

На правах рукописи

ДЁМИНА ОКСАНА НИКОЛАЕВНА

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ
АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЛЕСОСТЕПНОЙ
ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Тюмень – 2021

Работа выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Ерёмин Дмитрий Иванович

Официальные оппоненты: **Гармашов Владимир Михайлович,** доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом адаптивно-ландшафтного земледелия Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева» - филиала НИИЭОАПК ЦЧР

Чиняева Юлия Зуфаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, агрохимии и защиты растений агрономического факультета Института агроэкологии – филиала ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет**

Защита состоится «21» декабря 2021 года в 13.30 на заседании Диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7 Телефон/факс: 8(3452)29-01-52, e-mail: dissгаusz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте университета <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «19» октября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. XX век стал важнейшим периодом развития сельского хозяйства для всего мира. Применение минеральных удобрений к началу XXI века достигло 150 млн. т в пересчете на действующее вещество. Это привело к тому, что уже в 30-х годах в Западной Европе урожайность зерновых культур достигла 3,0 т/га. Основоположник агрохимии в России академик Д.Н. Прянишников отмечал, что Европе потребовалось 100 лет для того, чтобы с помощью плодосменной системы земледелия увеличить урожайность с 7 до 16 ц/га и только 25 лет для увеличения урожайности с 16 до 30 ц/га, благодаря применению минеральных удобрений (Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П., 2002). Сейчас не менее 50% прибавки урожая формируется за счет минеральных удобрений и на 1 кг питательных веществ приходится 10 и более кг зерна.

В XX веке также было установлено влияние минеральных удобрений на микробиоту почвы. Результаты исследований были неоднозначны. В разных почвенно-климатических условиях минеральные удобрения влияли на бактериальную и грибную биоту неодинаково. Было установлено положительное влияние низких доз удобрений, которые были рассчитаны на урожайность зерновых до 3,0 т/га, однако современные рыночные тенденции требуют ответа, как влияют высокие дозы удобрений, которые нужно вносить для получения 6,0-10,0 т/га зерна.

Поскольку в современной России химическая нагрузка многократно возросла, то возникла необходимость изучения влияния минеральных удобрений на биологическую активность почв. Необходимо отметить еще один аспект живой фазы почвы – гумусообразование и питательные режимы, нарушая которые можно разрушить экосистему планеты. Это делает работы по изучению влияния минеральных удобрений на микробиоту почвы наиболее актуальными и востребованными как учеными, так и практиками.

Для разработки системы расширенного воспроизводства почвенного плодородия необходимо знать, как проявляет себя микробиота при внесении возрастающих доз минеральных удобрений. Поэтому научное обоснование применения минеральных удобрений не нарушающее биологическое равновесие в пахотных черноземах в условиях лесостепной зоны Зауралья является актуальным и значимым.

Цель исследований – изучение влияния минеральных удобрений на биологическую активность чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние уровня минерального питания на микробиоту чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья.
2. Выявить влияние минеральных удобрений на ферментативную активность почвенных микроорганизмов.
3. Исследовать азотный режим и текущую нитрификацию чернозема выщелоченного под действием минеральных удобрений.

4. Определить нитрификационную способность чернозема выщелоченного при внесении возрастающих доз минеральных удобрений.

5. Рассчитать вклад микробной биомассы в формирование урожая зерновых культур лесостепной зоны Зауралья и определить экономическую эффективность использования минеральных удобрений.

Научная новизна. Впервые изучено влияние возрастающих доз минеральных удобрений на численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов, участвующих в круговороте углерода и азота. Установлено, что целлюлозоразрушающая микробиота наиболее чувствительна к внесению высоких доз минеральных удобрений (более $N_{150}P_{200}$) по сравнению с нитрифицирующей. Определено влияние минеральных удобрений на ферментативную активность и нитрификационную способность чернозема выщелоченного. Изучен азотный режим и текущая нитрификация чернозема выщелоченного при внесении возрастающих доз минеральных удобрений. Рассчитан вклад микробиоты в формировании урожайности яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья.

Теоретическая значимость работы. Основные положения диссертационной работы расширяют представление о роли минеральных удобрений на биологические свойства чернозема выщелоченного и будут способствовать дальнейшему развитию теории питания растений.

Практическая значимость работы. Экспериментальные данные по изучению биологической активности служат основой для разработки технологий возделывания зерновых культур в условиях лесостепной зоны Зауралья, обеспечивающих повышение урожайности зерновых культур и стабилизацию гумусового состояния пашни. Материалы диссертации используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Агропочвоведение», «Агрохимия», «Система удобрений», «Экология почв» при подготовке бакалавров и магистров в ГАУ Северного Зауралья. Результаты полученных исследований успешно прошли производственную проверку в 2020-2021 гг., внедрены на площади 1300 га в хозяйствах Тюменской области.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{75}$ кг/га не влияет на биологическую активность чернозема выщелоченного, дозы $N_{150}P_{200}$, $N_{185}P_{160}$ повышают ее на 63-75% в течение всего вегетационного периода.

2. Доза удобрений $N_{185}P_{160}$ кг/га угнетает группы аммонифицирующих и иммобилизирующих азот микроорганизмов; оказывает стимулирующее действие на рост численности целлюлозоразрушающей микробиоты.

3. Систематическое внесение минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{200}$ кг/га и выше приводит к уменьшению численности нитрификаторов и отрицательно сказывается на нитрификационной способности чернозема выщелоченного.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на заседаниях кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья в 2016-2021 гг., а так же на международных и всероссийских научно-практических конференциях: «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения» (Тюмень, 2016-2020); «Новый взгляд на развитие аграрной

науки» (Тюмень, 2018; 2021); «Аграрная наука и образование Тюменской области» (Тюмень, 2019); «Университетская наука: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2020); «Новые векторы развития науки и техники в Тюменской области» (Тюмень, 2020); «Биологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Курск, 2021); Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Курган, 2017). Выводы подтверждены результатами внедрения в производство.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 статей, в том числе 10 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад. В основу работы положены собственные исследования, автор принимал непосредственное участие в составлении методики опыта; самостоятельно проводил полевые опыты и наблюдения, лабораторные исследования; обобщил и проанализировал экспериментальные данные, подготовил публикации в журналах и материалах конференций и написал текст диссертации.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 151 странице компьютерного набора, состоит из введения, 7 глав, основных выводов, предложения производству, содержит 20 таблиц и 12 рисунков. Список литературы включает 231 источник, в том числе 10 иностранных.

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность научному руководителю – доктору биологических наук, профессору Дмитрию Ивановичу Ерёмину и коллективу кафедры Почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья за помощь в проведении исследований и обсуждении их результатов. Отдельная благодарность: кандидату сельскохозяйственных наук Дальфрус Равильевне Майсямовой за консультации и помощь в проведении лабораторных исследований; доктору биологических наук, профессору кафедры общей химии им. И.Д. Комиссарова Ираиде Владимировне Греховой за консультации и тщательную экспертизу диссертационной работы. Родным и близким за моральную поддержку и понимание.

ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОБИОТУ И ЭЛЕМЕНТЫ АЗОТНОГО РЕЖИМА ПАШНИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В семи разделах литературного обзора рассмотрены основные процессы, обеспечивающие формирование азотного режима почв, представлена характеристика основных групп микроорганизмов, участвующих в трансформации азота и углерода в почве, отмечены особенности влияния минеральных удобрений на ферментную систему микроорганизмов, выполняющих ключевые функции азотного режима и гумусообразования. Описано влияние минеральных удобрений на активность отдельных групп микроорганизмов, интенсивность и направленность протекания основных процессов цикла азота.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агроклиматические условия места проведения исследований.

Исследования проводили на учебно-опытном поле ГАУ Северного Зауралья, который расположен в лесостепной зоне Тюменской области вблизи д. Утешево в период 2016-2020 гг.

Климат северной лесостепи Тюменской области континентальный, сухой. Среднегодовое количество осадков составляет 374-415 мм, из них в теплый период (апрель-октябрь) выпадает 288-318 мм, в холодный период (ноябрь-март) – 80-105 мм. Теплообеспеченность вегетационного периода характеризуется суммой положительных температур выше 10°C, которая в северной лесостепи Зауралья составляет 1800-1900°C.

2.2 Погодные условия в период проведения исследований.

Вегетационный период 2016 г. характеризовался как умеренно-жаркий и сухой; 2017 г. – влажный с умеренными температурами для роста и развития яровой пшеницы; 2018 г. – тёплый с достаточным, иногда избыточным увлажнением; 2019 г. – высокой температурой воздуха и осадками выше нормы; 2020 г. – дефицитом осадков на фоне высоких температур, превышающих средне многолетние значения на 25-40%.

2.3 Характеристика почвы опытного участка.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый, песчано-иловатый. Содержание гумуса в пахотном слое варьирует от 7,65 до 9,05%. Обеспеченность доступным для растений азотом перед посевом зерновых культур в годы исследований была очень низкой. Содержание подвижного фосфора варьировало от 70 до 88 мг/кг, калия от 150 до 172 мг/кг почвы. Гидролитическая кислотность в пахотном горизонте составляет 3,5-3,8 ммоль(экв)/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями более 90% от емкости катионного обмена.

2.4 Объекты и методика исследований.

Схема опыта предусматривала внесение минеральных удобрений в дозах в среднем за годы исследований: $N_{40}P_{75}$, $N_{150}P_{200}$, $N_{185}P_{160}$ кг/га д.в., что соответствовало уровню минерального питания, необходимого для формирования планируемой урожайности яровой пшеницы 3,0, 5,0 и 6,0 т/га зерна соответственно. В качестве контроля был выбран вариант без внесения минеральных удобрений.

Дозы минеральных удобрений рассчитывали методом элементарного баланса с учетом содержания питательных веществ в почве и текущей нитрификации – 60 кг/га. Использовали аммиачную селитру и аммофос. Калийные удобрения не вносили, поскольку обеспеченность данным элементом питания была очень высокой.

Обработка почвы – отвальная (20-22 см). Весной при наступлении физической спелости почвы боронили в 4 следа боронами ЗБЗТ. В день посева вносили удобрения разбросным способом с последующей культивацией на глубину 8-10 см. В опыте высевали яровую пшеницу сорт Новосибирская-31. Посев приходился на третью декаду мая.

Образцы почвы для агрохимического анализа и определения биологической активности отбирали с горизонта 0-40 см в течение вегетации в основные фазы развития яровой пшеницы (посев, цветение, восковая спелость).

Исследования проводили в лаборатории экологии почв Агробиотехнологического центра ГАУ Северного Зауралья и кафедральной агрохимической лаборатории. Содержание потенциально доступного для растений азота (легкогидролизуемого) определяли по методу Корнфилда; нитратный азот в почвенных образцах по Грандваль-Ляжу дисульфифеноловым методом; нитрификационную способность по методу С.П. Кравкова. Содержание общего азота в зерне и соломе – методом мокрого озоления (ГОСТ 108469-1). Определение азота текущей нитрификации проводили расчетным способом, предложенным Ю.И. Ермохиным (2004).

Целлюлозоразлагающую способность почвы изучали с помощью аппликационного и весового методов Е.Н. Мишустина и А.Н. Петровой. Количественный состав целлюлозоразлагающих бактерий определяли на среде Гетчинсона, микомицетов на среде Чапека, актиномицетов на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Через неделю после посева подсчитывали число выросших на средах колоний. Активность ферментов пероксидазы (ПО) и полифенолоксидазы (ПФО) изучали по методике Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской (1986).

Температуру почвы измеряли на глубине 0-10, 10-20 и 20-30 см почвенным термометром ТПВ-50, влажность – термостатно-весовым методом в основные фазы развития яровой пшеницы.

Исследования проведены в полноценно развернутом в пространстве и времени трехпольном севообороте со следующим чередованием культур: однолетние травы-яровая пшеница-овес. Размеры делянки – 4х25 м (100 м²), учётная площадь – 50 м². Размещение делянок последовательное, в четырёхкратном повторении. Учет урожая проводили путем обмолота делянок комбайном Terrior с пересчетом на 14% влажность. Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (1985) и с помощью программного продукта Microsoft Excel. Для определения вклада случайных и контролируемых факторов был применен алгоритм расчетов «Надстройка Excel для сельскохозяйственной статистики» (Гончар П.П., Чертов В.Г., 2003).

ГЛАВА 3 ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ПАХОТНОГО СЛОЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

В главе проведен анализ динамики температуры и влажности для последующего выявления их влияния на биологическую активность чернозема выщелоченного.

3.1 Температура почвы. Период вегетации 2016, 2017 и 2020 гг. характеризовался благоприятным температурным режимом. Следует отметить, что в 2020 г. температура почвы была максимальной за все 5 лет исследований и составила 26,4°C в слое 0-10 см; 24,8°C в слое 10-20 см и 22,9°C в слое почвы 20-30 см. При этом отмечался пик микробиологической активности и получение максимальной урожайности яровой пшеницы. В посевной период

2018 и 2019 гг. почва прогревалась всего до 8-9°C, что в свою очередь замедляло развитие яровой пшеницы и снижало активность микробиоты.

3.2 Влажность почвы. Влажность пахотного горизонта на протяжении вегетации яровой пшеницы существенно менялась. В период кущения в слое 0-30 см она варьировала от 20 до 28% от массы почвы. Перед уборкой влажность по пахотному слою составляла 18-30%, что соответствовало оптимуму для развития микроорганизмов. В летний период (цветение) пахотный горизонт характеризовался меньшей влажностью, что отразилось на биологической активности чернозема выщелоченного.

ГЛАВА 4 БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

4.1 Изменение численности микробиоты чернозема выщелоченного под действием минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{75}$ кг/га оказывало благотворное влияние на численность аммонификаторов в черноземе выщелоченном, которая возросла на 30% относительно контроля. Использование более высоких доз минеральных удобрений угнетало микроорганизмы данной группы в первой половине вегетации яровой пшеницы. К уборке численность аммонификаторов на вариантах с высоким уровнем минерального питания возрастала относительно контроля до 6,1-10,7 млн. КОЕ/г почвы (табл. 1). Это в 2-3 раза выше контроля. Высокие дозы удобрений не оказали достоверного влияния на количество нитрификаторов.

Таблица 1 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на численность физиологических групп микроорганизмов, осуществляющих трансформацию азота в почве, млн. КОЕ/г почвы (2018-2020 гг.)

Вариант	Аммонификаторы (МПА)			Нитрификаторы (олигонитрофилы) (ГА)			Иммобилизаторы азота (КАА)		
	Посев	Цветение	Уборка	Посев	Цветение	Уборка	Посев	Цветение	Уборка
Без удобрений	6,1	5,2	3,5	8,0	6,1	5,6	4,2	9,3	3,4
$N_{40}P_{75}$	6,7	7,3	3,7	8,0	6,2	5,5	4,2	8,9	3,6
$N_{150}P_{200}$	7,7	5,6	6,1	6,2	8,0	6,3	6,5	7,8	5,4
$N_{185}P_{160}$	9,5	4,7	10,7	5,0	7,6	7,7	6,1	5,6	5,1

Коэффициент минерализации и иммобилизации в весенний период в пахотном черноземе составил 0,6-0,8 ед. (рис. 1), что обусловлено низкой температурой почвы в этот период. В течение вегетации на контроле коэффициент Мишустина был максимальным – 1,8 ед. Внесение удобрений оказало благоприятное действие на процесс минерализации и иммобилизации азота в почве. На удобренных вариантах усиливался процесс иммобилизации азота.

Внесение невысоких доз минеральных удобрений весной не повлияло на развитие нитрифицирующих бактерий, их численность была на уровне с контролем.

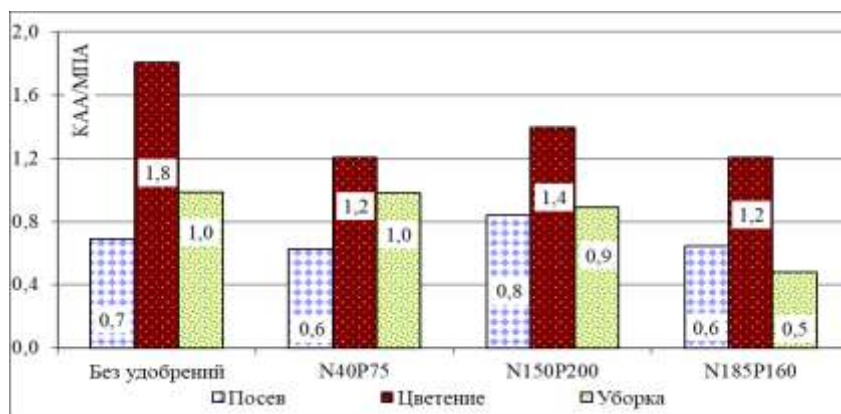


Рисунок 1 – Динамика коэффициента минерализации и иммобилизации Мишустина (КАА/МПА) при внесении минеральных удобрений, ед., (2018-2020 гг.)

В период вегетации яровой пшеницы высокие дозы минеральных удобрений ($N_{150}P_{200}$ и $N_{185}P_{160}$) существенно усилили процесс минерализации почвенного органического вещества относительно гумусообразования, о чем свидетельствует увеличение коэффициента олиготрофности с 0,5-0,8 до 1,2-1,6 ед. (рис. 2). В послеуборочный период данный коэффициент снизился до первоначальных значений.

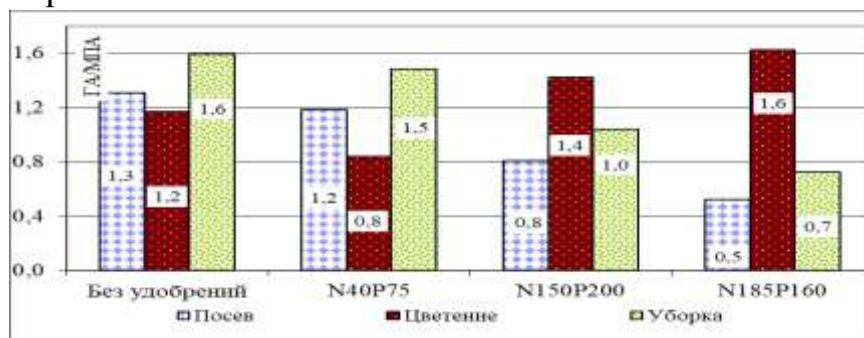


Рисунок 2 – Коэффициент олиготрофности чернозема выщелоченного при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, ед. (2018-2020 гг.)

Максимальное действие на развитие педотрофной микрофлоры оказало внесение минеральных удобрений на планируемые урожайности 5,0 и 6,0 т/га. Численность педотрофных микроорганизмов на этих вариантах в 2,5-3,0 раза превышала контроль (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на численность отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов, млн. КОЕ/г почвы (2018-2020 гг.)

Вариант (фактор В)	Аммонификаторы (МПА)			Педотрофы (ПА)			Микомикеты (Чапек)			Актиномицеты (КАА)		
	Посев (фактор А)	Цветение	Уборка	Посев	Цветение	Уборка	Посев	Цветение	Уборка	Посев	Цветение	Уборка
Без удобрений	6,1	5,2	3,5	8,7	5,0	4,1	13,4	20,0	28,0	0,5	0,3	1,3
$N_{40}P_{75}$	6,7	7,3	3,7	8,8	9,8	4,8	14,0	20,0	33,0	0,6	0,4	1,0
$N_{150}P_{200}$	7,7	5,6	6,1	9,9	13,6	16,7	14,0	21,0	10,0	0,7	1,8	0,8
$N_{185}P_{160}$	9,5	4,7	10,7	12,3	15,1	17,3	13,0	22,0	14,0	1,2	2,8	0,3
НСР ₀₅	А – 1,7; В – 1,3			А – 1,4; В – 1,1			А – 2,1; В – 1,7			А – 1,7; В – 1,3		

Увеличение данной группы микроорганизмов способствовало созданию условий для интенсивной минерализации гумусовых веществ, что подтверждается коэффициентом педотрофности, который составил 2,4-3,2 ед. (рис. 3).

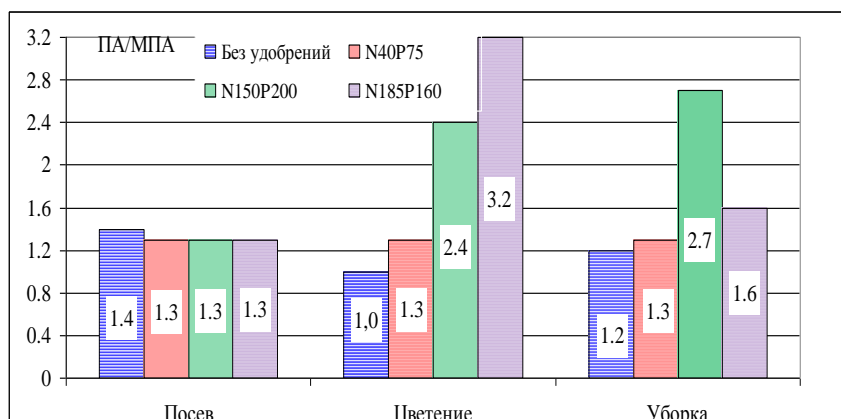


Рисунок 3 – Динамика коэффициента педотрофности при внесении минеральных удобрений, ед. (2018-2020 гг.)

Численность актиномицетов была самой низкой по фазам вегетации яровой пшеницы и не превышала 2,8 млн. КОЕ/г почвы. Перед посевом и в фазу цветения внесение высоких доз минеральных удобрений способствовало росту численности актиномицетов, что создавало условия для снижения инфекционного фона. Это подтверждается соотношением грибы/актиномицеты – 0,1 ед. (рис. 4)

При увеличении численности актиномицетов в почве создавались условия для снижения инфекционного фона, что подтверждается соотношением грибы/актиномицеты – 0,1 ед. (рис. 4).

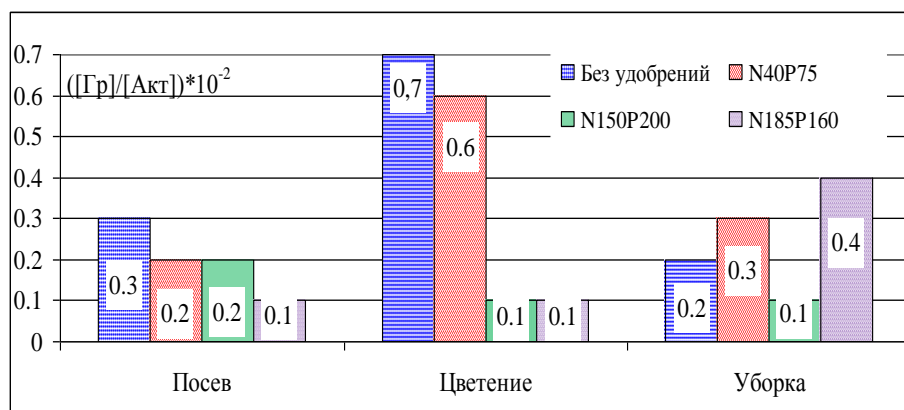


Рисунок 4 – Влияние минеральных удобрений на соотношение мицелиальных форм микроорганизмов, ед. (2018-2020 гг.)

К уборке их численность снизилась до 0,3 млн. КОЕ/г почвы. Это повлияло на соотношение грибы/актиномицеты, которое составило 0,4 ед. Еще большее проявление этого процесса отмечалось в период цветения яровой пшеницы на контроле и на варианте с невысоким уровнем минерального питания. Соотношение грибы/актиномицеты составило 0,7-0,6 ед.

4.2 Скорость целлюлозоразложения в черноземе выщелоченном при внесении возрастающих доз минеральных удобрений. В слое 0-10 см разложение целлюлозы за 3 месяца экспозиции составило 28% от исходной массы полотна (табл. 3). Интенсивность разложения по мере углубления не

отличалась от слоя 0-10 см, при наименьшей существенной разнице (фактор В) 3,0%.

Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{75}$ и $N_{150}P_{200}$ кг/га в первый месяц экспозиции не оказало влияния на процесс разложения целлюлозы. Значения были на уровне контроля. Повышение уровня минерального питания ($N_{185}P_{160}$) стимулировало процесс разложения целлюлозы, превышая контроль в среднем на 28%. За 2 месяца вегетации на варианте с минимальным уровнем минерального питания ($N_{40}P_{75}$) разложение клетчатки составило 26-34%, при этом 11-15% из них разрушалось в июле. Дальнейшее увеличение доз удобрений способствовало повышению целлюлозной активности в 1,5 раза, по отношению к контролю разница достигала более 90%. За три месяца экспозиции разложение на контроле и на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями было не более 10 и 13% от исходной массы ткани соответственно. Наибольшее влияние оказали минеральные удобрения, доля их вклада составила 62%, доля вклада температуры и влажности – 24%. Совокупное влияние факторов не превышало 5%.

Таблица 3 – Влияние возрастающего уровня минерального питания на интенсивность целлюлозоразложения, % от исходной массы (2016-2020 гг.)

Вариант (фактор А)	Слой, см (фактор В)	Срок экспозиции, мес. (фактор С)			Описательная статистика					
		1	2	3	1 эксп.		2 эксп.		3 эксп.	
					max- min	Cv, %	max- min	Cv, %	max- min	Cv, %
Без удобрений	0-10	15±8	18±7	28±7	16	51	14	36	10	24
	10-20	18±8	22±5	30±9	20	43	13	23	20	28
	20-30	17±7	23±5	29±7	17	42	11	21	17	26
$N_{40}P_{75}$	0-10	15±5	26±6	37±11	10	32	18	24	25	29
	10-20	18±4	29±9	36±11	10	24	19	31	23	30
	20-30	19±4	34±5	39±5	8	23	12	16	12	13
$N_{150}P_{200}$	0-10	18±10	37±7	49±11	19	52	16	20	24	23
	10-20	19±8	41±8	51±12	19	42	23	20	34	24
	20-30	27±6	37±10	46±9	69	96	25	27	23	20
$N_{185}P_{160}$	0-10	22±8	44±11	56±9	27	58	28	26	24	16
	10-20	24±9	48±16	59±11	20	37	42	32	28	19
	20-30	23±9	42±5	55±6	23	39	11	11	15	11
НСР ₀₅ для: факторов: А – 2%; В – 3%; С – 5%.										

4.3 Ферментативная активность чернозема выщелоченного.

Активность полифенолоксидазы на естественном агрофоне снижалась от посева к уборке и варьировала в пределах 0,0315-0,0276 мг бензохинона/10 г почвы в час. Минеральные удобрения на планируемые урожайности 3,0 ($N_{40}P_{75}$) и 5,0 т/га зерна ($N_{150}P_{200}$) увеличивали её активность на 22-23% по отношению к варианту без удобрений. При внесении максимальной дозы ($N_{185}P_{160}$) полифенолоксидазная активность снижалась в среднем на 12% по отношению к контролю.

Пероксидазная активность пахотного чернозема была максимальной на контроле по всем фазам развития яровой пшеницы и варьировала в пределах 0,0369-0,0497 мг бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений даже в невысоких дозах снижало активность пероксидазы на 19%

относительно контроля. На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна эта разница составила 25%, на максимальном агрофоне она достигла 27%.

Соотношение активности этих ферментов показало, что оптимальные условия для гумусообразования создаются при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна включительно на фоне заправки соломой (рис. 5).

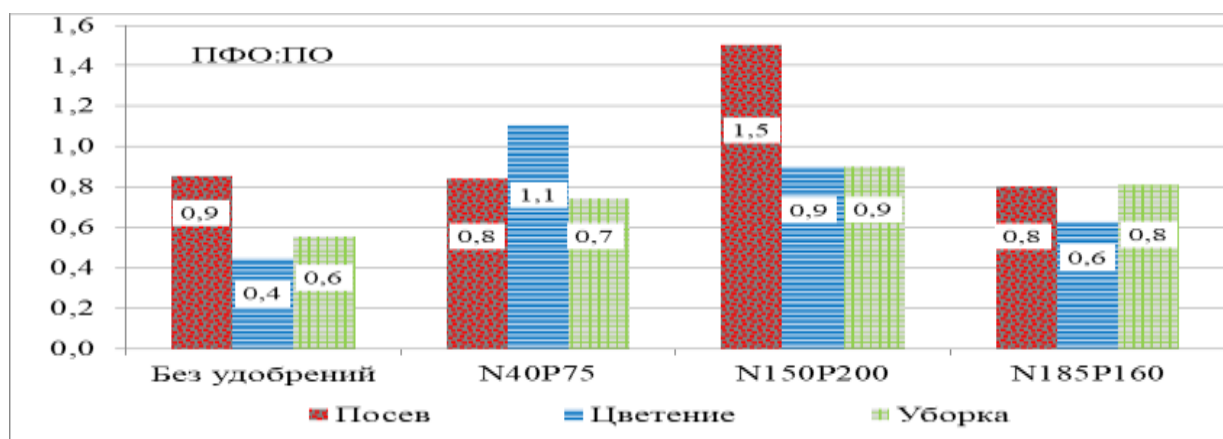


Рисунок 5 – Динамика коэффициента накопления гумуса в черноземе выщелоченном при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, ед. (2018-2020 гг.)

Систематическое использование высоких доз минеральных удобрений (NP на 6,0 т/га зерна) ингибировало ферментативную активность почвы и способствовало минерализации гумусовых веществ.

ГЛАВА 5 АЗОТНЫЙ РЕЖИМ И ТЕКУЩАЯ НИТРИФИКАЦИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

5.1 Динамика нитратного азота под зерновыми культурами. Доза удобрений N₄₀P₇₅, рассчитанная на планируемую урожайность 3,0 т/га, способствовала повышению азота нитратов в почве только в начале вегетации (табл. 4).

Таблица 4 – Динамика нитратного азота при внесении минеральных удобрений, мг/кг почвы (2018-2020 гг.)

Вариант (фактор А)	Слой, см	Время отбора проб (фактор В)			
		Посев	Кушение	Цветение	Уборка
Без удобрений	0-20	5,2±0,6	9,3±3,5	4,4±1,4	3,6±2,1
	20-40	3,2±1,0	6,1±2,3	2,6±1,1	1,9±1,0
N ₄₀ P ₇₅	0-20	5,2±0,6	22,1±4,2	7,9±2,0	4,3±0,5
	20-40	3,3±0,9	14,0±4,3	5,2±1,7	2,7±0,7
N ₁₅₀ P ₂₀₀	0-20	5,5±1,3	45,3±6,8	13,7±2,9	8,6±2,5
	20-40	4,2±0,7	28,3±7,8	8,9±1,5	5,1±0,8
N ₁₈₅ P ₁₆₀	0-20	6,6±1,1	57,6±8,9	19,8±3,1	10,1±1,1
	20-40	4,8±1,0	35,5±7,3	14,8±2,4	7,5±0,9
НСР ₀₅ для слоя 0-20 см: по фактору А – 0,4 мг/кг; по фактору В – 2,8 мг/кг					
НСР ₀₅ для слоя 20-40 см: по фактору А – 0,3 мг/кг; по фактору В – 3,5 мг/кг					

В фазу кущения яровой пшеницы содержание нитратного азота в слое 0-20 см увеличивалось до 22,1 мг/кг, но уже к цветению происходило снижение до 7,9 мг/кг. К уборке содержание нитратов возвращалось к исходному уровню.

Дозы $N_{150}P_{200}$ и $N_{185}P_{160}$, рассчитанные на получение 5,0 и 6,0 т/га зерна способствовали формированию избыточно высокой обеспеченности азотом в период кущения яровой пшеницы. Во второй половине вегетации происходило снижение содержания до 6,7 и 8,8 мг/кг.

5.2 Влияние минеральных удобрений на текущую нитрификацию чернозема выщелоченного. Черноземы выщелоченные лесостепной зоны Зауралья в течение вегетационного периода при отсутствии минеральных удобрений накапливают до 54-60 кг азота текущей нитрификации, которого достаточно для формирования прибавки 1,3-1,5 т/га зерна яровой пшеницы (рис. 6). Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна яровой пшеницы (N_{150} кг д.в./га) стимулировало микрофлору чернозема, что повышало количество азота текущей нитрификации до 85 кг/га. Дальнейшее повышение уровня минерального питания за счет азотных удобрений (N_{185} кг/га д.в.) приводило к угнетению нитрифицирующей микрофлоры и уменьшению количества накапливаемого азота текущей нитрификации до 60 кг/га.

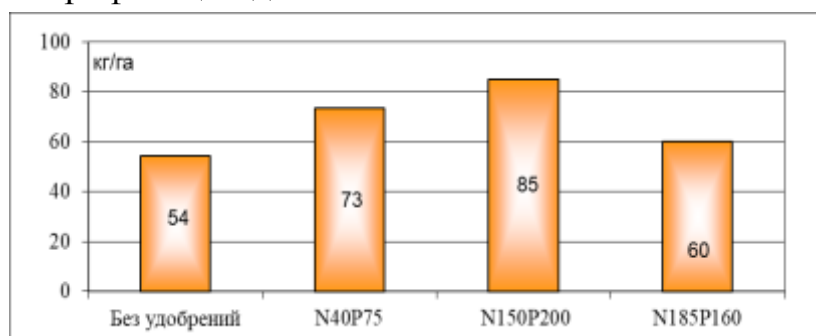


Рисунок 6 – Влияние уровня минерального питания на текущую нитрификацию чернозема выщелоченного, кг/га (2018-2020 гг.)

Было установлено, что между дозами азотных удобрений и азотом текущей нитрификации существует сильная корреляционная связь, выражаемая в виде уравнения регрессии: $y = -0.003x^2 + 6.331x + 63.048$. Данное уравнение достоверно в диапазоне вносимых азотных удобрений от 0 до 220 кг/га. Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на текущую нитрификацию чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья. Доля их влияния составила 71,4%, тогда как погодные условия вегетации – 9,4%. Совокупное влияние факторов – 17,2%.

5.3 Содержание легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном при внесении минеральных удобрений. При отсутствии минеральных удобрений наблюдалось минимальное накопление легкогидролизуемого азота в слое 0-40 см чернозема выщелоченного. Его содержание составило 128 мг/кг почвы, что соответствует средней обеспеченности (табл. 5).

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га ($N_{40}P_{75}$) не оказывало влияния на содержание легкогидролизуемого азота в черноземе. Интенсивный агрофон, обеспечивающий получение урожая 5,0 т/га

зерна и выше, привел к увеличению содержания легкогидролизуемого азота до 148 мг/кг почвы, что на 16% выше значений контроля.

Таблица 5 – Содержание легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, мг/кг почвы (2018-2020 гг.)

Вариант (фактор А)	Слой почвы, см (фактор В)		
	0-20	20-40	0-40
Без удобрений	144±3	112±12	128±12
N ₄₀ P ₇₅	147±14	117±7	132±8
N ₁₅₀ P ₂₀₀	156±8	141±6	148±6
N ₁₈₅ P ₁₆₀	158±3	129±7	143±6
НСР ₀₅ для фактора А = 8 мг/кг; для В = 6 мг/кг			

Дисперсионный анализ показал, что максимальное влияние на содержание легкогидролизуемого азота оказали почвенные условия (температура, влажность, аэрация и заделка соломы), которые создаются при механической обработке почвы. Их влияние (доля) составило 49,7%. Вклад минеральных удобрений – 14,6%, погодных условий – 3,2%.

5.4 Влияние минеральных удобрений на нитрификационную способность чернозема выщелоченного. В результате исследований было установлено, что чернозем выщелоченный, на котором не вносили минеральные удобрения более 20 лет (Еремин Д.И., 2002), характеризовался минимальной нитрификационной способностью. На контроле она составляла 12,0 мг/кг почвы, что является очень низким значением для черноземов. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна не оказало существенного влияния на нитрификацию, которая составила 13,3 мг/кг почвы. На вариантах с высоким агрофоном (NP на 5,0 и 6,0 т/га) нитрификационная способность была достоверно выше контроля, достигая 17,2 и 18,1 мг/кг почвы при НСР₀₅ равном 1,1 мг/кг почвы. Дисперсионный анализ показал, что минеральные удобрения достоверно оказывали существенное влияние на нитрификационную способность чернозема выщелоченного – 59,6%. Погодные условия в период отбора почвенных образцов оказали существенно меньшее влияние – 12,6%.

5.5 Хозяйственный вынос азота яровой пшеницей. Общий вынос азота яровой пшеницей на естественном агрофоне составил 62 кг/га (рис. 7).

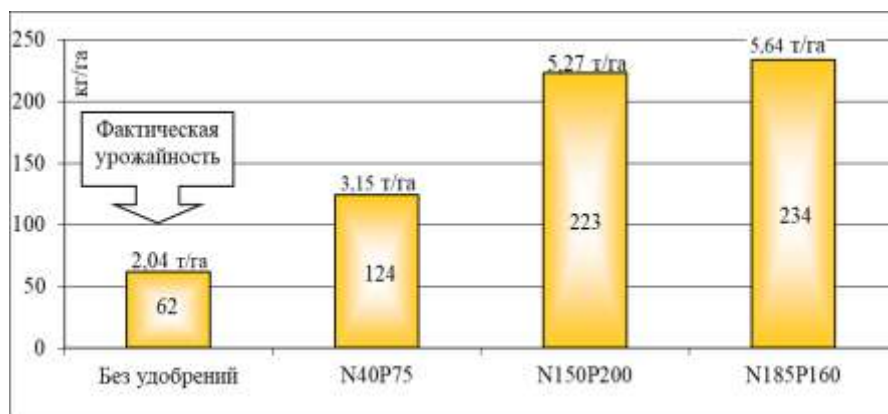


Рисунок 7 – Общий вынос азота фитомассой яровой пшеницы (кг/га) и ее фактическая урожайность зерна (т/га) на вариантах с разным уровнем минерального питания (2018-2020 гг.)

Внесение возрастающих доз удобрений увеличивало вынос до 234 кг/га. Для формирования 1 т зерна требовалось от 31 до 42 кг азота в зависимости от планируемой урожайности. Это необходимо предусматривать при разработке системы удобрений для яровой пшеницы.

ГЛАВА 6 ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Научно-обоснованная система удобрений, учитывающая запасы питательных веществ в почве, климатические особенности региона и генетический потенциал сорта позволяют получать стабильные урожаи до 5,0 т/га (табл. 6). Фактический сбор зерна соответствовал планируемой урожайности – 6,24 т/га в пересчете на 14% влажность и 100% чистоту только в 2020 г. Прибавка урожайности относительно контроля составила 3,57 т/га. Формирование урожая яровой пшеницы при внесении минеральных удобрений происходило за счет дополнительного кущения ($r=0,91$), образования продуктивных побегов ($r=0,87$) и массы 1000 зерен ($r=0,89$).

Таблица 6 – Урожайность яровой пшеницы при различном уровне минерального питания

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя	т/га	%
Без удобрений	1,85	2,04	2,24	2,04	-	-
N ₄₀ P ₇₅	2,88	3,04	3,52	3,15	1,10	54
N ₁₅₀ P ₂₀₀	5,14	5,49	5,17	5,27	3,22	158
N ₁₈₅ P ₁₆₀	5,54	5,07	6,24	5,62	3,57	175
HCP ₀₅	0,2	0,2	0,3	-	-	-

Минеральные удобрения оказывают серьезное влияние на формирование урожая зерновых культур – 55,7%. Влияние погодных условий несколько слабее, их доля составила 30,7%. Благодаря оптимизации минерального питания возможно уменьшение влияния погодных условий на урожайность, выражаемое взаимодействием факторов – 13,4%.

ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Затраты по выращиванию яровой пшеницы без минеральных удобрений на черноземе выщелоченном составили 16850 руб./га; себестоимость зерна – 8425 руб./т. (табл. 7).

Прибыль от реализации зерна 5150 руб./га при рентабельности 31%, что в современных условиях рыночной экономики является недостаточным для стабильной деятельности хозяйства. Внесение удобрений на планируемые урожаи от 3,0 до 6,0 т/га увеличивало затраты до 21350-34200 руб./га.

Фактическая прибыль от реализации зерна отмечена на варианте с планируемой урожайностью 6,0 т/га – 27400 руб./га, при рентабельности 80%. За счет неполучения планируемого урожая в 2018 и 2019 гг. экономические показатели оказались меньше расчетных значений (ожидаемого эффекта).

Таблица 7 – Экономическая эффективность применения минеральных удобрений на яровой пшенице (2018-2020 гг.)

Вариант	Затраты, руб./га	Ожидаемый эффект			Фактический эффект		
		Себестоимость, руб./г	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб./г	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Без удобрений	16850	8425	5150	31	8425	5150	31
N ₄₀ P ₇₅	21350	7117	11650	55	6887	12750	60
N ₁₅₀ P ₂₀₀	33240	6648	21760	65	6272	25060	75
N ₁₈₅ P ₁₆₀	34200	5700	31800	93	6107	27400	80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по изучению влияния минеральных удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного были сделаны соответствующие выводы:

1. Чернозем выщелоченный лесостепной зоны Зауралья характеризуется очень высокой межсезонной вариабельностью интенсивности целлюлозоразложения. Коэффициент вариации на контроле находился в пределах 42-51%. Внесение минеральных удобрений в дозе N₄₀P₇₅ кг/га увеличивало скорость разложения целлюлозы на 22% относительно контроля. Дальнейшее повышение уровня минерального питания в 2 раза усиливает разложение целлюлозы по всему пахотному слою, достигая 57% за три месяца экспозиции. Доля вклада минеральных удобрений при целлюлозоразложении составила 62%, доля вклада влажности и температуры – 24%.

2. Высокие дозы минеральных удобрений (N₁₅₀P₂₀₀ и N₁₈₅P₁₆₀ кг/га) оказывают максимальное влияние на педотрофную микробиоту, численность которой возрастала в 2,5-3,0 раза по сравнению с контролем. Увеличение данной группы микроорганизмов создает благоприятные условия для интенсивной минерализации гумусовых веществ, что подтверждается коэффициентом педотрофности, который в опытах составил 2,4-3,2 ед.

3. Численность грибной микробиоты чернозема выщелоченного в течение вегетационного периода возрастала с 13 до 22 млн. КОЕ. Внесение удобрений в дозе N₄₀P₇₅ кг/га стимулировало их развитие. Количество почвенных грибов в пахотном слое увеличивалось до 33,0 млн. КОЕ/г почвы. Внесение высоких доз минеральных удобрений угнетало почвенные грибы и способствовало снижению их количества до 11,0-14,0 млн. КОЕ/г почвы, что на 64% ниже контроля.

4. Доля актиномицетов пахотного чернозема выщелоченного минимальна. Их численность не превышала 2,8 млн. КОЕ/г почвы, при соотношении грибы/актиномицеты равном 0,1 ед. К началу уборочных работ численность актиномицетов уменьшалось до 0,3 млн. КОЕ/г почвы. Систематическое внесение минеральных удобрений приводит к увеличению грибной микробиоты, тем самым способствует активному развитию патогенной микробиоты, о чем свидетельствует повышение отношения грибы/актиномицеты в 7 раз относительно контроля.

5. Внесение минеральных удобрений в дозах до N₁₅₀P₂₀₀ стимулировало синтез полифенолоксидазы на 22-23% относительно контроля. Дальнейшее повышение уровня минерального питания ингибировало полифенолоксидазную активность на 12% по отношению к контролю. Минеральные удобрения, даже в низких дозах, оказывают отрицательное влияние на пероксидазную активность чернозема, которая снижалась на 19-27% относительно контроля. Соотношение активности этих ферментов показало, что

оптимальные условия для гумусообразования создаются при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна включительно на фоне заправки соломой. Использование высокой дозы минеральных удобрений ($N_{185}P_{160}$) ингибировало ферментативную активность почвы и способствовало минерализации гумусовых веществ.

6. Чернозем выщелоченный лесостепной зоны Зауралья характеризуется неустойчивым нитратным режимом и очень низкой обеспеченностью – перед началом посевных работ содержание нитратного азота в слое 0-40 см в среднем составило 4,2 мг/кг почвы. Систематическое внесение высоких доз минеральных удобрений (NP на 6,0 т/га зерна) не имело эффекта накопления нитратов в почве в весенний период. Доза удобрений $N_{40}P_{75}$, рассчитанная на планируемую урожайность 3,0 т/га, способствовала повышению нитратов в фазу кущения до 22,1, но к цветению происходило снижение до 7,9 мг/кг почвы. Внесение $N_{150}P_{200}$ и $N_{185}P_{160}$, рассчитанных на получение 5,0 и 6,0 т/га зерна, формировало избыточно высокий минеральный фон в первой половине вегетации. Перед уборкой содержание нитратов уменьшалось до 6,7 и 8,8 мг/кг соответственно.

7. При отсутствии минеральных удобрений наблюдалось минимальное накопление легкогидролизуемого азота в слое 0-40 см чернозема выщелоченного. Его содержание составило 128 мг/кг почвы, что соответствует средней обеспеченности. Влияния внесения минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га ($N_{40}P_{75}$) на содержание легкогидролизуемого азота в черноземе не выявлено. Интенсивный агрофон, обеспечивающий получение урожая 5,0 т/га зерна и выше, привел к увеличению содержания легкогидролизуемого азота до 148 мг/кг почвы, что на 16% выше значений контроля. Максимальное влияние на содержание легкогидролизуемого азота оказывали почвенные условия (температура, влажность), которые создаются при механической обработке почвы. Их влияние (доля) составило 49,7%. Вклад минеральных удобрений в содержание легкогидролизуемого азота составил 14,6%. Минимальное влияние оказали погодные условия вегетационного периода – их доля 3,2%.

8. Нитрификационная способность чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья в среднем составила 10,0-12,5 мг/кг почвы, что соответствует средней степени активности. В первой половине лета она достигала 10,1-16,3 мг/кг почвы, снижаясь до 7,7-8,6 мг/кг почвы в августе. Создание агрофона, обеспечивающее получение 3,0 т/га зерна, не оказывает достоверного влияния на нитрификационную способность чернозема выщелоченного на протяжении всего вегетационного периода. Внесение $N_{150}P_{200}$ кг/га стимулировало активность олигонитрофилов, что благоприятно отразилось на нитрификационной способности чернозема в слое 0-20 см – 20,7 мг/кг, что почти на 40% выше значений контроля. Максимальный агрофон (NP на 6,0 т/га зерна) угнетал нитрификационную способность чернозема выщелоченного, которая в среднем составляла 15 мг/кг почвы. Дисперсионный анализ показал, что минеральные удобрения достоверно оказывали существенное влияние на нитрификационную способность пахотного чернозема – 59,6%. Погодные условия в период отбора почвенных образцов оказывают существенно меньшее влияние – 12,6%.

9. Текущая нитрификация обеспечивала в течение вегетации накопление 54-60 кг/га доступного растениям азота при отсутствии минеральных удобрений. Внесение азотных удобрений (N_{150}) на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна яровой пшеницы увеличивало количество азота текущей нитрификации до 85 кг/га. Дальнейшее повышение уровня минерального питания за счет азотных удобрений (N_{185} кг/га д.в.) способствовало снижению нитрифицирующей микрофлоры и уменьшению количества накапливаемого азота текущей нитрификации до 60 кг/га. Минеральные удобрения оказывали существенное влияние на текущую нитрификацию чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья. Доля их влияния составила 71,4%, тогда как погодные условия вегетации – 9,4%. Между дозами азотных удобрений и азотом текущей нитрификации существует сильная корреляционная связь, выражаемая в виде уравнения регрессии: $y = -0,003x^2 + 6,331x + 63,048$.

10. Биологические процессы в черноземе выщелоченном обеспечивают формирование стабильного урожая яровой пшеницы до 2,0 т/га. Дальнейшее повышение урожая возможно

за счет минеральных удобрений. В среднем за годы исследований сбор зерна совпадал с расчетными значениями только при внесении удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га. Минеральные удобрения оказали серьезное влияние на формирование урожая зерновых культур – 55,7%. Влияние погодных условий слабее, их доля составила 30,7%.

11. Формирование урожая яровой пшеницы при внесении минеральных удобрений происходит за счет дополнительного кущения ($r=0,91$), образования продуктивных побегов ($r=0,87$) и массы 1000 зерен ($r=0,89$). Уровень минерального питания не оказывает существенного влияния на озерненность колоса ($r=0,54$).

12. Затраты по выращиванию яровой пшеницы без минеральных удобрений на черноземе выщелоченном составили 16850 руб./га; себестоимость зерна – 8425 руб./т. Прибыль от реализации зерна 5150 руб./га при рентабельности 31%. Внесение удобрений на планируемые урожайности от 3,0 до 6,0 т/га увеличивало затраты до 21350-34200 руб./га. Фактическая прибыль от реализации зерна отмечена на варианте с планируемой урожайностью 6,0 т/га – 27400 руб./га, при рентабельности 80%. За счет неполучения планируемого урожая в 2018 и 2019 гг. экономические показатели оказались меньше расчетных значений (ожидаемого эффекта). Стоимость минеральных удобрений для получения планируемой урожайности 3,0 т/га зерна яровой пшеницы равна 3570 руб./га, что в структуре затрат составило 17% и стало минимальным значением среди изучаемых вариантов. Дальнейшее повышение уровня минерального питания приводило к серьезному повышению доли удобрений в затратной части выращивания яровой пшеницы.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

Для предотвращения негативного влияния минеральных удобрений на биологические свойства чернозема выщелоченного рекомендуется их внесение в дозах, не превышающих $N_{150}P_{200}$, что соответствует получению планируемой урожайности 5,0 т/га зерновых культур. При разработке системы удобрений на планируемую урожайность от 3,0 до 5,0 т/га рекомендуется учитывать повышение величины азота текущей нитрификации до 85 кг/га.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ

1. Еремин Д.И. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений / Д.И. Еремин, **О.Н. Дёмина** // АПК: Инновационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 25-33.
2. Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного чернозема в лесостепи Зауралья / Д.И. Еремин, **О.Н. Дёмина** // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2. – С. 26-32.
3. **Дёмина О.Н.** Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья / О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 2. – С. 63-71.
4. **Дёмина О.Н.** Влияние минеральных удобрений на изменение численности педотрофной микрофлоры пахотного чернозёма выщелоченного // О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Вестник Воронежского ГАУ. – 2020. – № 4 (67). – С. 198-205.
5. **Дёмина О.Н.** Ферментативная активность агрочернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья по действием минеральных удобрений / О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2020. – № 5 (187). – С. 11-19.
6. **Дёмина О.Н.** Влияние минеральных удобрений на нитрификацию чернозема выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья / О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Плодородие. – 2021. – № 1. – С. 16-21.
7. **Дёмина О.Н.** Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема выщелоченного в Северном Зауралье / О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Агрохимический вестник – 2021. – № 2. – С. 10-14.

8. Дёмина О.Н. Влияние уровня минерального питания на элементы структуры урожая яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья / О.Н. Дёмина, Д.В. Еремина // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 3 (168). – С. 34-40.
9. Дёмина О.Н. Влияние минеральных удобрений на динамику нитратов пахотного чернозема под пшеничным агрофитоценозом / О.Н. Дёмина, Д.И. Еремин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2021. – № 4 (198). – С. 15-23.
10. Дёмина О.Н. Разложение целлюлозы в пахотном черноземе выщелоченном лесостепной зоны Зауралья / О.Н. Дёмина // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 7. – С. 211 -217.

Публикации в других изданиях

11. Еремин Д.И. Агроэкологическая характеристика микромицетов, обитающих в почве / Д.И. Еремин, О.Н. Попова (О.Н. Дёмина) // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2016. – № 1 (132). – С. 12 -18.
12. Еремин Д.И. Бактериальная микрофлора и ее роль в почвообразовательном процессе / Д.И. Еремин, О.Н. Попова (О.Н. Дёмина) // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2016. – № 2 (33). – С. 12 -19.
13. Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на интенсивность целлюлозы в пахотном черноземе лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Еремин, О.Н. Попова (О.Н. Дёмина) // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2016. – № 4 (35). – С. 27 -33.
14. Попова О.Н. (Дёмина О.Н.) Влияние минеральных удобрений на целлюлозоразлагающую способность чернозема выщелоченного / О.Н. Попова (О.Н. Дёмина) // Научные достижения и открытия современной молодежи: актуальные вопросы и инновации: Сб. конф. – 2017. – С. 35-39.
15. Еремин Д.И. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений / Д.И. Еремин, О.Н. Дёмина // АПК: инновационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 25-33.
16. Еремин Д.И. Влияние уровня минерального питания на численность аммонифицирующих бактерий пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Еремин, О.Н. Дёмина // Аграрная наука и образование Тюменской области: Сб. конф. – 2019. – С. 269-277.
17. Дёмина О.Н. Нитрификационная способность пахотных почв / О.Н. Дёмина // Актуальные вопросы, достижения и инновации: Сб. конф. – 2020. – С. 25-27.