

*На правах рукописи*

**ЧУГУНОВА**

**Ольга Александровна**

**Влияние способов основной обработки на микробиоту почвы и урожайность ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Кинель – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный аграрный университет»

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук, профессор  
**Марковская Галина Кусаиновна**

**Официальные оппоненты:** **Немцев Сергей Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, директор

**Богомазов Сергей Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Общее земледелие и землеустройство»

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний-Новгород

Защита диссертации состоится 8 октября 2020 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО Самарский ГАУ по адресу: 446424 п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2. Тел.: 8(846) 6346131.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте [www.ssaa.ru](http://www.ssaa.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Проблема снижения почвенного плодородия почвы является одной из острых, вследствие чего происходит истощение, деградация почв. В результате создаются неблагоприятные условия для микробиологических процессов и отмечается естественное снижение плодородия почв. В результате жизнедеятельности микроорганизмов происходит минерализация, деструкция и новообразование почвенных минералов. От характера и интенсивности, протекающих в почве микробиологических процессов, их взаимоотношения с растениями в основном зависит продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Поиск оптимального решения для улучшения состояния почвы и ее биологической активности в условиях Среднего Поволжья на основе разработки ресурсосберегающих приемов, применения севооборотов, способствующих сохранению структуры, и как следствие - восстановление плодородия почв при минимальных затратах в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья является актуальным.

**Степень разработанности темы.** В научной литературе приведены публикации исследований по различным видам основной обработки почвы. Такие исследования в разные годы проводились в Нечерноземной зоне, Нижнем Поволжье, в Среднем Поволжье. В них рассматривались вопросы минимализации обработки почвы и снижения энергетических затрат на ее проведение. Проведенное исследование в теоретическом плане базировалось на трудах следующих ученых: Аристовская Т.В. (1980); Бараев А.И. (1976); Боинчан Б.П. (2016); Велхулст Н. (2016); Возняковская Ю.М. (1994, 1995, 1999); Гармашов В.М. (2007); Горянин О.И. (2012, 2015, 2016); Ежов Г.И. (1981); Казаков Г.И. (1997, 1998, 2008); Кирюшин В.И. (2000, 2004, 2008, 2010, 2016, 2018); Корчагин В.А. (2009, 2015); Марковская Г.К. (1999, 2013, 2017); Мишустин Е.Н. (1984, 1987); Сидоров М.И. (1981, 1988); Чуданов И.А. (1988, 2007); Чупрова В.В. (2001, 2005, 2017); Шевченко С.Н. (2018); Щербакова Т.А. (1983).

**Цель исследований.** Выявить наиболее оптимальную систему обработки почвы с учетом ее влияния на почвенную микрофлору, агрофизические, биологические свойства почвы чернозема обыкновенного, урожайность зерна ярового ячменя в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

**Задачи исследований.** В соответствии с поставленными целями нами решались следующие задачи:

- изучить влияние различных способов обработки почвы на агрофизические показатели (объемная масса, влажность) пахотного слоя почвы, биологические свойства почвы, урожайность зерна ярового ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром в лесостепи Среднего Поволжья;
- выявить влияние погодных условий и биологических свойств почвы на урожайность зерна ярового ячменя;

– изучить накопление и разложение растительных остатков в почве за вегетационный период ярового ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы;

– определить агроэнергетическую и экономическую эффективность способов основной обработки почвы.

**Научная новизна.** В данной работе впервые доказательно представлены результаты исследования показателей почвообразующей системы по параметрам микробиологической и ферментативной активности почвы, также показаны величины общей биогенности, накопления и разложения растительных остатков, которые оказались взаимозависимыми и их уровень состояния показывает возможность обеспечения повышения плодородия почвы и тем самым создаются необходимые условия для выращивания ярового ячменя, при общепринятых технологиях Среднего Поволжья, применяющих севообороты с чистым и сидеральным паром.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные данные вносят существенный вклад в развитие научных представлений о влиянии снижении механической нагрузки почвы на агробиологические показатели почвенного плодородия и продуктивность ярового ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Результаты исследований прошли производственную проверку в ООО «БИОТЕРРА» Шенталинского района Самарской области, что подтверждено актом внедрения.

**Методология и методы исследований.** Методология исследований основывается на синтезе и анализе изучаемых факторов на агрофизико-биологические показатели почвы, урожайность зерна ячменя под влиянием различных способов основной обработки почвы. Методология основана на изучении научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Методы исследований: теоретические – обработка результатов исследований методом статистического анализа; эмпирические – полевые опыты, лабораторные исследования, графическое и табличное отображение полученных результатов.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. В почвах Среднего Поволжья Самарской области ярко выражена сезонность при определении численности основных групп микроорганизмов и менее существенные изменения этого показателя в зависимости от способа обработки почвы.

2. Сокращение механической нагрузки на почву приводит к перераспределению численности микрофлоры по профилю в зависимости от глубины обработки.

3. Сокращение механической нагрузки на почву не приводит к переуплотнению пахотного горизонта чернозема обыкновенного и поддерживает плотность почвы в пределах оптимальных значений для возделывания ярового ячменя.

4. При возделывании ярового ячменя наиболее продуктивными, энергетически эффективными и экономически выгодными способами основной обработки почвы являются вариант рыхление и без осенней механической обработки.

**Достоверность результатов.** Результаты исследований подтверждаются современными методами проведения исследований в полевых опытах, необходимым количеством наблюдений и учетов, результатами статистической обработки экспериментальных данных, показателями корреляционной оценки.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и получили положительную оценку: на Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора А.Ф. Блинохватова (Пенза, 2008 г.); в III научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума по селекции и семеноводству «Русское поле 2019» (Краснодар, КубГАУ 2019 г.). По теме диссертации опубликовано 5 статей, из них 3 статьи – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК министерства образования и науки РФ.

По теме диссертации опубликовано 5 статей, в т. ч. 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 168 страницах компьютерной верстки, иллюстрирована 21 рисунками и 15 таблицами, состоит из введения, 5 глав, выводов и предложений производству, приложений. Список литературы включает 203 наименования, в том числе 15 на иностранном языке. В работе имеется 32 приложения.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1. МЕТОДИКА И АГРОТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились на опытном поле кафедры земледелия в 2005, 2007, 2008 гг. в двух севооборотах со следующим чередованием культур:

1-й севооборот: 1) чистый пар; 2) озимая пшеница; 3) соя; 4) яровая пшеница; 5) ячмень. 2-ой севооборот: 1) сидеральный пар (горчица); 2) озимая пшеница; 3) соя; 4) яровая пшеница; 5) ячмень.

Продуктивность ярового ячменя, агрофизические показатели, динамика микробиологической и ферментативной активности почвы изучались при трех различных системах обработки почвы.

1. Вспашка, состоявшая из лущения на 6-8 см дисковым орудием Catros и вспашки на 20-22 см под ячмень. Посев проводился сеялкой АУП-18 на 5-6 см.

2. Рыхление, состоящее из осеннего рыхления почвы на 6-8 см и повторно на 10-12 см при помощи дисковой бороны Catros. Посев проводился сеялкой (АУП-18) на 5-6 см.

3. Без осенней механической обработки почвы. С осени проводили опрыскивание гербицидом сплошного действия Глифор, ВР (360г/л) 2 л/га. В

весенний период проводился прямой посев зерна ячменя сеялкой DMS-601 Primera на 5-6 см.

Исследования проводились под культурой, завершающей севооборота – яровой ячмень. На опытном поле высевали яровой ячмень сорта Поволжский 65 (1 репродукция) в оптимальные сроки для Среднего Поволжья. При достижении сорняками ЭПВ применялись гербициды Дифезан 0,2 л/га, Логран 10 г/га в фазу кущения. Солома зерновых культур измельчалась в процессе уборки и оставалась в поле на всех вариантах опыта. Повторность опыта трехкратная, размер опытной делянки 780 м<sup>2</sup>. Все исследования проводились с использованием общепринятых методик:

Выделение основных полезных групп микроорганизмов (микровицеты, бактерии, актиномицеты) проводилось методом микробиологического посева почвенной вытяжки на твердые стерильные питательные среды в чашки Петри. Для лабораторных исследований отбирались средние образцы почвы в три срока: 1 срок – в начале вегетации, после появления всходов, 2 срок – в середине вегетации, в фазе кущения-выхода в трубку, 3 срок – после уборки ярового ячменя на всех вариантах опыта на глубине 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см, 20-30 см.

Определение ферментативной активности определяли стандартными методами. Образцы почвы отбирались на разной глубине: 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см, 20-30 см на всех вариантах опыта в два срока: 1 срок – в начале вегетации, после появления всходов, 2 срок – после уборки ярового ячменя.

Активность каталазы определяли методом Р.С. Канцельсона и В.В. Ершова. Уреазную активность определяли методом И.Н. Ромейко и С.М. Малинской, содержание аммиака реактивом Несслера на приборе КФК-2. Активность инвертазы определяли методом А.Ш. Галстян. Повторность опыта трехкратная.

Степень разложения растительных остатков проводились методом почвенных монолитов, предложенным Н.В. Станковым. Образцы почвы отбирались в два срока: 1 срок – перед посевом и 2 срок – после уборки ярового ячменя на глубину 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 см. Повторность трехкратная.

Объемную массу почвы определяли с помощью режущих цилиндров. Пробы почвы отбирались в два срока: 1 срок – перед посевом и 2 срок – перед уборкой на глубину 30 см через каждые 10 см, повторность трехкратная. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, в два срока: 1 срок весной – перед посевом, 2 срок осенью – после уборки. Образцы почвы отбирались через каждые 10 см в метровом слое. Повторность трехкратная.

Учет урожайности зерна ярового ячменя определяли с каждой делянки механизированным способом при помощи комбайна СК-5 с доработкой зерна к стандартной 14 % влажности и базисным кондициям по содержанию сорной и зерновой примеси.

Корреляционный анализ проводили в соответствии с методами, описанными Ю.П. Фроловым, обработка в программе Microsoft Excel. Расчет экономической эффективности проводили по технологическим картам и нормативным затратам по методике С.И. Несмеянова. Агроэнергетическая оценка возделывания ярового ячменя проводили в соответствии с методикой по энергетической эффективности полевых агрофитоценозов. Статистическую обработку данных проводили дисперсионным методом на персональном компьютере по методике Б.А. Доспехова с помощью программы «STAT-1».

## **2. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЁ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВОБОРОТЕ С ЧИСТЫМ И СИДЕРАЛЬНЫМ ПАРОМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

### **2.1 Агрофизические свойства почвы**

**Объемная масса пахотного слоя почвы.** В течение вегетации ярового ячменя отмечается естественное уплотнение почвы по всем слоям. При исключении основной обработки происходит незначительное разуплотнение нижнего слоя и в итоге плотность пахотного слоя почвы к осени практически выравнивается, но на вспашке остается более рыхлой (таблица 1).

Таблица 1 – Объемная масса почвы (г/см<sup>3</sup>) в слое 0-30 см под посевами ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Перед посевом	Перед уборкой	В среднем за вегетацию
<b>В севообороте с чистым паром</b>			
Вспашка	1,05	1,16	1,11
Рыхление	1,09	1,16	1,13
Без осенней механической обработки	1,13	1,16	1,15
<b>Среднее по виду пара</b>	1,09	1,16	1,13
<b>В севообороте с сидеральным паром</b>			
Вспашка	1,05	1,19	1,12
Рыхление	1,10	1,18	1,14
Без осенней механической обработки	1,11	1,19	1,15
<b>Среднее по виду пара</b>	1,09	1,19	1,14

Было выявлено, что с увеличением глубины увеличивалась объемная масса почвы от 1,1 до 1,15 г/см<sup>3</sup> по всем вариантам опыта. Так, в варианте со вспашкой увеличение плотности составило 13 %, с рыхлением – более 10 % и на 7 % в варианте с без осенней механической обработкой. К уборке показатели плотности почвы выравнивались и составили в севообороте с чистым паром 1,16 г/см<sup>3</sup>, в сидеральном пару 1,19 г/см<sup>3</sup> по способам основной обработки почвы в пахотном слое 0-30 см.

Сравнительный анализ результатов изучения объемной массы почвы по всем вариантам опыта в посевах ярового ячменя выявил незначительные изменения данного показателя и находился на оптимальном уровне (1,10-1,15 г/см<sup>3</sup>). Это является свидетельством высокой пластичности черноземов Среднего Поволжья.

**Влажность почвы.** В течение вегетации ярового ячменя отмечается снижение влажности почвы в осенний период по сравнению с весенним по всем вариантам опыта от 30,73 до 20,87 %. В севообороте с чистым паром происходило снижение влажности с 29,70 до 20,87 % по способам обработки почвы, в севообороте с сидеральным паром этот показатель составил 30,73–23,67 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влажность почвы (% от а.с. почвы) под посевами ячменя в слое 0-30 см в зависимости от способа основной обработки почвы в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Весна	Осень	В среднем за вегетацию
В севообороте с чистым паром			
Вспашка	28,37	21,33	24,85
Рыхление	28,50	22,10	25,30
Без осенней механической обработки	29,70	20,87	25,29
<b>Среднее по виду пара</b>	<b>28,86</b>	<b>21,43</b>	<b>25,15</b>
В севообороте с сидеральным паром			
Вспашка	28,60	23,67	26,14
Рыхление	30,70	24,93	27,82
Без осенней механической обработки	30,73	24,83	27,78
<b>Среднее по виду пара</b>	<b>30,01</b>	<b>24,48</b>	<b>27,24</b>

Наибольшая влажность почвы за период вегетации ярового ячменя отмечается в вариантах рыхление и без осенней механической обработки в обоих видах парового предшественника, что составило 25,30-27,82 % от а.с. почвы. При вспашке этот показатель был несколько ниже и составил 24,85-26,14 % от а.с. почвы.

Варианты рыхление и без осенней механической обработки способствовали увеличению влаги в среднем за вегетацию, по сравнению со вспашкой на 1,8% и 5,9%, соответственно, как в севообороте с чистым, так и севообороте с сидеральным паром. Сидеральный пар способствовал увеличению влажности на 7,7% по сравнению с чистым.

## 2.2 Микробиологическая активность и общая биогенность почвы

**Микромицеты.** Наибольшая численность микромицетов в течение вегетационного периода было зафиксировано в середине вегетации в фазе кущения – выхода в трубку, 2 срок определения (таблица 3), когда вследствие снижения влажности почвы ингибируется размножение бактерий, антагонистов микромицетов.



Таблица 3 – Динамика численности микромицетов (тыс. КОЕ/ 1г а.с. почвы) за вегетационный период ячменя в зависимости от способа обработки почвы в слое 0-30 см, в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Сроки определения		
	1 срок	2 срок	3 срок
В севообороте с чистым паром			
Вспашка	16,45	44,63	11,53
Рыхление	31,78	58,65	27,69
Без осенней механической обработки	25,76	66,95	10,67
В севообороте с сидеральным паром			
Вспашка	26,27	72,84	13,62
Рыхление	28,04	71,39	19,08
Без осенней механической обработки	27,55	87,54	22,45

Численность микромицетов в севообороте с сидеральным паром в вариантах со вспашкой и рыхлением находилась приблизительно на одном уровне и составила 72,84 и 71,39 тыс. КОЕ /1 г а.с. почвы, соответственно. В варианте без механической обработки почвы их численность была наивысшей в середине вегетации ячменя в севообороте с чистым паром составила 66,95 тыс. КОЕ /1 г а.с. почвы, в севообороте с сидеральным паром – 87,54 тыс. КОЕ /1 г а.с. почвы.

В севообороте с чистым паром основная масса микромицетов была сосредоточена в верхнем аэрированном 0-10 см слое. По мере углубления активность снижается. Аналогичная картина сложилась и в севообороте с сидеральным паром.

Таким образом, численность микромицетов менялась в зависимости от периода вегетации ярового ячменя, в севообороте с сидеральным паром показатели были выше на 20% по сравнению с чистым. Вариант вспашка и без осенней механической обработки отличались: в севообороте с чистым паром 24,2...34,46 тыс. КОЕ/ 1г а.с. почвы, с сидеральным - 37,57...45,85 тыс. КОЕ/ 1г а.с. почвы. Заделка сидерата в паровом поле способствовала увеличению численности данной группы микроорганизмов за весь период вегетации ярового ячменя на 20 %. Особенно это отразилось на варианте вспашка.

**Бактерии.** При изучении динамики численности бактерий в почве в течение вегетации ячменя (таблица 4) в севообороте с чистым и сидеральным паром отмечается ярко выраженное снижение их активности (депрессия) в середине вегетации культуры в фазе кущения - выхода в трубку, вследствие снижения влаги в почве.

В целом, сидеральный пар способствовал повышению численности бактерий на 13 % по сравнению с чистым паром. В среднем за вегетацию варианты с рыхлением и без осенней механической обработки показали снижение численности бактериальной микрофлоры, тогда как при вспашке сложились наиболее благоприятные условия как в севообороте с чистым, так

и с сидеральным паром и находились в пределах 4,71...5,50 млн. КОЕ/1г а.с. почвы. При распределении бактерий по слоям отмечается тенденция – основная масса их сосредоточена в верхнем аэрируемом слое (0-10 см), т.к. большая их часть является облигатными и факультативными аэробами.

Таблица 4 – Динамика численности бактерий (млн. КОЕ/ 1г а.с. почвы) за вегетационный период ячменя в зависимости от способа обработки почвы в слое 0-30 см, в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Сроки определения		
	1 срок	2 срок	3 срок
В севообороте с чистым паром			
Вспашка	5,21	3,65	5,28
Рыхление	3,44	2,53	3,09
Без осенней механической обработки	5,34	3,91	4,38
В севообороте с сидеральным паром			
Вспашка	6,50	2,26	7,74
Рыхление	5,06	3,74	3,35
Без осенней механической обработки	4,39	3,15	6,53

В конце вегетации отмечается увеличение численности бактерий по всем вариантам. Наиболее высокий показатель был в варианте вспашка 5,28...7,74 млн. КОЕ/1г а.с. почвы, меньший показатель был в варианте без осенней механической обработки 4,38...6,53 млн. КОЕ/1г а.с. почвы, минимальный отмечается в варианте рыхление 3,09...3,35 млн. КОЕ/1г а.с. почвы. На вспашке в севообороте с сидеральным паром произошло увеличение численности бактерий на 14 % по сравнению с чистым, в варианте с рыхлением на 25 %. В варианте без осенней механической обработки почвы вид парового предшественника не повлиял на данную группу почвенных микроорганизмов.

**Актиномицеты.** Наименьшая численность актиномицетов наблюдается в 1 срок определения после появления всходов ячменя, затем происходит возрастание в фазе кущения-выхода в трубку на 30 % как в севообороте с чистым, так и в севообороте с сидеральным паром, и снижение их активности в 3 срок определения после уборки культуры на 6 % и 10 %, соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика численности актиномицетов (млн. КОЕ/ 1г а.с. почвы) за вегетационный период ячменя в зависимости от способа обработки почвы в слое 0-30 см, в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Сроки определения		
	1 срок	2 срок	3 срок
В севообороте с чистым паром			
Вспашка	2,28	3,22	2,58
Рыхление	2,33	3,29	3,77
Без осенней механической обработки	2,31	3,51	3,04

В севообороте с сидеральным паром			
Вспашка	2,12	3,36	2,70
Рыхление	2,02	3,42	3,12
Без осенней механической обработки	2,25	3,23	2,88

Таким образом, наибольшая активность актиномицетов и микромицетов отмечается в середине вегетации ярового ячменя в фазе кущения – выхода в трубку, когда у бактерий в этот период наблюдается депрессия. В целом, за период исследования, за вегетацию наибольшая активность актиномицетов отмечается в севообороте с чистым паром, что свидетельствует о глубоких процессах разложения не только растительных остатков, но и гумусовых веществ. Следует отметить, что сидеральный пар способствует в большей степени сохранности гумуса, т.к. содержит меньшее количество актиномицетов.

**Общая биогенность почвы.** При сравнительном анализе двух видов паров наблюдалось, что: общая биогенность в севообороте с сидеральным паром выше на 7 %, чем в севообороте с чистым паром (таблица 6). Сидеральный пар способствовал увеличению общей биогенности почвы и численности всех групп микроорганизмов даже в конце ротации севооборота.

Таблица 6 – Динамика общей биогенности почвы (млн. КОЕ/ 1г а.с. почвы) за вегетационный период ячменя в зависимости от способа обработки почвы в слое 0-30 см, в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Способ обработки почвы	Сроки определения		
	1 срок	2 срок	3 срок
В севообороте с чистым паром			
Вспашка	7,51	6,91	7,87
Рыхление	5,80	5,88	6,89
Без осенней механической обработки	7,68	7,48	7,43
В севообороте с сидеральным паром			
Вспашка	8,64	5,69	10,45
Рыхление	7,11	7,23	6,49
Без осенней механической обработки	6,67	6,47	9,44

Способ основной обработки почвы, не оказал значительного влияния на общую биогенность: по вспашке составляла 7,85; вариант с рыхлением – 6,57; вариант без осенней механической обработки почвы – 7,53 млн. КОЕ /1 г а. с. почвы. Но на распределение микроорганизмов по слоям способ обработки почвы оказывает существенное влияние. Так вариант по вспашке показал наибольшую биогенность почвы в слое 0-10 см в севообороте с чистым паром и составило 7,90...10,68 млн. КОЕ/1г а.с. почвы. А по сидеральному пару наибольшая биогенность отмечалась в более глубоком слое почвы – 20-30 см, имела большее значение и составляла 10,33...12,42 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы. В целом за весь период вегетации ярового ячменя

наименьшие показатели общей численности показал вариант с рыхлением - 6,19...6,94 млн. КОЕ/1г а.с. почвы.

В варианте со вспашкой, в севообороте с сидеральным паром в среднем за вегетацию, в самом нижнем слое сложились наиболее благоприятные условия для микроорганизмов, их численность в 2,3 раза больше, по сравнению с вариантом рыхление и без осенней механической обработки.

При анализе соотношения численности общей биогенности основных групп микроорганизмов в севооборотах видно, что наиболее многочисленной группой являются бактерии (рисунок 1).

В севообороте, как с чистым, так и с сидеральным паром под посевами ярового ячменя основной группой почвенных микроорганизмов являются бактерии, их количество находится в пределах 58-60 %. Количество актиномицетов в пределах 35-41 % и совсем небольшое количество принадлежит микромицетам 1-5 %.



В севообороте с чистым паром



В севообороте с сидеральным паром

Рисунок 1 – Соотношение всех основных групп микроорганизмов в севообороте с чистым и сидеральным паром за весь период наблюдений.

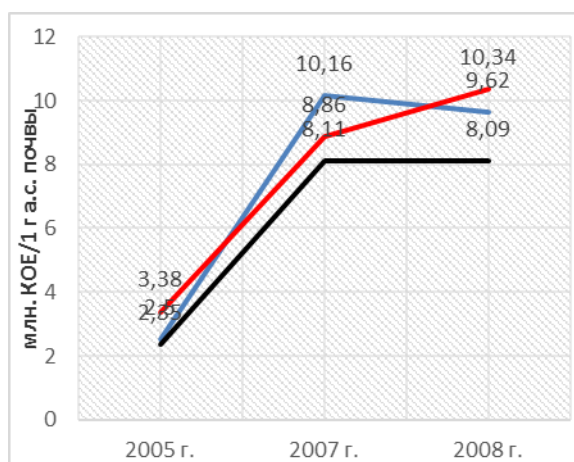
При анализе соотношения основных групп почвенных микроорганизмов по способу основной обработки почвы выявлено, что в варианте вспашка и без осенней механической обработки численность бактерий составляет 60,3...66,5 %, актиномицетов 33...39,2 %, а микромицетов менее 1 % . В варианте с рыхлением преобладают актиномицеты 41...50,5 %, что является косвенным свидетельством обеспечения азотного баланса почвы.

Нами также выявлена зависимость общей биогенности почвы от гидротермического коэффициента (ГТК). Так, в 2005 году ГТК был равен 0,55, в 2007 году ГТК составил 1,02, в 2008 – 0,89 (при среднем многолетнем значении 0,83). (рисунок 2).

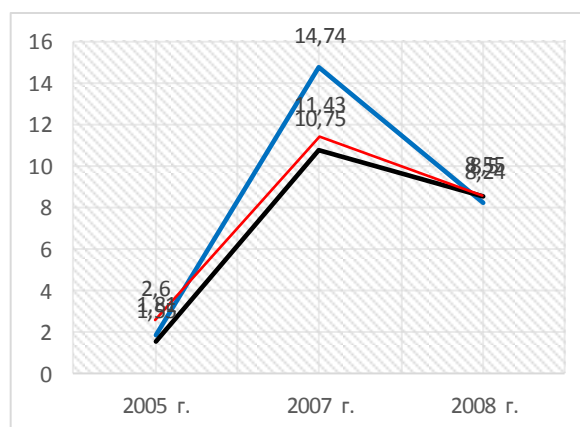
Как в севообороте с чистым, так и с сидеральным паром наиболее благоприятные условия в посевах ярового ячменя для микроорганизмов

сложились в варианте со вспашкой и без осенней механической обработки. Биологическая активность почвы в зависимости от естественных условий увлажнения ярового ячменя, завершающий ротацию севооборота, может изменяться от 1,55 до 14,74 млн. КОЕ / 1 г а.с. почвы.

В севообороте с чистым паром численность общей биогенности не зависела от способа обработки почвы и находилась в пределах 2,35...3,38 млн. КОЕ/1г а.с. почвы в засушливом 2005 г., во влажные года 8,11...10,16 млн. КОЕ/1г а.с. почвы.



В севообороте с чистым паром



В севообороте с сидеральным паром

— Вспашка — Рыхление — Без осенней механической обработки

Рисунок 2 – Динамика общей биогенности почвы (млн. КОЕ/ 1г а.с. почвы) за вегетационный период ячменя в зависимости от способа обработки почвы в слое 0-30 см, в среднем за 2005, 2007, 2008 гг.

Следует отметить, что в варианте со вспашкой в севообороте с сидеральным паром колебания численности микроорганизмов составляют в засушливый 2005 год от 1,81 до 3,38 млн. КОЕ /1 г а.с. почвы и самый влажный за весь период исследований 2007 год от 8,11 до 14,74 млн. КОЕ /1 г а.с. почвы.

В год с недостаточным увлажнением происходит угнетение почвенной микрофлоры (в 2005 г. ГТК 0,55), по сравнению с более влажными годами 2007 – 2008 (ГТК 1,02 и 0,89 соответственно). В экстремально засушливый 2005 год преимущество показал вариант без осенней механической обработки в обоих видах севооборота, но отмечается преимущество чистого пара на 23 %.

Таким образом, общая биогенность почвы в большей степени зависит от погодных условий года, нежели от способа основной обработки.

### 2.3 Ферментативная активность

**Каталаза.** Каталазная активность в зависимости от способов обработки почвы, вида пара, слоя почвы в среднем за вегетацию под посевами ярового ячменя находилась в пределах от 34,5 до 43,6 мкмоль  $H_2O_2$  /мин на 1 г а.с.

почвы, наибольшее колебание по вариантам отмечалось до 12 % (таблица 7). Существенного влияния способов основной обработки на активность этого фермента не выявлено.

Таблица 7 – Каталазная активность почвы в среднем за вегетацию под посевами ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром, в зависимости от способов обработки, слоя почвы за 2005, 2007 гг., мкмоль  $H_2O_2$ / мин / г а.с. почвы

Способ обработки почвы	Слой почвы, см				
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30
В севообороте с чистым паром					
Вспашка	38,74	38,85	39,98	35,36	38,23
Рыхление	35,98	36,66	40,14	35,15	36,98
Без осенней механической обработки	36,90	39,94	37,90	35,69	37,61
В севообороте с сидеральным паром					
Вспашка	35,93	39,52	37,30	39,18	37,98
Рыхление	39,23	40,76	34,48	38,58	38,26
Без осенней механической обработки	42,49	43,62	39,64	35,75	40,37

Активность каталазы почвы в посевах ячменя в слое 0-30 см находилась в пределах от 37,6 до 40,4 мкмоль  $H_2O_2$ / мин / г а.с. почвы, с незначительным повышением в слое почвы 5-10 см на 4-5 единиц.

Отмечалось некоторое повышение активности каталазы почвы в зависимости от срока определения. Так, активность каталазы увеличилась в конце вегетации по сравнению с фазой всходов в 2,2 раза по чистому и в 1,8 раза по сидеральному пару. Хотя в среднем за вегетацию величины активности были сравнимы – 37,6 единиц по паровому предшественнику и 38,9 единиц по сидеральному. Способ обработки почвы в различных видах пара на величину активности каталазы не повлиял.

**Уреаза.** В среднем за годы исследования выявлено неравномерное распределение фермента по слоям почвы. Активность уреазы была выше в верхних аэрируемых слоях почвы (0-5 и 5-10 см), что свидетельствует о высоком уровне обмена азотистых веществ. По мере углубления активность снижается, в среднем до 0,088. Активность уреазы в среднем по слою 0-30 см составляет 0,124 мкмоль  $NH_4^+$ /мин / г а.с. почвы (таблица 8).

Таблица 8 – Уреазная активность под посевами ячменя в среднем за вегетацию в севообороте с чистым и сидеральным паром, в зависимости от способов обработки почвы, слоя почвы за 2005, 2007 гг.,

мкМ/час 1г а.с. почвы

Способ обработки почвы	Слой почвы, см				
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30
В севообороте с чистым паром					
Вспашка	0,154	0,164	0,089	0,087	0,123
Рыхление	0,103	0,078	0,064	0,072	0,079
Без осенней механической обработки	0,144	0,058	0,052	0,044	0,074

В севообороте с сидеральным паром					
Вспашка	0,145	0,102	0,082	0,060	0,097
Рыхление	0,131	0,041	0,029	0,098	0,074
Без осенней механической обработки	0,211	0,137	0,076	0,068	0,123

Активность уреазы имела высокие значения в варианте вспашка на 36-40 % по чистому пару, в варианте без осенней механической обработки на 21-40 % по сидеральному пару по сравнению с другими вариантами.

При снижении механической обработки почвы (от вспашки к без осенней механической обработки) происходит снижение активности фермента в слое 0-30 см.

В целом, сидеральный пар даже в посевах последней культуры севооборота способствовал незначительному увеличению активности фермента уреазы, по сравнению с чистым паром на 6 %, что может свидетельствовать о накоплении легкогидролизуемого азота в почве.

**Инвертаза.** В варианте без осенней механической обработки происходит снижение активности инвертазы в более глубоких слоях 10-30 см в севообороте с чистым паром. Это свидетельствует о низком содержании легкогидролизуемого органического углерода (таблица 9). В севообороте с сидеральным паром происходит увеличение активности инвертазы в варианте с рыхлением и без осенней механической обработке в слое 0-5 см по сравнению со вспашкой на 7-8 %, что является свидетельством длительного эффекта сидерального пара.

Таблица 9 – Инвертазная активность под посевами ячменя в среднем за вегетацию в севообороте с чистым и сидеральным паром, в зависимости от способов обработки, слоя почвы за 2005, 2007 гг., в мг образовавшейся глюкозы 1 г а.с. почвы/час

Способ обработки почвы	Слой почвы, см				
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30
В севообороте с чистым паром					
Вспашка	5,11	4,80	4,39	5,15	4,86
Рыхление	4,98	4,91	4,33	5,26	4,87
Без осенней механической обработки	5,20	4,97	4,43	4,46	4,77
В севообороте с сидеральным паром					
Вспашка	4,77	4,85	4,64	4,59	4,71
Рыхление	5,27	4,64	5,85	4,47	5,06
Без осенней механической обработки	5,60	4,54	5,22	4,97	5,09

Таким образом, способ обработки почвы не оказал значительного влияния на активность ферментов, но повлиял на распределение уреазы по слоям почвы. Увеличение активности ферментов наблюдается в верхнем слое 0-10 см и снижение активности в более глубоких. Сидеральный пар даже в конце ротации севооборота способствовал увеличению активности почвенных ферментов.

## 2.4 Накопление и разложение растительных остатков.

При анализе данных в среднем за годы исследований, наибольшие показатели весенних растительных остатков отмечаются в севообороте с чистым паром, в варианте без осенней механической обработки почвы - 2,01 т/га, что связано с большей засоренностью посевов (рисунок 3).

Даже при дефиците почвенной влаги разложение растительных остатков протекает с большой интенсивностью, стимулированное непрерывным в течение лета поступлением в почву свежего растительного материала.

Наименьшее весеннее количество неразложившейся органики как в севообороте с чистым, так и в севообороте с сидеральным паром наблюдается в варианте со вспашкой 1,69 т/га и 1,49 т/га, соответственно. В более аэрируемых слоях интенсивность микробиологических процессов происходит быстрее, что способствует наибольшему разложению органического вещества.

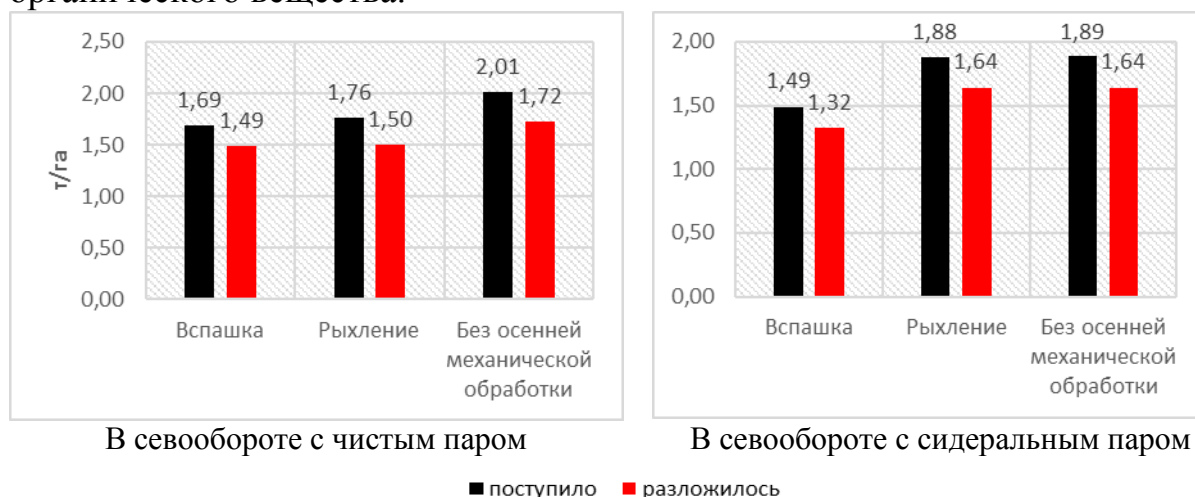


Рисунок 3 – Поступление и разложение растительных остатков в зависимости от способов обработки почвы и вида пара под посевами ярового ячменя за 2007, 2008 гг. в слое 0-40 см, т/га.

В обоих видах парового предшественника подтверждается прямое влияние общей биогенности и способа обработки почвы на процесс разложения органического вещества. Как в 2007 г., так и в 2008 г. отмечается достаточное увлажнение почвы (ГТК 1,02 и 0,89 соответственно), что привело к интенсивным процессам разложения растительных остатков. Выявлена зависимость общей биогенности почвы и интенсивности разложения растительных остатков, коэффициент корреляции в севообороте с чистым паром  $r=0,80$ , в севообороте с сидеральным паром  $r=0,99$ . Вид парового предшественника практически не повлиял на процесс разложения растительных остатков, но повлиял способ обработки почвы. В варианте вспашка интенсивность разложения растительных остатков составила 88,30%. В варианте рыхление и без осенней механической обработки находилось на одном уровне 86,10...86,50 %.



## **2.5 Урожайность ярового ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром**

Полученные данные и результаты их статистической обработки свидетельствуют (таблица 10) о том, что определяющим фактором получения урожая ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья является количество осадков в весенне-летний период.

Таблица 10 – Урожайность ярового ячменя в зависимости от способов обработки почвы и вида пара, за 2005, 2006, 2007, 2008 гг., т/га

Варианты опыта	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	В среднем
<b>В севообороте с чистым паром</b>					
Вспашка	1,37	2,74	2,04	2,58	2,18
Рыхление	1,56	2,96	1,58	2,51	2,15
Без осенней механической обработки	1,39	3,11	1,87	2,54	2,23
<b>В севообороте с сидеральным паром</b>					
Вспашка	1,59	2,19	1,30	2,49	1,89
Рыхление	1,54	2,29	1,92	2,61	2,09
Без осенней механической обработки	1,39	2,56	2,07	2,53	2,18
НСР 0,5 об	0,25	0,34	0,41	0,50	

Изучаемые варианты основной обработки почвы (в т. ч. и вариант без осенней механической обработки) в целом не оказывали стабильного по годам достоверного влияния на существенные изменения физических и биологических свойств почвы и урожайность ярового ячменя. В связи с этим возникает необходимость определения экономической целесообразности минимализации обработки почвы в условиях Самарского Заволжья.

## **2.6 Агроэнергетическая оценка и экономическая эффективность возделывания ярового ячменя**

Наибольший показатель затрат совокупной энергии установлен в варианте со вспашкой 13,17 ГДж/га как в севообороте с чистым, так и в севообороте с сидеральным паром. Вариант с рыхлением и без осенней механической обработки почвы находились на одном уровне – 11,30 ГДж/га и 11,13 ГДж/га соответственно.

Значение коэффициента энергетической эффективности находился в пределах 1,77...2,25 в севообороте с чистым паром и 1,89...2,18 в севообороте с сидеральным паром. Максимальные значения были в варианте с рыхлением и без осенней механической обработки (2,19...2,22). В варианте со вспашкой данный показатель составил – 1,83.

Наиболее высокий уровень рентабельности производства зерна ярового ячменя отмечен в технологии возделывания без осенней механической обработки, что составило 115,63 % в севообороте с чистым паром. В севообороте с сидеральным паром этот показатель составил 110,79 %. По

вспашке как в севообороте с чистым паром, так и в севообороте с сидеральным паром уровень рентабельности был существенно ниже (таблица 11).

Таблица 11 – Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя при различных способах основной обработки почвы

Показатели экономической эффективности	Единица измерения	Способ основной обработки почвы		
		Вспашка	Рыхление	Без осенней механической обработки
<b>В севообороте с чистым паром</b>				
Урожайность	т/га	2,18	2,15	2,23
Цена реализации	руб./т	8700	8700	8700
Стоимость произведенной продукции	руб./га	18966	18705	19401
Производственные затраты	руб./га	11295,39	8733,89	8997,52
Себестоимость	руб./га	5309,16	3488,39	3412,18
Прибыль	руб./га	7670,61	9971,11	10403,48
Уровень рентабельности	%	67,91	114,17	115,63
<b>В севообороте с сидеральным паром</b>				
Урожайность	ц/га	1,89	2,09	2,18
Цена реализации	руб./т	8700	8700	8700
Стоимость произведенной продукции	руб./га	16443,00	18183,00	18966,00
Производственные затраты	руб./га	11295,39	8733,89	8997,52
Себестоимость	руб./га	4775,57	3402,89	3292,75
Прибыль	руб./га	5147,61	9449,11	9968,48
Уровень рентабельности	%	45,57	108,19	110,79
*— Цена на зерно ячменя взята из расчёта 8700 рублей за 1 т (по средним данным за 2018-2019 гг.)				

Таким образом, наиболее экономически выгодными являются варианты без осенней механической обработки и рыхление почвы.

### Заключение

1. Изучение объемной массы пахотного слоя почвы выявило незначительные изменения данного показателя, которые находились на оптимальном уровне для возделывания ярового ячменя (1,10-1,15 г/см<sup>3</sup>), что является свидетельством высокой пластичности черноземов Среднего Поволжья. Варианты рыхление и без осенней механической обработки способствовали увеличению влаги в среднем за вегетацию, по сравнению со вспашкой на 1,8...5,9 %, соответственно, в обоих видах парового

предшественника. В целом сидеральный пар способствовал увеличению влажности на 7,7 % по сравнению с чистым.

2. Почвы Среднего Поволжья характеризуются значительными сезонными колебаниями численности основных групп почвенных микроорганизмов и менее существенными изменениями этого показателя в зависимости от способа обработки почвы.

3. Основной группой почвенных микроорганизмов являются бактерии, их доля в общей биогенности почвы составляет 58-60 %. Наибольшая заселенность пахотного горизонта бактериальной микрофлорой (до 7,74 млн. КОЕ/1г а.с почвы) отмечается в послеуборочный период, тогда как актиномицетами (до 3,51 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы) и микромицетами (до 87,54 тыс. КОЕ/1 г а.с.п.) в середине вегетации ярового ячменя.

4. Выявлена положительная корреляция показателей общей биогенности почвы и гидротермического коэффициента (ГТК). При недостаточном увлажнении происходит угнетение почвенной микрофлоры в севообороте с чистым паром на 70 %, в севообороте с сидеральным – на 81 % по сравнению с влажными годами.

5. Сидеральный пар способствовал увеличению количества почвенных микроорганизмов в среднем на 10 % при использовании вспашки, на 10,8 % при использовании рыхления, без осенней механической обработке влияние парового предшественника было несущественным.

6. Минимализация обработки почвы не приводит к значительным изменениям в составе и соотношении основных групп почвенных микроорганизмов под посевами ярового ячменя по сравнению со вспашкой, а приводит к перераспределению их по почвенному профилю в пахотном слое.

7. Способ обработки почвы не оказал влияния на активность ферментов каталазы, уреазы и инвертазы, но повлиял на распределение уреазы по слоям почвы. Увеличение активности наблюдается в верхнем слое 0-10 см и снижение активности в более глубоких. Сидеральный пар даже в конце ротации севооборота способствовал увеличению активности почвенных ферментов.

8. Выявлена зависимость общей биогенности почвы и интенсивности разложения растительных остатков. В варианте вспашка интенсивность разложения растительных остатков протекала более интенсивно и составила 88,30 %. В варианте рыхление и без осенней механической обработки находилось на одном уровне 86,10 – 86,50 %

9. Коэффициент энергетической эффективности максимален в вариантах с рыхлением 2,19 и без осенней механической обработки 2,22, в варианте со вспашкой данный показатель составил – 1,83 не зависимо от вида парового предшественника.

10. Экономическая оценка различных технологий возделывания ярового ячменя показывает, что наиболее экономически выгодными являются варианты без осенней механической обработки почвы и рыхление.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

В условиях лесостепи Среднего Поволжья с целью сохранения плодородия почвы с оптимальными биологическими свойствами рекомендуется:

– в осенний период поверхностное рыхление на 6-8 см и повторно на 10-12 см при помощи дисковой бороны Catros. Весенний посев ярового ячменя проводить сеялкой АУП-18 на глубину 5-6 см.

– при недостатке осадков осенне-зимнего периода весной проводить прямой посев ячменя сеялкой DMS-601 (Primera) на глубину 5-6 см.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Чугунова, О.А. Влияние способа обработки почвы на биологическую активность при возделывании ярового ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром / О.А. Чугунова, Г.К. Марковская // Известия Самарской ГСХА. – 2018. – №4. – С. 22-27.

2. Чугунова, О.А. Влияние различных способов основной обработки почвы на ферментативную активность при возделывании ярового ячменя в условиях лесостепи Среднего Заволжья / О.А. Чугунова, Г.К. Марковская // Известия Самарской ГСХА. – 2019. – №1. – С. 16-21.

3. Чугунова, О.А. Влияние способа основной обработки на микробиоту почвы и урожайность ячменя в условиях Среднего Поволжья / О.А. Чугунова, Г.К. Марковская // Известия Самарской ГСХА. – 2019. – № 2 – С. 3-8.

### **Публикации в других изданиях**

1. Чугунова, О.А. Влияние способа обработки почвы на численность почвенных микроорганизмов в севообороте с чистым и сидеральным паром / О.А. Чугунова, Г.К. Марковская // Образование, наука, практика: инновационный аспект: Сб. материалов международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.Ф. Блинохвотова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 520 с.

2. Чугунова, О.А. Влияние способов основной обработки почвы на плотность сложения в начале и в конце ротации севооборота / О.А. Чугунова, Ю.В. Степанова // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: сб. тез. по материалам науч.– практ. конф. молодых ученых (16-17 октября 2019 г.). – г. Краснодар: КубГАУ, 2019. – 313 с.

ЛР №020444 от 10.03.98 г.

Подписано в печать 28.07.2020 г.

Формат 60×84 1/16. Печ.л. 1,0

Заказ № \_\_\_\_ . Тираж 100 экз.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ  
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2  
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 112, E-mail: ssaariz@mail.ru