

На правах рукописи



НИКОЛАЕВА Ирина Ивановна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
НИТРОАММОФОСКИ С АНТИСЛЕЖИВАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ
НА ОСНОВЕ ДВУОКИСИ КРЕМНИЯ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Пенза – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет», на кафедре «Биотехнологии и техносферная безопасность».

Научный руководитель – доктор биологических наук, доцент
Ефремова Сания Юнусовна.

Официальные оппоненты: **Мосина Людмила Владимировна,**
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени
К.А.Тимирязева», профессор кафедры
«Экология»;
Горохова Анна Геннадьевна,
кандидат биологических наук, филиал ФБУ
«Федеральное управление по безопасному
хранению и уничтожению химического
оружия при Министерстве промышленности и
торговли РФ (войсковая часть 70855)»,
младший научный сотрудник научно-
исследовательской лаборатории (методов
аналитического контроля и моделирования
процессов уничтожения химического оружия).

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
аграрный университет», г. Краснодар.

Защита состоится 16 апреля 2015 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.337.02 на базе ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» по адресу: 440039, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а/11, корпус 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» и на сайте www.penzgtu.ru.

Автореферат разослан 27 февраля 2015 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Коростелева Анна Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Применение минеральных удобрений призвано не только повысить уровень плодородия почв, но и компенсировать вынос биогенных элементов с отчуждаемой продукцией. Нарушение баланса питательных веществ в почве ведет как к уменьшению производства продукции, так и к снижению устойчивости агроландшафтов. Регулирование биологического круговорота веществ в агроценозах как важнейшая задача агрохимии, начиная с работ Д.Н. Прянишникова, ориентировано на экологические основы эффективного и безопасного применения удобрений.

Признавая важную роль минеральных удобрений в производстве качественного, экологически безопасного продовольствия нельзя не отметить, что обоснованные нормы и неравномерное внесение удобрений приводят к существенному негативному их влиянию на природную среду. Недоиспользованные удобрения могут накапливаться в почве в избыточном количестве. Помимо этого, в минеральных удобрениях имеются различные токсичные вещества в виде солей тяжелых металлов, радиоактивных соединений и т.д.; накапливаясь в почве и растениях, эти элементы также становятся источниками загрязнения окружающей среды (Шильников и др., 1997; Ефимов, Донских, Царенко, 2003; Шеуджен, Кизинёк, 2004). В связи с этим изучение влияния применения новых форм минеральных удобрений на изменение агроэкосистемы, и их оптимизация имеют особую актуальность и практическое значение.

Цель работы – исследование влияния нитроаммофоски с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния на агроэкосистему с разработкой практических рекомендаций, направленных на обеспечение ее экологической стабильности.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- изучить влияние оптимальной концентрации антислеживающего агента в составе гранулированной нитроаммофоски на фитотоксичность;
- установить основные механизмы влияния нитроаммофоски и кремнийсодержащих добавок к ней на рост, развитие и продуктивность растений риса;
- выявить и количественно определить изменения пищевого режима почвы, в т.ч. азотного, при внесении различных форм минеральных удобрений;
- оценить влияние нитроаммофосок с кремнийсодержащей добавкой на состояние экосистемы в условиях орошения;
- разработать приёмы получения экологически безопасной продукции, в т.ч. обеспечивающие экологическую стабильность агроценозов в Краснодарском крае.

Научная новизна работы.

Впервые проведено комплексное многофакторное исследование влияния применения нитроаммофоски с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния на состояние почвы, развитие корневой системы, ростовые, формообразовательные процессы, продуктивность и технологическое качество зерна риса.

Впервые обоснована эколого-агрохимическая эффективность применения NPK 16:16:16 с антислеживающими добавками в условиях орошения на лугово-черноземной почве в Краснодарском крае.

Получены новые данные о динамике основных элементов питания (азота, фосфора и калия) в почвах и растениях риса, влиянии различных форм минеральных удобрений на вынос элементов надземной массой растения в условиях орошения. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена агроэкологическая целесообразность применения NPK с 0,2% SiO₂ под рис.

Практическая ценность работы.

Установлено что применение нитроаммофоски с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния равноценно для формирования продуктивности риса, технологических показателей качества зерна и его химического состава, в сравнении с внесением отдельных видов минеральных удобрений. Доказана целесообразность и рекомендована производству природоохранная технология возделывания риса в Краснодарском крае, соответствующая требованиям получения экологически безопасной продукции. Внедрение результатов исследований способствует формированию в Краснодарском крае экологически устойчивой системы рисосеяния.

Диссертационная работа является составной частью плана научно-исследовательских работ ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса» по федеральным целевым комплексным научно-исследовательским программам.

Основные положения диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» при преподавании экологических дисциплин.

Реализация результатов исследований. Разработанные агрохимические приемы и рекомендации по технологии возделывания риса использованы Комитетом по рисоводству при Администрации Краснодарского края при разработке «Программы развития рисоводства в Краснодарском крае на 2012–2016 гг.» и составления научно-обоснованных систем земледелия на орошаемых землях Краснодарского края.

Разработаны и внедрены «Научно-практические рекомендации по применению комплексного минерального удобрения – нитроаммофоски с антислеживающими добавками в растениеводстве» для разработки системы земледелия при возделывании риса, оптимизации питательного режима лугово-черноземных почв и разработки экологически целесообразного ассортимента минеральных удобрений под рис.

Основные положения, выносимые на защиту:

– концентрация антислеживающего агента 0,2% SiO_2 в гранулированной нитроаммофоске 16:16:16 обеспечивает лучшие физико-механические свойства удобрения и не оказывает токсического действия на агроценоз;

– нитроаммофоска с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния увеличивает интенсивность фотосинтетических процессов и уровень продуктивности растений;

– применение нитроаммофоски с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния на лугово-черноземных почвах в условиях орошения, с целью получения качественной растительной продукции целесообразно, экологически и экономически эффективно.

Достоверность результатов исследований определяется корректным выбором типичных участков для проведения полевых опытов, периодом исследований, незначительным варьированием экспериментальных данных по годам проведения опыта, использованием апробированных методик закладки опытов и проведения анализов и наблюдений, апробацией результатов исследований на научных конференциях, применением адекватных методов статистического анализа экспериментальных данных.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены, обсуждены и одобрены на заседаниях методической комиссии селекционного центра ВНИИ риса (2012–2013 гг.); международных научно-практических конференциях: посвященной 60-летию «Пензенская ГСХА» (Пенза, 2011); «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2012; 2014); «Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты (Ульяновск, 2014).

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 3 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК, 1 научно-методические рекомендации.

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы из 265 наименований, в том числе 36 – иностранных авторов, и изложена на 151 странице текста. Работа включает 21 таблицу, 19 рисунков, 2 приложения.

Личный вклад автора заключается в разработке и получении новой формы нитроаммофоски, постановке цели и задач исследования, выполнении основной части экспериментальных исследований, анализе и обобщении полученной информации, статистической обработке и систематизации полученных материалов, апробации основных положений. В диссертации использованы материалы, полученные лично автором и в процессе совместной работы с ВНИИ риса и рисоводческим племенным заводом «Красноармейский» им. А.И. Майстренко.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам ФГБНУ ВНИИ риса: академику Харитонову Е.М., члену-корреспонденту РАН Шеуджену А.Х., д.с.-х.н. Кизиньку С.В., ФГБНУ ВНИИА: профессорам Шильникову И.А., Акановой Н.И., а также лично научному руководителю доктору биологических наук, профессору кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность» ПензГТУ Ефремовой С.Ю. за неоценимую методическую помощь, обсуждение результатов и содействие в выполнении работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость. Представлены положения, выносимые на защиту.

1. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД РИС В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Анализируется современное состояние изученности проблемы влияния минеральных удобрений на свойства почвы и жизнедеятельность растений риса.

Показано, что аграрное землепользование значительно изменяет состав почв, способствует обеднению их макроэлементами или их доступными формами, нарушению соотношений между ними. Деградация почв агроландшафтов связана с несбалансированным питанием растений (Аристархов, 2000; Безуглов, Гогмачадзе, 2008; Курганова, 2004; Кизинёк, 2013).

В настоящее время в зарубежной и отечественной практике разработаны и применяются различные минеральные удобрения, влияющие на весь комплекс свойств почвы, определяющих её плодородие. Вопрос применения под рис азотных, фосфорных и калийных удобрений с учётом почвенного плодородия и биологических особенностей сортов на современном этапе достаточно полно исследован (Гольфанд, 1963; Воробьев, Шеуджен, Алешин и др., 1995; Шеуджен, Кизинек, 2004; Шеуджен, 2005; Онищенко, Шеуджен, Исупова, 2012). Однако формирование

минеральных удобрений требует, как с экологической, так и с экономической точки зрения, оптимизации соотношения основных элементов питания и улучшения физико-механических свойств удобрения. В этом особая роль отводится внедрению безопасных форм минеральных удобрений, поскольку одним из антропогенных факторов системы «почва–растение–человек», является непроизводительное и научно необоснованное их использование.

Анализ проблем, связанных с применением комплексных быстрорастворимых форм минеральных удобрений, показал необходимость изучения их новых форм, трансформации и миграции биогенных элементов, баланса элементов в почве и в других компонентах ландшафта.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – нитроаммофоска NPK 16:16:16 (далее NPK) с антислеживающей добавкой на основе двуокиси кремния, комплексное удобрение, гранулы содержат N, P, K в равных долях. Антислеживающие компоненты – аморфный кремнезем и сиштоф, получены в процессе переработки нефелина.

Для решения задач, поставленных рабочей программой по теме диссертации, предусматривалось проведение лабораторных и полевых опытов.

С целью получения экспериментальных данных по фитотоксичности и агроэкологической эффективности нитроаммофоски с различной концентрацией антислеживающего агента на основе SiO_2 была проведена серия лабораторных тест-исследований с яровой пшеницей сорта «Иволга» и огурцом гибрида «Зозуля F1» в соответствии с общепринятыми методиками в вегетационной лабораторной установке с частично контролируруемыми факторами среды. В качестве субстрата использовали дерново-подзолистую среднесуглинистую почву. Дозировки антислеживающего агента были выбраны, исходя из свойств получаемого плава нитроаммофоски. Установлено, что концентрации агента больше 2,0% SiO_2 ухудшали свойства удобрения, увеличивая его вязкость и влажность. Повторность опыта 8-ми кратная, продолжительность 27 дней. Субстрат – почва дерново-подзолистая среднесуглинистая хорошо окультуренная. Схема опыта состояла из 4-х вариантов: контроль (без удобрений); нитроаммофоска по ТУ 2186-030-00203789-2003 без добавок; нитроаммофоска +0,2% SiO_2 ; нитроаммофоска + 2,0% SiO_2 .

Полевые исследования агроэкологической эффективности нитроаммофоски с антислеживающим агентом проводили на оросительной системе ФГУП РПЗ «Красноармейский» имени Майстренко ФГБНУ ВНИИ риса Красноармейского района Краснодарского края, на лугово-черноземных почвах в условиях орошения. Почва: мощность гумусовых горизонтов лугово-черноземных тяжелосуглинистых почв 134–142 см, содержание физической глины ~60%; удельная масса 2,4–2,5 г/см³, объемная масса пахотного слоя 1,1–1,4 г/см, содержание гумуса (по Тюрину) 3,9–3,2%, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) соответственно – 56,2 и 240,6 мг/кг, ёмкость обменного поглощения 28–33 мг-экв./100 г, $\text{pH}_{\text{вод}}$ – 6,6–6,9.

Схема опыта состояла из пяти вариантов: 1) контроль (фон – аммиачная селитра + суперфосфат + калийная соль до посева + подкормка карбамидом в начале кушения N); 2) нитроаммофоска (ТУ 2186-030-00203789-2003) без добавок, до посева; 3) нитроаммофоска с 0,2% SiO_2 до посева; 4) нитроаммофоска с 6,0% сиштоф до посева; 5) нитроаммофоска с 0,2% SiO_2 до посева + нитроаммофоска с 0,2% SiO_2 – в фазе кушения. Доза удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$. Общая площадь делянки –162 м², учетная –100 м². Повторность опыта 4-х кратная. Использовали сорт риса Рапан.

Основные агрохимические показатели почвы определяли общепринятыми методами: содержание гумуса – ГОСТ 26213-91 и по методу Тюрина, фосфора и калия – ГОСТ 26207-91 и по методу Чирикова, кальция и магния – трилонометрическим методом; рН – ГОСТ 26483-85, Ca^{2+} и Mg^{2+} – трилонометрически, обменный натрий – по И.Н. Антипову-Каратаеву; нитратный азот – по Грандвалю-Ляжу; нитритный азот – по Гриссу; обменный аммоний – в 1 % KCl вытяжке; легко-гидролизуемый азот – по Тюрину и Кононовой; тяжелые металлы – МУ МСХ РФ (1992 г.).

Фенологические наблюдения и биометрический анализ растений проводили по общепринятой методике (Сметанин, Дзюба, Апрод, 1972). Линейные параметры растений определяли путем измерения площади листьев – прибором LI-3000А; густоты стояния растений – подсчетом на площади $0,25 \text{ м}^2$ в 3-х местах на делянке, сухой массы растений – после 6 час высушивания при температуре $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Содержание общего азота, фосфора и калия в растениях определялось из одной навески по методике Куркаева В.Т. (1970) в модификации Щукина М.М. (1985; 1985а). Качество зерна определяли общепринятыми методиками. Коэффициент использования элементов минерального питания определяли отношением количества питательных веществ к вносимой дозе удобрений, выраженным в процентах.

Аналитические и лабораторные исследования проводились в ФГБНУ ВНИИ риса и ОАО «Акрон». Статистическую обработку экспериментальных данных проводили дисперсионным методом по алгоритму Б.А. Доспехова (1985).

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИТРОАММОФΟΣКИ С АНТИСЛЕЖИВАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

3.1. Результаты исследования образцов нитроаммофоски с оптимальной концентрацией добавки двуокиси кремния на фитотоксичность

Первоначальные испытания НРК с антислеживающими добавками на основе двуокиси кремния проводились в два этапа в ОАО «Акрон». На этапе 1 испытаний проводили подбор оптимальной минимальной концентрации добавки с целью улучшения физико-химических свойств удобрения (снизить слеживаемость, повысить прочность, снизить пылимость удобрений). Минимальная концентрация кремнезема, которая показала улучшение вышеперечисленных свойств – $0,2\%$. На этапе 2 испытаний проводили определение количества кремнезема, максимально возможное с точки зрения технологии для введения в удобрение с целью повышения агрохимического эффекта. По результатам испытания определили, что содержание добавки, которое возможно вести в удобрение: кремнезема – 2% и сиштофа – 6% .

Таким образом, для агроэкологических испытаний были подготовлены образцы НРК с минимальным и максимальным содержанием кремнезема.

Исследование возможного фитотоксического действия НРК с добавкой антислеживающего агента и определение наиболее эффективной его концентрации в удобрении проводили в лабораторном опыте методом биотестирования. Выявлено некоторое отставание в росте и развитии растений пшеницы в варианте с добавкой $2,0\% \text{ SiO}_2$, что привело к формированию меньшей сухой массы: по сравнению с контролем – на 23% , а по сравнению со стандартным удобрением и с добавкой $0,2\% \text{ SiO}_2$ – на $26\text{--}31\%$. Однако, при формировании сухой массы огурца, достоверной разницы в действии удобрения с различной концентрацией антислеживающего агента не выявлено.

Оценка токсического влияния агента на содержание тяжелых металлов (ТМ) показала, что в растениях исследуемых тест-культур достоверного превышения допустимой концентрации ни по одному элементу в сравнении с контролем и со стандартным удобрением не выявлено, о чем свидетельствуют данные таблицы 1.

Табл. 1. Содержание ТМ в сухой массе растений, мг/кг

Варианты опыта	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Cd	Co	As	Pb
Огурец						
контроль	90,61	11,55	0,008	0,042	0,02	<0,03
NPK	85,21	12,00	0,01	0,046	0,03	<0,03
NPK с 0,2% SiO ₂	84,89	11,82	0,01	0,039	0,03	<0,03
NPK с 2,0% SiO ₂	88,12	12,01	0,009	0,043	0,02	<0,03
HCP ₀₅ , мг/кг	7,2	2,6	0,01	0,015	0,03	0,01
Яровая пшеница						
контроль	74,81	10,12	0,01	0,33	0,01	<0,05
NPK	76,67	10,89	0,008	0,41	0,01	<0,05
NPK с 0,2% SiO ₂	80,13	11,73	0,01	0,37	0,007	<0,05
NPK с 2,0% SiO ₂	77,98	11,56	0,01	0,39	0,01	<0,05
HCP ₀₅ , мг/кг	6,6	2,5	0,007	0,15	0,007	0,02

Проведенный эксперимент показал, что добавка антислеживающего агента в концентрациях 0,2–2,0% не оказала токсического действия и не привела к загрязнению растений ТМ. Однако включение добавки 2,0% SiO₂ было нецелесообразным, отмечалось снижение эффективности удобрения на обеих культурах.

Таким образом, методом биотестирования определена оптимальная концентрация антислеживающего агента в составе нитроаммофоски – **0,2% SiO₂**.

3.2. Исследование влияния нитроаммофоски с антислеживающими добавками на рост, развитие растений риса

Исследование проводили в условиях полевого опыта. Критериями, определяющими процессы роста и развития, являются: образование корней; высота и толщина (для стебля); площадь листьев; биомасса; содержание белка и др.

Исследованиями выявлена зависимость образования корней от формы применяемого минерального удобрения. При внесении NPK без добавки и с антислеживающим компонентом в фазе кущения не выявлено достоверной разницы по образованию количества корней на растении в сравнении с контролем. В дальнейшем, с фазы выметывания удобрение с добавкой 6,0% сиштофа и двукратное применение нитроаммофоски с добавкой 0,2% SiO₂ обусловили формирование большего количества корней, соответственно на 11,7% и 12,6%. К фазе молочно-восковой спелости зерна различия сохранились, прирост корней в этих вариантах составил соответственно 13,6% и 14,0% (рис. 1). Наилучшим был вариант применения удобрения при посеве риса и в подкормку.

Добавка к удобрению кремния, по всей вероятности, способствовала оптимизации кремниевого питания растений, по мнению большого ряда исследователей это приводит к увеличению количества и массы корней.

Наблюдаемая нами закономерность: увеличение количества корней в зависимости от содержания кремния в удобрении ($r=0,74-0,86$), доказывает целесообразность включения антислеживающего агента в состав нитроаммофоски.

Характер формирования корневой системы во всех вариантах был идентичен. Наибольшая масса корней образуется в слое почв 0–10 см, затем к отметке 10–20 см во всех вариантах снижается в 2 раза. Однако следует отметить, хотя и очень малое количество корней, но обнаруживается и в слое 40–50 см.

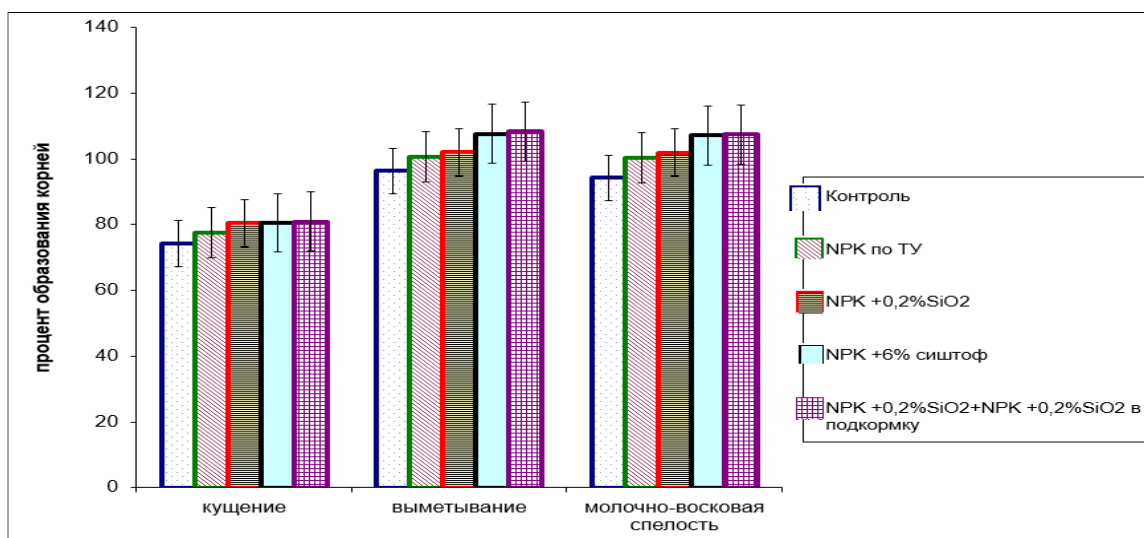


Рис. 1. Динамика образования корней при предпосевной обработке семян

Можно считать доказанным фактом, что кремний оказывает положительное влияние на рост растений риса, реакцию среды, водно-физические, физико-механические свойства почвы, а также, обладая высокой адсорбционной способностью, может удерживать в корнеобитаемом слое внесенные минеральные удобрения и тем самым опосредованно через другие факторы привести к улучшению условий питания. Основываясь на этом факте, можно объяснить выявленную закономерность: увеличения массы корней растений риса в вариантах с NPK, содержащей в своем составе двуокись кремния, причем более тесная зависимость выявлена в условиях двукратного поступления в почву ($r=0,81$).

Анализ высоты растений по фазам вегетации риса не выявил существенной ее зависимости от формы удобрения. Однако отмечена тенденция к снижению интенсивности роста в первой половине онтогенеза (фазы всходы – кущение) при внесении NPK с антислеживающими добавками. Но отличие от нитроаммофоски без добавки не превышало 3,5%. Во второй половине онтогенеза ни в одном из вариантов не установлено достоверных различий. В этот период наблюдалась тенденция к некоторому увеличению высоты растений при внесении NPK с SiO₂, исключение составляет вариант, где нитроаммофоску вносили дважды до посева и в подкормку. К концу вегетации выявленные закономерности сохранились, разница по высоте растений в варианте со стандартным удобрением и с различной добавкой SiO₂ была не достоверной, а использование NPK с 0,2% SiO₂ в подкормку было менее эффективным. Но в сравнении с контролем, где применяли простые удобрения, показатели ниже, чем в случае применения нитроаммофоски, что свидетельствует о благоприятных условиях питания, создаваемых нитроаммофоской в различных модификациях (рис. 2).

Выявлено, что изучаемые формы нитроаммофоски в разной мере влияли на биосинтез органических соединений и связанный с ним процесс накопления сухого вещества. Это проявлялось уже в фазе всходов, но достоверной была прибавка только в варианте с 6,0% добавкой сиштофа – на 22,8%. В фазе кущения растений риса различия между вариантами сокращались несущественно, а затем к фазе восковой спелости увеличивались. Большая сухая масса растений была в вариантах применения NPK с добавками 0,2% SiO₂ и 6% сиштофа. Необходимо отметить, что применение NPK в сравнении с тукомясью (контроль) не ухудшило условий питания растений риса. По мере роста и развития растений эффективность нитроаммофоски нарастает и в фазу выметывания во всех вариантах получены достоверные прибавки массы сухого вещества растений в среднем на 3,5–8,0% (рис. 3).

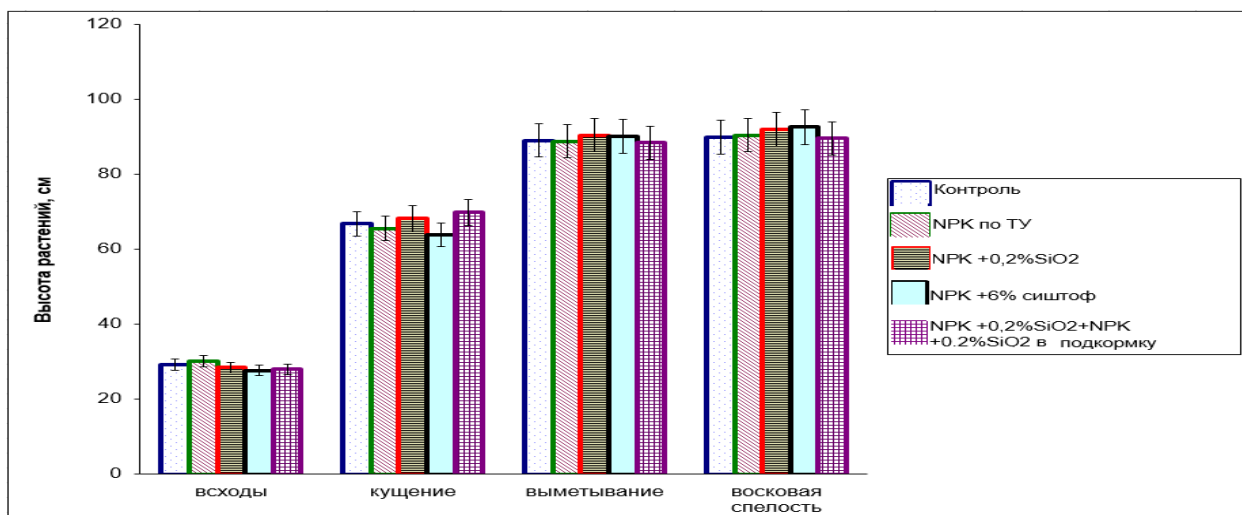


Рис. 2. Высота растений при внесении различных форм нитроаммофоски, см

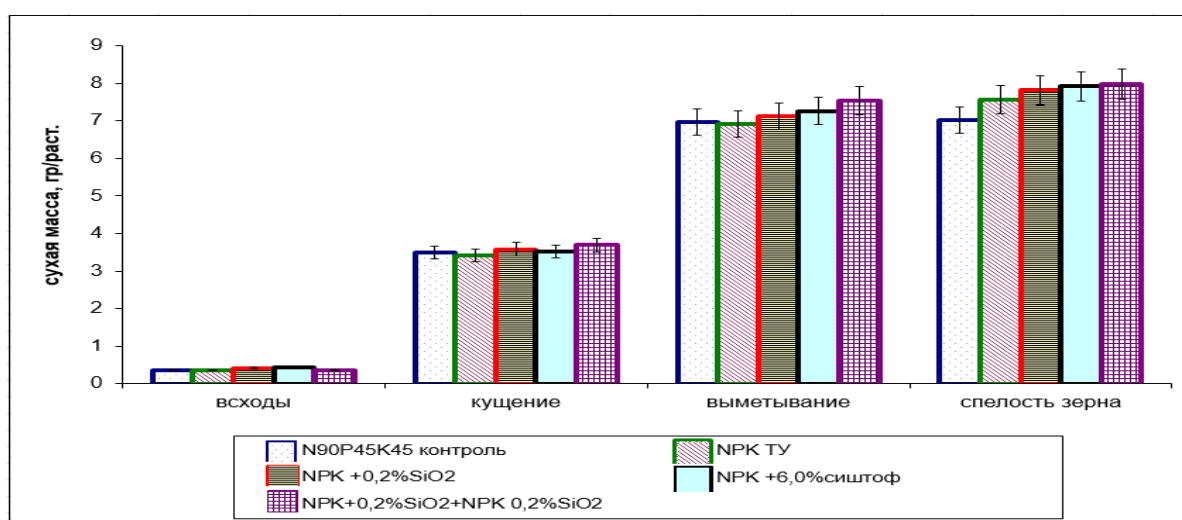


Рис. 3. Динамика нарастания сухой массы растений в зависимости от формы минеральных удобрений

В урожае масса растений в вариантах с внесением NPK была больше в сравнении с контролем соответственно на 7,9%, 11,6%, 13,0% и 14,0%, наибольшая в варианте с нитроаммофоской с 6,0% сиштофа и NPK с 0,2% SiO₂ в подкормку, преимущество новой формы удобрения было очевидным.

Такая динамика роста растений и накопления сухого вещества обусловлена различным обеспечением растений подвижными соединениями азота, фосфора и калия. Добавление антислеживающих агентов на основе SiO₂ замедляет растворение удобрения, делая процесс снабжения элементами питания пролонгированным. Кроме того, содержание всех основных элементов питания в одной грануле позволяет более равномерно создавать питательный режим для растений.

Во второй половине вегетации при внесении удобрения с добавками SiO₂ обеспеченность растений элементами питания в сравнении со стандартной формой удобрения существенно выше, что возможно, происходит вследствие меньшей потери элементов питания из почвы.

Растения формируют 90–95 % сухого вещества за счет фотосинтеза, для успешного протекания которого необходима, в первую очередь, развитая ассимиляционная поверхность. В начале онтогенеза (период всходы – кущение) различий по влиянию нитроаммофосок на площадь листовой поверхности растений не выявлено. К фазе выметывания площадь листьев растений достоверно большая при внесении NPK с 6% сиштофа и NPK с 0,2% SiO₂ + NPK с 0,2% SiO₂ в подкормку (рис. 4).

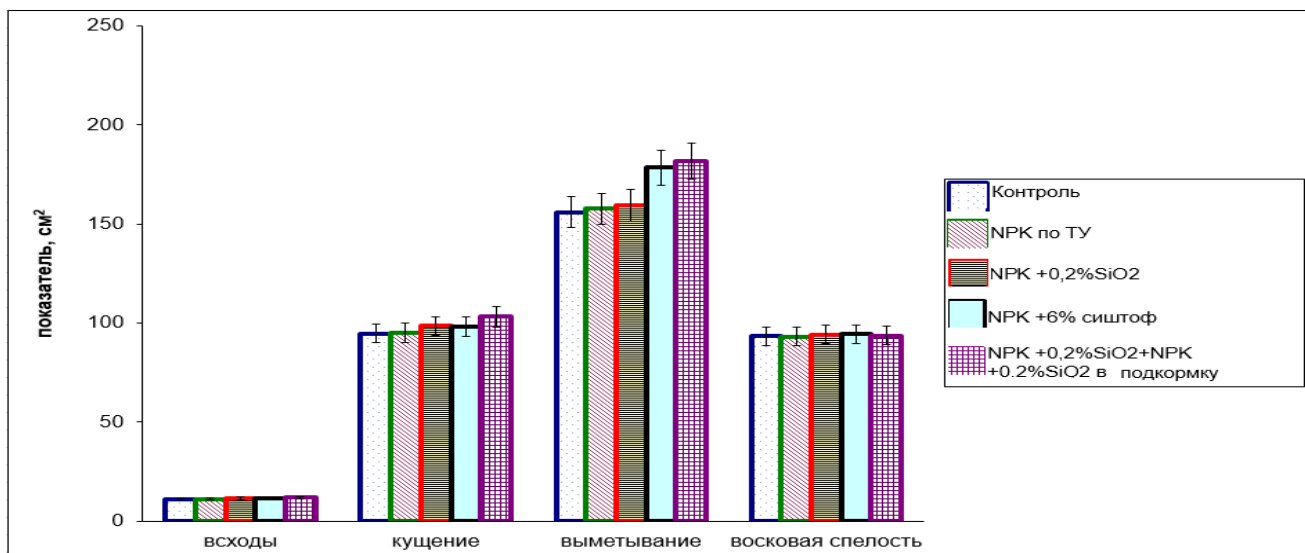


Рис. 4. Площадь листьев растений при внесении различных форм нитроаммофоски, см²/раст.

В 2012 году внесение NPK с 0,2% SiO₂ обеспечило увеличение густоты стояния на 11,8%, а внесение ещё и в подкормку – на 12,9%. В 2013 году выявленная закономерность сохранялась, хотя разница по вариантам была чуть меньше и в варианте с подкормкой составляла 8,3%. В среднем за два года выявлено преимущество нитроаммофоски в сравнении с односложными удобрениями (контроль), увеличение по вариантам составило 7,1–10,5%.

3.3. Исследование влияния нитроаммофоски с антислеживающими добавками на продуктивность риса

Все формы NPK обеспечили повышение продуктивности в сравнении с контролем в 2012 году на 0,16–0,28 т/га или на 2,5–4,4%. В 2013 году выявленная закономерность подтвердилась. Урожай зерна достоверно увеличился на 0,24 т/га или на 3,3%. Включение антислеживающей добавки стабильно обеспечило получение прибавки урожая на 4,5–6,8%. В среднем за 2 года наибольший эффект был достигнут с 0,2% SiO₂ с подкормкой растений, прибавка урожая зерна составила 0,38 т/га по отношению к контролю. Однако, в сравнении с вариантом, где применялась та же форма удобрения, только без использования подкормки, разница недостоверна и составила 0,09 т/га. Применение NPK с добавкой 6,0% сиштофа, хотя также способствовало получению достоверной прибавки 0,25 т/га, но этот показатель ниже в сравнении с вариантами, где применялась нитроаммофоска с добавкой 0,2% SiO₂.

Анализ биометрических показателей растений показал, что использование NPK с 0,2% SiO₂ при посеве и в подкормку в полной мере способствовало большей реализации потенциала продуктивности растений, отмечены наибольшие показатели высоты растений и длины метелки (табл. 2).

Табл. 2. Биометрические показатели растений при внесении различных форм NPK

№ п/п	Варианты опыта	Высота растений	Длина метелки	Продуктивная кустистость, шт/раст.	Пустозерность, %	Масса, г	
		см				зерна с главной метелки	1000 зерен
1	Контроль N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	108,5	16,4	1,2	13,6	3,3	27,1
2	NPK* по ТВ	110,3	17,2	1,3	14,0	3,7	28,0
3	NPK с 0,2% SiO ₂	108,0	18,0	1,4	14,1	3,9	28,5
4	NPK с 6,0% SiO ₂	106,5	17,6	1,4	13,8	3,8	28,2
5	NPK с 0,2% SiO ₂ + NPK с 0,2% SiO ₂ в подкормку	109,5	18,4	1,4	14,0	3,9	28,6
НСР ₀₅		7,0	1,1	0,2	2,0	0,5	1,21

Одним из основных показателей агроэкологической безопасности и эффективности удобрения является полнота использования растениями элементов питания из удобрения, что определяется соотношением выноса элементов урожаем и поступления их с удобрением (рис. 5).

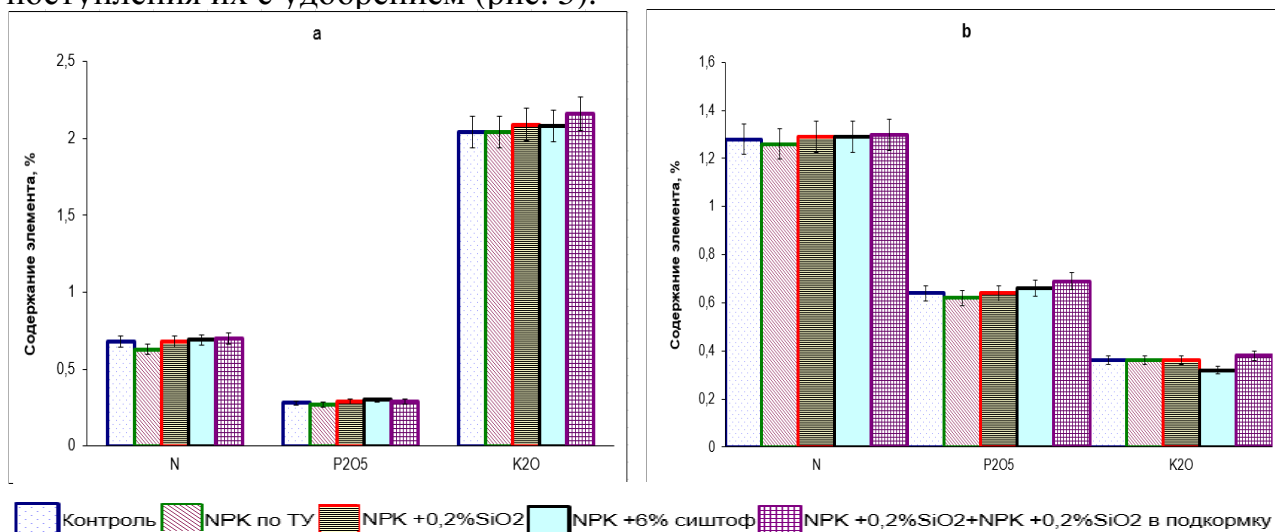


Рис. 5. Содержание азота, фосфора и калия при внесении различных форм нитроаммофоски, % (а – в надземной массе; б – в зерне)

В среднем за 2 года достоверных различий по химическому составу растений в вариантах не выявлено. Однако в условиях применения нитроаммофоски в различных модификациях отмечена устойчивая тенденция к большему накоплению в зерне и вегетативных органах азота, фосфора и калия.

Общая потребность в элементах минерального питания характеризуется размерами биологического выноса – количеством этих элементов во всей формируемой биомассе растений риса (рис. 6).

При внесении нитроаммофосок вынос азота увеличивается на 5,5–6,5%, фосфора – на 7,0–8,9%, калия – на 4,3–8,1% соответственно в вариантах с 0,2% SiO₂ и 6% сиштофа. Внесение нитроаммофоски с 0,2% SiO₂ до посева и в подкормку обуславливало увеличение выноса азота до 9,0%, фосфора – до 7,6% и калия – до 13,3%.

Увеличение выноса биогенных элементов свидетельствует о том, что удобрение используется эффективнее, меньше элементов теряется, и это благоприятно сказывается на экологическом состоянии сбросных и фильтрационных вод. Таким образом, использование модифицированных нитроаммофосок способствует существенному снижению загрязнения окружающей среды.

Выявленный прирост урожайности при замене традиционных удобрений на нитроаммофоску требует оценки качества зерна. В результате анализа не выявлено отрицательного влияния нитроаммофосок в сравнении с тукомесями. Вместе с тем, при внесении NPK с 0,2% SiO₂ + NPK с 0,2% SiO₂ в подкормку отмечены наилучшие показатели качества зерна: содержание белка 7,13%, крахмала – 71,06%, стекловидность – 98,2%. Отмечено снижение трещиноватости с 12,4% (на контроле) до 11,0%, вызванное большим содержанием кремния, поступившим с нитроаммофоской в почву. Снижение трещиноватости повлекло за собой увеличение выхода крупы и содержания в ней целого ядра (рис. 7).

Таким образом, проведенные исследования показали преимущество форм с антислеживающими агентами на основе двуокиси кремния. Они обладают хорошими физическими свойствами, при внесении в почву равномерно распределяются по поверхности почвы, что обеспечивает улучшение условий минерального питания посева.

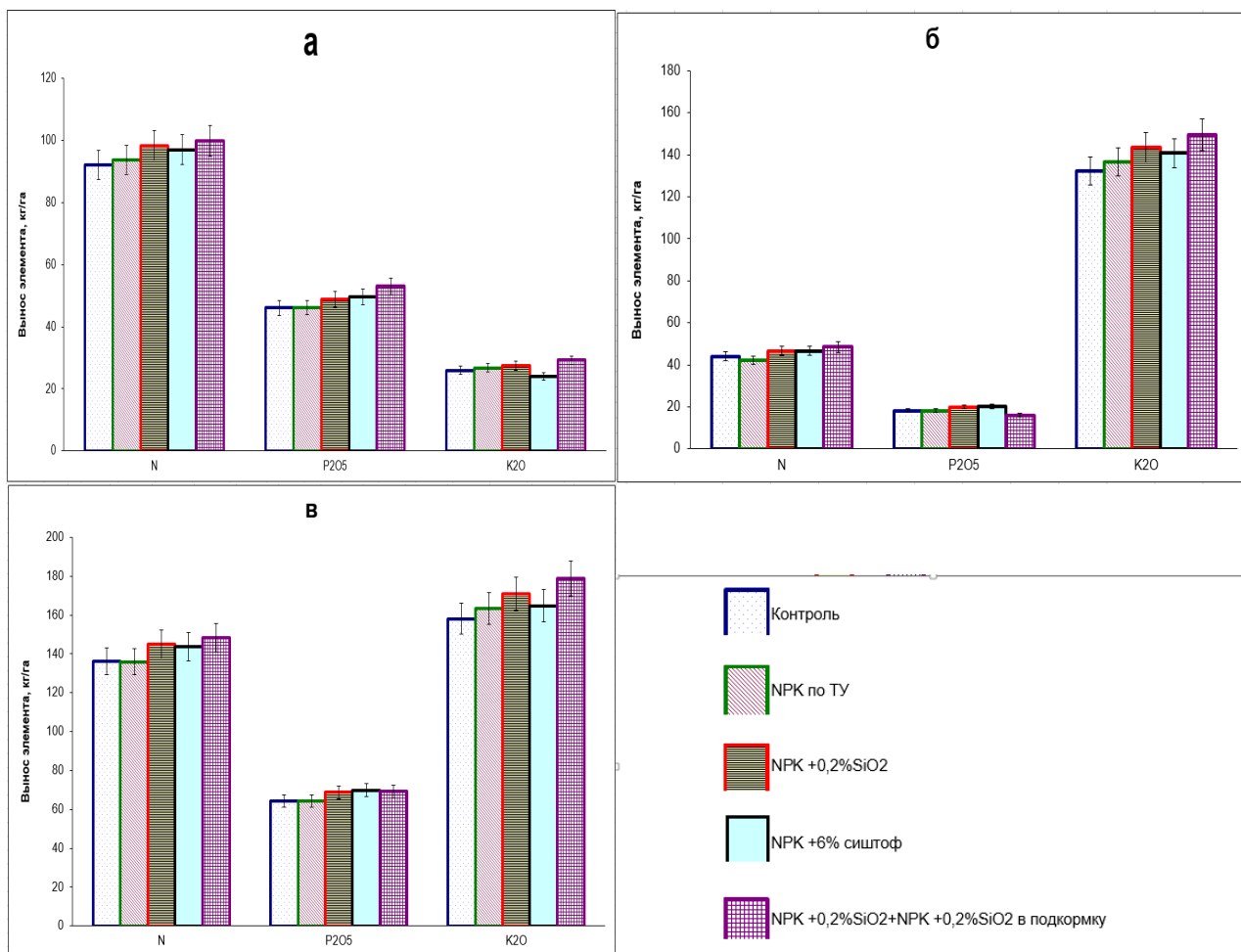


Рис. 6. Вынос азота, фосфора и калия урожаем при внесении различных форм нитроаммофоски (а – зерном; б – побочной продукцией; в – хозяйственный вынос)

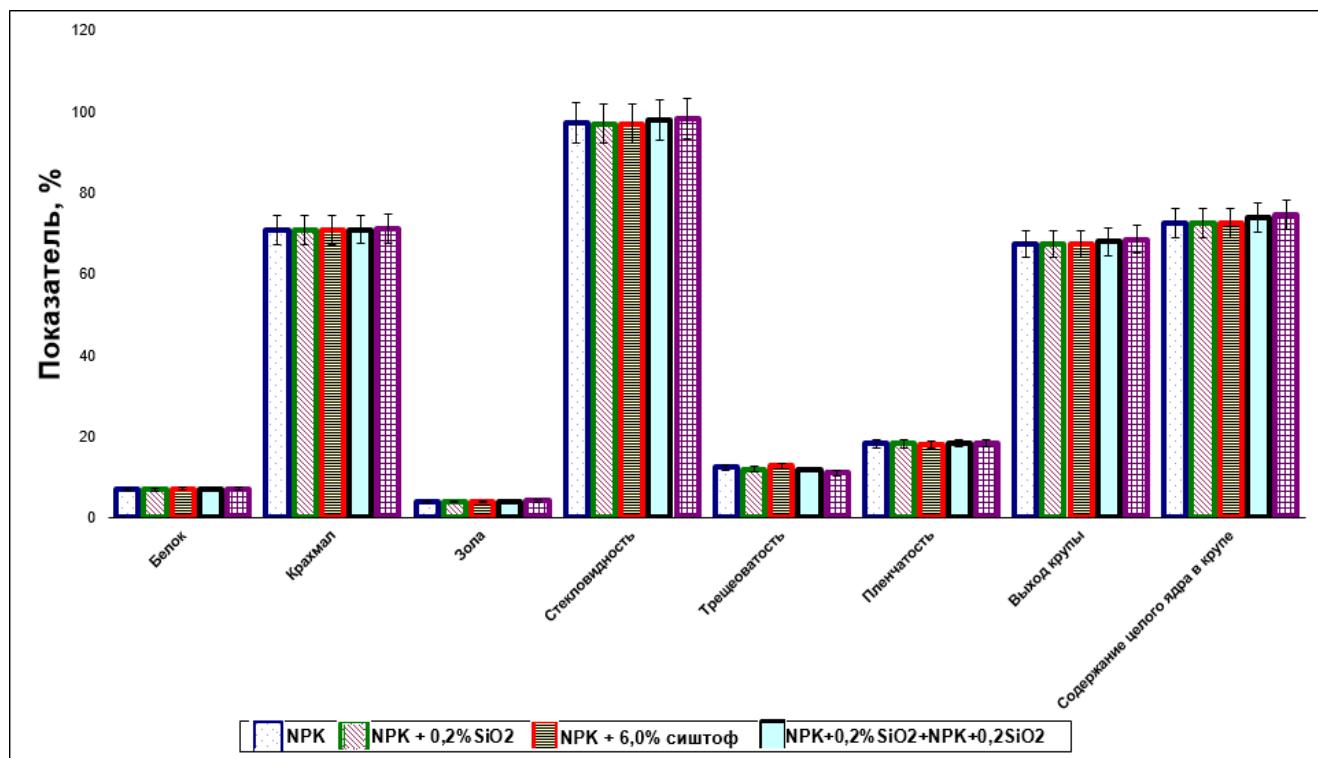


Рис. 7. Качество зерна риса при внесении различных форм нитроаммофоски

4. ВЛИЯНИЕ НИТРОАММОФΟΣКИ С АНТИСЛЕЖИВАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ НА ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Основная экологическая задача применения минеральных удобрений в агроэкосистемах – это обеспечение равновесия элементов питания растений, участвующих в круговороте веществ в системе «удобрение – почва – растение – человек». Поэтому сохранение экологического равновесия, в том числе баланса питательных веществ в почве, повышение плодородия почв являются стратегическими задачами земледелия.

Орошаемое земледелие относится к высокоинтенсивным сферам аграрного производства, что в значительной степени обуславливает обострение экологических проблем на ирригационных площадях, где интенсивная эксплуатация земель приводит к проявлению негативных явлений – снижению устойчивости почв, в том числе уменьшению органического вещества, макро- и микроэлементов, в целом плодородия почв.

Содержание гумуса в пахотном слое – одно из основных условий экологической стабильности и плодородия почв. Затопление рисовых полей негативно влияет на направленность процессов гумусообразования, обуславливая изменение запасов гумуса в почвах и его качественного состава.

Результаты мониторинга плодородия лугово-черноземной почвы в условиях орошения показали, что за 5-летний период содержание гумуса снижается с 3,39% в 2008 до 3,28% в 2013 году. Потеря гумуса в среднем по рисовым полям хозяйства составила 0,07% или 2,3 т/га. Причиной утраты плодородия почв при орошении может быть дегумификация – неотъемлемая часть биологического круговорота веществ, определяющаяся в первую очередь агрогенным воздействием.

Изучение влияния условий орошения на содержание и запасы гумуса в почвах рисовых полей проводилось на одних и тех же точках в почвах рисовых полей в течение 3 лет, что выявило тенденцию снижения показателя в годы использования их под культурой риса (рис. 8).

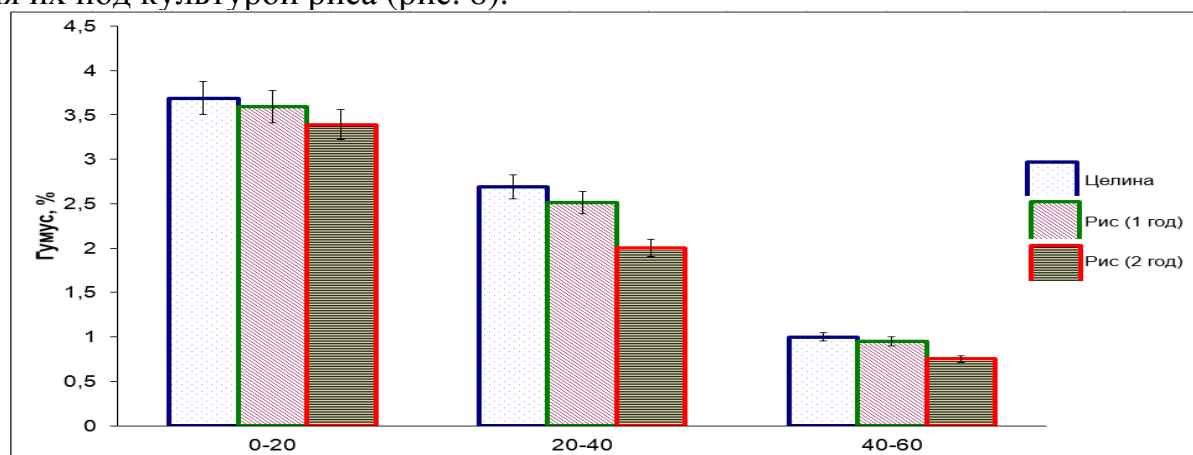


Рис. 8. Содержание гумуса в лугово-черноземных почвах при орошении

Исследование трансформации фракционно-группового состава гумуса почв при возделывании риса показало, что состав гумуса в исходной почве существенно отличается от почв, занятых рисом, особенно 2-го года возделывания (рис. 9).

Условия затопления обусловили снижение доли гуминовых кислот и возрастание доли негидролизуемого остатка на 5–10%, что обусловлено частично связыванием подвижных гуминовых кислот минеральной частью почв, а также накоплением негидролизуемых соединений неспецифической природы ввиду того, что биологическая активность и интенсивность дыхания почвы при затоплении подавляются.

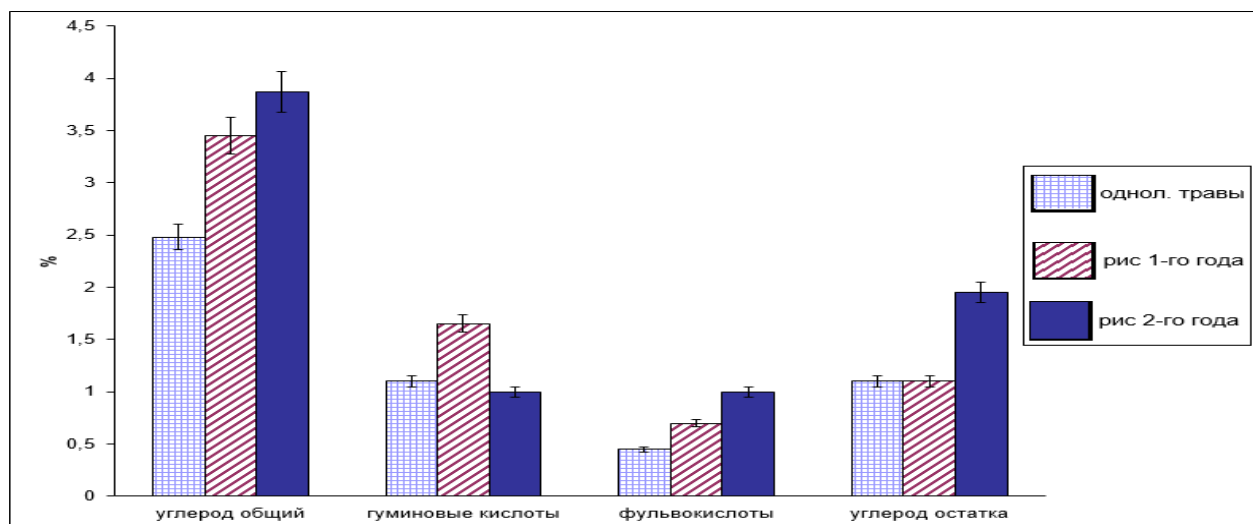


Рис. 9. Групповой состав гумуса в лугово-черноземных почвах

В группе гуминовых кислот происходит уменьшение ~ в 1,5 раза содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием. Учитывая, что гуминовые кислоты этой фракции составляют в исследуемых почвах до 33–36 % от общего углерода почвы, отмеченные потери представляют ощутимую величину. Таким образом, смена анаэробного режима на аэробный в почвах рисового севооборота ведет к изменению не только количества гумуса, но и его качества.

Применение минеральных удобрений для системы «почва – растение» может привести в целом к нарушению экологического равновесия, поэтому важным принципом экологической стабильности обстановки является создание и оптимизация условий, в которых не угнетается ни один компонент агроценоза.

Об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве нитратных и аммонийных его форм. С позиции экологической целесообразности применение нитроаммофоски обусловило изменение содержания общего азота и форм его соединений, увеличение валовых запасов элемента, практически всех его фракций по сравнению с исходной почвой. При использовании удобрений содержание азота было 2255–2259 мг/кг. Если в исходной почве количество минерального азота от общего его содержания составляло 8,3 мг/кг или 11,0%, то при внесении минеральных удобрений его доля увеличилась до 11,5%, что составляло 11,8–12,1 мг/кг. Это, возможно, обусловлено, с одной стороны, поступлением азота с удобрениями, а с другой – мобилизацией его почвенных запасов под влиянием последних.

Существенной разницы в вариантах с различными формами удобрений не выявлено. Основная часть минерального азота представлена фиксированным аммонием, максимальное количество которого обусловлено внесением минеральных удобрений. Обменный аммоний и нитраты представляют собой основной источник азота в питании растений риса, и их количество увеличивается при внесении минеральных удобрений. Форма применяемых удобрений не отразилась на содержании трудногидролизующихся соединений азота. Сумма гидролизующихся форм в горизонте A_n составляет 16,6% от общего азота. Значительная доля элемента (86,0%) закрепляется в негидролизующейся форме.

Исследование динамики содержания нитратной (рис. 10) и аммонийной форм азота (рис. 11), которое определяется трансформацией азотных соединений в условиях смены окислительно-восстановительной обстановки в почве и их потреблением растениями, показало, что в начале онтогенеза растения риса поглощают азот в аммонийной форме, а по мере старения корней заметную роль играют нитраты.

Различия по содержанию в почве соединений азота в зависимости от формы минеральных удобрений не значительны. Выявлена тенденция сохранения до конца вегетации большего количества нитратного азота в вариантах с применением нитроаммофоски с антислеживающим агентом. После затопления поля соотношение форм азота резко меняется. Более чем в 2 раза снижается содержание NO_3^- и в такой же мере увеличивается количество NH_4^+ , что обусловлено сменой окислительно-восстановительного состояния почв. Между содержанием нитратной и аммонийной форм азота была высокая корреляционная зависимость ($r=0,87$).

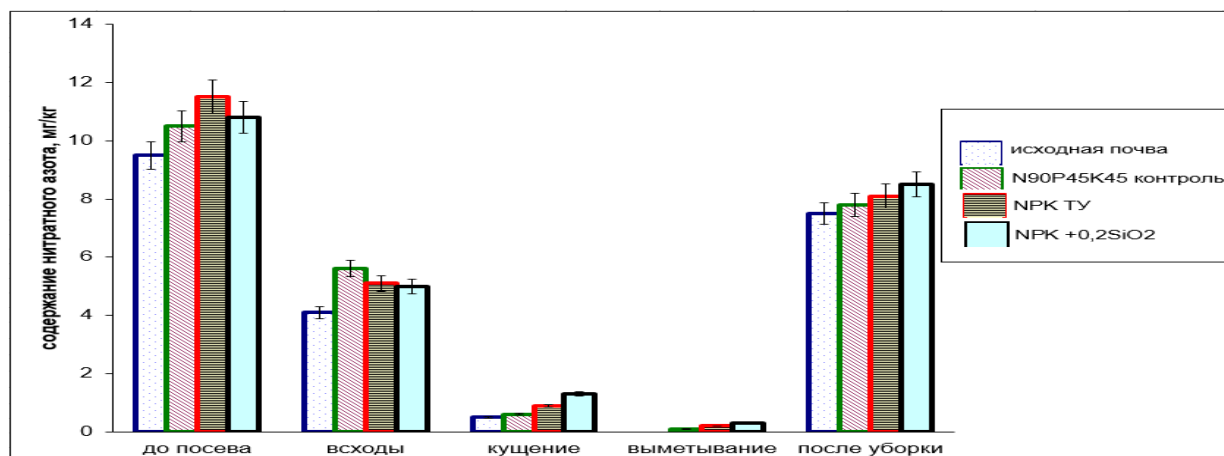


Рис. 10. Динамика содержания нитратного азота

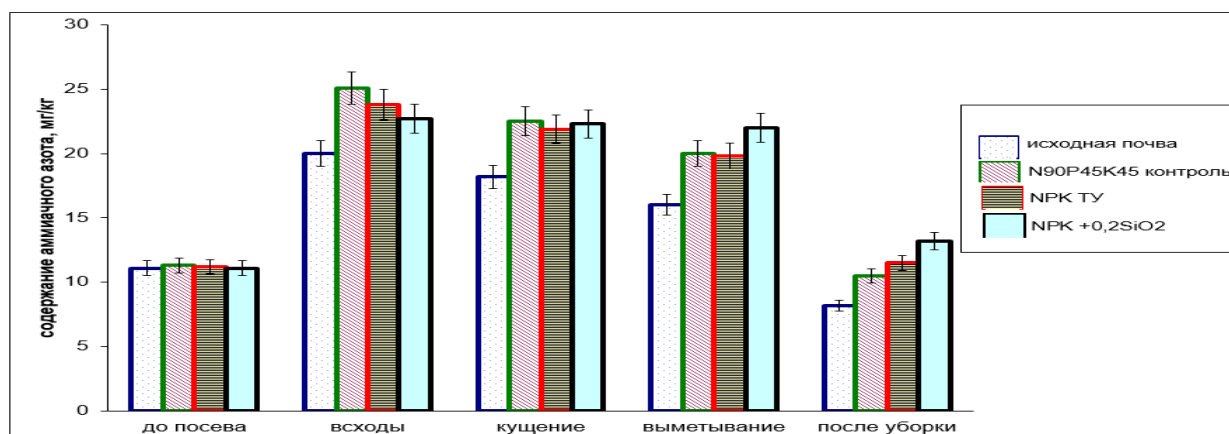


Рис. 11. Динамика содержания аммиачного азота

После сброса воды и уборки урожая, когда улучшаются условия аэрации почвы, вновь преобладают окислительные процессы, преобладает содержание нитратного азота и происходит снижение аммонийного, но первоначального уровня не достигается. При этом в условиях применения нитроаммофоски с двуокисью кремния до посева и в подкормку содержание нитратов несколько выше.

Таким образом, внесение удобрений способствует пополнению в почве запасов азота и оказывает положительное влияние на азотный режим питания.

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИТРОАММОФОСКИ С АНТИСЛЕЖИВАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Поскольку в составе минеральных удобрений имеется ряд токсичных примесей, в том числе свинец, медь, цинк и др., поступающих из природного минерального сырья при производстве, была проведена экологическая оценка почвы и зерна риса на содержание в их составе тяжелых металлов.

Исследованиями установлено, что независимо от формы удобрений достоверного увеличения концентрации ТМ в почве в условиях орошения не выявлено, что вполне укладывается в экологический регламент (табл. 3).

Табл. 3. Влияние различных удобрений на содержание ТМ в лугово-черноземной почве

Вариант	Содержание тяжёлых металлов в почве, мг/кг							
	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	Mn
Валовое								
1	68,0±2,1	0,18±0,05	16,2±0,2	0,09±0,009	18,5±2,4	11,1±2,7	38,0±2,3	492±22,0
2	67,4±2,9	0,16±0,07	15,5±0,3	0,07±0,023	20,0±1,6	10,3±3,0	36,0±3,3	484±31,0
3	68,2±2,3	0,16±0,09	16,2±0,2	0,08±0,011	19,4±2,0	12,1±1,9	39,0±1,9	496±18,9
ПДК	100	3,0	32,0	2,1	55,0	50	85,0	1500
Подвижных форм								
1	1,61±0,05	0,06±0,01	0,7±0,13	0,0034±0,0006	1,45±0,14	0,26±0,05	2,66±0,09	41,0±2,11
2	1,57±0,06	0,05±0,01	0,8±0,12	0,0035±0,0005	0,95±0,21	0,19±0,07	2,13±0,23	36,5±3,08
3	1,55±0,05	0,06±0,01	0,9±0,11	0,0037±0,0006	1,28±0,12	0,21±0,06	2,24±0,11	39,8±4,27
ПДК	23,0	1,0	6,0	0,1	3,0	5,0	4,0	400

Примечание: 1 – контроль; 2 – NPK без добавки по ТУ; 3 – NPK с 0,2% SiO₂ + NPK с 0,2% SiO₂

Содержание и доля подвижных форм ТМ также не превышает значений их ПДК, следовательно, не представляет угрозы для растений и их продукции

Поскольку растения находятся в начале биогеохимической пищевой цепи, контроль над содержанием химических элементов в растительной продукции является важнейшей задачей экологии. Проведенный анализ качества зерна риса также не выявил достоверного увеличения содержания ТМ (табл. 4). Его качество соответствовало санитарно-гигиеническим требованиям СанПин 2.3.3.1078-01 и характеризовалось как экологически безопасное, что позволяет рекомендовать применение нитроаммофоски с SiO₂ в рисоводстве.

Табл. 4. Эколого-токсикологическая оценка качества зерна риса

Варианты опыта	Содержание тяжёлых металлов, мг/кг						
	Ni	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
Контроль	0,06	22,0	4,7	28,7	0,33	0,031	0,06
NPK по ТУ	0,07	21,3	4,9	27,9	0,31	0,029	0,06
NPK с 0,2% SiO ₂	0,05	20,4	5,0	29,2	0,35	0,032	0,07
NPK с 6,0% шихтофа	0,06	21,1	5,0	28,5	0,35	0,033	0,06
NPK с 0,2% SiO ₂ + NPK с 0,2% SiO ₂	0,06	19,8	5,0	29,0	0,34	0,032	0,07
НСР ₀₅ , мг/кг	0,05	3,2	0,61	2,3	0,2	0,017	0,03

Агроэкосистемы формируются, изменяются и поддерживаются деятельностью человека, что зачастую приводит к нарушению экологического равновесия, естественных процессов трансформации, миграции и аккумуляции веществ, энергии в почве и в сопредельных средах.

Деятельность рисоводческих хозяйств (забор воды и регулирование стока для орошения из водных ресурсов р. Кубань, использование земель) приводит к нарушению почвенно-мелиоративных, гидрогеологических, геохимических, биохимических и экологических условий региона. В технологии возделывания риса большое значение имеет качество оросительных вод, загрязнение которых может оказать отрицательное влияние на плодородие почв, качество растениеводческой продукции. В связи с этим нами проведено исследование оросительных вод на входе и при сбросе с чеков.

Установлено, что достоверной разницы по химическому составу оросительных вод при их сбросе в сравнении с их составом при заборе из реки, не выявлено.

Кислотность оросительной воды рН=6,7–7,0, вода характеризуется как гидрокарбонатно-кальциевая. Из металлов преобладают ионы натрия Na⁺ – 29–35 мг/л

и кальция Ca^{2+} – 41–59 мг/л. Хотя проблема загрязнения оросительных вод с рисовых полей в отсутствие очистных сооружений, безусловно, стоит очень остро, загрязнения вод тяжелыми металлами выше ПДК не выявлено, прослеживается тенденция к увеличению содержания Mn и Zn.

Среди анионов в химическом составе воды преобладает сульфат-ион (54–67 мг/л), в небольших количествах присутствует хлорид-ион (5,6–8,2 мг/л), фосфат-ион (0,94–1,13 мг/л), нитриты (0,27–0,39 мг/л) и нитраты (1,68–2,78 мг/л), что не превышает ПДК_{культ-быт} назначения.

Загрязнения оросительной воды ТМ, превышающего ПДК, не выявлено. По своему химическому составу вода отвечает требованиям пригодности для орошения рисовых севооборотов, и характеризуются благоприятным состоянием.

Таким образом, в условиях большого выноса элементов с урожаем риса и отчуждением их из почвы со сбросными и фильтрационными водами, с позиций обеспечения экологической стабильности объектов окружающей среды, следует проводить мероприятия, способствующие воспроизводству и сохранению плодородия. Проведенными исследованиями установлены безопасность и эффективность применения нитроаммофоски на лугово-черноземных почвах в качестве поликомпонентного удобрения.

ВЫВОДЫ

1. Определена и экологически обоснована целесообразность применения нитроаммофоски с добавкой антислеживающего агента 0,2% SiO_2 . Увеличение концентрации агента до 2,0% хотя и не оказало токсического действия, однако в формировании продуктивности растений было неэффективно.

2. Установлено, что применение NPK 16:16:16 с антислеживающим агентом обеспечивает:

– увеличение корневой системы на 11,7–12,6%. Наилучшим был вариант с двукратным внесением: при посеве риса, и в подкормку. Основная масса корней образуется в слое почв 0–10 см, затем к отметке 10–20 см снижается в 2 раза, отмечено наличие корней в слое 40–50 см;

– увеличение роста биометрических показателей растений в сравнении с внесением тукосмесей на 7,9–14,0%. Наибольшие показатели достигнуты в варианте NPK с 0,2% SiO_2 + NPK с 0,2% SiO_2 в подкормку;

– повышение урожая зерна в среднем на 0,18–0,38 т/га в сравнении с простыми формами минеральных удобрений. Наибольший эффект достигнут при внесении нитроаммофоски с 0,2% SiO_2 с внекорневой подкормкой растений;

– получение высококачественного зерна в условиях применения при посеве и в подкормку удобрения с 0,2% SiO_2 : содержание белка – 7,13%, содержание крахмала – 71,06%, стекловидность – 98,2%, трещиноватость – 11,0%, повышается выход крупы и содержание в ней целого ядра;

– получение экологически безопасной продукции, соответствующей требованиям СанПин 2.3.3.1078-01, по содержанию ТМ (мг/кг): Ni (0,05–0,07), Mn (19,8–22,0), Cu (4,7–5,0), Zn (27,9–29,2), Pb (0,31–0,35), Cd (0,029–0,033), Co (0,06–0,07).

3. Замена однокомпонентных удобрений нитроаммофоской обуславливает увеличение выноса азота на 6,5–9,0%, фосфора – на 7,0–7,6 %, калия – на 4,3–13,3 %, верхний предел значений был в вариантах с двукратным внесением нитроаммофоски. Эффективной была форма NPK с 0,2 % SiO_2 , обеспечивающая снижение потерь элементов питания из удобрения.

4. Выявлено, что режим затопления поля во время вегетации риса, приводящий к смене анаэробного режима на аэробный, обуславливает снижение содержа-

ния гумуса с 3,39% до 3,28% или на 2,3 тонны с гектара, изменение качества гумуса: сокращается в 1,5 раза доля гуминовых кислот, связанных с Са, и возрастает доля негидролизуемого остатка на 5–10%.

5. Мониторинг почв в условиях применения минеральных удобрений независимо от их формы не выявил превышения естественного фона. Как по валовому содержанию ТМ (мг/кг): Zn (68,0–68,2), Cd (0,16–0,18), Pb (15,5–16,2), Hg (0,07–0,09), Cu (18,5–20,0), Co (10,3–12,1), Ni (36,0–39,0), Mn (484–496), так и по содержанию их подвижных форм (мг/кг): Zn (1,55–1,57), Cd (0,04–0,06), Pb (0,6–0,9), Hg (0,0034–0,0037), Cu (0,95–1,28), Co (0,19–0,26), Ni (2,13–2,66), Mn (36,5–41,0) показатели укладываются в экологический регламент.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах РФ, рекомендованных ВАК

1. Кизинёк С.В., Шильников И.А., Николаева И.И., Аканова Н.И. Эффективность новой формы нитроаммофоски в рисоводстве // Плодородие. 2013. № 2 (71). С. 10–12.

2. Кизинек С.В., Таук М.В., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Николаева И.И. Эффективность применения нитроаммофоски с антислеживающими добавками в условиях орошения // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Сер. Экология. 2013. № 09 (13). Т. 1. С. 217–226.

3. Кизинек С.В., Таук М.В., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Николаева И.И. Агроэкологическая эффективность нитроаммофоски 16:16:16 в формировании урожайности риса на лугово-черноземных почвах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Сер. Экология. 2013. № 09 (13). Т. 2. С. 217–226.

Научно-методические пособия, рекомендации

4. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И., Таук М.В., Николаева И.И. и др. Научно-практические рекомендации по применению комплексного минерального удобрения – нитроаммофоски с антислеживающими добавками в растениеводстве. М.: ВНИИА, 2013. 26 с.

Статьи в других изданиях

5. Кизинёк С.В., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Николаева И.И. Агроэкологическая эффективность новой формы минерального удобрения // Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию «Пензенская ГСХА»: Сб. матер. 2011. Т. 1. С. 70–72.

6. Кизинек С.В., Николаева И.И. Применение новых форм минеральных удобрений в рисовых севооборотах // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Матер. IX междунар. науч. конф. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2012. – С. 23–27.

7. Николаева И.И., Ефремова С.Ю. Применение новых форм нитроаммофоски на лугово-черноземных почвах // Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию академика РАЕН В.И. Костина. Ульяновск: Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. С. 33–35.

8. Николаева И.И., Ефремова С.Ю. Эффективность применения новых форм нитроаммофоски // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Матер. XI междунар. науч. конф. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2014. С. 200–203.

9. Николаева И.И. Агроэкологическая эффективность применения нитроаммофоски в орошаемом земледелии // Ключови въпроси в съвременната наука: Матер. за 10-й междунар. науч.-практ. конф. София: «Бял ГРАД-БГ», 2014. Т. 33. Селско стопанство. С. 57–59.

10. Николаева И.И. Экологические аспекты применения комплексных минеральных удобрений в орошаемом земледелии // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии: Сб. матер. 48-ой междунар. науч. конф. молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов. М.: ВНИИА, 2014. С. 167–169.

НИКОЛАЕВА Ирина Ивановна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
НИТРОАММОФOSКИ С АНТИСЛЕЖИВАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ
НА ОСНОВЕ ДВУОКИСИ КРЕМНИЯ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Редактор Л.Ю. Горюнова
Корректор А.Ю. Тоцева
Компьютерная верстка Т.А. Антиповой

Сдано в производство 12.02.15. Формат 60x84 ¹/₁₆
Бумага типогр. № 1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Cyr.
Уч.-изд л. 1,18. Усл. печ. л. 1,16. Заказ № 2537. Тираж 100

Пензенский государственный технологический университет
440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1^а/11