

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ И
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 631.17: 631.86: 620.3 (047.31)
Per. № НИОКТР АААА-А19-119042690096-7

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук
П. А. Подьяблонский
«*20*» *декабря* 2019 г.



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование влияния биологических и нанопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

по теме 2.2.7 Проведение исследований по разработке конкурентоспособных технологий возделывания сельскохозяйственных культур

2.2.7.1 Проведение исследований эффективности применения биологических и нанопрепаратов в технологии возделывания озимой пшеницы

Директор КубНИИТиМ

Руководитель темы,
зав. отделом, ведущий науч. сотр.,
канд. техн. наук



М. И. Потапкин

Д. А. Петухов

Новокубанск 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Отв. исполнитель,
зав. лабораторией, науч. сотр.


22.11.2019

Т.А. Юрина

(введение, раздел 1, 2, 3, 4, 5, 6,
7, 8, 9, заключение, приложение
А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И)

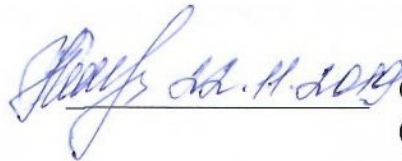
Исполнители:
Науч. сотр.


22.11.2019

М.А. Белик

(раздел 6, 7, 8, 9)

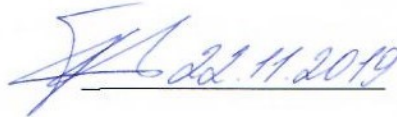
Науч. сотр.


22.11.2019

О.Н. Негреба

(раздел 6, 7, 8)

Науч. сотр.


22.11.2019

Е.В. Бондаренко

(раздел 6, 7, 8)

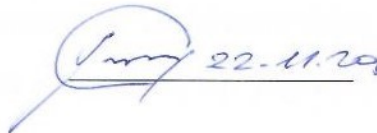
Агроном


22.11.2019

И.А. Горчакова

(раздел 5, 6, 7, 8)

Нормоконтроль


22.11.2019

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 80 с., 22 рис., 11 табл., 50 источн., 8 прил.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И НАНОПРЕПАРАТЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, БИОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Объектом исследований является производственная технология возделывания озимой пшеницы в условиях Краснодарского края.

Цель работы – оценка эффективности применения биологических и нанопрепаратов в качестве микроудобрений для растений озимой пшеницы в процессе их роста и развития.

Метод исследования – проведение полевого опыта и оценка применяемых биологических и нанопрепаратов в технологии возделывания озимой пшеницы в сравнении с общепринятой в хозяйстве КубНИИТиМ.

В результате сложившихся метеорологических условий опытного года исследований экспериментальные нанопрепараты для предпосевной обработки семян и листовой подкормки не обеспечили прибавку урожая в производственных посевах озимой пшеницы, но улучшили качественные показатели хлебостоя и полученного зерна, что дает предпосылки для дальнейшего усовершенствования состава и концентраций составляющих наночастиц микроэлементов.

Новизна исследований заключается в разработке и создании препаратов на основе современных нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений, в их реализации в полевых опытах непосредственно в производственных технологиях возделывания и уборки озимой пшеницы по типичным для зоны предшественникам.

Степень внедрения – полученные в ходе выполнения НИР результаты сравнительных оценок препаратов использовать для усовершенствования состава нанопрепарата и при выборе биопрепаратов для биологизации производства на валидационном полигоне Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Оценка состояния вопроса	10
1.1 Результаты производственных опытов предпосевной обработки семян озимой пшеницы	11
1.2 Результаты производственных опытов листовых подкормок посевов озимой пшеницы	13
2 Разработка нанопрепарата и методики для предпосевной обработки семян озимой пшеницы	18
2.1 Получение и физико-химические характеристики наночастиц металлов	19
2.2 Размеры и фазовый состав наночастиц металлов	19
3 Лабораторные испытания предпосевной обработки семян наночастицами металлов	26
3.1 Подготовка суспензий наночастиц металлов, обработка и проращивание семян	26
3.2 Результаты лабораторных испытаний.....	30
4 Разработка нанопрепарата для листовой подкормки посевов озимой пшеницы по фазам роста и развития растений	32
5 Методика полевого опыта.....	34
5.1 Технология предпосевной обработки семян	34
5.2 Посев озимой пшеницы по вариантам опыта	37
6 Основные этапы полевого опыта	39
6.1 Агротехнические мероприятия вариантов полевого опыта	39
6.2 Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений озимой пшеницы в вариантах опыта	43
6.3 Погодные условия.....	44
7 Результаты предуборочного мониторинга посевов озимой пшеницы	46

8 Оценка урожайности и качества зерна с опытных участков	51
9 Опыт внедрения в производство результатов НИР	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Агрохимический паспорт поля перед посевом озимой пшеницы	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Инструкция по применению биоудобрения «АгроВерм»	68
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Инструкция по применению «Аквадон-Микро для зерновых культур»	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Методика полевого опыта в экспериментальных посевах озимой пшеницы на тестовом полигоне КубНИИТиМ.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) Сопроводительный протокол с результатами испытаний посевных качеств озимой пшеницы «Алексеич» РС 1.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) Схема полевого опыта в экспериментальных посевах озимой пшеницы	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (справочное) Среднемесячные показатели метеостанции за месяцы вегетации озимой пшеницы	78
ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное) Агрохимический паспорт поля после уборки посевов озимой пшеницы	79

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

$D_{\text{ср}}$ – средний размер дисперсных частиц;

нм (nm) – нанометр;

НЧ – наночастицы;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПЭМ-изображения – изображения, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии;

РФА – рентгенофазовый анализ;

\bar{X} – среднее значение;

SD - среднеквадратичное отклонение от среднего;

SE – стандартная ошибка среднего.

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы уровень урожайности зерновых показывает, что потенциал продуктивности сортов озимой пшеницы еще далек от реализации, а химизация производства сегодня ограничивается требованиями энерго и ресурсосбережения. Биологизация земледелия требует биологических приемов формирования урожая сельскохозяйственных культур и воспроизводства почвенного плодородия. Одним из направлений обеспечения экологической устойчивости земледелия является применение в технологиях возделывания полевых культур биоудобрений и нанопрепаратов.

Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 поставлена задача создания и внедрения современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые будут способствовать повышению урожайности и эффективности производства зерна [1]. Одним из показателей данного мероприятия является увеличение объема производства отечественных пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения. Увеличение показателя по отношению к предшествующему году планируется с 2022 года до 5 %, а к 2025 году – до 20 %.

В связи с этим, актуальным является изучение влияния биологических и нанопрепаратов отечественного производства на рост и развитие растений, урожайность и качество зерна озимой пшеницы, и включение их в рекомендации сельхозтоваропроизводителям.

Многочисленные исследования по влиянию наночастиц (далее НЧ) различных элементов на растения демонстрируют повышение их урожайности, изменение содержания протеинов, углеводов, аскорбиновой кислоты, каротина и других биологически активных веществ, качества продукции и устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам [2-10]. В качестве фактора повышения урожайности пшеницы были использованы НЧ железа и

меди. Оказалось, что НЧ меди улучшают урожайность и стрессоустойчивость пшеницы, благодаря их влиянию на интенсивность гликолиза и цикл Кребса [11]. НЧ металлов в составе питательной среды Мурасиге-Скуга влияют на рост и развитие растений, длину и сосущую силу корней, изменяют содержание хлорофилла в листьях, выступая в качестве модуляторов метаболизма, в биотических дозах стимулируя рост и развитие растений [12].

Основанием для проведения научно-исследовательской работы является тематический план НИР ФГБНУ «Росинформагротех» на 2019 г., утвержденный директором Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России.

Необходимость проведения НИР появилась и в результате повсеместной рекламной информации производителей, предлагающих широкий выбор продукции биологического происхождения, а так же препаратов, содержащих макро- и микроэлементы, с многообещающими результатами и эффектами от их использования. Достаточно широкого применения в сельскохозяйственном производстве они не находят по причине отсутствия их достоверных оценок в производственных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Новизна исследований заключается в разработке и создании препаратов на основе современных нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений, в их реализации в полевых опытах непосредственно в производственных технологиях возделывания и уборки озимой пшеницы по типичным для зоны предшественникам.

Цель работы – оценка эффективности применения биологических и нанопрепаратов в качестве микроудобрений для растений озимой пшеницы в процессе их роста и развития.

Одной из главных задач работы является содействие внедрению в производство достижений академической и фундаментальной науки, а так же пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения отечественного производства.

Данный этап работы проведен по результатам закладки четырех вариантов полевого опыта и фенологических наблюдений за посевами озимой пшеницы с оценкой урожайности и качества зерна.

Постановка и проведение полевого опыта в хозяйственных условиях на базе валидационного полигона КубНИИТиМ предусматривала исследование производственной технологии возделывания озимой пшеницы районированного сорта «Алексеич» РС1 с применением биологических и нанопрепаратов в различных вариантах их применения с последующим проведением фенологических наблюдений (по основным этапам роста и развития растений в вариантах опыта), оценкой урожайности и качества зерна.

1 Оценка состояния вопроса

В сложившейся ситуации с применением ресурсосберегающих технологий в системе No-Till, приводящих к росту численности популяций возбудителей болезней в почве, а так же повышению частоты внесения химических средств защиты растений, да и просто в гонке за урожайностью, появилась необходимость использования экологически безопасных технологий. Включение мероприятий по производству биопрепаратов и других малоопасных удобрений и средств защиты растений, а так же агроприемов, среди которых способы снижения гербицидов из группы глифосатов [13], позволяют снизить себестоимость, уменьшить количество вносимых пестицидов (на примере Агрохолдинга «Степь»): фунгицидов на 70 %, инсектицидов от 90 % до 95 % [14], а в отдельных случаях (на примере ООО «Кавказ» ст. Советской Ставропольского края) – гербицидов от 30 % до 40 %, фунгицидов – от 85 % до 95 %, а инсектицидов – от 95 % до 98 % [15].

Наиболее интересны производственные эксперименты с перспективными препаратами нового поколения (биологическими и нанопрепаратами с микроэлементным составом) в различном их сочетании, которые позволят весь накопленный положительный опыт использования максимально эффективно внедрять в сельское хозяйство. Уже несколько лет подряд специалисты КубНИИТиМ на территории валидационного полигона проводят научно исследовательскую работу с различными препаратными формами, способами и сроками их нанесения на семена и на вегетирующие растения [16-25].

Разработка и создание препаратов на основе современных биологических и нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки сельскохозяйственных растений является приоритетным направлением на пути создания новых высокоэффективных удобрений, отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства повысить урожайность, качество продукции и сохранить экологически чистую среду обитания. НЧ металлов, введенные в состав разрабатываемых препаратов, обладают уни-

кальными свойствами. Многолетние исследования показали, что НЧ металлов до 50 раз менее токсичны, чем металлы в виде солей; домикронный размер частиц способствует легкому проникновению их во все органы и ткани; НЧ обладают пролонгированным действием; в дозах в 100 раз меньших МПД (максимально переносимые дозы), НЧ проявляют свойства биотиков, т.е. стимулируют обменные процессы; НЧ проявляют синергидный эффект с природными полисахаридами [26].

1.1 Результаты производственных опытов предпосевной обработки семян озимой пшеницы

Для формирования высокого и качественного урожая зерновых культур важное значение имеет предпосевная подготовка семенного материала, а обработка семян микроэлементами и стимуляторами роста запускает процессы обмена веществ в зерновке, регулирует гормональный баланс, способствует развитию первичных корней у растения и вторичному их отрастанию в случае возникновения стрессовой ситуации.

Общеизвестно, что микроэлементы принимают самое активное участие в процессах роста, развития и плодоношения растений [27]. Они могут, как стимулировать, так и угнетать биохимические процессы и репродуктивные функции. Многие из них входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других биологически активных соединений, осуществляющих функционирование растительного организма. Существенную роль они играют в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды и многим заболеваниям, вызванных как их недостатком, так и различного вида патогенами.

Поэтому наиболее важным условием в начальный период развития растений применение препаратов на основе микроэлементов.

Многочисленные опыты доказывают эффективность применения различных биологических и нанопрепаратов в производственных условиях Северо-Кавказского региона.

Из материалов научно-практической конференции КубГАУ им И.Т. Трубилина (г. Краснодар) на примере конкретного предприятия доказано, как внедрение нанотехнологий влияет на рентабельность производства [28]. В качестве инновации было взято нанотехнологическое удобрение «Биоплант флора» из-за его доступности, высокой эффективности и низкой цены по сравнению с получаемой выгодой. Благодаря внедрению инноваций рентабельность предприятия КФХ «Росагропром» возросла на 65 %. Таким образом, внедрение нанотехнологий в сельское хозяйство является не только необходимым, но и крайне выгодным вложением, обеспечивающим рост производительности и качества товара [28].

За период с 2009 по 2016 гг. в Краснодарском и Ставропольском краях, в Ростовской, Волгоградской и Курганской областях, в Башкирии, а так же в Центре искусственного климата КубГАУ (на базе кафедры физиологии и биохимии растений) на озимых зерновых культурах были выполнены производственные испытания, полевые и лабораторные эксперименты. Выявлено, что систематическое использование биотехнологий на фоне ресурсосберегающих технологий (посредством обработки биопрепаратами семян и посевов, а также растительных остатков) в совокупности с препаратами Крокус и Агробиовит является биологически и экономически целесообразным. Данный метод способствовал не только угнетению различных возбудителей болезней и вредителей на посевах пшеницы, но и большую экономическую эффективность, уменьшению количества вносимых фунгицидов и инсектицидов, повышению супрессивности почвы и значительной экологизации агротехнологий [15, 29].

1.2 Результаты производственных опытов листовых подкормок посевов озимой пшеницы

Особенность листа поглощать воду была впервые подмечена и описана в 1676 году в работах французского ученого Эдма Мариотта. А безоговорочные доказательства и полное признание факта поглощения листом питательных веществ, получены научно в 1909 - 1912 гг. немецким ученым и агрономом Лоренцом Хилтнером. Некорневое внесение удобрений российские ученые начали изучать в 1950-х годах. В результате многочисленных исследований было доказано, что растение может успешно потреблять минералы, как через корни, так и через лист.

В мире выпускается достаточно обширный ассортимент водорастворимых удобрений, специально разработанных для данного способа снабжения сельскохозяйственных культур необходимыми элементами. Если в самом начале внедрения технологии листового питания работали в основном простыми минеральными комплексами, то сейчас наука продвинулась далеко вперед в этой области. Сегодня в составе удобрений для некорневых подкормок помимо азота, фосфора и калия присутствуют полисахариды, витамины, фитогормоны, аминокислоты, а микроэлементы используются уже в хелатной форме, наиболее легко усваиваемой растениями.

Сейчас тема листового питания все больше привлекает внимание ученых и производителей, что приводит к созданию и внедрению инновационных технологий.

Функциональная направленность фолиарных, или некорневых, обработок заключается в 100-процентном снабжении растений комплексом важнейших микроэлементов в течение вегетации; эффективном регулировании ростовых процессов по фазам развития; оперативном обеспечении культур комплексом основных элементов питания, что позволяет снижать дозы вносимых в почву удобрений до 30 %. Листовые подкормки дают существенный защитный эффект — до 60 % в сравнении со средствами защиты растений, что позволяет уменьшить пестицидную нагрузку в 1,5 раза; помогают про-

граммировать качественные показатели урожая; стабильно повышают урожайность сельскохозяйственных культур и сокращают сроки созревания. Все это возможно лишь при использовании высококонцентрированных минеральных смесей.

Однако многие сельхозпроизводители отказываются от такой технологии по причине одной из главных проблем листового питания — невозможности применения удобрений высокой концентрации ввиду опасности нанесения растениям ожогов, которые можно сравнить с гербицидным воздействием. Парадоксально, что в мировой практике отсутствует концепция решения этого вопроса. Данный факт принимается как должное, поэтому в качестве удобрений для листового питания рекомендуются однопроцентные смеси или предлагаются растворы еще меньших концентраций в дозировке от 1,5 до 3 кг/га. Стоит напомнить, что в данном случае речь идет о комплексных подкормках по вегетации, а не об азотных обработках пшеницы. Кроме того, из нанесенного объема растение сможет усвоить менее половины, а остальное — потери.

Высокий уровень содержания действующих веществ в питательных растворах имеет решающее значение именно в силу механизма усвоения питания листом, который называется пассивной диффузией. Низкие концентрации водорастворимых удобрений, применяемых с промышленными прилипателями, не обеспечивают необходимой интенсивности поступления в лист элементов питания и их пролонгированного действия. При этом повышенное содержание минеральных туков в рабочих растворах в сочетании с органическим прилипателем не означает 100-процентного усвоения с листа, но позволяет добиться требуемого его уровня. Безусловно, аминокислоты в составе специальных удобрений активизируют поступление питательных веществ в растение и их транспорт по сосудистой системе.

В таблице 1 представлены некоторые питательные вещества и их скорость поглощения листьями растений [30].

Таблица 1 - Скорость поглощения (в объеме 50 % от внесенного количества) листьями растений питательных веществ и микроэлементов

Питательное вещество	Время поглощения
Азот (мочевина)	От 0,5 до 2 ч
Магний	От 2 до 5 ч
Калий	От 10 до 24 ч
Кальций, марганец, цинк	От 1 до 2 дней
Фосфор	От 5 до 10 дней
Железо, молибден	От 10 до 20 дней

Тем не менее, решающим фактором, особенно в части пролонгированности действия, является достаточно высокая концентрация наносимых на лист подкормок. Причем пятикратные обработки низкоконтентрированными смесями оказываются менее эффективными, чем двух- и трехкратные — растворами с повышенным уровнем содержания действующих веществ. Особенно важна роль насыщенных смесей в регулировании фаз роста по вегетации, когда требуется буквально в считанные дни «развернуть» растение от вегетативного развития к генеративному.

Однако проблема ожогов листа приводит аграриев к поискам специальных «препаратов-носителей», называемых прилипателями. Представленные сегодня на рынке смачиватели обычно принадлежат к органосиликоновой группе. Обеспечивая приемлемое качество работ с пестицидами, указанные вещества никак не могут носить название «прилипателей» для листовых подкормок, хотя часто их так именуют представители компаний-изготовителей. При этом современные производители эффективных удобрений для листового питания также отвергают подобного рода вещества. Сегодня группа адьювантов на основе кремния считается более эффективной и рекомендуется для использования при острой нехватке питательных веществ, например, дефиците железа. Возможно, эти продукты действительно работают лучше, чем большинство других адьювантов, но поскольку они были первоначально разработаны для улучшения опрыскивания гербицидом, то

наносит серьезные некротические повреждения обрабатываемым листьям. Этот разрушительный эффект составов на основе кремния на воске известен многим [31].

В целом, листовые подкормки для сельхозтоваропроизводителей имеют несомненный приоритет [30]:

- проводятся быстро, при этом значительно экономятся удобрения;
- полученные вещества быстро и очень легко усваиваются, и при этом они сразу же образуя ряд органоминеральных соединений, встраиваются в состав белков, ферментов, и т.д.;
- можно совмещать с обработкой растений от болезней и вредителей.

Существуют и минусы:

- превышение норм удобрения в растворе приводит к ожогам листьев и долгому восстановлению;
- в начальный период роста, при минимальной листовой поверхности, необходимы повторные обработки для предотвращения нехватки питательных веществ у растения;
- сроки поглощения листом некоторых элементов достаточно большие.

Несмотря на то, что удобрения могут увеличить производительность во много раз, они негативно влияют и меняют плодородие почв, нанося ей невосполнимый ущерб. В связи с этим мобилизация биологических факторов приобретает все большую актуальность и, являясь одним из основных звеньев экологизации производства, позволяет получать высокие урожаи, обеспечивая при этом воспроизводство почвенного плодородия.

За последние десятилетия накоплена большая база данных по выявлению влияния различных веществ биологического происхождения на рост и развитие растений в различных условиях [32-35]. А результаты производственных опытов доказывают, что использование биопрепаратов в сельскохозяйственном производстве обусловлено: экологичностью, отсутствием резистентности, высокой селективностью, использованием в любую фазу вегетации и высокой рентабельностью [36, 37].

Однако на данный момент удобрения биологического происхождения остаются в сельскохозяйственном секторе мало востребованными, хотя именно для сельхозтоваропроизводителей они должны быть особенно актуальны.

В настоящее время появился интерес к биологическому земледелию и чистым технологиям в аграрном секторе и со стороны официальных органов. Так, в 2013 году в Краснодарском крае был принят закон об органическом земледелии. Тем не менее, производители биоудобрений сталкиваются с трудностями реализации. Эта проблема связана с тем, что производители работают не по одной технологии, изобретаются все новые и новые формы и виды. Меняется сырье, технические условия, и в результате производства получается новый продукт, с присущими ему уникальными свойствами: он содержит различное количество и качество гуминовых и сопутствующих соединений, различен их микробиологический состав. Поэтому для каждого такого продукта необходим полевой эксперимент для выяснения оптимальных норм и доз внесения, потому что в противном случае есть риск вместо стимулирования получить угнетение растений [38].

В ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» доказали эффективность применения обработок растений озимой пшеницы биопрепаратом Гидрогумин, обусловленная формированием большего числа более крупных и выполненных зерен в колосе, улучшением качества зерна и повышением урожайности. Максимальная прибавка урожая – 14,3 %, при урожайности зерна в контроле 64,2 ц/га, получена при применении препарата Гидрогумин в технологии возделывания озимой пшеницы в дозе 500 мл/га (совместно с обработкой посевов гербицидом), 250 мл/га (совместно с фунгицидом), 100 мл/га (совместно с инсектицидом) [29].

Таким образом, вопрос создания и внедрения специальных биологических и нанопрепаратов для листовых подкормок давно назрел.

2 Разработка нанопрепарата и методики для предпосевной обработки семян озимой пшеницы

Основываясь на результаты предыдущих двухлетних исследований, было принято решение:

- усовершенствовать нанопрепарат, подбирая оптимальные концентрации, комбинации и соотношения НЧ металлов для прорастания, роста и развития растений;

- ввести в состав раствора нанопрепарата биопрепарат «АгроВерм», который показал положительный результат в предыдущие годы исследований;

- исследовать вариант опыта с введением в хозяйственную технологию возделывания листовых подкормок нанопрепаратом в количестве одной и двух обработок.

До начала полевых работ по закладке вариантов на опытном участке был проведен отбор почвенных образцов для анализа на содержание химических элементов (мг/кг почвы) по ГОСТ 17.4.4.02 [39].

Каждый смешанный образец был составлен из 20 индивидуальных проб, отобранных буром с участка в 10 га прямым маршрутным способом по диагонали поля на глубину пахотного слоя (до 30 см). Результаты анализа почвенных проб представлены в приложении А.

Проанализировав содержание элементов питания и, выявив группу металлов с низкой обеспеченностью почв хозяйства, было решено не менять состав нанопрепарата и включить НЧ следующих металлов: железа, марганца, меди и цинка.

2.1 Получение и физико-химические характеристики наночастиц металлов

НЧ железа, цинка, меди и марганца были получены методом высокотемпературной конденсации [40] на установке Миген-3 [41]. Определенные навески НЧ металлов были диспергированы в воде на ультразвуковом дезинтеграторе «Scientz JY 92-ПН» (производство Китай) в режиме 0,5 А; 44 кГц; в течение 30 с; перерыв 30 с (в 3-х кратной повторности) при охлаждении диспергируемой смеси на ледяной бане.

Определение формы и размера НЧ металлов проводили методом электронной микроскопии на растровом электронном микроскопе Joel JSM 7401F при напряжении 1 кВ. Для определения среднего диаметра НЧ микрофотографии, сделанные на приборе, обрабатывали с помощью компьютерной программы Micran 25, путем измерения поперечника как минимум тысячи частиц. На основании полученных данных рассчитывали распределение НЧ металлов по размерам.

Рентгенофазный анализ (РФА) НЧ металлов проводили на рентгеновском анализаторе АДП-1 (производство России). Съемку проводили в излучении $\text{Co K}\alpha$ шагом 0.05° и временем накопления сигнала от 8 до 10 мин. Обработку полученных интерференционных пиков для установления фазового состава НЧ металлов проводили с помощью компьютерной программы Match 3.8.0.137.

2.2 Размеры и фазовый состав наночастиц металлов

На рисунках 1 - 4 представлены ПЭМ-изображения НЧ железа, цинка, меди и марганца и гистограммы распределения НЧ по размеру.

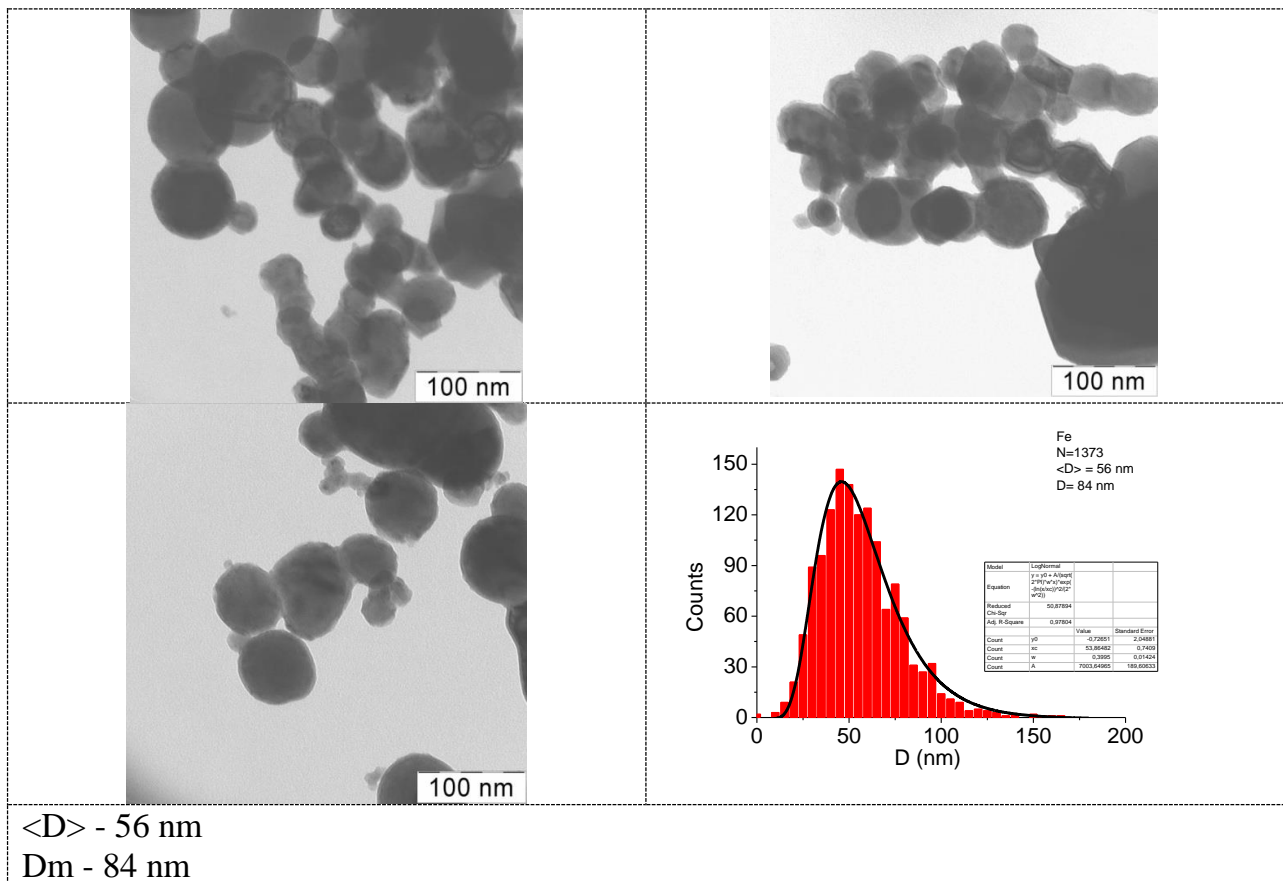


Рисунок 1 - ПЭМ-изображения наночастиц железа и гистограммы их распределения по размеру

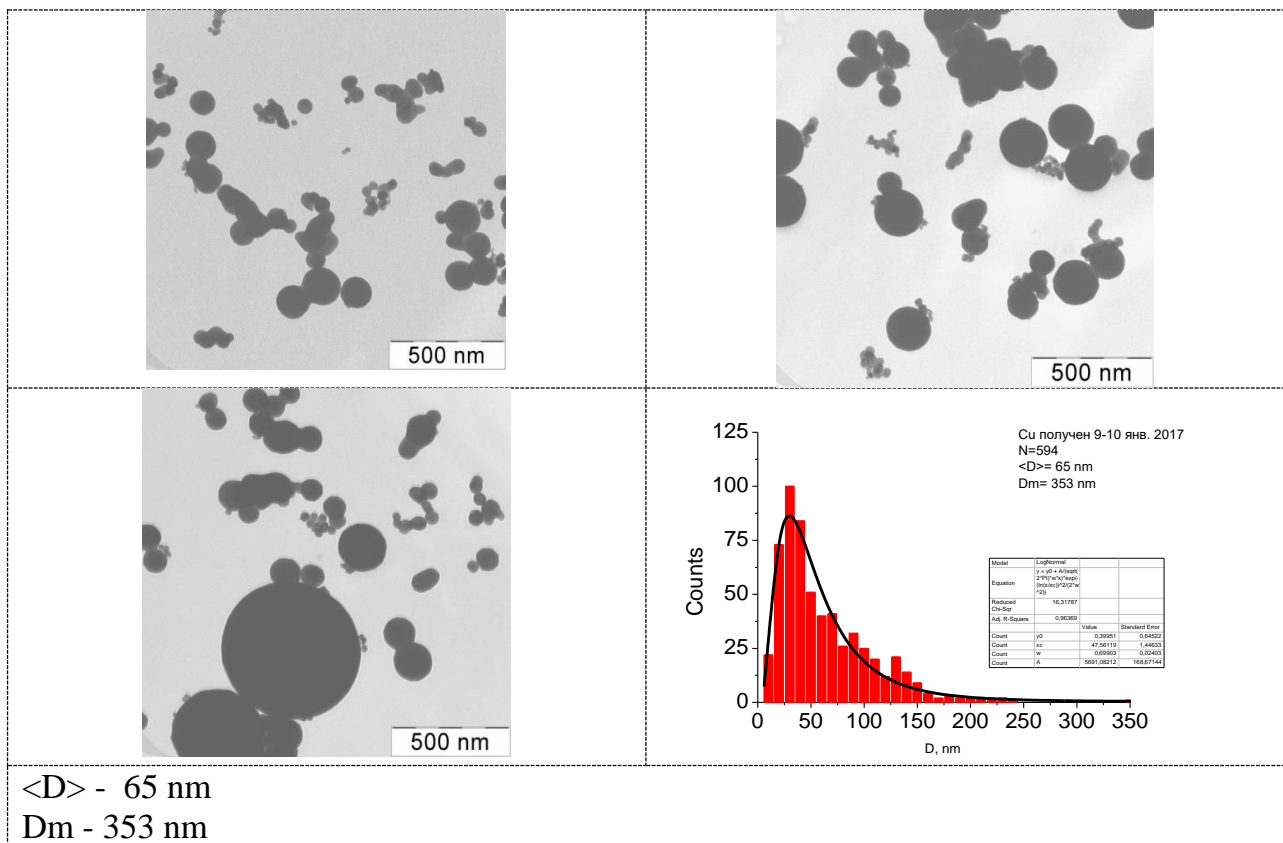


Рисунок 2 - ПЭМ-изображения наночастиц меди и гистограммы их распределения по размеру

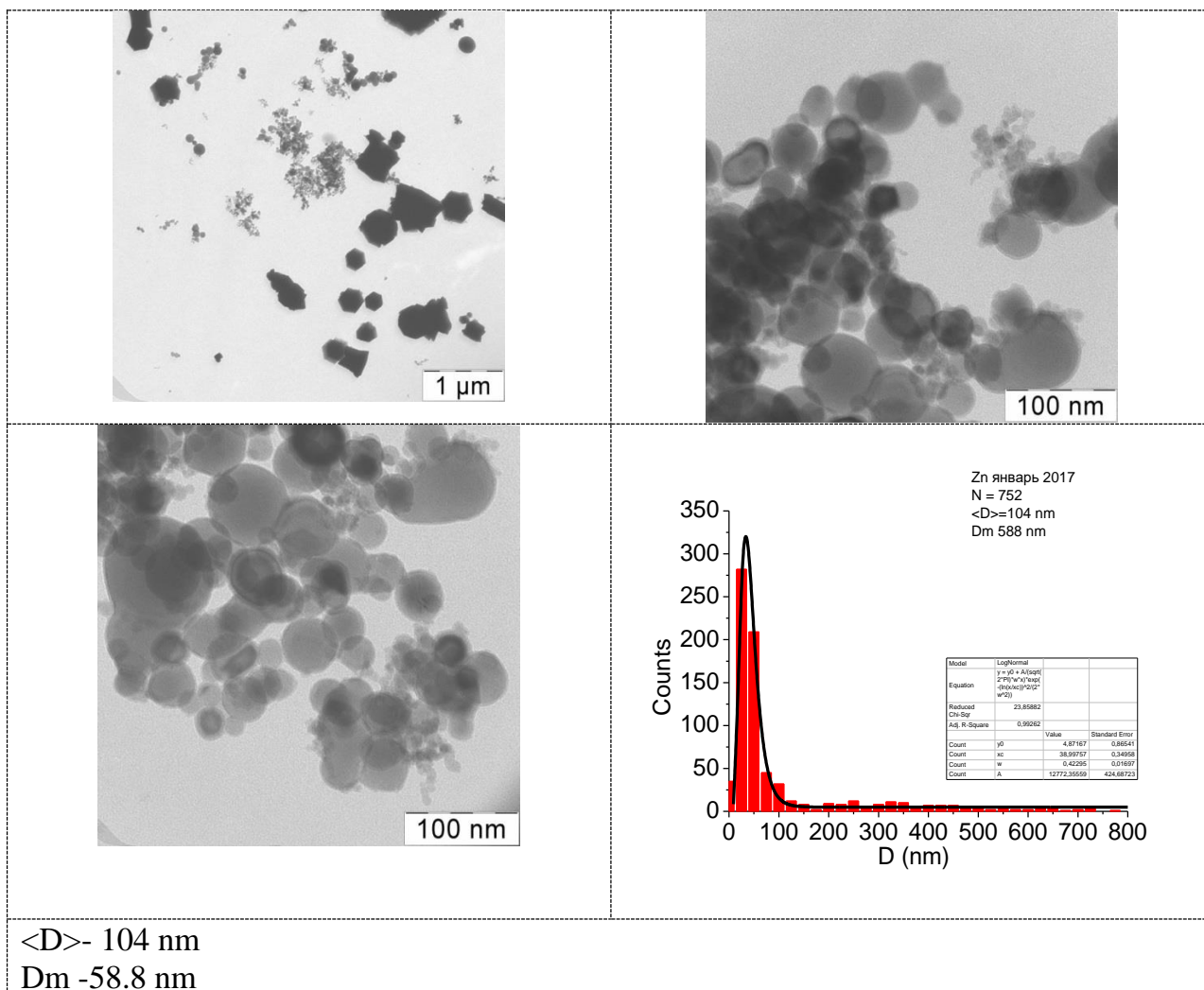


Рисунок 3 - ПЭМ-изображения наночастиц цинка и гистограммы их распределения по размеру

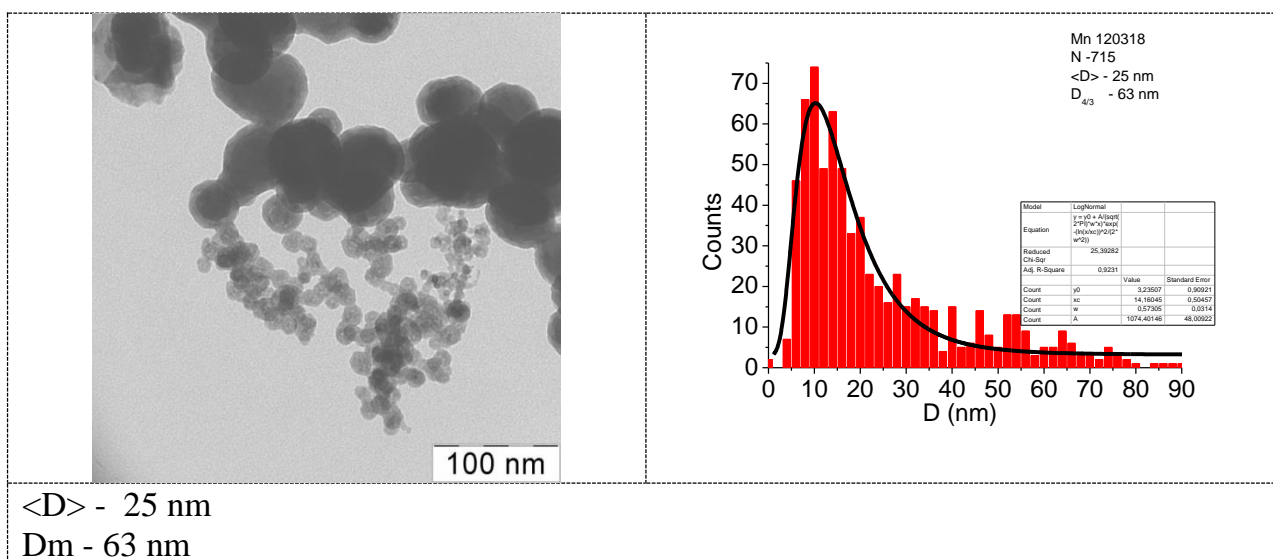


Рисунок 4 - ПЭМ-изображения наночастиц марганца и гистограммы их распределения по размеру

Определение фазового состава НЧ проводили рентгенофазовым анализом (РФА) на рентгеновском дифрактометре АДП-1 (производство Россия) с источником излучения $\text{Co } \text{-}\kappa_{\alpha}$.

Анализ дифрактограмм проводился с использованием программ MATCH2 (разработка CRYSTAL IMPACT) и XDIFR. Фазовый состав металлических кристаллических фаз приводился в массовых долях. При построении дифрактограмм была использована программа Origin 8.

Все дифрактограммы были сняты сразу же после получения порошков металлов.

На рисунках 5 – 8 представлены дифрактограммы наноразмерных частиц железа, цинка, меди и марганца.

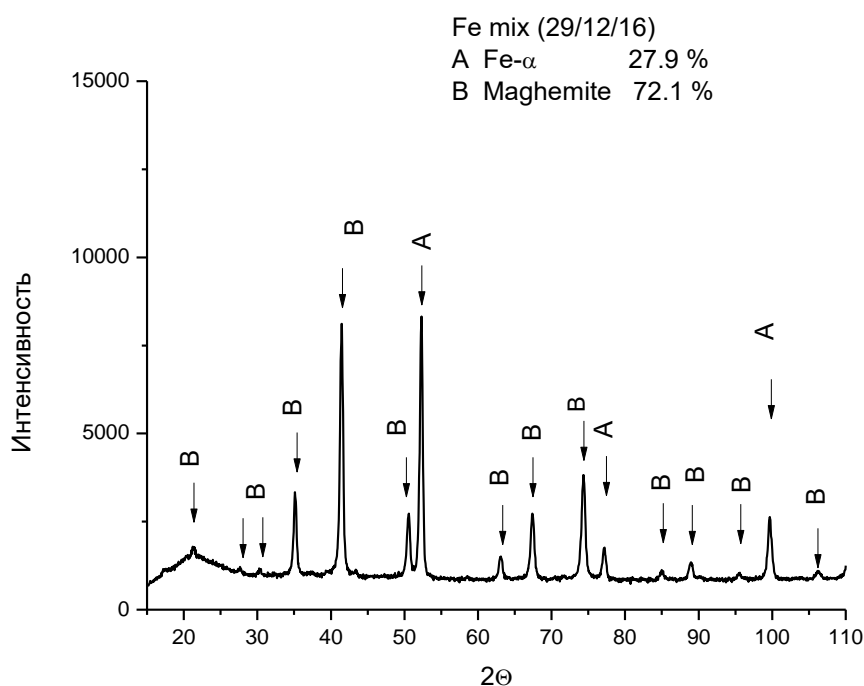


Рисунок 5 – Дифрактограмма наноразмерных частиц железа

По данным РФА наноразмерный порошок железа содержит металлическую кристаллическую фазу железа ($\text{Fe}\alpha$ - 27.9 %), остальное принадлежит металлической кристаллической фазе оксида железа – $\gamma \text{Fe}_2\text{O}_3$ (маггемит).

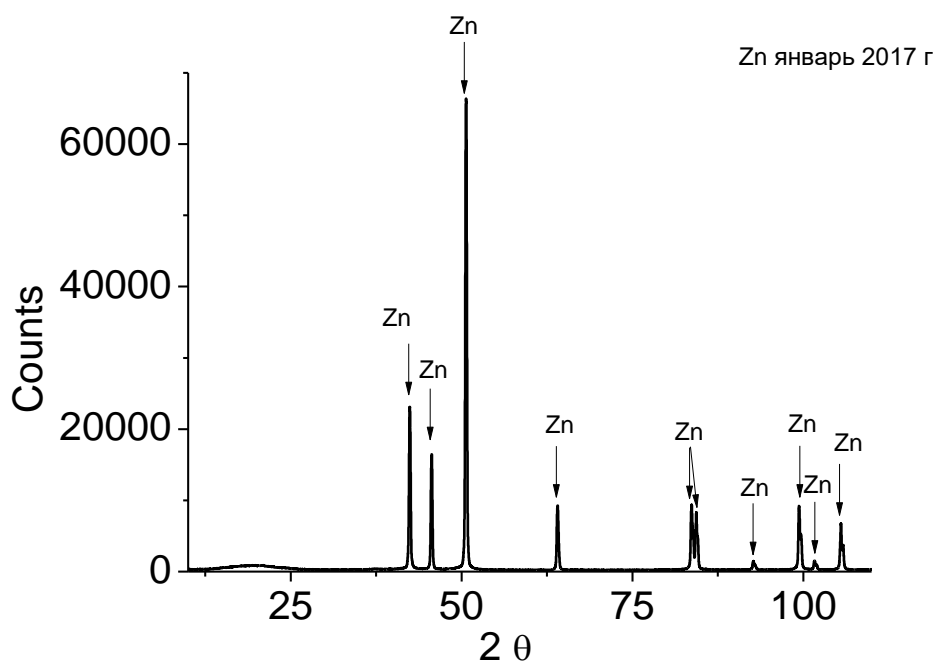


Рисунок 6 – Дифрактограмма наноразмерных частиц цинка

По данным РФА наноразмерный порошок цинка содержит металлическую кристаллическую фазу цинка. Оксидных фаз методом рентгенофазового анализа не обнаружено. Однако оксидные фазы могут быть рентгеноаморфны.

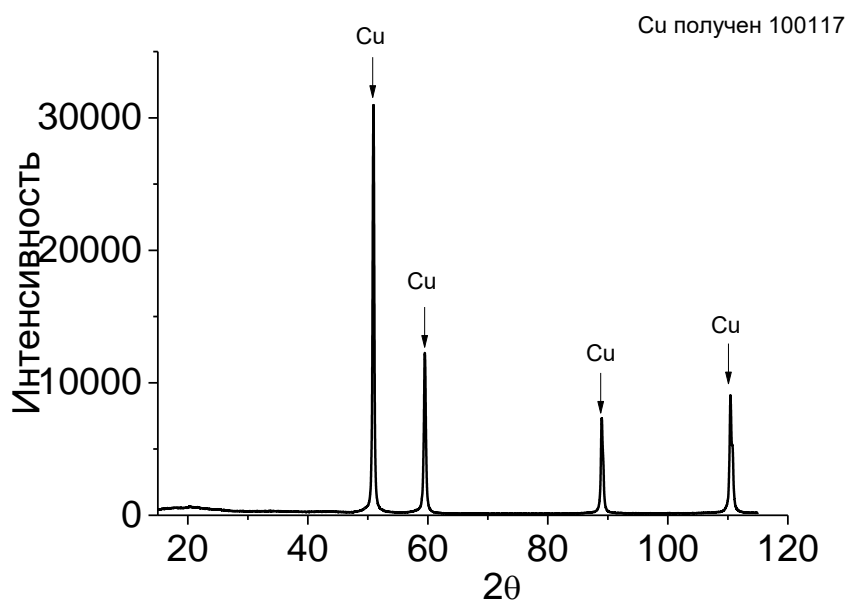


Рисунок 7 – Дифрактограмма наноразмерных частиц меди

По данным РФА наноразмерный порошок меди содержит металлическую кристаллическую фазу меди. Оксидных фаз методом рентгенофазового анализа не обнаружено. Однако оксидные фазы могут быть рентгеноаморфны.

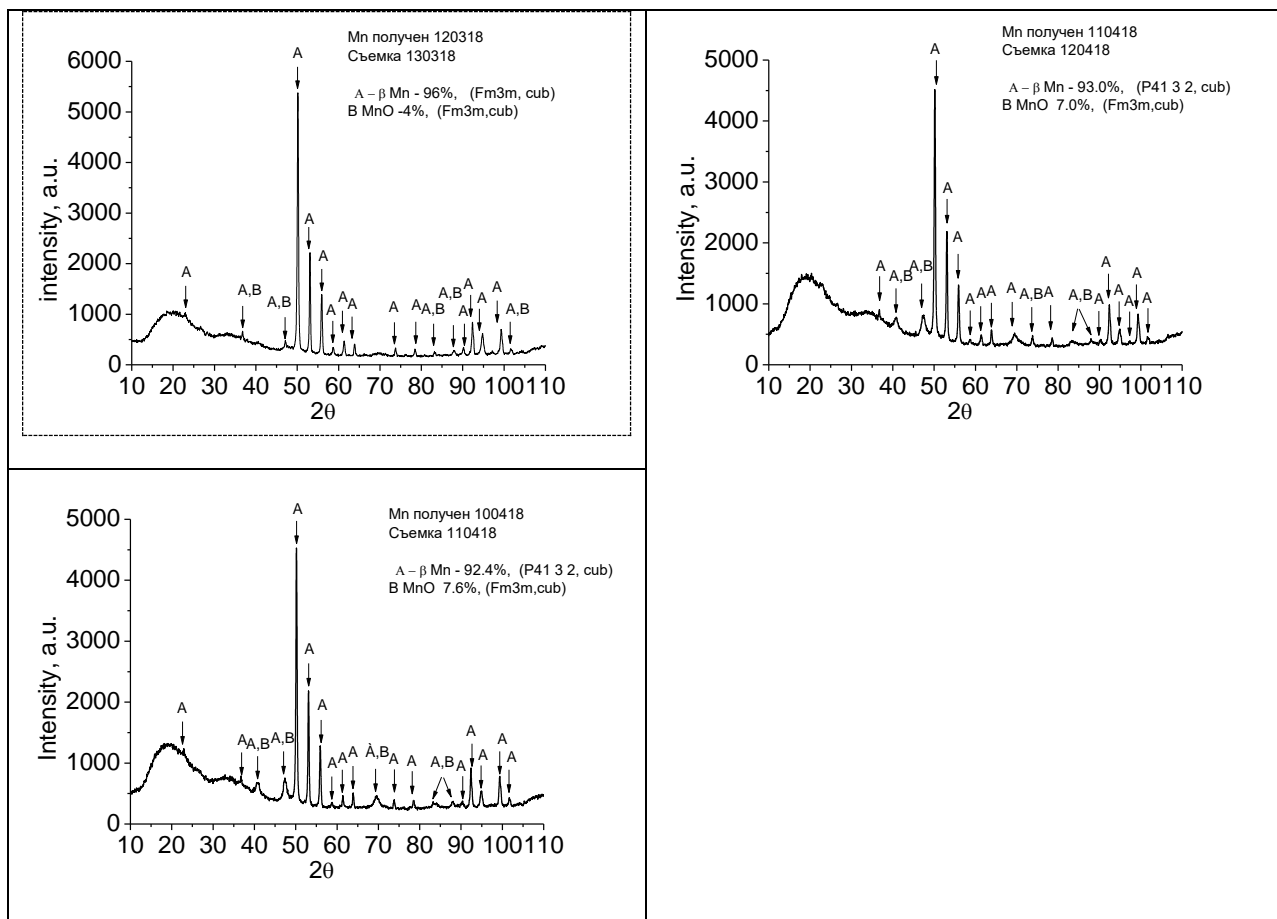


Рисунок 8 – Дифрактограмма наноразмерных частиц марганца

По данным РФА металлическая кристаллическая фаза Mn составляет от 92 % до 96 %. Остальное относится к оксидной фазе MnO.

В таблице 2 представлены физико-химические характеристики НЧ металлов, которые были использованы в предпосевной обработке семян.

Таблица 2 - Физико-химические характеристики наночастиц железа, цинка, меди и марганца

НЧ металла	Размер частиц, $\langle D \rangle$, нм	Фазовый состав НЧ, массовая доля, %
Fe	$\langle D \rangle$ - 56	Fe α -27,9 γ Fe ₂ O ₃ -72,1
Cu	$\langle D \rangle$ - 65	Cu-100
Zn	$\langle D \rangle$ - 104	Zn-100
Mn	$\langle D \rangle$ - 25	Mn - от 92 до 96 MnO – от 4 до 8

НЧ металлов представляют собой монокристаллические структуры круглой правильной формы, покрытые полупрозрачной оксидной пленкой. Кривая распределения НЧ железа по размеру лежит в области от 5 до 150 нм. Средний диаметр частиц железа составляет (56.0 ± 0.9) нм. Кривая распределения НЧ цинка по размеру лежит в области от 0 до 800 нм. Средний диаметр полученных частиц цинка составляет $(104,0 \pm 3,7)$ нм. Кривая распределения НЧ меди по размеру лежит в области от 5 до 250 нм. Средний диаметр частиц меди составляет $(65,0 \pm 1.2)$ нм. Кривая распределения НЧ марганца лежит в области от 5 до 90 нм. Средний диаметр частиц марганца составляет 25 нм.

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют, что в НЧ железа кристаллическая металлическая фаза составляет 27,9 %, фаза железа оксида Fe₂O₃. НЧ цинка и меди практически не окислены. НЧ марганца содержат кристаллическую фазу от 92 % до 98 %, содержание марганца оксида составляет от 2 % до 6 %.

НЧ железа, цинка, меди и марганца, характеристики, которых представлены в таблице 2, обрабатывали семена озимой пшеницы, подбирая оптимальные концентрации, комбинации и соотношения НЧ металлов для прорастания, роста и развития растений.

3 Лабораторные испытания предпосевной обработки семян наночастицами металлов

Для проведения лабораторных испытаний предпосевной обработки семян приготовили раствор (А), содержащий:

- фунгицид (раствор пенконазола);
- Гумат калия;
- пленкообразователь, включающий раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) и раствор полиэтиленгликоля 400 (ПЭГ);
- хелатное соединение - динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (Na-ЭДТА);
- краситель Родамин 6G;

Раствор (Б) содержал: НЧ (Fe, Zn, Cu, Mn) в концентрации:

- железо 10^{-4} %;
- цинк 10^{-4} %;
- медь 10^{-8} %;
- марганец 10^{-6} %.

Приготовленные растворы (А) и (Б) соединяли перед обработкой семян в следующем соотношении: 2 части раствора (А) и 1 часть раствора (Б).

3.1 Подготовка суспензий наночастиц металлов, обработка и проращивание семян

НЧ металлов определенной навески были диспергированы в воде на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (производство Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц в течение 30 с, перерыв 30 с. (в 3-х кратной повторности) при охлаждении диспергируемой смеси льдом.

Полученную суспензию НЧ металлов в воде добавляли к 10 мл раствора (А). Объединенный раствор диспергировали повторно на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (производство Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц в те-

чение 30 с, перерыв 30 с. (повтор 3 раза) при охлаждении диспергированной смеси льдом.

Полученным раствором обрабатывали семена пшеницы (из расчета 1 мл раствора на 10 г семян) и перемешивали, добиваясь равномерного окрашивания семян (рисунок 9). Контрольную группу семян обрабатывали раствором (А) без добавления НЧ.

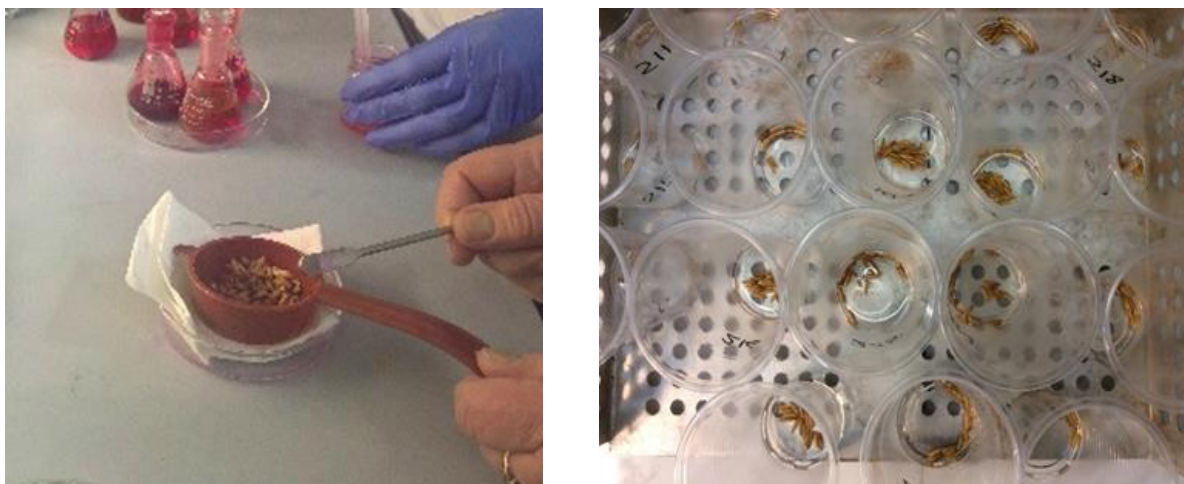


Рисунок 9 - Предпосевная обработка семян при лабораторных исследованиях

Для проращивания семян пшеницы использовали рулонный способ по ГОСТ 12038 [42]. Для этого фильтровальную бумагу размером 10×100 см (± 2 см) кипятили в течение 30 мин, охлаждали и давали стечь избытку воды.

На слой увлажненной бумаги раскладывали 50 шт. семян пшеницы по линии, проведенной на расстоянии от 2 до 3 см от верхнего края листа без ориентации зародыша. Сверху семена накрывали полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно свертывали в рулон и помещали в вертикальном положении в сосуды для проращивания семян в рулонах (рисунок 10).



а)



б)

Рисунок 10 – Рулон с семенами (а) и сеянцами пшеницы (б))

Для проращивания семян использовали стерильные стаканы высотой до 15 см, на треть заполненные водой. Сосуды с рулонами помещали в климатическую камеру с вентиляцией без освещения, в которой поддерживалась температура $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 11).



Рисунок 11 - Климатическая камера и проростки пшеницы на седьмые сутки проращивания

Энергию прорастания определяли на третьи сутки. К числу нормально проросших семян, согласно ГОСТ 12038 [42], относили семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины coleoptilia. Длину ростка учитывали по той его части, которая вышла за пределы чешуй. При учете энергии прорастания подсчитывали только нормально проросшие и удаляли явно загнившие семена.

Всхожесть определяли на седьмые сутки. При учете всхожести отдельно подсчитывали нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. К числу нормально проросших семян относили семена, имеющие:

- хорошо развитые корни (или главный зародышевый корень), имеющие здоровый вид;
- хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой;
- первичные листочки, занимающие не менее половины длины колемоптиля.

Рассчитывали среднее значение – \bar{X} , среднееквадратичное отклонение от среднего (SD), стандартную ошибку среднего (SE). Для оценки достоверности различий между средними двух групп проводили по критерию Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0.05$.

3.2 Результаты лабораторных испытаний

Полученные результаты по влиянию НЧ металлов на энергию всхожести и прорастания, зеленую и корневую массу растения представлены в виде диаграммы на рисунке 12.

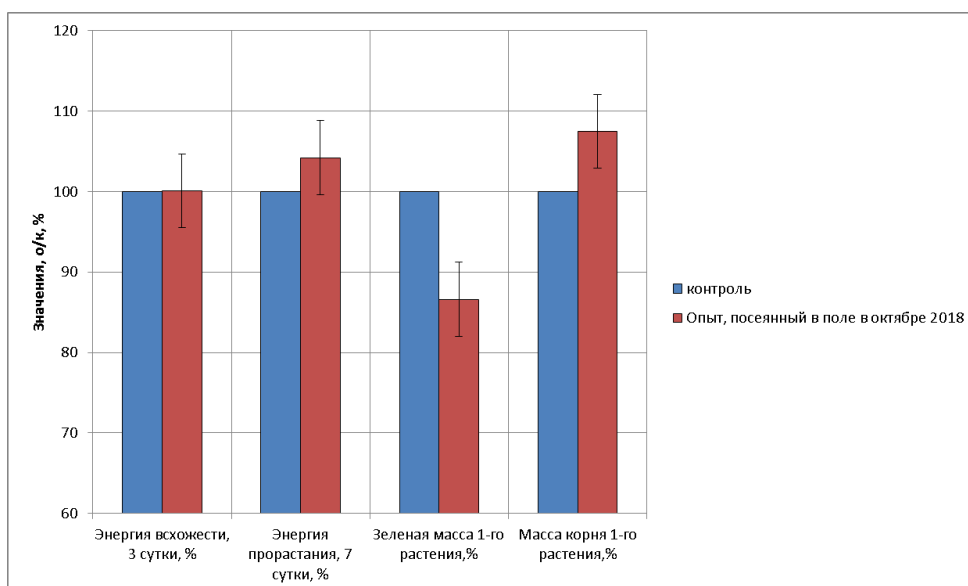


Рисунок 12 - Влияние нанопрепарата на рост и развитие пшеницы

Введение НЧ железа, цинка, меди и марганца в раствор для предпосев-ной обработки семян пшеницы положительно повлияло на энергию прорас-тания семян и развитию корневой массы растений пшеницы. Так, предпосев-ная обработка семян НЧ металлов (в концентрациях Fe от 4 % до 10 %, Zn от 4 % до 10 %, Cu от 8 % до 10 % и Mn от 6 % до 10 %) в сравнении с показате-лями контрольной группой способствует увеличению энергии прорастания семян на 4,2 % и увеличению корневой массы растений на 7,5 %, однако, снижает зеленую массу растений пшеницы.

Эти концентрации и соотношения НЧ металлов были использованы для предпосевной обработки семян озимой пшеницы сорта «Алексеич» РС1 для посева в производственных условиях Краснодарского края на полях валида-ционного полигона КубНИИТиМ.

4 Разработка нанопрепарата для листовой подкормки посевов озимой пшеницы по фазам роста и развития растений

По результатам прошлого года исследований (2018 г.) использованный в опыте нанопрепарат для обработки семян перед посевом в сравнении с применяемым в хозяйстве составом для обработки семян показал отрицательный результат (- 0,5 ц/га) [27]. Предположительно причиной стало ослабление действия нанопрепарата из-за отличия в особенностях роста и развития растений озимой пшеницы, с более продолжительным периодом вегетации от 180 до 200 дней с учетом зимнего покоя. Поэтому появилась необходимость использовать его и в последующих листовых подкормках в критические фазы вегетации.

Учитывая потребность растений озимой пшеницы в интенсивном питании в фазы выхода в трубку и флаговый лист, а так же агрохимический анализ почв хозяйства КубНИИТиМ, был разработан экспериментальный нанопрепарат для листовых подкормок, состав, которого представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальный состав нанопрепарата для листовых подкормок по фазам роста и развития растений озимой пшеницы

Фазы роста и развития растения	Составляющие нанопрепарата	Содержание, %
Выход в трубку	Витанолл	0.05
	Na-ЭДТА	0.00075
	НЧ Mg	1×10^{-6}
	АгроВерм	1.0
Флаговый лист	Витанолл	0.05
	Na-ЭДТА	0.00075
	НЧ Mg	1×10^{-8}
	АгроВерм	1.0

В качестве источника интенсивного питания использован биопрепарат АгроВерм, который показал положительное влияние на рост и урожайность озимой пшеницы по результатам предыдущих исследований [27]. Биопрепарат содержит: основные элементы питания (азот, фосфор и калий) до 11,2 %, комплекс гуминовых и фульвовых кислот около 12 г/л, органическое вещество до 40 % и различные микроэлементы (в количестве 20 шт).

В качестве комплексообразователя - Na-ЭДТА – натриевая соль этилендиаминатетрауксусной кислоты.

В состав препарата входит Витанолл, который совмещает в себе свойства смачивателя, адъюванта, прилипателя и ПАВа. Представляет собой сто-процентный полиалкиленоксид силоксана модифицированный полиэфиром.

В экспериментальный препарат введены НЧ магния, т.к. магний нормализует белково-углеводный обмен, помогает насыщению клеток растения кислородом, что отражается на общем состоянии озимой пшеницы. Особенно эффективно усвоение магниевых подкормок при внесении внекорневым способом. Элемент легче усваивается, чем калий и фосфор, при этом помогает перемещению последнего [43].

5 Методика полевого опыта

Исследования по разработке конкурентоспособных технологий возделывания озимой пшеницы в производственных посевах с применением биологических и нанопрепаратов проводились на полях валидационного полигона сотрудниками КубНИИТиМ.

В рамках расширения исследований по данной теме было решено провести параллельно опыта по оценке эффективности применения в производственных посевах озимой пшеницы следующих перспективных препаратов нового поколения:

- жидкого гуминового биоудобрения «АгроВерм» (ООО «БиоЭра-Пенза»), изготовленного на основе Вермикомпоста (приложение Б),
- удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур» (ООО «БраС») - полимерно-хелатный комплекс микроэлементов на основе высокомолекулярного ПАВ (приложение В).

Научно-исследовательская работа проводилась в соответствии с методикой полевого опыта в хозяйственных посевах озимой пшеницы (приложение Г), разработанной совместно с представителями вышеуказанных организаций и с учетом их рекомендаций по срокам и дозам применения используемых в опыте препаратов.

Для чистоты опыта опытные делянки заложены на одном поле по предшественнику подсолнечник, все технологические операции были идентичны и соответствовали общепринятой в хозяйстве схеме возделывания озимой пшеницы.

5.1 Технология предпосевной обработки семян

Предпосевную обработку семян опытными препаратами проводили непосредственно перед посевом опытных участков в складском помещении.

Варианты предпосевных баковых смесей составлены из следующих компонентов (таблица 4):

Таблица 4 – Состав препаратов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы «Алексеич» в 2018 г.

Составляющие баковой смеси	Вариант			
	№ 1 (контроль)	№ 2 (нано препарат)	№ 3 (Аквадон- Микро)	№ 4 (АгроВерм)
Базовый раствор, в том числе:				
- вода (10 л/т);				
- фунгицидный протравитель Бенефис (0,8 л/т);	+	+	+	+
- торфяной стимулятор роста Гумат Калия (0,5 л/т).				(без Гумат Калия)
Нанопрепарат, в том числе:				
- НЧ железа (10^{-4} %);				
- НЧ цинка (10^{-4} %);				
- НЧ меди (10^{-8} %);				
- НЧ марганца (10^{-6} %);		+		
- КМЦ (0,5 %);				
- ПЭГ-400 (1,25 %);				
- Na-ЭДТА ($3,87 \times 10^{-3}$ %).				
Аквадон Микро (1 л/т)			+	
АгроВерм (1 л/т)				+

Таким образом, предпосевная обработка семян проводилась по четырем вариантам состава баковой смеси:

Вариант № 1 (контроль) – базовый раствор: (на 10 л воды 0,8 л фунгицидного протравителя Бенефис и 0,5 л торфяного стимулятора роста Гумат Калия);

Вариант № 2 (нанопрепарат) – базовый раствор + нанопрепарат, в состав которого входит:

- суспензия НЧ металлов (в концентрации: железо 10^{-4} %, цинк 10^{-4} %, медь 10^{-8} % и марганец 10^{-6} %);

- КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза) производная целлюлозы, в концентрации 0,5 %;

- смесь эфиров полиэтиленгликоля со стеариновой кислотой ПЭГ- 400 – 1,25 %;

- этилендиаминтетрауксусная кислота Na-ЭДТА – $3,87 \times 10^{-3}$ %;

Вариант № 3 (Аквадон-Микро) – базовый раствор + удобрение «Аквадон Микро для зерновых культур» в норме 1 л/т семян;

Вариант № 4 (АгроВерм) – базовый раствор + биопрепарат «Агро-Верм» в норме 1 л/т семян.

В результате обработано для посева опытных участков 3,7 т семян озимой пшеницы для контрольного варианта № 1, для варианта № 2 (нанопрепарат) – 3,8 т, для варианта № 3 (Аквадон-Микро) – 3,2 т, а для варианта № 4 (АгроВерм) – 3,46 т (рисунок 13).



Рисунок 13 - Заправка протравителя и обработка семян озимой пшеницы препаратами

Сорт озимой мягкой пшеницы «Алексеич» (Краснодарский НИИСХ) (приложение Д) был выбран из сортов, рекомендуемых для использования в Северо-Кавказском регионе России. Сорт передан в Государственное сортоиспытание в 2014 году. Полукарликовый, высота растений 81 см, высоко-

устойчив к полеганию. Среднеспелый, колосится и созревает на 1 день раньше стандартного сорта «Краснодарская 99». Потенциал продуктивности высокий – 120 ц/га. Имеет устойчивое преимущество по урожайности над стандартом по всем предшественникам. В конкурсном сортоиспытании СКСХОС за 2012-2015 гг. наибольшую урожайность показал по предшественнику горчица белая – 113,4 ц/га, превысив сорт «Гром» на 10,2 ц, а стандартный сорт «Память» 16,4 ц. По предшественнику подсолнечник урожайность составила 101,0 ц/га, превысив «Гром» на 3,7 ц, «Память» на 10,7 ц. Формирует агрофитоценозы с высокой плотностью колосостоя, продуктивность колоса средняя, масса 1000 зерен от 38 до 41 г. Характеризуется высокими хлебопекарными качествами зерна. Устойчив к бурой, желтой и стеблевой ржавчинам и мучнистой росе, среднеустойчив к септориозу и вирусам, средневосприимчив к фузариозу колоса. Морозостойкость выше средней, к воздушной и почвенной засухе устойчив.

5.2 Посев озимой пшеницы по вариантам опыта

Посев озимой пшеницы сорта «Алексеич» РС1 проводили на поле 3/1 (предшественник подсолнечник, площадь 72 га) по схеме, представленной в приложении Е.

Посев обработанными семенами провели в оптимальный для Центральной агроклиматической зоны срок (1-ая декада октября) с одновременным внесением в засеваемые рядки гранулированного минерального удобрения аммофос (с установочной нормой высева 50 кг/га) и с установочной нормой высева семян 240 кг/га (рисунок 14), агрегатом Т-150 + 2СЗ-5,4.

Климатические данные посевного периода характеризовались ясной и теплой погодой: дневная температура воздуха в дни посева составляла в среднем +19,2°С, ночная – до + 10,4°С, давление – 751 мм рт. ст., влажность до 12 %, преобладающий ветер юго-восточный до 2 м/с.

После прохода сеялки на опытных вариантах проведено прикатывание посевов агрегатом МТЗ-82 + ККШ-6 (рисунок 15).



Рисунок 14 – Посев озимой пшеницы по вариантам опыта



Рисунок 15 – Послепосевное прикатывание почвы

Погодные условия начального периода роста и развития растений озимой пшеницы характеризовались теплой бесснежной осенью и зимой (приложение Ж). В зиму растения ушли хорошо раскустившимися.

В целях сокращения активного размножения и расселения мышевидных грызунов в осенне-зимний период проведены две профилактические обработки опытных посевов. Для приготовления отравленной приманки использовали пищевую основу (смесь зерна пшеницы, подсолнечника и кукурузы), антикоагулянт крови кумулятивного действия «Изоцин» с нормой расхода 20 мл/кг зерна, а для усиления аромата смеси для привлечения грызунов добавляли растительное масло – 10 мл/кг зерносмеси.

6 Основные этапы полевого опыта

6.1 Агротехнические мероприятия вариантов полевого опыта

Согласно разработанной совместно со специалистами сторонних фирм методики полевого опыта на проведение НИР (приложение Г) технологические операции на опытном поле проводились согласно применяемой в хозяйстве производственной технологии возделывания озимой пшеницы.

Научная работа заключалась в проведении исследований четырех технологии возделывания озимой пшеницы:

- общепринятая в хозяйстве (контроль);
- с включением обработок нанопрепаратом;
- технология, с включением обработок удобрением «Аквадон-Микро для зерновых культур»;
- с включением обработок биопрепаратом «АгроВерм».

Каждая технология включала два варианта использования исследуемых препаратов:

- только в предпосевной обработке семян;
- в предпосевной обработке семян и с дальнейшим включением двух листовых подкормок посевов в фазу кущения и перед цветением.

Схема опыта в экспериментальных посевах озимой пшеницы представлена в приложении Е, варианты опыта следующие:

Вариант № 1 (контроль) - контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (Бенефис, 0,8 л/т + Гумат Калия, 0,5 л/т) и хозяйственными обработками посевов, включающие две ранневесенние азотные подкормки аммиачной селитрой (100 и 150 кг/га соответственно) и одна концентрированным минеральным удобрением мочевиной (Карбамид, марка Б, 20 кг/га), химические обработки:

- в фазу кущения (05.04.2019): гербицид против широкого спектра двудольных сорняков Ланселот 450, ВДГ (33 г/га), системный фунгицид от ши-

рокого спектра болезней ЗИМ 500 (0,6 л/га) и жидкое торфяное удобрение Гумат калия (0,5 л/га);

- перед началом цветения (16.05.2019): баковой смесью системного фунгицида Триада (0,6 л/га), контактно-кишечного инсектицида Кинфос (кэ) в норме 0,2 л/га, жидкого торфяного удобрения Гумат Калия (0,5 л/га) и концентрированного минерального удобрения мочевины (Карбамид, марка Б, 20 кг/га).

Вариант № 2 (нанопрепарат) содержал следующие вариации исследуемой технологии:

вариант № 2-1 - посев с добавлением нанопрепарата в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + нанопрепарат) и последующими хозяйственными обработками посевов;

вариант № 2-2 - посев с добавлением нанопрепарата в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + нанопрепарат) и двух листовых подкормок в фазу кущения и перед цветением с добавлением нанопрепарата.

Вариант № 3 (Аквадон-Микро) содержал следующие вариации исследуемой технологии:

вариант 3-1 – посев с добавлением удобрения Аквадон-Микро в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + удобрение) и последующими хозяйственными обработками посевов;

вариант 3-2 – посев с добавлением удобрения Аквадон-Микро в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + удобрение) и двух листовых подкормок в фазу кущения и перед цветением с добавлением удобрения «Авадон - Микро» (в норме 1,0 л/га каждая).

Вариант № 4 (АгроВерм) содержал следующие вариации исследуемой технологии:

вариант № 4-1 - посев с добавлением биопрепарата АгроВерм в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + биопрепарат) и последующими хозяйственными обработками посевов;

вариант № 4-2- посев с добавлением биопрепарата АгроВерм в хозяйственную предпосевную обработку семян (контроль + биопрепарат) и двух листовых подкормок в фазу кущения и перед цветением с добавлением (вместо Гумат Калия) биопрепарата АгроВерм (в норме 2,0 л/га каждая).

Весенние азотные подкормки посевов озимой пшеницы проводили разбрасывателем минеральных удобрений Vogballe M2 base (рисунки 16.17).



Рисунок 16 – Заправка разбрасывателя минеральных удобрений Vogballe M2 base на краю поля



Рисунок 17 – Технологическая операция по разбрасыванию минеральных удобрений

Опрыскивание опытных вариантов в фазу кущения и перед началом цветения проводили агрегатом МТЗ-82 + ОПГ-3000 (рисунки 18, 19) с расходом рабочей жидкости 200 л/га по схеме полевого опыта, представленной в приложении Е.



Рисунок 18 – Общий вид опрыскивателя ОПГ-3000 в агрегате с трактором МТЗ-82 в период обработки посевов озимой пшеницы по вариантам опыта в фазу кущения



Рисунок 19 – Общий вид опрыскивателя ОПГ-3000 в агрегате с трактором МТЗ-82 в период обработки посевов озимой пшеницы по вариантам опыта в фазу начала цветения

6.2 Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений озимой пшеницы в вариантах опыта

Фенологические наблюдения проводились в течение всего вегетационного периода роста и развития растений озимой пшеницы.

В таблице 5 представлены сравнительные характеристики растений с четырех вариантов опыта.

Таблица 5 – Характеристика растений по вариантам опыта

Наименование показателя	Дата	Вариант опыта			
		№ 1 (контроль)	№ 2 (нано препарат)	№ 3 (Аквадон-Микро)	№ 4 (Агро-Верм)
Длина корня, см	21.03.19	8,0	7,1	8,6	9,7
	25.04.19	9,6	9,6	9,4	10,8
Длина растений, см	21.03.19	18,2	20,1	24,8	23,7
	25.04.19	52,2	47,6	57,8	50,9
Число стеблей, шт	21.03.19	3,0	3,2	3,4	3,0
	25.04.19	3	3,6	5,2	3,1
Толщина главного стебля, см	25.04.19	0,35	0,3	0,36	0,35

Ранневесенний мониторинг посевов (рисунок 20) выявил положительную динамику роста биометрических параметров растений, обработанных перед посевом удобрением Аквадон-Микро (вариант № 3) и биопрепаратом АгроВерм (вариант № 4). Так, в фазу весеннего отрастания длина растений в варианте № 3 (Аквадон-Микро) выше контрольного варианта № 1 на 5,6 см, число образовавшихся стеблей на 2,2 шт больше при толщине главного стебля 0,36 см. Корневая система у растений в варианте № 4 (АгроВерм) длиннее контрольного варианта на 1,2 см,



Рисунок 20 – Выкопка растений озимой пшеницы в фазу весеннего отрастания для определения показателей биометрических параметров

По визуальному осмотру растения с исследуемых вариантов в сравнении с контрольными образцами практически не отличались. Наилучший результат на 25.04.2019 г. по биометрическим показателям получен в варианте № 3 с обработкой семян и посевов удобрениями Аквадон-Микро.

6.3 Погодные условия

Зимний период был относительно теплый (приложение Ж). Среднесуточная температура воздуха с декабря по февраль составила $+2^{\circ}\text{C}$, минимальная в январе – $+1,4^{\circ}\text{C}$, и только в отдельные дни февраля – -7°C . Общее количество осадков за зимний период составило 43,9 мм. Почва на глубине до 5 см не промерзала и не вымокала, поэтому гибели растений не наблюдалось.

Весенняя вегетация озимых культур началась рано, уже в третьей декаде марта среднесуточная температура воздуха поднялась выше $+10^{\circ}\text{C}$.

В таблице 6 представлены среднегодовые (с 2014 по 2018 г.) и средние показатели (2019 г.) последних периодов вегетации растений озимой пшеницы (март – июнь).

Таблица 6 - Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы в 2019 году в сравнении со среднегодовыми показателями по Новокубанскому району Краснодарского края

Наименование показателя	Значение показателя по месяцам вегетации озимой пшеницы							
	Март		Апрель		Май		Июнь	
	Сред	2019	Сред	2019	Сред.	2019	Сред.	2019
Максимальная дневная температура, °С	+22,2	+20.5	+27,2	+25.8	+30,0	+32.7	+33,5	+34.9
Минимальная дневная температура, °С	-3,3	-3.5	-1,8	+0.8	+6,5	+7.5	+13,1	+15.1
Средняя дневная температура, °С	+7,8	+6.8	+13,5	+13.2	+19,2	+20.7	+23,6	+27
Максимальная ночная температура, °С	+13,4	+11.4	+19,9	+18.8	+22,7	+25.4	+26,7	+28.8
Минимальная ночная температура, °С	-3,5	-3.1	+1,3	+2.9	6,4	+7.2	+11,0	+12.7
Средняя ночная температура, °С	+4,9	+3.9	+9,1	+9.2	+14,5	+15.7	+17,1	+21.1
Средняя суточная температура, °С	6,4	5,4	11,3	11,2	16,9	18,2	20,4	24,1
Количество осадков, мм	25,9	35.6	23,5	25.1	71,2	61.4	42,7	24.4

По результатам сравнительной оценки среднегодовых показателей со средними показателями 2019 г. выявились отклонения:

- сумма выпавших за этот период осадков составило 146,5 мм, что на 16,8 мм (10,3 %) меньше среднегодового показателя (163,3 мм);
- в период налива зерна (июнь) выпало 24,4 мм осадков, что на 18,3 мм (42,9 %) меньше среднегодового показателя (42,7 мм);
- среднесуточная температура воздуха в начале весенней вегетации (март) составила + 5,4 °С, что на 1,0 °С ниже среднегодового показателя (+ 6,4 °С);
- среднесуточная температура воздуха в период налива зерна (июнь) составила + 21,1 °С, что на 3,7 °С выше среднегодового показателя (+ 20,4 °С).

7 Результаты предуборочного мониторинга посевов озимой пшеницы

Согласно разработанной методике для сравнительной оценки вариантов опыта за неделю до уборки (28.06.2019 г.) провели предуборочный мониторинг (рисунок 21). Для этого на учетных площадях заложили рамки размером 50×50 см, в границах которых выкопали все растения и провели полный разбор, подсчет и обмер растений (в трехкратной повторности по каждому варианту опыта).



Рисунок 21 – Вид посевов в период предуборочного мониторинга

Результаты предуборочного обследования посевов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты предуборочного обследования посевов в фазу полной спелости зерна по вариантам опыта (28.06.2019 г.)

47

Вариант опыта	Длина растения, см	Толщина стебля, мм	Число стеблей (колосьев) на 0,25 м ² , шт, из них:						Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт
			всего	продуктивных		непродуктивных		больных		
				шт	%	шт	%			
Вариант № 1 (контроль)	78,5	3,8	162	158	97,5	4	2,5	-	8,9	23,8
Вариант № 2-1 (нанопрепарат)	75,1	3,5	151	149	98,7	2	1,3	-	8,7	25,9
Вариант № 2-2 (нанопрепарат)	75,9	3,5	134	131	97,8	3	2,2	-	8,9	26,7
Вариант № 3-1 (Аквадон-Микро)	79,4	3,7	154	151	98,1	3	1,9	-	8,8	27,3
Вариант № 3-2 (Аквадон-Микро)	78,2	3,2	161	158	98,1	3	1,9	-	8,8	26,6
Вариант № 4-1 (АгроВерм)	76,8	4	158	157	99,4	1	0,6	-	8	27,4
Вариант № 4-2 (АгроВерм)	76,1	4,2	154	152	98,7	2	1,3	-	7,9	28,3

В результате предуборочного мониторинга посевов по вариантам опыта (28.06.2019 г.) в сравнении с контрольным вариантом проявились следующие различия в биометрических параметрах:

- длина растений со всех исследуемых вариантов меньше средней длины растений с контрольного варианта, кроме растений в варианте № 3-1 (обработка семян с добавлением удобрения Аквадон-Микро + две листовые хозяйственные подкормки), превышение соответствовало 0,9 см, в остальных вариантах разница длины составила от 0,3 до 3,4 см менее длины контрольного варианта № 1;

- наибольшее превышение средней толщины стебля у основания растений в сравнении с контрольным показателем наблюдалось в вариантах № 4-1 и № 4-2 (с применением биопрепарата АгроВерм в различных вариациях) соответственно на 0,2 и 0,4 мм или на 5,3 % и 10,5 %;

- средняя длина колоса у растений во всех изучаемых вариантах незначительно отличалась от контрольного значения уменьшенными размерами, наибольшее отклонение наблюдалось в вариантах № 4-1 и № 4-2 (с применением биопрепарата АгроВерм в различных вариациях) соответственно на 0,9 и 1 см или на 10,1 % и 11,2 %;

- наименьшая озерненность колоса наблюдалась в контрольном варианте № 1 и составила 23,8 зерен в колосе, в остальных вариантах значения увеличены от 25,9 до 28,3 шт., что на 8,8 % и 18,9 % больше, наилучший показатель 28,3 шт. зерен представлен в варианте № 4-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия).

По результатам разбора и подсчета снопового материала (вырезки растений с площади 0,25 м²) определены следующие сравнительные показатели:

- количественная доля содержания продуктивных стеблей во всех опытных вариантах выше контрольного показателя от 0,3 % до 1,9 %. Наименьший – 97,5 % в контрольном варианте № 1, а наибольший – 99,4 %

получен в варианте № 4-1 (обработка семян с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия + две листовые хозяйственные подкормки);

- соответственно и наименьшее число непродуктивных стеблей (0,6 %) также выявлено в варианте № 4-1 – разница по сравнению с контрольным показателем (2,5 %) составила 1,9 %;

- больных колосьев в сноповом материале исследуемых вариантов не обнаружено.

По итогам оценки каждого из исследуемых препаратов в сравнении с контрольным вариантом на момент начала уборочных работ получены следующие выводы:

а) применение нанопрепарата в вариациях оказало положительное влияние на следующие показатели:

- в *варианте № 2-1* (обработка семян нанопрепаратом + две листовые хозяйственные подкормки) улучшились биометрические параметры растений (только по числу зерен в колосе – в среднем на 2,1 шт. или 8,8 % больше) и показатель по числу продуктивных стеблей увеличился на 1,2 %;

- в *варианте № 2-2* (обработка семян + две листовые подкормки нанопрепаратом) так же улучшились биометрические параметры растений (только по числу зерен в колосе – в среднем на 2,9 зерна или 12,2 % больше) и показатель по числу продуктивных стеблей увеличился на 0,3 %;

б) использование удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур» в вариациях положительно повлияло на следующие показатели:

- в *варианте 3-1* (обработка семян с добавлением удобрения Аквадон-Микро + две листовые хозяйственные подкормки) увеличилась длина растений на 0,9 см, а число зерен в колосе – на 3,5 шт. или 14,7 %, показатель по числу продуктивных стеблей увеличился на 0,6 %;

- в *варианте № 3-2* (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением удобрения Аквадон-Микро) так же улучшились биометрические параметры растений (только по числу зерен в колосе – в среднем на 2,8 зерна

или 11,8 % больше) и показатель по числу продуктивных стеблей увеличился на 0,6 %;

в) применение в вариациях биоудобрения «АгроВерм» (вместо «Гумат калия») оказало влияние

- в *варианте 4-1* (обработка семян с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия + две листовые хозяйственные подкормки) на толщину стебля у основания растений (увеличение на 0,2 мм или 5,3 %) и число зерен в колосе (увеличение на 3,6 шт. или 15,1 %), показатель по числу продуктивных стеблей увеличился на 1,9 %;

- в *варианте № 4-2* (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия) так же на толщину стебля у основания растений на 0,4 мм или 10,5 % и на число зерен в колосе – на 4,5 шт. или 18,9 %), а по показателю числу продуктивных стеблей увеличение составило 1,2 %.

8 Оценка урожайности и качества зерна с опытных участков

Оценку урожайности и качества зерна по вариантам опыта проводили при прямом комбайнировании в один день – 28.06.2019 г (рисунок 22). Фактическую урожайность по вариантам опыта определяли по количеству собранного зерна с учетной делянки, убранной одним и тем же комбайном, в соответствии с ГОСТ 28301 [44].



Рисунок 22 – Общий вид зерноуборочного комбайна на уборке опытных участков

Перед началом уборочных работ провели оценку хлебостоя каждого варианта в соответствии с ГОСТ 28301 [44].

Климатические условия в день уборки контрольных делянок были типичными для центральной зоны Краснодарского края: температура воздуха колебалась от 27,3°C до 29,6°C, влажность воздуха – от 42 % до 57 %, преобладающий ветер западный (до 4 м/с). Влажность почвы в слое от 0 до 10 см составила 18,45 %, твердость – 1,25 МПа.

При выгрузке комбайном намолоченной массы отобрали средний образец от 2,0 до 2,5 кг для анализа бункерного зерна.

Значения основных показателей представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные показатели уборочных работ по вариантам опыта

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта						
	№ 1 контроль	№ 2 нанопрепарат		№ 3 Аквадон-Микро		№ 4 АгроВерм	
		2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2
Дата проведения	28.06.2019 г						
Убираемая культура	Озимая пшеница, сорт «Алексеич»						
Способ уборки	Прямое комбайнирование						
Урожайность, ц/га	71,77	71,26	71,41	69,87	70,28	69,38	70,00
Высота растения, см	81,21	83,9	84,9	81,7	81,8	78,2	79,7
Полеглость растений, %	7,0	7,4	5,6	5,7	6,9	7,8	7,3
Отношение массы зерна к мас- се соломы над фактической высотой среза	1:1,2	1:1,1	1:1,2	1:1,2	1:1,2	1:1,1	1:1,1
Влажность, %: - зерна	15,6	14,5	15,3	14,3	14,6	14,8	14,2
- соломы	34,5	27,5	25,7	30,0	19,9	20,1	17,8
Масса 1000 зерен, г	42,6	42,6	43,3	43,1	43,2	43,2	43,3
Массовая доля зерен, заражен- ных фузариозом, %	нет						

По итогам уборочных работ наибольшая фактическая урожайность зерна 71,77 ц/га получена в варианте № 1 (контроль).

Наименьший недобор по урожайности опытных вариантов в сравнении с контрольным показателем составил 0,36 и 0,51 ц/га или 0,5 % и 0,7 % в вариантах № 2-2 и № 2-1 с обработками нанопрепаратом соответственно.

В остальных вариантах № 3 (Аквадон-Микро) и № 4 (АгроВерм) недобор по урожайности составил от 1,49 до 2,39 ц/га или 2,1 % и 3,33 %.

Преимущество по показателю масса 1000 зерен в сравнении со значением контрольного варианта № 1 выявлено во всех вариантах (от 43,1 до 43,3 г), кроме варианта № 2-1 (нанопрепарат), показатель соответствует контрольному значению – 42,6 г.

Оценку качества полученного зерна проводили в специализированном сертифицированном учреждении (пункт приема зерна). В таблице 9 представлены основные показатели качества зерна по четырем вариантам опыта.

Таблица 9- Качество зерна озимой пшеницы сорта «Алексеич» по вариантам опыта в 2019 г

Номер поля	Вариант опыта	Наименование показателя			
		Массовая доля сырой клейковины, %	Массовая доля белка (протеина), %	Натура, г/л	Влажность зерна, %
3/1	Контроль	18,816	11,776	848	12,701
	Нанопрепарат 2-1	19,091	11,604	848	12,467
	Нанопрепарат 2-2	18,254	11,596	849	12,373
	Аквадон-Микро 3-1	18,492	11,078	847	12,097
	Аквадон-Микро 3-2	19,259	11,588	847	12,402
	АгроВерм 4-1	19,221	11,661	852	12,334
	АгроВерм 4-2	18,839	11,522	852	12,061

В соответствии с техническими требованиями по ГОСТ Р 52554 [45] зерно с четырех вариантов опыта по показателям качества относится к 4-му классу мягкой пшеницы.

Исходя из полученных данных таблицы, просматривается улучшение качества зерна по массовой доле сырой клейковины в вариантах № 2-1 (обработка семян нанопрепаратом + две листовые хозяйственные подкормки), № 3-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением удобрения Аквадон-Микро) и № 4-1 (обработка семян с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия + две листовые хозяйственные подкормки)

Значение показателя по массовой доле белка (протеина) по результатам анализа не превышено ни в одном из исследуемых вариантов контрольного значения – 11,776 %.

Насыпная плотность (натура) полученного зерна во всех вариантах, включая контроль, находится в пределах от 847 до 852 г/л, Наибольшее превышение в 5 г/л (с 848 г/л в контрольном варианте до 825 г/л) наблюдается в вариантах № 4-1 и № 4-2 с обработками в различных вариациях биопрепаратом АгроВерм.

По итогам оценки каждого из исследуемых вариантов в сравнении с контрольным при проведении уборочных работ получены наилучшие значения последующим показателям:

вариант № 2-1 (обработка семян нанопрепаратом + две листовые хозяйственные подкормки):

- качество зерна по массовой доле сырой клейковины больше на 1,46 %.

вариант № 2-2 (обработка семян + две листовые подкормки нанопрепаратом):

- полеглость растений уменьшилась на 1,4 % (с 7,0 % в контрольном варианте до 5,6 %);

- масса 1000 зерен увеличилась на 0,7 г или 1,6 % (с 42,6 г до 43,3 г).

вариант № 3-1 (обработка семян с добавлением удобрения Аквадон-Микро + две листовые хозяйственные подкормки):

- полеглость растений уменьшилась на 1,3 % (с 7,0 % в контрольном варианте до 5,7 %);

- масса 1000 зерен увеличилась на 0,5 г или 1,2 % (с 42,6 г до 43,1 г).

вариант № 3-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением удобрения Аквадон-Микро):

- масса 1000 зерен увеличилась на 0,6 г или 1,4 % (с 42,6 г до 43,2 г);

- качество зерна по массовой доле сырой клейковины больше на 1,44 %.

вариант № 4-1 (обработка семян с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия + две листовые хозяйственные подкормки):

- масса 1000 зерен увеличилась на 0,6 г или 1,4 % (с 42,6 г до 43,2 г);

- качество зерна по массовой доле сырой клейковины больше на 1,41 %;

- незначительно увеличился показатель природы зерна на 4 г или 0,5 % (с 848 г до 852 г).

вариант № 4-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия):

- масса 1000 зерен увеличилась на 0,7 г или 1,6 % (с 42,6 г до 43,3 г);

- незначительно увеличился показатель природы зерна на 4 г или 0,5 % (с 848 г до 852 г).

После уборки озимой пшеницы по всем вариантам опыта по ГОСТ 17.4.4.02 [39] был проведен отбор почвенных образцов для анализа на содержание химических элементов (мг/кг почвы). Каждый средний образец был составлен из 10 индивидуальных проб, отобранных буром с каждого из вариантов опыта прямым маршрутным способом на глубину пахотного слоя (до 30 см).

Результаты анализа почвенных проб представлены в приложении И.

В результате почвенного анализа после уборки озимой пшеницы по опытным участкам прослеживается динамика увеличения нитрификационной способности почвы ($N-NO_3$) с низкого состояния до среднего по сравнению с результатами до посева 2018 г. (приложение А) во всех вариантах, кроме варианта № 1 (контроль) и варианта № 4-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия). В данных вариантах состояние осталось неизменным – низкое. По остальным подвижным формам макро и микроэлементов содержание незначительно и (или) не изменилось, Реакция почв по всем вариантам опыта (рН) – близкая к нейтральной, а содержание тяжелых металлов не превышает ПДК. Так наличие свинца (Pb) в килограмме исследуемой почвы составляет от 0,17 до 0,31 мг/кг почвы (при ПДК не более 6,0 мг/кг почвы), а содержание кадмия (Cd) – от 0,023 до 0,034 мг/кг почвы (при ПДК не более 0,10 мг/кг почвы).

9 Опыт внедрения в производство результатов НИР

По положительным итогам предыдущих лет исследований технологий с применением биологических препаратов и микроэлементов, а так же в рамках внедрения в производство результатов опытов в 2018 году было заложено 272 га площади валидационного полигона КубНИИТиМ под посевы озимой пшеницы по предшественникам кукуруза на зерно и соя.

Варианты исследуемых технологий представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Описание технологий по вариантам производственного опыта

Номер поля	Площадь, га	Предшественник	Сорт озимой пшеницы	Вариант опыта	Описание варианта технологии
4/3	48	Кукуруза на зерно	«Таня» РС2	контроль	Общепринятая в хозяйстве технология*
				АгроВерм	Предпосевная обработка семян (1 л/т) и две листовые подкормки (2,0 л/га каждая) с добавлением биоудобрения АгроВерм вместо Гумат Калия
3/3	50	Кукуруза на зерно	«Таня» РС2	Контроль	Общепринятая в хозяйстве технология*
				Аквадон-Микро для зерновых культур	Предпосевная обработка семян (1 л/т) и две листовые подкормки с добавлением удобрения Аквадон-Микро (1,0 л/га каждая)
4/2	79	Соя	«Табор» РС2	контроль	Общепринятая в хозяйстве технология*
				АгроВерм	Предпосевная обработка семян (1 л/т) и две листовые подкормки (2,0 л/га каждая) с добавлением биоудобрения АгроВерм вместо Гумат Калия
10/2	95	Соя	«Дмитрий» РС1	Контроль	Общепринятая в хозяйстве технология*
				Аквадон-Микро для зерновых культур	Предпосевная обработка семян (1 л/т) с добавлением удобрения Аквадон-Микро с последующими хозяйственными обработками посевов
* Общепринятая в хозяйстве технология соответствует технологии Варианта № 1, описанная в разделе 5 «Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений озимой пшеницы в вариантах опыта»					

Все технологические операции и сроки их проведения соответствовали общепринятой в хозяйстве технологии возделывания озимой пшеницы. Сравнительная оценка показателей урожайности и качества полученного зерна представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Урожайность и качество зерна озимой пшеницы по исследуемым технологиям в 2019 г

Номер поля	Вариант опыта	Наименование показателя					
		Урожайность, ц/га	Прибавка, ± ц/га	Массовая доля сырой клейковины, %	Массовая доля белка (протеина), %	Натура, г/л	Влажность зерна, %
4/3	контроль	78,90	-	19,885	12,315	818	12,744
	АгроВерм	76,09	- 2,81	18,513	11,581	820	13,1
3/3	контроль	78,4	-	20,376	12,501	822	13,357
	Аквадон - Микро	75,62	- 2,78	17,181	11,162	811	13,371
4/2	контроль	77,99	-	22,560	13,256	836	12,637
	АгроВерм	78,10	+ 0,11	19,823	12,109	836	12,794
10/2	контроль	76,64	-	17,679	11,588	818	12,054
	Аквадон - Микро	78,72	+ 2,08	19,114	12,179	818	12,058

Из таблицы видно, что наилучшие показатели получены на поле 10/2 (предшественник соя, сорт озимой пшеницы «Дмитрий» РС1) при исследовании технологии с применением удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур» только в предпосевной обработке семян (в норме 1 л/т), последующие обработки посевов проводились общепринятыми в хозяйстве препаратами. В результате получена прибавка в 2,08 ц/га, что соответствует 2,7 %. Качество полученного зерна так же превышает контрольные значения по массовой доле сырой клейковины на 1,42 % и массовой доле белка (протеина) – на 0,59 %.

По остальным технологиям прибавка не получена или незначительна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сложившихся критических метеорологических условий в период налива зерна (в сравнении со среднегодовыми показателями: превышение среднесуточной температуры воздуха на 3,7 °С и уменьшенное количества выпавших осадков – на 42,9 %) ни один из исследуемых вариантов опыта не превысил контрольный показатель по урожайности (71,77 ц/га). По качеству зерна небольшие улучшения по содержанию массовой доли сырой клейковины прослеживаются:

- в варианте № 2-1 (обработка семян нанопрепаратом + две листовые хозяйственные подкормки) больше на 1,46 %;

- в варианте № 3-2 (обработка семян + две листовые подкормки с добавлением удобрения Аквадон-Микро) больше на 1,44 %;

- в варианте № 4-1 (обработка семян с добавлением биопрепарата АгроВерм вместо Гумат Калия + две листовые хозяйственные подкормки) больше на 1,41 %.

В рамках внедрения в производство результатов НИР по результатам исследования производственных технологий возделывания озимой пшеницы в сравнении с хозяйственной схемой наилучшие показатели получены на поле 10/2 (предшественник соя, сорт озимой пшеницы «Дмитрий» РС1) при исследовании технологии с применением удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур» только в предпосевной обработке семян (в норме 1 л/т), последующие обработки посевов проводились по общепринятой в хозяйстве схеме. Получена прибавка в 2,08 ц/га или 2,7 %. Качество полученного зерна так же превышает контрольные значения по массовой доле сырой клейковины на 1,42 % и массовой доле белка (протеина) – на 0,59 %.

Полученная по результатам опыта информация позволяет констатировать, что исследуемые в опыте экспериментальные нанопрепараты для предпосевной обработки семян и листовой подкормки не обеспечили прибавку урожая в производственных посевах озимой пшеницы (по предшественнику

подсолнечник), но улучшили качественные показатели хлебостоя и полученного зерна, что дает предпосылки для дальнейшего усовершенствования состава и концентраций составляющих наночастиц.

По результатам анализа полученных показателей КубНИИТиМ предлагает продолжить в 2019-2020 гг. исследования производственной технологии возделывания озимой пшеницы с применением биологических и нанопрепаратов в следующем направлении:

- усовершенствовать нанопрепарат (для предпосевной обработки семян и листовых подкормок) новыми составляющими и доработать концентрации входящих в состав НЧ микроэлементов;

- включить вариант с подкормками нанопрепаратом по фазам критических периодов роста и развития озимой пшеницы (без предпосевной обработки семян нанопрепаратом);

- включить вариант со стандартными обработками семян и посевов озимой пшеницы, в нашем случае исключить какие либо стимуляторы и микроэлементы из обработок, применять технологические обработки пестицидами без добавления Гумат Калия;

- продолжить поиск биопрепаратов нового поколения для биологизации сельскохозяйственного производства.

Для внедрения новых препаратов в технологию возделывания озимой пшеницы и включения их в рекомендации для сельхозтоваропроизводителей Краснодарского края необходимо продолжить исследования в данном направлении и расширить круг инновационных решений проблемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы от 25.08.2017 г. № 996 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 36. – Ст. 5421.

2 Mehmood A. Brief overview of the application of silver nanoparticles to improve growth of crop plants // IET Nanobiotechnol - 2018. - 12 (6). - P.701-705.

3 Wang P., Lombi E., Zhao F.J., Kopittke P.M. Nanotechnology: A New Opportunity in Plant Sciences. // Trends Plant Sci - 2016. - 21 (8). - P. 699-712.

4 Siddiqui M.H., Al-Whaibi M.H., Firoz M., Al-Khaishany M.Y. Role of Nanoparticles in Plants // Nanotechnology and Plant Sciences - 2015. - P. 19-35.

5 Shams G., Ranjbar M., Amiri A. Effects of silver nanoparticles on concentrations of silver heavy element and growth indexes in cucumber (*Cucumis sativus* L. negeen). – J. Nanopart. Res. - 2013. - V.5. - P. 1630-1635.

6 Salama H.M.H. Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.) // Int. Res. J. Biotechnol. - 2012. - V.3. - P. 190-197.

7 Patra P., Choudhury S.R., Mandal S., Basu A., Goswami A., Gogoi R., Srivastava C., Kumar R., Gopal M. Effect of sulfur and ZnO nanoparticles on stress physiology and plant (*Vignaradiata*) nutrition. // Adv. Nanomater. Nanotechnol. - 2013. - V. 31. - P. 299-307.

8 Mondal A., BasuR., Das S., Nandy P. Beneficial role of carbon nanotubes on mustard plant growth: an agricultural prospect // J. Nanopart. Res. - 2011. - V.13. - P. 4519-4528.

9 Mirzajani F., Askari H., Hamzelou S., Farzaneh M., Ghassempour A. Effect of silver nanoparticles on *Oryza sativa* L. and its rhizosphere bacteria // Ecotoxicol. Environ. Saf. - 2013. - V. 88. - P. 48-54.

10 Sheykhbaglou R., Sedghi M., Fathi-Achachlouie B. The Effect of ferrous nano-oxide particles on physiological traits and nutritional compounds of soybean (*Glycine max* L.) seed // *AnAcad Bras Cienc.* - 2018. – 90 (1). – P. 485-494.

11 Yasmeeen F., Raja N., Razzaq A., Komatsu S. Proteomic and physiological analyses of wheat seeds exposed to copper and iron nanoparticles // *Biochim Biophys Acta Proteins Proteom.* – 2017. – Jan. - V. 1865 (1). - P. 28-42.

12 Yuan J, Chen Y, Li H, Lu J, Zhao H, Liu M, Nechitaylo G S, Glushchenko N.N. New insights into the cellular responses to iron nanoparticles in *Capsicum annuum* // *SciRep.* – 2018. – Feb. 19. – 8 (1).

13 Сединина Н.В., Котляров В.В., Донченко Д.Ю., Котляров Д.В. Биологические средства защиты растений. Основные условия получения и применения // Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы: материалы Междунар. научно-практич. конф. с элементами научной школы для молодых ученых, аспирантов и студентов / г. Большие Вяземы (декабрь 2016 г.). – ВНИИ фитопатологии, 2016. – С. 506–510.

14 Котляров В.В., Котляров Д.В. Результаты применения биотехнологий в растениеводстве // *Агрокуб.* – Ставрополь. - 2017. - № 1–2.– С. 20–21.

15 Котляров Д.В., Котляров В.В., Доценко К.А. Инновационные ресурсосберегающие биологизированные агроприемы выращивания зерновых колосовых культур // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.* – 2019. - № 150. - С. 156-167.

16 Yurina T.A., Drobin G.V., Fedorenko V.F., Selivanov V.G., Bogoslovskaya O.A., Glushchenko N.N. THE SEEDS PRETREATMENT BY THE METAL NANOPARTICLES EFFECT ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF GROWTH WINTER WHEAT // *Фундаментальные и прикладные науки сегодня: сборник научных докладов по материалам 13-ой Междунар. научно-практич. конф. / North Charleston, USA, (октябрь, 2017 г.). – Т. 2. – С. 62-64.*

17 Юрина Т.А., Дробин Г.В., Федоренко В.Ф., Селиванов В.Г., Богословская О.А., Глущенко Н.Н. Использование наночастиц металлов в предпосевной обработке семян озимой пшеницы в Новокубанском районе // сборник статей Междунар. исследоват. организации «Cognito»: материалы XXVI Междунар. научно-практич. конф. «Актуальные проблемы науки XXI века» / г. Москва, 2017. - С. 49-51.

18 Юрина Т.А., Бондаренко Е.В. Использование биоудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // АгроСнабФорум. – 2018. – № 3 (150). – С. 48-50.

19 Ольховская И.П., Богословская О.А., Глущенко Н.Н., Юрина Т.А., Дробин Г.В. Предпосевная обработка семян наночастицами железа как фактор оздоровления растений и повышение продуктивности озимой пшеницы // 18-ая Международная Плесская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям / г. Плес, (сентябрь, 2018 г.). – С. 395-399.

20 Юрина Т.А., Глущенко Н.Н. Влияние наночастиц металлов на морфометрические показатели озимой пшеницы // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: сборник материалов X Междунар. научно-практич. Интернет-конф. / г. Москва, 2018. – С. 27-30.

21 Юрина Т.А., Бондаренко Е.В. Оценка эффективности применения препаратов на основе микроэлементов для некорневых подкормок озимой пшеницы // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 1. – С. 26-28.

22 Дробин Г.В., Юрина Т.А., Глущенко Н.Н. Исследование влияния биологических и нанопрепаратов на морфометрические изменения растений озимой пшеницы // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 4. – С. 29-32.

23 Дробин Г.В., Юрина Т.А., Ткаленко А.Е. Агротехническая эффективность препаратов с дефицитным для почв центральной зоны Краснодарского края микроэлементным составом в производственной технологии возделывания озимой пшеницы // АгроФорум. – 2019. - № 6. – С. 46-49.

24 Дробин Г.В., Юрина Т.А. Металл против фузариоза. Нанотехнологии в сельскохозяйственном производстве // Деловой крестьянин. – 2018. – № 5. – С. 12-13.

25 Дробин Г.В., Юрина Т.А. Наночастицы металлов в предпосевной обработки семян озимой пшеницы // АПК Эксперт. – 2018. – № 9 (107). – С. 23-26.

26 Наночастицы металлов в биологии и медицине [Электронный ресурс]. - URL:<http://nanobiology.biz/> (дата обращения: 24.09.2019).

27 Исследования применения био-нанопрепаратов в производственной технологии возделывания озимой пшеницы: отчет о НИР / Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех»; Федоренко В.Ф., Дробин Г.В., Юрина Т.А. [и др.]. Новокубанск, 2018. 69 с.

28 Казаков Б. А., Касьянов А. С., Соколова И. В. Инновации в сельском хозяйстве. Повышение эффективности предприятия за счет внедрения нанотехнологий // Студенческие научные работы инженерно-землеустроительного факультета: сборник статей по материалам студенческой научно-практической конференции. - 2017. – С. 39-43.

29 Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур // Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018» / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ООО «Плодородие». - 2018. – 244 с.

30 Листовая подкормка растений: главные нюансы, правила и особенности применения [Электронный ресурс]. - URL: https://zen.yandex.ru › media › dachnye_istorii (дата обращения: 20.09.2019).

31 Баковые смеси гербицидов доказывают эффективность [Электронный ресурс]. - URL:<https://www.agroxxi.ru/> (дата обращения: 20.03.2019)

32 Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов // Органическое вещество целинных и освоенных почв. - М., 1972. – С. 30 – 69.

33 Бондаренко А.Н. Научно обоснованное применение современных агроприемов при возделывании зерновых культур в условиях бурых полупустынных почв Астраханской области // Сб. докл. Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов / г. Саратов, (март 2014 г.). – С. 337—341.

34 Грехова И.В., Матвеева Н.В. Применение гуминового препарата в баковой смеси при протравливании семян яровой пшеницы // Материалы Международной конференции «Проблемы и перспективы биологического земледелия» / п. Рассвет, (сентябрь 2014 г.). - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – С. 121—126.

35 Arancon N.Q., Pant A., Radovich T., Hue N.V., Potter J.K., Converse C.E. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (Teas) // Hort Science. - 2012, V. 47. – P. 1722 – 1728.

36 Игольников С.А., Игольникова Л.В. Биотехнология возделывания полевых культур // Фермер. Поволжье. - 2018. - № 10 (74). - С. 44-53.

37 Игольникова Л.В. Биотехнология выращивания полевых культур // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 1. – С. 31-37.

38 Влияние на почвенное плодородие гуминовых удобрений и препаратов [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-1> (дата обращения: 20.03.2019).

39 ГОСТ 17.4.4.02 - 84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.- 7 с.

40 АС СССР № 814432 // Бюлл. изобретений, № 11, 1981. – 25 с.

41 Leipunsky I.O., Zhigach A.N., Kuskov M.L., Berezkina N.G., Afanasenkova E.S., Kudrov B.V., Lopez G.W., Vorobjeva G.A., Naumkin A.V. Synthesis of TiH₂ nanopowder via the Guen - Miller Flow – Levitation method and characterization. // J. Alloys and Compounds. - 2019. - V. 778. - P. 271-279.

42 ГОСТ 12038 – 84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с.

43 Как, когда и чем удобрять озимую пшеницу? [Электронный ресурс]. URL: <https://ferma.expert/rasteniya/kultury / pshenica / podkormka-ozimou-pshenitsy> / © Ферма.expert (дата обращения: 22.02.2019)

44 ГОСТ 28301 – 2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2016. – 39 с.

45 ГОСТ Р 52554 – 2006 Пшеница. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.

46 ТУ 9819-001-6453141360 – 2015. Жидкое гуминовое биоудобрение «АгроВерм». Пенз. обл.: ООО «БИОЭРА», 2015.

47 ГОСТ Р 56004 – 2014 Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

48 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.

49 ГОСТ 20915 – 2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 23 с.

50 ГОСТ 31345 – 2007 Межгосударственный стандарт. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2008. – 53 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Агрохимический паспорт поля перед посевом озимой пшеницы

Таблица А.1 – среднее содержание подвижных форм макро и микроэлементов, рН (солевой), гумуса и тяжелых металлов

Слой	Содержание по слоям, мг/кг почвы											
	нитрат- ный азот (N нитр)	нитрифи- кацион- ная спо- собность почв (N-NO ₃)	подвиж- ного фосфора (P ₂ O ₅)	обменно- го калия (K ₂ O)	подвиж- ной серы (S)	марганца (Mn)	цинка (Zn)	меди (Cu)	свинца (Pb)	кадмия (Cd)	гумуса, %	рН (солеой)
До 10 см	9,1	15,4	23	423	4,9	6,39	1,69	0,05	0,15	0,027	4,5	6,5
Св. 10 до 20 см	16,6	15,8	26	416	10,1	5,35	1,48	0,12	0,15	0,029	4,1	6,8
Св. 20 до 30 см	9,1	12,8	19	383	5,7	4,65	1,54	0,11	0,14	0,03	4,4	6,3
Среднее значе- ние по слоям	11,6	14,7	23	407	6,9	5,46	1,57	0,09	0,15	0,029	4,3	6,5
Содержание элементов	-	Низкое	Среднее	Высок	Среднее	Низк	Низк.	Низк.	-	-	Повыш.	Нейтр.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Инструкция по применению биоудобрения «АгроВерм»

ООО «БИОЭРА» производит и реализует жидкое гуминовое биоудобрение «АгроВерм», изготовленный по ТУ [46].

Жидкое гуминовое биоудобрение «АгроВерм» производится в виде концентрата. Идеально подходит для стандартного оборудования, используемого для внесения агрохимикатов (опрыскиватели, протравители). В качестве основы для производства используется Вермикомпост ГОСТ Р 56004 [47], полученный с помощью красных дождевых червей.

АгроВерм применим для всех сельскохозяйственных культур, совместим с большинством пестицидов, гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, химических протравителей и других агрохимикатов.

Удобрение «АгроВерм» прошло добровольную сертификацию в системе ГОСТ Р, а так же испытания в лаборатории МГУ им. Ломоносова на кафедре почвоведения (таблицы Б.1, Б.2).

Таблица Б.1 - Протокол количественного химического анализа

Образец	Зола, %	Содержание, мг/кг									
		Fe	Al	Ca	Mg	Mn	Na	Se	Th	S	Cu
АгроВерм (т)	41,5	2315,4	1540,1	278,1	98,2	456,1	1,4	2,91	нет	901,1	11,6

Продолжение таблицы Б.1

Образец	Содержание, мг/кг													
	Zn	B	Cr	Co	Sr	Ni	As	Cd	Hg	Pb	F	Ba	Sn	Mo
АгроВерм (т)	49,9	23,2	2,56	нет	10,6	13,4	нет	нет	нет	5,8	нет	нет	0,8	0,2

Таблица Б.2 – Результаты анализа по азоту, фосфору и калию

Определяемый показатель	Единица измерения	АгроВерм (т)
Азот	%	2,4
	мг/кг	24000
Фосфор Р (P ₂ O ₅)	%	0,5 (2,29)
	мг/кг	5000
Калий К (K ₂ O)	%	0,14 (0,34)
	мг/кг	1400

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Инструкция по применению «Аквадон-Микро для зерновых культур»

Удобрение «Аквадон-Микро» - полимерно-хелатный комплекс микро-элементов на основе высокомолекулярного ПАВ. Производитель – завод «Оргполимерсинтез» г. Санкт-Петербург. Удобрение разработано в сотрудничестве с ведущими специалистами Кубанского Государственного Аграрного Университета.

«Аквадон-Микро для зерновых культур» применяется в очень малых количествах с нормой внесения от 1 до 2,5 л/га за одну обработку, при этом общий расход препарата за сезон не должен превышать 6 л/га.

Концентрация рабочего раствора «Аквадон-Микро»:

- при внекорневых подкормках – 1 % (100 мл на 10 л воды);
- при корневых подкормках – до 0,02 % (1,5-2,0 мл на 10 л воды);

Наиболее эффективный способ применения «Аквадон-Микро» это некорневые подкормки, технологичен в применении: Полностью растворимая, жидкая форма удобрения значительно упрощает подготовку к внесению, а совместимость с большинством пестицидов и макроудобрений, позволяет применять его в составе баковой смеси, тем самым значительно снижая затраты на внесение удобрения.

Таблица В.1 - Состав удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур»

Содержание микроэлементов, мг/л							Содержание мезоэлементов, мг/л	
Fe	Mo	B	Co	Cu	Zn	Mn	Mg	S
-	450-550	1800-2200	-	1800-2200	1800-2200	4500-5500	-	4000

Таблица В.2 - Рекомендации по применению на зерновых культурах

Норма расхода, л/т, л/га	Способ обработки	Рекомендации по применению
1,0-2,0	Предпосевная обработка семян	Перед посевом
2,0-2,5	Некорневая подкормка	Первая - в фазе кущения; Вторая - перед цветением.
2,0-2,5	Корневая подкормка	Первая - в фазе кущения; Вторая - перед цветением.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Методика полевого опыта в экспериментальных посевах озимой пшеницы на тестовом полигоне КубНИИТиМ

Г.1 Основание для разработки методики

Основанием для разработки данной программы-методики является тематический план НИР ФГБНУ «Росинформагротех» на 2019 г., утвержденный директором Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России.

Г.2. Цель полевого опыта

Цель полевого опыта – оценить эффективность применения биологических и нанопрепаратов на различных фенологических этапах, в частности, на начальной стадии и в основные критические периоды роста и развития растений озимой пшеницы.

Полевой опыт в хозяйственных условиях на базе валидационного полигона КубНИИТиМ предусматривает исследование производственной технологии возделывания озимой пшеницы районированного сорта «Алексеич» РС1 с применением биологических и нанопрепаратов в различных вариантах их применения (при подготовке семян к посеву и листовыми подкормками) с последующим проведением фенологических наблюдений (по основным этапам роста и развития растений в вариантах опыта), оценкой урожайности и качества зерна.

Г.3 Разработка нанопрепарата и методики для предпосевной обработки семян и листовой подкормки посевов озимой пшеницы

Разработку нанопрепарата проводят в лабораторных условиях. Изучают физико-химические характеристики НЧ металлов, использованных в экспериментальных препаратах для предпосевной обработки семян и для листовых подкормок, определяют их размеры и фазовый состав.

Проводят лабораторные испытания предпосевной обработки семян НЧ исследуемых металлов, для этого подготавливают различные варианты со-

става суспензии нанопрепарата, обрабатывают и проращивают семена озимой пшеницы по ГОСТ 12038 [42].

По результатам лабораторных испытаний определяют наилучший состав наносмеси для последующих полевых опытов и составляют методику для предпосевной обработки семян озимой пшеницы.

Г.4. Методы оценок и порядок проведения опыта

Закладку опыта проводят с соблюдением определенных методических требований (типичность, принцип единственного различия и т. д.) согласно указаниям по проведению полевого опыта Б.А. Доспехова [48].

Предпосевную подготовку семян проводят по технологии, установленной в хозяйстве.

Приготовление раствора для предпосевной обработки семян проводят в условиях складского помещения. Для этого, полученный в лаборатории нанопрепарат, добавляют в раствор (баковую смесь) протравителя, используемого в хозяйстве для предпосевной обработки семян озимой пшеницы. Протравку семян проводят непосредственно перед посевом, добиваясь равномерного окрашивания семян приготовленной смесью.

Предпосевную обработку семян биопрепаратом АгроВерм и удобрением Аквадон Микро проводят по той же отработанной в хозяйстве схеме.

Г.4.1 Перед посевом и после уборки урожая на опытных участках поля рекомендуется провести отбор проб для определения агрохимического анализа почвы по ГОСТ 17.4.4.02 [39].

Г.4.2 Для качественной работы посевного агрегата устанавливают оптимальный регулировочный режим, регламентированный технологическим процессом (глубина заделки семян, норма высева, доза внесения удобрений). Заданные норма высева семян и доза внесения удобрений устанавливается непосредственно на поле согласно схеме закладки полевого опыта.

Г.4.3 Условия проведения опыта

Опросом специалистов хозяйства и визуальным осмотром определяют и заносятся в форму записи результатов исследований сорт и характери-

стика семенного материала, проводимые операции, согласно установленной в хозяйстве технологической схеме возделывания озимой пшеницы.

Г.4.4 Тип почвы, рельеф, микрорельеф, влажность и твердость почвы, характеристику пожнивных остатков, сорняков, камней определяют по ГОСТ 20915 [49].

Г.4.5 Определение фактической нормы высева семян и глубины их заделки (методом непосредственного нахождения семян в рядке или по этиолированной части растения) проводят по необходимости согласно ГОСТ 31345 [50].

Г.4.6 Для проведения второго этапа полевого опыта согласно схеме в приложении Е необходимо провести двухразовые подкормки посевов озимой пшеницы с добавлением в баковую смесь нанопрепарата (вариант № 2-2), удобрения «Аквадон-Микро для зерновых культур» (в норме 1,0 л/га каждая) – вариант № 3-3 и жидкого гуминового биоудобрения «АгроВерм» (в норме 2,0 л/га каждая) – вариант № 4-2.

Сроки проведения опрыскиваний в полевом опыте должны совпадать с общепринятой в хозяйстве технологической схемой обработок озимых зерновых культур: первая – в фазу весеннего кущения, вторая – перед цветением. Остальные химические обработки посевов проводятся по всем вариантам опыта одинаково.

Исследуемые препараты вводятся в готовую баковую смесь, применяемую в хозяйстве для каждого периода вегетации.

Г.5 Обследование посевов

Сравнительную оценку состояния посевов по вариантам опыта проводят по необходимости. Сроки оценок выбирают из календарных периодов развития растений озимой пшеницы, т.е. по фенологическим фазам (всходы, кущение, выход в трубку, цветение, колошение, молочная, восковая, полная спелость).

При обследовании посевов учитываются следующие показатели:

- фаза развития (визуально);

- биометрические измерения (длина корня, кустистость, толщина стебля, количество продуктивных стеблей, длина колоса и т. д.);
- высота растений (по ГОСТ 28301 [44]);
- густота стояния растений (осенью и кустистость) (визуально);
- засоренность и поражение вредителями, болезнями (визуально).

На опытных делянках в каждом варианте опыта закладываются площадки в трехкратной повторности, в которых ведется учет и обследование растений. Закладка площадок проводится с момента появления первых всходов на 10-12 день.

По ГОСТ 31345 [50] определяют полевую всхожесть семян, по необходимости следят за динамикой всходов.

Г.6 Уход за посевами

Все мероприятия по уходу за посевами пшеницы проводятся согласно технологической карте хозяйства в каждом из вариантов опыта. В течение всего периода вегетации озимой пшеницы необходимо фиксировать проводимые операции по уходу за посевами (дату проведения и наименование операции, агрегат, состав препаратов и дозу их внесения).

Г.7 Предуборочный мониторинг опытных посевов

Для сравнительной оценки вариантов посева за 1-2 недели до уборки проводится предуборочное обследование (мониторинг). Для этого на учетных площадях закладывают рамки размером 50×50 см, в границах которых выкапываются все растения и проводится полный разбор, подсчет и обмер растений (в 3-х повторностях по каждому варианту опыта).

Показатели предуборочного мониторинга следующие:

- толщина стебля у основания стебля, мм;
- высота растения, см;
- полеглость, %;
- число растений, шт/м²;
- степень развития корневой системы (средняя длина корня, см);
- число стеблей, шт/м², из них:

- а) продуктивных;
- б) непродуктивных;
- в) больных;

- длина колоса, см;

- количество (шт), качество (полноценные и недоразвитые) и масса зерна (г) в колосе при необходимости.

Г.8 Уборка

Оценка урожайности и качества зерна по вариантам опыта проводится в один день, при уборке одним комбайном.

В день уборочных работ проводят оценку хлебостоя в соответствии ГОСТ 28301 [44]. Основные определяемые показатели представлены в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Основные показатели уборочных работ по вариантам опыта

Наименование показателя	Значение показателя по варианту опыта			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Дата проведения				
Убираемая культура				
Способ уборки				
Марка комбайна				
Урожайность, ц/га				
Высота растения, см				
Полеглость растений, %				
Отношение массы зерна к массе соломы над фактической высотой среза				
Влажность, %:				
- зерна				
- соломы				
Масса 1000 зерен, г				
Массовая доля зерен, зараженных фузариозом, %				

Полученное зерно с каждой опытной делянки взвешивается отдельно и определяется урожайность. Оценка качества бункерного зерна проводят в специализированных сертифицированных учреждениях (лабораториях, пунктах приема зерна, элеваторах и т.д.). По представленным результатам анализа

зерна в сравнении с техническими требованиями по ГОСТ Р 52554 [45] определяют класс зерна с каждого варианта опыта.

Основные показатели качества зерна представлены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 - Качество зерна озимой пшеницы по вариантам опыта

Наименование показателя	Значение показателя по варианту опыта			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Массовая доля сырой клейковины, %				
Массовая доля белка (протеина), %				
Натура, г/л				
Влажность зерна, %				
Массовая доля сырой клейковины, %				

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Схема полевого опыта в экспериментальных посевах озимой пшеницы
(сорт «Алексеич» РС 1, поле 3/1 (72 га), предшественник подсолнечник)

Лесополоса, 946 м													
Неучет, ширина 23 м, 2,2 га													
Лесополоса, длина 733 м	Неучет, 1,6 га	Вариант № 1 Контроль (площадь 13,9 га) Контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян и хозяйственной обработкой посевов	Вариант № 4 (1-2) (площадь 13,1 га) Посев с добавлением био-препарата АгроВерм (вместо Гумат Калия) в предпосевную обработку семян (в норме 1,0 л/т)		Вариант № 3 (1-2) (площадь 12,2 га) Посев с добавлением удобрения «Авадон - Микро для зерновых культур» в предпосевную обработку семян (в норме 1,0 л/т)		Вариант № 2 (1-2) (площадь 14,6 га) Посев с добавлением микроэлементов в наносостоянии в предпосевную обработку семян		Вариант № 1 Контроль (площадь 12 га) Контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян и хозяйственной обработкой посевов	Лесополоса, 733 м			
			Вариант № 4-1 с последующей хозяйственной обработкой посевов	Вариант № 4-2 с последующими листовыми подкормками посевов «АгроВерм» (2 л/га каждая) 1-ая – в фазу кущения; 2-ая – перед цветением	Вариант № 3-1 с последующей хозяйственной обработкой посевов	Вариант № 3-2 с последующими листовыми подкормками посевов «Авадон - Микро» (1,0 л/га каждая) 1-ая – в фазу кущения; 2-ая – перед цветением	Вариант № 2-1 с последующей хозяйственной обработкой посевов	Вариант № 2-2 С последующими листовыми подкормками микроэлементами в наносостоянии: 1-ая – в фазу кущения; 2-ая – перед цветением					
			23	179 м								151 м	23
				202 м	190 м	178 м	212 м	174 м					
				13,9 га	13,1 га	12,2 га	14,6 га	12 га					
Неучет, ширина 23 м, 2,2 га													
Полевая дорога													
Лесополоса, 956 м													

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

Среднемесячные показатели метеостанции за месяцы вегетации озимой пшеницы
(по Новокубанскому району Краснодарского края)

Наименование показателя	Значение показателя по месяцам вегетации озимой пшеницы									
	2018 г					2019 г				
	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Максимальная дневная температура, °С	+30.3	+28.7	+16.7	+9.9	+9.7	+14.9	+20.5	+25.8	+32.7	+34.9
Минимальная дневная температура, °С	+6.1	+0.9	-5.2	-2.1	-6.8	-7	-3.5	+0.8	+7.5	+15.1
Средняя дневная температура, °С	+21	+15.4	+4.8	+2.7	+2	+3.4	+6.8	+13.2	+20.7	+27
Максимальная ночная температура, °С	+27	+22.8	+11.4	+6.3	+6	+6.6	+11.4	+18.8	+25.4	+28.8
Минимальная ночная температура, °С	+6.6	+2.1	-4.5	-2.6	-6.6	-6.1	-3.1	+2.9	+7.2	+12.7
Средняя ночная температура, °С	+16.5	+11.2	+3	+1.6	+0.7	+1.4	+3.9	+9.2	+15.7	+21.1
Количество осадков, мм	28	54.5	22.5	19.3	11.4	13.2	35.6	25.1	61.4	24.4
Ветер (преобладающий), м/с	2 ю-в 3 в	2 ю-в 3 с-в	2 ю-в 4 в	3 ю-в 3 ю-з	3 ю-в	2 ю-в 3 с-з	2 ю-в 4 ю-з	2 ю-в 3 с-в	2 ю-в 3 в	3 с-в 1 ю-в
	2 с-з 2 с-в	3 в 3 ю-з	4 в 3 с-в			3 з 3 с-в	4 з 3 с-з	4 в 3 з	3 ю-з 2 с-в	3 в 2 с

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(справочное)

Агрохимический паспорт поля после уборки посевов озимой пшеницы

Таблица И.1 - Среднее содержание подвижных форм макро и микроэлементов, рН (солевой), гумуса и тяжелых металлов

Вариант опыта	Показатель	Содержание по слоям, мг/кг почвы											
		нитрат-ный азот (N нитр)	нитрифи-кационная способ-ность (N-NO ₃)	подвиж-ного фосфора (P ₂ O ₅)	обмен-ного калия (K ₂ O)	подвиж-ной серы (S)	марганца (Mn)	цинка (Zn)	меди (Cu)	свинца (Pb)	кадмия (Cd)	гумуса, %	рН (соле-ай)
№ 1 (контроль)	Среднее значе-ние в слое от 0 до 30 см	1,4	12,6	13	320	1,6	5,4	1,0	0,13	0,17	0,034	4,3	5,66
	Содержание элементов	-	Низкое	Низкое	Повыш	Низкое	Низкое	Низк	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт.
№ 2 (2-1) (нано-препарат)	Среднее значе-ние в слое от 0 до 30 см	1,1	15,1	14	328	1,8	6,49	1,62	0,14	0,18	0,032	4,4	5,65
	Содержание элементов	-	Средн	Низкое	Повыш	Низкое	Низкое	Низк	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт
№ 2 (2-2) (нано-препарат)	Среднее значе-ние в слое от 0 до 30 см	1,6	15,2	14	376	2,3	3,69	1,87	0,16	0,21	0,027	4,5	5,6
	Содержание элементов	-	Средн	Низкое	Повыш	Низкое	Низкое	Низк.	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт

Продолжение таблицы И.1

№ 3 (3-1) (Аквадон-Микро)	Среднее значение в слое от 0 до 30 см	1,2	15,1	18	374	2,5	5,78	1,45	0,11	0,26	0,023	4,7	5,6
	Содержание элементов	-	Средн	Средн	Повыш	Низкое	Низкое	Низк.	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт
№ 3 (3-2) (Аквадон-Микро)	Среднее значение в слое от 0 до 30 см	1,0	16,6	15	364	0,4	5,17	3,14	0,11	0,31	0,025	4,4	5,8
	Содержание элементов	-	Средн	Низкое	Повыш.	Низкое	Низкое	Сред.	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт
№ 4 (4-1) (Агро-Верм)	Среднее значение в слое от 0 до 30 см	1,0	17,8	17	327	0,6	5,7	1,48	0,12	0,28	0,030	4,6	6,08
	Содержание элементов	-	Средн	Средн	Повыш	Низкое	Низкое	Низк.	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт
№ 4 (4-2) (Агро-Верм)	Среднее значение в слое от 0 до 30 см	1,2	14,3	18	350	1,6	5,32	1,11	0,11	0,22	0,024	4,6	5,9
	Содержание элементов	-	Низкое	Средн	Повыш	Низкое	Низкое	Низк.	Низк.	-	-	Повыш	Б. нейт