохождения яровой пшеницы при ежегодном посеве после пара (табл.10) служило контролем при оценке аналогичных в повторных посевах (табл.8).

Таблица 10 – Даты наступления (а) и продолжительность фенологических фаз (б) яровой пшеницы при посеве по чистому пару

Год	Срок посева	Фенологические фазы роста и развития									
		всходы		кущение		выход в трубку		колошение		созревание	
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
2010	16.V	30.V	15	12.VI	14	8.VII	27	21.VII	15	12.IX	54
2011	17.V	20.V	4	10.VI	11	5.VII	26	18.VII	14	15.IX	60
2012	15.V	24.V	10	6.VI	14	30.VI	25	12.VII	13	10.IX	60
2013	12.V	23.V	11	4.VI	12	24.VII	60	11.VIII	17	9.IX	29

В этом сравнении наступление и продолжительность фенологических фаз в онтогенезе яровой пшеницы было устойчивым, и различия в датах практически не наблюдались. Подобное отражает позитивную реакцию культуры на этот предшественник в отличие от повторных посевов (табл.8). Общим знаменателем этих оценок является тот факт, что в условиях лучшего увлажнения за вегетацию (2011) появление всходов как в ежегодных посевах, так и после пара было более быстрым (на 9-й и 4-й день соответственно) при сопоставимости прохождения остальных фенологических фаз роста и развития культуры. Как следствие, вегетационный период пшеницы в этом случае находился в пределах сортовых особенностей и не превышал 122 дней.

Динамика и скорость разложения растительной массы в почве под повторными посевами яровой пшеницы

Согласно современным оценкам, растительные остатки как питательный и энергетический субстрат служат ключевым средством регулирования плодородия почвы и продуктивности культур как в краткосрочном, так и долгосрочном воздействии на функционирование системы почва-растение (Кузнецова и др., 2003; Звягинцев и др., 2005; Семенов, Ходжаева, 2006; Гамзи-ков, Будажапов, 2007; Семенов и др., 2010; Nicolardot et al, 1994; DeNeve et al, 1996; VanHees et al, 2005). Соответственно этому, предпринята попытка изучить особенности разложения соломы яровой пшеницы с повторных посевов, проростков пшеницы, которые прорастали в течение 10 суток и льняного полотна с привлечением статистических методов.

Динамика и кинетика разложения растительного материала в почве под монокультурой. В стандартных условиях модельного опыта разложения проростков пшеницы в почве с повторных посевов (2012) при экспозиции в течение 30 суток не превышало в среднем 10 % исходной массы (4.5 ± 0.5 г) и через 60 суток - около 1/2 (табл. 11). По истечении 90 суток разложение проростков

47.9 -55.5 см. Тем не менее, к периоду созревания этой культуры различия в высоте растений нивелировались и не превышали в среднем 85 см при высокой устойчивости этого показателя в этот период (табл.9). Отметим, что в повторных посевах аналогичное не наблюдалось, и к третьему году ежегодного посева высота растений в среднем находилась в пределах 43 - 55 см при сопоставимых значениях в первые два года (табл. 9).

Таблица 9 – Статистики изменения высоты растений пшеницы по пару

Год	Параметры оценки			Статистические показатели, n = 10 - 20				
	№	дата	фаза	M ± m	lim	σ	M ± tm	V, %
2010	1	28 мая	A ₁	4.1 ± 1.0	3 - 6	0.3	3.3 - 5.8	24.3
	2	12 июня	A ₂	18.3 ± 4.7	13 - 26	1.5	13.9 - 24.6	25.6
	3	6 июля	A ₃	47.9 ± 10.4	34 - 63	3.3	35.1 - 60.7	21.7
	4	15 августа	A ₄	77.7 ± 17.4	50 - 98	5.5	52.4 - 93.5	22.4
	5	10 сентября	A ₅	85.3 ± 4.7	76 - 92	1.5	77.9 - 92.7	5.5
2012	6	25 мая	A ₁	5.2 ± 2.4	3 - 7	0.8	3.5 - 6.6	46.9
	7	10 июня	A ₂	8.8 ± 2.1	6 - 10	0.7	6.3 - 9.3	23.2
	8	12 июля	A ₃	54.2 ± 13.1	33 - 82	2.9	34.6 - 80.7	24.2
	9	21 июля	A ₄	64.8 ± 22.5	31 - 96	4.3	33.5 - 88.0	34.8
	10	18 августа	A ₅	82.9 ± 12.7	69 - 101	4.0	75.0 - 100.2	15.3
2013	11	21 мая	A ₁	5.6 ± 1.1	4 - 7	0.3	4.2 - 6.8	19.2
	12	8 июня	A ₂	9.8 ± 0.5	6 - 14	0.1	6.8 - 12.8	5.0
	13	18 июля	A ₃	55.5 ± 9.2	40 - 77	2.1	43.6 - 74.7	16.5
	14	16 августа	A ₄	76.9 ± 6.6	59 - 88	1.5	63.0 - 80.8	8.6
	15	13 сентября	A ₅	85.1 ± 6.6	78 - 99	2.1	78.6 - 97.6	7.8

Примечание: A₁ - A₅ фенологические фазы, соответственно A₁ - всходы; A₂ - кушение; A₃ - выход в трубку; A₄ - колошение; A₅ - созревание

При всех выявленных различиях в динамике изменения высоты растений яровой пшеницы по чистому пару и при повторных посевах общим знаменателем выступал характер роста растений в онтогенезе, который во всех случаях аппроксимировался по экспоненте. А различия проявились лишь в кинетических параметрах - константах (k) скорости этого процесса (9,10,11):
 $h(2010), \text{ см} = 3.832 e^{0.551t}$ (9)
 $h(2012), \text{ см} = 2.775 e^{0.753t}$ (10)
 $h(2013), \text{ см} = 3.037 e^{0.750t}$ (11)
 e - иррациональное число, t- порядковый номер фенологической фазы яровой пшеницы. Анализ рассчитанных кинетических констант (k) изменения высоты растений характеризует устойчивую скорость их роста по паровому предшественнику в онтогенезе в отличие от повторных посевов (4-7). В последнем случае константа скорости (k) на третий год посева оказалась вдвое ниже k = 0.288 - 0.319 при близких значениях с паровым предшественником даже на второй год k = 0.730 - 0.752.

Результативность оценок позволяет констатировать высокий урожай пшеницы по чистому пару, который обеспечивается и сильной теснотой связей с гидротермическими показателями, особенно с температурами воздуха и

$$h(A), \text{ см} = 3.369 e^{0.730t} \dots\dots\dots(4)$$

$$h(B), \text{ см} = 3.080 e^{0.752t} \dots\dots\dots(5)$$

где t - порядковый номер фенологической фазы; e - основание натурального логарифма. При этом константа скорости (k) изменения высоты растений составила 0.730 - 0.752 в сутки, отражая быстрый отклик яровой пшеницы на благоприятные гидротермические условия этого года оценки (ГТК = 1.17).

Таблица 5 – Динамика нарастания и статистики изменения высоты растений в повторных посевах яровой пшеницы, полевой опыт 2012 г

№	Параметры оценки			Статистические показатели, n = 10 - 25				
	срок	дата	фаза	M±m	lim	σ	M±tm	V, %
1	A	28 мая	A ₁	5.3 ± 1.4	3 - 7	0.5	3.2 - 6.5	26.9
2		8 июня	A ₂	11.9 ± 2.2	8 - 16	0.7	8.1 - 15.6	18.1
3		21 июня	A ₃	63.2 ± 7.9	48 - 72	2.5	49.5 - 70.5	12.6
4		31 июля	A ₄	77.3 ± 13.9	47 - 107	2.8	48.1 - 106.5	18.0
5		24 августа	A ₅	79.9 ± 12.7	66 - 101	4.0	69.7 - 97.8	15.9
1	B	28 мая	B ₁	4.9 ± 1.6	3 - 7	0.5	4.4 - 6.5	32.6
2		8 июня	B ₂	12.3 ± 2.4	9 - 16	0.8	10.1 - 15.5	18.2
3		21 июня	B ₃	56.4 ± 6.5	46 - 68	2.1	48.1 - 60.3	11.6
4		31 июля	B ₄	75.9 ± 9.5	58 - 91	1.9	59.2 - 85.8	12.5
5		24 августа	B ₅	84.5 ± 7.3	78 - 103	2.3	88.4 - 95.6	8.7

Примечание: фенологические фазы - A₁, B₁ - всходы; A₂, B₂ - кушение; A₃, B₃ - выход в трубку; A₄, B₄ - колошение; A₅, B₅ - созревание.

На третий год ежегодного посева яровой пшеницы (2013) динамика и характер изменения высоты не имели существенных различий (табл. 6). Незначительные различия проявились лишь в средних показателях и крайних значений доверительного интервала при схожем характере отклика яровой пшеницы на гидротермические условия в период онтогенеза культуры.

Таблица 6 – Динамика нарастания и статистики изменения высоты растений в повторных посевах яровой пшеницы, полевой опыт 2013 г

№	Параметры оценки			Статистические показатели, n = 8 - 16				
	срок	дата	фаза	M±m	lim	σ	M±tm	V, %
1	A	25 мая	A ₁	6.3 ± 1.0	5 - 8	0.4	5.9 - 7.6	16.6
2		8 июня	A ₂	14.3 ± 1.7	10 - 17	0.5	10.7 - 16.8	13.1
3		21 июня	A ₃	18.5 ± 1.6	16 - 21	0.5	17.0 - 20.0	8.6
4		11 июля	A ₄	33.3 ± 6.7	22 - 45	2.4	23.3 - 42.7	20.2
5		18 июля	A ₅	54.9 ± 4.0	48 - 60	1.4	49.7 - 58.5	7.3
6		6 августа	A ₆	60.6 ± 15.7	40 - 85	5.6	44.6 - 78.2	25.9
7		13 августа	A ₇	65.2 ± 15.8	50 - 96	4.9	32.4 - 89.9	24.1
8		23 августа	A ₈	54.8 ± 24.4	34 - 90	8.6	37.0 - 80.5	44.5
1	B	30 мая	B ₁	4.8 ± 0.7	4 - 6	0.3	4.3 - 5.8	14.9
2		8 июня	B ₂	13.7 ± 2.6	8 - 17	0.7	9.2 - 16.2	18.6
3		21 июня	B ₃	17.9 ± 4.0	10 - 24	1.3	11.1 - 22.7	22.4
4		11 июля	B ₄	34.4 ± 4.3	28 - 40	1.5	29.5 - 39.3	12.6
5		18 июля	B ₅	35.3 ± 6.8	22 - 45	2.4	24.6 - 41.2	19.3
6		6 августа	B ₆	51.1 ± 14.9	30 - 75	5.0	32.7 - 65.5	29.3
7		13 августа	B ₇	42.9 ± 6.1	34 - 52	1.9	35.4 - 51.3	14.1
8		23 августа	B ₈	42.6 ± 11.8	30 - 64	4.2	35.6 - 63.7	27.6

Примечание: фенологические фазы A₁, B₁ - всходы; A₂, B₂ - кушение; A₃, B₃ - выход в трубку; A₄, B₄ - колошение; A₅, B₅ - созревание

Динамика изменения высоты растений яровой пшеницы на третий год повторного посева описывалась моделью экспоненциальной регрессии в виде:
 $h(A), \text{ см} = 7.149 e^{0.319t}$ (6)
 $h(B), \text{ см} = 6.738 e^{0.288t}$ (7)
 где t - порядковый номер фенологической фазы; e - основание натурального логарифма. В гидротермических условиях этого года (ГТК = 1.09) скорость изменения высоты растений была ниже и составила $k = 0.288 - 0.319$ в сутки.

В стандартных режимах модельного опыта динамика изменения высоты растений на начальных этапах (прорастание - всходы) имела поступательный рост в первые трое суток до высоты 4.8 ± 0.4 см с широким диапазоном лимитов (табл. 7) с резким возрастанием темпов на 6-7 сутки с константой скорости роста $k = 0.392$ в сутки и моделью в виде: $y = e^{0.392t}$ (8)

Таблица 7 – Статистики изменения высоты растений яровой пшеницы на начальных этапах онтогенеза, модельный опыт 2012 г.

№	Дата	Статистические показатели, n = 6 - 38				
		M ± m	lim	σ	M ± tm	V, %
1	13 января	0.29 ± 0.1	0.1 - 0.6	0.15	0.17 - 0.41	52.6
2	14 января	1.12 ± 0.2	0.1 - 3.2	0.73	0.80 - 1.44	67.5
3	16 января	4.77 ± 0.4	0.1 - 9.3	2.16	3.99 - 5.55	46.5
4	17 января	7.82 ± 0.6	0.1 - 13.9	3.42	6.64 - 9.00	44.3
5	18 января	9.89 ± 0.7	0.2 - 16.8	4.19	8.45 - 11.33	42.8
6	19 января	12.17 ± 0.9	0.3 - 20.5	5.31	10.45 - 13.89	43.9
7	20 января	14.88 ± 1.0	0.1 - 24.3	5.97	12.96 - 16.80	40.9
8	23 января	17.22 ± 1.0	0.8 - 29.1	6.26	15.30 - 19.14	31.8

Позднее рост растений пшеницы отличался высокими темпами нарастания и через две недели высота в среднем составила 17.2 см с доверительным интервалом в пределах 15-19 см (табл. 7).

Фенологические фазы роста и развития пшеницы в повторных посевах. Трехлетнее наложение ежегодных посевов яровой пшеницы, несмотря на значимое снижение урожая, не оказало влияния на прохождение основных этапов онтогенеза (табл. 8).

В этой оценке различия проявились в длительности прохождения фенологических фаз, которые оказались более растянутыми в благоприятном по увлажнению 2011 году. Как следствие, именно в этих условиях вегетационный период яровой пшеницы оказался наиболее продолжительным - до 132 дней. Во всех остальных случаях (2010-2012 гг.) вегетационный период находился в пределах сортовых характеристик (табл. 8).

При этом в условиях дефицита осадков (весна 2010, 2012 гг.) массовые всходы наблюдались через две недели, а при благоприятном увлажнении (май 2011 г.) в пределах десяти дней (табл. 8). Позднее продолжительность прохождения фенологических фаз в повторных посевах яровой пшеницы оказалась более растянутым во времени в последнем случае, особенно в период кущения (22 - 28 дней) и колошения (18 - 19 дней). Отметим, что разные сроки

Таблица 8 – Даты наступления (а) и продолжительность фенологических фаз (б) роста и развития яровой пшеницы в повторных посевах

Год ГТК	Срок	Всходы		Кущение		Выход в трубку		Колошение		Созревание		Вегетац. период, дни
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	
2010 1.02	A	30.V	15	12.VI	14	08.VII	27	21.VII	15	08.IX	51	122
	B	06.VI	13	18.VI	13	12.VII	25	30.VII	9	10.IX	43	103
2011 1.69	A	22.V	6	18.VI	28	10.VII	23	27.VII	18	21.IX	57	132
	B	04.VI	9	25.VI	22	12.VII	18	30.VII	19	26.IX	59	127
2012 1.17	A	28.V	14	08.VI	12	02.VII	25	18.VII	17	12.IX	57	131
	B	04.VI	11	12.VI	9	04.VII	23	20.VII	17	20.IX	63	123
2013 1.09	A	20.V	8	1.VI	12	21.VII	51	6.VIII	16	3.IX	28	115
	B	1.VI	9	14.VI	13	03.VIII	50	16.VIII	13	9.IX	24	109

посевов (А и В) оказали влияние на даты появления всходов в реестре фенологических фаз, а в дальнейшем (кущение - созревание) эти различия, за некоторым исключением, нивелировались (табл. 8). Отсюда, ежегодные посевы пшеницы в трехлетнем возделывании не оказали существенного влияния на развитие растений в онтогенезе. Различия наблюдались лишь в календарных датах наступления и продолжительности основных фенологических фаз. В этой оценке более значимый отклик растений в повторных посевах наблюдался на изменение условий тепло- и влагообеспеченности. Доказательность последних выявлена корреляционным анализом (табл. 2).

По результатам этих оценок можно констатировать, отсутствие существенного влияния ежегодного возделывания яровой пшеницы на развитие растений в части прохождения фенологических фаз, а равно на изменение высоты растений при значимом снижении урожая на третий год и кинетических параметров роста в онтогенезе с положительным откликом на гидротермические условия лесостепной зоны.

Динамика изменения высоты и кинетика роста растений в посевах по чистому пару. Скоростные параметры роста растений в посевах по чистому пару имели значительные отличия в сравнении с повторными посевами. Подобное связано с отличными от повторных посевов почвенными условиями для прорастания и активного роста растений при сопоставимом характере и тесноте связей с гидротермическими условиями (табл. 9). Как результирующая влияния этих абиотических факторов, независимо от различий в гидротермических условиях вегетационного сезона по годам, высота в фазе всходы находилась в пределах одной величины (4.1-5.6 см) при небольшой величине варьирования с максимальной высотой не более 7 см (табл. 9). Позднее, особенно в фазу кущения и менее - выхода в трубку, наблюдались различия в динамике нарастания и изменения высоты растений по пару в зависимости от экологических факторов. Соответственно, высота растений в фазе кущения в среднем по годам колебалась от 8.8 до 18.3 см, а в фазу выхода в трубку -