

*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)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Владимир – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа»

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук  
**Русакова Ирина Викторовна**

**Официальные оппоненты:** **Гармаш Нина Юрьевна**  
доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», главный научный сотрудник

**Раскатов Вячеслав Андреевич**  
кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент кафедры экологии

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «21» сентября 2018 г. в 11.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 при ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте <http://diss.vlsu.ru/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Кулагина Екатерина Юрьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Послеуборочные остатки зерновых культур, в том числе солома, являются ценным органическим удобрением, способным повысить плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы и увеличить урожайность. При внесении соломы в почву, в отличие от её сжигания, не происходит загрязнения атмосферы окислами углерода и азота, что способствует сохранению и улучшению экологической среды.

Одним из факторов, ограничивающих использование соломы на удобрение, является достаточно низкая скорость её разложения. При этом создается дефицит минерального азота в почве, выделяются фитотоксичные соединения, снижающие урожайность возделываемых культур.

Предотвращение негативного влияния соломы, усиление её положительного действия в качестве удобрения возможно при использовании микробиологических препаратов-деструкторов, способствующих ускорению трансформации растительной биомассы.

Научные публикации по использованию биопрепаратов для обработки соломы с целью ускорения ее разложения малочисленны, а результаты исследований иногда противоречивы. В этой связи очень важно исследовать эффективность действия микробиологических препаратов – деструкторов растительных остатков, выявить их влияние на экологическое состояние почвы и, как следствие, на её плодородие и урожайность зерновых культур.

**Цель исследований:** влияние новых микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков зерновых культур на эколого-агрохимическую эффективность дерново-подзолистой супесчаной почвы в агроклиматических условиях Владимирской области

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи:**

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 установлена агроэкологическая эффективность новых микробиологических препаратов, предназначенных для ускорения разложения послеуборочных остатков. Выявлены количественные параметры, характеризующие влияние инокулирования биопрепаратами на скорость и направленность процессов трансформации растительных остатков зерновых культур в супесчаной дерново-подзолистой почве. Опытным путем установлено, что инокуляция соломы биопрепаратом перед заделкой в почву способствует оптимизации биологических процессов ее трансформации. В экспериментах с микробиологическими препаратами показана возможность с их помощью целенаправленного регулирования микробного сообщества почв.

**Практическая значимость.** Применение микробиологических препаратов совместно с соломой на удобрение позволяет восполнить дефицит органических удобрений в Центральной Нечернозёмной зоне и решить вопрос экологически безопасной утилизации соломы зерновых культур, оптимизировать биологическое состояние и азотофиксирующую способность почв.

Результаты работы могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве, курсах лекций по экологии и биологии почв, агрохимии в высших и средне специальных образовательных учреждениях.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

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

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.

**Достоверность результатов работы.** Для получения достоверных результатов были выбраны соответствующие поставленным целям и задачам методы исследования, проведена тщательная подготовка и планирование экспериментов. Репрезентативное количество повторностей опыта позволило провести статистическую обработку экспериментальных данных, подтвердившую достоверность выводов исследования.

**Апробация работы и публикации.** Результаты работы и основные положения диссертации были доложены на конференциях: 47- и 48-я международные конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов, и соискателей учёных степеней доктора и кандидата наук (ВНИИА, Москва, 2013, 2014); 18-е 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, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки.

**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. Список литературы включает 165 источников отечественных и зарубежных авторов.

**Благодарности.** Автор выражает 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, А.М. Тысленко, Т.Ю. Анисимовой, М.Н. Новикову, С.И. Тарасову, А.И. Еськову, А.А. за помощь, поддержку, консультации и ценные советы.

# СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

## Глава 1 Литературный обзор

Рассмотрены вопросы актуальности применения растительных остатков в качестве органического удобрения в агроценозах, их значение для экологии и плодородия почв, а также повышения их эффективности за счёт использования микробиологических препаратов-деструкторов.

Представлен аналитический обзор отечественных, зарубежных работ, касающихся влияния микробиологических препаратов-деструкторов растительных остатков на эколого-агрохимическую эффективность различных типов почв, в том числе дерново-подзолистых (Н.В. Безлер, И.В. Черепухина, 2012; Г.Я. Сергеев и др., 2006; И.В. Русакова, 2016; А.С. Петровский, 2016; Y. Jian-guang et al., 2010; G. Sunita, N. Lata, 2007; P. Li et al, 2012).

В работах А.А. Завалина (2005); С.Н. Сазанова и др. (2005); В.К. Чеботаря и др. (2015); Г.Г. Пановой и др. (2009) рассмотрены механизмы полезного действия микробиологических препаратов. В отечественных и зарубежных работах освещены вопросы особенностей микробиологического разложения растительных остатков (И.В. Русакова, 2009; Г.С. Посыпанов, 1991, 1993; В.М. Семенов, Б.М. Когут, 2015; D. Minerdi et al., 2001; L.R. Lynd et al., 2002; S.D. Mansfield, R. Meder, 2003).

## Глава 2 Объекты и методы исследования

**2.1 Объекты исследований.** Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком, характеризующейся следующими агрохимическими показателями пахотного слоя:  $pH_{\text{сол}} - 4,8-5,2$ ; подвижный фосфор – 59-87 мг/кг почвы; обменный калий – 79-95 мг/кг почвы.

**2.2 Микробиологические препараты.** В опытах использовали микробиологические препараты, разработанные в ФГБНУ ВНИИСХМ: **Экстрасол** - препарат на основе культуры эффективных штаммов *Bac. subtilis*; **Экстрасол ЦС** - характеризуется усиленной целлюлозолитической активностью; **Баркон** на основе культур микроорганизмов деструкторов целлюлозо- и лигнин содержащих растительных отходов; **Багс** препарат на основе *Bacillus*, предназначенный для ускорения разложения растительных остатков; **Bioforce Compost** (Bioforce) представляет собой концентрированную смесь полезных природных бактерий, питательных веществ, аминокислот, минералов, ферментов. Препарат предназначен для ускорения процесса разложения органических соединений.

**2.3 Виды опытов.** 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.

*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 сосудах, вмещающих 800 г воздушно-сухой почвы в контролируемых условиях температуры (20-22°) и влажности почвы (13 %) в 3-кратной повторности.

Схема опыта №1: 1. Почва (П); 2. П + Солома ячменя 1,67г/кг почвы (С); 3. П + С +  $N_{aa}50$ ; 4. П + С +  $N_{aa}50$  + Баркон; 5. П + С +  $N_{aa}50$  + Экстрасол; 6. П + С +  $N_{aa}50$  + Экстрасол ЦС; 7. П + С +  $N_{aa}50$  + Bioforce.

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; Bioforce в дозе 0,1 кг/т соломы.

*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.

Схема опыта №2: 1. Почва (П); 2. Почва + Солома ярового тритикале 1,67г/кг почвы(С); 3. П + С + Багс; 4. П+ С + Багс+ N<sub>aa</sub>50; 5. П+ С + Багс + P<sub>c</sub>30; 6. П + С + Багс + CaCO<sub>3</sub>.

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.

*Полевой опыт №3. Влияние микробиологических препаратов деструкторов на процессы трансформации пожнивных остатков зерновых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы.* Опыт заложен в двух полях в 2-х кратной повторности во времени на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ.

Схема полевого опыта №3: 1. Без удобрений; 2. Солома ячменя 5 т/га (С); 3. С + N<sub>aa</sub>50; 4. С + N<sub>aa</sub>50 + Баркон; 5. С + N<sub>aa</sub>50 + Экстрасол; 6. С + N<sub>aa</sub>50 + Экстрасол ЦС; 7. С + N<sub>aa</sub>50 + Bioforce.

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

Площадь делянки – 3,36 м<sup>2</sup> (2,1 x 1,6 м), повторность 4-х кратная. В опыте использовали солому ячменя, которую вручную измельчали до размера 15 мм и равномерно распределяли по поверхности делянок. Обработывали биопрепаратами и аммиачной селитрой согласно схеме опыта, после чего заделывали в верхний слой (0-20 см) почвы. Возделываемая культура – яровое тритикале, сорт Амиго. Норма высева 2 ц/га. Учет урожая – со всей площади делянки. Полевой опыт закладывали и проводили в соответствии с методикой, предложенной Б.А. Доспеховым (Доспехов Б.А., 1985).

#### **2.4 Микробиологические и агрохимические методы исследований.**

*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); 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 (по Паринкиной, 1993), 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); обменный аммоний 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); рН сол. по ГОСТ 26483-85 (потенциометрически с использованием ионметра «pHmetr 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/дм<sup>3</sup> и последующем количественном определении подвижных соединений фосфора на фотометре «КФК-3» и калия на пламенном фотометре «ПФА-378»); влажность почвы (слой 0-20 см) (ГОСТ 28268-89); содержание микробной биомассы (Смб) методом регидратации – экстракции (Благодатский С.А. и др., 1987); эмиссия CO<sub>2</sub> 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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HClO<sub>4</sub> 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 по Доспехову (1985).

## **2.5 Статистика**

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

# **ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

## **3.1 Изучение процессов трансформации соломы зерновых культур в дерново-подзолистой почве при использовании микробиологических препаратов-деструкторов**

Эмиссию CO<sub>2</sub>, которая является интегральным показателем актуальной биологической активности почвы и наиболее полно отражает интенсивность минерализации органического вещества, исследовали при выполнении лабораторного модельного опыта №1.

По количеству выделяющегося из почвы углекислого газа можно судить об интенсивности разложения органических соединений в почве. За первые сутки наблюдений эмиссия CO<sub>2</sub> в вариантах с использованием биологических препаратов (БП) достигала значений от 38,4 до 41,6 мг/кг, что на 26,6– 29,7 мг/кг выше, чем на контрольном варианте и на 0,2– 5,9 мг/кг выше, чем на варианте с внесением соломы и компенсирующей дозы азота. В дальнейшем наблюдали тенденцию к снижению выделения CO<sub>2</sub> на всех вариантах и приближения данного показателя к контрольному варианту. К 147 суткам наблюдений суточное выделение CO<sub>2</sub> нивелировалось по всем вариантам и составило 3,9 - 4,9 мг/кг.

Согласно результатам исследований за весь период наблюдений минимальное количество CO<sub>2</sub>, выделяемое из почвы без удобрений в контрольном варианте, в сумме составляло 488 мг/кг. На варианте с дозой соломы 5 т/га эта величина была выше в 2,5 раза и составила 1207 мг/кг, что объясняется поступлением в почву дополнительного количества свежего органического вещества. Добавка компенсирующей дозы азота к

соломе способствовала увеличению эмиссии углекислого газа до 1298 мг/кг, что в 2,7 раза превышало выход CO<sub>2</sub> по сравнению с контрольным вариантом.

Все использованные в опыте биопрепараты проявили высокую эффективность в отношении интенсификации разложения растительной биомассы соломы, что зафиксировано по увеличению размеров суммарного выделения CO<sub>2</sub>, которые составляли от 1328 до 1525 мг/кг, что на 172 - 213 % выше, чем на контрольном варианте; на 10 -26% выше варианта с соломой; и на 2 - 17 % выше по сравнению с вариантом Солома 5т/га + N<sub>aa</sub>50.

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. Наиболее активно процессы минерализации растительных остатков под воздействием микробиологических препаратов происходят в первые месяцы после их совместного внесения в почву.

Ещё одним важным показателем, на основании которого можно судить о скорости разложения послеуборочных остатков в почве, является микробная биомасса.

Анализ содержания микробной биомассы (С<sub>мб</sub>) показал следующие особенности в характере динамики этого показателя: к 10 суткам различия между контрольным вариантом и вариантами с биопрепаратами составили от 14 до 43%. Варианты с применением микробиологических препаратов превышали вариант с соломой на 22 – 31% и на 4 – 30% вариант с компенсирующей дозой азота. Увеличение микробной биомассы обусловлено внесением в почву соломы и наличием в её составе дополнительных источников питания для почвенной микрофлоры (рисунок 1).

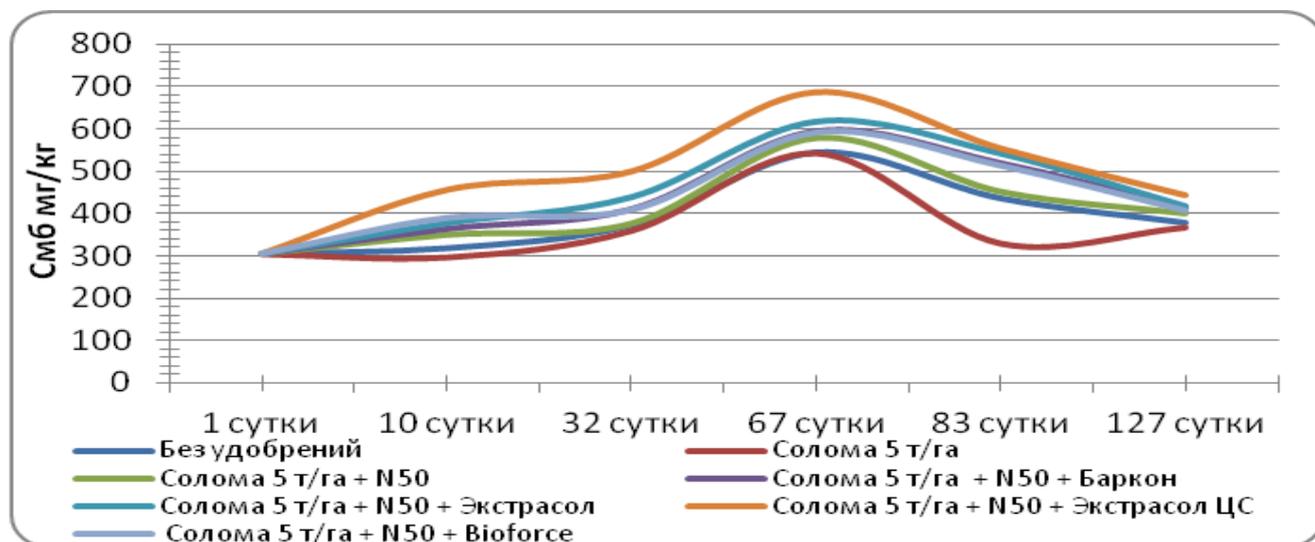


Рисунок 1 - Содержание микробной биомассы (С<sub>мб</sub>) в дерново-подзолистой почве

Применение биологических препаратов-деструкторов к началу второго месяца исследований привело к повышению содержания микробной биомассы на 10 – 34% по сравнению с контролем, на 22 – 39% по сравнению с вариантом с внесением соломы без удобрений и на 9 – 33% вариант с компенсирующей дозой азота. Уровень С<sub>мб</sub> на 67 сутки возрастал во всех вариантах и достигал максимального значения за весь исследуемый период. Так в вариантах с применением биопрепаратов и компенсирующей дозы азота содержание С<sub>мб</sub> составило 593-686 мг/кг почвы. К 83 суткам содержание С<sub>мб</sub> значительно снизилось практически на всех вариантах, с сохранением тенденций,

проявившихся ранее. В вариантах с биопрепаратами содержание  $C_{мб}$  превышало контрольный на 18 – 27%; с соломой на 57 – 64%; с компенсирующей дозой азота на 14 – 22% соответственно. Содержание микробной массы к 127 суткам опыта нивелировалось на всех вариантах и было близко к контрольному.

Во все сроки исследования максимальное значение содержание  $C_{мб}$  наблюдали при использовании препарата Экстрасол ЦС - от 443 до 686 мг/кг (рисунок 1).

Совместное применение соломы и микробиологических препаратов деструкторов органического вещества активизирует деятельность почвенной микрофлоры, увеличивает содержание микробной биомассы почвы, что в свою очередь ускоряет процессы разложения растительных остатков. Стоит отметить положительную динамику в отношении увеличения содержания микробной биомассы при использовании препаратов в первые месяцы их использования.

### 3.2 Изучение приёмов повышения эффективности микробиологических препаратов для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой супесчаной почве

Наряду с определёнными положительными результатами об эффективности биопрепаратов, применяемых для инокуляции соломы, экспериментальные данные некоторых исследователей свидетельствуют об отсутствии стабильного устойчивого эффекта при применении биопрепаратов в отношении ускорения разложения соломы. Учитывая требовательность почвенной микрофлоры к определённым 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 кислотности почвы.

По данным лабораторного модельного опыта №2 максимальное количество выделившегося  $CO_2$  было в варианте Почва + Солома + Багс +  $N_{50}$  и составляло к 149 суткам 3552 мг/кг, что 1,6 раза больше, чем в варианте, где микробиологический препарат использовался без дополнительных приёмов.

За период исследования эмиссия  $CO_2$  в варианте с применением суперфосфата в дозе  $P_{30}$  и варианте с внесением  $CaCO_3$  составила 1680 и 1917 мг/кг соответственно, что ниже варианта 3 (Почва + Солома + Багс) в 1,4 и 1,2 раза (таблица 1).

Таблица 1 - Эмиссия  $CO_2$ , содержание  $N_{мин}$ ,  $C_{мб}$  в почве

Вариант	С- $CO_2$ из почвы за 149 суток, мг/кг	$N_{мин}$ , мг/кг (среднее значение за 149 суток)	$C_{мб}$ , мг/кг		
			8 сутки	99 сутки	146 сутки
1. Почва (П)	643	13,3	371	477	472
2. П+ Солома (С)	1666	9,2	370	541	382
3. П+С+Багс (Б)	2282	9,7	349	576	524
4. П+С+Б+ $N_{50}$	3552	18,3	376	641	596
5. П+С+Б+ $P_{30}$	1680	8,6	343	461	401
6. П+С+Б+ $CaCO_3$ .	1917	9,4	295	397	331

Таким образом, применение компенсирующей дозы минерального азота в данном опыте привело к увеличению эмиссии  $CO_2$  из почвы. Внесение фосфорного удобрения или  $CaCO_3$  напротив, снизило количество выделявшегося  $CO_2$  из почвы.

Так как эмиссия  $CO_2$  является показателем скорости разложения органического вещества в почве, то в рамках данного опыта установлено, что азотные удобрения

повышают эффективность действия микробиологических препаратов, предназначенных для разложения послеуборочных остатков зерновых, в то время как фосфорные удобрения и известкование снижало действие препаратов на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Ранее уже отмечалось, что микробная биомасса может служить важным показателем интенсивности разложения органического вещества, поступившего в почву в составе соломы. Во всех вариантах минимальное значение  $C_{мб}$  наблюдали в начале опыта. В вариантах с применением  $P_{30}$  и  $CaCO_3$  с первых суток опыта и до его завершения содержание микробной биомассы было ниже контрольного варианта (таблица 1).

Содержание микробной биомассы значительно возросло на всех вариантах к 99 суткам опыта и достигало максимального значения в варианте с микробиологическим препаратом и компенсирующей дозой азота - 641 мг/кг почвы, что выше на 65 мг/кг, чем в варианте 3 (П+С+Багс) и на 164 мг/кг, чем в контрольном варианте.

Во всех вариантах к 146 суткам эксперимента содержание  $C_{мб}$  снизилось, однако тенденции, отмеченные в начале опыта и на 99 сутки, сохранились (таблица 1).

В результате изучения динамики содержания микробной биомассы при использовании соломы и микробиологического препарата Багс установлен тренд к увеличению данного показателя при применении дополнительного минерального азота и снижению  $C_{мб}$  при внесении  $CaCO_3$  и  $P_{30}$ .

В данном опыте (таблица 1) максимальное содержание минерального азота в почве составило 18,3 мг/кг и отмечено в варианте с применением микробиологического препарата и компенсирующей дозы азота.

Исходя из вышесказанного, следует, что для поддержания и увеличения доступного минерального азота почвы, целесообразно применять солому с микробиологическими препаратами для удобрения совокупно с азотными удобрениями.

Установлено, что лимитирующими факторами для развития микроорганизмов, входящих в состав изучаемого микробиологического препарата, в дерново-подзолистой супесчаной почве является содержание минерального азота, в то время как реакция среды (значение pH) и содержание фосфора является оптимальным или близким к оптимальному.

Таким образом, в ходе проведенных исследований в данном опыте установлено, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах дополнительно для разложения послеуборочных остатков зерновых совместно с микробиологическим препаратом-деструктором целесообразно использовать компенсирующую дозу минерального азота.

### **3.3 Влияние микробиологических препаратов деструкторов на процессы трансформации пожнивных остатков зерновых культур в дерново-подзолистой почве и её плодородие**

Почвенные микроорганизмы оказывают непосредственное влияние на минерализацию (разложение) органических остатков. Анализ численности 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 (полевой опыт №3).

В результате изучения динамики ФГМ, участвующих в круговороте углерода и азота, в рамках нашего опыта установлено, что в вариантах с применением биопрепаратов на протяжении всего срока исследования численность всех групп

изучаемых микроорганизмов: протеолитических, амилолитических, целлюлозолитических, микромицетов, несимбиотических азотфиксаторов была выше по сравнению с контрольным вариантом в 2,3; 2,0; 1,6; 1,6 и 8,0 раза соответственно. Среднее значение индекса суммарной биологической активности (СБА) увеличилось в 1,3 - 12 раз по отношению к контрольному варианту.

На 24 сутки после заделки соломы в почву при использовании микробиологического препарата Экстрасол ЦС количество протеолитических и амилолитических микроорганизмов увеличилось в 3,9 и 4 раза соответственно, что свидетельствует об ускорении процессов разложения высокомолекулярных азотсодержащих соединений, белков, крахмала и гликогена, входящих в состав соломы.

При применении биопрепарата Баркон в первый месяц после внесения отмечено увеличение в 18 раз по сравнению с контролем численности несимбиотических азотфиксирующих бактерий, свидетельствующее о накоплении биологического азота в почве на данном варианте.

При применении микробиологических препаратов высокая биологическая активность почвенной микрофлоры сохраняется и в весенний период, то есть через 250 дней после их внесения совместно с соломой. Индекс СБА превышал контрольный вариант на 77 - 126% и вариант без внесения микробиологических препаратов на 20 - 69%. Наиболее заметное действие на численность почвенной микрофлоры в данный период оказали биопрепараты Экстрасол, Экстрасол ЦС. В вариантах с их применением активно развивались микроорганизмы, растущие на крахмало-аммиачном агаре, их численность была выше в 2,6 и 2,0 раза больше, чем в контрольном варианте.

Согласно полученным экспериментальным данным действие препаратов сохранялось и в летний период. Так численность протеолитических, амилолитических, целлюлозолитических групп микроорганизмов и микромицетов была выше в 2,0; 2,0; 1,5; 1,7 раза соответственно, чем в контрольном варианте. Индекс СБА превышает контрольный вариант на 77-136%.

К концу вегетационного периода СБА остаётся высокой на всех вариантах с применением микробиологических препаратов (выше контрольного варианта на 61-171%), что происходит это в основном за счёт несимбиотических азотфиксирующих бактерий (их численность в 5 раз больше, чем в контрольном варианте).

Рост числа несимбиотических азотфиксирующих бактерий (*Cl. Pasterianum*) позволяет сделать вывод, что совместное применение соломы с микробиологическими препаратами положительно влияет на биологическую фиксацию азота. Так коэффициент корреляции между численностью *Cl. Pasterianum* и снижением минерального азота в почве в разные периоды исследований составил от 0,80 до 0,98.

Следует отметить, что численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов при применении микробиологических препаратов во все сроки была выше контрольного варианта в 1,5 - 1,6 раза.

Определение актуальной биологической (целлюлозолитической) активности в опыте показало, что в целом биологические процессы за период с 31.08.11 - 20.10.11г. и с 15.08.2012 - 4.10.2012г. (срок экспозиции - 50 сут.) наиболее активно протекали на вариантах с применением микробиологических препаратов, где разложение целлюлозы составило от 16 до 20% в 2011 году и от 19 до 22% в 2012 году (в контрольном варианте 15%). Таким образом, использование микробиологических препаратов увеличило скорость разложения целлюлозы в 1,4 раза.

Уровень целлюлозолитической активности тесно коррелировал с показателями численности целлюлозолитических микроорганизмов. Так, коэффициент корреляции между этими показателями составил 0,91– 0,93.

Отсюда установлено, что применение микробиологических препаратов деструкторов органического вещества ускоряет процессы разложения целлюлозы, входящей в состав соломы.

Исходя из таких показателей как ФГМ и целлюлозолитическая активность можно сделать вывод, что применение микробиологических препаратов деструкторов органического вещества ускоряет процессы разложения соломы. Положительное действие микробиологических препаратов, внесённых под осеннюю вспашку сохраняется вплоть до завершения вегетационного сезона следующего года.

Изучение динамики минерального азота в полевом опыте выявило, что при внесении соломы с компенсирующей дозой азота и биопрепаратами на всех вариантах данный показатель в начале вегетационного периода превышал контрольный вариант на 0,52 – 1,13 мг/кг почвы.

Онтогенез растений, жизнедеятельность почвенной микрофлоры снизили содержание минерального азота в почве в течение вегетационного периода по всем вариантам опыта на 2,95 - 14,59 мг/кг.

За период исследований содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве в вариантах с использованием микробиологических препаратов увеличилось в среднем на 34 мг/кг. Полученные данные можно объяснить следующим образом. Так как сама солома при разложении не может служить значительным источником фосфатов, 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 кислот, образующихся в результате жизнедеятельности почвенной микрофлоры (нитрификаторы, грибы), фосфор становится доступен для растений (Бабьева, Зенова, 1989).

В вариантах с использованием микробиологических препаратов отмечен рост содержания обменного калия в пахотном слое почвы. Так в среднем за два года его содержание на данных вариантах возросло на 8,0 мг/кг почвы, в то время как на контрольном варианте отмечено снижение содержания  $K_2O$  в среднем на 7,2 мг/кг почв. Полученные результаты можно объяснить тем, что в отличие от азота и фосфора калий в больших количествах содержится в вегетативных органах растений, таких как солома. При применении биопрепаратов солома быстрее минерализуется, что ускоряет возвращение калия в почву.

Можно резюмировать, что микробиологические препараты, ускоряя разложение соломы, позволяют оптимизировать калийное питание растений, способствуют увеличению доступного растениям фосфора в почве за счёт усиления общей биологической активности почвенных микроорганизмов.

Исследования, проведённые в полевом опыте, позволили установить, что применение микробиологических препаратов совместно с соломой приводит к увеличению суммарной биологической активности почвы, усилению целлюлозолитической активности, активизации процессов биологической фиксации азота.

### 3.4 Воздействие совместного применения микробиологических препаратов и соломы, используемой в качестве удобрения, на урожай ярового тритикале, его структуру и качество

Внесение соломы с компенсирующей дозой азота и микробиологическими препаратами оказало положительное действие на урожайность ярового тритикале. В вариантах с применением микробиологических препаратов отмечено достоверное увеличение урожайности ярового тритикале на 3,1 - 3,3 ц/га (таблица 2).

В ходе анализа структуры урожая ярового тритикале, на вариантах с применением биопрепаратов установлен достоверный рост продуктивной кустистости на 0,11-0,17 и массы 1000 зерен на 3 - 6% по отношению к контролю. Отмечены тенденции большей озернённости и увеличения длины колоса при использовании препаратов.

Таблица 2 – Урожайность ярового тритикале, ср. за 2012-2013 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
		ц/га	%
1.Без удобрений	15,9	-	-
2.Солома 5 т/га	14,1	-1,8	-11
3.Солома 5 т/га + N50	17,6	1,7	11
4. Солома 5 т/га + N50 + Баркон	19,0	3,2	20
5. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол	19,0	3,2	20
6. Солома 5 т/га + N50 + Экстрасол ЦС	19,2	3,3	21
7. Солома 5 т/га + N50 + Bioforce	19,0	3,1	20

НСР<sub>0,95</sub>

1,5ц/га

При проведении химического анализа зерна и соломы в 2013 году отмечено достоверное увеличение содержания азота в зерне ярового тритикале при применении микробиологических препаратов Баркон и Экстрасол ЦС на 0,14 и 0,11% (абс.), соответственно. По всем вариантам с использованием препаратов повысилось содержание фосфора в зерне на 0,17 - 0,22% (абс.) относительно контрольного, что свидетельствует о более интенсивном использовании почвенного фосфора растениями. Также происходило увеличение содержания калия в зерне при использовании Экстрасол ЦС и Bioforce на 0,08-0,10% (абс.) по сравнению с вариантом без обработки.

Таким образом, внесение микробиологических препаратов с соломой повышает доступность и поглощение растениями минеральных элементов питания.

За счёт ускорения разложения соломы и стимулирования развития почвенной микрофлоры растёт содержание доступных питательных элементов в почве, и урожайность ярового тритикале, которая в среднем за два года увеличилась на 3,2 ц/га. При использовании биопрепаратов повышается содержания азота, фосфора и калия в зерне ярового тритикале.

### 3.5 Экономическая эффективность совместного применения соломы зерновых культур и микробиологических препаратов деструкторов растительных остатков

Использование соломы на дерново-подзолистой супесчаной почве с применением микробиологических препаратов и компенсирующей дозы азота позволило получить

максимальный урожай в рамках нашего исследования, который за два года в среднем составил 19 ц/га. В результате увеличения урожайности ярового тритикале и снижения затрат по уборке и транспортировке соломы, чистая прибыль с одного гектара составила 9841 рубль и была выше контрольного варианта в 1,5 раза (таблица 3).

Таблица 3 –Экономические показатели при применении соломы с микробиологическими препаратами в качестве удобрения

Показатели \ Варианты	Без удобрений	Солома 5 т/га	Солома 5 т/га + N50	Солома 5 т/га + N50 + БП
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
<b>Чистый доход, руб./га</b>	<b>6505,85</b>	<b>7226,58</b>	<b>8669,57</b>	<b>9841,57</b>
<b>Рентабельность, %</b>	<b>141</b>	<b>158</b>	<b>155</b>	<b>159</b>

Рентабельность при использовании микробиологических препаратов совместно с соломой на удобрение составила 159%, что выше контрольного варианта на 18% (таблица 3).

## ВЫВОДЫ

1. Совместное применение соломы зерновых культур как удобрение 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 проходило 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, амилолитических - 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%, озёрность – 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 работ, опубликованных по теме диссертации**

#### ***Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ***

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

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

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

#### ***Статьи в других научных изданиях***

4. **Московкин В.В.** Влияние микробиологических препаратов на динамику эмиссии CO<sub>2</sub> при применении соломы зерновых культур в качестве удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве в лабораторных условиях / **Московкин В.В.**, Русакова И.В. // «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.

**5. 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 современном земледелии». Материалы 49-й международной научной конференции молодых учёных, специалистов – агрохимиков и экологов (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2015. – С.141-143

**6. Московкин В.В.** Приёмы повышения эффективности микробиологических препаратов, предназначенных для разложения послеуборочных остатков на дерново-подзолистой и серой лесной почвах / Московкин В.В., Медин Д.К. // «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.

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

**8. Московкин В.В.** Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов при использовании соломы на удобрение / Московкин В.В., Шабардина Н.П. // Региональная экология, 2017. - № 3. –С. 54-58