

Васильев Сергей Васильевич

**ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОСЕВОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ, УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
И СОРНОГО КОМПОНЕНТА В ЛЕСОСТЕПИ ПРИБАЙКАЛЯ**

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 учреждения высшего профессионального образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»

Будажапов Лубсан Владимирович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор заведующая лабораторией биохимии почв Государственного научного учреждения «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН

Чимитдоржиева Галина Доржиевна

кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры почвоведения и агрохимии Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»

Хутакова Светлана Владимировна

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

Защита состоится «__» _____ 2013 года в __ часов на заседании диссертационного совета Д 220.006.03 при Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова по адресу: 670024 г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8.

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

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
профессор

Т.М. Корсунова

Общая характеристика работы

Актуальность. Современная интерпретация результатов полевых исследований по изменению плодородия почв, урожая и засоренности повторных посевов пшеницы в динамике многолетних рядов представляет собой уникальную базу для построения прогнозных сценариев функционирования системы почва - растение. При этом многолетние и длительные опыты являются ключевыми в мониторинге за изменением плодородия почв, урожая культур и засоренности посевов (Пупонин, Захаренко, 1998; Гамзиков, 2009; Носов, 2009; Будажапов, 2009, 2010; Романенков, 2011; Сычев и др., 2011). К сожалению, реализация подобных оценок в Прибайкалье ограничена (Дугаров и др., 1983), тем более в условиях монокультуры (Дмитриев, Будажапов, 2012). При этом количественная и кинетическая характеристика служит критерием диагностики этих изменений (Семенов и др., 2005, 2006; Кузнецова и др., 2007; Будажапов, 2009, 2013; Petersen et al., 2005; Janzen, 2006; Вранова и др., 2009). Развитие подобного направления при повторном возделывании полевых культур в динамике многолетних рядов представляет ключевую характеристику и служит индикатором отклика вещества, энергии и информации (Савич, 2003; Шатилов и др., 2004; Замараев и др., 2005; Духанин и др., 2006).

Цель работы - выявить влияние повторных посевов на количественные и скоростные закономерности изменения плодородия почвы, урожая яровой пшеницы и сорного компонента в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.

Задачи исследований. 1. Оценить масштабы и скорость изменения плодородия почвы под повторными посевами пшеницы с расчётом констант скорости снижения по основным показателям плодородия.

2. Установить пороговый период значимого снижения урожая пшеницы в повторных посевах с оценкой кинетики снижения и тесноты связей с тепло- и влагообеспеченностью.

3. Выявить видовой состав, статистики и скорость изменения сорного компонента в повторных посевах пшеницы с обоснованием снижения урожая и экономической целесообразности возделывания монокультуры.

Защищаемые положения. 1. Закономерности отклика плодородия почвы, урожая пшеницы и сорного компонента на повторные посевы подтверждаются статистически доказанными различиями с разными скоростными параметрами при высокой конгломератности в общей их совокупности.

2. Масштабы и скорость снижения плодородия почвы и урожая яровой пшеницы в повторных посевах с ростом засорённости отражают риски получения устойчивого урожая и служат индикатором изменения информационной характеристики агроценозов.

Научная новизна. Впервые для лесостепи Прибайкалья на основе статистического анализа определен период значимого снижения урожая яровой пшеницы и изменения плодородия серой лесной почвы под повторными посевами с оценкой скоростных закономерностей. Раскрыта панорама изменения видового состава и численности сорного компонента в повторных посевах пшеницы с оценкой вспышки и скорости появления доминирующих сорняков. На основе сравнения скоростных констант (k) роста растений яровой пшеницы и сорняков в повторных посевах впервые предпринята попытка кинетического обоснования снижения урожая в экологопочвенных условиях лесостепи. Раскрыта серия корреляционных зависимостей урожая яровой пшеницы с показателями климата и засоренностью в повторных посевах.

Практическая значимость. Предложены модели прогноза количественных и скоростных изменений плодородия серой лесной почвы, урожая яровой пшеницы и численности сорняков в повторных посевах, которые позволяют выявить риски изменения продуктивности агроценозов в лесостепи Прибайкалья. Повторные посевы пшеницы являются реперными в мониторинге уже бессменных посевов и информационной характеристике изменения плодородия почвы, урожая и засоренности посевов яровой пшеницы. Результаты исследований используются в учебном курсе подготовки бакалавров направления «Агрономия» и магистерской программе «Агробизнес».

Вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в проведении полевых, камеральных и аналитических работ, статистической обработке данных, подготовке и публикации основных положений диссертации.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены на Всероссийском конкурсе лучших научных работ аспирантов (г. Новосибирск, 2012), научно-практической конференции сотрудников и аспирантов Бурятской ГСХА «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 5 статьях, в т.ч. две – в рецензируемых изданиях ВАК МО РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 138 страницах компьютерного текста и включает введение, 4 главы, выводы, приложения, список литературы и содержит 22 таблицы, 15 рисунков. Литературная ссылка включает 188 авторов, в т.ч. 11 зарубежных.

Глава 1. Плодородие серых лесных почв и урожай яровых зерновых культур в лесостепи Прибайкалья (обзор литературы)

На основе анализа отечественных литературных данных, в т.ч. по Прибайкалью, дана развернутая панорама особенностей генезиса и плодородия серых лесных почв. Дана характеристика основным закономерностям изменения плодородия почвы под влиянием удобрений и без внесения с откликом яровых зерновых культур.

По данным многолетних и длительных опытов в Сибири представлены результаты изменения урожая бессменной пшеницы в различных почвенно-климатических зонах (Романенков, 2010; Носов, 2010; Гамзиков, 2011; Храмцов, 2011; Воронкова, 2011; Stewart et al., 2005). Выявлены причины снижения урожая яровых зерновых культур под монокультурой и приемы повышения их продуктивности.

На основе анализа литературных источников раскрыта современная оценка значимости изменения информационной характеристики агроценозов в длительных опытах как составная часть баланса вещества и энергии (Шатилов и др., 2004; Замараев и др., 2005; Духанин и др., 2006; Савич и др., 2007, 2010).

Глава 2. Условия и методика исследований

Результаты исследований получены в полевом опыте с повторными посевами яровой пшеницы на серой лесной почве по общепринятым методикам (Методика полевого опыта, 1985; Полевые и вегетационные методы..., 2003).

Полевой опыт заложен в местности Жаворонки, Кабанского района Республики Бурятия, где изучали влияние повторных посевов на плодородие почвы и урожай яровой пшеницы в 2009 -2013 гг. Полевой опыт представляет стационарный плакорный земельный контур площадью 2 га, в котором после чистого пара (2009 г.) ежегодно (2010-2013 гг.) высевали яровую пшеницу сорта Лютеценс 937 в два срока (физическая и биологическая спелость почвы) с разными календарными датами. Агротехника обработки чистого пара и возделывания яровой пшеницы общепринятая без внесения минеральных удобрений (Зональная..., 1982).

Изменение плодородия почвы и засоренности в повторных посевах яровой пшеницы фиксировали в динамике ежегодно по общепринятым методикам (Пупонин, Захаренко, 1998; Ганжара, Борисов, Байбеков, 2012).

Исходная почва (2009 г.) характеризовалась слабокислой реакцией среды ($\text{pH } 6.8 \pm 0.1$), высоким содержанием общего ($0.168 \pm 0.05\%$) и нитратного азота ($8.2 \pm 1.4 \text{ мг/кг}$), высокой обеспеченностью подвижным фосфором ($18.2 \pm 3.1 \text{ мг/100г}$) и обменным калием ($32.1 \pm 4.2 \text{ мг/100 г}$) при содер-

жании гумуса $2.16 \pm 0.02\%$. Ежегодно в 2010-2013 гг. образцы почвы под повторными посевами пшеницы отбирали в динамике: весной перед посевом (май), летом в фазе выхода в трубку (июль) и осенью после уборки (сентябрь). Сравнение данных почвенных анализов в динамике позволили вычленили количественные и скоростные изменения (k) в плодородии почвы в повторных посевах.

Гидротермический коэффициент (ГТК) характеризовал выраженную неустойчивость метеоусловий с диапазоном значений ГТК от 1,02-1.69 при дефиците осадков в мае (ГТК = 0.11-0.77) и обильном увлажнении в августе (ГТК = 1.36-1.61) на фоне ограниченных тепловых ресурсов - сумма активных температур воздуха за сезон $1732.34 \pm 40.8^\circ\text{C}$.

Показатели плодородия почвы определяли по общепринятым методикам: рН потенциометрически (ГОСТ 26483-85), углерод гумуса по Б.А. Никитину (Практикум..., 2002), азот общий по Кьельдалю (ГОСТ 26107-86), нитратный азот дисульфифеноловым методом (ГОСТ 26488-85), подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

Засорённость повторных посевов пшеницы определяли в период массового появления (июнь - июль) в 2010-2013 гг. по количеству сорняков (шт/м₂) путём наложения рамки как показатель обилия сорняков с последующей оценкой засоренности по 5-балльной шкале. Одновременно проводили учёт высоты сорняков (см) в повторных посевах с 2010-2013 гг. в период весна - осень с 2010 по 2013 г.

Вариационно-статистический анализ показателей плодородия почвы, урожая пшеницы повторных посевов, учёта сорняков проводили по общепринятым методикам (Савич, 1972; Лакин, 1980). Скоростные параметры роста растений пшеницы и сорняков в повторных посевах и изменения плодородия почвы представлены константами (k) скорости по регрессии экспоненты с использованием пакета стандартных программ (Excel 2010).

Экономическая целесообразность повторных посевов пшеницы представлена в ценах текущего года в сравнении с посевами по чистому пару.

Глава 3. Результаты исследований

Представлены результаты исследований по изменению плодородия серой лесной почвы, урожая пшеницы в повторных посевах и засорённости на основе статистического и корреляционного анализа с выявлением скоростных параметров этих изменений в условиях лесостепи.

Статистики и кинетика изменения плодородия почвы под повторными посевами яровой пшеницы

Результативность исследований позволяет констатировать изменение плодородия почвы под повторными посевами пшеницы, которое характеризуется различными статистическими и скоростными параметрами (табл.1). При этом, если изменение одних показателей осталось статистически недоказанным, то аналогичное для других характеризовалось выраженной направленностью изменений под влиянием повторных посевов.

Статистики и кинетика гумуса и общего азота. В реестре показателей плодородия почвы наибольшей устойчивостью отличалось содержание гумуса (табл.1), исходное содержание которого ($2.16 \pm 0.02\%$), как и диапазон значений лимитов и доверительного интервала оставалось статистически без изменений в течение пяти лет исследований при незначительной величине варьирования. Как следствие, величина разброса значений содержания гумуса в почве под воздействием повторных посевов вокруг математического ожидания была незначительной. Отсюда, характер устойчивого содержания гумуса в почве имел вид линейной регрессии: $\text{гумус, \%} = 2.164 - 0.001 t \dots \dots \dots (1)$ где 0.001 - коэффициент регрессии; t - порядковый год повторного посева пшеницы. Кинетика снижения содержания гумуса в почве была незначительной ($k = 0.4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$) и минимальной среди показателей плодородия. Схожая низкая кинетика отмечена для почв Западной Сибири (Шарков и др., 2011).

Высокая устойчивость гумуса в почвах и слабая кинетика изменения обусловлена природой гумусовых веществ, ограниченной их минерализацией и высокой консервативностью (Кононова, 1963; Орлов, 1985, 1990, 2003; Гришина, 1986; Гамзиков, Кулагина, 1990; Александрова, 1980; Байбеков, 2003; Борисов, 2008; Романенков, 2011). В этой оценке почвы Забайкалья, в т.ч. и серые лесные, не являются исключением (Ногина, 1964; Абашеева и др., 1983; Чимитдоржиева, Абашеева, 1986, 1989; Чимитдоржиева, 1990, 1991; Абашеева, 1992; Меркушева и др., 2008; Будажапов, 2009).

Статистики изменения содержания общего азота в почве оказались отличными с большей выраженностью скоростного проявления под воздействием повторных посевов пшеницы (табл.1). За пять лет наблюдений исходное содержание общего азота ($0.168 \pm 0.002\%$) снизилось в среднем до $0.165 \pm 0.004\%$ с широким диапазоном лимитов 0.148 - 0.183% при незначительной вариабельности и очень слабом разбросе величин вокруг математического ожидания с расширением границ доверительного интервала (табл.1). При этом кинетика изменения общего азота в почве была выше гумуса с константой (k) скорости снижения $k = 0.002 \text{ год}^{-1}$.

Таблица 1 – Статистики и динамика изменения плодородия почвы под повторными посевами пшеницы, ср. за период весна - осень

Признак оценки	Время	Статистические показатели, 0-20 см (n = 24)				
		M ± m	lim	σ	M ± tm	V, %
Гумус, %	2009	2.16 ± 0.02	2.08 - 2.22	0.04	2.12 - 2.20	2.2
	2010	2.16 ± 0.03	2.06 - 2.25	0.07	2.07 - 2.22	3.2
	2011	2.16 ± 0.02	2.11 - 2.23	0.04	2.12 - 2.19	1.9
	2012	2.15 ± 0.02	2.07 - 2.26	0.07	2.09 - 2.20	3.4
	2013	2.15 ± 0.02	2.05 - 2.23	0.06	2.09 - 2.20	3.0
Азот общий, %	2009	0.168 ± 0.002	0.162 - 0.183	0.005	0.164 - 0.171	2.7
	2010	0.168 ± 0.002	0.163 - 0.173	0.004	0.164 - 0.172	2.1
	2011	0.167 ± 0.003	0.156 - 0.178	0.007	0.160 - 0.173	4.3
	2012	0.166 ± 0.003	0.154 - 0.177	0.007	0.159 - 0.171	4.7
	2013	0.165 ± 0.004	0.148 - 0.175	0.009	0.157 - 0.174	6.0
N -NO ₃ ⁻ мг/кг	2009	8.2 ± 1.5	4.4 - 15.6	4.11	4.9 - 11.6	54.5
	2010	7.2 ± 3.2	3.7 - 12.6	3.02	4.8 - 9.7	45.4
	2011	7.2 ± 1.2	3.3 - 11.9	3.34	4.5 - 9.9	48.2
	2012	4.9 ± 0.8	2.2 - 8.8	2.32	3.0 - 6.8	46.8
	2013	4.7 ± 0.8	2.2 - 9.2	1.65	2.7 - 6.7	47.6
N-NH ₄ ⁺ мг/кг	2009	14.2 ± 0.2	13.6 - 14.9	0.45	13.8 - 14.6	3.4
	2010	12.8 ± 0.2	11.9 - 13.8	1.97	12.2 - 13.4	5.3
	2011	11.1 ± 0.3	10.3 - 12.3	0.72	10.5 - 11.7	6.6
	2012	9.6 ± 0.3	8.5 - 10.7	0.80	8.7 - 10.2	8.5
	2013	9.1 ± 0.3	8.0 - 9.9	0.70	8.5 - 9.7	8.0
P ₂ O ₅ мг/100 г	2009	18.3 ± 1.6	8.1 - 26.8	4.6	14.6 - 22.0	25.2
	2010	17.0 ± 1.8	10.7 - 25.1	5.1	12.9 - 21.2	29.8
	2011	16.3 ± 1.6	9.4 - 22.7	4.5	12.7 - 20.0	27.4
	2012	14.3 ± 1.7	8.6 - 23.1	4.9	10.3 - 18.3	34.3
	2013	14.0 ± 1.6	8.1 - 22.8	3.4	10.3 - 17.7	32.4
K ₂ O мг/100 г	2009	32.1 ± 3.5	15.7 - 45.4	9.8	24.1 - 40.1	30.6
	2010	27.6 ± 2.5	15.2 - 37.8	7.1	21.9 - 33.4	25.9
	2011	24.0 ± 1.7	17.5 - 31.4	4.7	20.2 - 27.8	19.0
	2012	19.9 ± 2.9	10.8 - 34.9	8.2	13.2 - 17.5	24.0
	2013	18.1 ± 4.1	12.8 - 24.7	4.0	14.9 - 21.4	22.4

HCP₀₅ гумус 0.012; азот общий 0.0015; N - NO₃⁻ 2.18; N - NH₄⁺ 2.81; подвижный фосфор (P₂O₅) 1.78; обменный калий (K₂O) 3.42

$$\text{азот общий, \%} = 0.169 e^{-0.002t} \dots \dots \dots (2)$$

где e - иррациональное число; t - порядковый год повторных посевов пшеницы. В этом проявлении кинетика снижения в почве нативного азота превышала кинетику изменения гумуса на несколько порядков. Подобное вызвано общепризнанной меньшей устойчивостью органических соединений почвенного азота и большей их способностью к минерализации, присутствием подвижного минерального азота (Гамзиков, 1981; Абашеева и др.,

1983; Чимитдоржиева, 1990, 1991; Абашеева, 1992; Будажапов, 2009).

Статистики и кинетика подвижного минерального азота. Динамика содержания подвижного минерального азота в почве (N -NO₃⁻ и N -NH₄⁺) под повторными посевами пшеницы отражала типичную панораму изменения их содержания в течение сезона (Лапухин и др., 1978; Абашеева и др., 1983; Абашеева, 1992; Будажапов, 2009) с направленным трендом снижения.

Статистики содержания N -NO₃⁻ в почве характеризовались очень высоким диапазоном варьирования величин (от среднего до очень высокого), значительным разбросом вокруг математического ожидания с очень широкими лимитами (2.1 - 18.9 мг) при очень низком (менее 10 мг/кг) и низком (10 - 15 мг) индексе обеспеченности растений (Гамзиков, 2002). Исходное (2009) содержание N -NO₃⁻ в почве (8.2 ± 1.5 мг/кг) под повторными посевами пшеницы в среднем снизилось до 4.7 ± 0.8 мг/кг (2013) при значительном сокращении границ доверительного интервала до 2.7 - 6.7 мг против 4.9 - 11.6 мг/кг в исходном (табл.1). При этом панорама количественного изменения N -NO₃⁻ в почве под повторными посевами поддерживалась и кинетическими проявлениями с высокой константой (k) скорости:

$$N - NO_3^-, \text{ мг/кг} = 9.82 e^{-0.150t} \dots \dots \dots (3)$$

где e - основание натурального логарифма; t - порядковый год повторных посевов; 0.150 - константа (k) скорости снижения нитратного азота в почве под повторными посевами. Последняя подтверждает общепризнанную высокую лабильность N - NO₃⁻ в почвах и по скоростным параметрам.

В отличие от нитратного азота статистики и динамика аммонийно обменного азота (N -NH₄⁺) в почве под повторными посевами пшеницы отличались по характеру направленности, величинам и скорости изменений. Статистики N -NH₄⁺ характеризовали большее присутствие в почве с узким диапазоном лимитов и доверительного интервала и незначительной вариабельностью с устойчивостью величин в течение сезона (табл.1). При известной равнозначности N -NO₃⁻ и N -NH₄⁺ в питании растений (Прянишников, 1953; Кореньков, 1976; Гамзиков, 1981; Смирнов, 1982; Кудяров, 1985) значительное и устойчивое присутствие последнего позволяет рассматривать его в качестве ближайшего доступного азота в питании повторных посевов пшеницы при значимом снижении N -NO₃⁻ почвы с высокой кинетикой (3). В отличие от последней кинетика снижения N -NH₄⁺ в почве под повторными посевами пшеницы была значительно ниже и составила k = 0.118 год⁻¹ с моделью:

$$N - NH_4^+, \text{ мг/кг} = 15.946 e^{-0.118t} \dots \dots \dots (4)$$

где e - иррациональное число; t - порядковый номер года повторных посевов пшеницы. Отсюда, статистически доказанное снижение подвижного минерального азота в почве под повторными посевами пшеницы сопро-

вождалось разными количественными характеристиками по N - NO₃⁻ и N - NH₄⁺ в почве, которые оказались значительно выше по окисленной форме и поддерживались более высокими скоростными проявлениями. Схожие оценки по динамике N - NO₃⁻ и N - NH₄⁺ в многолетних и длительных исследованиях Сибири обобщены в целой серии работ (Гамзиков, 2011, 2013; Мальцев, Мошкарёв, 2011; Воронкова, 2011; Будажапов, 2011; Дмитриев, Будажапов, 2012).

Статистики и кинетика подвижных питательных веществ. Количественные изменения подвижного фосфора в почве под повторными посевами пшеницы в динамике имели направленный тренд снижения с 18.3 ± 1.6 (2009) до 14.0 ± 1.6 мг/100 г (2013) при уменьшении диапазона лимитов и границ доверительного интервала с небольшой величиной варьирования (табл. 1). При этом, характер направленности этого изменения сохранился и в период весна - осень. Аналогичная панорама наблюдалась и по характеристике обменного калия в почве с различиями в количественном и скоростном изменении содержания в равных условиях их оценки (табл. 1).

Динамика снижения подвижного P₂O₅ и обменного K₂O в почве под повторными посевами пшеницы описывались регрессией экспоненты:

$$P_2O_5, \text{ мг/100г} = 19.68 e^{-0.071t} \dots\dots\dots (5)$$

$$K_2O, \text{ мг/100г} = 37.05 e^{-0.147t} \dots\dots\dots (6)$$

где e - основание натурального логарифма; t - порядковый год повторных посевов пшеницы. В этом сравнении константа (k) скорости снижения обменного (K₂O) в почве (k = 0.147 год⁻¹) в повторных посевах яровой пшеницы в течение четырёх лет оказалась вдвое выше аналогичного снижения подвижного (P₂O₅) - k = 0.071 год⁻¹. Подобные различные скоростные параметры свидетельствуют о большей подвижности первого (K₂O) в почве под повторными посевами пшеницы в условиях лесостепи. Возможно, это обусловлено постоянным смещением и лабильностью общепризнанного динамического разных форм калия в почвах (K⁺ водорастворимый ↔ K⁺ обменный ↔ K⁺ необменный), особенно при достаточном увлажнении лесостепи (ГТК = 1.02 - 1.69).

Схожая направленность и оценка калийного состояния почв в агроценозах Сибири представлена в большом обобщении В.М. Якименко (2010), а для серых лесных почв Бурятии в исследованиях Н.А. Загузиной (1976, 1977). В этом проявлении изучаемая почва не является исключением. Признанная слабая подвижность P₂O₅ в почвах Бурятии в отсутствии пополнения за счёт внесения фосфорных удобрений раскрыта в работах Ц.Д. Мангатаева (1998, 2008).

Статистики и кинетика изменения урожая повторных посевов яровой пшеницы и в системе чистый пар - яровая пшеница

Отечественный и мировой опыт по оценке урожая повторных посевов пшеницы, в т.ч. и в Сибири, служит уникальной информационной базой по мониторингу за откликом культур на изменение плодородия почв и погодных условий (Шатилов и др., 2004; Замараев и др., 2007). В этом отношении результативность исследований позволяет выстроить обобщение и найти количественные и скоростные закономерности изменениям урожая пшеницы в повторных посевах на основе статистического анализа и моделирования.

Статистики и кинетика изменения урожая в повторных посевах. Урожай яровой пшеницы в первый год по чистому пару (2010) достигал в среднем 16.5 ± 0.3 ц с пределами величин 14.5-17.5 ц/га при незначительной величине варьирования в отсутствии значимых различий по срокам посева - физическая (А) и биологическая (В) спелость почвы (табл. 2). Причем, даже при дефиците осадков этого года (180.6 мм) показатели урожая характеризовали благоприятный отклик на неблагоприятные условия увлажнения, особенно в период всходы - кушение. В этом проявлении признанная значимость чистого пара для яровой пшеницы проявилась в полной мере.

Таблица 2 – Статистики урожая яровой пшеницы в повторных посевах, ц/га

Год	ГТК	Срок посева	Повторности					Статистики		
			1	2	3	4	5	M ± m	σ	V, %
2010	1.02	A 16.V	16.0	15.0	14.5	16.4	15.6	15.5 ± 0.4	0.76	5.1
		B 25.V	16.0	17.5	17.0	16.3	15.7	16.5 ± 0.3	0.74	4.47
2011	1.69	A 17.V	14.0	15.2	13.5	15.5	14.3	14.5 ± 0.4	0.83	5.75
		B 27.V	13.0	12.0	15.7	15.0	14.3	14.0 ± 0.7	1.50	10.7
2012	1.17	A 15.V	6.0	5.3	6.3	9.2	5.5	6.46 ± 0.7	1.58	24.4
		B 25.V	10.9	9.5	12.0	7.3	8.0	9.54 ± 0.9	1.96	20.5
2013	1.09	A 12.V	5.5	5.7	5.8	5.3	5.9	5.82 ± 0.3	0.14	5.21
		B 23.V	5.7	5.5	5.3	5.8	6.1	5.68 ± 0.3	0.14	5.34

А - физическая спелость, В - биологическая спелость почвы.

НСР₀₅ А 1.80; НСР₀₅ В 2.23; НСР₀₅ АВ 2.03

При повторном посеве пшеницы 2011 года статистики урожая пшеницы в среднем достигали 14.5 ± 0.4 ц/га с незначительной вариабельностью в отсутствии статистически доказанных различий по срокам посева (табл. 2). По нашему мнению, высокий урожай повторных посевов связан с благоприятными гидротермическими условиями вегетационного сезона (ГТК = 1.02) и неизменно высоким уровнем плодородия почвы (табл. 1) и менее - с повторным посевом яровой пшеницы по пшенице.

Наложение трехлетнего посева яровой пшеницы (2012 г.) существенно отразилось на величине урожая (табл.2). При недостаточном увлажнении (204.2 мм) статистики урожая пшеницы в среднем не превышали 9.5 ± 0.9 ц с диапазоном лимитов 5.3 - 12.0 ц/га и коэффициентом варьирования 20 - 24 %. Именно с этого момента выявлены статистические различия по срокам посева пшеницы. Отсюда можно констатировать, что с третьего года повторных посевов пшеницы на серой лесной почве наблюдается резкое изменение ее отклика на почвенные, экологические и биологические условия системы почва-растение. Схожие оценки ранее наблюдались в длительных опытах с монокультурой пшеницы в европейской части (Алиев и др., 2011; Шильников, Аканова, 2011; Окорков и др., 2011; Сычев, Романенков, 2011), Западной Сибири (Гамзиков, 2011, 2012; Храмцов, 2011; Мальцев, Мошкарёв, 2011; Дмитриев, Будажапов, 2012) и Бурятии (Лапунин и др., 2011; Будажапов, 2011). В каждом конкретном случае доказано снижение урожая пшеницы на третий - пятый год опыта. Значимо высокий урожай пшеницы по пшенице (9.5 ± 0.9 ц/га) при посеве в период биологической спелости почвы (В), чем в физической (А) спелости (табл.2), связан с лучшим увлажнением в первом случае.

Значительное снижение продуктивности повторных посевов пшеницы проявилось при четырёхлетнем наложении (2013 г.). В условиях дефицита тепловых ресурсов и ежегодных посевов пшеницы в течение четырех лет на одном месте показатели урожая в среднем не превышали 6 ц/га с незначительной величиной варьирования (табл. 2). При этом доказанных различий по срокам посева также не выявлено. Отметим, что в 2013 году наблюдался наиболее высокий четвертый балл засорённости посевов (140.0 ± 1.7 шт/м²) в отсутствии существенного изменения в видовом составе сорной растительности (табл. 5, 6).

В целом, за период наблюдений доказано существенное снижение урожая пшеницы в направлении от парового предшественника (2010 г.) к повторным посевам (2010-2013 гг.) при снижении общей продуктивности системы почва-растение в отсутствии значимых различий по срокам посева. Помимо этого, наблюдался ежегодный рост засорённости посевов, особенно на четвертый год ежегодного посева при снижении устойчивости к засорению. Снижение урожая яровой пшеницы в повторных посевах лесостепи аппроксимировалось уравнением экспоненциальной регрессии с константой скорости (k) ежегодного снижения $k = 0.480$ в год в виде: урожай пшеницы, ц/га = $29.149 e^{-0.480 t}$ (7) где t - порядковый номер ежегодного посева пшеницы; e - иррациональное число. При этом полученная константа скорости отражает региональную характеристику скоростного снижения урожая пшеницы в повторных по-

севах и может выступать диагностическим критерием в подобной оценке.

Статистики и скорость изменения урожая в системе пар - пшеница.

Показатели урожая пшеницы по чистому пару характеризуют устойчивое его формирование в сравнении с повторными посевами в равных условиях - ПУ = 87.0 - 94.9. Урожай культуры при ежегодном посеве после чистого пара в среднем составил 15.2 ± 0.6 ц/га с незначительной величиной варьирования без доказанных различий по годам (табл.3).

В этом сравнении повторные посевы пшеницы в течение только первых двух лет (табл.2) сохраняли сопоставимость показателей урожая с аналогичными показателями после чистого пара на серой лесной почве. Возможно, резерв плодородия почвы и экологического состояния агроценозов в лесостепи максимально может быть обеспечен не далее двух лет повторных посевов без привлечения извне дополнительных источников энергии (удобрений, гербицидов, подкормок, стимуляторов и др.).

Таблица 3 – Статистики урожая яровой пшеницы по чистому пару, ц/га

Год	ГТК	Срок посева	Повторности					Статистики		
			1	2	3	4	5	M ± m	σ	V, %
2010	1.02	16.05	16.0	15.0	14.5	16.4	15.6	15.5 ± 0.4	0.8	5.1
2011	1.69	17.05	15.6	14.4	12.8	12.4	14.1	13.9 ± 0.6	1.3	9.3
2012	1.17	15.05	16.5	17.5	15.8	12.2	15.2	15.4 ± 0.9	2.0	13.0
2013	1.09	12.05	17.2	15.6	14.3	16.5	16.3	16.0 ± 0.5	1.1	6.9
ср.	1.24	14.05	16.3	15.6	14.4	17.4	15.3	15.2 ± 0.6	1.1	8.7

НСР₀₅ 2.21

Характер отклика яровой пшеницы на паровой предшественник в отличие от повторных посевов аппроксимировался моделью линейной регрессии без существенного изменения урожая в виде:

$$\text{урожай пшеницы, ц/га} = 14.8 + 0.15 t \dots \dots \dots (8)$$

где 14.8 - константа урожая; 0.15 - коэффициент регрессии; t - порядковый номер ежегодного посева пшеницы по чистому пару. Выведенная модель (8) позволяет прогнозировать урожай культуры в условиях лесостепи.

Сопряжённость урожая с тепло- и влагообеспеченностью повторных посевов. В результате корреляционного анализа установлена высокая сопряжённость (r) урожая повторных посевов пшеницы с показателями влагообеспеченности в сравнении с теплообеспеченностью посевов (табл. 4).

В этом построении ранжирование тесноты связей (r) по показателям влагообеспеченности в среднем за вегетационный период снижалось 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 этой оценке теснота

Таблица 4 – Корреляционные связи (r) урожая яровой пшеницы в повторных посевах с тепло- и влагообеспеченностью

Оценка	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За сезон	
t _в	A	0.82 ± 0.6	0.76 ± 0.7	0.87 ± 0.5	0.65 ± 0.8	0.77 ± 0.6	0.77 ± 0.6
	B	0.73 ± 0.7	0.82 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.82 ± 0.6	0.57 ± 0.8	0.75 ± 0.6
t _п	A	0.78 ± 0.6	0.66 ± 0.8	1.00 ± 0.0	0.77 ± 0.6	0.86 ± 0.5	0.81 ± 0.5
	B	0.79 ± 0.6	0.84 ± 0.5	0.90 ± 0.4	0.94 ± 0.3	0.67 ± 0.7	0.83 ± 0.5
? t	A	0.99 ± 0.1	0.76 ± 0.7	0.61 ± 0.8	0.62 ± 0.8	0.81 ± 0.6	0.76 ± 0.6
	B	0.87 ± 0.5	0.82 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.83 ± 0.6	0.64 ± 0.8	0.80 ± 0.6
w	A	0.81 ± 0.6	0.80 ± 0.6	0.70 ± 0.7	0.92 ± 0.4	0.98 ± 0.2	0.84 ± 0.5
	B	0.76 ± 0.7	0.59 ± 0.8	0.83 ± 0.6	0.74 ± 0.7	0.93 ± 0.4	0.77 ± 0.6
w _п	A	0.99 ± 0.1	0.84 ± 0.5	0.65 ± 0.8	0.85 ± 0.5	0.89 ± 0.5	0.84 ± 0.5
	B	0.91 ± 0.4	0.64 ± 0.8	0.82 ± 0.6	0.65 ± 0.8	0.93 ± 0.4	0.79 ± 0.6
w _в	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
	B	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_в - температура воздуха, °C; t_п - температура почвы в слое 0 - 20 см, °C; Σt≥10 - сумма активных температур, °C; w - количество осадков, мм; w_п - запасы продуктивной влаги в 0 - 50 см почвы, мм; w_в - относительная влажность воздуха, %; A - физическая спелость почвы; B - биологическая спелость почвы

признаков весной (май) была наибольшей и приближалась к функциональной (r → 1) по запасам продуктивной влаги в почве (w_п) и относительной влажности воздуха (w_в) при высокой зависимости по осадкам (табл. 4). В дальнейшем (июнь - сентябрь) характер тесноты связей продолжал оставаться высоким за редким исключением в отсутствии различий по срокам посевов (A и B). Менее выраженная, но высокая и статистически значимая (t_ф > t_{сл}), парная связь (r) урожая повторных посевов пшеницы с показателями теплообеспеченности связана с выявленным дефицитом тепловых ресурсов в лесостепи Прибайкалья. Ранжирование корреляционных связей возрастало в среднем за вегетацию в ряду: температура воздуха (r = 0.77 ± 0.6) → сумма активных температур воздуха (r = 0.80 ± 0.6) → температура почвы (r = 0.83 ± 0.5).

Отметим сильную тесноту (r) этих признаков по каждому месяцу, кроме отдельных случаев (табл. 4). Высокая теснота (r > 0.7) в парной комбинации обеспечивала и высокую сопряженность признаков в общей их совокупности (R) с урожаем повторных посевов пшеницы - R_{мн.} = 0.791- 0.955.

Видовой состав, статистики и кинетика изменения сорного компонента в повторных посевах яровой пшеницы

Теоретические основы и особенно практические приемы управления агроценозами предусматривают комплекс обоснованных оценок по анализу состояния и прогнозу сорной растительности, в реестре которых ско-

ростная составляющая является едва ли не ключевой характеристикой последних (Пупонин, Захаренко, 1998; Будажапов и др., 2012). В этом отношении повторные посевы пшеницы служат полигоном для прогноза вспышки появления и развития сорных растений лесостепи Прибайкалья.

Видовой состав и динамика численности сорных растений. Реестр сорных растений в повторных посевах пшеницы включал типичные представители малолетних (яровые ранние и поздние, зимующие и двулетние) и многолетних (мочковато- и стержнекорневые, корневищные и корнеотпрысковые) согласно принятой «Классификация сорных растений» (Пупонин, Захаренко, 1998). По результатам детального обследования видового состава и количеств сорного компонента в повторных посевах пшеницы можно констатировать два ключевых момента, которые позволяют предпринять попытку построения прогноза появления сорняков (табл. 5).

В повторных посевах пшеницы доминировали представители яровых ранних сорняков (44% от общей численности) с корневищными и корнеотпрысковыми (28%) при наличии единичных экземпляров по зимующим, двулетним, эфемерам и стержнекорневым (табл. 5). Среди первых в сорном компоненте повторных посевов преобладали: овсюг (*Avena fatua* L.) в количестве 11.0 ± 2 экз./м², горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.) - 8.0 ± 2 экз./м² и подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) - 6.0 ± 1 экз./м² при меньшем представительстве марь белая (*Chenopodium album* L.) - 5.0 ± 2 экз./м².

Таблица 5 – Видовой состав, численность и статистики сорных растений в повторных посевах яровой пшеницы

Сорняки		Представители сорных растений	Количество сорняков, шт/м ²					
отдел	подгруппа		2010	2011	2012	2013		
1.	Малолетние	Эфемеры	<i>Stellaria media</i> L.	2	2	4.0 ± 1	6.0 ± 2	
2.		Яровые ранние	<i>Sinapis arvensis</i> L.	1	2	6.0 ± 2	8.0 ± 2	
3.			<i>Chenopodium album</i> L.	-	1	4.0 ± 1	5.0 ± 2	
4.			<i>Avena fatua</i> L.	2	3	8.0 ± 2	11.0 ± 2	
5.			<i>Galium aparine</i> L.	1	2	4.0 ± 1	6.0 ± 1	
6.			поздние	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	-	-	2	2
7.		Зимующие	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	-	-	1	2	
8.		Двулетние	<i>Melilotus officinalis</i> L.	-	-	1	2	
9.	Многолетн.	Стержнекорневые	<i>Taraxacum officinale</i> W.	-	-	2	3	
10.		<i>Artemisia absinthium</i> L.	-	-	1	1		
11.		Корневищные	<i>Agropyrum repens</i> L.	2	2	7.0 ± 2	12.0 ± 3	
12.			отпрыс.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	-	2	2	4.0 ± 1
13.				<i>Sonchus arvensis</i> L.	-	3	6.0 ± 2	8.0 ± 3

Примечание. 2009 г. (пар чистый) сорные растения отсутствуют.

В реестре многолетних сорняков явно доминировали представители корневищных - пырей ползучий (*Agropyrum repens L.*) - 12.0 ± 3 экз./м² и корнеотпрысковые - осот полевой (*Sonchus arvensis L.*) - 8.0 ± 3 экз./м² (табл. 5). Присутствие этих сорняков в повторных посевах яровой пшеницы во всех случаях (2010-2013 гг.) было устойчивым с незначительной вариативностью.

Численность доминирующей сорной растительности в повторных посевах пшеницы на серой лесной почве ежегодно в динамике возрастала с расширением их представительства на третий (2012 г.) и четвертый (2013 г.) год (табл. 6). В этом проявлении вспышка сорной растительности во времени по численности и представительству в отсутствие применения средств защиты повторных посевов пшеницы (гербициды) является типичной и подтверждает общепризнанные ранее позиции (Груздев, 1977; Пупонин, Захаренко, 1998), в т.ч. и в Забайкалье (Будажапов, Будажапов, 2009).

В целом, численность и видовой состав сорных растений под монокультурой пшеницы с продвижением в направлении от парового поля к повторным посевам четырёх лет сопровождалась ростом и расширением их реестра при возрастании доминирования овсяга (*Avena fatua L.*) и пырея ползучего (*Agropyrum repens L.*), на долю которых приходилось более 30%.

Статистики и кинетика сорного компонента. Ежегодный учёт засорённости повторных посевов пшеницы позволил раскрыть панораму сорной растительности в статистическом представлении и вывести скоростные параметры увеличения засорённости посевов и отдельных доминирующих представителей. В этом аспекте попытка подобного изложения материала по сорнякам представлена впервые для земледелия лесостепи.

Статистики учёта сорняков отражают значимое их изменение в направлении роста численности во времени с разными лимитами и доверительными границами и формированием устойчивого присутствия в посевах (табл. 6). При этом балл засорённости повторных посевов возрастал соответственно увеличению статистиков сорняков и достигал 4 баллов.

Количество сорняков в посевах пшеницы первого года (2010) по чистому пару оказалось незначительным и в среднем не превышало 22.6 ± 2.1 шт с пределами величин 7.0 - 39.0 шт/м² при средней величине варьирования и максимальной границей доверительного интервала не более 27 растений /м² (табл. 6). При этом доказанных статистических различий в численности сорняков по разным срокам посева яровой пшеницы не выявлено.

На второй год посева яровой пшеницы по пшенице (2011) доказан существенный рост численности сорняков в посевах, который, независимо от сроков, в среднем составил 39.6 ± 1.7 растений на м² с возрастанием верхнего лимита и доверительного интервала величин до 57 и 43 шт/м²

Таблица 6 – Статистики сорных растений в повторных посевах пшеницы

Год ГТК	Срок посева	Балл	Статистические показатели, (n = 40), шт/м ²				
			M ± m	lim	σ	M ± tm	V, %
2010 1.02	A	1	22.6 ± 2.1	8.0 - 39.0	6.61	17.9 - 27.2	30.5
	B		16.0 ± 1.4	7.0 - 32.0	4.53	12.9 - 19.1	27.2
2011 1.69	A	2	39.6 ± 1.7	29.0 - 57.0	5.39	35.9 - 43.3	13.6
	B		37.4 ± 1.2	26.0 - 50.0	3.68	34.8 - 40.0	9.9
2012 1.17	A	3	114.2 ± 2.2	104.0 - 139.0	6.87	109.4 - 118.9	5.9
	B		118.4 ± 2.4	100.0 - 148.0	7.60	113.1 - 123.7	6.4
2013 1.09	A	4	140.0 ± 1.7	102.0 - 192.0	5.43	136.2 - 143.8	4.2
	B		134.2 ± 2.1	97.0 - 140.0	6.61	129.6 - 138.8	4.9

НСР₀₅ 4.18

соответственно. При этом, значимый рост численности сорняков уже на второй год посева пшеницы после пара наблюдался при устойчивом их присутствии (ПУ = 86.4- 90.1). Подобное отражает высокую уязвимость уже повторных посевов пшеницы в плане роста их засорённости. Последнее наиболее ярко проявилось в последующие два года повторных посевов пшеницы (табл. 7). Благоприятный гидротермический режим лесостепи (ГТК 1.02 - 1.69) лишь способствовал вспышке сорных растений в повторных посевах пшеницы.

На третий год (2012) повторного посева пшеницы произошла вспышка роста численности сорняков и в среднем достигала 118.4 ± 2.4 растений /м² с верхними границами лимитов 148 экз./м² и высоким доверительным интервалом величин 109.4 - 123.7 штук на м² при незначительной величине варьирования (табл. 6). Подобный характер увеличения роста численности сорных растений на третий год ежегодного посева отражает высокую чувствительность посевов на появление сорняков и резкое ослабление функций устойчивого функционирования агроценоза в виде монокультуры. В этом проявляется подтверждение фундаментального закона (постулата) неустойчивости моносистем в частном проявлении (Савич и др., 2007, 2010; Будажапов и др., 2012).

Четырёхлетний посев пшеницы на одном месте (2013 г.) лишь провоцировал еще больший рост сорных растений в повторных посевах, присутствие которых в среднем составило 140.0 ± 1.7 шт с высоким диапазоном лимитов (97 - 192 шт /м²) и границ доверительного интервала (130 - 144 растения /м²) при незначительной величине варьирования (табл. 6). Последнее указывает на высокую устойчивость появления сорняков в повторных посевах на четвертый год наблюдений в отсутствие средств защиты посевов яровой пшеницы.

Динамика изменения численности сорняков (С) по годам в повторных

посевах пшеницы имела характер экспоненциальной функции с появлением вспышки роста и значимом увеличении их присутствия с разной константой (k) скорости роста по срокам посева ежегодно:

$$C, \text{ шт / м}^2 \text{ (срок А)} = 12.02 e^{0.653t} \dots\dots\dots(9)$$

$$C, \text{ шт / м}^2 \text{ (срок В)} = 8.445 e^{0.753t} \dots\dots\dots(10)$$

где e - основание натурального логарифма; t - порядковый год повторного посева пшеницы; 0.653 и 0.753 - константы (k) роста сорняков в повторных посевах яровой пшеницы.

В сравнении скоростных характеристик (k) снижения урожая пшеницы (k = 0.480 год⁻¹) и увеличения сорняков в повторных посевах (k = 0.653 - 0.753 в год) можно констатировать, что кинетика роста последних по модулю опережает снижение первого в равных эколого-почвенных условиях лесостепи. При этом, константа (k) скорости роста растений пшеницы лишь при повторном посеве 2011 г. (k = 0.730 - 0.752 в год) была сопоставима с кинетикой роста сорняков в пределах одного времени. В последующем скорость роста растений пшеницы в повторных посевах резко снижалась (k = 0.288 - 0.319 в год) при возрастании скорости роста сорных растений (табл. 7). Как следствие, урожай яровой пшеницы значимо снижался (табл.2), как и изменение почвенного плодородия (табл.1) под повторными посевами.

Кинетика появления сорного компонента и теснота связей с урожаем в повторных посевах пшеницы. В повторных посевах пшеницы кинетика изменения видового состава сорной растительности складывалась различно и отражала разный отклик растений на биологические их особенности. В этом плане попытка подобного обоснования предпринята впервые.

Среди доминирующих сорняков (табл. 6) наименьшей скоростью (k) появления в повторных посевах пшеницы характеризовалась звездчатка средняя, или мокрица (k = 0.399 в год), с наибольшей кинетикой у горчицы полевой (k = 0.734 в год) (табл. 7).

Таблица 7 – Скорость (k) появления сорных растений в повторных посевах яровой пшеницы (доминирующие представители)

№	Представители сорного компонента		Константа (k) скорости	R ²
1.	<i>Sinapis arvensis L.</i>	Горчица полевая	0.734 в год	0.959
2.	<i>Avena fatua L.</i>	Овсяг	0.610 в год	0.960
3.	<i>Galium aparine L.</i>	Подмаренник цепкий	0.607 в год	0.987
4.	<i>Agropyrum repens L.</i>	Пырей ползучий	0.663 в год	0.892
5.	<i>Sonchus arvensis L.</i>	Осот полевой	0.683 в год	0.936
6.	<i>Stellaria media L.</i>	Звездчатка средняя	0.399 в год	0.899

Остальные представители имели близкую кинетику появления в повторных посевах яровой пшеницы. Анализ корреляционных зависимос-

тей (r) позволил доказать значимость присутствия сорного компонента в формировании урожая пшеницы в повторных посевах: чем выше засоренность посевов, тем ниже урожай (табл. 8).

Теснота этих признаков находилась в обратной пропорциональной связи и только в отсутствии сорных растений в посевах яровой пшеницы по чистому пару (2010) их сопряженность была высокой и доказанной ($t_{\phi} > t_{st}$). Во всех остальных случаях (2011-2013) эти корреляционные зависимости в повторных посевах имели обратный характер и были очень слабыми (табл. 8) Последнее обусловлено ограниченной выборкой.

Таблица 8 – Теснота связей ($r \pm s_r$) урожая яровой пшеницей с присутствием сорных растений в повторных посевах

Год	ГТК	Монокультура яр. пшеницы	Урожай, ц/га	Засоренность		$r \pm s_r$
				балл	шт / м ²	
2010	1.02	1 год посева	16.5 ± 0.3	1	22.6 ± 2.1	0.91 ± 0.2
2011	1.69	2 год посева	14.5 ± 0.4	2	39.6 ± 1.7	-0.12 ± 0.6
2012	1.17	3 год посева	9.5 ± 0.9	3	118.4 ± 2.4	-0.13 ± 0.8
2013	1.09	4 год посева	4.1 ± 0.3	4	140.0 ± 1.7	-0.04 ± 0.6

Маленький объём выборки (n) не позволил получить надежную панораму этой оценки, но характер связей вполне логично подтверждает фактологические заключения по роли сорняков в повторных посевах пшеницы. Обратный характер их зависимостей отражает общепризнанные оценки: с ростом засоренности посевов снижается урожай культур в равных условиях.

Экономическая целесообразность повторных посевов пшеницы

Различия в статистиках урожаев пшеницы при повторном посеве (табл. 2) и чередовании с паром (табл. 3), а равно скоростные проявления в росте и развитии растений (табл. 6, 7) с разным уровнем сорного компонента в посевах и обратным характером зависимостей с урожаем (табл. 8), служат предпосылкой для построения экономического обоснования монокультуры.

В этом контексте проявляется практическая сторона исследований как возможная реализация результатов в принятой традиционной (отвальная вспашка и технологии) и перспективной системе земледелия (прямой посев культур, сберегающие технологии и пр.). Последняя, по нашим оценкам, вполне имеет, так как монокультура согласно современным оценкам служит одним из критериев в реализации прямого посева с последующим формированием условий для внедрения в практику сельскохозяйственного производства. Соответственно, сравнительная оценка этих подходов в экономическом обосновании вполне притягательна и вызывает несомненную актуальность (табл. 9).

Таблица 9 – Экономическая целесообразность повторных посевов

Показатель оценки	Бесменная пшеница				Чистый пар - пшеница			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Урожай, ц/га	16.0	14.3	8.0	4.0	15.5	13.9	15.4	16.0
Затраты труда на 1 ц зерна (трудоемкость)	0.85	0.89	0.72	0.87	0.85	0.89	0.72	0.87
Себестоимость возделывания 1 га, тыс руб	10.5	10.5	12.9	13.9	10.5	10.5	12.9	13.9
Стоимость продукции с 1 га, тыс. руб	12.0	11.4	7.2	3.95	11.6	11.1	13.9	16.0
Условно чистый доход с 1 га, тыс. руб	1.46	0.84	-5.74	-9.97	10.9	0.56	0.92	2.08
Рентабельность, %	13.9	7.9	-44.3	-71.6	10.3	5.29	7.14	14.9
Окупаемость, %	-	-	55.7	28.4	-	-	-	-

В рамках этих оценок можно констатировать высокий экономический эффект традиционного посева после пара с рентабельностью производства продукции до 15% против очень низкой окупаемости (не более 0.30 руб) для одних условий (время, почва, климат, сорт, посевные качества семян и пр.). Тем не менее, повторный посев пшеницы в течение двух лет (2010-2011гг.) не уступал ни по величине урожая, ни по уровню рентабельности производства.

Выводы

1. В динамике повторных посевов яровой пшеницы статистические и кинетические показатели изменения плодородия серой лесной почвы, урожая и сорного компонента характеризуются общим трендом снижения первых двух параметров и возрастания последнего во времени с разным проявлением корреляционных и скоростных характеристик функционирования агро(моно)ценоза в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.

2. Статистически доказанное снижение плодородия почвы под повторными посевами яровой пшеницы по величине возрастало в ряду основных показателей: азот общий → подвижный фосфор → аммонийный обменный азот → обменный калий → нитратный азот в отсутствие существенного изменения содержания гумуса в почве с ранжированием возрастания устойчивости их величин в обратном порядке. Доказано, чем слабее изменяется исходное содержание показателей (гумус, азот общий), тем ниже разброс величин вокруг математического ожидания и высокая устойчивость величин и, наоборот, чем больше изменение показателей (подвижные питательные вещества и нитратный азот), тем выше величина варьирования и дисперсии.

3. Значимое изменение плодородия серой лесной почвы под влиянием повторных посевов яровой пшеницы поддерживалось и разными скоростными характеристиками. В реестре показателей плодородия ранжирова-

ние кинетических констант (k) возрастало в ряду: азот общий ($k = 0.002 \text{ год}^{-1}$) → подвижный фосфор ($k = 0.071 \text{ год}^{-1}$) → аммонийный обменный азот ($k = 0.118 \text{ год}^{-1}$) → обменный калий ($k = 0.147 \text{ год}^{-1}$) → нитратный азот ($k=0.150 \text{ год}^{-1}$) с очень незначительной скоростью изменения содержания гумуса в почве ($k = 0.4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$).

4. Статистики изменения урожая яровой пшеницы во времени отражали отсутствие доказанных различий повторных посевов в первые два года ($15.1 \pm 0.3 \text{ ц/га}$) и существенное снижение величин при наложении трехлетнего и особенно четырехлетнего ежегодного посева до 9.5 ± 0.8 и $4.1 \pm 0.3 \text{ ц/га}$ соответственно. Существенные изменения сопровождались ростом разброса величин урожая вокруг математического ожидания и увеличением коэффициента варьирования, отражая общее усиление неустойчивости получения товарной продукции в отличие от подобных оценок в системе пар - пшеница.

5. Существенное снижение урожая повторных посевов яровой пшеницы, а равно статистических показателей, сопровождалось и скоростными проявлениями, которые отражали отклик растений на условия монокультуры в виде кинетического возбуждения с константой (k) скорости снижения урожая во времени $k = 0.480 \text{ год}^{-1}$. В отличие от повторных посевов характер отклика яровой пшеницы на чередование по чистому пару имел вид линейной регрессии, отражая отсутствие кинетических изменений величин урожая.

6. В сорном компоненте повторных посевов пшеницы доминировали представители яровых ранних (*Avena fatua L.*, *Sinapis arvensis L.*, *Galium aparine L.*), многолетних корневищных (*Agropirum repens L.*) и корнеотпрысковых (*Sonchus arvensis L.*) с высокой устойчивостью их численности. При этом, с продвижением от чистого пара к повторным посевам возрастает общая засоренность, которая достигает четырех баллов с доминированием овсяга (*Avena fatua L.*) и пырея ползучего (*Agropirum repens L.*), на долю которых в сорном компоненте приходилось более 30% сорных растений. Последнее поддерживалось высокой кинетикой их роста, константа скорости которых ($k = 0.610$ и $k = 0.663$ в год соответственно) была выше сорняков ($k = 0.399$ в год), уступая росту (k) растений пшеницы в первые два года посева.

7. Экономическая целесообразность повторных посевов оправдана только в течение первых двух лет ежегодного возделывания, когда значимо высокий и сопоставимый урожай с аналогичными посевами по чистому пару сопровождается адекватным уровнем рентабельности. Последующие ежегодные посевы яровой пшеницы на третий и четвертый год в отличие от посевов по чистому пару не приводят к высокой окупаемости затрат (не более 0.30 руб) при равной себестоимости возделывания в одних эколого-почвенных и материально-технических ресурсах.

Рекомендации производству

1. Для прогноза изменения плодородия серой лесной почвы лесостепной зоны Прибайкалья на момент времени (месяц, год) рекомендовать использование моделей экспоненциальной регрессии основных показателей (1-6).

2. Для определения численности сорных растений в посевах яровой пшеницы (шт/м²) в лесостепной зоне Прибайкалья при посеве в разные сроки использовать прогнозные модели для разных сроков посева (9,10).

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

Рекомендованных ВАК изданиях:

1. 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.

2. 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: мат-лы междунар. науч.-прак. конф. – 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: мат-лы междунар. науч.-прак. конф. – 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.

Подписано в печать 14.11.2013. Бумага офс. №1. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 1067.

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