

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

Рег. № НИОКТР АААА-А19-119040990046-5

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

ФГБНУ «Росинформагротех»,

канд. юрид. наук

П. А. Подьяблонский

« 04 » *декабря* 2019 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Исследование влияния биологических и нанопрепаратов
на урожайность и качество зерна пропашных культур**

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

2.2.7.2 Проведение исследований эффективности применения биологических
и нанопрепаратов в технологии возделывания пропашных культур

Директор КубНИИТиМ

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




М. И. Потапкин

Д. А. Петухов

Новокубанск 2019


СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Отв. исполнитель,
науч. сотр.

 22.11.2019

М.А. Белик
(введение, раздел
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,
12, 13, заключение,
приложения А, Б, В)

Исполнители:
зав. лабораторией, науч. сотр.

 22.11.2019

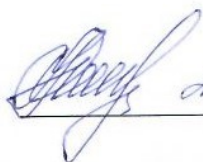
Т.А. Юрина
(раздел 2, 3, 5, 6, 12,
приложения А, Б, В)

Науч. сотр.

 22.11.2019


Е.В. Бондаренко
(раздел 5, 6, 9, 10, 13)

Науч. сотр.

 22.11.2019


О.Н. Негреба
(раздел 4, 8, 11, 13)

Агроном

 22.11.2019

И.А. Горчакова
(раздел 4, 12)

Нормоконтроль

 22.11.2019

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 75 с., 24 рис., 18 табл., 31 источн., 3 прил.

БИО- И НАНОПРЕПАРАТЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, КУКУРУЗА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИЦ, УРОЖАЙНОСТЬ, СОЯ, ПОДСОЛНЕЧНИК, ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Объектом исследований является технология возделывания пропашных культур (сои, кукурузы на зерно, подсолнечника) в производственных посевах Краснодарского края с применением био- и нанопрепаратов.

Цель работы – исследование эффективности применения био- и нанопрепаратов в современных технологиях возделывания пропашных культур.

Метод исследования – проведение полевого опыта в хозяйственных условиях центральной зоны Краснодарского края на базе валидационного полигона КубНИИТиМ.

Новизна исследований заключается в применении биологических и нанопрепаратов в качестве микроудобрений при возделывании пропашных культур в производственных условиях.

При выполнении данной работы было установлено, что предпосевная обработка семян и листовые подкормки сои и кукурузы нано- и биопрепаратом АгроВерм, а также листовые подкормки удобрениями линейки Биостим и Ультрамаг положительно повлияло на рост и развитие растений и образование азотофиксирующих клубеньков на корнях сои.

Наибольшая урожайность зерна получена:

- подсолнечника с применением концентрированного комплексного жидкого удобрения линейки Ультрамаг - 33,1 ц/га;
- соя с применением хозяйственной предпосевной обработкой Ноктин А и листовых подкормок сои препаратом Гумат Калия – 22,8 ц/га;
- кукуруза на зерно с хозяйственной листовой подкормкой кукурузы Сульфатом Цинка + Гумат Калия, Карбамид – 84,3 ц/га.

Область применения – сельхозтоваропроизводители АПК, применяющие данные препараты в технологиях возделывания пропашных культур.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Исследование применения биопрепаратов при возделывании пропашных культур	10
2 Методика полевого опыта в экспериментальных посевах пропашных культур на тестовом полигоне КубНИИТиМ	13
3 Результаты исследований на посевах подсолнечника	18
4 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений подсолнечника по вариантам опыта	22
5 Оценка урожайности по вариантам опыта	26
6 Разработка и создание препаратов на основе нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки сои.....	28
6.1 Получение и анализ наночастиц металлов и их физико химические характеристики	28
6.2 Лабораторные исследования и предпосевная обработка семенного материала	30
6.3 Разработка препаратов с наночастицами металлов для листовой подкормки сои по фазам роста	33
7 Результаты исследований на посевах сои по вариантам опыта	35
8 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений сои в вариантах опыта.....	39
9 Оценка урожайности по вариантам опыта	45
10 Разработка и создание препаратов на основе нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки кукурузы	48
10.1 Получение и анализ наночастиц металлов и их физико-химические характеристики	48
10.2 Лабораторные исследования и предпосевная обработка семенного материала	50

10.3 Разработка препаратов с наночастицами металлов для листовой подкормки кукурузы по фазам роста	53
11 Результаты исследований на посевах кукурузы по вариантам опыта.....	56
12 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений сои в вариантах опыта.....	60
13 Оценка урожайности по вариантам опыта	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Схема полевого опыта в экспериментальных посевах подсолнечника	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Схема полевого опыта в экспериментальных посевах сои	74
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Схема полевого опыта в экспериментальных посевах кукурузы	75

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

$\langle D \rangle$ – средний размер дисперсных частиц;

МПД - максимально переносимые дозы;

нм – нанометр;

НЧ –наночастицы;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

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

СЭМ - сканирующая электронная микроскопия;

ЭДТА - этилендиаминтетрауксусная кислота.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 определена задача создания и внедрения современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые будут способствовать повышению урожайности и эффективности производства зерна[1].

Формирование высокопродуктивных посевов в современных интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур требует научно обоснованного подхода, как к созданию системы удобрений, которая будет полноценно обеспечивать вегетирующие растения элементами питания, так и к применению физиологически активных веществ, способствующих более эффективному использованию нано- и биопрепаратов [2, 3, 4]. Компенсация недостающих мезо- и микроэлементов происходит преимущественно за счет внесения растворов микроудобрений с помощью листовых подкормок.

В настоящее время накоплено большое количество информации о физиологической роли отдельных элементов питания. Показано, что некорневые обработки микроэлементами влияют на самые разнообразные биохимические процессы: азотный и углеводный обмен, дыхание, фотосинтетическую активность. Это отражается на фенотипических признаках, связанных с ростом отдельных органов растений [5, 6, 7]. Такой способ применения нано- и биопрепаратов с микроэлементами нашел широкое применение в практическом земледелии. Многочисленные результаты показывают положительное влияние самых разнообразных дозировок микроэлементов на урожайность сельскохозяйственных культур [8, 9, 10, 11].

Основная роль микроэлементов в повышении качества и количества урожая заключается в следующем:

- а) при наличии необходимого количества микроэлементов растения

имеют возможность синтезировать полный спектр ферментов, позволяющих более интенсивно использовать энергию, воду и питание (N, P, K), и соответственно, получить более высокий урожай;

б) микроэлементы усиливают восстановительную активность тканей и препятствуют заболеванию растений;

в) микроэлементы являются одними из тех немногих веществ, которые повышают иммунитет растений. При их недостатке создается состояние физиологической депрессии и общей восприимчивости растений к паразитным болезням;

г) большинство микроэлементов являются активными катализаторами, ускоряющими целый ряд биохимических реакций. Совместное влияние микроэлементов значительно усиливает их каталитические свойства. В ряде случаев только композиции микроэлементов могут восстановить нормальное развитие растений [12, 13, 14, 15].

Несмотря на большой объём накопленных данных, все еще остаются открытыми вопросы оптимальных доз биопрепаратов под конкретную культуру. Для каждой культуры существуют критические фазы роста и развития, когда наблюдается повышенная потребность в определенном соотношении микроэлементов. Рост и развитие растений напрямую связаны с доступностью необходимых микроэлементов в фазы развития. Проведение листовых подкормок нано- и биопрепаратами в эти этапы может стать решающим приемом в процессе формирования урожайности сельскохозяйственных культур. Особенно важно, это в условиях, когда корневая система растения ограничена в возможности получить необходимые микроэлементы из почвы вследствие их недостатка или из-за воздействия неблагоприятных почвенных и погодных факторов [16, 17, 18].

Проведение полевого опыта в производственных условиях позволит:

- выявить влияние препаратов и доз на урожайность пропашных культур;

- оценить воздействие препаратов на биометрические показатели роста растений пропашных культур;

- выявить эффективность применения препаратов в технологиях возделывания пропашных культур: подсолнечника, кукурузы на зерно, сои.

Исходными данными для проведения работы являются биологические и нанопрепараты, используемые в качестве микроудобрений при нанесении на семена и на вегетирующие растения.

Цель работы исследования – обосновать эффективность применения биологических и нанопрепаратов на различных фазах развития растений подсолнечника, сои и кукурузы на зерно.

Одной из задач работы является внедрение в производство отечественных пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения.

Данная работа проведена по результатам закладки вариантов полевых опытов и фенологических наблюдений за посевами подсолнечника, кукурузы на зерно и сои с оценкой урожайности данных сельскохозяйственных культур.

1 Исследования применения биопрепаратов при возделывании пашных культур

В последние годы во всем мире отдается все большее предпочтение сельскохозяйственной продукции, выращенной без применения пестицидов. В практику сельского хозяйства внедряются многочисленные биопрепараты (безъядные), способные заменить пестициды. В растениеводстве применение биопрепаратов, в качестве средств защиты растений и микроудобрений, обеспечивает повышение устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и увеличение урожайности подсолнечника, кукурузы на зерно и сои и других сельскохозяйственных культур. Важным фактором повышения урожайности с.-х. культур является оптимизация минерального питания растений всеми необходимыми и незаменимыми микроэлементами.

Производители биологических препаратов предлагают широкий выбор продукции, содержащей макро- и микроэлементы, с многообещающими результатами и эффектами от их использования, но достаточно широкого применения в сельскохозяйственном производстве они не находят по причине отсутствия их достоверных оценок в производственных технологиях.

Сотрудниками ФГБОУ ВО «КГУ имени И.Т. Трубилина» было изучено влияние микроудобрений в биопрепарате «Бион-Интеллект Соя» [19] включающие наборы микроэлементов хелатной формы, ориентированных на применение в различные фазы роста растений. Схема использования включала три обработки:

- 1 обработка - в фазе три листа с нормой 1 л/га,
- 2 обработка – в фазе бутонизации с нормой 2 л/га,
- 3 обработка – в фазе налива семян с нормой 2 л/га.

Оценка урожайности сои показала, что трехкратная обработка микроэлементным комплексом «Бион-Интеллект Соя» в фазы - три листа, бутонизация и налив семян обеспечила валовый сбор зерна с 1 га выше на 9,3 % (1,76 т/га) по сравнению с контрольной схемой (1,61 т/га).

ФГБНУ ВНИИБЗР исследовали влияние жидкого гуминового удобрения марки «АгроВерм К» на посевы кукурузы [20]. Схема опыта включала в себя 4 варианта:

1 вариант - контроль (50 кг/га нитроаммофоски при посеве в рядки);

2 вариант – 1-ая некорневая подкормка растений в фазе от 4 до 6 листьев, 2-ая в фазе от 8 до 10 листьев с расходом биопрепарата 1,0 л/га;

3 вариант - 1-ая некорневая подкормка растений в фазе от 4 до 6 листьев, 2-ая в фазе от 8 до 10 листьев с расходом биопрепарата 2,0 л/га;

4 вариант - 1-ая некорневая подкормка растений в фазе от 4 до 6 листьев, 2-ая в фазе от 8 до 10 листьев с расходом биопрепарата 3,0 л/га;

По полученным результатам исследований влияния биопрепарата «АгроВерм К» на кукурузе, сделан вывод, что:

- применение биопрепарата в оптимальных дозах и фазах положительно влияет на формирование основных элементов структуры урожая растений кукурузы (линейный рост, число листьев, массу початков, озерненность и массу зерна);

- при двукратной обработке растений 3,0 л/га биопрепарата обеспечивается достоверное увеличение продуктивности кукурузы и повышение содержания крахмала в зерне (86,6 ц/га), на контроле - 79,2 ц/га.

На центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК изучали применение некорневых подкормок подсолнечника с применением высококонцентрированного жидкого биопрепарата содержащего микроэлементы «Агромакс» [21]. Некорневые подкормки растений проводили в фазе образования от 3 до 4 пар листьев в дозах 1,0, 2,0 и 3,0 л/га по сравнению с контролем.

Применение биопрепарата с микроэлементами «Агромакс» положительно влияло на число семян в корзинке, массу 1000 семян и увеличивало по сравнению с контролем урожайность семян от 0,21 до 0,28 т/га, масличность семян от 0,9 %-1,5 % и сбор масла от 0,12 до 0,17 т/га. Наиболее эффективной дозой биопрепарата для некорневой подкормки растений подсолнеч-

ника являлась 3,0 л/га. [22,23,24]

В России на протяжении нескольких десятков лет проводилась попытка внедрения микробиологических препаратов в сельское хозяйство, но широкого использования в производстве данные препараты не нашли.

Поэтому целью наших исследований было выявить влияние применения биопрепаратов на урожайность и качество исследуемых сельскохозяйственных культур.

2 Методика полевого опыта в экспериментальных посевах пропашных культур на тестовом полигоне КубНИИТиМ

Основание для разработки программы-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 19.03.2019 г.

Цель полевого опыта

Цель полевого опыта – исследовать эффективность применения био- и нанопрепаратов в технологиях возделывания пропашных культур.

Полевой опыт в хозяйственных условиях центральной зоны Краснодарского края на базе валидационного полигона КубНИИТиМ предусматривает исследование производственной технологии возделывания кукурузы на зерно, сои и подсолнечника с применением био- 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 и оценкой урожайности.

Разработка нанопрепарата и предпосевная обработка семян сои и кукурузы

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

Проводят лабораторные испытания предпосевной обработки семян НЧ исследуемых металлов, для этого готовят различные варианты состава суспензии нанопрепарата, обрабатывают и проращивают семена кукурузы и сои по ГОСТ 12038 [25].

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

Методы оценок и порядок проведения опыта [26, 27]

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 сои и кукурузы. Протравку семян проводят непосредственно перед посевом.

Для качественной работы посевного агрегата устанавливают оптимальный регулировочный режим: глубину заделки семян, норму высева.

Условия проведения опыта

Опросом специалистов хозяйства в форму записи заносятся сорт и характеристика семенного материала, проводимые операции, согласно установленной в хозяйстве технологической схеме возделывания пропашных культур.

Тип почвы, рельеф, микрорельеф, влажность и твердость почвы, характеристику пожнивных остатков, сорняков определяют по ГОСТ 20915 [28].

Определение фактической нормы высева семян и глубины их заделки (методом непосредственного нахождения семян в рядке или по этиолированной части растения) проводят по ГОСТ 31345 [29].

Для проведения двух листовых подкормок пропашных культур по вариантам опыта необходимо руководствоваться схемами полевого опыта в экспериментальных пропашных культурах (соя, подсолнечника и кукурузы).

Сроки проведения листовых подкормок в вариантах опыта должны совпадать с принятой в хозяйстве технологической схемой обработок пропашных культур:

- по подсолнечнику и кукурузе на зерно - первая – в фазе от 3 до 5 листьев, вторая – в фазе 10 листьев;

- по сое - первая в фазе образования от 1 до 3 тройчатого листа, вторая – в фазу бутонизации. Остальные химические обработки посевов проводятся по всем вариантам опытов согласно схемам принятым в хозяйстве по культурам.

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

Обследование посевов

Сравнительную оценку состояния посевов по вариантам опыта проводят по необходимости. Сроки оценок выбирают из календарных периодов развития растений пропашных культур.

На выбранном для проведения опыта участке размечают не менее трех учетных площадок, отступив от края поля не менее чем 50 м. Длина учетной площадок длиной 10 м (для подсолнечника и кукурузы на зерно) и 2,5 м (для сои), шириной два ряда каждая.

При обследовании посевов учитываются следующие показатели:

- фаза развития (визуально);
- высота растений по ГОСТ 28301 [30]);
- густота стояния растений (после полных всходов);
- засоренность и поражение вредителями, болезнями (визуально);
- подсчет клубеньковых бактерий (на растениях сои).

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

Уход за посевами

Все мероприятия по уходу за посевами пропашных культур проводятся согласно технологической карте хозяйства в каждом из вариантов опытов. В течение всего периода вегетации необходимо фиксировать проводимые опе-

рации по уходу за посевами (дату проведения и наименование операции, агрегат, состав препаратов и дозу их внесения).

Предуборочный мониторинг опытных посевов

Для сравнительной оценки вариантов посева за 7-10 дней до уборки проводится предуборочный мониторинг. Для этого по диагонали опытного участка отмечают три учетных площадки длиной 10 м (для кукурузы и подсолнечника) и 5 м (для сои), шириной два рядка каждая, в которых проводится полный разбор, подсчет и измерения растений.

Показатели предуборочного мониторинга следующие:

а) для подсолнечника и кукурузы на зерно:

- число растений на учетной площадке, шт;
- толщина стебля у основания стебля, мм;
- высота растения, см;
- высота расположения нижнего початка кукурузы, см
- высота расположения корзинки подсолнечника, см
- диаметр початка (корзинки), мм
- длина початка, см
- полеглость, %.

б) для сои:

- число растений на учетной площадке, шт.;
- высота растения, см;
- число стеблей, шт.;
- высота расположения нижнего боба, см;
- число бобов на растении, шт.;
- числоо зерен в бобе, шт.;
- полеглость, %.

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 СТО АИСТ 8.20 [31]. Определяемые показатели уборочных работ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Определяемые показатели уборочных работ по вариантам опыта

Наименование показателя	Значение показателя по варианту опыта				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Дата проведения					
Убираемая культура					
Способ уборки					
Марка комбайна					
Урожайность, ц/га					
Высота растения, см					
Влажность, %:					
- зерна					
- незерновой части					
Масса 1000 зерен, г					

3 Результаты исследований на посевах подсолнечника

Исследования технологии возделывания подсолнечника в производственных посевах с применением биопрепаратов проводились на валидационном полигоне КубНИИТиМ.

Было заложено три варианта опыта для оценки агротехнологической эффективности применения в производственных посевах подсолнечника удобрений на листовых подкормках согласно схеме полевого опыта (приложение А):

- вариант №1 - контрольный участок с хозяйственными обработками посевов;

- вариант №2 - удобрения линейки «Ультрамаг» - однокомпонентные и комплексные жидкие удобрения (одна листовая подкормка удобрением «Комби для масличных» 2,0 л/га + «Ультрамаг Бор» 1,0 л/га);

- вариант №3 - удобрения линейки «Биостим», органо-минеральные удобрения-биостимуляторы с микроэлементами на основе аминокислот растительного происхождения (две листовые подкормки «Биостим Масличный» 1,0 л/га + «Ультрамаг Бор» 0,5 л/га).

Гибрид подсолнечника «СИ Фламенко» компании «Syngenta» рекомендован для выращивания в южных интенсивных территориях возделывания подсолнечника, не пораженных новыми расами заразихи. Максимально реализует свой потенциал при качественном уровне агротехнологии. Для защиты культуры от почвенных вредителей семена подсолнечника протравлены инсектицидом «Круйзер».

Среднепоздний высокоолеиновый гибрид подсолнечника. Вегитационный период 116-120 дней. Высота растений 160–180 см (в зависимости от влагообеспеченности). Имеет высокую устойчивость к болезням фомопсис, фомоз, склеротиния.

Посев подсолнечника проводился 10.04.2019 агрегатом МТЗ 82 + GasparidoSP/540 на поле 9(2) по предшественнику озимая пшеница, при прогре-

вании почвы до 16°C (рисунок 1) с нормой высева 5,0 шт. на 1 пог. м (рисунок 2).

Исходная влажность почвы на момент посева в слоях от 0 до 15 см находилась в диапазоне от 13,7% до 27,4 % и отвечала агротребованиям (до 30 %), при твердости почвы от 0,2 до 0,6 МПа, что также соответствовало агротребованиям (4 МПа). Такая характеристика условий была типичной для данного периода года и вида работы, что способствовало быстрому и дружному появлению всходов по всем вариантам опыта.



Рисунок 1 – Измерение температуры почвы перед посевом



Рисунок 2 – Посев семян подсолнечника агрегатом МТЗ 82 + GaspardoSP/540

Показатели качества выполнения технологического процесса на посеве подсолнечника приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели качества выполнения технологического процесса на посеве подсолнечника

Наименование показателя	Значение показателя
Распределение семян в рядке: (в день посева)	
-заданный интервал между семенами, см	20,0
-фактический средний интервал между семенами, см	18,6
-стандартное отклонение, см	0,7
-коэффициент вариации, %	4,8
-среднее число семян (шт./пог.м.)	5,4
Глубина заделки семян при оптимальном заглублении сошников:	
-установочная глубина, мм	40-60
-средняя глубина, мм	52,0
-стандартное отклонение, мм	0,9
-коэффициент вариации, %	17,3
Распределение семян в рядке: (после полных всходов, 02.05.19)	
-фактический средний интервал между растениями, см	22,7
-среднее число растений (шт./пог.м)	4,4

12 апреля 2019 посевы подсолнечника были обработаны почвенным гербицидом Пропонит (3 л/га) агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000 «Гварта 5», заделка которого была проведена агрегатом МТЗ-82+БШ-12.

4 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений подсолнечника по вариантам опыта

Первую междурядную культивацию посевов подсолнечника провели 08.05.2019 агрегатом МТЗ-82+КРН-5,6. На момент междурядной обработки влажность почвы находилась в диапазоне от 19,2 % до 28,4 %, твердость почвы от 0,3 до 0,6 МПа. Средняя глубина обработки составила 10,0 см (стандартное отклонение 2,3 см, коэффициент вариации 17,8 %), что обеспечило полное подрезание сорных растений. Повреждение культурных растений не наблюдалось.

Первую листовую подкормку (рисунок 3) подсолнечника по 2-м вариантам опыта проводили в начале весенней вегетации в фазе от 2 до 4 листьев 23.05.2019 согласно схеме полевого опыта (приложение А).

Вторую междурядную культивацию посевов подсолнечника провели 24.05.2019 агрегатом МТЗ-82+КРН-5,6. На момент междурядной обработки влажность почвы находилась в диапазоне от 15,4 % до 26,3 %, твердость почвы от 0,6 до 1,2 МПа. Средняя глубина обработки составила 13,0 см (стандартное отклонение 2,3 см, коэффициент вариации 17,8 %), что обеспечило полное подрезание сорных растений. Повреждение культурных растений не наблюдалось (рисунок 4).



Рисунок 3 - Первая листовая подкормка подсолнечника агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000 «Гварта 5»



Рисунок 4 - Вторая междурядная культивация подсолнечника агрегатом МТЗ-82+КРН-5,6

Вторую листовую подкормку (рисунок 5) подсолнечника по варианту опыта с применением удобрения линейки «Биостим» провели 06.06.2019 в фазе от 8 до 10 листьев согласно схеме полевого опыта (приложение А).



Рисунок 5 - Вторая листовая подкормка подсолнечника агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000 «Гварта 5»

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений подсолнечника проводились в течение всего вегетационного периода.

Результаты наблюдений за культурными растениями на валидационном полигоне по всем вариантам опыта приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Развитие растений подсолнечника по вариантам обработки

Дата проведения измерений	Высота культурных растений по вариантам опыта, см		
	№ 1 (контроль)	№ 2 (Ультрамаг)	№ 3 (Биостим)
10.05.2019	15,8	15,8	15,4
23.05.2019	42,3	43,5	43,4
11.06.2019	151,1	155,0	154,2
14.08.2019	200,5	205,7	204,5

В результате проведенных фенологических наблюдений за растениями подсолнечника установлено, что на момент измерения высоты растений 10.05.2019 в вариантах №1 и №2 высота растений была одинаковой и составляла 15,8 см, а в варианте №3 растения были на 0,4 мм ниже.

Измерения высоты растений подсолнечника после листовых подкормок (11.06) показали, что высота растения в варианте № 2 (Ультрамаг) превышала на 0,8 см высоту растений в варианте №3 (Биостим) и на 3,9 см высоту растений подсолнечника в варианте №1 (контроль).

На момент измерения высоты растений подсолнечника 14.08 разница в измерениях была: наивысшими растениями оказались растения в варианте №2 (Ультрамаг), уступали (на 1,2 см ниже) растения в варианте №3 (Биостим), а самыми низкими (на 5,2 см) оказались растения в варианте №1 (контроль) по отношению к растениям в варианте №2.

Из проведенных измерений высоты растений подсолнечника установлено, что листовые подкормки удобрениями линеек Биостим и Ультрамаг положительно повлияли на рост растений в период вегетации.

За период вегетации подсолнечника (май – сентябрь) выпало 283 мм осадков, что составляло 95,8 % от среднегодового значения (295,3 мм). Среднесуточная температура составила 21,6 °С, что несколько выше средне-

многолетних значений на 1,6 °С, (таблица 3). Майский переизбыток влаги способствовал быстрому росту растений в начальный период вегетации. Последующие засушливые условия июня отрицательно отразились на репродуктивных функциях подсолнечника, и привели к снижению урожайности в сравнении со среднемноголетними значениями.

Таблица 3 – Погодные условия 2019 г. в сравнении со среднемноголетними значениями, Метеостанция WeatherLink, АОС – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Месяц	Количество осадков, мм		Температура, °С	
	средне-многолетнее	за отчетный год	средне-многолетняя	за отчетный год
Май	64,6	123	16,6	18,8
Июнь	76,3	49	20,3	24,9
Июль	56,2	46	23,1	22,5
Август	54,6	15	22,6	24,0
Сентябрь	43,6	50	17,4	18,2
Итого за вегетацию	295,3	283	20,0	21,6

5 Оценка урожайности по вариантам опыта

Уборку подсолнечника на опытных участках провели 20.08.2019 г. самоходным зерноуборочным комбайном ПалессеGS 12 + Falcon (рисунок 6). Характеристика культуры и показатели качества выполнения технологического процесса на момент уборки приведены в таблице 4.



Рисунок 6 – Комбайн ПалессеGS12 на уборке подсолнечника

Условия уборки на участках сравниваемых вариантов были практически одинаковыми: влажность почвы в слое от 0 до 10 см в среднем составляла 13,3 %, твердость почвы находилась в диапазоне 0,3 МПа, что соответствует агротребованиям.

Растения подсолнечника находились в полной спелости во всех вариантах опыта. Влажность зерна в среднем составляла – 6,6 %.

Таблица 4 – Характеристика растений подсолнечника на момент уборки

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта		
	№1 (контроль)	№ 2 (Ультрамаг)	№ 3 (Биостим)
Урожайность, ц/га	24,8	33,1	24,9
Ширина междурядья, см	70,0	70,0	70,0
Высота растения, см	200,5	205,7	204,5
Диаметр стебля, мм	16,9	16,6	17,3
Высота расположения корзинки, см	199,5	194,2	199,5
Диаметр корзинки, см	16,0	16,6	15,8
Влажность зерна, %	6,8	6,5	6,5
Масса 1000 зерен	34,84	36,21	34,77

По результатам характеристики растений подсолнечника можно сказать, что:

- наибольшая средняя толщины стебля у основания растений в сравнении с контрольным показателем наблюдалось в варианте № 3 (Биостим) на 0,4 мм, а у варианта № 2 (Ультрамаг) толщина стебля меньше на 0,3 мм;
- средняя высота расположения корзинки у контрольного варианта и варианта №3 (Биостим) находилась на одном уровне 199,5 см, в варианте №2 (Ультрамаг) корзинка находилась значительно ниже - на 5,3 см;
- наибольший диаметр корзинки подсолнечника наблюдался в варианте №2 (Ультрамаг) на 0,6 мм превышал диаметр корзинки в контрольном варианте.

По итогам уборочных работ наибольшая урожайность зерна подсолнечника была получена в варианте №2(Ультрамаг) листовая подкормка удобрением линейки Ультрамаг, которая превышала на 8,3 ц/га урожайность полученную на варианте №1 (контроль) по хозяйственной обработке посевов. На втором месте вариант №3 (Биостим) листовая подкормка удобрением линейки Биостим, превышает урожайность зерна в варианте №1 (контроль) на 0,1 ц/га.

Преимущество по массе 1000 зерен 36,21 г преобладало так же в варианте №2. А масса 1000 зерен в варианте №3 немного (на 0,07 г) уступал контрольному варианту.

При подведении итогов по показателям исследуемым препаратам можно сделать следующие выводы, что применение комплексных жидких микроудобрений линейки Ультрамаг и органо-минеральных удобрений-биостимуляторов с микроудобрениями линейки Биостим положительно влияние на продуктивность, рост и развитие растений, обмен веществ при условии их внесения и в строго определенных нормах и в оптимальные сроки.

6 Разработка и создание препаратов на основе нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки сои

Разработка и создание препаратов на основе современных 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. Наночастицы (НЧ) металлов, введенные в состав разрабатываемых препаратов, обладают уникальными свойствами. Наши исследования свидетельствуют, что наночастицы металлов от 7 до 50 раз менее токсичны, чем металлы в виде солей; домикронный размер частиц способствует легкому проникновению их во все органы и ткани; наночастицы обладают пролонгированным действием; в дозах в 100 раз меньших МПД (максимально переносимые дозы), наночастицы проявляют свойства биотиков, т.е. стимулируют обменные процессы; наночастицы проявляют синергидный эффект с природными полисахаридами.

6.1 Получение и анализ наночастиц металлов и их физико-химические характеристики

Наночастицы молибдена представляют собой монокристаллические структуры, покрытые полупрозрачной оксидной пленкой. Кривая распределения наночастиц молибдена по размеру лежит в области от 5 до 150 нм. Средний диаметр частиц молибдена составляет (51.0 ± 0.9) нм.

На рисунке 7 представлены ПЭМ - изображения наночастиц молибдена, кривые распределения наночастиц по размеру.

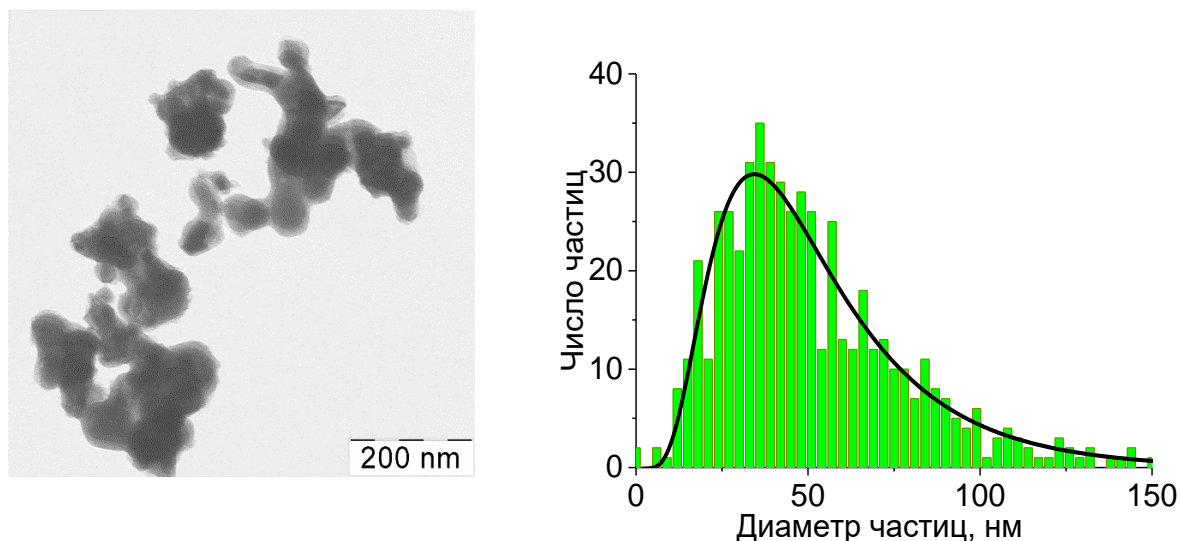


Рисунок 7 - ПЭМ-изображения наночастиц молибдена, кривые распределения наночастиц молибдена по размеру

Наночастицами молибдена, характеристика которых представлены в таблице 4, обрабатывали семена сои, подбирая оптимальные концентрации, комбинации и соотношения наночастиц металлов для прорастания, роста и развития растений.

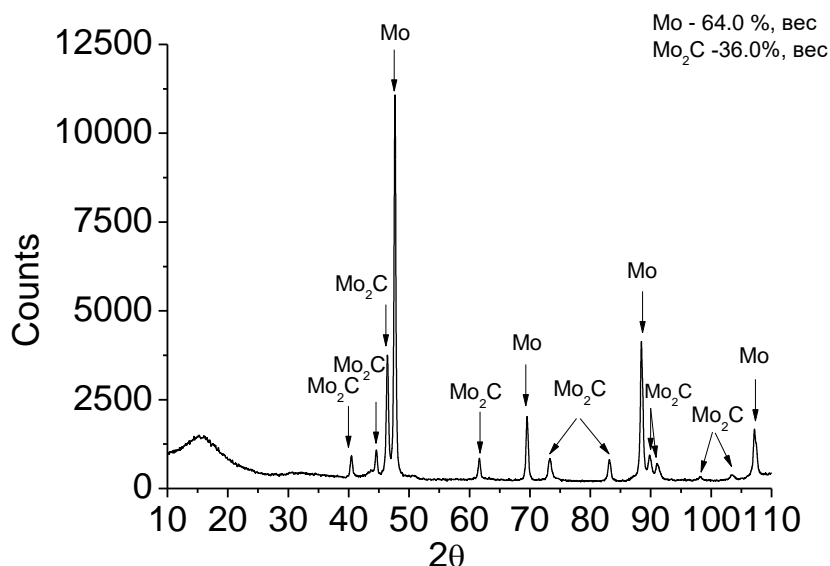


Рисунок 8 - Рентгенофазовый анализ образца Мо

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют, что в наночастицах молибдена кристаллическая металлическая фаза составляет $64.0 \pm 4.25\%$, фаза карбида молибдена Mo_2C – $36.0 \pm 2.9\%$ (таблица 5).

Таблица 5 - Физико-химические характеристики наночастиц молибдена

Металл	Размер частиц, <D>, нм	Фазовый состав наночастиц, вес %
Mo	<D>- 51 нм	Mo ^o – 64.0 ± 4.25 Mo ₂ C - 36.0 ± 2.9

6.2 Лабораторные исследования и предпосевная обработка семенного материала

Предпосевную обработку нанопрепаратом семян сои проводили в складе 3 апреля агрегатом ПС-20К-4 (рисунок 9).



Рисунок 9 – Предпосевная обработка семян сои в складском помещении

Сорт сои «Шама» среднеспелый (от 114 до 120 дней). Соцветие фиолетовое, листочек округло-яйцевидный, ствол полупрямостоячий, с рыжевато-коричневым опушением. Высотой 80-90 см, Крепления нижнего боба – от 12 до 14 см. Содержится белка -39,3%, жира – 21,5%. Масса 1000 зерен – 160 г. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону.

Для проведения предпосевной обработки семян готовили:

Раствор А, содержащий:

- 0,5% Na-карбометилцеллюлоза (КМЦ)
- 1,25% Полиэтиленгликоль – 400 (ПЭГ-400)
- 0,00375% Na-этилендиаминетрауксусной кислоты (ЭДТА)

Раствор Б, содержащий:

- 0,0125% Ноктин А
- 0,00312% ПроНок Мульти

Раствор В, содержащий:

- НЧ Мо $10^{-7}\%$
- НЧ Со $10^{-8}\%$ или НЧ Со $10^{-6}\%$

Приготовленные растворы А, Б, В соединяли перед обработкой семян в следующем соотношении: раствора А – 1 часть, раствора Б – 1 часть, раствора В – 1 часть.

Определенные навески порошков молибдена и кобальта были диспергированы в воде на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц в течении 30 сек, перерыв 30 с. (трехкратная повторность) при охлаждении диспергируемой смеси льдом. Полученную суспензию наночастиц металлов в воде добавляли к 10 мл раствора А. Объединенный раствор диспергировали повторно на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц в течении 30 с, перерыв 30 с. (трехкратная повторность) при охлаждении диспергированной смеси льдом.

Приготовленными препаратами обрабатывали семена сои и проверяли основные показатели всхожести, энергии прорастания, корневой и зеленой массы сеянцев (таблица 6, рисунок 10).

Из анализа данных следует, что энергия прорастания сои увеличивается при предпосевной обработки семян наночастицами кобальта и молибдена от 3,7% до 7,7% по сравнению с контролем. Наибольшие изменения наблюдаются при обработке наночастицами кобальта в концентрации $1 \times 10^{-8}\%$. Предпосевная обработка семян наночастицами кобальта и молибдена снижает энергию всхожести сои. Зеленая масса сенцев при обработке семян нано-

частицами кобальта и молибдена увеличивается от 2,2% до 3,3%, масса корней от 2,0% до 17,1% по сравнению с контролем.

Таблица 6 - Изменение параметров энергии прорастания всхожести сои, зеленой массы и массы корня сеянцев при предпосевной обработки семян наночастицами молибдена и кобальта

<div data-bbox="379 515 668 790"> </div> <div data-bbox="272 831 825 987"> <p>Диаграмма изменения энергии прорастания при предпосевной обработке сои наночастицами кобальта и молибдена в разных концентрациях</p> </div>	<div data-bbox="1031 515 1270 779"> </div> <div data-bbox="898 822 1452 1014"> <p>Диаграмма изменения зеленой массы и массы корней при предпосевной обработке сои наночастицами кобальта и молибдена в разных концентрациях</p> </div>
<div data-bbox="410 1021 686 1294"> </div> <div data-bbox="272 1335 825 1491"> <p>Диаграмма изменения энергии всхожести при предпосевной обработке сои наночастицами кобальта и молибдена в разных концентрациях</p> </div>	<div data-bbox="992 1021 1308 1314"> </div> <div data-bbox="898 1355 1452 1547"> <p>Диаграмма изменения высоты проростка и длины корня после предпосевной обработки сои наночастицами кобальта и молибдена в разных концентрациях</p> </div>



Рисунок 10 - Всхожесть семян сои после обработки НЧ Со в концентрации $10^{-8}\%$ (полоса 1), НЧ Мо в концентрации $10^{-7}\%$ (полоса 2), обработанной основой без наночастиц (полоса 3)

6.3 Разработка препаратов с наночастицами металлов для листовой подкормки сои по фазам роста

Для формирования 1 ц зерна сои при нормальных условиях необходимо от 6,5 до 7,5 кг азота, от 1,3 до 1,7 кг фосфора, от 1,8 до 2,2 кг калия. Соя поглощает элементы питания в течение собственного жизненного цикла очень неравномерно. В период от всходов до цветения усваивается только 18% азота от всей необходимого количества, то же касается фосфора и калия. Основная же доля элементов питания поступает после начала фазы бутонизации и до налива зерна - около 80%. Приоритетными для сои микроэлементами являются: бор, молибден и кобальт. Растение испытывает потребность к бору в течение всей вегетации. Учитывая эти особенности культуры, были разработаны и созданы препараты для листовой подкормки сои по фазам роста, которые включают эти элементы в виде наночастиц. В таблице 7 представлен состав препаратов для листовой подкормки сои.

В качестве источника интенсивного питания использован препарат АгроВерм, который показал положительное влияние на рост и урожайность озимой пшеницы по результатам 2018 года. АгроВерм содержит: NPK 11,2% от с.о., комплекс гуминовых и фульвовых кислот 12г/л, органическое веще-

ство 40% отс.о.; микроэлементы: Al, As, B, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, I, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Sr, V, Zn; (pH)11+/-1,1.

Таблица 7 - Состав листовых подкормок для сои по фазам роста

Фазы роста	Состав	Содержание, %
Образование от 1 до 3 тройчатого листа	препарат №1:	0.05
	Витанолл	0.00075
	ЭДТА	1×10^{-7}
	НЧ Мо $10^{-7}\%$	1.0
	АгроВерм	
Бутонизация	препарат №2:	0.05
	Витанолл	0.00075
	ЭДТА	1×10^{-6}
	НЧ В	1.0
	АгроВерм	

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 100% полиалкиленоксид силоксана модифицированный полиэфиром.

В препарат №1 введены наночастицы молибдена, в препарат № 2 введены наночастицы бора.

Таким образом, разработаны комплексные препараты с наночастицами металлов для предпосевной обработки семян сои и для листовой подкормки на разных фазах ее роста.

7 Результаты исследований на посеве сои по вариантам опыта

Исследования технологии возделывания сои в производственных посевах с применением био- и нанопрепаратов проводились на полях валидационного полигона КубНИИТиМ.

Было заложено пять вариантов опытов по оценке агротехнологической эффективности применения в производственных посевах сои нано- и биопрепаратов:

- контрольный участок с хозяйственными обработками семян и посевов;

- жидкого гуминового биоудобрения «АгроВерм», изготовленного на основе Вермикомпоста (обработка семян и две листовые подкормки биопрепаратом «АгроВерм» (1л/га));

- удобрения линейки «Ультрамаг» - однокомпонентные и комплексные жидкие удобрения (две листовые подкормки удобрением «Ультрамаг Комби для бобовых» (1 л/га) + «Ультрамаг Бор» (0,5 кг/га)+«Ультрамаг Молибден»;

- удобрения линейки «Биостим», органо-минеральные удобрения-биостимуляторы с микроэлементами на основе аминокислот растительного происхождения (одна листовая подкормка «Биостим Универсал» (1 л/га) + «Ультрамаг Бор» (0,5 кг/га) + «Ультрамаг Молибден» (0,5 кг/га);

- с применением нанопрепарата в предпосевной обработке семян и посевов (две листовые подкормки нанопрепаратом (0,05 % витанолл, 0,00075% ЭДТА, НЧ Мо $10^{-7}\%$, 1 % биопрепарата «Агроверм»).

Посев сои проводился 22, 23 апреля агрегатом МТЗ 82 + GASPAR-DOSP/540 (рисунки 11, 12) на поле 8(2) с нормой высева 644 тыс. шт./га (29 шт./пог.м) по предшественнику – озимая пшеница. При

прогревании почвы от 12°C до 18 °C на глубине заделки семян. Схема посева – однострочная, с междурядьем – 45 см.



Рисунок 11 – Сеялка GASPARDOSP/540 в агрегате с трактором МТЗ-82 в работе (посев вариантов опытов)



Рисунок 12 - Заправка посевного агрегата семенами сои

Влажность почвы на момент посева в слоях от 0 до 15 см находилась в диапазоне от 9,3% до 28,4 % и отвечала агротребованиям (до 30 %), при твердости почвы от 0,2 до 0,6 МПа, что также отвечало агротребованиям (до 4 МПа). Характеристика условий была типичной для данного периода го-

да и вида работы, что способствовало быстрому и дружному появлению всходов. Сорные растения на опытном поле на момент посева отсутствовали.

Посев провели по пяти вариантам опыта с разной предпосевной обработкой семян согласно схеме:

- вариант № 1 (Контроль) - посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (3,0 л/т Ноктин А (жидкий специализированный инокулянт на основе штамма соевой азотфиксирующей бактерии) + 0,5 л/т Гумат Калия (торфяной стимулятор роста));

- вариант № 2 (Нанопрепарат) – посев с добавлением нанопрепарата в хозяйственную предпосевную обработку семян (3,0 л/т Ноктин А (жидкий специализированный инокулянт на основе штамма соевой азотфиксирующей бактерии) + нанопрепарат + вода 16 л)

- вариант № 3 (АгроВерм) – контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян, но с добавлением вместо Гумат Калия, биопрепарата АгроВерм (3,0 л/т Ноктин А (жидкий специализированный инокулянт на основе штамма соевой азотфиксирующей бактерии) + 1,0 л/т биопрепарат АгроВерм);

- вариант № 4 (Биостим) - посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (3,0 л/т Ноктин А (жидкий специализированный инокулянт на основе штамма соевой азотфиксирующей бактерии) + 0,5 л/т Гумат Калия (торфяной стимулятор роста));

- вариант № 5 (Ультрамаг) - посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (3,0 л/т Ноктин А (жидкий специализированный инокулянт на основе штамма соевой азотфиксирующей бактерии) + 0,5 л/т Гумат Калия (торфяной стимулятор роста)).

Показатели качества посева сои представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели качества посева сои (22-23.04. 2019 г.)

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта				
	№ 1 (Контроль)	№ 2 (Нанопрепарат)	№ 3 (Агро-Верм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 «Ультрамаг»
Распределение растений в рядке:					
- количество растений на одном погонном метре, шт.	28,2	27,5	27,9	28,0	28,1
- фактический средний интервал между растениями, см	3,53	3,48	3,37	3,37	3,37
- стандартное отклонение, ± см	1,2	0,7	1,0	1,0	0,8
- коэффициент вариации, %	4,1	2,5	3,2	3,2	2,5
Глубина заделки семян, см					
- установочная, см	4-5				
- средняя, см	4,4	4,5	4,2	4,3	4,2
- стандартное отклонение, ± см	0,5	0,8	0,3	0,4	0,3
- коэффициент вариации, %	10,4	17,2	6,2	6,4	6,2
Число семян, не заделанных в почву, шт./м ²	0				
Густота стояния растений после полных всходов, шт./м.п. (12.05)	24,8	23,3	24,4	23,9	23,9
Высота растений сои, см (12.05)	7,2	8,8	7,6	7,4	7,2

Из приведенных данных видно, что обработка семенного материала нанопрепаратом положительно повлияла на развитие растений сои. На момент замеров (12.05.2019) в варианте №2 (Нанопрепарат) растения на 1,6 см были выше, чем растения в контрольном варианте №1.

8 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений сои в вариантах опыта

Первая химическая обработка от сорных растений была проведена 17 мая 2019 г. по всем вариантам опыта агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24МК «Гварта 5» препаратом «Концепт» 1,0 л/га с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Первая междурядная культивация по всем вариантам проводилась 23 мая агрегатом МТЗ-82 +УСМК-5,4. Условия исследований на момент междурядной обработки: влажность почвы от 19,8% до 27,5 %, твердость почвы от 0,3 до 1,5 МПа, что соответствовало требованиям НД.

Средняя глубина обработки составила 6,4 см, что обеспечило полное подрезание сорных растений в междурядье, величина защитной зоны – 15,3 см; гребнистость поверхности почвы после прохода культиватора - 4,5 см. Повреждений культурных растений не наблюдалось.

Вторая междурядная культивация по всем вариантам проводилась 29 мая тем же агрегатом МТЗ-82+УСМК-5,4. Условия исследований на момент междурядной обработки были типичными для зоны и составляли: влажность почвы от 16,3% до 24,2 %, твердость почвы от 0,3 до 2,1 МПа, что соответствовало требованиям НД.

Одновременно с междурядной обработкой 29 мая 2019 в фазе 6-7 листьев агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 МК «Гварта 5» проведена первая листовая подкормка (рисунок 13) с расходом рабочей жидкости 200 л/га по каждому варианту, согласно схеме полевого опыта (приложение Б).



Рисунок 13 – Общий вид агрегата МТЗ-82+ОПГ-3000/24МК «Гварта 5» на первой листовой подкормке

7 июля 2019 в фазе бутонизации проведена вторая подкормка тем же агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 МК «Гварта 5», согласно схеме полевого опыта (приложение Б).

Таблица 9 – Динамика роста сои

Вариант опыта	Средняя высота растений сои, см	
	11.06.2019	23.07.2019
№1 (Контроль)	47,3	55,3
№2 (Нанопрепарат)	44,6	49,4
№3 (АгроВерм)	38,9	49,3
№4 (Биостим)	40,0	52,1
№5 (Ультрамаг)	37,4	48,9

В результате фенологических наблюдений по вариантам опыта (11.06.2019) в контрольном варианте выявлена наибольшая высота растений 47,3 см, в остальных вариантах данный показатель был меньше средней высоты растений по сравнению с контрольным вариантом: вариант №2 (Нанопрепарат) – 44,6 см, вариант №3 (АгроВерм) – 38,9 см, вариант №4 (Биостим) – 40,0 см, вариант №5 (Ультрамаг) – 37,4 см. Наименьшая разница в высоте растений была 2,7 см в варианте № 2 (обработка семян и одна листовая подкормка нанопрепаратом), наибольшая – 9,9 см в варианте № 5 (одна листовая

подкормка жидкими удобрениями линейки Ультрамаг). Из данных таблицы 8 можно сделать вывод, что первая листовая подкормка не повлияла на высоту растений сои, по сравнению с контрольным вариантом.

Вторая листовая подкормка посевов сои проведена 23.07.2019. Высота растений в контрольном варианте №1 была наибольшая и составляла 55,3 см, что на 5,9 см превышает высоту растений в варианте №2 (Нанопрепарат), на 6,0 см - в варианте №3 (АгроВерм), наименьшая разница 3,2 см наблюдалась у варианта №4 (Биостим) и наибольшая - 6,4 см в варианте № 5 (Ультрамаг).

Сравнительный анализ высоты растений по вариантам опыта показал, что в контрольном варианте растения развивались лучше, чем в вариантах с применением листовых подкормок.

Высокое содержание белка в вегетативной массе и в зерне сои определяет большую ее потребность в азоте, которая в большей мере удовлетворяется за счет потребления его из атмосферы посредством симбиотической азотфиксации.

Визуально клубеньки становятся заметны на корнях сои в период формирования первого тройчатого листа, то есть через 7-10 дней после всходов.

Процесс азотфиксации в молодых клубеньках начинается рано, примерно через 15-23 дня после их появления, и продолжается вплоть до старения растений.

Интенсивность азотфиксации в посевах сои зависит от комплекса факторов. Прежде всего, следует отметить влияние влажности почвы. Клубеньковые бактерии относятся к влаголюбивым микроорганизмам. При недостатке влаги образование клубеньков не происходит, а сформировавшиеся ранее отмирают. Засуха, сопровождающаяся потерей клубеньками 25 % влаги, вызывает необратимое снижение их азотфиксирующей способности.

Подсчет сформировавшихся клубеньков был проведен 23.07.2019 г. Среднее количество клубеньков по вариантам опыта приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Число клубеньков на растениях сои

Показатель	Вариант опыта				
	№ 1 (Контроль)	№2 (Нано-препарат)	№ 3 (АгроВерм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 (Ультрамаг)
Число клубеньков, шт.,	39,0	48,0	52,7	51,7	44,5
из них, мм, %					
от 5 до 7	10	15	20	10	10
от 3 до 4	70	10	75	20	60
от 1 до 2	20	75	5	70	30

Из данных таблицы 10 видно, что наименьшее число клубеньковых бактерий на корнях растений сои было в контрольном варианте – 39,0 шт., в варианте №2 (Нанопрепарат) показатель превышает контрольный вариант на 9,0 шт., в варианте №3 (АгроВерм) – 13,7 шт., в варианте №4 (Биостим) – 12,7 шт., в варианте №5 (Ультрамаг) – 5,5 шт.

Анализируя результаты можно сделать вывод, что в варианте опыта № 3 с применением биопрепарата АгроВерм азотофиксация была интенсивнее, чем в остальных вариантах. Среднее число клубеньков на корнях наибольшее 52,7 шт. Клубеньки небольшие от 3 до 4 мм, имеющие бело-серую окраску.

Число азотофиксирующих клубеньков на корнях сои по вариантам опыта приведены на рисунке 14.



вариант № 1 (контроль)



Вариант №2 (нанопрепарат)



вариант №3 (АгроВерм)



Вариант № 4 (Биостим)



Вариант № 5 (Ультрамаг)
Рисунок 14 – Число азотофиксирующих клубеньков
на корнях растений сои по вариантам опыта

За период вегетации сои (май – сентябрь) выпало 283 мм осадков, что составляло 95,8 % от среднеемноголетнего значения (295,3 мм). Среднесуточная температура составила 21,6 °С, что несколько выше среднеемноголетних значений на 1,6 °С, (таблица 11). Майский переизбыток влаги способствовал быстрому росту растений в начальный период вегетации. Последующие засушливые условия июня отрицательно отразились на репродуктивных функциях сои, и привели к снижению урожайности в сравнении со среднеемноголетними значениями.

Таблица 11 – Погодные условия 2019 г. в сравнении со среднеемноголетними значениями, Метеостанция WeatherLink, АОС – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Месяц	Количество осадков, мм		Температура, °С	
	среднеемноголетнее	за отчетный год	среднеемноголетняя	за отчетный год
Май	64,6	123	16,6	18,8
Июнь	76,3	49	20,3	24,9
Июль	56,2	46	23,1	22,5
Август	54,6	15	22,6	24,0
Сентябрь	43,6	50	17,4	18,2
Итого за вегетацию	295,3	283	20,0	21,6

9 Оценка урожайности по вариантам опыта

Уборку сои на опытных участках провели 18 сентября 2019 г. самоходным зерноуборочным комбайном Acros 550 (рисунок 15). Характеристика культуры и показатели качества выполнения технологического процесса на момент уборки приведены в таблице 12.



Рисунок 15 – Комбайн Acros 550 на уборке сои

Условия уборки на участках сравниваемых вариантов были типичными: влажность почвы в слое от 0 до 10 см в среднем составляла 8,3 %, твердость почвы находилась в диапазоне от 0,5 до 1,9 МПа, что соответствует требованиям НД.

Растения сои находились в полной спелости во всех вариантах опыта. Влажность зерна в среднем составляла – 8,5 %, влажность незерновой части – 46,6 %.

Таблица 12 – Характеристика растений сои на момент уборки

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам				
	№1 (Контроль)	№2 (Нано-препарат)	№3 (Агро-Верм)	№4 (Биостим)	№5 (Ультрамаг)
Урожайность, ц/га	22,8	11,3	15,6	18,1	13,7
Высота растений, см	71,8	68,7	70,3	71,2	65,2
Высота расположения нижнего боба, см	12,7	12,8	11,7	11,5	11,8

Окончание таблицы 12

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам				
	№1 (Контроль)	№2 (Нано-препарат)	№3 (Агро-Верм)	№4 (Биостим)	№5 (Ультрамаг)
Число бобов на растении, шт.	25,0	18,0	21,0	22,0	20,0
Число стеблей, шт.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Среднее число зерен в бобе, шт.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Высота среза, см	10,2	10,4	10,2	10,2	10,3
Влажность, %	8,5				
- зерна					
- незерновой части	42,5	47,4	46,1	48,4	48,5
Масса 1000 зерен, г	166,0	121,8	126,4	163,0	132,4

Из таблицы видно, что по итогам уборочных работ наибольшая урожайность зерна сои была получена в контрольном варианте №1 по хозяйственной обработке посевов – 22,8 ц/га. Урожайность по вариантам №№ 2, 3, 4, 5 значительно уступала показателю урожайности в варианте № 1 (Контроль) на 11,5 ц/га, 7,2 ц/га, 4,7 ц/га и 9,1 ц/га соответственно.

Среди вариантов №№2, 3, 4, 5 применения листовой подкормки сои Нанопрепаратом, биопрепаратом АгроВерм и жидкими минеральными удобрениями линеек Биостим и Ультрамаг, наивысший показатель урожайности зерна получен в варианте №4 – 18,1 ц/га.

Преимущество по массе 1000 зерен 166,0 г и числу бобов на растении 25,0 шт. преобладало так же в контрольном варианте, немного уступал вариант №4 (Биостим): масса 1000 зерен 163,0 г., что на 3,0 г меньше; число бобов на растении - 22,0 шт. Наименьшая масса 1000 зерен в варианте №2 (Нанопрепарат) – 121,8 г., разница составляет 44,2 г и число бобов на растении - 18,0 шт. по сравнению с контрольным вариантом. В вариантах №3 (АгроВерм) и № 5 (Ультрамаг) масса 1000 зерен составляла 126,4 г. и 132,4 г., а число бобов на растении – 21,0 шт. и 20,0 шт. соответственно. Что так же меньше значения данных показателей в контрольном варианте №1.

Среднее число стеблей на растении и зерен в бобе было одинаковым на каждом варианте опыта: по 2 стебля и 2 зерна в бобе.

При подведении итогов по показателям исследуемым препаратам можно сделать следующие выводы:

- обработка посевного материала и первая листовая подкормка нанопрепаратами положительно повлияла на рост и развитие растений сои, вторая листовая подкормка задержала рост растений, что повлияло на развитие бобов и зерна сои, но значительно улучшила развитие азотофиксирующих клубеньков на корнях растений по сравнению с контрольным вариантом №1 обработки;

- двукратное применение при листовых подкормках удобрением Биостим поспособствовало улучшению процессов роста растений сои, образования завязи и созревания урожая;

- обработка семенного материала и двукратное применение биопрепарата АгроВерм положительно сказалось на образовании азотофиксирующих клубеньков на корнях сои;

- двукратное применение при листовых подкормках удобрения Ультрамаг так же положительно повлияло на образование азотофиксирующих клубеньков.

10 Разработка и создание препаратов на основе нанотехнологий для предпосевной обработки семян и листовой подкормки кукурузы

Разработка и создание препаратов на основе современных 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 уникальными свойствами. Наши исследования показали, что:

- наночастицы металлов от 7 до 50 раз менее токсичны, чем металлы в виде солей;
- домикронный размер частиц способствует легкому проникновению их во все органы и ткани;
- наночастицы обладают пролонгированным действием; в дозах в 100 раз меньших МПД (максимально переносимые дозы), наночастицы проявляют свойства биотиков, т.е. стимулируют обменные процессы;
- наночастицы проявляют синергидный эффект с природными полисахаридами.

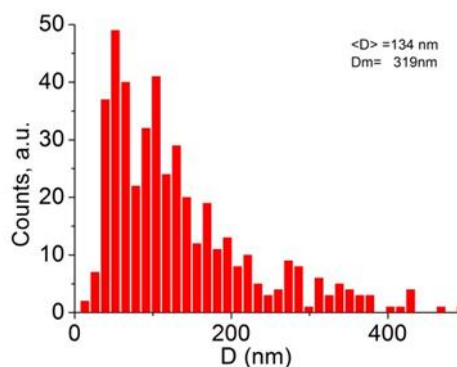
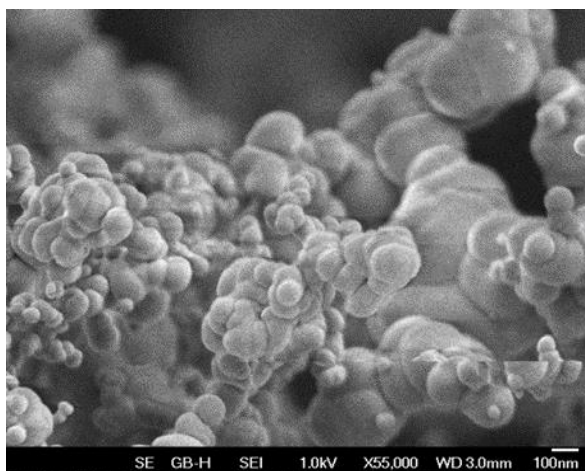
10.1 Получение и анализ наночастиц металлов и их физико-химические характеристики

Наночастицы молибдена представляют собой монокристаллические структуры, покрытые полупрозрачной оксидной пленкой. Кривая распределения наночастиц молибдена по размеру лежит в области от 5 до 150 нм. Средний диаметр частиц молибдена составляет $(51,0 \pm 0,9)$ нм.

На рисунке 16 представлены ПЭМ-изображения наночастиц молибдена, кривые распределения наночастиц по размеру.

На рисунке 17 представлены СЭМ-изображения наночастиц бора, кривые распределения наночастиц по размеру.

Наночастицы бора имеют округлую форму и приплюснуты вдоль одной оси. Размеры частиц лежат в основном в пределах от 100 до 300 нм. На поверхности округлых частиц видны многочисленные бугорки, размерами от 10 до 20 нм, по всей видимости, адсорбированные на субмикронных частицах наноразмерные частицы. Средний размер составил 134 нм.



Электронно-микроскопические изображения частиц образца аморфного бора, полученные в режиме регистрации вторичных электронов при увеличениях $\times 55000 \dots \times 90000$.

Кривая распределения наночастиц бора по размерам

Рисунок 16 - СЭМ-изображения наночастиц бора, кривые распределения наночастиц бора по размеру

Состав НЧ бора

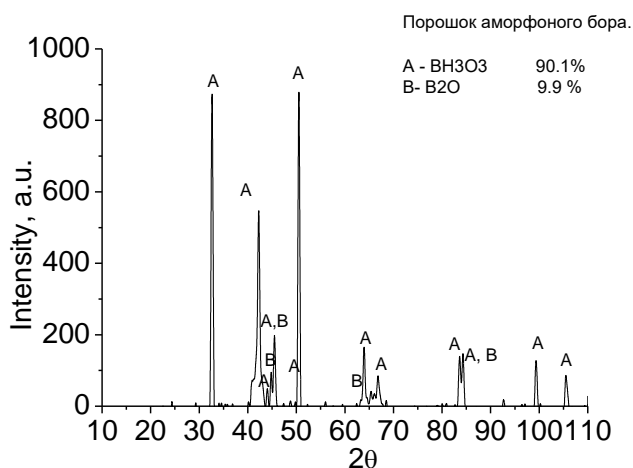


Рисунок 17 - Дифрактограмма частиц бора

По данным элементного анализа содержание бора, кислорода и углерода составляют: В - 92.50 % Wt., С - 7.22 % Wt., О – 0.28 % Wt. По данным РФА содержание BN_3O_3 – 0.34% Wt, B_2O – 0.038%.

В таблице 13 представлены обобщенные данные по физико-химическим характеристикам наночастиц бора.

Таблица 13 - Физико-химические характеристики наночастиц бора

№ п/п	Металл	Размер частиц, $\langle D \rangle$, нм	Элементный состав наночастиц, масса %
1	В	$\langle D \rangle$ - 134нм	В - 92.50, С - 7.22, О – 0.28.

10.2 Лабораторные исследования и предпосевная обработка семенного материала

Предпосевную обработку семян кукурузы проводили в складе 3 апреля (рисунок 18).



Рисунок 18 – Предпосевная обработка семян кукурузы в складском помещении

Термо НК гибрид кукурузы среднеспелый, компании Syngenta (Голландия). Гибрид с высокой урожайностью средних сроков созревания (от 110 до 115 суток); высокоустойчив к засухе, промежуточный тип интенсивности; толерантен к гельминтоспориозу, головне пыльной/пузырчатой, ржавчине,

корневой/стеблевой гнили; крахмала в зерне – от 70% до -72%. Семена обработаны протравителем «Максим, КС».

Приготовление препаратов с наночастицами железа для предпосевной обработки семян кукурузы.

Для проведения предпосевной обработки семян готовили:

Раствор А, содержащий:

- 0,5% Na-карбометилцеллюлоза (КМЦ)
- 1,25% Полиэтиленгликоль – 400 (ПЭГ-400)
- 0,00375% Na-этилендиаминетрауксусной кислоты (ЭДТА)

Раствор Б, содержащий:

- 2% Радифарм
- 2% Микромикс

Раствор В, содержащий

- $10^{-7}\%$ НЧ Fe

Приготовленные растворы А, Б, В соединяли перед обработкой семян в следующем соотношении: раствор А – 1 часть, раствор Б – 1 часть, раствор В – 1 часть.

Наночастицы железа определенной навески были диспергированы в воде на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц 30 с, перерыв 30 с. (три повторности) при охлаждении диспергируемой смеси льдом. Полученную суспензию наночастиц металлов в воде добавляли к 10 мл раствора А. Объединенный раствор диспергировали повторно на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц 30 с, перерыв 30 с. (три повторности) при охлаждении диспергированной смеси льдом.

Объединенный раствор диспергировали повторно на ультразвуковом дезинтеграторе УЗДН-А (Россия) в режиме 0,5 А, 44 кГц - 30 с, перерыв 30 с (три повторности) при охлаждении диспергированной смеси льдом. Приготовленными препаратами обрабатывали семена сои и проверяли основные пока-

затели всхожести, энергии прорастания, корневой и зеленой массы сеянцев (таблица 14, рисунок 19).

Таблица 14 -Изменение параметров энергии прорастания, всхожести кукурузы, зеленой массы и массы корней сеянцев после предпосевной обработки семян наночастицами железа в составе полимерной пленки

№ группы	Состав композиции для обработки зерна	Энергия прорастания семян, (3 сут.), %	Всхожесть, семян, (7 сут.), %	Зеленая масса на 1 семя, о/к, %	Масса корней, на 1 семя, о/к, %
Контроль	Полимерная пленка Без наночастиц	100	100	100	100
Опыт	Полимерная пленка + НЧ Fe 10^{-7} %	104.4	105.5	110.5	127.0



Рисунок 19 - Сеянцы кукурузы через 7 суток после выращивания рулонным способом для оценки энергии прорастания, всхожести кукурузы, изменению зеленой массы и массы корня растений при обработке наночастицами железа

Полученные данные показывают, что наночастицы железа в концентрации 10^{-7} %, введенные в состав полимерной пленки, способствуют увеличению показателей всхожести семян, энергии прорастания от 4,4% до 5,5%,

увеличению зеленой массы на 10,5%, массы корней на 27% по сравнению с контролем. На основании лабораторных опытов был приготовлен препарат с наночастицами железа для предпосевной обработки кукурузы для выращивания в полевых условиях. Препарат включал следующие компоненты:

- натриевая соль карбоксиметил целлюлозы (0,5%),
- Полиэтиленгликоль – 400 (1,25%).
- натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (0,00375%)
- Радифарм (2%)

10.3 Разработка препаратов с наночастицами металлов для листовой подкормки кукурузы по фазам роста

Современное промышленное выращивание сельскохозяйственных культур невозможно без соответствующей системы подкормки, обеспечения растений питательными веществами. Удобрения являются одним из наиболее эффективных средств воздействия на урожайность и качество зерна кукурузы.

Для интенсивного роста и развития кукурузе в течение всего вегетационного периода необходимо оптимальное количество макро- и микроэлементов в легкодоступной форме, подкормка, а для эффективного их потребления — определенные почвенно-климатические условия: структура почвы, ее температура, влажность и содержание подвижных элементов питания, pH почвенной среды, температура и влажность воздуха, интенсивность солнечной радиации и т.д.

Кукуруза достаточно требовательна к повышенному минеральному питанию и как культура длительного вегетационного периода способна усваивать питательные вещества в виде подкормки в течение всего жизненного цикла. На создание 1 т зерна с соответствующим количеством листостебельной массы кукуруза потребляет из почвы и удобрений в среднем от 24 до 30 кг азота, от 10 до 12 - фосфора и от 25 до 30 кг - калия. Поэтому для формирования урожая зерна в степной зоне на уровне от 5,5 до 6,0 т/га она выно-

сит из почвы в среднем от 132 до 180 кг азота, от 55 до 72 кг — фосфора и от 138 до 180 кг калия. Отметим, что в течение вегетации различные макроэлементы растениями кукурузы поглощаются неравномерно. Использование азота продолжается до восковой спелости, с максимальной потребностью в период от выбрасывания метелки до цветения. Поглощение фосфора проходит более равномерно почти до полной спелости зерна. Калий растения интенсивно используют в первой половине вегетации и в период образования и формирования зерна. Такое количество питательных веществ в доступных растениям формах, даже при высоком уровне плодородия, почва, как правило, не в состоянии обеспечить. Коэффициент использования растениями культуры питательных веществ из почвы является относительно невысоким. Так, для азота и калия он составляет от 30% до 60%, для фосфора на различных почвах — от 15% до 40%, а для микроэлементов — менее 1% от подвижных форм, содержащихся в почве. Поэтому удобрения, подкормки остаются самым влиятельным фактором повышения урожайности этой культуры. При построении системы питания кукурузы необходимо учитывать агроклиматические условия выращивания, тип почвы, степень его обеспечения подвижными формами питательных веществ, а также физиологические потребности растений в отдельных макроэлементах в течение всего вегетационного периода.

В таблице 15 представлен состав препаратов для листовой подкормки кукурузы.

Таблица 15 – Состав препаратов для листовых подкормок кукурузы по фазам роста

Фаза роста	Состав	Содержание, %
Образование от 3 до 5 листьев	Препарат №1	0,05
	Витанолл	0,00075
	ЭДТА	10^{-4}
	НЧ Zn	1,0
	АгроВерм	
Образование 10 листьев	Препарат №2	0,05
	Витанолл	0,00075
	ЭДТА	1×10^{-6}
	НЧ В	1,0
	АгроВерм	

В качестве источника интенсивного питания использован препарат АгроВерм, который показал положительное влияние на рост и урожайность кукурузы по результатам прошлого года. АгроВерм содержит: NPK 11,2% от с.о., комплекс гуминовых и фульвовых кислот 12г/л, Органическое вещество 40% от с.о.; Микроэлементы: Al, As, B, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, I, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Sr, V, Zn; (pH)11+/-1,1.

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

В состав препарата входит Витанолл, который совмещает в себе свойства смачивателя, адъюванта, прилипателя и ПАВа. Представляет собой 100% полиалкиленоксид силоксана модифицированный полиэфиром.

В препарат №1 введены наночастицы цинка, в препарат № 2 введены наночастицы бора.

Таким образом, были разработаны комплексные препараты с наночастицами металлов для предпосевной обработки семян кукурузы и для их листовой подкормки на разных фазах роста.

11 Результаты исследований на посевах кукурузы по вариантам опыта

Исследования технологии возделывания кукурузы в производственных посевах с применением био- и нанопрепаратов проводились на полях валидационного полигона КубНИИТиМ.

В проведении исследований было заложено пять вариантов опытов по оценке эффективности применения в производственных посевах кукурузы био- и нанопрепаратов:

- контрольный участок с хозяйственными обработками семян и посевов (однократная листовая подкормка Сульфат цинка + Гумат калия);

- жидкого гуминового биоудобрения «АгроВерм», изготовленного на основе Вермикомпоста (обработка семян и две листовые подкормки биопрепаратом «АгроВерм»);

- удобрения линейки «Ультрамаг» - однокомпонентные и комплексные жидкие удобрения (две листовые подкормки удобрением «Ультрамаг Комби Кукуруза» + «Ультрамаг Хелат Zn-15»);

- удобрения линейки «Биостим», органо-минеральные удобрения-биостимуляторы с микроэлементами на основе аминокислот растительного происхождения (две листовые подкормки удобрением «Биостим Кукуруза» + «Ультрамаг Хелат Zn-15»);

- с применением нанопрепарата в предпосевной обработке семян и посевов (обработка семян и две листовые подкормки 0,05 % витанолл, 0,00075% ЭДТА, НЧ Zn 10⁻⁴%, 1 % биопрепарата «Агроверм»).

Посев кукурузы проводился 15.04.2019 г. на валидационном полигоне КубНИИТиМ агрегатом МТЗ 82 + УПС-8 на поле 7(2) с нормой высева 73 тыс.шт./1 га (5 шт./п.м) по предшественнику – озимая пшеница. Схема посева – однострочная, с междурядьем – 70 см. Всего заложено 5 вариантов опыта (рисунок 20).



Рисунок 20 – Посев кукурузы по вариантам опыта

Влажность почвы на момент посева в слоях от 0 до 15 см находилась в диапазоне от 13,7 до 27,4 % и отвечала агротребованиям (до 30%), при твердости почвы от 0,2 до 0,6 МПа, что также соответствовало агротребованиям (до 4 МПа). Характеристика условий была типичной для данного периода года и вида работы, что способствовало быстрому и дружному появлению всходов. Сорные растения на опытном поле на момент посева отсутствовали.

Посев провели по 5 вариантам опыта с разной предпосевной обработкой семян согласно схеме:

- вариант № 1 - контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (Максим КС (фунгицид-протравитель для предпосевной обработки));

- вариант № 2 - посев с добавлением нанопрепарата в хозяйственную предпосевную обработку семян (Максим КС (фунгицид-протравитель для предпосевной обработки) + 1,0 л/т нанопрепарат + вода 2 л);

- вариант № 3 - посев с добавлением препарата в хозяйственную предпосевную обработку семян (Максим КС (фунгицид-протравитель для предпосевной обработки) + 1,0 л/т биопрепарат АгроВерм);

- вариант № 4 - посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (Максим КС (фунгицид-протравитель для предпосевной обработки));

- вариант № 5 - посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян (Максим КС (фунгицид-протравитель для предпосевной обработки)).

Показатели качества посева кукурузы представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели качества посева кукурузы

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта				
	№ 1 (Контроль)	№ 2 (Нано-препарат)	№ 3 (Агро-Верм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 (Ультрамаг)
Распределение растений в рядке (в день посева):					
- число растений на одном погонном метре, шт.	4,7	4,9	4,6	4,8	4,7
- фактический средний интервал между растениями, см	24,5	20,8	25,7	23,3	24,5
- стандартное отклонение, ± см	1,4	7,4	1,6	8,2	1,4
- коэффициент вариации, %	5,5	35,7	6,2	35,1	5,5
Глубина заделки семян (непосредственное нахождение в день посева), см					
- установочная, см	6,0				
- средняя, см	5,9	5,7	5,8	5,7	6,0
- стандартное отклонение, ± см	1,4	1,1	0,9	1,1	0,8
- коэффициент вариации, %	23,7	21,6	17,6	23,4	13,3
Число семян, не заделанных в почву, шт./м ²	0				
Высота растений после полных всходов, см (29.04. 2019 г.)	4,3	4,7	4,6	4,4	4,3

Из приведенных данных видно, что обработка семенного материала нанопрепаратом и биопрепаратом АгроВерм положительно повлияла на развитие растений кукурузы. Преобладание в высоте растений, на момент заме-

ров (29.04.2019), по сравнению с контрольным вариантом № 1 составили в вариантах №2 (Нанопрепарат) и №3 (АгроВерм) 0,4 и 0,3 см соответственно.

12 Агротехнические мероприятия и фенологические наблюдения за развитием растений кукурузы в вариантах опыта

Первая междурядная культивация по всем вариантам проводилась 10.05.2019 г. агрегатом МТЗ-82 +КРН-5,6. На момент междурядной обработки влажность почвы находилась в диапазоне от 15,2 % до 30,8 %, твердость почвы от 0,3 до 0,6 МПа. Средняя глубина обработки составила 13,0 см (стандартное отклонение 2,3 см, коэффициент вариации 17,8 %), что обеспечило полное подрезание сорных растений. Повреждение культурных растений не наблюдалось.

Вторая междурядная культивация посевов кукурузы проводили 24 мая 2019 культиватором КРН-5,6. На момент междурядной обработки влажность почвы находилась в диапазоне от 4,5 % до 31,8 %, твердость почвы от 0,5 до 1,9 МПа. Средняя глубина обработки составила 13,9 см (стандартное отклонение 3,5 см, коэффициент вариации 25,4 %), что обеспечило полное подрезание сорных растений. Повреждение культурных растений не наблюдалось.

Одновременно с междурядной обработкой 24.05.2019 г. в фазе от 3 до 5 листьев агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 МК «Гварта 5» проведена первая подкормка (рисунок 21) с расходом рабочей жидкости 200 л/га по каждому варианту согласно схеме полевого опыта в соответствии с приложением В.



Рисунок 21 – Первая листовая подкормка кукурузы по вариантам опыта

6 июля 2019 в фазе 10 листьев проведена вторая подкормка тем же агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 МК «Гварта 5» с расходом рабочей жидкости 200 л/га по каждому варианту, согласно схеме полевого опыта (рисунок 22).



Рисунок 22 – Общий вид агрегата МТЗ-82+ОПГ-3000/24 МК «Гварта 5» в период второй листовой подкормки кукурузы

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

Результаты наблюдений за ростом растений кукурузы в тестовом полигоне на поле 7(2) по всем вариантам технологий приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Развитие растений кукурузы по вариантам обработки

Дата проведения замеров	Высота культурных растений по вариантам опыта, см				
	№1 (Контроль)	№ 2 (Нанопрепарат)	№ 3 (АгроВерм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 (Ультрамаг)
20.05.2019	15,8	16,4	16,8	15,8	15,4
17.06.2019	140,0	131,4	135,9	127,0	115,1
02.08.2019	278,5	256,2	273,3	268,2	223,6

В результате проведенных фенологических наблюдений за растениями кукурузы (рисунок 23) установлено, что в вариантах опыта №№ 2,3 (Нано-

препарат и АгроВерм) перед первой листовой обработкой (20.05.2019 г.) динамика роста растений лучшая по сравнению с другими вариантами. Растения превышали в высоте контрольный вариант № 1 на 0,6 и 1,0 см соответственно. Растения по вариантам опыта №№ 1, 4 и 5 имели примерно одинаковую высоту.



Рисунок 23 – Измерение динамики роста растений кукурузы

При измерении высота растений после проведения двукратной листовой подкормки (17.06.2019 г.) нано- и биопрепаратами картина изменилась. Значительно превышали в высоте растения в контрольном варианте № 1 - 140,0 см. Существенно отставали в росте растения в варианте №5 с обработкой комплексными удобрениями линейки «Ультрамаг» - 115,1 см (на 24,9 см), в варианте №4 с обработкой удобрениями линейки «Биостим» - 127,0 см (на 13,0 см), в варианте №2 (Нанопрепарат) – 131,4 см (на 8,6 см). Немного ниже были растения в варианте №3 (АгроВерм) – 135,9 см, (4,1 см).

После проведенных измерений 02.08.2019 г. разница в высоте растений оставалась примерно на том же уровне наиболее высокими оставались расте-

ния в контрольном варианте №1 – 278,5 см. В остальных вариантах растения были ниже: в варианте №2 (Нанопрепарат) – на 31,3 см, в варианте №3 (АгроВерм) – на 5,2 см, в варианте №4 (Биостим) – на 10,3 см и в варианте №5 (Ультрамаг) – на 54,9 см.

Из данных можно сделать вывод, что листовые подкормки в вариантах №№ 2,3,4,5 отрицательно повлияли на рост растений кукурузы.

За период вегетации кукурузы (май – сентябрь) выпало 283 мм осадков, что составляло 95,8 % от среднегодовалого значения (295,3 мм). Среднесуточная температура составила 21,6 °С, что несколько выше среднегодовых значений на 1,6 °С, (таблица 18). Майский переизбыток влаги способствовал быстрому росту растений в начальный период вегетации. Последующие засушливые условия июня отрицательно отразились на репродуктивных функциях сои, и привели к снижению урожайности в сравнении со среднегодовыми значениями.

Таблица 18 – Погодные условия 2019 г. в сравнении со среднегодовыми значениями, Метеостанция WeatherLink, АОС – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Месяц	Количество осадков, мм		Температура, °С	
	средне- многолетнее	за отчетный год	средне- многолетняя	за отчетный год
Май	64,6	123	16,6	18,8
Июнь	76,3	49	20,3	24,9
Июль	56,2	46	23,1	22,5
Август	54,6	15	22,6	24,0
Сентябрь	43,6	50	17,4	18,2
Итого за вегетацию	295,3	283	20,0	21,6

13 Оценка урожайности по вариантам опыта

Уборку кукурузы на опытных участках провели 5 сентября 2019 г. самоходным зерноуборочным комбайном Палессе GS 12+ARGUS-870 (рисунок 24). Характеристика культуры и показатели качества выполнения технологического процесса на момент уборки приведены в таблице 15.



Рисунок 24 – Комбайн Палессе GS12 на уборке кукурузы

Условия уборки на участках сравниваемых вариантов были практически одинаковыми: влажность почвы в слое от 0 до 10 см в среднем составляла 17,3 %, твердость почвы находилась в диапазоне 0,3 МПа, что соответствует агротребованиям.

Растения кукурузы находились в полной спелости во всех вариантах опыта. Влажность зерна в среднем составляла – 12,0 %, влажность незерновой части – 14,6 %.

Таблица 19 – Характеристика растений кукурузы на момент уборки

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта				
	№ 1 (Контроль)	№ 2 (Нано-препарат)	№ 3 (Агро-ро-Верм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 (Ультрам)
Урожайность, ц/га	84,3	64,7	65,7	72,8	71,4
Высота растения, см	278,5	256,2	273,3	268,2	223,6

Окончание таблицы 19

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам опыта				
	№ 1 (Контроль)	№ 2 (Нано-препарат)	№ 3 (Агро-верм)	№ 4 (Биостим)	№ 5 (Ультра-маг)
Диаметр стебля, мм	20,9	21,4	21,8	21,0	20,0
Высота расположения нижнего початка, см	130,9	98,7	133,0	126,1	121,9
Длина початка, см	17,9	16,0	15,4	17,5	16,4
Диаметр початка, мм	43,5	41,9	42,2	44,6	42,5
Влажность, %:					
- зерна	12,2	12,3	11,9	11,4	11,6
- незерновой части	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
Масса 1000 зерен	299,4	295,2	294,1	290,0	280,6
Влажность почвы в слое от 0 до 10 см, %	17,3				
Твердость почвы в слое от 0 до 10 см, МПа	0,3				

По результатам характеристики растений кукурузы можно сказать, что:

- наибольшая средняя толщины стебля у основания растений в сравнении с контрольным вариантом (20,9 мм) наблюдалась в вариантах №2 (Нанопрепарат) – 21,4 мм, № 3 (АгроВерм) – 21,8 мм и №4 (Биостим) – 21,0 мм, что больше на 0,5, 0,9 и 0,1 мм соответственно, а у варианта № 5 (Ультрамаг) толщина стебля 20,0 мм, что на 0,9 мм меньше толщины стебля в контрольном варианте;

- наименьшая средняя высота расположения нижнего початка была в варианте № 2 (Нанопрепарат) 98,7 см, что на 32,2 см ниже, чем в контрольном варианте №1 130,9 см, так же ниже початки находились в вариантах № 4 (Биостим) – 126,1 см и №5 (Ультрамаг) – 121,9 см, что на 4,8 и 9,0 см соответственно; в варианте №3 (АгроВерм) початки располагались на высоте 133,0 см, что на 2,1 см выше расположения початков в контрольном варианте;

- наибольшая длина початка кукурузы была в контрольном варианте №1 17,9 см, немного меньше длина початка была в варианте №4 (Биостим) -

17,5 см (на 0,4 см), в остальных вариантах № 2 -16,0 см, № 3 – 15,4 см, № 5 – 16,4 см початки были значительно меньше на 1,9, 2,5 и 1,5 см соответственно;

- диаметр початка в варианте №4 (Биостим) - 44,6 мм превышает на 1,1 мм диаметр початка в контрольном варианте 43,5 мм.

По итогам уборочных работ наибольшая урожайность зерна кукурузы была получена в контрольном варианте №1 по хозяйственной обработке посевов – 84,3 ц/га.

Среди вариантов №№ 2,3,4,5 применения листовой подкормки кукурузы нанопрепаратами, биопрепаратом АгроВерм и жидкими минеральными удобрениями линейек Биостим и Ультрамаг, наивысшие показатели получены в варианте № 4 – 72,8 ц/га, немного уступает вариант № 5 – 71,4 ц/га.

Преимущество по массе 1000 зерен 299,4 г преобладало так же в контрольном варианте № 1, немного уступали варианты № 2 (Нанопрепарат) и №3 (АгроВерм) масса 1000 зерен 295,2 и 294,1 г., что на 4,2 и 5,3 г меньше соответственно. Наименьшая масса 1000 зерен в варианте №5 (Ультрамаг) – 280,6 г., разница составляет 18,8 г по отношению к контрольному варианту №1.

При подведении итогов по показателям исследуемых препаратов можно сделать следующие выводы:

- обработка семенного материала и листовые подкормка нанопрепаратом и биопрепаратом АгроВерм положительно повлияла на рост растений кукурузы;

- применение удобрения линейки Биостим положительно повлияли на формирование и рост початков кукурузы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований эффективности применения нано- и биопрепаратов с микроэлементами в производственных посевах пропашных культур в центральной зоне Краснодарского края на валидационном полигоне КубНИИТиМ в течении всего вегетационного периода растений можно сделать выводы:

- за период вегетации сельскохозяйственных растений (май – сентябрь) выпало 283 мм осадков, что составляло 95,8 % от среднегодовое значение (295,3 мм). Среднесуточная температура составила 21,6 °С, что несколько выше среднегодовое значений на 1,6 °С. Майский переизбыток влаги способствовал быстрому росту растений в начальный период вегетации. Последующие засушливые условия июня отрицательно отразились на репродуктивных функциях сои, и привели к снижению урожайности в сравнении со среднегодовое значениями;

- наибольшая урожайность зерна подсолнечника была получена с листовой подкормкой удобрением линейки Ультрамаг, которая превышала на 8,3 ц/га урожайность полученную на контрольном варианте по хозяйственной обработке посевов;

- преимущество по массе 1000 зерен 36,21 г получено также с применением листовой подкормкой удобрением линейки Ультрамаг;

- наибольшая урожайность зерна сои была получена в контрольном варианте по хозяйственной предпосевной и листовой обработке посевов – 22,8 ц/га.

- преимущество по массе 1000 зерен 166,0 г и число бобов на растении 25,0 шт. преобладало так же в контрольном варианте, немного уступал вариант с применением удобрения линейки Биостим: масса 1000 зерен 163,0 г., что на 3,0 г меньше; число бобов на растении - 22,0 шт. Наименьшая масса 1000 зерен в варианте с обработкой нанопрепаратом – 121,8 г., разница составляет 44,2 г и число бобов на растении - 18,0 шт. по сравнению с контрольным вариантом.

По результатам уборки кукурузы на зерно установлено, что:

- наибольшая урожайность зерна кукурузы была получена в контрольном варианте по хозяйственной обработке посевов – 84,3 ц/га.

- наибольшая масса 1000 зерен 299,4 г в контрольном варианте. Наименьшая масса 1000 зерен в варианте с применением линейки удобрений Ультрамаг – 280,6 г., разница составляет 18,8 г по отношению к контрольному варианту

Исследования показали: что применение комплексных жидких микроудобрений линейки Ультрамаг и органо-минеральных удобрений-биостимуляторов с микроэлементами линейки Биостим положительно влияют на рост и развитие растений подсолнечника при условии их внесения в строго определенных нормах и в определенные фазы развития растений.

Несмотря на небольшую урожайность культур кукурузы на зерно и сои, но улучшенное по основным показателям развития и роста растений можно сделать следующие выводы:

- обработка посевного материала и первая листовая подкормка нанопрепаратами положительно повлияла на рост (на 1,6 см) и развитие растений сои, вторая листовая подкормка задержала рост растений сои (на 3,3 см меньше), но улучшила развитие азотофиксирующих клубеньков на корнях растений (на 11 шт. больше) по сравнению с контрольным вариантом.

- двукратное применение при листовых подкормках препаратов линейки Биостим и Ультрамаг и обработка семенного материала и двукратное применение при листовых подкормках биопрепарата АгроВерм так же положительно повлияло на образование азотофиксирующих клубеньков на 12,7 , 5,5 и 14,7 шт. больше по отношению к контрольному варианту;

- обработка семенного материала и листовые подкормка нанопрепаратом и биопрепаратом АгроВерм положительно повлияла на всходы растений кукурузы на зерно в диапазоне от 0,3 см до 1,0 см по сравнению с контрольным вариантом;

- применение удобрения линейки Биостим положительно повлияла на

формирование и рост початков кукурузы, диаметр початка превышал данный показатель в контрольном варианте на 1,1 мм.

По результатам полученных исследований КубНИИТиМ предлагает:

- продолжить в 2020 г. исследования производственной технологии возделывания пропашных культур с применением биопрепаратов и удобрений с микроэлементами;
- заложить контрольный вариант без применения листовых подкормок, применяющихся в хозяйстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 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 Котляров Д.В. Физиологически активные вещества в агротехнологиях.-Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – 224 с.
- 3 Ринькис Г.Я. Микроэлементы в комплексе минерального питания растений.- Рига,1975.-С.16
- 4 Нейгебауэр Э.Ф. Комплексные удобрения для некорневых подкормок//Химизация сельского хозяйства.-1988.-№9.-С.46-48
- 5 Школьник М.Я., Микроэлементы в жизни растений.- Ленинград.-1974. – 324 с.
- 6 Анспок П.И. Содержание микроэлементов в почвах и необходимость их применения // Химизация сельского хозяйства.-1988.-№2.-73-75
- 7 Анспок П.И., Микроудобрения.- Ленигр. Отделение: Агропромиздат, 1990.-272 с.
- 8 Тома С.И. Микроэлементы и урожай.-Кишинев.-1980. – 172 с.
- 9 Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза.- Майкоп.-2010.-20с.
- 10 Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур.- Краснодар: КубГАУ, 2012.-231 с.
- 11 Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений.- Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2013.-572 с.
- 12 Котляров Д.В. Физиологически активные вещества в агротехнологиях.- Краснодар: КубГАУ, 2016.-224 с.
- 13 Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений.-СПб: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2011.-367 с.
- 14 Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений.-Ленинград: Наука, 1974.-324 с.

15 Сычев В.Г. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления.-М: ГНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009.-520 с.

16 Иванчук А.П. Биологически активные препараты – основа высоких урожаев//Аграрный вестник, 2001.-№1.-С.23-24

17 Овчаренко М.М. Гуматы – активаторы продуктивности с/х культур/8/Аграрный вестник, 2001.-№2.-С.13-16

18 Першин В.В. Эффективность гуминовых препаратов при выращивании с/х культур // Аграрный вестник, 2002.-№1.-С.14

19 Чиркова Е.А. Влияние комплекса микроудобрений «Бион-Интеллект» на урожайность сои и сахарной свеклы// X всероссийская конференция молодых ученых и специалистов ВНИИМК.- 2019.-С.226-230

20 Регистрационные испытания агрохимиката жидкое гуминовое удобрение «АгроВерм», марка: «АгроВерм К» на кукурузе/ отчет ФГБНУ ВНИИ-БЗР. - Краснодар, 2016.- 9 с.

21 Шкарупа М.В. Эффективность применения комплексного удобрения с микроэлементами «Агромакс» на подсолнечнике в условиях центральной зоны Краснодарского края// X всероссийская конференция молодых ученых и специалистов ВНИИМК.- 2019.- С.236-240

22 Тишков Н.М. Исследования по агрохимии масличных культур во ВНИИМК/ Н.М. Тишков//Сборник научных трудов ВНИИМК.-Краснодар.-2003.-С.81-102

23 Тишков Н.М. Потребление элементов питания сортами и гибридами подсолнечника в зависимости от способов внесения удобрений //Масличные культуры: Научно-технический бюллетень всероссийского научно-исследовательского института масличных культур.-Вып. №1 (140).-Краснодар.-2009.-С.42-50

24 В.М. Лукомец Адаптивные технологии возделывания масличных культур в Южном регионе.-Краснодар,2010.-160с.

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

26 Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами/под ред. Лукомца В.М. 2-е издание, перераб. и доп.- Краснодар, 2010.-327 с.

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

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

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

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

31 СТО АИСТ 8.20-2005 Испытание сельскохозяйственной техники. Приспособления к зерноуборочным машинам для уборки неколосовых культур. Методы оценки функциональных показателей. – М.: Росинформагротех, 2011.-28 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Проект схемы полевого опыта в экспериментальных посевах подсолнечника сорта «НК Фламенко» на поле 9/2, площадь 80 га, предшественник - озимая пшеница

Лесополоса	Лесополоса						Лесополоса
	Неучет						
	Неучет	Вариант № 1 Контроль (площадь 5 га)	Вариант № 2 (площадь 5 га) Посев с добавлением удобрения «Ультрамаг»	Вариант № 3 (площадь 5 га) Посев с добавлением удобрения «Биостим»	Хозяйственные посевы	Неучет	
		Контрольный посев с хозяй- ственной предпосевной обработ- кой семян и хозяйственной обра- боткой посевов	Подкормка удобрением «Комби для масличных» (2 л/га) + «Бор» (1,0 л/га)	1-я подкормка удобрением «Масличный» (1 л/га) + «Ультрамаг Бор» (0,5 л/га)			
				2-я пподкормка удобрением «Универсальный» (1 л/га) + «Ультрамаг Бор» (0,5 л/га)			
		5 га	5 га	5 га			
	Неучет						
Полевая дорога							
Лесополоса							

Проект схемы полевого опыта в экспериментальных посевах кукурузы на зерно сорта «НК Термо» поле 7/2, площадь 101 га, предшественник - озимая пшеница

Лесополоса	Лесополоса								Лесополоса
	Неучет								
	Неучет	Вариант № 1 Контроль (площадь 5 га)	Вариант № 2 (площадь 5 га)	Вариант № 3 (площадь 5 га)	Вариант № 4 (площадь 5 га)	Вариант № 5 (площадь 5 га)	Хозяйственные посевы	Неучет	
		Контрольный посев с хозяйственной предпосевной обработкой семян и хозяйственной обработкой посевов	Посев с обработкой нанопрепаратом	Посев с обработкой биопрепаратом АгроВерм	Посев с добавлением удобрения «Биостим»	Посев с добавлением удобрения «Ультрамаг»			
			Предпосевная обработка семян	Предпосевная обработка семян (1,0 л/т)	1-я подкормка удобрением «Кукуруза» (1,0 л/га) + «УльтрамагХелатZn-15» (1,0л/га)	1-я подкормка удобрением «Комби для кукурузы» (2,0 л/га) + «ХелатZn-15» (1,0л/га)			
			1-я подкормка нанопрепаратом	1-я подкормка биопрепаратом (3 л/га)	2-я подкормка удобрением «Кукуруза» (1,0 л/га) + «УльтрамагХелатZn-15» (1,0л/га)	2-я подкормка удобрением «Комби для кукурузы» (2,0 л/га) + «ХелатZn-15» (1,0л/га)			
		5 га	5 га	5 га	5 га	5 га			
	Неучет								
	Полевая дорога								
	Лесополоса								

Проект схемы полевого опыта в экспериментальных посевах сои сорта «Шама» на поле 8/2, площадь 99 га, предшественник - озимая пшеница

75