

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ТОРФА»**

На правах рукописи



Московкин Вадим Валерьевич
ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ-ДЕСТРУКТОРОВ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В
АГРОЦЕНОЗАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ
ПОЧВАХ

03.02.08 – Экология (биология)

Диссертация
на соискание учёной степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
кандидат биологических наук
И.В. Русакова

Владимир 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Роль органического вещества в воспроизводстве и повышении плодородия почв.....	10
1.2 Значение органических удобрений в земледелии Нечерноземной зоны и приемы их эффективного использования	16
1.3 Растительные остатки зерновых культур как важнейший источник органического вещества в почвах.....	29
1.3.1 Удобрительные свойства, история и возможные объемы использования соломы на удобрение в России.....	29
1.3.2 Влияние соломы как органического удобрения на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур.....	34
1.3.3 Микробиологические процессы трансформации соломы в почве.....	39
1.4 Микробиологические препараты и их влияние на эколого-агрохимическую эффективность почвы при использовании соломы на удобрение.....	48
Глава 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	58
2.1 Природно-климатические условия Владимирской области.....	58
2.2 Рельеф и почвообразующие породы.....	61
2.3 Характеристика дерново-подзолистых почв Владимирской области.....	63
2.4 Методика и объекты исследований.....	65
Глава 3. ЭКОЛОГО–АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ДЕСТРУКТОРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ	73
3.1 Изучение процессов трансформации соломы зерновых культур в дерново-подзолистой почве при использовании микробиологических	

препаратов-деструкторов (лабораторный опыт №1).....	73
3.1.1 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов в почву на эмиссию углекислого газа.....	73
3.1.2 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на содержание микробной биомассы в почве.....	79
3.1.3 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на динамику содержания минерального азота в почве.....	82
3.2 Изучение приёмов повышения эффективности микробиологических препаратов для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой супесчаной почве (лабораторный опыт №2).....	84
3.2.1 Влияние внесения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на эмиссию CO ₂ из почвы.....	85
3.2.2 Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на динамику содержания микробной биомассы.....	87
3.2.3 Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на содержание минерального азота в почве.....	89
Глава 3.3 Влияние микробиологических препаратов деструкторов на процессы трансформации пожнивных остатков зерновых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы (полевой опыт №3).....	91
3.3.1 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику численности физиологических групп микроорганизмов.....	91
3.3.2 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на густоту стояния растений ярового тритикале.....	98
3.3.3 Фенологические наблюдения при применении соломы и микробиологических препаратов при выращивании ярового тритикале.....	99
3.3.4 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на актуальная биологическую активность почвы.....	101

3.3.5 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику минерального азота в почве.....	102
3.3.6 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на урожайность ярового тритикале.....	106
3.3.7 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на химический состав зерна и соломы ярового тритикале.....	108
3.3.8 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на агрохимические свойства почвы.....	110
3.3.9 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на анализ структуры урожая ярового тритикале.....	113
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ – ДЕСТРУКТОРОВ.....	115
ВЫВОДЫ.....	118
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Почва и её одно из важнейших свойств – плодородие является фундаментом существования человека на Земле и его развития.

Однако, по данным исследований, проведённых в различных почвенно-климатических зонах нашей страны, в последние десятилетия происходит уменьшение содержания органического вещества в пахотных почвах, а, следовательно, снижение их плодородия.

Деградация пахотных почв обусловлена нехваткой традиционных ресурсов восполнения органического вещества почвы и низким уровнем применения минеральных удобрений.

За последние годы происходит сокращение применения органических удобрений в сельскохозяйственном производстве в связи с недостаточным объёмом их производства и высокой энергозатратностью [Вислобокова Л.Н. и др., 2012].

Обеспеченность 1 га посевов навозом составляет 1,5 т/га в сельскохозяйственных организациях, 22,4 т/га – в личных подсобных хозяйствах. Дисбаланс между выходом и внесением навоза и помёта в сельскохозяйственных организациях составляет 40 млн. т. Ежегодное внесение органических удобрений (навоза) стабилизировалось за последние 5 лет на уровне 53 млн. т или менее 1 т/га посевной площади, что составляет всего 10% от потребности [Лукин С.М. и др., 2012].

Наиболее существенным по объёму, ежегодно полностью возобновляемым ресурсом органического вещества и питательных элементов, способным решить данную проблему в современных условиях является использование соломы зерновых культур в качестве органического удобрения.

Ценность соломы зерновых культур как удобрения определяется содержанием в ней органических соединений – 80-86%, представленных моно- и полисахаридами, декстринами, белками, лигнином и др. [Русакова И.В., Воробьев Н.И., 2010].

Несмотря на отмеченные выше преимущества, использование соломы в качестве удобрения имеет целый ряд особенностей. Так в естественных условиях основная часть органического вещества соломы минерализуется до конечных продуктов (CO_2 и H_2O) и лишь 10-20% преобразуется в гумусовые вещества или накапливается и сохраняется в почве в форме устойчивых к разложению полугумифицированных соединений. Также использование высоких доз соломы может приводить к увеличению числа вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и в ряде случаев снижать урожайность зерновых культур.

Для предотвращения негативного влияния соломы и усиления её положительного действия в качестве удобрения необходимо обеспечить условия для её скорейшего разложения и стимулировать наиболее полную трансформацию растительной биомассы, поступающей с соломой в почву.

Решение данной задачи возможно при использовании микробиологических препаратов, содержащих эффективные штаммы микроорганизмов, которые позволяют регулировать состав и численность микробного комплекса, выстраивать специальные метагеномные сети, вовлекая в почвенных условиях в процессы деструкции аборигенную микрофлору, отбирая наиболее производительные группы микроорганизмов [Воробьев Н.И. и др., 2012].

Применение биопрепаратов-деструкторов, способствующих наиболее полной трансформации растительной биомассы, особенно актуально и эффективно при использовании высоких доз соломы; в специализированных, насыщенных зерновыми культурами севооборотах; заделке растительных остатков под зерновые (озимые) культуры.

В связи с этим очень важно исследовать механизм действия микробиологических препаратов деструкторов, выявить их влияние на урожай зерновых культур, качество продукции и плодородие почвы.

Цель работы: изучить влияние новых микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков зерновых культур на экологию-

агрохимическую эффективность дерново-подзолистой супесчаной почвы в агроклиматических условиях Владимирской области

Задачи исследований:

1. Исследовать феномен влияния микробиологических препаратов - деструкторов на скорость разложения соломы в дерново-подзолистой супесчаной почве.

2. Дать оценку совместного применения микробиологических препаратов и соломы на биологическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы.

3. Выявить особенности влияния совместного применения микробиологических препаратов и соломы на агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы.

4. Исследовать воздействие совместного применения микробиологических препаратов и соломы, используемой в качестве удобрения, на урожай ярового тритикале.

Научная новизна. Впервые на лёгких дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья получены экспериментальные данные по агроэкологической эффективности новых микробиологических препаратов, полученных на основе эффективных микроорганизмов и предназначенных для ускорения разложения послеуборочных остатков зерновых культур, количественные параметры, характеризующие влияние инокулирования биопрепаратами на скорость и направленность процессов трансформации растительных остатков зерновых культур в супесчаной дерново-подзолистой почве.

Установлено, что инокуляция и предварительное компостирование соломы с биопрепаратом перед заделкой в почву способствует оптимизации биологических процессов ее трансформации.

Практически показана возможность регулирования с помощью микробиологических препаратов микробного сообщества почв.

Проведена оценка продукционной, ресурсо-восстанавливающей, агрохимической и экономической эффективности использования

микробиологических препаратов деструкторов при их совместном использовании с соломой зерновых культур в качестве удобрения на дерново-подзолистой почве.

Практическая значимость. Применение микробиологических препаратов совместно с соломой на удобрение позволяет решить вопрос недостатка органических удобрений в Центральной Нечернозёмной зоне. Впервые показано экономическое преимущество применения микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков зерновых культур в агроценозах на дерново-подзолистой супесчаной почве. Решён вопрос экологически безопасного способа утилизации соломы зерновых культур, без нанесения вреда окружающей среде.

Результаты работы могут быть использованы в курсах лекций по биологии почв, агрохимии и экологии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Совместное применение соломы зерновых и микробиологических препаратов способствует активизации биологических процессов и усилению биологической активности почвы.

2. Применение микробиологических препаратов-деструкторов способствует ускорению разложения соломы в дерново-подзолистой супесчаной почве.

3. Применение микробиологических препаратов с соломой оказывает положительный эффект на агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы.

4. Использование биологических препаратов-деструкторов с пожнивными остатками зерновых на удобрение приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственной культуры.

Апробация работы и публикации. Результаты работы и основные положения были доложены на конференциях: 47-ая международная конференция молодых ученых, докторантов, аспирантов, и соискателей учёных степеней доктора и кандидата наук (ВНИИА, Москва, 2013); 48-ая международная конференция молодых ученых, докторантов, аспирантов, и соискателей учёных степеней доктора и кандидата наук (ВНИИА, Москва, 2014); «День Науки

студентов и аспирантов - 2013» Владимирского Государственного Университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир, 2013); «День Науки студентов и аспирантов - 2014» Владимирского Государственного Университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир – 2014); Конкурс «УМНИК - 2013» (Владимир, 2013); Конкурс «УМНИК - 2014» (Владимир, 2014); 18-ые Докучаевские молодежные чтения «Деградация почв и продовольственная безопасность России» Международная научная конференция, (Санкт-Петербург, 2015); 4 международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях» (Астрахань, 2015).

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 5 статей в журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 142 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырёх глав, предложений производству, выводов и приложений, содержит 32 таблицы, 18 рисунков и 4 приложения. Список литературы включает 165 источников отечественных и зарубежных авторов.

Благодарности. Автор приносит глубокую благодарность к.б.н. И.В. Русаковой, под чьим руководством выполнялась данная работа. Автор выражает благодарность своим учителям и коллегам М.А. Мазирову, С.М. Лукину, Т.Ю. Анисимовой, М.Н. Новикову, А.М. Тысленко, С.И. Тарасову, А.И. Еськову, А.А. Корчагину, Д.К. Медину за помощь, поддержку, консультации и ценные советы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Роль органического вещества в воспроизводстве и повышении плодородия почв

Общеизвестно, что почва является основой жизни на Земле и представляет собой особое природное образование, обладающее плодородием. Она понимается как живой организм и постоянно находится в стадии почвообразовательного процесса, который представляет совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще [Роде А.А., 1937]. Наиболее важными слагаемыми почвообразовательного процесса являются: создание органического вещества и его разложение; синтез органо – минеральных соединений и их разрушение. В результате биологического круговорота веществ, процесса синтеза и разрушения органического вещества почвообразующая порода непрерывно взаимодействует с растениями и микроорганизмами почвы, а также продуктами разложения органических остатков. Это и есть сущность почвообразовательного процесса и трансформации уровня плодородия почв.

В почвообразовании принимают участие высшие зеленые растения, низшие растения, бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, высшие позвоночные и мелкие беспозвоночные животные (членистоногие, моллюски, черви, простейшие) [Кауричев И.С., 1989].

В планетарном масштабе почва рассматривается как составная часть, фундамент биосферы, материально – энергетической частью которого являются фотосинтезирующие организмы, прежде всего зеленые хлорофиллоносные растения, способные в процессе фотосинтеза с участием солнечной энергии, углекислого газа, воды и минеральных солей создавать растительное органическое вещество.

Улучшенные человеком естественные растения превратились в культурные, а их возделывание на огромных территориях суши, около 32-35% общей площади,

в настоящее время превратилось в важнейшую отрасль общественной деятельности – земледелие, базовую отрасль сельского хозяйства [Лыков А.М. и др., 2004].

Несмотря на впечатляющие масштабы современного земледелия, оно есть только часть биосферы, подчиняющееся общим законам жизни как частное общему в едином системно обусловленном процессе. Это обстоятельство до поры до времени оставалось, к сожалению, мало замеченным, чему способствовал хотя и медленный, но постоянный прогресс в развитии отрасли, пока земледелец не осознал тревожные и даже угрожающие его благополучию результаты своей деятельности (разрушение почвенного покрова, возрастающая затратность, ухудшение качества продукции, загрязнение окружающей среды и др.). Такое «открытие» явилось результатом возникновения и развития агрономии и других наук, особенно новой междисциплинарной науки – экологии, утверждающей принципиально иную, эоцентрическую (биологическую) парадигму развития Мира [Лыков А.М. и др., 2004]. То есть в формировании и стабилизации плодородия почв первостепенная роль должна принадлежать органическому веществу.

Многостороннее положительное влияние органического вещества на агрономические свойства почв отмечал в своих трудах академик В.Р. Вильямс (1946). По его мнению: «С какой бы стороны мы не рассматривали почву – с точки зрения её происхождения, будем ли мы рассматривать вопрос о плодородии почвы или о содержании в ней питательных веществ, станем ли мы рассуждать об обработке почвы, об удобрении её, об осушении – всюду сейчас же всплывает вопрос об органическом веществе почвы, как главном факторе, определяющем весь ее характер, все свойства, всю физиологию почвы. Этой концепции придерживаются сторонники биологизации земледелия [Кирюшин В.И., 1996; Новиков М.Н. и др., 2007].

Тестовым показателем уровня поступления в почву органического вещества является содержание в ней гумуса, поэтому в агрономической литературе он трактуется как главный фактор плодородия почв [Докучаев В.В., 1948; Тюрин И.В., 1965; Кононова М.М., 1963; Аристовская Т.В., 1965; Александрова Л.Н.,

1980; Ковда В.А., 1973; Лыков А.М., 1985; Шевцова Л.К., 1989; Кулаковская Т.Н., 1990; Новиков М.Н., 1993; Новиков М.Н., Фролова Л.Д., 2014].

Концентрируя энергию солнца, перераспределяя её, органическое вещество обеспечивает жизнедеятельность почвенных организмов, выполняющих значительную механическую работу, а также биохимические и химические реакции, составляя сущность почвообразования и подготовки питательного бульона для надземных растений.

Громадная роль органического вещества (гумуса) в круговороте элементов питания. Чем больше его запасы в почве, тем богаче она азотом, серой, калием, кальцием и микроэлементами. С наличием гумуса связаны физические свойства почвы, в первую очередь такие, как структура, агрегированность почвенной массы, водопрочность, плотность, пористость, водопроницаемость и влагоемкость.

Гумусовые вещества благодаря комплексообразующей и поглотительной способности удерживают в почве многие элементы питания растений, способствуя не только значительному снижению непроизводительных их потерь, но и предотвращению загрязнения окружающей среды. Обеспечение почвы органическим веществом способствует повышению эффективности минеральных удобрений и средств химической мелиорации почв [Лебедева Л.А., Егорова Е.В., 1987].

Большую роль органическое вещество почвы играет в образовании углекислоты и обеспечению ею растений. Даже незначительное повышение концентрации CO_2 в приземном слое воздуха увеличивает урожай растений на 30-100% [Ничипорович А.А., 1982].

Рост гумусированности усиливает фунгистазис почвы, снижает отрицательное воздействие на растения повышенных доз минеральных удобрений, тяжелых металлов и пестицидов [Войнова-Райкова Ж. и др., 1986].

Гумус служит своеобразной кладовой витаминов, антибиотиков, гормонов и других подобных соединений, положительно воздействующих на развитие растений [Овчаров К.Е., 1969].

Видовое различие почв в основном зависит от содержания в них гумуса и биологического азота органического вещества (Таблица 1).

Суммарный уровень плодородия почв в разрезе регионов страны оценивают по показателям бонитировки. Бонитировка почв (лат. *bonitas* – доброкачественность) - это сравнительная оценка качества почв, их производительной способности [Гаврилюк Ф.Я.,1974]. Другими словами – это специализированная генетико-производственная классификация почв, плодородие которых выражено в баллах. Бонитет почв – показатель качества почв, их продуктивности, добротности.

Таблица 1 - Запасы гумуса и азота в почвах генетического ряда (по обобщенным данным)

Почва	Запасы, т/га (0-100 см слоя почвы)	
	гумус	азот
Дерново-подзолистая песчаная	40	2.0
Дерново-подзолистая супесчаная	54	2.7
Дерново-подзолистая легко- и среднесуглинистая	68	3.4
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая и глинистая	82	4.1
Светло-серая лесная	159	9.0
Серая лесная	249	12.0
Темно-серая лесная	357	18.0
Чернозем выщелоченный	568	28.2
Чернозем оподзоленный	486	24.3
Чернозем типичный	600	30.0
Чернозем обыкновенный	500	25.0
Чернозем южный	430	22.0

Главным основанием бонитировки почв служат их природные признаки и свойства как наиболее объективные и надежные показатели естественной правоспособности почв в процессе их сельскохозяйственного использования.

При бонитировке почв учитываются прежде всего свойства, заложенные в самой почве, устойчиво коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур, и на этой основе устанавливают балл бонитета почв, их сравнительную ценность, добротность. Только на основе двойного контроля (учета свойства самой почвы и урожайности) определяется балл бонитета почв, уровень которого определяет естественную продуктивность почв (Рисунок 1).

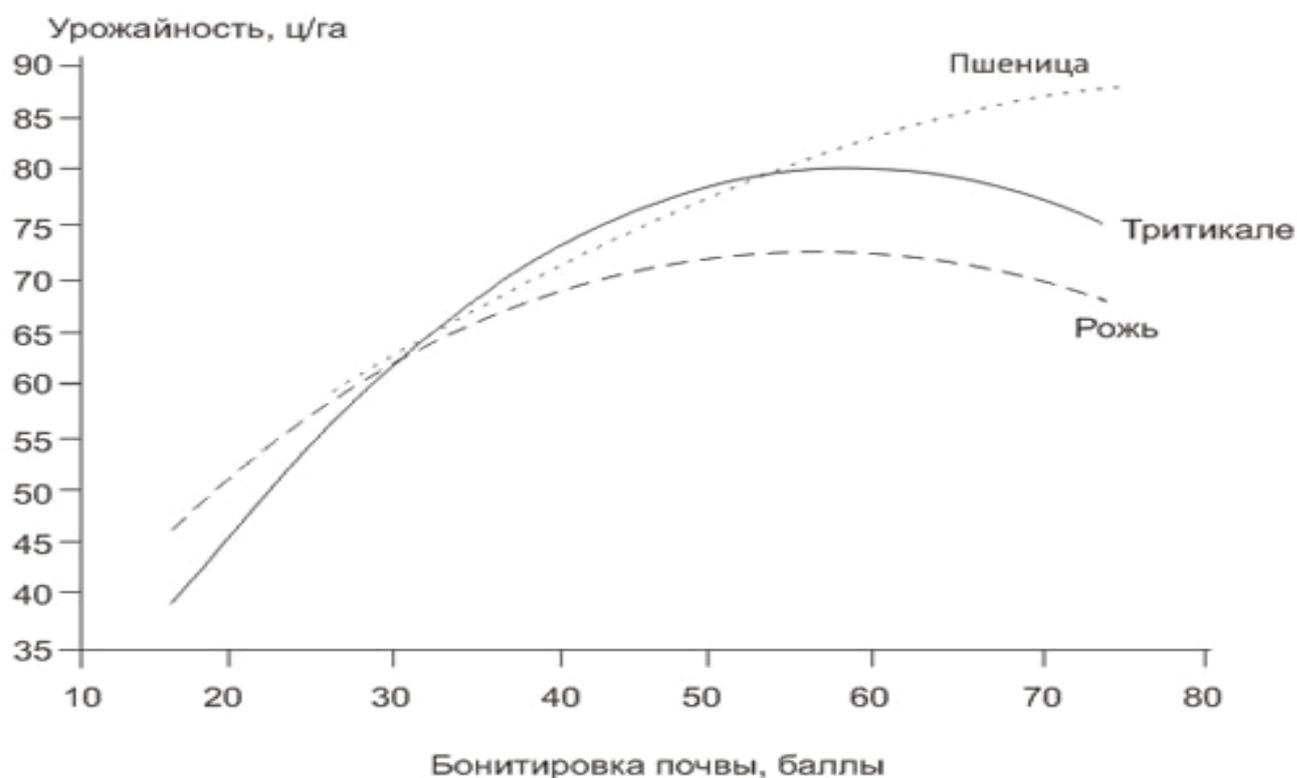


Рисунок 1 - Зависимость урожайности культур от балла бонитета почв (обобщенные результаты по данным исследований госсортоучастков)

Наибольшая величина урожайности озимых ржи и тритикале достигается на почвах с уровнем плодородия 50-60 баллов, озимой пшеницы – 80 баллов, что, видимо, связано с сортовыми особенностями возделываемых культур. В

настоящее время плодородие дерново-подзолистых почв составляет 12-25 баллов, серых лесных – 25-40 баллов, черноземных – свыше 40 баллов.

Величина плодородия почв, существенно зависит от содержания в них гумуса (Таблица 2).

Значительная часть территории РФ расположена в таежно-лесной (Нечерноземной) зоне умеренно-холодного пояса, с природно-малопродуктивными подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. В то же время Нечерноземье характеризуются достаточно благоприятными климатическими и погодными условиями, способствующие успешному развитию растениеводства и животноводства.

Таблица 2 - Шкала для расчета баллов по содержанию гумуса в почвах (Востокова Л.Б. и др., 2010)

Гумус,%	Балл	Гумус,%	Балл	Гумус,%	Балл
0.5	7	2.7	39	4.9	70
0.6	9	2.8	40	5.0	71
0.7	10	2.9	41	5.1	73
0.8	11	3.0	43	5.2	74
0.9	13	3.1	44	5.3	76
1.0	14	3.2	46	5.4	77
1.1	16	3.3	47	5.5	79
1.2	17	3.4	49	5.6	80
1.3	19	3.5	50	5.7	81
1.4	20	3.6	51	5.8	83
1.5	21	3.7	53	5.9	84
1.6	23	3.8	54	6.0	86
1.7	24	3.9	56	6.1	87
1.8	26	4.0	57	6.2	89
1.9	27	4.1	59	6.3	90
2.0	29	4.2	60	6.4	91
2.1	30	4.3	61	6.5	93
2.2	31	4.4	63	6.6	94
2.3	33	4.5	64	6.7	96
2.4	34	4.6	66	6.8	97
2.5	36	4.7	67	6.9	99
2.6	37	4.8	69	7.0	100

Устранение почвенных и климатических противоречий вполне реально путем значительного повышения плодородия почв зоны. Чрезвычайно важно для достижения этой цели решать проблему органического вещества почв. Ученые Всероссийского НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова [Милащенко Н.З. и др., 1993] считают, что при интенсивном окультуривании происходит сближение уровня плодородия почв Нечерноземной зоны. Высоко окультуренные дерново-подзолистые почвы, фактически приобретают новый почвенный тип «агроземов», которые по уровню плодородия не уступают окультуренным черноземам. При достижении высокой окультуренности почв урожайность ведущих сельскохозяйственных культур может увеличиваться в следующих размерах:

- на черноземах на 40-45%;
- на темно-серых лесных почвах – на 45-50%;
- на светло-серых лесных почвах - на 50-60%;
- на дерново-подзолистых почвах - на 75-90%.

Примером высокой эффективности окультуренных могут служить земли частных подворий, дачных участков, отдельных фермерских и коллективных хозяйств.

1.2 Значение органических удобрений в земледелии Нечерноземной зоны и приемы их эффективного использования

Органические удобрения являются ведущим звеном круговорота органического вещества элементов питания в агроэкосистемах. По мнению академика, основателя агрохимической науки в России Д.Н. Прянишникова (1945): «Наряду с ростом снабжения сельского хозяйства минеральными удобрениями и задачами более продуктивного их использования перед земледельцами стоит важная задача максимальной мобилизации всех местных удобряемых ресурсов и в первую очередь правильной организации хранения и применения навоза. Дело в том, что без правильной организации использования навоза не может быть налажено действительное применение минеральных

удобрений.. Эти обстоятельства заставляют считать навоз одним из основных элементов правильной системы применения удобрений в сельском хозяйстве».

Учитывая благоприятные гидротермические условия, почвенный покров Нечерноземья при его окультуривании обладает высоким продукционным потенциалом. Академик В.И. Кирюшин (1996) считает, что интенсификация земледелия в этой зоне должна быть сопряжена с его биологизацией, в частности с травосеянием, сидерацией, с повышением доли бобовых в севооборотах и, соответственно, интенсивным обогащением почвы органическим веществом биологическим азотом. Увеличение пропашных культур в структуре севооборотов должно сопровождаться поддержанием органического вещества почвы путем использования промежуточных сидеральных культур, травосеяния, внесении навоза. Дозы органических удобрений определяют с учетом структуры посевных площадей. В севооборотах с 50% зерновых, 20% многолетних трав, 10% пропашных культур и 20% кормовых рекомендуют 8-10 т/га навоза. При 50% насыщенности севооборота пропашными культурами необходимо вносить 15 т/га навоза в среднем за год.

Систематическое применение органических удобрений и сидератов увеличивает мощность пахотного слоя, повышает микробиологическую активность, обогащает почву органическим веществом и элементами минерального питания, улучшает физические и водно-воздушные свойства, а также из-за значительного содержания карбонатов способствует нейтрализации кислотности. Кроме выполнения удобрительных функций, применение органических удобрений, сидератов, возделывание многолетних трав должно способствовать повышению содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах до оптимальных величин: на песчаных почвах до 1,3–1,8, супесчаных - 1,6-2,0, легко и среднесуглинистых - 2,1-2,5, тяжелосуглинистых и глинистых – 2,6-3,0% [Милащенко Н.З. и др., 1993]. Помимо гумуса оптимизация плодородия почв Нечерноземья связана и с другими показателями (Таблица 3).

Интерес к органическим удобрениям в мировом земледелии в последние годы повышается в связи с удорожанием энергоресурсов и стоимости

минеральных удобрений, а также обострением проблемы получения качественной сельскохозяйственной продукции.

Таблица 3 - Основные показатели окультуренности дерново-подзолистых почв (пахотный слой)

Степень окультуренности	Содержание гумуса, %	pH _{сол.}	Степень насыщенности основаниями, %	Содержание питательных элементов, мг/1 кг почвы	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
Песчаные почвы					
Слабая	0,5-1,0	меньше 4,5	меньше 50	меньше 50	меньше 40
Средняя	1,1-1,5	4,6-5,0	50-60	50-100	40-80
Повышенная	1,6-2,0	5,1-5,5	61-80	101-150	91-120
Высокая	больше 2,0	больше 5,5	больше 80	больше 150	больше 120
Супесчаные почвы					
Слабая	0,8-1,3	меньше 4,5	меньше 50	меньше 50	меньше 40
Средняя	1,4-1,8	4,5-5,0	50-60	50-100	40-80
Повышенная	1,9-2,5	5,1-5,5	61-80	101-150	81-120
Высокая	больше 2,5	больше 5,5	больше 80	больше 150	больше 120
Суглинистые почвы					
Слабая	1-1,5	меньше 4,5	меньше 60	меньше 100	меньше 80
Средняя	1,6-2,0	4,5-5,0	60-80	110-150	81-120
Повышенная	2,1-3,0	5,1-6,0	81-90	151-250	121-170
Высокая	больше 3,0	больше 6,0	больше 90	больше 250	больше 170

Также окультуренные почвы суглинистого состава должны иметь пахотный слой 27-32 см, плотность сложения - 1,20-1,30 г/см³, общую порозность – 50-53 см³, почвы легкого механического состава – пахотный слой 25-27 см.

Органические удобрения оказывают разностороннее действие на повышение плодородия почв и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Органические удобрения снижают связность и липкость глинистых почв и повышают связность и липкость песчаных и супесчаных почв. Положительное

действие органических удобрений на структуру почвы усиливается при использовании их в сочетании с известкованием.

Под влиянием органических удобрений значительно улучшается биологическая активность почв, что ведет к усилению выделения из почвы углекислого газа, улучшает условия воздушного питания, повышает продуктивность фотосинтеза, ускоряет распад пестицидов в почве.

Под влиянием органических удобрений происходит окультуривание почв, ведущим показателем которого является их гумусное состояние. При этом увеличивается не только содержание углерода в почве, но изменяется и качественный состав гумуса. В окультуренных почвах оптимизируется отношение активной и пассивной частей гумуса, расширяется отношение гуминовых и фульвокислот, в том числе за счёт накопления гуматов кальция, являющихся наиболее важной фракцией почвенного органического вещества. На окультуренных дерново-подзолистых почвах тип гумуса изменяется в благоприятную сторону: из гумато-фульватного он становится фульватно-гуматным или гуматным. Ценность такого гумуса сильно возрастает, так как гуминовые кислоты способствуют улучшению водно-физических свойств почвы. В окультуренных почвах также снижается отношение между углеродом и азотом, т.е. возрастает обогащенность гумуса азотом.

Гумус является одновременно аккумулятором и источником энергии для многих биологических и химических процессов, протекающих в почве, для нормального обмена и круговорота энергии и вещества в агроландшафте. Приходная часть гумусового баланса складывается в основном за счет гумификации растительных остатков (пожнивных и корневых) и внесении органических удобрений. Только систематическое применение органических удобрений в высоких дозах обогащает почву гумусом. Дозы органических удобрений зависят от типа почвы и ее механического состава, уровня содержания в ней гумуса, структуры посевных площадей, климатических условий, а также от местоположения в рельефе.

С широким внедрением в производство интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, где система удобрения строится на основе удовлетворения полной потребности растений в элементах питания, весьма актуальным становится вопрос обеспечения условий для создания расширенного воспроизводства плодородия почв.

Для эффективного проявления удобрительных свойств органических удобрений пахотный слой окультуренных дерново-подзолистых почв должен иметь мощность не ниже 25-27 см (Таблица 3). В этой связи на слабоокультуренных почвах ведущие культуры Нечерноземья – картофель, кукуруза, овощи, под которые вносится основная масса органических удобрений, целесообразно возделывать на широких гребнях (86-90 см) и грядах, создавая тем самым мощный корнеобитаемый слой почвы и увеличивая эффективность удобрений. Эта система возделывания культур была разработана и получила широкое распространение в 60 годы прошлого столетия в регионах Дальнего Востока с муссонным климатом (Приамурье и Приморье), она позволила в целом повысить продуктивность пропашных культур до 15-30 % [Бурлака В.В., 1967]. В СПК « Илькино» Владимирской области переход возделывания картофеля на гребнях 86 см и строгое соблюдение технологического регламента возделывания культуры позволяет ежегодно на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах на площади 250 га получать урожай клубней около 200 ц/га, а в более благоприятные годы - 300 ц/га [Новиков М.Н., Фролова Л.Д., 2014]. Почва гребней, имея лучший водно-воздушный режим, обладает повышенной биологической активностью.

Более высокое действие органических удобрений на урожай имеет место и в тех случаях, когда растения обеспечены всеми остальными условиями, необходимыми для их нормального роста и развития. Обеспеченность теплом, влагой, отсутствие сорной растительности, низкий фитопатогенный фон, высококачественные семена, современное проведение обработки почвы, посева и всех работ по уходу за растениями создают хорошие условия для получения высокого эффекта для удобрений. По этому поводу Д.Н. Прянишников (1940)

отмечает: «... действие удобрений, как правило, бывает более сильным в сочетании с высококачественной агротехникой. На фоне высокой агротехники даже сравнительно небольшие дозы удобрений могут быть весьма эффективными, тогда как при низком уровне агротехники и повышенные дозы удобрений часто не дают ожидаемых результатов».

В севооборотах каждая удобряемая культура должна иметь экономически оптимальную дозу удобрения (Таблица 4).

Таблица 4 - Влияние доз навоза на урожайность клубней картофеля и суммарную продуктивность культур полевого севооборота [ЦОС ВИУА, Милащенко Н.З. и др., 1993]

Дозы навоза	Картофель, ц/га			Суммарная продуктивность всех культур севооборота, ц/га кормовых единиц		
	урожай	прибавка	оплата 1 т навоза, кг	урожай	прибавка	оплата 1 т навоза, кг
0	173	-	-	201	-	-
20	207	29	149	236	35	1.8
40	217	39	99	249	48	1.2
60	232	54	90	246	45	0.8
80	240	62	78	257	56	0.7
100	251	73	73	262	61	0.6
120	267	89	74	255	54	0.5
160	281	103	64	267	66	0.4

Эффективность органических удобрений возрастает в сочетании с минеральными. И.П. Мамченков и В.А. Васильев (1972) на основе обобщения 34 отечественных и 10 зарубежных опытов по сравнительной оценке сбалансированных по элементам питания удобрений установили, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах приоритет урожайности севооборота от органо-минерального удобрения составлял 23%, на суглинистых и глинистых почвах - 8%, на черноземных почвах - 5%, по зарубежным опытам - 9%.

Оптимальное соотношение органических и минеральных удобрений в сочетании зависит от удобряемых культур. В опытах ВНИИОУ [Новиков М.Н., 1993] на дерново-подзолистой супесчаной почве эффективность нормы элементов питания в пределах дозы подстилочного навоза 40 т/га заметно зависела от соотношения в ней NPK и минеральных удобрений, также удобряемой культуры (Таблица 5).

Таблица 5 - Влияние соотношения элементов питания на эффективность органо-минерального удобрения (прямое действие)

Удобрения	Урожай, ц/га		
	Картофель	Кукуруза з. масса	Подсолнечник з.м.
Без удобрений	218	282	259
Навоз 40 т/га (N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀)	+77	+82	+58
Навоз 30 т/га + N ₅₀ P ₂₆ K ₆₀	+93	+106	+94
Навоз 20 т/га + N ₁₀₀ P ₅₂ K ₁₂₀	+115	+132	+105
Навоз 10 т/га + N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₈₀	+123	+104	+158
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀	+58	+100	+141
НСП ₀₅ , ц/га	33	42	45

Наиболее высокий урожай картофеля и подсолнечника получены при соотношении элементов питания органических и минеральных удобрений – 1:3, зеленой массы кукурузы - 1:1. В звене севооборота (пропашные – зерновые - зерновые) более эффективно было сочетание удобрений 1:1.

Экономически выгодная органо-минеральная система удобрения должна включать в себя элементы, обеспечивающие сбалансированное питание растений. Ещё больше разница в пользу совместного использования удобрений достигается, если органические удобрения дополняются питательными элементами, находящимися в минимуме. По этому поводу Д.Н. Прянишников (1940) отмечает, что минеральные удобрения должны исправлять недостатки органических. Существенно возрастает эффект органических удобрений в

органо-минеральной системе, используемой на запланированный урожай [Каюмов М.К., 1977].

Учитывая, что эффективность твердых органических удобрений значительно повышается в пропашных севооборотах, в первую очередь, их вносят под картофель, овощи, сахарную и кормовую свеклу, кукурузу, а в специализированных севооборотах – под наиболее ценные культуры – озимые пшеницу и рожь, лён и др. [Еськов А.И. и др., 2001]

Важным показателем эффективности удобрений является равномерность их внесения. Исследования ВНИИОУ показывают, что недобор урожая отмечается при неравномерности внесения навоза 10-20%, при росте неравномерности в 2 раза недобор увеличивается в 10 раз [Еськов А.И. и др., 2001]. Согласно данным ВИМ, по мере увеличения неравномерности внесения навоза происходит трансформация функции отзывчивости: значительно падает максимально возможная урожайность и смещаются максимумы функций в сторону меньших доз [Марченко Н.М. и др., 1990]. Часто неравномерное внесение отмечается при использовании бесподстилочного навоза. Оно приводит к интенсивному развитию сорняков и гибели культурных растений (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Посевы ячменя на поле с неравномерным внесением бесподстилочного навоза

Наиболее высока отдача и экономика использования органических удобрений при их дробном и локальном внесении [Гилис М.Б., 1975]. Интерес в этом представляют исследования Судогодского опытного поля (Таблица 6) [Мамченков И.П. и др., 1977].

До сих пор остается спорный вопрос об оптимальной глубине заделки органических удобрений в почву. В работах Д.Н. Прянишникова указывается, что глубина заделки органических удобрений колеблется чаще всего в пределах от 10 до 20 см, причем на связных почвах их заделывают мельче, чем на песчаных. Автор указывает, что заделка навоза в пределах от 12 до 20 см не оказывает еще заметного влияния на скорость разложения его; лишь с глубины 27-26 см проявляется замедление разложение навоза.

Таблица 6 - Влияние способов внесения навоза на урожай картофеля

Схема опыта	Урожай, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Без удобрений (контроль)	115	-	-
40 т/га навоза – сплошное внесение	260	145	126
20 т/га навоза – сплошное внесение	228	113	98
20 т/га навоза – внесение в борозду	258	143	124
10 т/га навоза – внесение в борозду	207	92	80
5 т/га навоза – внесение в лунку (под клубень)	192	77	67

Д.Н. Прянишников (1940) по этому поводу пишет: «На связных почвах такое замедление скажется гораздо раньше и условия разложения навоза более, чем другие соображения, должны определять глубину его заделки. Неправильно было бы, например, соотносить глубину заделки навоза с глубиной распространения корней тех растений, которые в сильной мере используют подпочву; тогда навоз попадал бы в условия, неблагоприятные для разложения; при заделке навоза не столь глубоко энергичное разложение навоза дает больше подвижных соединений (нитратов), способных к передвижению вместе с влагой,

и корни растения, улавливая нитраты, будут лучше ими обеспечены, чем при такой глубокой заделке, которая неблагоприятна для нитрификации». С этими положениями Д.Н. Прянишникова перекликаются исследования М.Н. Новикова (1993) по глубине заделки навоза на буроземах Приамурья, черноземах Лесостепной зоны и дерново-подзолистых почвах ЦРНЗ, основанные на послойном изучении биологической активности пахотного слоя почвы чистого пара без удобрений методом аппликаций и проведения соответствующих полевых опытов. Автор пришел к выводу о целесообразности внесения навоза в биологически активный слой почвы, что повышает эффективность навоза на 8-16%. В биологически активном слое почвы происходит более интенсивная минерализация органического вещества почвы и удобрений, он относительно других слоев насыщен доступными элементами питания, поэтому в нем формируется значительная масса корневой системы растений [Мишустин Е.Н., 1972]. Можно предположить, что, внося органические удобрения в различные по биологической активности слои почвы, можно управлять по времени и скорости их минерализации с целью оптимизации минерального и углеродного питания возделываемых растений.

Если оптимальные условия питания растений создаются искусственно внесением минеральных удобрений, то их воздействие на биоту почвы частично или полностью утрачивается. В то же время существенно усиливают биологическую активность почв и связь растений с биотой внесение органических удобрений, севообороты с многолетними травами и сидератами, своевременная и качественная обработка почвы [Аристовская Т.В., 1965; Мишустин Е.Н., 1972; Стороженко Н.В., 1984].

Исследования С.С. Сдобникова (1983) в НИИСХ ЦРНЗ показали целесообразность заделки навоза на глубину до 30 см с помощью ярусных плугов ПЯ-3-35, ПЯ-4-40. Во Владимирском НИИСХ на серых лесных почвах этот способ тоже имел положительный результат [Волощук А.Т., 2001]. В опытах ВНИИОУ на дерново-подзолистых супесчаных почвах эффект от глубокой заделки навоза не проявился [Еськов А.И. и др., 2001]. То есть глубокая заделка

навоза и компостов более приемлема на окультуренных почвах с мощным пахотным горизонтом

Наибольшее влияние на продуктивность органических удобрений влияет их качество – мелкокомковатость, хорошая сыпучесть, высокое содержание легкодоступных элементов питания, полное соответствие нормативным документам по санитарным показателям. Среди органических удобрений в большей мере этим критериям соответствует подстилочный и сухой помет, пометные компосты, навоз КРС на глубокой подстилке, также твердая фракция навоза (Рисунок 3).



Рисунок 3 - Твердая фракция навоза КРС

К сожалению, на многих животноводческих предприятиях в настоящее время готовятся органические удобрения низкого качества. В большинстве случаев технологический процесс приготовления удобрений включает следующие операции: экскременты животных с минимальным количеством подстилки (большой частью опилки) и остатками корма подаются транспортерами в тракторные тележки и вывозятся на отведенные места в полях внесения. Этот навоз, будучи в полужидком состоянии, расплывается по большой территории (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Поле после внесения полужидкого навоза

Навоз при таком складировании легко промывается паводковыми и атмосферными водами, с него улетучивается аммиак, вымываются подвижные элементы питания, мелкие фракции навоза, активно загрязняя окружающую среду. Потеряв влагу с промывными водами и от испарения, навоз активно зарастает сорняками с высокой семенной продуктивностью (лебеда, осот, ромашка, горец и др.), которые, осеменяясь, превращают это удобрение в «бомбу зеленого пожара».

В отдельных хозяйствах, вместо полевых площадок, навоз хранится возле ферм, где он также зарастает сорняками и они, осеменяясь, вторично засоряют удобрение (Рисунок 5).

Для снижения вторичной засоренности во ВНИИОУ разработана технология, основанная на обработке буртов органических удобрений гербицидами сплошного действия, которая раньше в отдельных регионах использовалась службой химизации [Андреев В.А. и др., 1988]. Несмотря на существенную актуальность этой разработки, она имеет некоторые недостатки: возможно негативное остаточное действие гербицидов на удобряемые навозом культуры, снижение количества сорняков отмечается лишь в верхнем слое бурта органических удобрений, в нижележащих слоях, если биотермически не

уничтожены, они остаются, дополнительные расходы на гербициды и работу по их применению.



Рисунок 5 - Сорняки на буртах навоза возле животноводческой фермы

Изложенный материал по проблеме «удобрения органические - сорняки - урожай», позволяет считать, что в системе применения органических удобрений она наиболее актуальна и менее решена, а если решается, то с большими затратами. Исследования ВНИИОУ показали, что эта проблема может успешно решаться, если сорняки привлечь в партнеры по обогащению почвы органическим веществом, элементами питания и повышения эффективности органических удобрений. Это достигается путем внесения засоренного навоза под удобряемую культуру под промежуточные сидераты крестоцветных культур, где сорняки удобрений прорастают и становятся составной частью сидератов, которые кроме удобрения могут при необходимости использоваться в качестве корма животных [Новиков М.Н., Фролова Л.Д., 2014].

Положительный эффект предлагаемого способа использования навоза прослеживается на всех культурах севооборота. По сравнению с традиционными сроками внесения навоза (осенью под зябь и весной под перепашку зяби) внесение навоза под картофель через сидераты способствовало улучшению

питательного режима почвы, росту урожая картофеля на 20%, продуктивности севооборота – 35%, выходу перевариваемого протеина - 57%, улучшению качества продукции, увеличению выноса из органоминерального удобрения азота и калия в 2 раза, фосфора – в 1,5 раза. В вариантах с осенним и весенним внесением навоза убытки составили 7 и 8 тыс./га, в варианте с внесением навоза под сидерат – прибыль 22 тыс./га. Кроме того при этом способе применения навоза решаются экологические проблемы, связанные с применением гербицидов [Новиков М.Н., Фролова Л.Д., 2014].

1.3 Растительные остатки зерновых культур как важнейший источник органического вещества в почвах

1.3.1 Удобрительные свойства, история и возможные объемы использования соломы на удобрение в России

В современных условиях развития отечественного земледелия особую актуальность приобретает принцип рационального природопользования, который реализуется в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, направленных на эффективное использование земли, получение экологически и экономически обусловленного количества и качества растениеводческой продукции и обеспечивающих устойчивость агроландшафта и сохранение почвенного плодородия [Завалин А.А., 2005].

Послеуборочные остатки сельскохозяйственных культур в настоящее время российскими и зарубежными исследователями оцениваются как важнейший ресурс воспроизводства органического вещества и сохранения функциональных свойств пахотных почв [Семенов В. М., Ходжаева А. К., 2006; Lal R., 1995; Безлер Н.В., Черепухина И.В., 2013]. Применение их в качестве удобрения, обеспечивающее возврат в агробиологический круговорот значительной части элементов питания и органического вещества, является наиболее экологически приемлемым способом их утилизации.

В России, несмотря на повсеместную нехватку органических удобрений, за последние 20 лет устоялась практика сжигания пожнивных остатков. В среднем, в результате сгорания 1 тонны соломы, вне зависимости от её типа, образуется, как минимум, 100 кг газообразных и летучих веществ – это сажа, углекислый и угарный газ, окислы азота и серы, бензопирен и др. Сажа – аэрозольный загрязнитель атмосферного воздуха и мощнейший канцероген, вызывающий необратимые изменения в системе дыхательных органов человека и провоцирующий ишемическую болезнь сердца, патологии беременности и другие негативные последствия для здоровья (альтернативные методы управления растительными остатками в растениеводстве вместо сжиганий).

При сжигании соломы наряду с явным ущербом от уничтожения потенциального источника почвенной органики происходит дальнейшее упрощение уже деформированной избытком пестицидов и агрохимикатов структуры почвенной микрофлоры [Петров В.Б., Чеботарь В.К., 2012].

Таким образом, при сжигании стерни, соломы и других растительных остатков происходит загрязнение атмосферы продуктами горения, улетучиваются полезные вещества, необходимые для питания и развития растений. Систематическое воздействие высоких температур на верхний плодородный слой почвы уничтожает запасы гумуса и почвенную биоту, изменяет физико-химические свойства и механическую структуру почвы.

В то же самое время солома самое дешёвое и доступное средство из всех возможных для восполнение органики в почве. Ценность соломы и других растительных остатков как органического удобрения обусловлена высоким содержанием в ней органического вещества, служащего полноценным источником восполнения запасов гумуса и углекислоты, улучшающей условия корневого и воздушного питания растений [Авров В.Е., Мороз З.М., 1979; Визла Р.Р., Вилкалне М.О., 1977; Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Сорокин И.Б., 2006].

Солома служит универсальным удобрением для повышения плодородия как легких, так и тяжелых почв. Сейчас, когда цены на торф высоки, это удобрение представляет интерес не только для хозяйств с низким выходом навоза, но и при

получении жидкой формы его. Она важна для стабилизации органического вещества в почвах при внесении на дальних полях, куда завозить органические удобрения нерационально [Деревягин В.А., 1988, Новиков, М.Н., 1993].

Исходя из экономической эффективности и для поддержания бездефицитного баланса гумуса целесообразно применение соломы как органического удобрения. В большинстве исследований, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, отмечается положительное влияние соломы на свойства почвы, не уступающие влиянию других органических удобрений [Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Алиева Е.И., 1988; Русакова И.В., 2012]. Внесение соломы в почву стимулирует жизнедеятельность микрофлоры, так как она является относительно доступным источником углерода и усиливает биологическую активность почвы [Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Мишустин Е.Н., 1971; Русакова И.В., 2003].

По содержанию органического вещества солома в 3,5 – 4 раза превосходит традиционные органические удобрения, по количеству азота и фосфора – равноценна, калия – превосходит (Таблица 7).

Таблица 7 - Содержание органического вещества и элементов питания растений в соломе различных культур, % (обобщенные данные)

Вид соломы	Органичес	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Отношение C:N
Пшеничная*	82	0,45	0,18	0,78	0,23	0,22	80-90
Ржаная	82	0,34	0,19	0,62	0,33	0,07	100-110
Ячменная*	82	0,68	0,20	1,14	0,20	0,28	60-70
Овсяная	80	0,61	0,30	1,12	0,24	0,10	60-70
Кукурузная	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60-80
Рапсовая	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60-70
Люпиновая*	80	1,20	0,31	0,86	0,32	0,31	25-35
Рисовая	81	0,41	0,08	0,58	0,80	0,06	80-90

* Данные ВНИИОУ [Еськов А.И. и др., 2001]

Ежегодно с соломой в расчете на гектар биологический круговорот возвращает в среднем 25 кг калия, около 12 кг азота, 104 г цинка, 15,6 г бора [Русакова И.В., 2003].

В России первые работы по применению соломы на удобрение в начале XX века были осуществлены с определенным успехом И.Е. Каширским, А.А. Калужским, Д.А. Сабининым и А.Я. Вяловским [Мишустин, 1972]. Д.Н.Прянишников (1940) рассматривал солому как удобрение в составе подстилочного навоза. И.П. Мамченков (1953) не исключал применение соломы на удобрение. Большой вклад в познание вопросов рационального применения соломы на удобрение внесли ученые ТСХА [Мишустин Е.Н., 1972].

Итоги исследования СССР по этой проблеме в конце XX века нашли отражение в сборнике: «Использование соломы как органического удобрения».

Удобрению полевых культур соломой в Нечерноземной зоне посвящены работы Е.И. Алиевой (1988), С.С. Сдобникова (1983), Авров В.Е., Мороз З.М. (1979), Р.Р. Визлы (1977, 1984, 1987), М.Н. Новикова (1993). Весьма существенный вклад в использование соломы на удобрение внес заведующий Юрьев - Польским ГСУ Владимирской области, кандидат с.-х. наук Н.А. Кулинский (2006). В настоящее время обширные исследования, связанные с рациональными приемами, эффективным и экологически безопасным использованием соломы на удобрение проводятся во ВНИИОУ [Русакова И.В., 2012].

Урожай соломы определяется умножением валового сбора зерна на коэффициент, определяющий соотношение нетоварной части урожая и зерна. Биологический выход нетоварной части урожая зерновых культур (вся солома до корневой шейки и полова) учитывается по показателям произведения урожая зерна на коэффициент, который для озимой пшеницы равняется 1,5; озимой ржи – 2,0; яровой пшеницы и овса – 1,2 [Попов П.Д., Новиков М.Н., 2000]. В зависимости от высоты среза 10-20% массы соломы составляет стерня. Поэтому на практике для определения общего выхода соломы озимой пшеницы и яровых зерновых используется коэффициент 1,2; озимой ржи – 1,5. В тех хозяйствах, где

широкое распространение получают короткостебельные сорта озимых культур, коэффициент на отчуждаемую с поля солому составляет 1,0, а оставляемую в поле на удобрение – 1,2.

Согласно расчетам ВНИИОУ аграрный сектор России обладает большими возможностями использования соломы на удобрение (Таблица 8) [Еськов А.И. и др., 2001].

Более широкие возможности использования соломы на удобрение в Приволжском и Южном федеральных округах, значительно меньшие – в Северо-Западном и Дальневосточном округах. В целом по Российской Федерации внесение с соломой органического вещества эквивалентно 174 млн.т твердых органических удобрений.

Таблица 8 - Возможные объемы использования соломы на удобрение в России, тыс. т

Регионы Российской Федерации	Выход соломы ср.год, 2000-2003 гг.	Солома на удобрение	Содержание эл-тов питания			Содержание органич. вещества
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Российская Федерация	91568.5	54520.9	310.85	99.63	530.53	43579.20
Центральный фед. округ	16050.0	9092.7	45.10	13.67	72.48	7372.20
Северо-Западный федеральный округ	671.7	113.6	0.57	0.23	0.85	90.90
Южный фед. округ	24967.0	15916.3	97.40	31.83	187.97	127.33
Приволжский фед. округ	27742.3	164.4	94.97	32.70	153.22	13114.10
Уральский фед. округ	5312.1	3205.0	19.23	6.41	32.05	2564.3
Сибирский фед. округ	16342.6	9622.0	59.22	14.44	81.79	7607.6
Дальневосточный ф. о.	482.8	131.3	0.66	0.26	2.17	105.1

В последние годы посевы зерновых культур в стране возрастают, естественно увеличивается и выход соломы.

1.3.2 Влияние соломы как органического удобрения на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур

Применение соломы на удобрение может служить эффективным приемом, снижающим потери минерального азота за пределы корнеобитаемого слоя в осенне-весенний период, а также предотвращающим загрязнение почв нитратами при использовании высоких доз азотных минеральных удобрений. Так, по данным ВНИИОУ, 5 т соломы озимой пшеницы могут связывать до 100 кг нитратного азота, который не выводится из биологического круговорота и в дальнейшем может быть использован растениями или прочно закрепляться в составе гумуса [Русакова И.В. и др., 2008].

Внесенная в почву солома существенно влияет на улучшение азотного режима почв. Углеводы, входящие в состав соломы, используются в метаболизме бактерий, способных фиксировать атмосферный азот [Жуков А.И., Попов П.Д., 1988; Семенов В.М., Кузнецова Т.В., 2001].

Запашка соломы заметно смещает соотношение микробиологических процессов мобилизации и иммобилизации азота в сторону преобладания последнего, в результате чего большая часть внесенного азота закрепляется в почве в органической форме. Продуктивность азотфиксации сильно меняется в зависимости от типа почв. Азотфиксация минимальная в подзолах, возрастает в дерново-подзолистых почвах и достигает максимума в черноземах и каштановых почвах. Потенциальная азотфиксирующая активность пахотных почв значительно выше, чем целинных. Особенно повышается несимбиотическая азотфиксация при недостатке кислорода воздуха. Например, при заделке соломы под плуг и последующей плоскорезной обработке почвы. Однако при полном отсутствии доступа воздуха азотфиксация сильно подавляется. Окультуривание почв, известкование, внесение органических и минеральных удобрений и, прежде всего, фосфора повышают фиксацию молекулярного азота аэробными и анаэробными микроорганизмами. Внесение в почву аммиачных, нитратных и нитритных солей

в высоких дозах может существенно снизить продуктивность азотфиксации [Завалин А.А., 2005; Федоров А.А., 1977].

Внесение в почву соломы положительно влияет также на симбиотическую фиксацию клубеньковыми бактериями бобовых растений. Например, запахивание соломы под сою в дозе 3 и 6 т/га повысило продуктивность азотфиксации соответственно на 34 и 43%. Совместное применение соломы на удобрение сои с углекислотой (1000 мг/л) в период между цветением и наливом зерна повысило активность нитрогеназы клубеньков сои на 100% [Голод Б.И., 1968; Анисимова Т.Ю., 2002].

Внесение соломы в почву влияет не только на ее состав, не менее важно влияние на физические свойства почв. Большинство слабогумусированных почв имеют маловодопрочную структуру. Исследованиями установлено, что даже высокогумусированные почвы теряют структурность без систематического обогащения их свежим органическим веществом. Поэтому, наряду с другими способами внесения органического вещества в почву (применение навоза, возделывание многолетних трав, выращивание сидератов), заправка соломы и других растительных остатков должны рекомендоваться как эффективное средство оструктурирования почв.

В опытах Б. А. Доспехова (1985 г.) использование соломы зерновых культур на дерново-подзолистой почве увеличивало содержание водопрочных агрегатов в среднем на 2,7%. Совместное применение соломы с азотными удобрениями увеличивало количество вновь образованных водопрочных агрегатов. Лучшие результаты по оструктурированию почвы дает ежегодное внесение соломы [Доспехов Б.А., 1985].

Воздушный режим почвы также является важным физическим показателем плодородия почвы и зависит от количества и расположения структурных отдельностей по отношению друг к другу с образованием скважности. В опытах Б. А. Доспехова (1985 г.) систематическое внесение соломы вызвало снижение плотности почв, увеличило ее некапиллярную скважность. С агрономической точки зрения важно, чтобы почвы обладали меньшей скважностью связанной

воды, наибольшей скважностью капиллярного обводнения и одновременно имели бы межагрегатную скважность аэрации не менее 20% от общей скважности. На делянках с соломой она достигала 60% [Деревягин В.А., 1988].

Применение незерновой части урожая колосовых культур, как удобрения, вносимого под различные сельскохозяйственные культуры одновременно с азотными удобрениями и без них, изучается российскими и зарубежными учеными. Большинство исследователей пришли к заключению [Деревягин В.А. и др., 1988; Стейнифорт А.Р., 1983; Русакова И.В. и др., 2008; Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Алиева Е.И., 1988; Мишустин Е.Н., 1971; Русакова И. В., Воробьев Н. И., 2010; Семенов В.М., Кузнецова Т.В., 2001]:

- заделка большого количества соломы в почву, проведенная вместе с внесением уравнивающей дозы азотного удобрения, обогащают почву гумусом, повышает структуру почвы, улучшает ее водный, воздушный и пищевой режимы, активизирует деятельность почвенных микроорганизмов, способствует росту урожаев. Многолетнее внесение соломы в почву по своему влиянию сопоставимо с действием навоза или зеленого удобрения;

- утверждение относительно усиленного размножения сорняков, болезней и вредителей при оставлении в поле большого количества соломы, равно и отрицательного последствия во второй и третий годы, не имеют достоверных оснований. Сжигание стерни следует допускать лишь в исключительных случаях с разрешения надзорных органов;

- для незамедлительного ввода питательных веществ в оборот желательно быстрое разложение соломы в почве, но для этого нужно создать определенные условия;

- послеуборочное использование пожнивных остатков и соломы для удобрения почвы позволяет значительно снизить трудовые и материальные затраты хозяйства, связанные со сбором, транспортировкой и переработкой незерновой части урожая.

В то же время от прямого действия соломы без дополнительного внесения комплекса минеральных удобрений (NPK) урожай зерновых культур иногда

снижается, что объясняется ухудшением питания в результате иммобилизации доступных форм азота и образованием токсических продуктов при разложении соломы в почве [Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н., 1980, Семенов В.М., Кузнецова Т.В., 2001].

Влияние соломы на урожай сельскохозяйственных культур во многом зависит от времени и способа её внесения. Отрицательное действие соломы снижается, если к моменту посева она разложилась в достаточной степени, так как не проявляется токсическое действие продуктов её разложения [Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н., 1980; Сорокин И.Б., 2006].

Применение соломы и других растительных остатков может стать одним из активных средств регулирования почвенных процессов, направленных на улучшение плодородия почвы при условии нейтрализации их отрицательного влияния на урожайность возделываемых культур. Это обстоятельство выдвигает в качестве важной задачи выяснение действий удобрения соломой на комплекс свойств почвы и урожай полевых культур. Правильное решение этого вопроса возможно только в полевых опытах с многократным применением соломы в севообороте.

Остающаяся на поверхности поля или заделанная в почву послеуборочная растительная масса (корне-пожнивные остатки, нетоварная часть урожая: солома, ботва и пр.), вовлекаясь в сложный цикл микробиологической трансформации, играют существенную роль в формировании гумусового фонда пахотных почв и их плодородия в целом.

Гумус, как известно, играет важную роль в почвообразовании. Он определяет свойства почвы и уровень ее плодородия, влияет на физико-химические свойства почвы, ее поглотительную и реакционную способность, а также на буферные свойства. Перегнойные вещества обладают высокой цементирующей способностью, что обуславливает образование водопрочной структуры почвы и создание оптимальных условий роста и развития растений. Органическое вещество почвы – источник макро- и микроэлементов, необходимых для питания растений. Оно оказывает также стимулирующее

действие на процессы питания растений. Физические, физико-химические, биологические свойства почвы, приемы земледелия и растениеводства, а также химизация влияют на гумусообразование.

Запахивание соломы в количестве 6-7 т/га в год в опытах Ростамстедской опытной станции (Англия) в севообороте картофель – ячмень – сахарная свекла за 18 лет увеличило содержание углерода органического вещества с 1,3 до 1,4%. Результаты 8-летних опытов в США показали, что измельченная солома вместе с другими пожнивными остатками (стерня, корни) в количестве 1,6 – 6,7 т/га повышали содержание гумуса в почве с 1,79 до 2,2%. В полевом опыте, проведенном в 1956 – 1972 гг. (ФРГ) на парабуроземе (рН 6,5-6,8) при непрерывном возделывании зерновых культур (рожь, пшеница, яровой ячмень, овес) ежегодное внесение 6,5 т/га соломы в течение 15 лет поддерживало содержание органического вещества в почве на первоначальном уровне (1,03 – 1,08%) [Авров В.Е., Мороз З.М., 1979; Кольбе Г., Штумпе Г., 1972; Мишустин Е.Н., 1971].

В образовании почвенного гумуса принимают участие все компоненты растительных тканей соломы, как устойчивые к микробиологическим воздействиям (лигнин, дубильные вещества и др.), так и легкоразлагаемые (гемицеллюлоза, углеводы и др.) [Шарков И.Н., 1987; Воробьев Н. И., 2012].

Имеющиеся в научной литературе данные по химическому составу соломы различных полевых культур не всегда вполне сравнимы. Это, вероятно, связано с тем, что различные сорта зерновых культур различаются по содержанию химических элементов, которое к тому же сильно меняется в зависимости от фазы спелости. Разные фракции соломины (междоузлия, узлы, колосья, листья) также различаются по химическому составу. Известно, что химический состав соломы существенно зависит от типа почвы, уровня удобренности, климатических условий и др. [Авров В.Е., Мороз З.М., 1979]. Химический состав соломы различных культур представлен в Таблице 8. Он характеризуется низким содержанием таких основных элементов питания растений, как азот и фосфор, и

более высоким – калия. Микроэлементов в соломе содержится больше, чем в зерне.

При урожайности зерновых культур в Нечерноземной зоне 20-30 ц/га с соломой в почву может быть возвращено 10-15 кг азота, 5-8 кг/га фосфора, 20-35 кг калия, 5-7 кг кальция, 2-3 кг магния, 2-4 кг серы и различные микроэлементы (12,5 г бора, 8 г меди, 75 г марганца, 1 г молибдена, 100 г цинка). Все это свидетельствует о высокой ценности соломы как источника минеральных макро- и микроэлементов [Васильев, 1984].

Левин считал, что с растительными остатками в почву поступает азот – от 18 до 68, фосфора – 4 – 11 и калия - 27 - 111 кг/га. При возделывании озимой пшеницы в почву с растительными остатками возвращается азота, фосфора и калия 27 – 47, 13 – 16 и 44 – 70 кг/га соответственно. После однолетних бобовых культур остается азота, фосфора и калия соответственно 44 – 54, 11 – 14 и 56 – 76 кг/га, а после эспарцета – 77 – 94, 26 – 34 и 99 – 127 кг/га азота, фосфора и калия соответственно. Овощные культуры не только дают значительное количество растительных остатков, достигающие 3 т сухого вещества на 1 гектар у томатов и 7 – 8 т/га у капусты, но и являются важным источником обогащения почвы азотом [Левин Ф.И. и др, 1985; Моисейченко В.Ф. и др., 1996].

1.3.3 Микробиологические процессы трансформации соломы в почве

Растительные остатки, по определению В.М. Семенова, Б.М. Когута (2015 г.), представляют собой скопления макроорганического вещества из отпавших и отмерших органов растений на поверхности или в корнеобитаемом слое почвы. В агроэкосистемах масса растительных остатков включает прижизненный опад листьев и корней и послеуборочные (пожнивные) остатки в виде корней, стерни, соломы, стеблей, мякоти, шелухи и т.п. В современной мировой литературе под растительными остатками подразумевается, как правило, вся побочная фитомасса, остающаяся в поле после уборки урожая основной продукции.

Растительные остатки сельскохозяйственных культур являются одним из

основных источников воспроизводства почвенного органического вещества и питательных элементов для растений, оказывают многостороннее действие на биологические, химические и физические свойства пахотных почв, служат трофическим и энергетическим субстратом, а также местом локализации почвенной биоты. Почвенные микроорганизмы являются важнейшим компонентом любой агроэкосистемы. Они обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют разнообразные функции в круговороте веществ, тем самым обеспечивая функционирование всей экосистемы в целом [Александрова Л.Н., 1980; Аристовская Т.В., 1980, 1988; Берестецкий О.А. и др., 1984; Войнова-Райкова Ж. и др., 1986; Звягинцев Д.Г., 2005; Туев Н.А., 1989; Карпачевский Л.О., 1987].

Разложение микроорганизмами свежего органического вещества в пахотных почвах — ключевой фактор, определяющий интенсивность агробиологического круговорота, обеспеченность растений доступными элементами питания, продуктивность агроэкосистем.

В трудах Л.О. Карпачевского разложение определяется как «распад органического вещества до простых органических соединений» [Карпачевский Л.О., 1987].

В работе В.М. Семенова, Б.М. Когута (2015 г.) разложение определяется как распад макромолекул органического вещества на небольшие органические молекулы и неорганические компоненты путем деполимеризации и окислительных реакций, осуществляемый, как правило, микроорганизмами. Разложение в совокупности включает в себя процессы альтерации (преобразование органического углерода из одной химической структуры в другую в результате ферментной атаки или химических реакций), ассимиляции и минерализации. Конечным этапом разложения органических вещества гетеротрофными микроорганизмами, включающим в себя окислительно-восстановительные превращения органических веществ в неорганические, является минерализация. Основными продуктами минерализации органических веществ являются газообразные оксиды углерода, азота, серы, а также аммоний,

нитраты, фосфаты и другие простые соединения.

Под трансформацией понимается совокупность биотических и абиотических процессов с изменением структуры, формы и состояния вещества. Трансформация органического вещества включает в себя фрагментирование, разложение, альтерацию, ассимиляцию, минерализацию и другие процессы.

Поступающее в почву свежее органическое вещество перерабатывается на разных трофических уровнях консументами и деструкторами (редуцентами). К первым относятся животные, ко вторым — гетеротрофные почвенные микроорганизмы. Последовательность этих событий выражается в трофических цепях или цепях питания [Звягинцев Д.Г. и др., 2005]. Свежие органические остатки сначала распадаются до основных составляющих их органических компонентов под действием внеклеточных ферментов, выделяемых гетеротрофными микроорганизмами, однако в процессе трансформации участвует также микро-, мезо- и макрофауна.

Интенсивность и направленность процессов разложения растительных остатков определяется, прежде всего, их биохимическим составом. Состав фитомассы характеризуется примерно одинаковым набором органических соединений, но различается по соотношению белков, липидов, крахмала, клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина и пр. Пожнивные остатки зерновых культур характеризуются повышенным содержанием целлюлозы и гемицеллюлозы, лигнина и значительно меньшей долей белков (солома пшеницы - 27-33, 21-26, 18-21 и 3-5 %, соответственно) [Лыков А.М., 1982].

Так солома состоит главным образом из трёх групп органических соединений: клетчатки, гемицеллюлозы и лигнина (Таблица 9).

Целлюлоза представляет собой глюкозу, связанную в мицелярные молекулы. Гемицеллюлозы образованы из пентозанных сахаров, выполняют роль связующего материала. Лигнины - полимеры ароматических соединений, придающие растительному материалу прочность, жесткость, устойчивость к разложению. Кроме основных групп органических соединений солома содержит небольшое количество белка, восков, сахара, соли и нерастворимую золу.

Таблица 9 - Химический состав соломы, % на сухое вещество

[Деревягин В.А. и др., 1989]

Культура	Общая зола	Водорастворимые вещества	Лигнин	Пентозаны	Альфа-целлюлоза
Рожь	4,3	9,4	19,0	30,5	37,6
Пшеница	6,6	7,4	16,7	28,2	39,9
Овес	7,2	15,3	17,5	27,1	39,4
Ячмень	6,4	16,1	14,5	24,7	33,8

Микробиологическая активность включает сложную совокупность биохимических процессов биодеструкции (минерализации и гумификации) углеводов, жиров, белков и пр. Характер разложения и его скорость определяются тремя главными факторами: составом растительного материала, гидротермическим режимом и комплексом организмов — деструкторов. Согласно данным Л.Н. Щаповой (2004), при внесении в почву органических материалов с узким отношением C/N (зеленая масса, навоз) в почве создается незрелая микробная система с преобладанием групп r-стратегов. Напротив, заделка растительных остатков, бедных азотом, как например, солома злаковых культур, способствует формированию в почве более разнообразного и зрелого микробного сообщества.

В процессе разложения соломы наблюдается сукцессия микроорганизмов, обусловленная специализацией их функций. Наиболее быстро минерализуются наиболее доступные органические соединения: простые сахара, пентозаны, белки. На этой стадии превалирует многочисленная группа амилолитических, аммонифицирующих неспоровых бактерий, а также мукоровые грибы. Позднее в процесс разложения соломы активно включается бациллярная микрофлора и представители микромицетов. Вслед за разложением пектиновых веществ начинается интенсивное разрушение клетчатки и близких к ней соединений, появляются типичные целлюлозолитики: бактерии р. *Cytophaga* и р. *Cellvibrio*, мукоровые грибы сменяются грибами из родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* [Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н., 1980].

По М. М. Кононовой, все формы органических веществ по устойчивости против микробиологического разложения разделены на две группы: легкоразлагаемые (сахара, органические кислоты, белки, аминокислоты, жиры, протеины и т.д.) и трудноразлагаемые (лигнин, битумы, смолы и т.д.). Разлагают органические соединения в почве определенные группы микроорганизмов [Кононова М.М., 1963].

По данным Е. Н. Мишустина (1971), в первую очередь разлагаются легкоусвояемые органические соединения. В этот период на органической массе поселяются грибы и неспороносные бактерии. Спороносные же бактерии усиленно размножаются во вторую фазу разложения, а в конце этого процесса появляются актиномицеты, разрушающие трудноразлагаемые компоненты растительных тканей и образующие органические соединения [Мишустин Е.Н., 1971].

Микробиологические анализы не всегда дают возможность судить о плодородии почв, а поэтому многие группы микроорганизмов не подвергаются систематическому анализу. Интерес может представлять группа аммонифицирующих бактерий, так как они обуславливают минерализацию органических веществ в почве [Банкин М.П., 1998].

Нитрифицирующие бактерии являются наиболее важной в агрономическом отношении физиологической группой. Эта группа ответственна за образование и накопление в почве нитратной формы азота, наиболее доступной растениями. Одним из факторов, определяющих интенсивность процесса нитрификации, является содержание в почве аммиачного азота. Имеется определенная связь между процессом аммонификации и нитрификации. Любые почвенные условия, неблагоприятно отражающиеся на образовании аммиака, в дальнейшем обуславливают задержку нитрификации и наоборот [Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., 2005; Abro S. и др., 2011].

Большую роль в плодородии почв играют микроорганизмы, разрушающие клетчатку, которая является по массе главной составной частью соломы. Способность расщеплять клетчатку обнаруживается у многих видов бактерий, грибов и актиномицетов, принадлежащих к различным семействам [Войнова-Райкова Ж. и др., 1986; Надежкин С.Н., 2005].

Анаэробный азотофиксатор *Clostridium pasterianum* лучше развивался в почве с внесением соломы под плуг. По средним данным, также больше всего его было в варианте с запашкой соломы, где для жизнедеятельности этого анаэроба создавались лучшие условия [Минибаев Ф.Р., 1996; Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., 2005].

В результате жизнедеятельности почвенной микрофлоры происходит разложение внесенной в почву соломы, богатой углеводами и бедной протеином. В первый год после внесения соломы в результате иммобилизации доступного для растений азота в почве становится меньше. В последующие годы наоборот, происходит накопление подвижных форм азота в почве, в результате разложения микробной массы. В последствии количество нитратов должно увеличиваться, если солому вносили под бобовые, так как при этом происходит еще и разложение клубеньков и корней, богатых азотом [Посыпанов Г.С., 1991; Посыпанов Г.С., 1993; Анисимова Т.Ю., 2002].

В связи с временным закреплением азота уменьшается его вымывание из пахотного горизонта. Так, азот, внесенный без соломы, вымывался до 46%, а с соломой – только до 18%. Защищенный от вымывания азот становится доступным растениям после минерализации и может влиять на урожай [Калининская Т.А., 1980; Верниченко, Л.Ю., Мишустин Е.Н., 1980].

В вариантах с соломой преимущественно развивались представители родов *Poliangium*, *Sporocytophaga*, в то время как в вариантах с минеральными удобрениями преобладали представители *Cellvibrio*. Почвенные микробы наиболее интенсивно развивались в начальный период разложения соломы. Это связано с экстракцией в почвенный раствор водорастворимых соединений, входящих в состав соломы и являющихся легкодоступными питательными веществами для многих микроорганизмов [Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н., 1980].

Внесение соломы в почву обуславливало не только интенсивное развитие микроскопических грибов, но и способствовало расширению качественного состава грибной микрофлоры. На начальных этапах во всех вариантах преобладали *Penicillium*, *Stachybotris*, *Mucor*, на более поздних появлялись *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*. Представители рода *Trichoderma* были выявлены

лишь при совместном внесении соломы и азота, а представители рода *Stachybotris* – только в вариантах с соломой. На второй год после внесения соломы наблюдалось положительное действие ее на размножение почвенных бактерий и актиномицетов, максимум этих микроорганизмов обнаружен на фоне NPK + солома [Емцев В.Т., Ницэ Л.К., 1980].

Многочисленные лабораторные исследования показали, что наиболее интенсивно минерализация растительных остатков идет в первый период разложения, когда в их составе еще содержится значительное количество легко разлагаемых веществ, в т.ч. водорастворимых веществ (Туев Н.А., 1989).

Простые углеводы утилизируются главным образом бактериальной микрофлорой, при усиленном размножении целлюлозоразлагающих бактерий разрушается целлюлоза, микромицеты воздействуют на лигнин, становящийся доступным для них после разрушения клетчатки. Конечное деструктивное звено этой цепи — минерализация органических веществ с возвратом CO_2 в атмосферу — осуществляется в почвенном покрове земли за счет деятельности гетеротрофных микроорганизмов в первую очередь грибов. Около 90% образующейся из органических веществ углекислоты — «микробного происхождения» и только 10% приходится на долю дыхания животных и человека. Часть органического вещества закрепляется в почве в форме гумуса.

Одним из наиболее важных для гумификационных процессов полисахаридов является клетчатка (целлюлоза) и гемицеллюлоза, содержание которых в соломе достаточно велико и составляет в сумме до 56-71%.

Целлюлоза является основным полисахаридом в наземных экосистемах. Она представляет собой огромный источник энергии для микроорганизмов. В природе целлюлоза разлагается, главным образом, аэробно и конечный продукт – H_2O и CO_2 . Целлюлоза нерастворима в воде и, следовательно, требует ферментативной деградации. Способность бактериальных и грибковых сообществ деградировать целлюлозу аэробно широко распространена среди некоторые почвенных микробных групп (*Streptomyces*, *Micromonospora*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Ascomycota* и *Basidiomycota* и др.) Аэробные целлюлолитические

грибы и бактерии вырабатывают свободно диффундирующие внеклеточные ферментные системы целлюлаз, состоящие из эндоглюканиз, *exoglucanases* и бета-глюкозидазами, которые действуют синергически в превращении целлюлозы в глюкоза [Lynd L.R. и др., 2002; Mansfield S.D. and Meder R., 2003]. При добавлении целлюлозосодержащих субстратов в сельскохозяйственные почвы, начальная фаза их биodeградации протекает с участием преимущественно бактериальной микрофлоры, на последующих стадиях преобладает грибковое разложение целлюлозы (Minerdi D. и др., 2001).

В исследованиях с использованием радиоизотопной метки ^{14}C экспериментально показан гумификационный путь трансформации различных по сложности строения молекул (моно-, олигосахара и полисахариды) углеводов в дерново-подзолистой супесчаной почве [Туев Н.А., 1989]. Гумусовые вещества в наибольшем количестве образуются в период интенсивной деструкции целлюлозы и гемицеллюлоз.

Кроме того, с послеуборочными остатками злаковых и зернобобовых культур в почву поступает значительное количество лигнина, содержание которого в соломе и стерне составляет 18% и более (Таблица 9). Лигнину, как наиболее биохимически устойчивому полициклическому соединению, отводится особая, исключительно важная роль в образовании гумуса. Измененные в ходе разложения фрагменты лигнина могут рассматриваться как прямые предшественники гумусовых соединений [Александрова Л.Н., 1980; Аристовская Т.В., 1980].

Непосредственное участие микроорганизмов в гумификационных процессах и их роль в гумусообразовании подчеркивается во многих исследованиях [Александрова Л.Н., 1980; Аристовская Т.В., 1980; Аристовская Т.В., 1988; Федотов Г.Н., Лысак Л.В., 2014]. В работе Семёнова В.М. и Когута Б.М. (2015) отмечено, что почти 80 % почвенного органического вещества могло иметь микробное происхождение. В настоящее время получает распространение эко-био-физико-химическая концепция почвенного органического вещества, в основе которой лежит положение о микробном происхождении почвенного органического вещества [Семенов В.М., Когут Б.М., 2015].

Растительные остатки сельскохозяйственных культур (корне-поживные остатки, нетоварная часть урожая: солома, ботва и пр.), вовлекаясь в сложный цикл микробиологической трансформации, играют существенную роль в формировании гумусового фонда пахотных почв и их плодородия в целом. Регулирование интенсивности и направленности биохимической деятельности почвенной микрофлоры позволяет в различной степени оказывать влияние на гумусообразование, а, следовательно, и на плодородие почв. В связи с этим в основу управления процессами гумификации поступающего в почву свежего органического вещества должно быть положено формирование таксономической структуры микробных ассоциаций и направленное регулирование их функциональной деятельности, в том числе с использованием консорциумов наиболее эффективных рас и штаммов сапрофитных почвенных микроорганизмов в форме микробиологических препаратов.

Как уже упоминалось выше, несмотря на высокое содержание в соломе органических соединений, являющихся первичными источниками для образования гумуса, в естественных условиях основная их часть минерализуется до конечных продуктов (CO_2 и H_2O) и лишь 10-20% преобразуется в гумусовые вещества или накапливается и сохраняется в почве в форме устойчивых к разложению веществ. По данным Русаковой И.В., полученным в длительном полевом опыте, при использовании 18 т/га соломы за 2 ротации 5-польного зернопропашного севооборота содержание гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы увеличилось на 0,06-0,07% или на 10% (относительных) по сравнению с исходным. Другими словами, из 1т использованной на удобрение соломы, содержащей 430 кг углерода, 75-100 кг или 17-23% вошло в состав гумуса [Русакова И.В., 2009]. Аналогичные экспериментальные данные получены и другими исследователями [Визла Р.Р., Винкалне М.Р., 1984; Алиева Е.И., 1988]. Согласно результатам исследований Asmus F., Völker U. (1984), проведенных в длительных полевых опытах на легких песчаных почвах, около 22% органического вещества, поступающего с 1,2-5,4 т/га соломы, аккумулируется в почве и используется для образования гумуса. В

некоторых работах приводятся более низкие величины коэффициентов гумификации соломы [Черепанов Г.Г., 1991].

1.4 Микробиологические препараты и их влияние на эколого-агрехимическую эффективность почвы при использовании соломы на удобрение

Для наиболее рационального использования соломы как существенного дополнительного ресурса органического вещества необходима разработка способов повышения ее эффективности в отношении оптимизации гумусного состояния пахотных почв, что является одной из актуальнейших проблем современного земледелия.

Регулирование интенсивности и направленности биохимической деятельности почвенной микрофлоры позволяет в различной степени оказывать влияние на гумусообразование, а, следовательно, и на плодородие почв. В связи с этим в основу управления процессами гумификации поступающего в почву свежего органического вещества должно быть положено формирование таксономической структуры микробных ассоциаций и направленное регулирование их функциональной деятельности, в том числе с использованием консорциумов наиболее эффективных рас и штаммов сапрофитных почвенных микроорганизмов в форме микробиологических препаратов.

«Полезные» микроорганизмы используются в сельском хозяйстве в целях повышения урожая и его качества уже на протяжении многих лет. В последние десятилетия в России, как и во многих странах мира, интерес к использованию достижений микробиологии в сельском хозяйстве значительно возрос. Технологии преимущественно основаны на использовании микробиологических препаратов, представляющих живые клетки почвенных бактериальных культур, отобранных методом аналитической селекции, аэробных и анаэробных микроорганизмов с высокой ферментативной активностью [Русакова И. В.,

Воробьев Н. И., 2010], которые находятся или в культуральной жидкости, или адсорбированы на нейтральном носителе.

Микробиологические препараты – это препараты, содержащие активные или инактивированные культуры микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов, вирусов), либо их споровые формы, а также продукты их жизнедеятельности (метаболизма), которые находятся в культуральной жидкости или на твёрдом (сухом) носителе [Петровский А.С., 2016].

Применение микробиологических препаратов позволяет создать высокую концентрацию полезных форм микроорганизмов в нужном месте и в нужное время. За счет этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и занимать определенные экологические ниши в агроэкосистеме [Чеботарь В.К. и др., 2007; Завалин А.А., 2005].

Такой подход не противоречит современным научным представлениям о закономерностях и механизмах функционирования почвенного микробного сообщества. Ранее, в предыдущие годы считалось, что интродуцированные аллохтонные (внесенные) в почву извне микроорганизмы достаточно быстро погибают под влиянием автохтонной собственно почвенной микрофлоры в результате конкурентных трофических или каких-либо других взаимоотношений и поэтому не оказывают заметного влияния на процессы, происходящие в почве. Полученные в последние годы экспериментальные данные по этому вопросу опровергают в определенной степени это представление и показывают, что внесенный микроорганизм, которого не было в почве (или он присутствовал в малых количествах) после внесения обычно стабилизируется на значимом уровне и долго сохраняется в почве [Звягинцев Д.Г. и др., 2005].

Использование в земледелии положительного эффекта взаимодействия микроорганизмов и растений имеет экологическое значение, направленное на рациональное природопользование. К основным прямым механизмам полезного действия микроорганизмов можно отнести:

- участие в микробиологической трансформации тяжелых металлов [Завалин А.А., 2005; Сазанов С.Н., 2005; Серёгина И.И.; Чурсина Е.В., 2006; Чурсина Е.В., 2008];

- подавление развития фитопатогенов (контроль за развитием болезней и снижение поражённости ими растений, улучшение хранения продукции) [Завалин А.А., 2005; Серёгина И.И.; Чурсина Е.В., 2010];

- повышение устойчивости растений к стрессовым условиям (возможность повышения продуктивности растений на фоне водного дефицита, неблагоприятных температур, повышенной кислотности, засоления или загрязнения почвы) [Завалин А.А., 2005; Павловская Н.Е., Бородин Д.Б., 2009; Панова Г.Г. и др., 2009];

- фиксация атмосферного азота [Завалин А.А., 2005; Парахин Н.В., Кузмичёва Ю.В., 2012];

- повышение содержания в почве основных питательных элементов [Завалин А.А., 2005; Волосенкова И.А. и др., 2004];

- стимуляция роста и развития растений (более быстрое развитие растений и созревания урожая) [Завалин А.А., 2005; Персикова Т.Ф., 2001];

- улучшение питания растений (повышение коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы), вследствие чего увеличивается урожайность и улучшается качество получаемой продукции [Завалин А.А., 2005; Осипов А.И. и др., 2009; Титова В.И. и др., 2011].

По мнению Чеботаря В.К. к побочным механизмам полезного действия микроорганизмов можно отнести [Чеботарь В.К. и др., 2015]:

- получение ранней продукции;
- снижение химической нагрузки на агроценоз без снижения урожая;
- увеличение микробного разнообразия, устойчивость агробиоценоза к внешним воздействиям;
- пролонгированное оздоровление почвенной микробиоты;

- раскрытие потенциала сорта и собственной иммунной системы растения, увеличение сопротивляемости бактериальным и вирусным заболеваниям, поражаемости вредителям.

В полевых опытах с различными культурами установлено положительное действие микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов на подавление патогенной микрофлоры. Так на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при применении биопрепаратов ризоагрин и флавобактерин на озимой пшенице пораженность растений корневыми гнилями снижается в 1,16 – 1,45 раза. Применение данных препаратов снизило гибель за период перезимовки в 1,12 раза [Завалин А.А., 2005].

При применении биопрепаратов проявляется явное антифунгицидное действие. Использование их совместно с минеральными удобрениями снижает распространение корневых гнилей на посевах озимого тритикале в 1,28 – 1,65 раза [Завалин А.А., 2005].

Биологически активные препараты способствуют оптимизации взаимодействия сообщества аборигенных микроорганизмов почвы и растений, улучшают режим минерального питания и являются своеобразной «вакцинацией», повышающей неспецифическую устойчивость растений к действию различных стрессовых факторов путём увеличения доли механических тканей и запуска процессов синтеза вторичных метаболитов фитопротекторного характера [Панова Г.Г. и др., 2009].

Бактеризация может повышать адаптацию растений к экстремальным условиям внешней среды. Многими исследователями доказана способность diaзотрофов продуцировать витамины и фитогормоны, которые могут повышать устойчивость растений к засухе [Завалин А.А., 2005].

Известно также, что азоспириллы имеют способность усиливать выброс протонов через мембрану корней и стабилизировать кислотность среды в ризосфере пшеницы за счёт продуцирования биологически активных веществ. Таким образом, микроорганизмы активизируют адаптацию растений к кислой

среде за счёт продуцирования биологически активных веществ, улучшая азотное и фосфорное питание [Завалин А.А., 2005; Кравченко Л.В., 2000].

Микроскопические грибы рода *Trichoderma* проявляют ингибирующую активность в отношении фитопатогенных грибов, выделяют различные метаболиты, являются продуцентом фермента целлюлазы.

По данным исследований, проведённым в «Орловском региональном центре сельскохозяйственной биотехнологии» Орловского государственного аграрного университета установлено, что при ферментализе соломы злаковых культур культуральной жидкостью *Trichoderma* концентрация редуцирующих веществ в течении 120 минут инкубирования была максимальной и составила 12,24-14,23 мг/мл. Использование грибов *Trichoderma* в биоконверсии соломы злаковых культур позволяет получить белково-углеводные продукты с более высоким содержанием «сырого» протеина и меньшим количеством «сырой» клетчатки в сравнении с не обработанной соломой [Дедков В.Н. и др., 2012].

В работе Гнеушевой И.А. установлено, что целлюлоза твёрдого остатка соломы гречихи подвержена деструкции под действием микромицета *Trichoderma viride* методом глубокой ферментации. Микромицет проявляет высокую целлюлазную активность. Содержание сырой клетчатки после 96 часов ферментации составило 32,4%, что на 30% меньше, чем в исходном субстрате [Гнеушева И.А. и др.]

Согласно исследованиям, проведённым на территории КФХ «КосАрал» Оренбургской области в 2008–2010 гг., внесение микробиологического препарата Байкала ЭМ-1 в соломенную мульчу повысило всхожесть яровой пшеницы, в сравнении с вариантами без мульчи и без биопрепарата, по мелкому рыхлению на 5,6%, по «нулевому» фону – на 6,3%, а в сравнении с вариантами с мульчей – на 9,3 и 9,0% соответственно. Наибольший урожай был получен на мульчированном соломой и обработанном Байкалом ЭМ-1 варианте с «нулевой» обработкой почвы и составил 1,52 т/га, что в 2 раза выше, чем на контрольном варианте (мелкое рыхление без мульчи и биопрепарата) [Коряковский А.В., 2011].

В результате проведенных в ГНУ ВНИИОУ исследований установлено, что использование биопрепарата-гумификатора Баркон для инокулирования стерни и соломы зерновых культур перед внесением ее в почву в качестве удобрения, стимулируя рост численности почвенной сапрофитной микробиоты и содержания микробной биомассы без увеличения размеров эмиссии C-CO₂, способствует увеличению коэффициента гумификации пожнивных остатков, повышению содержания в почве общего органического и легкоразлагаемого углерода [Русакова И. В., Воробьев Н. И., 2011].

В полевом опыте на черноземе малогумусном тяжелосуглинистом установлено, что заплата соломы ячменя в пару с микромицетом-целлюлозолитиком, азотом и питательной добавкой способствовало увеличению в почве численности микроорганизмов, принимающих участие в трансформации органических соединений азота и фосфора, ферментативной активности и накоплению элементов питания в доступной для растений форме [Безлер Н.В., Черепухина И.В., 2012].

В полевых исследованиях на почвах Воронежской и Брестской областей (Республика Беларусь) установлено, что использование препарата Байкал ЭМ-1 значительно ускорило разложение соломы по сравнению с традиционной технологией её применения [Сергеев Г.Я. и др., 2006].

По данным А.С. Петровского в засушливых условиях Тамбовской области микробиологический препарат Биокомполит-корректор ускорил разложение целлюлозы соломы более чем в 2 раза [Петровский А.С., 2016].

В трёхлетнем полевом опыте Оренбургского ГАУ установлено, что внесение микробиологического препарата Тамир совместно с куриным помётом снижает аллелопатическое действие соломенной мульчи в повторных посевах яровой пшеницы и значительно повышает посевную всхожесть и урожайность яровой пшеницы [Бакаева Ю.Н., Ф.Г. Бакиров, 2014].

Согласно исследованиям, проведённым в Индийском институте сельскохозяйственных исследований обработка рисовой соломы микробиологическими препаратами совместно с компенсирующей дозой азота

привело к увеличению содержания микробной биомассы в почве, доступного фосфора и азота в почве, увеличению содержания гумуса [Sunita G., Lata N., 2007].

По данным Китайского сельскохозяйственного университета установлено, что применение микробиологических препаратов ADS3 и WSD5 значительно усиливает минерализацию соломы на ранней стадии инкубации [Li P. и др., 2012].

Согласно исследованиям, проведённым институтом аграрных ресурсов и экологических наук академии сельскохозяйственных наук Китая, применение микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков ускорило разложение соломы пшеницы. В почве увеличивалось содержание доступных форм фосфора и калия. Отмечено повышение активности микроорганизмов почв и рост их популяций [Jian-guang Y.U. и др., 2010].

По данным А.Х. Куликовой и К.Ч. Хисамовой (2015) установлено, что добавление к соломе биологического препарата Байкал ЭМ-1 и компенсирующей дозы азота способствовало достоверному ускорению разложения соломы и повышению доступных соединений азота, фосфора и калия в пахотном слое к началу вегетации на 5,6 – 23 мг/кг почвы. Применение соломы с дополнительной добавкой азота и биопрепарата Байкал ЭМ-1 повышало урожайность зерна ячменя на 0,19-0,25 т/га (8 и 10%).

В исследованиях, проведённых на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновской ГСХА в 2013 – 2015 гг. в 5-польном зернотравяном севообороте: пар сидеральный – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень установлено, что применение биологического препарата Байкал ЭМ-1 совместно с соломой способствовало увеличению площади листьев растений ячменя в среднем за вегетацию (2013–2015 гг.) в 1,1–1,3 раза относительно контроля. Более высокое формирование ассимиляционной поверхности наблюдалось при применении Байкала ЭМ-1 как совместно с соломой, так и на фоне минеральных удобрений. Накопление сухого вещества при этом увеличилось на 0,1–0,7 т/га (2–10 %), на фоне удобрений – на 0,3–2,0 т/га (4–25 %) [Хисамова К.Ч. и др., 2016].

В агроклиматических условиях Ульяновской области применение биопрепаратов с соломой и компенсирующей дозой азота способствовало усилению деятельности почвенной микрофлоры на 6-9%. При внесении в почву ячменной соломы с биопрепаратом урожайность викоовсяной смеси повысилась в среднем за 3 года на 1,8 т/га. По эффективности совместное применение соломы с биопрепаратом превосходил вариант с добавкой 10 кг азота на тонну соломы. Более высокая урожайность зерна озимой пшеницы сформировалась на варианте с применением соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ – 1 на фоне 10 кг азота на 1 тонну соломы. Превышение ее относительно контроля составило 0,38 т/га, или 17 % [Куликова А.Х. и др., 2016].

Обработка соломы Барконом устраняет фитотоксический (депрессирующий) эффект при ее использовании в качестве удобрения, положительно влияет на рост и развитие растений [Русакова И. В., Воробьев Н. И., 2011].

В результате исследований, проведенных в ФГБНУ ВНИИОУ установлено, что обработка биопрепаратом соломы озимой (под люпин) и соломы ячменя (под однолетние травы) способствовала увеличению биологической активности почвы в 1,3 раза; содержания легкоразлагаемых форм органического вещества ($C_{эгв}$) и микробной биомассы ($C_{мик}$) – 1,2 раза, снижению пораженности люпина онтрогнозом – на 17-20%. Повышению урожайности люпина на 10-13%, зеленой массы однолетних трав (люпино-овсяной смеси) на 8-13% [Русакова И. В., 2016].

В работе Р.Г. Нагимовой и В.С. Сергеева (2017) установлено, что Внесение дополнительного источника азота минеральных удобрений и микробиологического препарата «Стерня» в почву ускоряет процесс разложения и гумификации пшеничной соломы, увеличивает подвижность гумусовых веществ и повышает биологическую активность чернозёма выщелоченного.

Согласно исследованиям С.А. Тарасова и О.М. Шершнева (2014 г.) установлено, что в почвенно-климатических условиях Курской области обработка соломы микробиологическим препаратом деструктором Трихофит в среднем за три года увеличила степень её деструкции на 19,5%.

В полевом опыте, проведённом в ЗАО «НИВА» (Веселовский р-н, Ростовская область) в 2010 году установлено, что применение микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* совместно с соломой и компенсирующей дозой азота увеличивало целлюлозную активность более чем в три раза. Наблюдался рост популяции микромицетов *Penicillium*, *Trichoderma* и *Fusarium* – важнейших деструкторов растительных остатков в почве. Число амилолитических бактерий и гуматмодификаторов повышалось соответственно в 1,90 и 2,54 раза по сравнению с контролем. Урожайность озимой пшеницы увеличилась в среднем на 3 ц/га при повышении клейковины на 2,5 – 3,0% [Петров В.Б., Чеботарь В.К., 2012].

К преимуществам биопрепаратов можно отнести:

- экологическая безопасность человека, животных, птиц, насекомых;
- простой и эффективный производственный процесс получения;
- низкая стоимость (в 8-10 раз ниже стоимости минеральных удобрений);
- высокая эффективность (прибавка урожая от 10 до 50%) [Завалин А.А., 2002].

Производственные опыты, проведённые во многих регионах РФ и странах СНГ, показали, что внедрение экологически ориентированных систем сельского хозяйства с применением микробиологических препаратов обеспечивает [Чеботарь В.К. и др., 2015]:

- снижение (на 25-60%) доз минеральных, в первую очередь азотных, фосфорных и микроудобрений;
- увеличение урожая основных культур и повышение качества с/х продукции;
- возможность от отказа от дорогостоящих пестицидов;
- возможность переориентации ряда хозяйств на более рентабельное производство новых видов продукции, в том числе экологически чистой;
- полноценное использование всех видов органических отходов хозяйства;
- повышение плодородия почв, оздоровление почвенной микробиоты (снятие почвоутомления или аллелопатии);
- улучшение роста, продуктивности, сохранности, качественных показателей конечной продукции;

- увеличение рентабельности сельскохозяйственных предприятий на 30-50%.

Инокулирование соломы (стерни) биопрепаратами – гумификаторами (Баркон, Экстрасол, Микобакт и др.) может служить одним из эффективных способов активизации гумификационных процессов и увеличения образования гумуса. Эти препараты содержат комплекс эффективных микроорганизмов-гумификаторов, осуществляющих деструкцию целлюлозно-лигнинных комплексов в растительной биомассе и последующую трансформацию их в гумусоподобные и гумусовые вещества. Их применение позволяет создать высокую концентрацию полезных форм микроорганизмов (более 100 млрд. клеток на 1 г субстрата), по образному выражению, «в нужном месте и в нужное время», которые могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой почвы, занимая соответствующие экологические ниши [Тихонович И.А., Круглов Ю.В., 2006].

Однако, следует отметить, что, по мнению Д.Г. Звягинцева (2005 г.), интенсификация процессов, осуществляемых почвенными микроорганизмами, часто оказывается вредной. Чрезмерно быстрое разрушение органического вещества приводит к увеличению потерь углерода и отсутствию положительных изменений в гумусовом фонде. Таким образом, общий тезис, применяемый в почвенной микробиологии «чем больше, тем лучше» (в отношении количества микроорганизмов, ферментативной активности почв, скорости разложения клетчатки, дыхания почвы и др.) кажется все более сомнительным.

Оценка эффективности биопрепаратов может быть проведена в полевых, микрополевых и лабораторных опытах. Изучение их в полевых опытах дает наиболее полное представление о характере влияния на урожайность и показатели качества растениеводческой продукции.

Для повышения эффективности различных препаратов (в зависимости от сорта гибрида или генотипа сельскохозяйственных растений), целесообразно проводить исследования в мелкоделяночных опытах. Это позволяет при минимальных затратах получить информацию об эффективности биопрепаратов [Русакова И. В., Воробьев Н. И., 2011].

Глава 2 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Природно-климатические условия Владимирской области

Владимирская область расположена в центральной части Русской равнины. Площадь её 29 тыс. кв. км. Протяженность с запада на восток 260 км, с севера на юг 140 км. На севере область граничит с Ивановской и Ярославской, на востоке – с Нижегородской, на юге - с Рязанской, на юго-западе и западе – с Московской областями.

Климат Владимирской области характеризуется теплым летом, умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами. Среднемесячная температура самого теплого месяца июля изменяется по территории от $17,5^{\circ}$ на северо-западе до 19° на юго-востоке. Температура воздуха самого холодного месяца января на западе области составляет -11° , на востоке $-11,5^{\circ}$. Первая половина зимы заметно теплее второй, наиболее холодное время года сдвинуто на вторую половину января и начало февраля. Зимой отмечено понижение температуры до -45 -48° . В отдельные же жаркие дни лета наблюдается повышение температуры до $+36$ $- +38^{\circ}$. Однако такие крайне высокие и низкие температуры наблюдаются менее, чем в 5% лет [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Теплый период (с положительной среднесуточной температурой) длится в среднем 208 – 213 дней. Наименьшая продолжительность этого периода – 185 дней, наибольшая – 245 дней. Длительность безморозного периода составляет 120 – 140 дней. В относительно пониженных и защищенных местах она уменьшается до 110 дней. Образование снежного покрова происходит в среднем в конце ноября с колебаниями в отдельные годы от 28 октября до 19 января. Перед началом снеготаяния высота снежного покрова достигает в среднем 30 см. Наибольший запас воды в снеге составляет в среднем 80 – 100 мм. Снеготаяние начинается 18-20 марта, происходит быстро и длится в среднем 16-20 дней.

Оттаивание почвы в среднем начинается через один-два дня после схода устойчивого снежного покрова. До глубины 10 см почвы оттаивают 5-12 апреля, до глубины 30 см – 12-19 апреля. Полное оттаивание почвы наблюдается в период 20-30 апреля [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Сумма активных суточных температур выше 10^0 с начала мая и до конца сентября (125-140 дней) составляет 1900^0 на северо-западе, до 2000^0 на крайнем юго-востоке области. Среднегодовое количество осадков составляет 550-570 мм. За период активной вегетации на территории области выпадает 240-260 мм осадков, что в среднем характеризует достаточное увлажнение. Однако изменчивость количества осадков в отдельные месяцы из года в год очень велика и их сумма может значительно отклоняться от средней величины [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

По климатическим условиям Владимирская область подразделяется на три зоны, различия между которыми не столь существенны (Таблица 10).

Таблица 10 - Основные климатические показатели

Показатели	Агроклиматическая зона		
	1	2	3
Сумма температур выше 10^0 С	1900-2000 ⁰	2000-2100 ⁰	2100-2200 ⁰
Период активной вегетации растений	128-132 дн.	132-135 дн.	135-138 дн.
Сумма температур выше $+15^0$ С	1150-1350 ⁰	1350-1450 ⁰	1450-1550 ⁰
Длительность периода с температурой выше $+15^0$ С	71-77 дн.	77-81 дн.	81-87 дн.
Дата последнего заморозка:			
Средняя	21 мая	16 мая	16 июня
Самая поздняя	25 июня	18 июня	16 июня
Продолжительность безморозного периода	119-129 дн.	126-132 дн.	132-138 дн.
Сумма осадков за год	575 мм	565 мм	550 мм
Сумма осадков за период с температурой выше $+100$ С	260-270 мм	270-275 мм	275-290мм
Гидротермический коэффициент	1,4	1,3	1,2

В целом, климатические условия области можно характеризовать как благоприятные для произрастания основных сельскохозяйственных культур: озимой ржи, ячменя, овса, гороха, вики, картофеля, капусты, столовой свеклы, моркови, вико-овсяной смеси, подсолнечника на силос, многолетних трав, кукурузы на силос, кормовых корнеплодов. В зоне серых лесных почв также можно получать высокие урожаи озимой и яровой пшеницы и люцерны, а в песчаной зоне – зеленой массы однолетнего кормового люпина [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Метеорологические условия вегетационного периода 2012 года имели существенные отклонения от средне многолетних значений. Среднесуточная температура апреля, мая и июля превысила средне многолетние значения на 1,2 - 2,1⁰С, в остальные месяцы температурный режим был близок к норме. Сумма активных температур за период вегетации составила 2095⁰С, что близко к средне многолетним значениям. Осадки в течение вегетации выпадали неравномерно, в мае их сумма составила норму, в июне и августе – выше нормы (155-213 % от средне многолетних показателей), в июле количество осадков было на 56 % ниже нормы (Таблица 11).

Таблица 11 - Метеорологические условия вегетационного периода 2012 г.

Месяц	Температура, °С					Осадки, мм				
	декады			средне- месяч- ная	отклоне- ние от нормы	декады			сумма за месяц	% от нормы
	I	II	III			I	II	III		
Апрель	0,4	7,21	14,3	7,3	+1,6	33,6	22,7	7,6	63,9	194
Май	12,7	16,6	14,7	14,7	+2,1	26,6	5,0	13,5	45,1	100
Июнь	14,4	18,6	17,2	16,7	+0,1	77,6	26,1	17,4	121,1	155
Июль	20,9	19,3	19,9	20,0	+1,2	0,5	25,9	1,8	28,2	44
Август	20,7	16,8	13,1	16,7	+0,2	15,9	51,7	62,6	130,2	213
Сентябрь	11,3	14,3	11,8	12,44	+1,6	24,4	1,1	20,5	51,0	98

Температурный режим вегетационного периода 2013 года имел незначительные отклонения от среднемноголетних показателей, в мае и июне осадков выпало больше нормы на 24-30 %; июнь и август характеризовались недостатком влаги, среднемесячная температура была выше 1,3-2,3 °С (Таблица 12).

Таблица 12 - Метеорологические условия вегетационного периода 2013 г.

Месяц	Температура, °С					Осадки, мм				
	декады			средн е- месяч -ная	отклонен ие от нормы	декады			сумм а за меся ц	% от нормы
	I	II	III			I	II	III		
Май	12,5	18,9	15,5	15,6	+3,0	15,5	7,3	32,8	55,6	124
Июнь	17,9	18,0	20,9	18,9	+2,3	0	45,0	22,1	67,1	86
Июль	21,4	18,9	15,9	18,7	-0,2	17,0	17,5	47,2	81,7	130
Август	19,7	18,8	15,1	17,9	+1,3	18,0	11,3	15,6	44,9	73

2.2 Рельеф и почвообразующие породы

По рельефу Владимирская область представляет собой полого-волнистую равнину с небольшим уклоном к востоку. Самая высокая точка высотой 271 м над уровнем моря расположена на северо-западе области, в пределах Клинско-Дмитровской гряды. Самая низкая точка имеет абсолютную высоту 68 м и находится на крайнем востоке области – в месте слияния рек Клязьма и Ока [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

На территории области по рельефу выделяется несколько природных районов. На северо-западе области расположена Клинско-Дмитровская гряда, состоящая из моренных увалов и холмов. Понижаясь к востоку, гряда переходит в волнисто-холмистое плато Владимирского Ополя, изрезанное оврагами. На севере области, восточнее ополя, расположена Нерлинско-Клязьменская низина, представляющая собой слегка всхолмленную равнину.

Северо-восток области занимает аккумулятивная водно-ледниковая и аллювиальная Флорищева низина, имеющая равнинный характер. В прибрежной части бассейна реки Клязьмы находится болотная Мещерская низменность. Поверхность Мещеры представляет собой слабо всхолмленную зандровую равнину, сложенную ледниковыми отложениями. В восточной части области с севера на юг протянулся один из отрогов Окско-Цнинского вала. На юго-востоке находится Ковровско-Касимовское плато. Это типичная зандровая плосковолнистая равнина. К западу от Ковровско-Касимовского плато выделяется Судогодская депрессия – ровная зандровая чашеобразная равнинная низина [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Почвообразующими породами на территории области являются четверичные ледниковые отложения разного механического состава. Значительную площадь занимают песчано-суглинистые завалуненные моренные отложения. На западе области встречаются также слабозавалуненные и галечниковые суглинки. Во Владимирском Ополье почвы сформировались на покровных суглинках и глинах. Водно-ледниковые пески и супеси характерны для Мещеры. Зандровые песчаные отложения занимают часть территории области севернее Мещерской низменности. Террасы рек Клязьмы и Оки сложены древнеаллювиальными песками и супесями.

Таким образом, территория Владимирской области является: как бы узлом, где сходятся несколько геоморфологических районов, различающихся формами рельефа, характером геоморфологического строения, почвообразующими породами, густотой и развитостью гидрографической сети, характером и интенсивностью эрозионных процессов, а также своеобразием растительного покрова и особенностями климатических условий. Все это в различной степени нашло свое отображение в процессе формирования почв того или иного района, обусловило в каждом из них определенный комплекс почвенного покрова [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

2.3 Характеристика дерново-подзолистых почв Владимирской области

Формирование дерново-подзолистых почв происходило длительное время под воздействием двух почвообразовательных процессов: подзолистого и дернового. Дерновый процесс развивается в период осветления леса при смене хвойных лесов лиственными лесами с хорошо развитой травянистой растительностью.

Под действием микроорганизмов опад лиственных деревьев и остатки травянистой растительности, перегнивая, обогащают верхний слой почвы органическим веществом (гумусом). Горизонт накопления органического вещества называется гумусовым или дерновым. Дерново-подзолистые почвы характеризуются резко выраженной дифференциацией почвенного профиля на составляющие их генетические горизонты.

Гумусовый горизонт серого цвета (с углублением по мере уменьшения гумуса окраска горизонта становится светлее), в основном бесструктурный. Подзолистый горизонт, вследствие разрушения алюмосиликатов и выноса алюминия, железа и марганца, приобретает белесую окраску. Он почти полностью лишен перегноя, сильно выщелочен и поэтому содержит повышенное количество кремнезема. Структура его пластинчатая или листоватая. Обычно подзолистый горизонт большими языками внедряется в иллювиальный, в котором закрепляются вносимые из верхних горизонтов органические вещества и полуторные окислы. Иллювиальный горизонт приобретает бурую окраску и, будучи пропитан и сцементирован коллоидными частичками, отличается большой плотностью. Скопление железистых и перегнойных веществ сопровождается образованием ортштейновых конкреций. По трещинкам между структурными отдельностями глубоко проникают подзолистые пятна и полосы. Почвообразующая порода – горизонт, который в весьма малой степени затронут почвообразовательными процессами и отчетливо отделяется от вышележащих горизонтов [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Дерново-подзолистые почвы занимают более половины территории области и насчитывают 1770248 га или 60,8% всей территории области. По механическому составу гумусового горизонта подразделяются на песчаные (475572 га), супесчаные (792948 га), легкосуглинистые (123388 га), среднесуглинистые (103108га).

В нашем случае исследования проводились на дерново-подзолистой супесчаной почве. Легкий механический состав этих почв по всему профилю обуславливает промывной режим на большую глубину. Весь почвенный профиль вследствие этого более растянутый, менее дифференцирован на горизонты, переходы из одного горизонта в другой постепенные, мощность генетических горизонтов увеличивается. Гумусовый горизонт достигает 20-30 см, подзолистый заканчивается на глубине 40-60 см и морфологически и аналитически слабо выражен.

Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы содержат мало физической глины (<20%). Глинистые частицы почвы являются важной частью, определяющей потенциальное плодородие почвы. Они состоят из богатых фосфором, калием, кальцием, магнием, и других элементов пищи растений минералов. Песчаная фракция состоит из кварца. Чем больше в почве частиц физической глины, тем выше ее потенциальное плодородие. С механическим составом почвы связаны также ее физические, водно-воздушные свойства. Почвы легкого механического состава обладают высокой водопроницаемостью и малой влагоемкостью. Быстрое высыхание верхних горизонтов этих почв стимулирует в них активную микробиологическую деятельность. Органическое вещество почвы стремительно разлагается. Отсутствие питательных веществ, а также недостаток влаги делают эти почвы малопродуктивными [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

Песчаные и супесчаные разновидности дерново-подзолистых почв характеризуются бесструктурностью, низким содержанием гумуса (0,9-1,1%), малой суммой поглощенных оснований (2,5-3,5 мг-экв), имеют высокую степень кислотности (pH=4,5 и менее) [Бирюкова И.В., Зинченко С.И., 2009].

2.4 Методика и объекты исследований

Для эколого-агрохимической оценки эффективности использования микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве с 2011 по 2014 гг. были проведены два лабораторных модельных опыта и полевой опыт.

В опытах использовали микробиологические препараты, разработанные во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии.

Баркон – на основе культур микроорганизмов деструкторов целлюлозо- и лигнинсодержащих растительных отходов. Биопрепарат Баркон содержит комплекс из 4 видов бактерий и 2 микромицетов, способных инициировать в почве гумусообразующую генно-метаболическую сеть. Применение биопрепарата Баркон для гумификации растительных остатков в межвегетационный период способствует повышению почвенного плодородия [Семенов В.М., Кузнецова Т.В., и др., 2001]. При обработке соломы (стерни) биопрепаратом Баркон микроорганизмы, участвующие в ее трансформации, образуют гумификационную трофическую цепь, так как препарат уже содержит соответствующую цепь (эффект информационной трансмиссии от биопрепарата к почвенной микрофлоре). При этом обеспечивается более эффективное включение растительных остатков в гумусообразовательные процессы. Культуры лигнинразрушающих мицелиальных грибов, входящих в состав биопрепарата Баркон, зарегистрированы в коллекции Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ).

Экстрасол (Extrasol) на основе культуры эффективных штаммов *Bac. Subtilis*. Экстрасол - препарат ризосферных, азотфиксирующих бактерий предназначенный для улучшения питания овощных, зерновых и технических культур, а также повышения их урожайности. Для изготовления препарата Экстрасол используют бактерии, изолированные из ризосферы или поверхности корней, включая гистосферу культурных растений, отличающихся в агроценозе

повышенной продуктивностью, а также размерами и отсутствием поражения фитопатогенной микрофлорой. В последнем случае особое внимание уделяют отсутствию поражения корневыми гнилями зерновых.

Экстрасол ЦС (Extrasol CS) Экстрасол ЦС характеризуется усиленной целлюлозолитической активностью.

Биофорс Компост (Bioforce Compost) Биофорс Компост (Bioforce Compost) - специальная смесь полезных бактерий, ускоряющих процесс компостирования в 3-6 раз. BioForce Compost представляет собой концентрированную смесь полезных природных бактерий, питательных веществ, аминокислот, минералов, ферментов. Препарат предназначен для ускорения процесса разложения органических соединений при производстве компоста. В результате получается более эффективное удобрение, чем при естественном способе, а время процесса сокращается в 3-6 раз [Колсанов Г.В., Куликова А.Х. и др., 2004].

Багс - микробиологический препарат на основе *Bacillus*, активных штаммов (консорциума) целлюлозолитических и лигнолитических микроорганизмов, разработанный ФГБНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, предназначенный для ускорения разложения растительных остатков.

Лабораторный модельный опыт №1. Изучение процессов трансформации соломы зерновых культур в дерново-подзолистой почве при использовании микробиологических препаратов-деструкторов.

Длительность проведения 147 суток. Почву инкубировали в непрозрачных сосудах, вмещающих 800 г воздушно-сухой почвы в контролируемых условиях температуры (20-22°) и влажности почвы (13 %) в 3-кратной повторности.

В опыте использовали: почва – дерново-подзолистая супесчаная, отобранная с опытного поля ВНИИОУ (0-20см), характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: рН_{сол} – 4,9; подвижный фосфор – 73 мг/кг почвы; обменный калий – 87 мг/кг почвы; измельченная солома ячменя (длина резки – 0,5 см); аммиачная селитра, биопрепараты: Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС, Bioforce.

Схема опыта №1

1. Почва (Без удобрений) (П);
2. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы (С);
3. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы + N_{aa}50;
4. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы + N_{aa}50 + Баркон (0,3л/т соломы);
5. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы + N_{aa}50 + Экстрасол (0,3л/т соломы);
6. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы + N_{aa}50 + Экстрасол ЦС (0,3л/т соломы);
7. Почва + Солома ячменя 1,67 г/кг почвы + N_{aa}50 + Bioforce (0,1 кг/т соломы).

Доза соломы 1,67г/кг соответствует 5т/га. Минеральный азот вносили в виде аммиачной селитры.

Микробиологические препараты использовали в дозах, рекомендуемых производителем: Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС в дозе 0,3л/т соломы (1,5л/га); Bioforce в дозе 0,1 кг/т соломы (0,5 кг/га).

В почву вносили измельчённую до 0,5 см солому ячменя, предварительно обработанную биопрепаратами согласно схеме опыта, аммиачную селитру, растворённую в воде.

В опыте определяли следующие показатели:

- углерод-минерализующая способность почвы (абсорбционным методом по Шаркову). В сосуды с почвой помещали стеклянные бюксы диаметром 40 мм с 10 мл 0,1 н NaOH. Время экспозиции – 24 часа. По окончании экспозиции щелочь оттитровывали кислотой, по разности показателей титрования опытной и холостой проб рассчитывали количество поглощенного CO₂ [Шарков И.Н., 1987];
- содержание микробной биомассы (Смб) (методом регидратации – экстракции). Для биоцидной обработки почву просушивают при 70° в течение 24ч. Регидратация производится 0,5 н раствором K₂SO₄. Концентрацию органических веществ измеряют методом бихроматного окисления (по снижению

оптической плотности реакционной смеси по сравнению с холостой пробой) [Благодатский С.А. и др., 1987];

- содержание нитратного азота в почве определяли при помощи фотометра «КФК-3» по ГОСТ 26488-85 (путём извлечения нитратов из почвы раствором хлористого калия, последующем восстановлении нитратов до нитритов гидразином в присутствии меди в качестве катализатора и фотометрическом определении их в виде окрашенного диазосоединения);

- содержание обменного аммония в почве определяли при помощи фотометра «КФК-3» по ГОСТ 26489-85 (путём извлечения обменного аммония из почвы раствором хлористого калия, получении окрашенного индофенольного соединения, образующегося при взаимодействии аммония с гипохлоритом и салицилатом натрия в щелочной среде и последующем фотометрировании окрашенного раствора).

Лабораторный модельный опыт №2. Изучение приёмов повышения эффективности микробиологических препаратов для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Длительность проведения 149 суток. Почву инкубировали в сосудах, вмещающих 1000 г воздушно-сухой почвы в контролируемых условиях температуры (20-22°C) и влажности почвы (13 %) в 3-кратной повторности.

В опыте использовали: почва дерново-подзолистая, характеризуется следующими агрохимическими показателями: $pH_{\text{сол}} - 4,9$; $N_{\text{г}} = 1,98 \text{ мг экв./100 гр}$; подвижный фосфор – 73 мг/кг почвы; обменный калий – 87 мг/кг почвы; измельчённую (0,5 см) солому ярового тритикале (предварительно обработанного биопрепаратами), минеральный N (аммиачная селитра, водный раствор), фосфор (двойной суперфосфат, водный раствор), CaCO_3 (известкование производили из расчёта 1,5 $N_{\text{г}}$).

Схема опыта №2:

1. Почва (без удобрений) (П);
2. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы (С);
3. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы + Багс;

4. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы + Багс + N_{aa}50;
5. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы + Багс + P_c30;
6. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы + Багс + CaCO₃.

Доза соломы 1,67г/кг соответствует 5т/га. Минеральный азот вносили в виде аммиачной селитры. Минеральный фосфор вносили в виде суперфосфата.

Микробиологический препарат Багс использовали в дозе 1 кг/га (0,2 кг/т соломы).

В опыте определяли следующие показатели:

- углерод-минерализующая способность почвы (абсорбционным методом по Шаркову) [Шарков И.Н., 1987];
- содержание микробной биомассы (Смб) (методом регидратации – экстракции) (Благодатский С.А. и др., 1987);
- содержание нитратного азота в почве (ГОСТ 26488-85);
- содержание обменного аммония в почве (ГОСТ 26489-85).

Полевой опыт №3. Влияние микробиологических препаратов деструкторов на процессы трансформации пожнивных остатков зерновых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы.

Полевой микрорядный опыт заложен в двух полях в 2-х кратной повторности во времени. Опыт на поле 1 заложен 28.08.2011 г., на поле 2 - 28.09.2012 на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ, рельеф участка равнинный, почва – дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком, характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: рН_{сол} – 4,8-5,2; подвижный фосфор – 59-87 мг/кг почвы; обменный калий – 79-95 мг/кг почвы.

Схема опыта

1. Без удобрений
2. Солома 5 т/га
3. Солома 5 т/га + N₅₀
4. Солома 5 т/га + N₅₀ + Баркон (1,5л/га; 0,3л/т соломы)
5. Солома 5 т/га + N₅₀ + Экстрасол (1,5л/га; 0,3л/т соломы)

6. Солома 5 т/га + N₅₀ + Экстрасол ЦС (1,5л/га; 0,3л/т соломы)

7. Солома 5 т/га + N₅₀ + Bioforce (0,5кг/га; 0,1 кг/т соломы)

Площадь делянки – 3,36 м² (2,1 x 1,6 м), повторность 4-х кратная.

В опыте использовали солому ячменя, которая измельчали до размера 15-20 мм и равномерно распределяли по поверхности делянок согласно схеме опыта (приложение А). Далее соломы обрабатывали биопрепаратами и аммиачной селитрой согласно схеме опыта при помощи ручного садового опрыскивателя, после чего заделывали в верхний слой (0-20 см) почвы, лопатой. Возделываемая культура – яровое тритикале, сорт Амиго. Норма высева 200 кг/га. Микробиологические препараты использовали в дозах, рекомендованных производителями.

Учет урожая – со всей площади делянки.

Полевой опыт закладывали и проводили в соответствии с методикой, предложенной Б.А. Доспеховым [Доспехов Б.А., 1985]. Растительные и почвенные образцы подвергали химическому анализу, который выполняли согласно общепринятым методикам [Минеев В.Г. и др., 2001].

В почве определяли следующие показатели:

- численность основных физиологических групп почвенных микроорганизмов (ФГМ) методом посева почвенной суспензии на твердые и жидкие питательные среды [Теппер Е.З. и др., 1993] (приложение Б, В,Г);

- целлюлозоразлагающая активность почвы аппликационным методом (путём учёта остаточного количества нерасщеплённой целлюлозы) по методике Мишустина, Петровой [Теппер Е.З. и др., 1993];

- индекс суммарной биологической активности. Удельный вес всех изучаемых физиологических групп микроорганизмов в контрольном варианте (без удобрений) принимался равным 100% [Паринкина Н.В. и др., 1993];

- содержание нитратного азота в почве (ГОСТ 26488-85);

- обменный аммоний в почве (ГОСТ 26489-85);

- рН_{сол.} по ГОСТ 26483-85 (потенциометрически с использованием ионометра «рНметр N5123»);

- обменные основания при помощи пламенного фотометра «ПФА-378» по ГОСТ 26487-85 (путём извлечения обменного кальция и обменного (подвижного) магния из почвы раствором хлористого калия и последующем измерении поглощения света свободными атомами определяемых элементов);

- гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-81);

- подвижный фосфор и обменный калий по Кирсанову (ГОСТ 54650-2011) (путём извлечения подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором соляной кислоты молярной концентрацией 0,2 моль/дм³ и последующем количественном определении подвижных соединений фосфора на фотометре «КФК-3» и калия на пламенном фотометре «ПФА-378»);

- влажность почвы (слой 0-20см) (ГОСТ 28268-89);

- содержание микробной биомассы (Смб) методом регидратации – экстракции (Благодатский С.А. и др., 1987);

- эмиссия CO₂ из почвы абсорбционным методом [Шарков И.Н., 1987].

При анализе растений использовали следующие методы: определение содержания азота, фосфора и калия из одной навески после мокрого озоления по методу Гинзбург – смесью H₂SO₄ и HClO₄ с последующим определением азота методом Кьельдаля; фосфора – по методу Мерфи-Райли колориметрически на «КФК-3»; калия на пламенном фотометре «ПФА-378».

Учёт и анализ величины, структуры и качества урожая зерновых культур проводят общепринятыми методами [Доспехов Б.А., 1985].

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием прикладных программ Microsoft Excel и Statistica 8.0

В качестве тестовой культуры в опыте использовали яровое тритикале, сорт Амиго. Тритикале - типичная зерновая колосовая культура. Сорт Амиго – продолжительность вегетации 84 -107 дней. Высота растений 66 – 101 см. Устойчив к полеганию, выдерживающий высокие дозы азота. Качество зерна высокое, масса 1000 семян 45 – 55г., натура зерна 708 – 715 г/л. Засухоустойчивость хорошая. Интенсивный сорт зернокармального назначения

[Скатова С.Е., Тысленко А.М., 2011]. В отличие от других зерновых культур тритикале имеет преимущества в мощности и усваивающей способности корневой системы, она лучше переносит дефицит влаги, кислые и лёгкие, малопродуктивные почвы. Продолжительность её вегетационного периода колеблется от 88 до 120 дней. В Нечернозёмной зоне селекция яровой тритикале ведётся с 2003 года [Скатова С.Е., Тысленко А.М., 2011].

Глава 3. ЭКОЛОГО – АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ДЕСТРУКТОРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

3.1 Изучение процессов трансформации соломы зерновых культур в дерново-подзолистой почве при использовании микробиологических препаратов-деструкторов (лабораторный опыт №1)

Интенсивность разложения растительных остатков и соломы в почве зависит от их состава и условий для жизнедеятельности микроорганизмов. С целью ускорения разложения соломы в почве изучен ряд микробиологических препаратов таких, как Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС, Bioforce, предназначенных для разложения целлюлозосодержащих остатков сельскохозяйственного производства, так называемых деструкторов.

Для оценки эффективности влияния применяемых биопрепаратов для ускорения разложения соломы был заложен и проведен лабораторный опыт. Результаты исследований изложены ниже.

3.1.1 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов в почву на эмиссию углекислого газа

Почвенное дыхание (дыхание почвы, почвенный газообмен) представляет собой один из основных процессов в глобальном цикле углерода [Наумов, 2004]. В наземных экосистемах диоксид углерода атмосферы (или углекислый газ, CO_2) примерно на 25-40% имеет почвенное происхождение [Ларионова, 1993, 2003; Курганова, 2010, Задорожний, 2010], а сам почвенный покров, в соответствии со своим положением на контакте атмосферы, литосферы и наземной фитосферы, занимает ключевую позицию в биосферном круговороте CO_2 и других газов [Добровольский, Никитин, 1996].

По количеству выделяющегося из почвы углекислого газа можно судить об энергии разложения органических соединений в почве (белков, клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина и многих других).

В результате наблюдений за размерами эмиссии CO_2 из почвы установлено, что применение биологических препаратов привело к увеличению выделения CO_2 во всех вариантах опытов.

Согласно результатам исследований, за период наблюдений (147 суток) минимальное количество CO_2 выделилось из почвы контрольного варианта без удобрений – 488 мг/кг. В варианте с дозой соломы 5 т/га эта величина была выше в 2,5 раза по сравнению с контролем и составила 1207 мг/кг, что объясняется поступлением в почву дополнительного количества свежего органического вещества. Добавка компенсирующей дозы минерального азота к соломе и смещение соотношения C:N в благоприятную для микробиологической деятельности сторону способствовала увеличению эмиссии углерода в варианте 3 (Солома 5 т/га + N_{50}) до 1298 мг/кг. Все использованные в опыте биопрепараты проявили высокую эффективность по отношению к интенсификации разложения растительной биомассы соломы, что подтверждается увеличением размеров выделения CO_2 , которые за истекший срок наблюдений составляли от 1328 мг/кг до 1525 мг/кг, что в сумме на 172 - 213 % выше, чем в контрольном варианте; на 10 - 26% выше, чем в варианте с «Соломой»; и на 2 - 17 % выше по сравнению с вариантом «Солома 5 т/га + N_{50} » (Рисунок 6).

За первые сутки наблюдений размеры эмиссии CO_2 при использовании биологических препаратов возрастали до значений от 38,4 мг/кг до 41,6 мг/кг, что на 26,6 мг/кг– 29,7 мг/кг выше, чем в контрольном варианте и на 0,2 мг/кг– 5,9 мг/кг выше, чем в вариантах с внесением соломы и компенсирующей дозы азота. В дальнейшем при проведении эксперимента была отмечена тенденция к снижению выделения CO_2 во всех вариантах и приближения данного показателя к величине контрольного варианта. К концу эксперимента выделение CO_2 за сутки во всех вариантах опыта стремится к единому стабильному значению, которое составило от 3,9 мг/кг до 4,9 мг/кг (Рисунок 7).

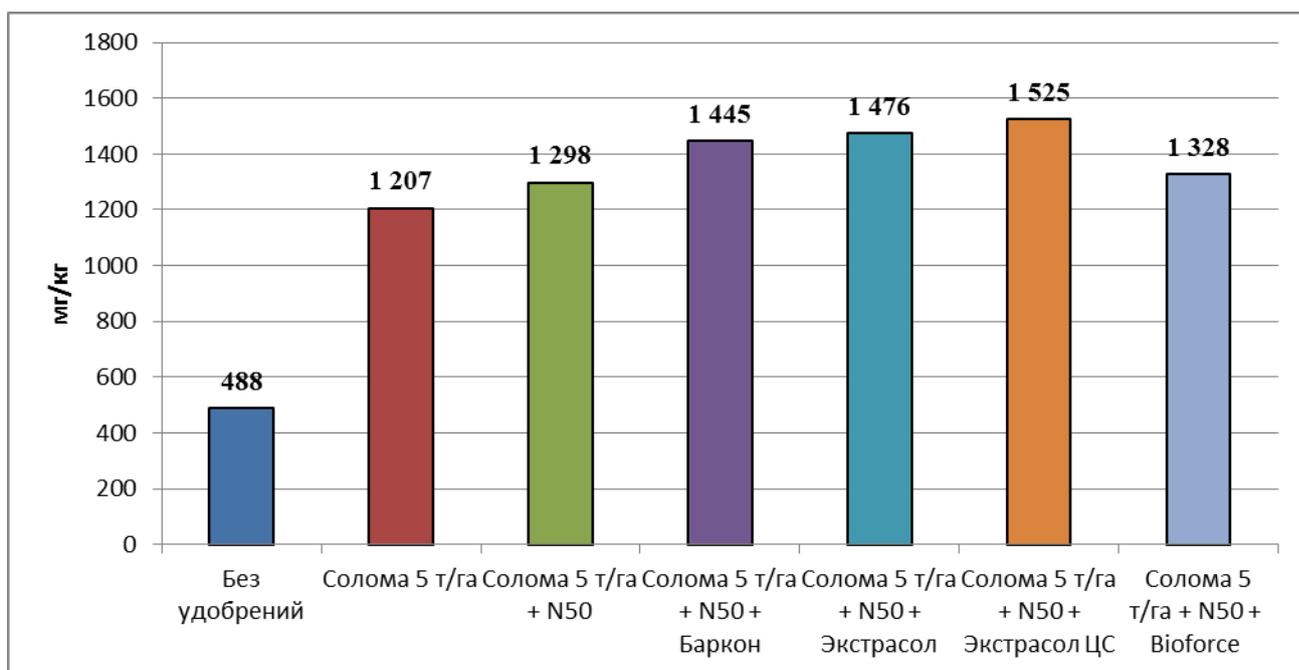


Рисунок 6- Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на эмиссию CO₂ из почвы за 147 суток, мг/кг

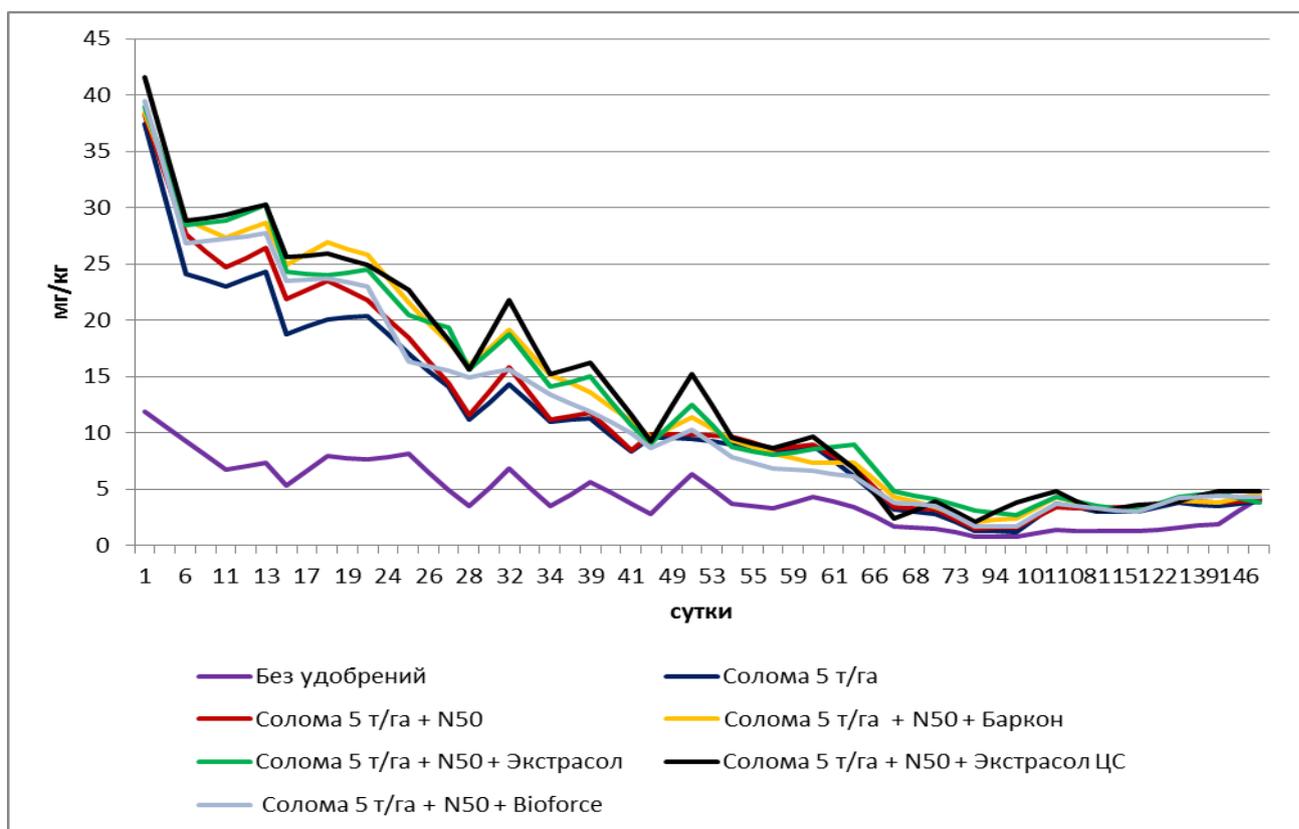


Рисунок 7 - Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на эмиссию CO₂, мг/кг в сутки

Установлено, что наибольшее количество CO_2 выделилось в начальные сроки наблюдений (1 сутки исследований) в варианте с биопрепаратом Экстрасол ЦС и оно составило 41,6 мг/кг, что больше значений контрольного варианта на 29,7 мг/кг и на 5,9 мг/кг больше, чем в вариантах с внесением соломы и компенсирующей дозы азота без применения микробиологических препаратов (Рисунок 8).

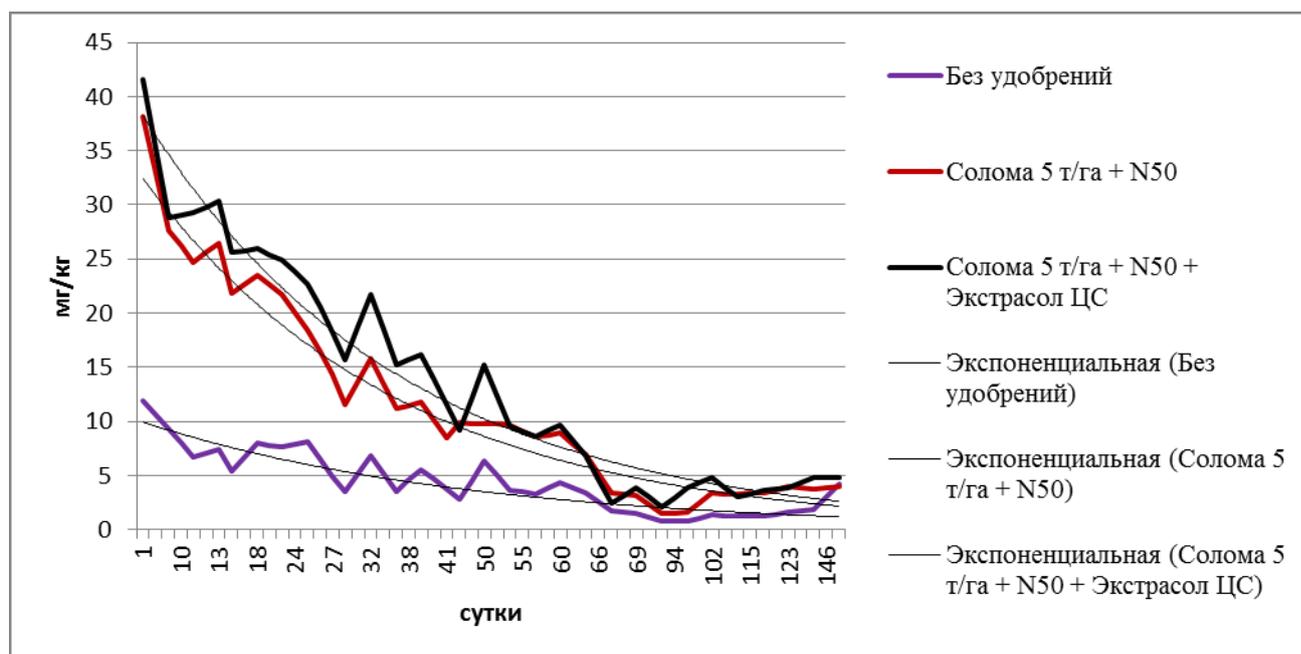


Рисунок 8 - Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на эмиссию CO_2 , мг/кг в сутки при применении биопрепарата «Экстрасол ЦС»

При использовании биопрепарата Экстрасол максимальное значение эмиссии CO_2 за сутки наблюдалось на начальном этапе проведения эксперимента и оно составило 39 мг/кг, что превышало контроль в 3,3 раза и в 1,1 раза вариант без применения биопрепаратов (Рисунок 8). За весь период наблюдений в этом варианте совокупное значение эмиссии CO_2 составило 1476 мг/кг, что выше в 3,0 раза, чем в контрольном варианте; в 1,2 раза, чем в варианте с применением соломы; и в 1,1 раза, чем в варианте с компенсирующей дозой азота, что может свидетельствовать об активном процессе микробиологического разрушения соломы и дополнительного выделения CO_2 при использовании Экстрасола (Рисунок 9).

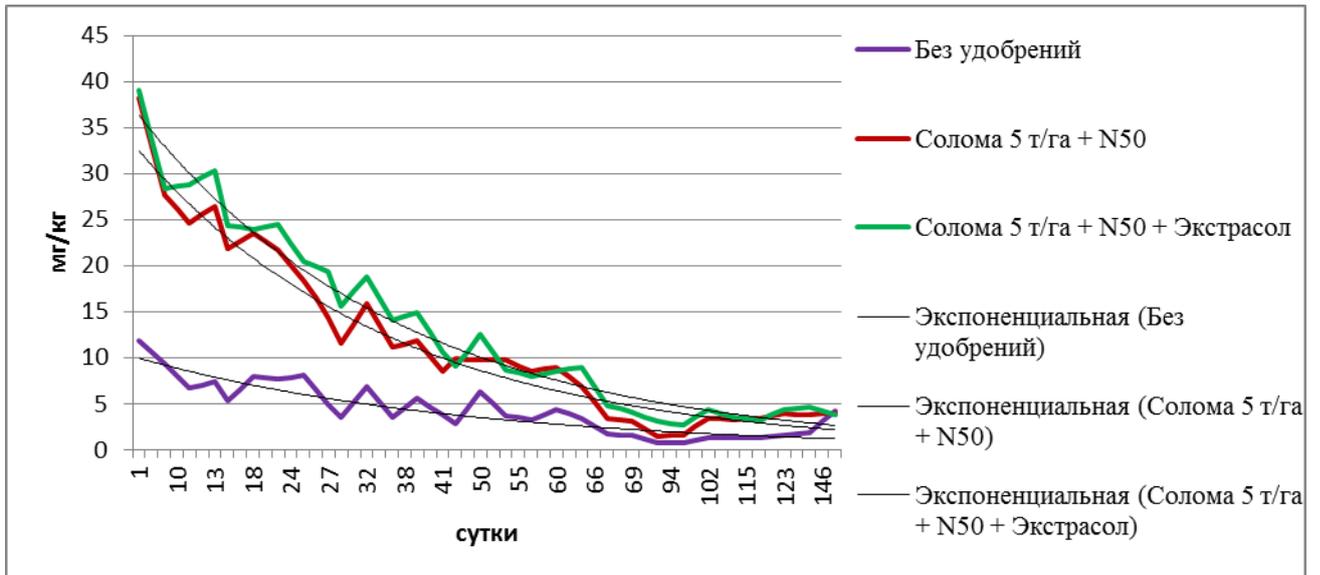


Рисунок 9 - Влияние внесения соломы и микробиологического препарата Экстрасол на эмиссию CO_2 , мг/кг в сутки

Та же тенденция по влиянию на выделение CO_2 за сутки отмечена при использовании биопрепарата Баркон. Максимальное значение эмиссии CO_2 в данном варианте за 1 сутки составило 38,4 мг/кг, что превысило контроль на 26,6 мг/кг и на 2,7мг/кг вариант без применения биопрепаратов (Рисунок 10). За исследуемый период суммарное количество CO_2 составило 1445 мг/кг, что выше в 3,0 раза, чем в контрольном варианте; в 1,2 раза, чем в варианте с применением соломы; и в 1,1 раза, чем в варианте с соломой и компенсирующей дозой азота (Рисунок 10).

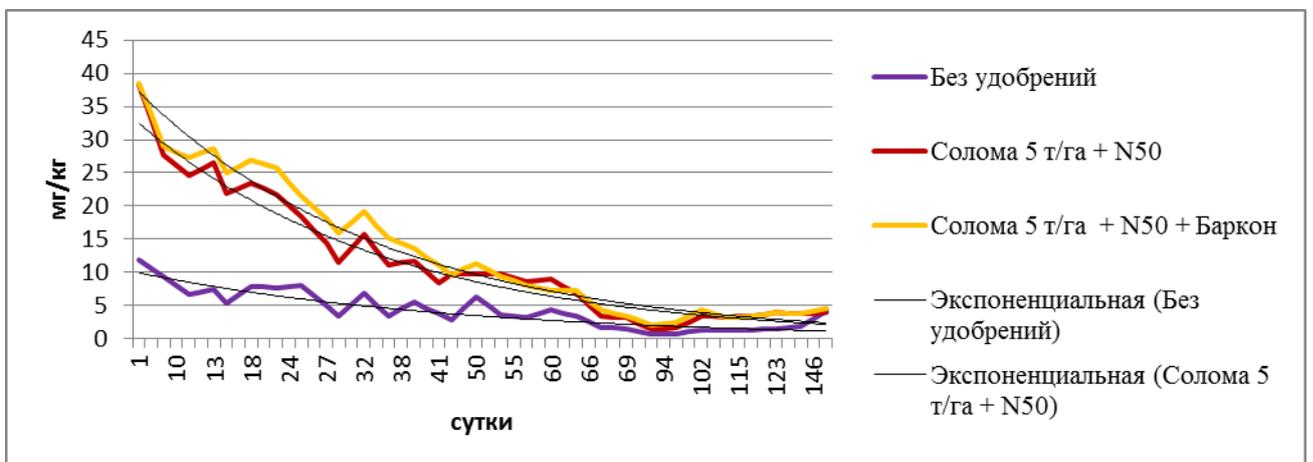


Рисунок 10- Влияние внесения соломы и микробиологического препарата Баркон на эмиссию CO_2 , мг/кг в сутки

Биопрепарат Bioforce оказал наименьшее влияние на размеры выделения CO_2 за сутки среди используемых в опыте микробиологических препаратов. Наибольшее значение эмиссии за первые сутки составило 39,5 мг/кг, что превысило контроль на 27,6 мг/кг и на 3,8 мг/кг вариант без применения биопрепаратов (Рисунок 11). К концу эксперимента в варианте с данным препаратом выделилось 1328 мг/кг CO_2 , что выше в 2,7 раза, чем в контрольном варианте; в 1,1 раза, чем в варианте с применением соломы; и на 2% превышало вариант с компенсирующей дозой азота (Рисунок 11), что также свидетельствует о его эффективности использования как деструктора растительных остатков в виде соломы.

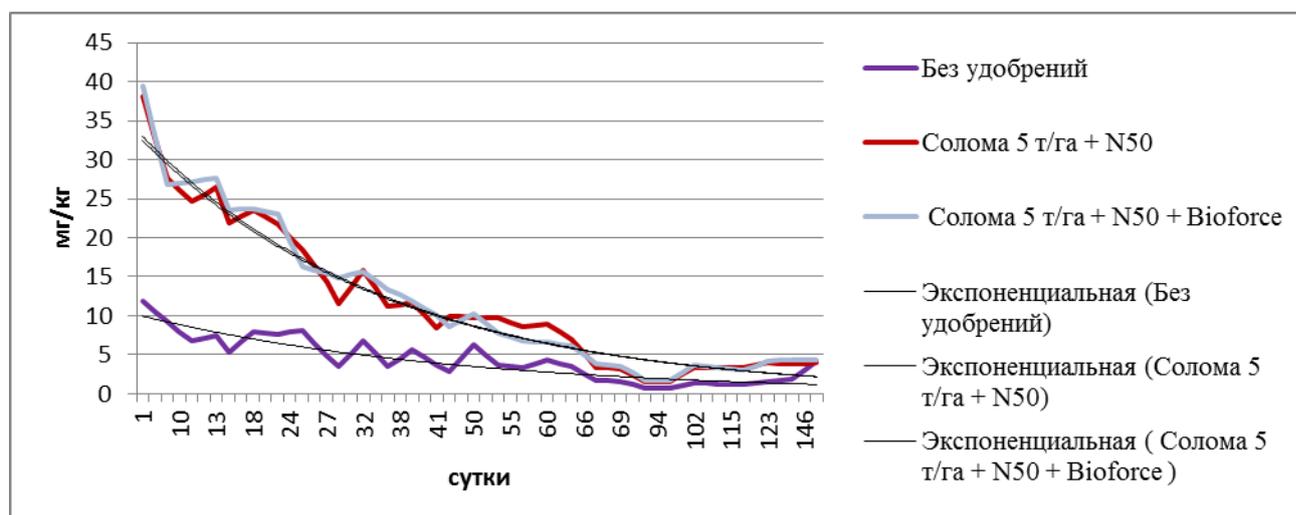


Рисунок 11 - Влияние внесения соломы и микробиологического препарата «Bioforce» на эмиссию CO_2 , мг/кг в сутки

Таким образом, по интенсивности влияния на минерализационные потери CO_2 в данном опыте биопрепараты можно расположить в следующей последовательности по убыванию эффективного действия в качестве деструкторов растительных остатков: Экстрасол ЦС > Экстрасол > Баркон > Bioforce. Была отмечена тенденция к усилению данного процесса при применении биологических препаратов в первые месяцы после их совместного внесения с

соломой в почву. Наибольшее значение эмиссии углекислого газа наблюдалось в первые сутки исследований.

Анализ интенсивности продуцирования углекислого газа почвой в данном модельном опыте позволяет сделать вывод, что применение микробиологических препаратов-деструкторов органического вещества (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce) позволяет ускорить процессы трансформации органического вещества соломы в почве, особенно в начальные сроки их использования. Интенсивность разложения зависит от видового состава микроорганизмов, входящих в состав биологического препарата.

3.1.2 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на содержание микробной биомассы в почве

Одним из важнейших показателей, на основании которого можно судить о скорости разложения послеуборочных остатков в почве, может служить микробная биомасса, которая характеризует биологическое состояние пахотных почв и является диагностическим критерием биологического качества почвенного органического вещества.

В процессе трансформации растительных остатков только часть органических соединений минерализуется до CO_2 , часть используется микроорганизмами для построения биомассы, в результате чего в почве увеличивается содержание микробного углерода. Поэтому рост микробной биомассы также может являться показателем увеличения эффективности использования органического субстрата (соломы) [Русакова И.В., Московкин В.В, 2016].

Анализ оценки изменения параметров микробной биомассы ($C_{\text{мб}}$) в данном опыте позволяет отметить следующие особенности в характере динамики этого показателя: на протяжении всего срока проведения исследований варианты с применением биопрепаратов и растительной биомассы (соломы) превосходили по уровню $C_{\text{мб}}$ контрольный. К 10 суткам при проведении эксперимента различия

между контрольным вариантом и вариантами с биопрепаратами составляло от 14 до 43%. Варианты с применением биологических препаратов превышали вариант с соломой на 22 – 31% и на 4 – 30% вариант с компенсирующей дозой азота (Рисунок 12, Таблица 13). Увеличение содержания микробной биомассы обусловлено внесением в почву соломы, являющейся доступным трофическим и энергетическим источником для почвенной микрофлоры. Однако, входящие в состав соломы соединения не являются легкодоступными энергетическими комплексами, в виду широкого соотношения углерода к азоту. Использование биопрепаратов, содержащих эффективные штаммы микроорганизмов, позволяет регулировать состав и численность микробного комплекса, выстраивать специальные метагеномные сети, вовлекая в почвенных условиях в процессы деструкции аборигенную микрофлору, отбирая наиболее производительные группы микроорганизмов, что способствует наиболее полной трансформации растительной биомассы и высвобождению легкодоступных питательных веществ.

На 32 сутки проведения эксперимента применение биологических препаратов (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce) привело к повышению содержания микробной биомассы на 10 – 34% по отношению к контролю. Варианты с применением биологических препаратов превышали вариант с соломой на 22 – 39% и на 9 – 33% вариант с компенсирующей дозой азота.

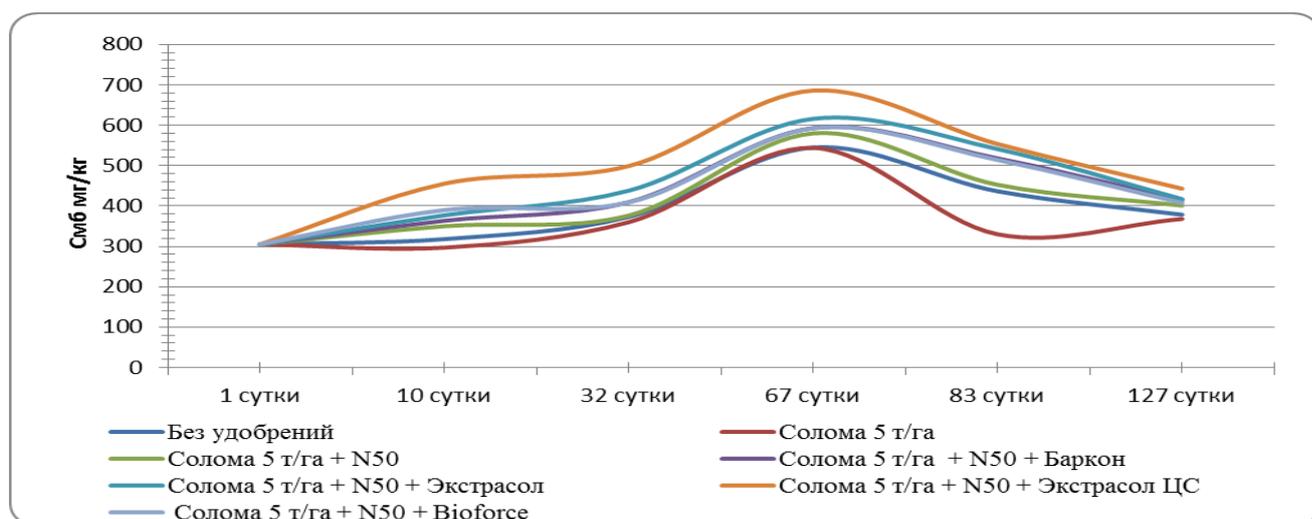


Рисунок 12 - Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на содержание микробной биомассы (C_{mb}), мг/кг почвы

Уровень содержания микробной биомассы на 67 сутки возрос во всех вариантах и достиг максимального значения за весь экспериментальный период. К 83 суткам данный показатель значительно снизился практически во всех вариантах, сохраняя отмеченные выше тенденции. Так, в вариантах с биопрепаратами он превышал показатели контроля на 18 – 27%; варианта с соломой - на 57 – 64%; вариант с компенсирующей дозой азота - на 14 – 22% соответственно.

Показатели содержания микробной массы к концу проведения эксперимента нивелируются во всех вариантах и снизились до значений контрольного варианта. Это связано с тем, что почвенная микробиота стремится поддерживать сложившееся устойчивое равновесие и чутко реагирует на любое вмешательство изменением биоразнообразия, перегруппировкой популяций и даже исчезновением одних видов и появлением в микробиоценозе других [Груздева А.В., 2011]. Однако при этом сохраняется положительное действие микробиологических препаратов, так, различия между вариантами с применением биопрепаратов и контрольным вариантом составило от 8% до 17%.

Во все сроки исследований максимальные значения определяемого показателя отмечены при использовании препарата Экстрасол ЦС, они составили 456 мг/кг, 499 мг/кг, 686 мг/кг, 554 мг/кг, 443 мг/кг соответственно (Таблица 13).

Анализ полученных результатов позволяет сделать определённые выводы относительно интенсивности микробиологических процессов, происходящих в дерново-подзолистой супесчаной почве, при использовании микробиологических препаратов-деструкторов органического вещества совместно с соломой. Установлено, что применение биопрепаратов (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce) и соломы зерновой культуры в качестве органического удобрения активизирует деятельность почвенной микрофлоры, и, в частности, увеличивает содержание микробной биомассы в почве, что в свою очередь ускоряет процессы разложения растительных остатков, тем самым пополняя почвенные запасы питательными веществами.

Таблица 13 - Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на содержание микробной биомассы в дерново-подзолистой почве, мг/кг

Вариант	10 сутки	32 сутки	67 сутки	83 сутки	127 сутки
Без удобрений	318	373	545	437	379
Солома 5 т/га	297	360	544	330	368
Солома 5 т/га + N50	350	377	580	453	401
Солома 5 т/га + N50 +	364	410	593	518	415
Солома 5 т/га + N50 +	377	438	616	541	417
Солома 5 т/га + N50 +	456	499	686	554	443
Солома 5 т/га + N50 +	390	409	593	514	408
НСР _{0,5}	21	17	38	20	36

Следует отметить положительную динамику в отношении увеличения содержания микробной биомассы в почве при использовании препаратов в первые месяцы. На основе приведённых выше данных препараты можно расположить в следующей последовательности по убыванию их влияния на содержание микробной почвенной биомассы: Экстрасол ЦС > Экстрасол С > Баркон > Bioforce.

3.1.3 Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на динамику содержания минерального азота в почве

Важным критерием плодородия является содержание минерального азота в почве, в связи с чем, было проведено изучение динамики данного показателя в данном опыте.

Солома зерновых культур за счет высокого отношения С/Н является существенным фактором, влияющим на азотный режим почв. При ее заделке в почву стимулируется биологическая фиксация молекулярного азота, интенсифицируется биологическая иммобилизация минерального азота. Временное закрепление его в микробной плазме способствует снижению потерь в виде нитратов, закиси азота, увеличению содержания органических форм почвенного азота.

Экспериментальные данные показали, что содержание $N_{\text{мин}}$ в почве во всех вариантах опыта незначительно отличалось от контроля, кроме варианта с внесением соломы без компенсирующей дозы азота, где значение данного показателя было значительно ниже, что обусловлено закреплением азота почвенными микроорганизмами, которое длится до тех пор, пока отношение углерода к азоту в разлагающейся соломе не приблизится к значению 20:1. По достижению этой степени разложения закреплённый микроорганизмами (иммобилизованный) азот в дальнейшем минерализуется и вновь становится доступным для растений.

Таким образом, азот, поступивший в почву с компенсирующей дозой азота минеральных удобрений, применяемый в вариантах с соломой, иммобилизуется почвенными микроорганизмами, что обусловило незначительные различия в содержании минерального азота в почве контрольного варианта и вариантов с соломой и компенсирующей дозой азота (Рисунок 13).

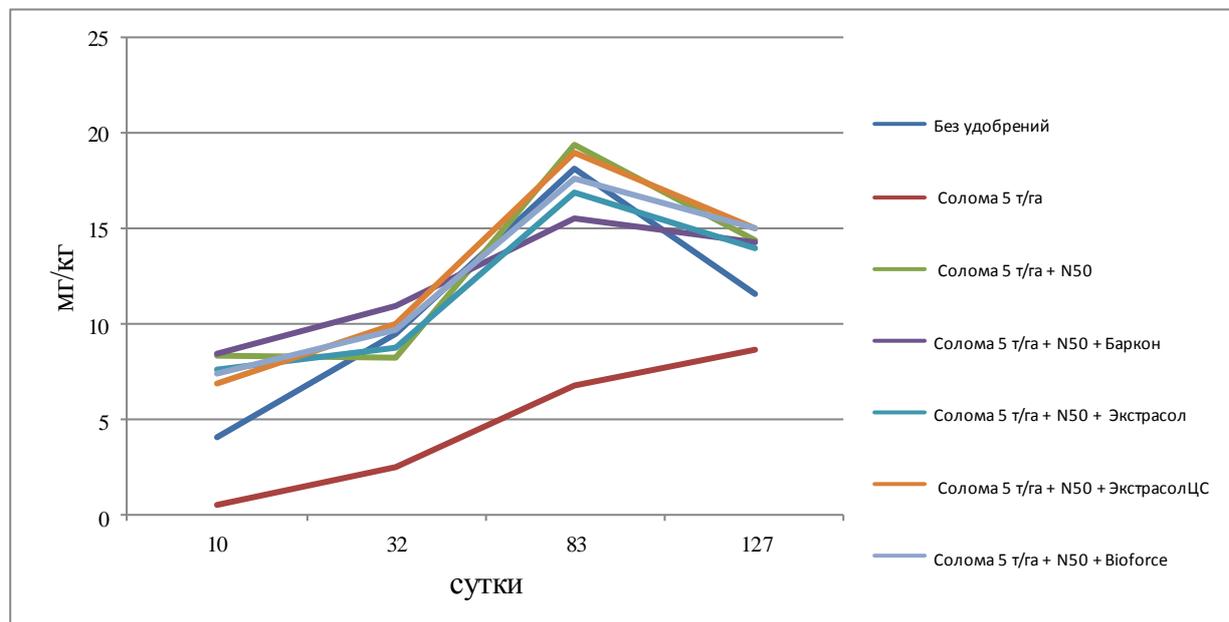


Рисунок 13 - Влияние внесения соломы и микробиологических препаратов на динамику минерального азота в дерново-подзолистой почве, мг/кг

Следует особо отметить вариант с применением биопрепарата Экстрасол ЦС, где содержание минерального азота во все сроки наблюдений превышало значения контрольного варианта (Рисунок 13).

В результате проведенных исследований получены данные о влиянии совместного применения микробиологических препаратов и нетоварной части зерновых на агрохимические и микробиологические свойства почвы.

Все биопрепараты оказали положительное действие на развитие почвенной микрофлоры в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы, в значительной степени активизировали процессы минерализации соломы, что подтверждается усилением эмиссии углекислого газа из почвы, ростом содержания микробной биомассы. Наиболее эффективно процессы трансформации соломы проходили в первые месяцы после её заделки в почву, особенно совместно с биопрепаратами. Эффективность микробиологических препаратов зависела от штаммов микроорганизмов, входящих в их состав. Так, наибольшую эффективность проявил микробиологический препарат Экстрасол ЦС, содержащий микроорганизмы с усиленной целлюлозолитической активностью.

3.2 Изучение приёмов повышения эффективности микробиологических препаратов для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой супесчаной почве (лабораторный опыт №2)

Учитывая требовательность почвенной микрофлоры к определенным экологическим условиям, можно предположить, что эффективность действия биопрепаратов в значительной степени будет зависеть от таких факторов, как влажность и температура, уровень обеспеченности элементами питания и кислотность почвы, на которой они применяются. В этой связи актуальны исследования, направленные на поиск и изучение методов и приемов повышения эффективности микробиологических препаратов и выявление наиболее оптимального сочетания факторов для управления процессами трансформации пожнивных остатков.

С целью изучения приёмов повышения эффективности микробиологических препаратов, используемых для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой почве, был проведён лабораторный опыт с использованием нового микробиологического препарата Багс (на основе *Bacillus*), предназначенного для разложения целлюлозосодержащих остатков зерновых культур, используемый для обработки соломы в сочетании с такими приёмами повышения его эффективности, как стартовые дозы азота и фосфора, применение карбоната кальция для оптимизации кислотности почвы. Для оценки приёмов повышения эффективности микробиологического препарата были изучены следующие показатели: эмиссия CO_2 из почвы, динамика минерального азота в почве и содержание микробной биомассы в почвенном слое.

3.2.1 Влияние внесения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на эмиссию CO_2 из почвы

Оценка эмиссии CO_2 из почв имеет важное значение для характеристики циклов углерода в биосфере. Информация об интенсивности выделения CO_2 необходима для выбора стратегии развития сельского хозяйства, экологической направленности, разработки оптимальных систем обработки почв, применения удобрений и построения рациональных севооборотов, всего комплекса агротехнических мероприятий, способствующих уменьшению выделения парниковых газов из почв сельскохозяйственного использования без снижения урожайности культур [Лукин С.М., 2015].

Эмиссия углекислоты из почвы является интегральным показателем актуальной биологической активности почвы и наиболее полно отражает интенсивность минерализации органического вещества [Русакова И.В., Московкин В.В., 2016].

В настоящее время установлено, что одним из основных факторов, определяющих скорость разложения соломы, является содержание минерального

азота в почве. Это связано с широким отношением углерода к азоту во входящих в состав соломы органических веществах [Русакова И.В., Московкин В.В., 2016].

Стимулирующая роль минерального азота в процессах биотрансформации растительных остатков экспериментально подтвердилась и в нашем опыте. По данным опыта максимальное количество выделившегося CO_2 было отмечено в варианте Почва + Солома + Багс + N_{50} и составило к 149 суткам 3552 мг/кг, что 1,6 раза больше, чем в варианте, где микробиологический препарат использовали без дополнительных агроприёмов (Рисунок 14).

В опыте отмечена тенденция к снижению выделения CO_2 на дерново-подзолистой супесчаной почве при совместном использовании биологического препарата с дозой фосфора и известковании почвы перед внесением препарата. Так, за период исследований (149 суток) эмиссия CO_2 в варианте с применением двойного суперфосфата в дозе P_{30} и в варианте с известкованием составила 1680 мг/кг и 1917 мг/кг, что ниже чем в варианте 3 (Солома 5т/га + Багс) в 1,35 и 1,2 раза соответственно (Рисунок 14).

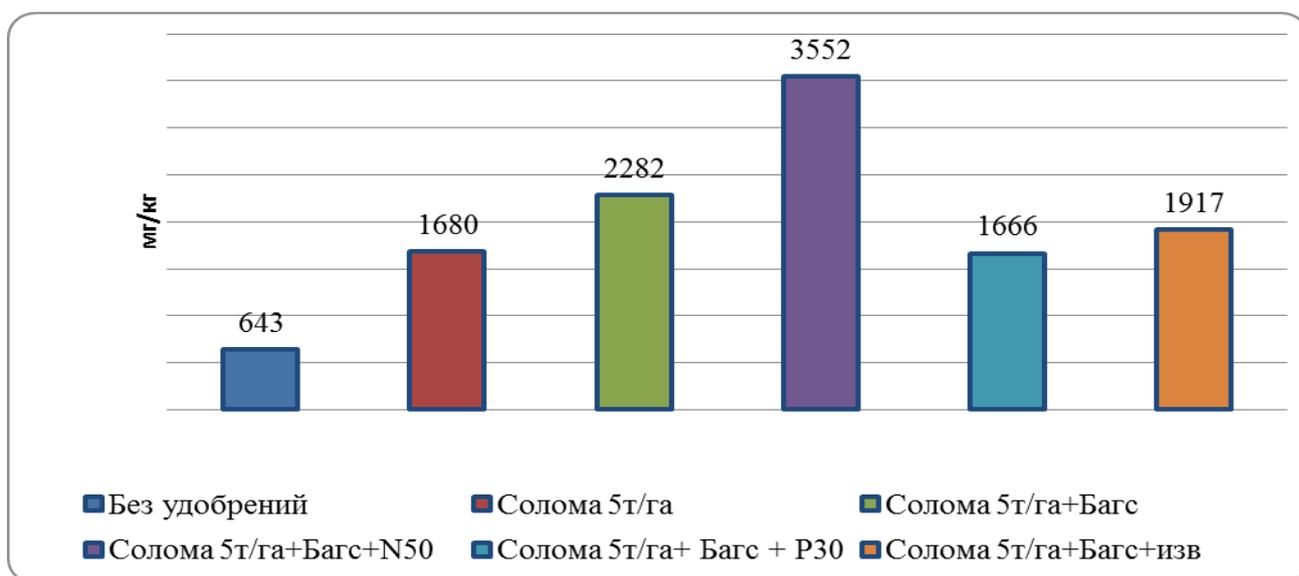


Рисунок 14 - Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на эмиссию CO_2 из почвы, мг/кг

Полученные данные можно объяснить тем, что для оптимального развития микроорганизмов, входящим в состав микробиологического препарата, и

аборигенной микрофлоры почвы требуются определённые кислотность почвенного раствора (рН) и содержание питательных элементов, ограничивающих их развитие.

Исходя из результатов опыта можно утверждать, что лимитирующим фактором в дерново-подзолистой супесчаной почве является содержания минерального азота, в то время как значения рН и содержание фосфора являются оптимальными или близким к оптимальным, и изменение их значений ведёт к угнетению микроорганизмов, а, как следствие, к замедлению процессов разложения соломы и целлюлозосодержащих органических остатков.

Таким образом, применение компенсирующей дозы минерального азота в данном опыте привело к увеличению эмиссию CO_2 из почвы и снижению данного показателя при использовании таких приёмов как известкование и внесение фосфорных удобрений. Так как эмиссия CO_2 является показателем скорости разложения органического вещества в почве, то в рамках данного опыта установлено, что азотные удобрения повышали эффективность действия микробиологического препарата Багс, предназначенного для разложения послеуборочных остатков зерновых, в то время как применение фосфорного удобрения и известкования привело к снижению эффективного действия биопрепарата на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

3.2.2 Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на динамику содержания микробной биомассы

Ранее уже отмечалось, что микробная биомасса может служить важным показателем скорости разложения органического вещества, поступившего в почву вместе с соломой и другими послеуборочными остатками зерновых.

В рамках данного опыта изучение динамики содержания микробной биомассы в дерново-подзолистой супесчаной почве с применением микробиологического препарата Багс показало, что максимального значения

данный показатель достигает во всех вариантах опыта на 99 сутки проведения эксперимента.

Во всех вариантах минимальное значение $C_{\text{мб}}$ наблюдалось в начале опыта. Стоит отметить, что в вариантах с применением фосфорных удобрений и известкования с первых суток опыта и до его завершения содержание микробной биомассы было ниже контрольного варианта. Данная тенденция объясняется отклонением сложившихся почвенных условий от оптимума, необходимого для развития почвенных микроорганизмов, при изменении рН почвы и содержания в ней доступных соединений фосфора.

К 99 суткам эксперимента содержание микробной биомассы значительно возрастает во всех вариантах и достигает максимального значения в варианте с внесением компенсирующей дозы азота и составляет 641 мг/кг почвы, что на 65 мг/кг превышает вариант 3 (Солома 5т/га + Багс) и на 164 мг/кг контрольный вариант (Рисунок 15).

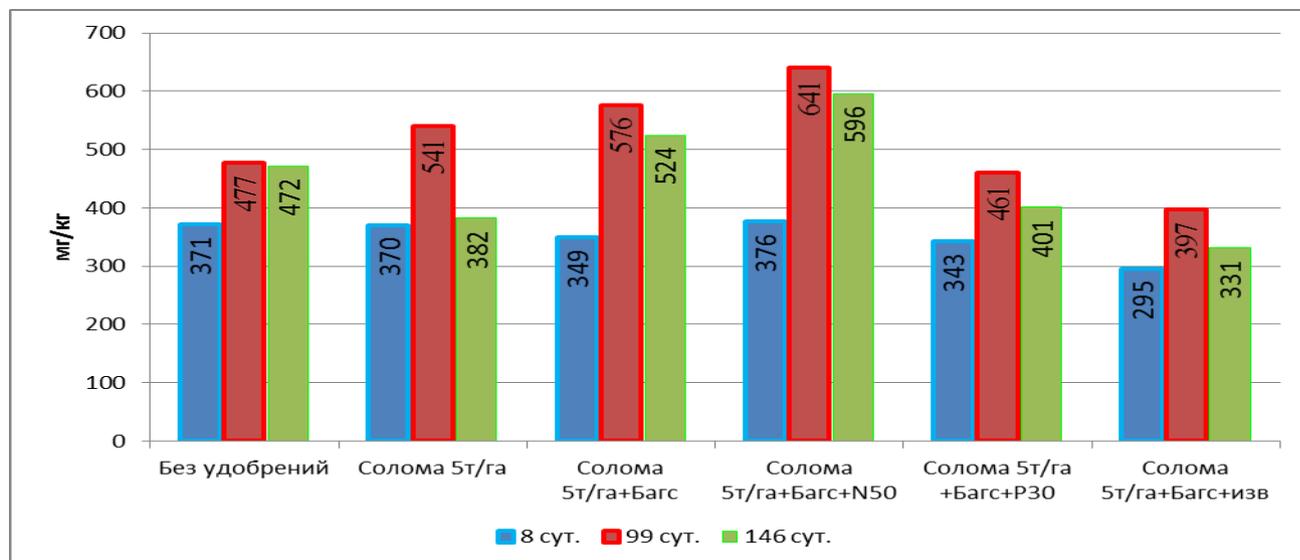


Рисунок 15 - Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на содержание микробной биомассы в почве, мг/кг

Выше уже отмечалось, что солома зерновых обладает широким отношением C:N, что требует дополнительного азотного питания для

разлагающих её микроорганизмов. Таким образом, развитие почвенных микроорганизмов и микроорганизмов, входящих в состав микробиологического препарата Багс, предназначенного для разложения органических остатков, лимитируется содержанием доступного минерального азота в почве и его дополнительное внесение стимулирует развитие данных микроорганизмов.

К 146 суткам эксперимента во всех вариантах отмечено снижение изучаемого показателя, однако, тенденции, отмеченные в начале опыта и на 99 сутки, сохраняются.

В результате изучения динамики содержания микробной биомассы при использовании соломы в качестве удобрения и микробиологического препарата Багс на дерново-подзолистой супесчаной почве установлена тенденция к увеличению данного показателя при применении дополнительного минерального азота и снижению $C_{\text{мб}}$ при проведении известкования и внесении фосфорного удобрения.

Таким образом, в ходе проведённых исследований установлено, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах дополнительно для разложения послеуборочных остатков зерновых совместно с микробиологическим препаратом Багс целесообразно использовать компенсирующую дозу минерального азота. Стоит отметить, что удобрения, содержащие фосфор, снижают эффективность разложения соломы на дерново-подзолистой супесчаной почве.

3.2.3 Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на содержание минерального азота в почве

В данном опыте на значение такого показателя, как содержание минерального азота в почве, оказало влияние два фактора: первый – это внесённая солома зерновых, обладающая широким отношением C:N, которая вызвала иммобилизацию азота почвы; второй – компенсирующая доза минерального азота, пополняющая почвенные запасы азота. Таким образом, максимальное содержание минерального азота на протяжении всего эксперимента отмечено в

вариантах с применением микробиологического препарата и с компенсирующей дозой азота, и в среднем за весь период исследований (149 суток) составило 18,3 мг/кг (Рисунок 16).

В вариантах, где солома внесена в почву без компенсирующей дозы азота отмечено снижение содержания данного элемента питания по отношению к его содержанию в удобренной почве. Данная тенденция обусловлена тем, что микроорганизмы, разлагающие солому, для своей жизнедеятельности активно используют азот, содержащийся в почве, тем самым понижая содержание данного элемента в почве доступного для питания растений (Рисунок 16).

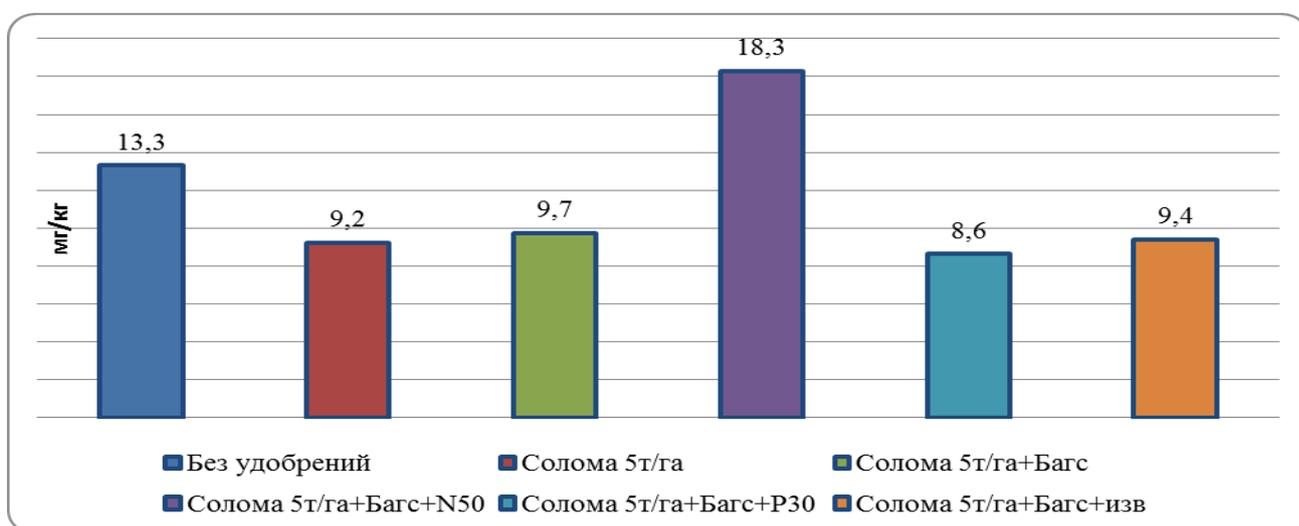


Рисунок 16 - Влияние применения соломы, микробиологического препарата Багс, минеральных удобрений и извести на содержание минерального азота в почве, мг/кг (среднее значение за 149 суток)

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что для поддержания и увеличения доступного минерального азота в почве, требуемого растения для полноценного развития и реализации генетического потенциала, целесообразно применять солому для удобрения в сочетании с микробиологическим препаратом Багс и азотными удобрениями.

Глава 3.3 Влияние микробиологических препаратов деструкторов на процессы трансформации пожнивных остатков зерновых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы (полевой опыт №3)

3.3.1 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику численности физиологических групп микроорганизмов

Почвенные микроорганизмы оказывают непосредственное влияние на минерализацию (разложение) органических остатков. Поэтому, не имея представления об основных группах почвенной микрофлоры, невозможно объективно оценить активность процессов, происходящих в ней. Анализ численности различных физиологических групп микроорганизмов (ФГМ) дает возможность составить представление о соотношении микроорганизмов, осуществляющих различные физиологические процессы, и до некоторой степени судить о преобладающих направлениях в этих процессах. В каждую физиологическую группу обычно входят совершенно разные в систематическом отношении микроорганизмы, но они объединяются общностью осуществляемых ими превращений. Наиболее показательным для оценки почвенного плодородия считают групповой состав микроорганизмов, связанных с циклом превращения азота, а также целлюлозоразлагающих микроорганизмов (Анализ физиологических групп бактерий).

В ходе изучения динамики численности ФГМ, участвующих в круговороте углерода и азота в рамках нашего опыта установлено, что в вариантах с применением микробиологических препаратов-деструкторов органического вещества (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce) на протяжении всего срока исследований численность всех агрономически ценных групп микроорганизмов была значительно выше, чем в вариантах без использования препаратов.

Таким образом, внесение растительных остатков (соломы зерновой культуры) совместно с микробиологическими препаратами оказывает

положительное влияние на развитие почвенной микрофлоры, обеспечивая высокую биологическую активность почвы, которая в рамках нашего исследования увеличивалась от 1,3 раза до 12 раз по отношению к контрольному варианту.

На 24 сутки после заделки соломы в почву при использовании микробиологического препарата Экстрасол ЦС значительно увеличилось количество протеолитических и амилолитических микроорганизмов, что свидетельствует об ускорении процессов разложения высокомолекулярных азотсодержащих соединений таких, как крахмал и гликоген, входящих в состав соломы (Таблица 14).

Таблица 14 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (21.09.2011г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср. МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлозолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов ср. Чапека	Сl. Pastenianum	
1.Без удобрений	10600	20933	39	52	250	100%
2.Солома 5 т/га	23200	29400	34	85	1500	242%
3.Солома 5 т/га + N50	31000	47867	49	103	950	245%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	16133	37867	54	101	4500	493%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	14400	24067	49	92	4500	471%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	41333	83200	64	99	250	248%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	14667	25800	64	92	250	140%

При применении биопрепаратов Баркон и Экстрасол в первый месяц после внесения соломы отмечено увеличение численности несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl. Pasterianum*) в 18 раз по сравнению с контролем, свидетельствующее о накоплении биологического азота в почве (Таблица 14).

К 73 суткам опыта в вариантах с применением микробиологических препаратов Экстрасол и Экстрасол ЦС сохраняется высокая суммарная биологическая активность почвы (индекс суммарной биологической активности в вариантах с данными биопрепаратами был выше контрольного варианта в 4,0 и 4,7 раза соответственно). В варианте с применением препарата Экстрасол ЦС продолжают активно развиваться протеолитические и амилолитические группы микроорганизмов, что свидетельствует об активном разложении органических остатков даже в условиях низких температур, малоспособствующих развитию почвенной микрофлоры (Таблица 15).

Таблица 15 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (09.11.2011г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср.МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов ср. Чапека	<i>Cl. Pasterianum</i>	
1.Без удобрений	5267	13733	16	47	25	100%
2.Солома 5 т/га	12467	20000	25	63	150	254%
3.Солома 5 т/га + N50	18533	33667	28	149	450	578%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	20067	36467	27	83	25	218%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	17000	33000	23	127	250	395%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	54134	78800	22	101	95	467%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	13200	29667	25	91	45	200%

Согласно проведенным исследованиям, при применении микробиологических препаратов-деструкторов, высокая биологическая активность почвенной микрофлоры сохранялась и в весенний период, то есть через 250 дней после их внесения совместно с соломой. Так численность протеолитических, амилолитических, целлюлозолитических групп микроорганизмов, микромицетов и несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl. Pasterianum*) при применении препаратов была выше в 2,0; 2,1; 1,7; 1,7; 2,3 раза соответственно, чем в контрольном варианте. Значение индекса СБА превышает контрольный вариант на 77% - 126%, а также вариант с соломой без внесения микробиологических препаратов на 20% - 69% (Таблица 16).

Таблица 16 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (04.05.2012г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср.МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлозолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов в ср. Чапека	<i>Cl. Pasterianum</i>	
1.Без удобрений	4076	8296	21	35	2,7	100%
2.Солома 5 т/га	5603	10771	28	57	4,9	150%
3.Солома 5 т/га + N50	6160	11440	31	57	5,0	157%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	6747	12320	39	58	5,0	170%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	10599	18495	40	52	8,2	226%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	8552	18640	31	60	8,2	212%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	6857	19833	33	71	3,1	177%

Наиболее интенсивное действие на активность почвенной микрофлоры в погодных условиях мая 2012 г. на дерново-подзолистых супесчаных почвах

оказали биопрепараты Экстрасол и Экстрасол ЦС, где значение индекса СБА превышало контрольный вариант более чем в два раза. В вариантах с их применением активно развивались микроорганизмы, растущие на крахмало-аммиачном агаре (расщепляющие крахмал и гликоген), их численность была выше в 2,6 и 2,0 раза больше, чем в контрольном варианте. Использование данных микробиологических препаратов способствует активному развитию несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl .Pasterianum*) – в три раза превышает вариант без удобрений (Таблица 16).

Согласно полученным экспериментальным данным действие препаратов сохранялось и в летний период, в вариантах с применением микробиологических препаратов продолжала проявляться высокая биологическая активность всех агрономически ценных групп микроорганизмов (Таблица 17).

Таблица 17 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (12.07.2013г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср.МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлозолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов в ср. Чапека	<i>Cl. Pasterianum</i>	
1. Без удобрений	4283	5496	65	39	10	100%
2. Солома 5 т/га	6638	9280	45	51	25	155%
3. Солома 5 т/га + N50	6995	9208	67	58	23	163%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	7870	9060	94	72	20	176%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	12362	13601	95	65	34	237%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	6710	10065	66	46	48	208%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	7567	9993	79	62	48	224%

Так численность протеолитических, амилолитических, целлюлозолитических групп микроорганизмов, микромицетов и несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl .Pasterianum*) была выше в 2,0;

2,0; 1,5; 1,7; 3,8 раза соответственно, чем в контрольном варианте. Индекс СБА на вариантах с препаратами превышает контрольный вариант на 76-137%. Наибольшее влияние в данный период на численность ФГМ в почве проявил микробиологический препарат Экстрасол (Таблица 17).

К концу вегетационных периодов 2012 - 2013 гг., суммарная биологическая активность оставалась высокой в почве всех вариантов с применением микробиологических препаратов, однако происходило это за счёт несимбиотических азотфиксирующих бактерий, что обуславливается тем, что азотфиксация у бактерий *Cl. Pasterianum* происходит интенсивнее в безазотной среде (Таблица 18 и 19).

Таблица 18 - Влияние применения соломы и биопрепаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (03.10.2012г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср.МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлозолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов ср. Чапека	<i>Cl. Pasterianum</i>	
1.Без удобрений	4484	8892	30	55	25	100%
2.Солома 5 т/га	7676	19760	33	91	150	263%
3.Солома 5 т/га + N50	6764	19076	37	77	450	486%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	6080	15048	51	82	25	145%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	6612	9804	51	54	250	305%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	6688	9728	52	68	95	187%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	7600	12160	52	74	25	143%

Этот факт подтверждают данные В.Т. Емцева (2005), который утверждал, что если в среде имеется свободный азот, особенно аммонийный, то азотофиксация ослабевает или совсем останавливается или наоборот.

Таблица 19 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на показатели биологического состояния дерново-подзолистой почвы (4.09.2013г.)

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы					Среднее значение индекса СБА
	Протеолитических ср.МПА	Амилолитических ср.КАА	Целлюлозолитических ср. Гетчинсона	Микромицетов ср. Чапека	Сl. Pasteurianum	
1.Без удобрений	5014	10973	32	61	5	100%
2.Солома 5 т/га	6540	16059	53	82	8	149%
3.Солома 5 т/га + N50	6831	16786	53	83	16	185%
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	5523	11481	57	78	7	134%
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	7267	16495	57	82	273	1232%
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	5450	14097	56	78	104	530%
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	5813	13298	60	80	104	533%

Таким образом, в ходе полевого эксперимента, проведённого при погодных условиях 2011 - 2013 гг. установлено, что применение микробиологических препаратов-деструкторов органического вещества значительно увеличивает численность физиологических групп почвенных микроорганизмов, участвующих в круговороте углерода и азота (протеолитических, амилолитических, целлюлозолитических, микромицетов, несимбиотических азотофиксаторов), тем самым ускоряя процессы разложения соломы и послеуборочных остатков зерновых культур. Положительное действие

микробиологических препаратов, внесённых под осеннюю вспашку, сохранялось вплоть до завершения сезона следующего года. По влиянию на численность агрономически ценных микроорганизмов почвы в наших исследованиях следует отметить препарат Экстрасол ЦС, проявивший наибольшую эффективность на протяжении всего периода исследований.

3.3.2 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на густоту стояния растений ярового тритикале

Учет густоты стояния растений ярового тритикале в посевах определяли в период полных всходов, используя метод пробной площадки.

Густота стояния растений зависит от биологических особенностей культуры, нормы высева всхожих семян на гектар, ширины междурядий, плодородия почвы и применяемых удобрений, а, в частности, концентрации почвенного раствора, условий влагообеспеченности в репродуктивный период.

Таким образом, в погодных условиях 2012 г. был отмечен достоверный рост изучаемого показателя в вариантах с применением микробиологических препаратов Баркон, Экстрасол и Экстрасол ЦС. Так количество растений на одном квадратном метре на вариантах с использованием этих препаратов был выше контрольного на 23, 26 и 21 соответственно. Кроме того установлен достоверный рост густоты стояния растений, который составил 20, 23 и 18 растений, на вариантах с использованием препаратов Баркон, Экстрасол и Экстрасол ЦС по отношению к варианту 3 (Солома 5 т/га + N50) (Таблица 20).

Такой эффект можно объяснить тем, что при использовании данных препаратов в результате ускоренного разложения соломы, питательные элементы, содержащиеся в ней, успели поступить в почву, тем самым повысив её эффективное плодородие. Кроме того, ускорение процесса минерализации растительных остатков, а в частности соломы позволяет избежать фитотоксичного эффекта, вызванного продуктами её первичного разложения.

Таблица 20 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на густоту стояния растений ярового тритикале

Вариант	Густота стояния растений, шт./м ²	
	2012 г.	2013 г.
1. Контроль (без удобрений)	479	491
2. Солома 5 т/га	476	491
3. Солома 5 т/га + N50 (Фон)	482	490
4. Фон + Баркон	502	498
5. Фон + Экстрасол	505	500
6. Фон + Экстрасол ЦС	500	499
7. Фон + Bioforce	490	496
НСР ₀₅	12	21

Погодные условия 2013 г. значительно отличались от условий предыдущего года. Большое количество осадков в мае нивелировали значение изучаемого показателя и не позволили наблюдать его достоверного изменения. Однако тенденции проявившиеся в 2012 г. сохранились, в вариантах с применением биологических препаратов данный показатель был выше, чем на контрольном варианте на 5 - 9 растений и на 6 – 10 выше, чем в варианте с внесением соломы без использования биопрепаратов.

3.3.3 Фенологические наблюдения при применении соломы и микробиологических препаратов при выращивании ярового тритикале

При проведении фенологических наблюдений в 2012 - 2013 гг. не было установлено заметного влияния микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce) на сроки наступления фенофаз у растений ярового тритикале (Таблица 21 и 22).

Таблица 21 - Сроки наступления фенофаз растений ярового тритикале (2012 г.)

Варианты	всходы		кущение	выход в трубку	колошение	спелость		
	начало	полные				молочная	восковая	полная
1.Без удобрений	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
2.Солома 5 т/га	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
3.Солома 5 т/га + N50	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	16.05	19.05	07.06	21.06	26.06	24.07	08.08	13.08

Таблица 22 - Сроки наступления фенофаз растений ярового тритикале (2013 г.)

Варианты	всходы		кущение	выход в трубку	колошение	спелость		
	начало	полные				молочная	восковая	полная
1.Без удобрений	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
2.Солома 5 т/га	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
3.Солома 5 т/га + N50	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	25.05	28.05	13.06	24.06	30.06	15.07	26.07	3.08

3.3.4 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на актуальную биологическую активность почвы

Целлюлозолитическая активность почвы определяется методом «апликации» по степени интенсивности разложения льняной ткани. Поскольку степень активности целлюлозных микроорганизмов зависит также от наличия в почве доступного азота, фосфора и других элементов, то принято считать, что степень распада ткани, отражает «напряженность хода микробиологических процессов вообще» [Мишустин Е. Н., 2005].

Результаты определения актуальной биологической (целлюлозолитической) активности в данном опыте показали, что в целом биологические процессы за период с 31.08.11 - 20.10.11 г. и с 15.08.2012 - 4.10.2012 г. (срок экспозиции - 50 сут.) наиболее активно протекали в вариантах с применением микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков (Экстрасол ЦС, Экстрасол, Баркон и Bioforce), где разложение клетчатки составило от 16% до 20% в 2011 г.; от 19% до 22% в 2012 г. (Таблица 23).

Аналогичные данные получены А.А. Алексеевой и Н.В. Фоминой (2017), согласно которым наиболее интенсивно разложение целлюлозы на агросерой тяжелосуглинистой почве протекало в варианте с применением препарата «Триходермин», средняя степень разрушения через месяц составила в среднем 6,8% и достигла 88% к 6 месяцем инкубации.

Более интенсивный процесс целлюлозолитической активности в 2012 году по-видимому обусловлен климатическими условиями данного года, а именно большим количеством осадков. Так в работе А.В. Щур (2015) отмечено, что внесение микробиологического препарата усиливает целлюлозолитическую активность почвенных микроорганизмов, однако этот показатель в значительной степени зависел от влажности и температуры почвы [Щур А.В. и др., 2015].

Самый низкий процент разложения ткани отмечен в варианте, где солому вносили в чистом виде без применения микробиологических препаратов и компенсирующей дозы азота.

Таблица 23 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на биологическую активность дерново-подзолистой почвы (слой почвы 0-20 см)

Варианты	с 31.08.11 - 20.10.11	15.08.2012 - 4.10.2012
	% потери массы за 50 суток	
1.Без удобрений	15	15
2.Солома 5 т/га	7	8
3.Солома 5 т/га + N50	16	17
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	18	22
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	17	28
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	20	19
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	20	21

Уровень целлюлозолитической активности, определенный аппликационным методом, тесно коррелировал с показателями численности целлюлозолитических микроорганизмов. Так, коэффициент корреляции между этими показателями в 2011г. $r = 0,91$, а в 2012 г. $r = 0,93$.

Таким образом, установлено, что применение микробиологических препаратов - деструкторов органического вещества таких, как Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce ускоряли процессы разложения соломы, в частности целлюлозы, входящей в её состав.

3.3.5 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику минерального азота в почве

Азот – один из важнейших элементов питания растений. Недостаток данного элемента крайне негативно отражается на развитии вегетативных органов культурных растений, что в свою очередь приводит к недобору урожая. В

дерново-подзолистых почвах 97–99 % общего азота содержится в виде белков, аминов, амидов, аминокислот, других органических соединений и в форме необменно-поглощенного фиксированного глинистыми минералами аммония. Эти соединения азота почвы слабо доступны растениям. Поэтому обеспечение растений азотом во многом зависит от скорости разложения органического вещества почвы [Семененко Н. Н., 2003].

В результате изучения динамики минерального азота в полевом опыте в 2011 - 2013 гг. установлено, что при внесении соломы с компенсирующей дозой азота и биопрепаратами во всех вариантах опыта данный показатель был выше контрольного, кроме варианта с соломой без внесения компенсирующей дозы азота, что объясняется иммобилизацией доступного почвенного азота для микроорганизмов - деструкторов соломы, которые разлагая её, для своей жизнедеятельности активно используют данный элемент, содержащийся в почве.

Согласно полученным экспериментальным данным, внесение соломы с компенсирующей дозой азота и микробиологическими препаратами сопровождалось уменьшением запасов минерального азота почвы в размерах от 2,95 до 14,59 мг/кг почвы в разные сроки определения. Происходило это, по-видимому, за счет его биологической иммобилизации (Рисунок 17, 18). Усиление биологической фиксации азота при внесении в почву соломы с биопрепаратами подтверждено экспериментальными данными учёта численности *Cl. Pasterianum* (Таблица 14-19).

Так, коэффициент корреляции между ростом численности несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl. Pasterianum*) и снижением содержания минерального азота в почве на 21.09.2011 года составил 0,89; на 17.07.2012 года – 0,85; на 10.06.2013 – 0,98; на 04.09.2013 года – 0,80. Данный факт свидетельствует о положительном влиянии микробиологических препаратов (Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce) на биологическую фиксацию минерального азота, а как следствие, предотвращение его потери из почвы.

Трансформацию азота в клетки микроорганизмов в процессе разложения соломы нельзя считать его потерей, так как спустя некоторое время в результате

минерализации он возвращается в почву, продолжительность данного процесса зависит от почвенно-климатических условий и может длиться от нескольких месяцев до 5-6 лет [Визла Р.Р., Вилкалне М.О., 1977; Мишустин Е.Н., Ерофеев Н.С., 1965].

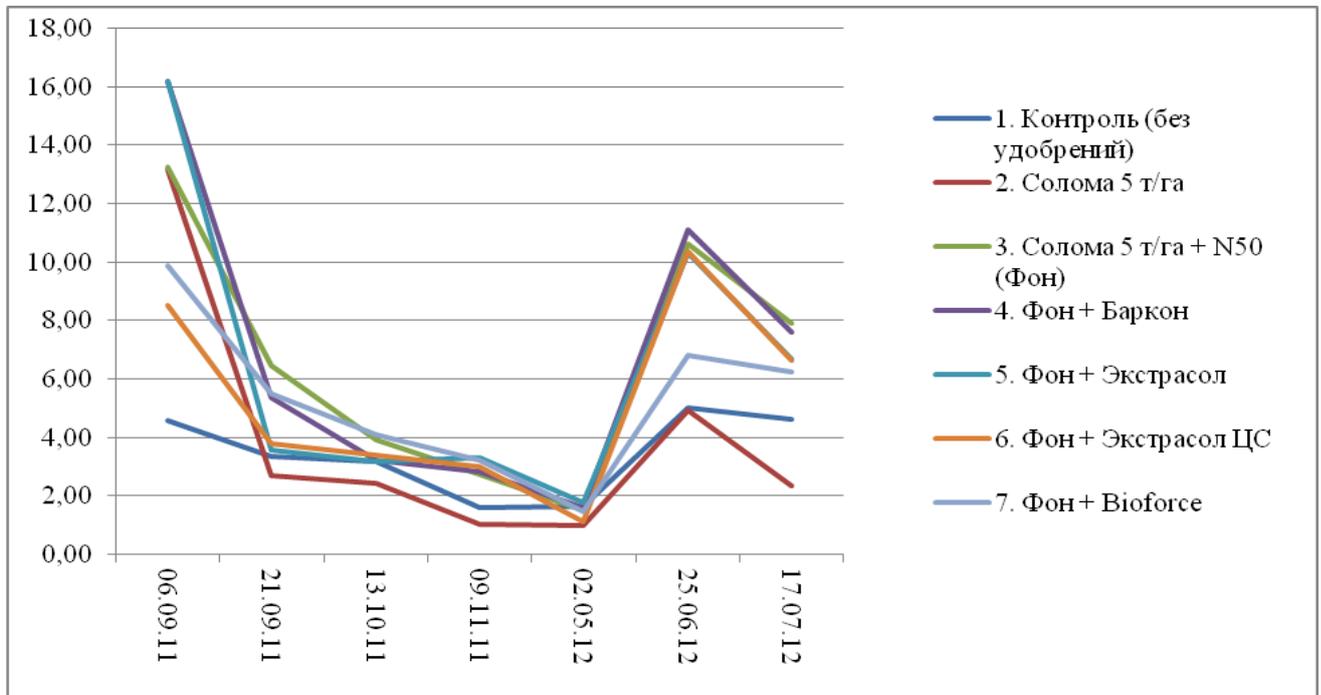


Рисунок 17 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику минерального азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг почвы (Поле №1)

К началу вегетационного периода 2012 г. содержание минерального азота в почве всех вариантах было минимальным и стремилось к значениям контрольного варианта, что обусловлено не только биологическим закреплением азота, но и вымыванием минерального азота вниз по почвенному профилю за пределы пахотного горизонта, чему способствовало значительное количество осадков, выпавших в апреле (Рисунок 17).

Переувлажнение в апреле 2012 года привело к вымыванию минерального азота из пахотного слоя почвы по всем вариантам опыта, что в свою очередь вызвало азотное голодание растений ярового тритикале. Для предотвращения гибели растений в середине июня по всем вариантам опыта было проведено

фоновое внесение N_{30} , ввиду чего мы можем наблюдать резкий рост содержания азота в пахотном слое почвы в образцах, отобранных в июне 2012. В дальнейшем на протяжении всего периода исследований 2012 г. тенденция к снижению содержания минерального азота, отмеченная в 2011 году, оставалась неизменной (Рисунок 17).

В ходе исследований, проведённых в 2013 г., были подтверждены результаты, полученные в 2012 г., содержание минерального азота в почве всех вариантов в начале вегетационного периода по изучаемому показателю превышали контрольный вариант на 0,52– 1,13 мг/кг почвы, за исключением варианта 2 с внесением соломы без добавок. На протяжении всего периода исследований 2013г. сохранялась тенденция к снижению содержания минерального азота в почве, что происходит, как уже ранее отмечалось, за счёт биологической фиксации азота почвенной микробиотой, а также использованием его растениями для роста и формирования урожая.

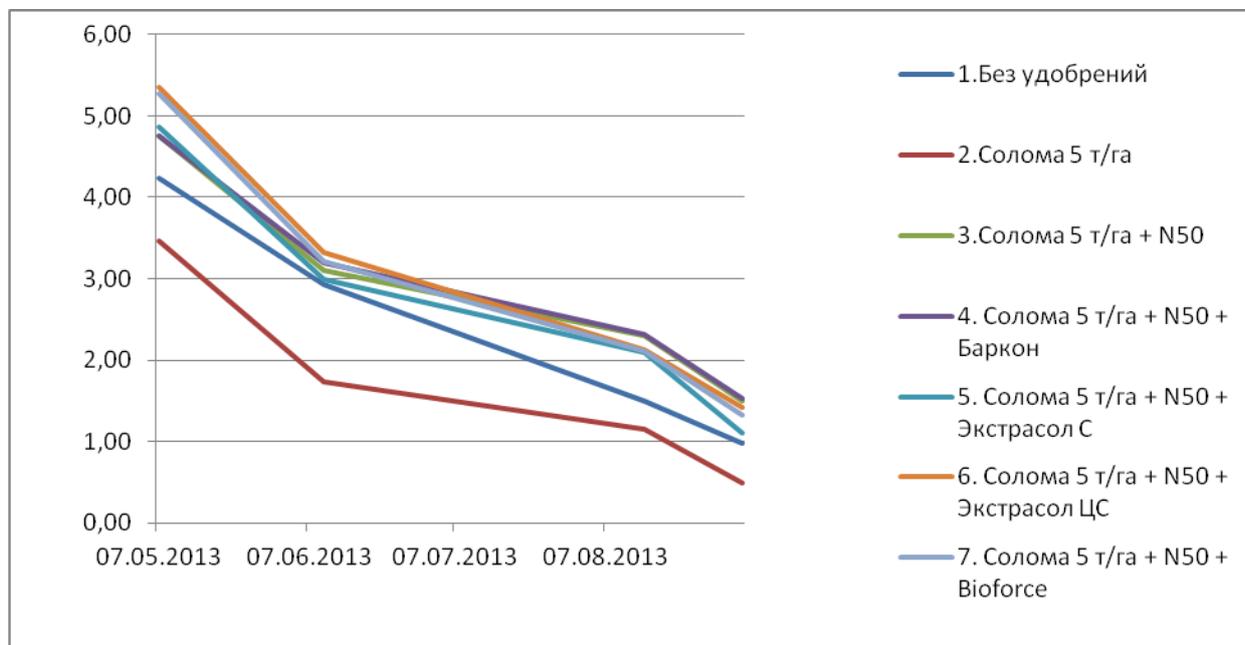


Рисунок 18 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на динамику минерального азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг почвы (Поле №2)

Изучение динамики минерального азота в данном полевом опыте позволяет сделать вывод, что совместное применение соломы с микробиологическими препаратами положительно влияет на биологическую фиксацию азота, что в свою очередь предотвращает вымывание данного элемента в грунтовые воды и его улетучивание в атмосферу, тем самым косвенно повышая плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы.

3.3.6 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на урожайность ярового тритикале

Анализ урожайности яровой тритикале за 2012 - 2013 гг. выявил, что внесение соломы с компенсирующей дозой азота и микробиологическими препаратами оказало положительное действие на рост и развитие растений.

Так, в 2012 г., неблагоприятном по погодным условиям для роста и развития растений, в варианте с внесением чистой соломы происходит снижение урожайности по отношению к контролю на 1 ц/га. Отрицательное воздействие соломы на урожай ярового тритикале в климатических условиях 2013 года на варианте 2 (Солома 5 т/га) привело к снижению урожая на 2,6 ц/га. Данное снижение обусловлено тем, что азотные соединения, присутствующие в почве и требуемые растениям для полноценного развития были иммобилизованы бурно развивающейся микробиотой, разлагающей солому, в которой отношение азота к углероду было достаточно широко. Таким образом, использование соломы без компенсирующей дозы азота крайне негативно отразилось на азотном питании растений и привело к снижению урожая зерна возделываемой культуры (Таблицы 24 и 25).

В условиях 2012 г. отмечено в вариантах с применением микробиологических препаратов имело место достоверное увеличение урожая зерна ярового тритикале. Так, прибавка по отношению к контрольному варианту при использовании биологических препаратов Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce составила 2,8 ц/га; 2,7 ц/га; 2,9 ц/га; 2,8 ц/га соответственно. Отмечена

тенденция к росту урожайности в вариантах с биопрепаратами по сравнению с вариантом 3 (Солома 5 т/га + N50) (Таблица 24).

Таблица 24 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на урожайность ярового тритикале (2012 г.)

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
		ц/га	%
1.Без удобрений	15,0		
2.Солома 5 т/га	14,0	-1,0	-7
3.Солома 5 т/га + N50	16,4	1,4	10
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	17,8	2,8	19
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	17,7	2,7	18
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	17,9	2,9	20
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	17,8	2,8	19
<i>HCP₀₅</i>		2,2	

Погодные условия 2013 г. были более благоприятным для роста и развития ярового тритикале, что позволило культуре полностью реализовать свой потенциал. Так, в вариантах с применением микробиологических препаратов Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce была получена достоверная прибавка урожая по отношению к контрольному варианту, которая составила 3,5 ц/га; 3,6 ц/га; 3,7 ц/га; 3,4 ц/га соответственно. Между вариантом 3 (Солома 5 т/га + N50), где солому вносили только с компенсирующей дозой азота, и вариантами с микробиологическими препаратами не было зафиксировано достоверной разницы, однако отмечена тенденция к увеличению урожайности, которая составила - от 1,4 ц/га до 1,7 ц/га (Таблица 25).

Полученные результаты согласуются с исследованиям, проведенным в Краснодарском НИИ сельского хозяйства, в которых отмечено, что использование микробиологического препарата Микобакт в дозе от 2 до 4 л/га

дополнительно разлагало от 6 до 10 ц/га соломы озимой пшеницы, что в свою очередь привело к росту урожайности последующей зерновой культуры на 3,5...4,5 ц/га [<http://www.spb-bio.ru>].

Таблица 25 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на урожайность ярового тритикале (2013 г.)

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
		ц/га	%
1.Без удобрений	16,7		
2.Солома 5 т/га	14,1	-2,6	-16
3.Солома 5 т/га + N50	18,7	2,0	12
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	20,2	3,5	21
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	20,3	3,6	22
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	20,4	3,7	23
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	20,1	3,4	21
<i>HCP₀₅</i>		2,0	

Таким образом, применение микробиологических препаратов позволяет за счёт ускорения процессов разложения соломы и стимулирования развития аборигенной почвенной микрофлоры увеличивать продуктивность почв, тем самым повышая урожайность возделываемой культуры, которая в среднем за два года увеличилась на 3,2 ц/га.

3.3.7 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на химический анализ зерна и соломы ярового тритикале

Химический анализ зерна и соломы ярового тритикале, выращенного в 2012 г., не выявил достоверного влияния микробиологических препаратов на содержание общих азота, фосфора и калия в зерне (Таблица 26).

В 2013 г. отмечено достоверное увеличение содержания азота в зерне тестовой культуры (яровое тритикале) при применении микробиологических препаратов Баркон и Экстрасол ЦС (Таблица 27).

Таблица 26 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на химический состав зерна и соломы ярового тритикале (2012 г.)

Вариант	Зерно			Солома		
	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
1. Без удобрений	2,10	1,02	0,44	0,40	0,24	0,44
2. Солома 5 т/га	1,98	1,01	0,46	0,40	0,22	0,42
3. Солома 5 т/га + N50	2,00	0,99	0,44	0,43	0,23	0,45
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	1,95	1,02	0,45	0,40	0,24	0,43
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	2,13	1,07	0,45	0,40	0,24	0,46
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	2,07	1,07	0,43	0,44	0,22	0,45
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	2,07	0,99	0,44	0,45	0,24	0,47
НCP ₀₅	0,16	0,1	0,05	0,04	0,03	0,08

Во всех вариантах с использованием биопрепаратов отмечено повышение содержания фосфора в зерне ярового тритикале на 0,17% - 0,22% относительно контрольного, что свидетельствовало о более интенсивном использовании почвенного фосфора растениями. Также отмечено накопление калия в зерне при использовании препаратов Экстрасол ЦС и Bioforce (Таблица 27).

В благоприятных условиях микробиологические препараты, предназначенные для разложения соломы, активно вовлекают в процесс её деструкции аборигенную микрофлору почвы, тем самым являясь средством микробиологической мобилизации труднодоступных и дефицитных элементов питания за счёт энергии органического вещества [Геллер И.Т., 1971].

Таблица 27 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на химический состав зерна и соломы ярового тритикале (2013 г.)

Вариант	Зерно			Солома		
	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
1. Без удобрений	1,66	1,32	0,54	0,70	0,69	1,49
2. Солома 5 т/га	1,71	1,38	0,56	0,68	0,64	1,48
3. Солома 5 т/га + N50	1,64	1,30	0,58	0,72	0,59	1,55
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	1,77	1,50	0,58	0,68	0,77	1,46
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	1,71	1,49	0,54	0,67	0,54	1,48
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	1,80	1,51	0,64	0,71	0,50	1,39
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	1,73	1,54	0,62	0,72	0,73	1,44
НСР ₀₅	0,09	0,15	0,07	0,08	0,12	0,11

Таким образом, внесение микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков (Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce) с соломой позволило в значительной степени активизировать деятельность почвенной микрофлоры (подтверждается учётом численности ФГМ – Таблица 14-19), а как следствие повысить доступность для растений почвенных запасов минеральных элементов и стимулировать их усвояемость.

3.3.8 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на агрохимические свойства почвы

Агрохимический анализ изучаемой дерново-подзолистой супесчаной почвы позволил выявить следующие тенденции: в почве всех вариантов опыта в течение двух лет отмечена тенденция к снижению показателей рН_{КС1} по сравнению с исходным уровнем, таким образом, микробиологические препараты на данный показатель не оказывали положительного влияния (Таблица 28 и 29).

Также отмечено незначительное повышение суммы поглощенных оснований и в среднем за два года она увеличилась на 1,69 мгэкв/100г почвы, из

чего следует, что данный агрохимический параметр не подвержен влиянию микробиологических препаратов (Таблица 28 и 29).

Таблица 28 - Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на агрохимическую характеристику пахотного слоя дерново-подзолистой почвы в (2011-2012 гг. (поле 1))

Вариант	рН	Нг	Σ Са + Mg	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O мг/кг
	мг*экв/100 г				
1. Без удобрений	4,34	1,97	3,15	52,0	101,5
	4,30*	1,43*	4,38*	61,8*	98,7*
2. Солома 5 т/га	4,32	1,85	2,30	41,7	102,3
	4,26*	1,27*	4,34*	54,6*	102,9*
3. Солома 5 т/га + N50	4,31	1,87	2,76	55,0	94,0
	4,31*	1,26*	4,57*	70,9*	96,9*
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	4,29	1,83	2,71	37,3	100,8
	4,27*	1,36*	4,63*	64,4*	109,0*
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	4,42	1,75	3,15	39,7	97,1
	4,38*	1,26*	4,72*	63,9*	110,8*
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	4,43	1,83	3,24	48,5	98,7
	4,37*	1,12*	4,92*	72,6*	112,9*
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	4,49	1,69	3,41	50,7	91,6
	4,46*	1,15	5,06*	82,6*	98,0*

Над чертой отбор 06.09.2011 года; Под чертой (*) отбор 06.09.2012 года.

Содержание подвижного фосфора в пахотном слое дерново-подзолистой почвы за период исследований также возросло. Однако в почве контрольного варианта за два года исследований данный показатель увеличился только на 9,0 мг/кг почвы, в то время как в вариантах с использованием микробиологических препаратов увеличение составило в среднем на 33,5 мг/кг (Таблица 28 и 29).

Таблица 29 - Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой почвы в 2012-2013 годах (поле 2)

Вариант	рН	Нг	Σ Са + Mg	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O мг/кг
	мг*экв/100 г				
1. Без удобрений	6,00	2,52	3,40	91,4	103,6
	5,82*	1,28*	5,09*	99,6*	92,0*
2. Солома 5 т/га	6,00	2,62	3,40	93,3	106,4
	5,62*	1,28*	5,10*	113,4*	108,1*
3. Солома 5 т/га + N50	5,70	2,62	3,35	126,4	115,0
	5,38*	1,98*	4,95*	153,0*	118,4*
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	5,75	2,74	3,27	125,4	112,0
	5,60*	2,02*	5,02*	162,0*	117,3*
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	5,70	2,74	3,15	102,1	103,6
	5,32*	2,41*	4,77*	145,0*	109,0*
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	5,70	2,62	3,20	114,2	98,0
	5,58*	1,98*	4,88*	158,2*	103,5*
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	5,70	2,62	3,03	116,6	89,6
	5,40*	2,02*	4,63*	154,0*	95,0*

Над чертой отбор 04.10.2012 года; Под чертой (*) отбор 04.09.2013 года.

Полученные данные можно объяснить следующим образом: так как сама солома при разложении не может служить значительным источником фосфатов (возврат фосфора в биологический круговорот составляет не более 9 кг/га), их увеличение в почве может быть связано с активизацией биологических процессов жизнедеятельности микроорганизмов. Большая часть фосфора в почве находится в недоступной для растений минеральной форме и лишь в результате мобилизации из первичных минералов или нерастворимых солей под действием сильных органических и неорганических кислот, образующихся в результате жизнедеятельности почвенной микрофлоры (нитрификаторы, тионовые бактерии, грибы) фосфор становится доступен для растений [Бабьева И.П., Зенова Г.М., 1989].

Таким образом, микробиологические препараты, применяемые для разложения соломы, стимулируют развитие аборигенной микрофлоры почвы, что в целом увеличивают её биологическую активность и опосредованно влияет на пищевой режим почвы.

В вариантах с использованием микробиологических препаратов отмечен рост содержания обменного калия. Так в среднем за два года его содержание на данных вариантах возросло на 8,0 мг/кг почвы, в то время как в почве контрольного варианта отмечено снижение содержания K_2O в среднем на 7,2 мг/кг почвы (Таблица 28 и 29).

Полученные результаты, по-видимому, обусловлены тем, что в отличие от азота и фосфора, калий в больших количествах содержится в соломе и растительных остатках. При рациональном и полном использовании растительных отходов калий возвращается в почву в значительных количествах [Панников В.Д., Минеев В.Г., 1987].

Исходя из вышесказанного, можно резюмировать, что микробиологические препараты-деструкторы растительных остатков (Баркон, Экстрасол, Экстрасол ЦС и Bioforce), ускоряя разложение соломы, обеспечивают растения дополнительным калийным питанием. Применение изучаемых биопрепаратов способствовало также увеличению доступного для растений фосфора за счёт усиления общей биологической активности почвы.

3.3.9 Влияние применения соломы и микробиологических препаратов на анализ структуры урожая ярового тритикале

Анализ структуры урожая показал, что достоверного изменения показателей не было ни в одном из вариантов. Однако прослеживается закономерность положительного действия внесения соломы с компенсирующей дозой азота и микробиологическими препаратами на формирование урожая ярового тритикале (Таблица 30).

Таблица 30 - Элементы структуры урожая ярового тритикале (среднее за 2012-2013 гг.)

Варианты	Продуктивная кустистость	Число зерен с 1 колоса, шт.	Длина колоса, см	Масса 1000 зерен, гр.
1.Без удобрений	1,26	16,1	4,1	37,2
2.Солома 5 т/га	1,25	14,2	4,0	37,6
3.Солома 5 т/га + N50	1,43	20,1	4,8	37,4
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	1,43	19,7	5,1	38,4
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол С	1,38	20,1	4,9	39,3
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	1,37	22,0	4,8	39,5
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	1,39	20,2	5,2	38,8
НСР ₀₅	0,18	5,29	1,32	2,4

Установлено, что в среднем за два года показатель продуктивной кустистости был выше в вариантах с применением биопрепаратов на 0,11-0,17 по отношению к контролю, масса 1000 зерен - в среднем на 3 - 6% превышала контрольный вариант, при этом отмечены положительные тенденции к большей озернённости и увеличению длины колоса при использовании биопрепаратов.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ - ДЕСТРУКТОРОВ

В условиях Владимирской области, где большая часть посевных площадей располагается на низко плодородных песчаных и супесчаных почвах, одни из доступных источников элементов питания при дефиците и дороговизне минеральных удобрений является солома зерновых культур.

Применение соломы на удобрение с микробиологическими препаратами имеет значительное экономическое преимущество в сравнение с другими технологиями ее использования.

Так, только за счёт оставления соломы в поле, снижения затрат на её уборку и транспортировку в места хранения, значительно ускоряется и удешевляется уборка урожая.

По результатам экономической оценки измельчение и разбрасывание соломы для заделки в качестве удобрения снижает затраты труда и расход ГСМ, эксплуатационные затраты при этом снижаются на 20-22% (Таблица 31).

Однако применение соломы в чистом виде по итогам наших исследований снижало урожай тестовой культуры в среднем за 2 года на 1,8 ц/га, таким образом, внесение соломы в чистом виде в качестве удобрения позволило получить всего лишь 720 рублей дополнительной прибыли с 1 гектара, рентабельность в данном случае возросла на 17% (Таблица 32).

Использование соломы совместно с компенсирующей дозой азота привело к увеличению урожайности, она достигала 17,55 ц/га, что увеличило чистую прибыль относительно контрольного варианта на 1443 рубля, однако рентабельность в данном случае составила только 155%, что на три % ниже, чем в варианте с использованием соломы в чистом виде.

Таблица 31 - Затраты при различных способах использования соломы на удобрение, руб./га

Затраты на проведение работ	Без удобрений		Солома 5 т/га		Солома 5 т/га + N50		Солома 5 т/га + N50 + Б/п	
	З/п	ГСМ	З/п	ГСМ	З/п	ГСМ	З/п	ГСМ
Раннее весеннее боронование, руб.	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51
Культивация, руб.	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51
Внесение удобрений, руб.	0,00	0,00	0,00	0,00	316,47	204,34	0,00	0,00
Предпосевная культивация, руб.	316,47	204,34	316,47	204,34	316,47	204,34	316,47	204,34
Посев, руб.	791,16	510,85	791,16	510,85	791,16	510,85	791,16	510,85
Прикатывание, руб.	253,17	163,47	253,17	163,47	253,17	163,47	253,17	163,47
Уборка семян с измельчением соломы, руб.	0,00	0,00	951,28	531,28	951,28	531,28	951,28	531,28
Уборка семян без измельчения соломы, руб.	2195,25	1226,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Транспортировка семян, руб.	316,47	204,34	316,47	204,34	316,47	204,34	316,47	204,34
Сушка семян, руб.	273,00	0,00	273,00	0,00	273,00	0,00	273,00	0,00
Сортировка семян, руб.	545,01	0,00	545,01	0,00	545,01	0,00	545,01	0,00
Складирование семян, руб.	54,99	0,00	54,99	0,00	54,99	0,00	54,99	0,00
Внесение биопрепаратов, руб.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	316,47	204,34
Транспортировка соломы, руб.	316,47	204,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Вспашка осенняя, руб.	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51
Культивация, руб.	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51	474,70	306,51
Стоимость биопрепарата, руб.		0,00		0,00		0,00		900,00
Семена, руб.		2484,00		2484,00		2484,00		2484,00
Электричество, руб.		2500,00		2500,00		2500,00		2500,00
Удобрения (аммиачная селитра, аммиачная вода), руб.		0,00		0,00		2155,00		2155,00
Итого затрат, руб./га		15684,15		12443,42		15900,43		16800,43
Урожай, среднее за 2 года, ц/га		15,85		14,05		17,55		19,03
Стоимость реализуемой продукции, руб./га		22190,00		19670,00		24570,00		26642,00

Использование соломы на дерново-подзолистой супесчаной почве с применением микробиологических препаратов и компенсирующей дозой азота в качестве удобрения позволило получить максимальный урожай в рамках нашего исследования, который за два года в среднем составил 19 ц/га. Вследствие

увеличения урожайности тестовой культуры и снижения затрат по уборке и транспортировке соломы, чистая прибыль с одного гектара составила уже 9841 рубль 57 копеек и была выше контрольного варианта в 1,52 раза. Рентабельность при применении данной технологии использования соломы также возрастает и составляет 159%, что выше контрольного варианта на 18%.

Таблица 32 - Рентабельность и чистый доход при различных технологиях использования соломы

		Без удобрений	Солома 5 т/га	Солома 5 т/га + N50	Солома 5 т/га + N50 + Б/п
Итого затрат, руб./га		15684,15	12443,42	15900,43	16800,43
Стоимость реализуемой продукции, руб./га		22190,00	19670,00	24570,00	26642,00
Чистый доход, руб/га		6505,85	7226,58	8669,57	9841,57
Выгода в руб./га относительно:	контрольного варианта	-	720,73	2163,72	3335,72
	варианта с соломой	-	-	1442,99	2614,99
	варианта с применением соломы и N50	-	-	-	1172,00
Рентабельность, %		141%	158%	155%	159%

Таким образом, не смотря на дополнительные затраты на приобретение и внесение микробиологических препаратов совместно с компенсирующей дозой азота, их применение целесообразно, так как позволяет значительно увеличить чистую прибыль сельскохозяйственного предприятия с одного гектара зерновой культуры.

ВЫВОДЫ

1. Совместное применение соломы зерновых культур как удобрения и микробиологических препаратов - деструкторов на дерново-подзолистой супесчаной почве ускоряет разложение растительных остатков, что подтверждается увеличением эмиссии диоксида углерода из почвы на 172 - 213 %, ростом почвенной микробной биомассы на 8 - 43%.

2. Процессы разложения соломы под действием микробиологических препаратов-деструкторов проходили наиболее эффективно при добавлении компенсирующей дозы азота, что обусловлено активизацией роста микробной биомассы, которая в среднем возрастает на 11% за период исследований, а также повышением интенсивности эмиссии диоксида углерода из почвы на 56% и содержания в почве минерального азота на 89%.

3. Использование микробиологических препаратов-деструкторов увеличило скорость разложения целлюлозы в 1,4 раза по сравнению с вариантом без удобрений, что сопровождалось увеличением численности почвенных микроорганизмов по сравнению с контролем: протеолитических - в 2,3 раза, амилитических - в 2,0 раза, целлюлозолитических - в 1,6 раз, микромицетов - в 1,6 раз. При этом индекс суммарной биологической активности возрос в 12 раз.

4. Внесение соломы с компенсирующей дозой азота в сочетании с биопрепаратами-деструкторами в пахотный слой дерново-подзолистой супесчаной почвы сопровождалось усилением биологической фиксации азота, что обусловлено восьмикратным увеличением численности анаэробных азотофиксаторов (*Cl.Pasterianum*).

5. Обработка соломы микробиологическими препаратами-деструкторами, с последующим её запахиванием в почву, способствует повышению содержания обменного калия в пахотном слое в среднем на 8 мг/кг, подвижного фосфора - на 34 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом.

6. Эффективность применения микробиологических препаратов-деструкторов совместно с растительными остатками зерновых культур,

подтверждается оптимизацией элементов структуры урожая, полученного в агроценозах на дерново-подзолистой супесчаной почве. Так, продуктивная кустистость растений возросла на 9 - 13%, масса 1000 зёрен – на 3 - 6%, озернённость – на 22 - 37% и длина колоса – на 17 - 27% по отношению к контрольному варианту. Использование препаратов позволило получить достоверную прибавку урожая зерна ярового тритикале, которая составила в среднем 3,2 ц/га.

7. Установлено положительное влияние микробиологических препаратов-деструкторов на содержание биогенных элементов в зерне ярового тритикале, отмечено достоверное увеличение содержания азота на 0,11-0,14% (абс.), фосфора - на 0,17 - 0,22% (абс.), калия - на 0,08-0,10% (абс.) по сравнению с вариантом без обработки.

8. Рентабельность при использовании микробиологических препаратов-деструкторов с соломой зерновых культур и компенсирующей дозой азота на дерново-подзолистой супесчаной почве составила 159%, чистый доход 9841,57 руб./га, что в 1,5 раза превосходило контрольный вариант.

Рекомендации производству

В Центральной Нечернозёмной зоне на дерново-подзолистых супесчаных почвах при недостатке традиционных органических удобрений рекомендуется в производственных условиях применение соломы зерновых культур в качестве удобрения с микробиологическими препаратами-деструкторами и компенсирующей дозой азота. Использование соломы совместно с микробиологическими препаратами имеет определенные преимущества перед другими удобрениями: экологическая безопасность для человека, животных, птиц, насекомых; простой и эффективный производственный процесс получения; низкая стоимость. Применение соломы в качестве удобрения с использованием микробиологических препаратов не противоречит Российскому законодательству и может быть использовано в любом виде сельскохозяйственных предприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авров, В.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / В.Е. Авров, З.М. Мороз. - М.: Колос, 1979 г. – 200 с.
2. Альтернативные методы управления растительными остатками в растениеводстве вместо сжиганий./ Под редакцией Д. Шевченко, Е. Кобец. - Санкт-Петербург: ООО «КСИ-ПРИНТ». - 64с.
3. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. - Л.: Наука, 1980. - 288 с.
4. Алиева, Е.И. Использование соломы в качестве удобрения на дерново-подзолистой почве / Е.И. Алиева // Эффективность удобрений и других средств химизации на дерново-подзолистых почвах НЗ РСФСР. Труды ВИУА. - 1988. - С. 101-106.
5. Анализ физиологических групп бактерий [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://murzim.ru/nauka/biologiya/mikrobiologija/25518-analiz-fiziologicheskikh-grupp-bakteriy.html>
6. Анисимова, Т.Ю. Эффективность соломы и баланс питательных элементов в звене севооборота с люпином/ Т.Ю. Анисимова // Агрохимия. - 2002. - №5. - С. 63-67.
7. Андреев, В.А. Меры борьбы с сорняками при производстве органических удобрений / В.А Андреев, П.Д. Попов, А.В. Быкова. - М., 1988. – 16 с.
8. Аристовская, Т.В. Микробиология подзолистых почв/ Т.В. Аристовская. - М.: Наука, 1965. – 187 с.
9. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. - Л.: Наука, 1980. - 187 с.
10. Аристовская, Т.В. Микробиологические аспекты плодородия почв / Т.В. Аристовская // Почвоведение. - 1988. - № 9. - С. 53-69.
11. Бабьева, И.П. Биология почв / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. - М.: Издательство МГУ, 1989. – 336 с.

12. Бакаева, Ю.Н. Влияние куриного помёта и препарата Тамир на всхожесть и урожайность яровой пшеницы в условиях степной зоны Оренбуржья / Ю.Н. Бакаева, Ф.Г. Бакиров // Известия Оренбуржского ГАУ. - 2014. - № 2. - С. 34-36.
13. Банкин, М.П. Биологические аспекты повышения плодородия дерново-подзолистых почв // М.П. Банкин - Тезисный доклад Санкт-Петербург. Университета и Агрофизического НИИ: Микробиология почв и земледелие. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 10.
14. Безлер, Н. В. Некоторые биокаталитические процессы в почве при использовании в качестве органического удобрения соломы / Н.В. Безлер, И.В. Черепухина // Плодородие. - 2012. - №3. - С. 32-34.
15. Безлер, Н.В. Запашка соломы ячменя и продуктивность культур в зернопропашном севообороте / Н.В. Безлер, И.В. Черепухина // Земледелие. – 2013. - № 4. - С. 11-13.
16. Берестецкий, О.А. Биологические основы плодородия почв / О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский и др. М.: Колос, 1984. – 287 с.
17. Благодатский, С.А. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская, А.Ю. Горбенко, Н.С. Паников // Почвоведение. - 1987. - №4. - С.64-73.
18. Бурлака, В.В. Биологические основы растениеводства на переувлажняемых почвах Дальнего Востока/ В.В. Бурлака. - Хабаровск, 1967. - 278 с.
19. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппов. – Россельхозиздат, 1984. - 254 с.
20. Васильев, В.А. Органические удобрения в интенсивном земледелии / В.А.Васильев, И.И. Лукьяненко, В.Г. Минеев и др. – М.: Колос, 1984. – 303 с.
21. Войнова-Райкова, Ж. Микроорганизмы и плодородие / Ж. Войнова-Райкова, В. Ранков, Г. Ампова. - М.: Агропромиздат, 1986. – 120 с.

22. Вильямс, В.Р. Почвоведение / В.Р. Вильямс. - М.: ОГИЗ – Сельхозгиз, 1946. – 456 с.
23. Верниченко, Л.Ю. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур / Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин // В кн. Использование соломы как органического удобрения / под ред. Е.Н. Мишустина. - М.: Наука, 1980. - С. 3-33.
24. Визла, Р.Р. Изучение длительного применения соломы в качестве удобрения / Р.Р. Визла, М.О. Винкалне // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. - 1984. - № 65. - С.89-94.
25. Визла, Р.Р., Разложение соломы в разных почвах/ Р.Р. Визла, М.О. Винкалне // Бюл.ВИУА. - 1977. - №33. - С.104-109.
26. Визла, Р.Р. Использование излишков соломы в качестве удобрения / Р.Р. Визла // Зерновое хозяйство. - 1987. - Т.8. - С. 7-8.
27. Визла, Р.Р. Эффективность и технология применения соломы на удобрение в Латвийской ССР / Р.Р. Визла // Сб.: Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений. – Владимир. - 1977. – С. 30-32.
28. Воробьев, Н. И. Экобиотехнология гумификации растительных остатков, использующая геннометаболические сети почвенных микроорганизмов / Н. И. Воробьев, О.В. Свиридова, А.А. Попов и др. // Мат. Докладов VI съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция « Почвы России: современное состояние, перспективы изучения использования». - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. - 2012. - Кн. 1. – С. 320 – 322.
29. Воробьев, Н.И. Структура метагеномных сетей, образованных почвенным микробным сообществом при гумификации лигниносодержащих растительных остатков / Н.И. Воробьев, О.В. Свиридова, Е.Е. Андронов, О.В. и др.// Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов: Сб. докладов Координационного совещания по выполнению задания 02.04 «Разработать высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых

биологических ресурсов для получения нормативно чистой растениеводческой продукции, создания экологической устойчивости агроландшафтов и воспроизводства плодородия почв». – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИОУ, 2012 г. – С. 34-38.

30. Волосенкова, И.А., Биологическая активность светло-серой лесной почвы / И.А. Волосенкова, Г.Д. Гогмачадзе, В.И. Титова // Достижения науки и техники. - 2004. - №8. - С.10-11.

31. Востокова, Л.Б. Бонитировка почв в системе земельного кадастра / Л.Б. Востокова, Д.С. Булгаков, Н.В. Орешникова, А.С. Яковлев/ - М.: «Макс Пресс», 2010. – 300с.

32. Волощук, А.Т. Принципиальные основы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: на примере Владимирского Ополя: диссертация ... доктора с.-х. наук / А.Т. Волощук. - Суздаль, 2001. – 343 с.

33. Вислобокова, Л.Н. Солома – важнейший приём использования органических удобрений / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, З.Я. Брюхова // Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов: Сб. докладов Координационного совещания по выполнению задания 02.04 «Разработать высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов для получения нормативно чистой растениеводческой продукции, создания экологической устойчивости агроландшафтов и воспроизводства плодородия почв» – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИОУ, 2012. – С. 24-27.

34. Гаврилюк, Ф.Я. Бонитировка почв / Ф.Я. Гаврилюк - 2-е изд., перераб. и доп.: учеб. пособие для вузов. - М.: «Высшая школа», 1974.- 272 с.

35. Голод, Б.И. Действие и последствие соломы на урожай бобовых и зерновых культур / Б.И. Голод // Доклады ТСХА. - 1968. - Вып. 138. – С. 49-53.

36. Голод, Б.И. Образование токсичных для растений веществ при разложении соломы в почве / Б.И. Голод // Доклады ТСХА. 1968. - Вып. 133. – С. 373-376.

37. Геллер, И.Т. Мобилизация нерастворимых соединений фосфора почвенными микроорганизмами: автореф. дис.канд.с.-х.наук. / И.Т. Геллер. - М., 1971. -17с.
38. Гнеушева, И.А Биологическая активность грибов рода *Trichoderma* и их промышленное применение / И.А. Гнеушева, Н.Е. Павловская, И.В. Яковлева // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - №3. - Т.24. - 2010. - С. 36-39.
39. Гилис, М.Б. Рациональные способы внесения удобрений / М.Б. Гилис. - М.: КОЛОС, 1975. - 240 с.
40. Докучаев, В.В. Русский чернозем / В.В. Докучаев // М.; Л.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. – 560 с
41. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985 г. - 351 с.
42. Деревягин, В.А. Применение соломы на удобрение / В.А. Деревягин, Р.Н. Деревягина, П.Д. Попов // Химизация сельского хозяйства. - 1988. - №3. - С. 10-14.
43. Дедков, В.Н. Биоконверсия соломы злаковых культур грибами рода *Trichoderma* в кормовые продукты для животноводства / В.Н. Дедков, И.А. Гнеушева, Н.Е. Павловская // Вестник Орловского Государственного Университета. - №4. - 2012. - С. 102-104.
44. Сдобников, С.С. Роль органических удобрений в повышении плодородия почвы в интенсивном земледелии / С.С. Сдобников // Плодородие почвы и пути его повышения. Сб. научных трудов ВАСХНИЛ. - М.: Колос. -1983. - С.146-153.
45. Стороженко, Н.В. Биологическая активность и микробиоценозы в почве после 10 лет возделывания культур бесменно и в севообороте / Н.В. Стороженко // Докл. ВАСХНИИЛ. - 1984. - № 2. – С.41-43
46. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М.: Наука, 1965. - 320 с.

47. Емцев, В.Т. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения / В.Т. Емцев, Л.К. Ницэ // В кн. Использование соломы как органического удобрения / под ред. Е.Н. Мишустина. - М.: Наука, 1980. - С. 70-102.
48. Еськов, А.И. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов, М.Н. Новиков, С.М. Лукин. - Владимир, 2001. – 495 с.
49. Жуков, А.И. Регулирование баланса гумуса в почве / А.И. Жуков, П.Д. Попов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 40 с.
50. Звягинцев, Д.Г. Биология почв: Учебник / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова - 3-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2005. - 445 с.
51. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. - М.: Изд. ВНИИА, 2005. - 302 с.
52. Калининская, Т.А. Влияние соломы на деятельность азотфиксирующих микроорганизмов почвы / Т.А. Калининская // В кн. Использование соломы как органического удобрения / под ред. Е.Н. Мишустина. - М.: Наука, 1980. - с. 48-54.
53. Кауричев, И.С. Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов, М.В. Стратович, А.Д. Фокин. – 4-е изд., перераб., и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
54. Каюмов, М.К. Справочник по программированию урожаев / М.К. Каюмов. - М.: Россельхозиздат, 1977. - 186 с.
55. Куликова, А.Х. Повышение Эффективности применения соломы как удобрения при возделывание ячменя / А.Х. Куликова, К.Ч. Хисамова // Аграрный научный журнал. Естественные науки. - 2015. - №4. - С. 13-17.
56. Куликова, А.Х. Повышение эффективности соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, А.Е. Яшин // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. – 2016.- №3. - С. 20-24.
57. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. - М.: Колос, 1996. - 367 с.

58. Ковда, В.А. Основы учение о почвах / В.А. Ковда – М.: Наука, 1973. – 320 с.
59. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе пер. с нем. А.Н. Кулюкина. - М.: Колос, 1972. - 88 с.
60. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. - М.: Издательство: АН СССР, 1963 – 314с.
61. Коряковский, А.В. Обработка соломенной мульчи биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – эффективный способ повышения урожайности яровой пшеницы в засушливых условиях / А.В. Коряковский // Известия Оренбургского аграрного университета. - 2011. - № 32-1. - Т.4. - С. 47-48.
62. Кравченко, Л.В. Роль корневых экзометаболитов в интеграции микроорганизмов с растениями: автореф. дис... д-ра биол. Наук. / Л.В. Кравченко. - М.: МГУ, 2000. - 45с.
63. Кравченко, Л.В. Влияние корневых экзометаболитов пшеницы с различной плоидностью на рост *Azospirillum brasilense* / Л.В. Кравченко, Т.С. Азарова, О.Ю. Достанко // Микробиология. - 1993. - Т.62. - С. 863-868.
64. Колсанов, Г.В. Использование гороховой соломы для удобрения озимой ржи на черноземе типичном / Г.В.Колсанов Г.В., А.Х. Куликова, Е.А. Корнеев, Н.В. Хвостов // Агрехимия. – 2004. - №5. - С. 47-53.
65. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат,1990. – 219 с.
66. Кулинский, Н.А. Влияние почвозащитной биологизированной системы земледелия на плодородие и продуктивность серых лесных почв / Н.А. Кулинский, И.В. Русакова, М.Н. Новиков // Агрэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии. – Владимир. - 2004. – С. 218 – 223.
67. Лебедева, Л.А. Роль гумуса при интенсивном применении минеральных удобрений на дерново-подзолистой почве / Л.А. Лебедева, Е.В. Егорова // Тез. докл. « Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений». – Владимир. - 1987. – С.11.

68. Левин Ф.И. Изменение параметров биологического круговорота азота, фосфора и калия при использовании промежуточных культур на дерново-подзолистых почвах / Ф.И. Левин, С.М. Белозеров, В.С. Диваченко // *Агрохимия*. - 1985. - № 9. - С. 68-75.

69. Лукин, С.М. Результаты исследований ГНУ ВНИИОУ по разработке высокоэффективных систем и технологий использования органических удобрений и возобновляемых биоресурсов в ландшафтном земледелии / С.М. Лукин, И.В. Русакова, А.И. Еськов // *Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов: Сб. докладов Координационного совещания по выполнению задания 02.04 «Разработать высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов для получения нормативно чистой растениеводческой продукции, создания экологической устойчивости агроландшафтов и воспроизводства плодородия почв»*. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИОУ, 2012. – С. 3-8.

70. Лыков, А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А.М. Лыков. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 143 с.

71. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почв / А.М. Лыков. - М.: Моск. рабочий, 1985. – 192 с.

72. Лыков, А.М., Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков. - М.: Рос. акад. с.-х. наук, 2004.- 630 с.

73. Мамченков, И.П. Органические удобрения / И.П.Мамченков. - М.: Россельхозиздат, 1965. - 262 с.

74. Мамченков, И.П. Эффективность сочетания навоза и минеральных удобрений в севооборотах / И.П. Мамченков, В.А. Васильев // *Агрохимия*. -1972. - №5. – С. 47-27.

75. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. - М.: Агропромиздат,1990. – 207 с.

76. Микобакт: Биотехнология управления растительными остатками [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spb-bio.ru/catalogue.12,6180051.html>.

77. Милащенко, Н.З. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Н.З. Милащенко. - М., 1993. – 864 с.
78. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
79. Минибаев, Ф.Р. Возможные пути регулирования азотфиксации в агроценозах / Ф.Р. Минибаев // Вестник Башкирского университета. - 1996. - №2. - С. 33-36.
80. Мишустин, Е.Н. Использование соломы в качестве удобрения / Е.Н. Мишустин // Агрохимия. - 1971. - №8. - С.49-54.
81. Мишустин, Е.Н. Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium* / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. - М.: Наука, 2005 г. – 445 с.
82. Мишустин, Е.Н. Устранение азотного дефицита в почве при использовании соломы в качестве органического удобрения / Е.Н. Мишустин, Н.С. Ерофеев // Микробиология. - Вып. 5. - Т. 34. – 1965. – С. 47-56.
83. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. - М.: Наука, 1972. – 342 с.
84. Мишустин, Е.Н. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР / Е.Н. Мишустин. - М.: Наука, 1985. – 270 с.
85. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в агрономии: Учебник / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко; под редакцией А.А. Белоусовой. - М.: Колос, 1996 г. - 336 с.
86. Московкин, В.В. Влияние микробиологических препаратов на динамику эмиссии CO₂ при применении соломы зерновых культур в качестве удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве в лабораторных условиях / В.В. Московкин, И.В. Русакова // «Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях». Материалы 47-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов - агрохимиков и экологов (ВНИИА). - М.: ВНИИА. - 2013. - С. 132-134.
87. Московкин, В.В. Влияние азота, фосфора, извести на эффективность микробиологических препаратов, предназначенных для разложения

послеуборочных остатков на дерново-подзолистой и серой лесной почвах / Московкин В.В., Медин Д.К. // «Агроэкологические основы применения удобрений в современной земледелии». Материалы 49-й международной научной конференции молодых учёных, специалистов – агрохимиков и экологов (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2015. – С.141-143.

88. Московкин, В.В. Приёмы повышения эффективности микробиологических препаратов, предназначенных для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой и серой лесной почвах / В.В. Московкин, Д.К. Медин // «Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях». Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых учёных. - Волгоград: Волгоградский ГАУ. – 2015. – С.143-145.

89. Набоков, П.И. Микробиологическая индикация загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс] / П.И. Набоков // Санкт-Петербург. – 2015. - Режим доступа: URL: <https://vuzlit.ru>.

90. Нагимова, Р.Г. Влияние пшеничной соломы, азотного удобрения и микробиологического препарата «Стерня» на показатели плодородия чернозёма выщелоченного / Р.Г. Нагимова, В.С. Сергеев // Вестник Ижевской сельскохозяйственной академии. – 2017. - №3(52). - С. 29-34.

91. Надежкин, С.Н. Влияние соломы и сидерата на микробиологическую активность почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / С.Н. Надежкин, Н.М. Нурмухаметов // Вестник Башкирского ГАУ. - 2005. - №6. -С. 3-7.

92. Научные основы систем земледелия Владимирской области / Бирюков И. В., Самохина О. А., Лукин С. М. и др. ; под общ. ред. Бирюкова И. В., Зинченко С. И.; Рос. акад. с.-х. наук, Департамент сел. хоз-ва и продовольствия Администрации Владимир. обл., Владимир. НИИ сел. хоз-ва. - Владимир: Рост, 2009. - 307 с.

93. Новиков, М.Н. Исследование вопросов эффективного использования различных видов и форм органических удобрений: диссертация ... доктора с.-х. наук / Новиков Михаил Николаевич. - Владимир, 1993. - 454с.

94. Новиков, М.Н. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне / М.Н. Новиков, В.М. Тужилин, О.А. Самохина и др. - М.: ФГНУ «Росинфрмагротех», 2007. – 296 с.
95. Новиков, М.Н. Проблемы повышения эффективности органических удобрений и сидератов в полевом севообороте / М.Н. Новиков, Л.Д. Фролова. - Владимир, 2014. – 60 с.
96. Ничипорович, А.А. Физиология и продуктивность растений / А.А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С.7-33.
97. Овчаров, К.Е. Витамины растений / К.Е. Овчаров. - М., 1969. – 87 с.
98. Осипов, А.И. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении микробиологических препаратов / А.И. Осипов, Р.Н. Гадаборшев, С.Н. Малашин и др. // Плодородие. – 2009.- №2. – С.31-32.
99. Попов, П.Д. Расчет баланса соломы в хозяйстве (методические указания) / П.Д. Попов, М.Н. Новиков. - Владимир, 1987. -10 с.
100. Петров, В.Б. Управление деструкцией и гумификацией пожнивных остатков зерновых культур с использованием микробиологического препарата Экстрасол / В.Б. Петров, В.К. Чеботарь // Сельскохозяйственная биология. - 2012. - №3. - С. 103-108.
101. Петровский, А.С. Микробиологический препарат Биокомполит-корректор / А.С. Петровский; под ред. чл.-корр. РАН, д-ра хим. наук С.Д. Каракатова. – Щелково: АО «Щелковский Агрохим», 2016 – 32 с.
102. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. - 300с.
103. Посыпанов, Г.С. Биологический азот: проблемы экологии и растительного белка / Г.С. Посыпанов. – М.: МСХА, 1993. – 268с.
104. Павловская, Н.Е. Влияние биологически активных веществ на антиоксидантную систему гороха / Н.Е. Павловская, Д.Б. Бородин // Защита и карантин растений. – 2009. - №8. – С.42-43.
105. Павловская, Н.Е. Биотехнология создания экологически безопасных средств защиты растений от болезней и вредителей / Н.Е. Павловская, И.Н.

Гагарина, Д.Б. Бородин, И.В. Горькова // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – 2010. – С.151-153.

106. Панова, Г.Г. Стратегия наукоёмкого ресурсосберегающего круглогодичного производства высококачественной растительной продукции / Г.Г. Панова, В.А. Драгавцев, Ю.И. Желтов и др. // Аграрная Россия. – 2009. - №5. – С. 7-10.

107. Панова Г.Г. Фитопротекторная роль кремнийсодержащих хелатных микроудобрений / Г.Г. Панова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2009. - №2. – С.19-21.

108. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

109. Парахин, Н.В. Эффективность создания ассоциаций растений с полезными ризосферными микроорганизмами в агроценозах *Pisum sativum* L. / Н.В. Парахин, Ю.В. Кузмичёва // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. - 2012. - №9. – С.27-32.

110. Паринкина, О.М. Биологическая активность и эффективное плодородие почв / О.М. Паринкина, Н.В. Ключева, Л.Г. Петрова // Почвоведение. - 1993. - № 9. - С. 76-81.

111. Персикова, Т.Ф. Эффективность бактериальных препаратов под культуры севооборота / Т.Ф. Персикова // Бюллетень всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. – 2001. - №14. – С.143-144.

112. Прянишников, Д.Н. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. - М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1940. – 644 с.

113. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. - М.: Изд-во АН СССР, 1945. – 197 с.

114. Роде, А.А. Подзолообразовательный процесс / А.А. Роде. - М.: Изд-во АН СССР, 1937. - 286 с.

115. Русакова, И.В. Содержание и качественный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении соломы зерновых и зернобобовых культур / И.В. Русакова // *Агрохимия*. - 2009. - № 1. - С. 11-17.

116. Русакова, И. В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии / И.В. Русакова. - Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, 2016. – 131с.

117. Русакова, И.В. Эффективные способы использования соломы для воспроизводства плодородия / И.В. Русакова // *Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Сб. докл. Межд. науч. кон. – СПб. – 2012. – С. 380-383.*

118. Русакова, И.В. Легко разлагаемое органическое вещество дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном использовании соломы / И.В. Русакова // *Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Сб. докл. Межд. науч. кон. – М.: – 2012. – С. 157-166.*

119. Русакова, И.В. Солома важный фактор биологизации земледелия / И.В. Русакова, Н.А. Кулинский, А.А. Мосалева // *Земледелие*. - 2003. - № 1. - С. 9.

120. Русакова, И. В. Способ эффективного использования соломы в качестве удобрения с применением биопрепарата Баркон / И.В. Русакова. Н.И. Воробьёв. – Владимир: ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемия, 2010 г. – 38 с.

121. Русакова, И.В. Содержание и качественный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении соломы зерновых и зернобобовых культур / И.В. Русакова // *Агрохимия*. - 2009. - № 1. - С. 11-17.

122. Русакова, И. В. Оценка влияния биопрепарата Баркон на процессы гумификации соломы / И.В. Русакова. Н.И. Воробьёв // *Агрохимия*. - 2011. - №1. - С. 48-55.

123. Русакова, И.В. Влияние совместного использования соломы и микробиологических препаратов на биологическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / И.В. Русакова, В.В. Московкин, Д.К. Медин // *Агрохимический вестник*. - №1. – 2014. – С.28-29.

124. Русакова, И.В. Изучение эффективности инокуляции соломы ячменя микробиологическими препаратами / И.В. Русакова, В.В. Московкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - №6-2(37). –С.58-61.

125. Русакова, И.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приёмы повышения эффективности его применения на разных типах почв / И.В. Русакова, В.В. Московкин // Агрохимия. – 2016. - №8. – С.56-61.

126. Русакова, И.В. Исследование влияния микробиологических препаратов на процессы трансформации соломы зерновых культур в дерново-подзолистой почве / И.В. Русакова, В.В. Московкин // Владимирский земледелец. – 2015. - №3 - 4(74). – С.18-21.

127. Русакова, И.В. Технологии использования соломы и растительных остатков агроценозов на удобрение / И.В. Русакова, Р.Ф. Еремина, Н.А. Чуян; под редакцией А.И. Еськова. – Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, 2008. – 133 с.

128. Сельскохозяйственные экосистемы: пер. с англ. / А.С. Каменского и др.; под ред. Л.О. Карпачевского. - М.: Агропромиздат, 1987. - 223 с.

129. Семенов, В.М. Почвенное органическое вещество / В.М. Семенов, Б.М. Когут. - М.: ГЕОС, 2015. - 233 с.

130. Семенов, В.М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве / В.М. Семенов, А.К. Ходжаева // Агрохимия. - 2006. - №7.- С. 63-81

131. Сорокин, И.Б. Солома зерновых и зеленое удобрение. / И.Б. Сорокин. - Томск: Дельтаплан, 2006. - 70 с.

132. Семенов, В.М. Участие растительной биомассы в формировании активной фазы почвенного азота / В.М. Семенов, Т.В. Кузнецова, Л.А. Иванникова и др. // Агрохимия. - 2001. - №7. - С. 5-12

133. Сергеев, Г.Я. Влияние препарата Байкал ЭМ1 на скорость разложения соломы / Г.Я. Сергеев, В.В. Каверович, Т.А. Костенко // Земледелие. - 2006. - №4. - С. 14-15.

134. Стейнифорт, А.Р. Солома злаковых культур: пер. с англ. Г.Н. Мирошниченко. - М.: Колос, 1983. – 191 с.

135. Сазанов С.Н. Микробиологическая оценка процесса самовосстановления дерново-подзолистой почвы / С.Н. Сазанов, Н.А. Манучарова, М.В. Горленко, М.М. Умаров // Почвоведение. – 2005. - № 5. - С. 575-580.

136. Серёгина, И.И. Использование циркона для снижения токсического действия цинка на растения пшеницы / И.И. Серёгина, Е.В. Чурсина // Сб. науч. ст. доклады ТСХА. М.: ФГОУ-ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. - 2006. – С. 561-565.

137. Серёгина, И.И. Влияние препарата циркон на продуктивность яровой пшеницы и содержание тяжелых металлов в продукции при загрязнение почвы цинком, кадмием, свинцом / И.И. Серёгина, Е.В. Чурсина // Агрохимия. – 2010. - №9.- С.66-71.

138. Скатова, С.Е. Яровая тритикале: возделывание в нечернозёмной зоне России / С.Е. Скатова. А.М. Тысленко. – Владимир, 2011.- 16с.

139. Семененко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семененко. - Минск: БИТ «Хата», 2003. - 164 с.

140. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. - М.: ВО Агропромиздат, 1989. - 237 с.

141. Тарасов, С.А. Использование микробиологических препаратов для ускорения деструкции соломы / С.А. Тарасов, О.М. Шершнева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - №6. - С. 41-45.

142. Тихонович, И.А. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов // Плодородие. - 2006. - № 5(32). - С. 9-12.

143. Титова, В.И. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В.И. Титова, Л.Д. Варламова, Е.В. Дабахова, А.В. Бахарев // Агрохимический вестник. – 2011.- №2. – С.3-6.

144. Теппер, Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева; под ред. В.К. Шильниковой. - М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

145. Хисамова, К.Ч. Формирование посевов и урожайности ячменя в зависимости от применения в системе удобрения соломы и биологического препарата Байкал ЭМ-1 / К.Ч. Хисамова, Е.А. Яшин, А.Х. Куликова // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. - 2016. - №2(34). - С. 65-73.

146. Федотов, Г.Н. О возможной роли микроорганизмов в образовании гумусовых веществ в почвах / Г.Н. Федотов, Л.В. Лысак // Доклады Академии Наук. - 2014. - Т. 455. - № 1. - С. 114-117.

147. Федоров, А.А. Удобрение соломой и содержание подвижных форм азота в почве / А.А. Федоров // Агрехимия. – 1977. - С. 102-107.

148. Черепанов, Г.Г. Роль послеуборочных остатков в почвозащитном земледелии: Обзорная информация / Г.Г. Черепанов. - М.: ВНИИТЭИ агропром, 1991. - 52 с.

149. Чеботарь, В.К. Эффективность применения препарата экстрасол / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, Е.Н. Кипрушкина. - М.: Издательство ВНИИА, 2007. – 216 с.

150. Чеботарь, В.К. Микробиологические препараты в системе экологического земледелия / В.К. Чеботарь, Ю.В. Лактионов, В.В. Яхно // Региональная экология. - 2015. - №6 (41). - С. 41-47.

151. Чурсина, Е.В. Действие регулятора роста циркон на продуктивность яровой пшеницы в зависимости от концентрации тяжелых металлов в почве / Е.В. Чурсина // Агрехимические технологии, приёмы и способы увелечения объёмов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции: Матер. Международной научной конференции (ВНИИА). – М.: ВНИИА, 2008. – С.170-172.

152. Шарков, И.Н. Удобрения и проблема гумуса в почвах / И.Н. Шарков // Почвоведение. - 1987. - №11. - С. 70-81.

153. Шарков, И.Н. Совершенствование абсорбционного метода определения выделения CO₂ из почвы в полевых условиях / И.Н. Шарков // Почвоведение. - 1987. - №1. - С. 127
154. Шевцова, Л.К. О взаимосвязи между некоторыми показателями гумусного состояния почв и урожаем / Л.К. Шевцова // Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв, Труды ВИУА. – М.: ВНИИА, 1989. – С.32-37.
155. Щапова, Л.Н. Микробная сукцессия при трансформации органического вещества / Л.Н. Шапова // Почвоведение. - 2004. - № 8. - С. 967-975.
156. Abro, S. Influence of microbial inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes / S. Abro, X. Tian, D. Youl et al. // African Journal of Mikrobiology Research. - 2011. - V 4(19). - P. 3054-3061.
157. Asmus, F. Einfluß von Strohdüngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil / F. Asmus, U. Völker // Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd. – Berlin. - 1984. - B. 28. - H.7. - S. 411-417.
158. Lal, R. The Role of Residues Management in Sustainable Agricultural Systems / R. Lal // Journal of Sustainable Agriculture. – 1995. - V.5. - I.4. - P. 51-78.
159. Lynd, L.R. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology / L.R. Lynd, P.J. Weimer, W.H. van Zyl, I.S. Pretorius // Microbiol. Mol. Biol. Rev. - 2002. - V. 66. - P. 506–577.
160. Li, P. Survival and performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil / P. Li, D. Zhang, X. Wang, Z. Cui // Microbiol Biotechnol. – 2012. - Jan; 22(1). – P. 126-132.
161. Mansfield, S.D. Cellulose hydrolysis – the role of the monocomponent cellulases in crystalline cellulose degradation / S.D. Mansfield, R. Meder // Cellulose. - 2003. - V.10. - P. 159–169.
162. Minerdi, D. Nitrogen fixation genes in an endosymbiotic Burkholderia strain / D. Minerdi, R. Fani, R. Gallo et al. // Appl. Environ. Microbiol. - 2001. - V.67. - P. 725–732.

163. Gaiind S. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants / S. Gaiind, L. Nain // *Biodegradation*. – 2007. - 18(4). – P. 495-503

164. Summerell B. Decomposition and chemical composition of cereal straw / B. Summerell // *Soil. Biol. and Biochem.* -1989. - №4. - P.551-559.

165. Jian-guang, Y. Effect of microbial inoculants for straw decomposing on soil microorganisms and the nutrients / Y. Jian-guang, C. Zhi-zhou, H. Hong-ying et al. // *Journal of Agro-Environment Science*. – 2010. - №3. - C. 563-570.

ПРИЛОЖЕНИЯПриложение А
(необязательное)

Рисунок А. 1 - Распределённая солома в полевом опыте



Рисунок А. 2 - Распределённая солома в полевом опыте

Приложение Б
(необязательное)

<p>1. Без удобрений</p> 	<p>2. Солома 5т/га</p> 
<p>3. Солома 5т/га + N50</p> 	<p>4. Солома 5т/га + N50 + Баркон</p> 
<p>5. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол</p> 	<p>6. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол ЦС</p> 
<p>7. Солома 5т/га + N50 + Bioforce</p> 	

Рисунок Б. 3 - Учёт численности групп микроорганизмов развивающихся на
мясо-пептонном агаре

Приложение В
(необязательное)

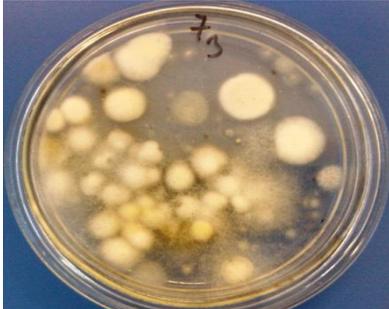
1. Без удобрений	2. Солома 5т/га
	
3. Солома 5т/га + N50	4. Солома 5т/га + N50 + Баркон
	
5. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол	6. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол ЦС
	
7. Солома 5т/га + N50 + Bioforce	
	

Рисунок В. 4 - Учёт численности групп микроорганизмов развивающихся на среде

Чапека

Приложение Г

(необязательное)

1. Без удобрений	2. Солома 5т/га
	
3. Солома 5т/га + N50	4. Солома 5т/га + N50 + Баркон
	
5. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол	6. Солома 5т/га + N50 + Экстрасол ЦС
	
7. Солома 5т/га + N50 + Bioforce	
	

Рисунок Г. 5 Учёт численности групп микроорганизмов развивающихся на среде

Гетчинсона