

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

На правах рукописи



Перепелин Максим Андреевич

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРБАМИДА УТЕС
НА ПОСЕВАХ РИСА

4.1.3. Агрехимия, агропчвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор, академик РАН
Шеуджен Асхад Хазретович

Краснодар, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В РИСОВОДСТВЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	9
1.1 Агрохимия азотных удобрений	9
1.2. Ингибиторы нитрификации и уреазы	12
2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
2.1 Почвенно-климатическая характеристика района проведения исследований	33
2.2 Объекты исследований	36
2.3 Методика проведения исследований	37
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	40
3.1 Питательный режим лугово-черноземной почвы при внесении карбамида и карбамида УТЕС	40
3.1.1 Режим азотного питания растений риса	41
3.1.1.1 Динамика содержания минерального азота в почве	41
3.1.1.2 Потери азота с фильтрационными и сбросными водами из почвы и удобрений	44
3.1.2 Режим фосфорного и калийного питания риса	48
3.2 Рост и развитие растений риса при внесении карбамида и карбамида УТЕС	52
3.2.1 Продолжительность вегетационного периода растений	52
3.2.2 Густота стояния растений	53
3.2.3. Высота и сухая масса растений	54
3.2.4 Интенсивность роста растений	57
3.3 Фотосинтетическая деятельность растений при внесении карбамида и карбамида УТЕС	58
3.3.1 Ассимиляционная поверхность листьев	59
3.3.2 Фотосинтетический потенциал	62
3.3.3 Пигментный статус	64
3.3.4 Интенсивность фотосинтеза	68

3.3.5 Чистая продуктивность фотосинтеза	70
3.4 Минеральное питание растений при внесении под рис карбамида и карбамида УТЕС	72
3.4.1 Содержание азота, фосфора и калия в растениях риса	73
3.4.2 Потребление азота, фосфора и калия растениями риса	77
3.4.3 Вынос урожаем риса биогенных элементов и коэффициенты их использования растениями их удобрений	82
3.5 Урожайность и качество зерна риса при внесении карбамида и карбамида УТЕС	86
3.6 Агрохимическая и экономическая оценка карбамида и карбамида УТЕС на посевах риса	91
ВЫВОДЫ	96
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	99
ЛИТЕРАТУРА	100
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	118
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	124

ВВЕДЕНИЕ

Рис – широко распространенная зерно-крупяная культура Земли. По объемам мирового производства он занимает второе место среди зерновых культур. В настоящее время рисовая крупа является основным продуктом питания более чем 70 % населения планеты. Посевы риса размещены в 117 странах на площади 170 млн. га, а годовое производство зерна риса составляет 740 млн. т. В отрасли рисоводства занято более 50 % трудовых ресурсов аграрного сектора планеты.

В продовольственном балансе Российской Федерации рису отводится значительное место. В 2020 г. в нашей стране он возделывался на площади 197,5 тыс. га (валовой сбор зерна составил 1143,9 тыс. т, урожайность – 5,8 т/га). Наиболее крупным производителем риса в Российской Федерации является Краснодарский край. В 2020 г. здесь произведено более 73 % валового сбора зерна. Генетический потенциал районированных сортов риса составляет 15,0 т/га, агроэкологический – 10,0 т/га, фактическая урожайность 7,0 т/га [35].

Главными задачами рисоводства являются повышение продуктивности агроценоза, сохранение и воспроизводство плодородия почв, повышение эффективности применяемых на рисовых агроценозах удобрений и охрана окружающей среды. Оптимизация режима минерального питания риса – один из методов решения данной проблемы.

Необходимость устойчивого роста производства риса, с одной стороны, и высокие требования растений к азотному питанию, с другой, обуславливают необходимость внесения азотных удобрений. Однако их применение нередко приводит к негативным последствиям: недобору или получению урожая низкого качества из-за несоответствия потребности растений в азоте и ограниченных возможностей регуляции их азотного питания за счет почвенных ресурсов в период вегетации. Кроме того, недостаточное научное обоснование внесения азотных удобрений нередко вызывает загрязнение окружающей среды различными соединениями азота. Наиболее серьезные экологические последствия связаны с эвтрофикацией водоемов, приводящей иногда к необратимым

последствиям в природных экосистемах. Все это требует дальнейшего совершенствования системы удобрения риса, регулирования баланса и трансформации азотных удобрений в агроэкосистемах.

Большие потери азота из одноименных удобрений, которые могут составлять 60 %, в том числе 10-20 % из-за улетучивания в виде аммиака, являются серьезной проблемой в рисоводстве. Большой интерес для рисоводства представляют ингибиторы уреазы, которые применяются при внесении под рис карбамида и карбамидно-аммиачной смеси (КАС). Принцип действия данного стабилизатора азотного удобрения сводится к блокировке фермента уреазы в зоне контакта удобрения с почвенным раствором: ингибитор защищает мочевины от атак уреазы во время её гидролиза. Этот эффект длится до 15 дней, сокращая улетучивание аммиака, происходящее в следствие разложения мочевины. Снижение потерь азота в форме аммиака благодаря использованию ингибитора уреазы может достигать 60 % по сравнению с потерями из обычной мочевины [173].

Для сокращения затрат на внесение ингибиторов производители разрабатывают инновационные формы азотных удобрений, в которых они вводятся непосредственно в их состав. Наибольший интерес для рисоводства представляет карбамид УТЕС (ЮТЕК), в состав которого в процессе производства (наносится на поверхность гранулы) вводится ингибитор уреазы NBPT (N-(n-бутил) тиофосфорный триамид).

Анализ научной литературы свидетельствует о возрастающем интересе сельскохозяйственных производителей к использованию ингибиторов уреазы в качестве эффективного средства для улучшения системы азотного удобрения и повышения урожайности культурных растений. В свете растущей потребности в повышении продуктивности и оптимизации использования ресурсов сельского хозяйства, применение ингибиторов уреазы представляется перспективным направлением исследований и практической деятельности.

Цель исследований – эколого-агрохимическая оценка и разработка регламента применения карбамида ЮТЕК при выращивании риса на лугово-черноземных почвах левобережья реки Кубань.

Для достижения поставленной цели поставлен следующий комплекс задач:

- изучить влияние ингибитора уреазы на динамику содержания минерального азота, подвижных форм фосфора и калия в лугово-черноземной почве под посевами риса;
- определить потери азота удобрения с фильтрационными и сбросными водами и влияние на них ингибитора уреазы;
- вскрыть влияние карбамида ЮТЕК на рост, развитие, минеральное питание и фотосинтетическую деятельность растений риса;
- рассчитать вынос азота, фосфора и калия урожаем риса и коэффициенты их использования растениями риса из удобрений;
- установить влияние карбамида ЮТЕК на продуктивность рисового агроценоза и качество зерна риса;
- дать экономическую оценку применения карбамида ЮТЕК на посевах риса.

Научная новизна исследований. Впервые изучено влияние карбамида ЮТЕК на динамику содержания минерального азота, подвижных форм фосфора и калия в лугово-черноземной почве в условиях левобережья реки Кубани, а также получены экспериментальные данные о размерах потерь азота удобрения со сбросными и фильтрационными водами и показана возможность их уменьшения путем применения ингибитора уреазы. Получены новые оригинальные данные по влиянию ингибитора уреазы на рост, развитие, минеральное питание, фотосинтетическую деятельность и продуктивность рисового агроценоза. Установлено положительное влияние карбамида ЮТЕК на количество и качество урожая зерна риса. Рассчитан вынос биогенных элементов урожаем риса и установлены коэффициенты их использования растениями из удобрений при применении модифицированным ингибитором уреазы карбамида.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса способствует снижению потерь азота с фильтрационными и сбросными водами и повышению азотного статуса почвы;

2. Закономерности роста, минерального питания и фотосинтетической активности растений при применении карбамида ЮТЕК на посевах риса;

3. Вынос элементов питания урожаем и коэффициенты их использования растениями при применении карбамида и карбамида ЮТЕК на рисовых агроценозах;

4. Агробиологическое обоснование приемов использования карбамида и карбамида ЮТЕК на рисовых полях.

Практическая значимость работы. Результаты исследований дают возможность повысить агроэкологическую эффективность азотных удобрений при выращивании риса на лугово-черноземных почвах левобережья реки Кубани. Научно обоснован регламент применения карбамида ЮТЕК. Даны практические рекомендации по его использованию на рисовых полях, позволяющие увеличивать продуктивность рисового агроценоза. Результаты исследований внедрены в производство и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Шеуджен А.Х. Агрохимия: учебник. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2023. – 612 с [С. 426-435]).

Вклад автора. Совместно с научным руководителем сформулирована цель исследований, выбраны методы и методики исследования. Лично проведены все полевые и лабораторные исследования, анализ полученных данных.

Методология и методы исследований. Теоретическую основу и методику исследования составляют научные труды отечественных и зарубежных исследователей в области агрохимии азотных удобрений. В работе изучались: потери азота из почвы и удобрений со сбросными и фильтрационными водами, содержание элементов питания в почве и растениях, а также их динамика и коэффициенты использования растениями из удобрений, фотосинтетическая активность растений риса. Все полученные данные подвергались статистической оценке.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

В результате полевых и лабораторных исследований получено большое количество оригинальных данных. Все полученные результаты подвергались статистической оценке, который подтверждал достоверность проведенных исследований.

Ежегодно результаты исследований были рассмотрены и утверждены на заседаниях профессорско-преподавательского состава кафедры агрохимии Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина (2020-2023 гг.); доложены на конференциях различного уровня: 56-ая Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии» (г. Москва, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2022 г.), Международный саммит молодых ученых по направлениям AgroTech и FoodDesign (FoodTech) (г. Сочи, 2022 г.), Международная научно-практическая конференция «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» (г. Краснодар, ФГБНУ «ФНЦ риса», 2022 г.), «Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых аграрных образовательных и научных организаций России», на которой отмечена дипломом I степени.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 4 работы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также 2 работы в сборниках по материалам научных конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 125 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, предложений для производства, литературы и приложений. Работа содержит 22 таблицы, 16 рисунков, приложение – 10 таблиц и 7 рисунков. Список литературы включает 195 источников, в том числе 8 иностранных.

1 АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В РИСОВОДСТВЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Агрехимия азотных удобрений

Необходимость устойчивого роста производства растениеводческой продукции, с одной стороны, и высокие требования культур к азотному питанию, с другой, обуславливают необходимость внесения азотных удобрений в агроэкосистемах. Однако их применение нередко приводит к негативным последствиям: недобору или получению урожая низкого качества из-за несоответствия потребности растений в азоте и возможностей регуляции их азотного питания за счет почвенных ресурсов в период вегетации. Кроме того, недостаточно научно обоснованное внесение азотных удобрений нередко вызывает экологические нарушения: загрязнение товарной продукции и окружающей среды различными минеральными соединениями азота. Наиболее серьезные экологические последствия связаны с эвтрофикацией водоемов, приводящей иногда к необратимым последствиям в природных экосистемах. Все это требует дальнейшего совершенствования системы азотного питания растений и поиска новых подходов к разработке теоретических основ регулирования баланса и трансформации азотных удобрений в агроэкосистемах [3, 103, 190].

Интерес к вопросам азотного питания растений проявился в XVIII в. после открытия Д. Резерфордом в 1772 г. азота как химического элемента. Однако первые фундаментальные исследования в агрохимическом плане относятся лишь к середине XIX в., когда в 1837 г. Ж.Б. Буссенго сформулировал теорию азотного питания растений. Работы физиологического характера, связанные с именами В. Пфедфера, Э. Шульце, А.П. Бородина, Д.Н. Прянишникова и других ученых, были проведены в конце XIX – первой четверти XX столетия. В результате этих исследований сложилось общее представление об азотном метаболизме в растениях, в частности, о тесной связи между усвоением минерального азота и

синтезом аминокислот, амидов и других органических соединений. Начал формироваться новый – физиолого-агрохимический и биохимический подход к решению проблемы азотного питания растений [23, 27, 62, 115, 163, 164].

«Современное сельское хозяйство, – пишет Э.Е. Хавкин в предисловии к русскому изданию книги С.М. Брея «Азотный обмен в растениях» [25], – трудно представить без минеральных удобрений, которые обеспечивают половину всей прибавки урожая продовольственных и кормовых культур. Наибольший эффект дают азотные удобрения, поэтому их применение растет особенно быстро: в начале 80-х годов потребление азота минеральных удобрений во всем мире составляло 60 млн. т, к 1985 г. оно превысило 70 млн., а к 2020 г. возросло до 140 млн. т».

На основании исторического анализа развития сельского хозяйства в Западной Европе, знаменитый ученый-агрохимик Д.Н. Прянишников [136] демонстрирует, что основным фактором, влияющим на средний уровень урожайности в различные исторические периоды, является степень доступности сельскохозяйственным культурам азота. Это утверждение полностью применимо и к культуре риса.

Высокая эффективность азотных удобрений установлена во всех зонах возделывания риса: Японии [2, 40, 93, 144, 165], Индии [40, 102], Вьетнаме [89], Бразилии [177], Китае [47], Италии, Испании, Португалии, Франции, Болгарии, Румынии, Венгрии, бывшей Югославии [65], Казахстане [21, 51, 62, 88, 92, 135], Узбекистане [57, 161, 167, 184], Украине [66, 84, 155], Азербайджане [143], рисосеющих районах Российской Федерации – Адыгеи [12, 48], Краснодарском крае [8, 9, 78, 45, 52, 53, 68, 116, 125, 140, 141, 149], Ростовской области [156, 168], Ставропольском крае [46], Чеченской Республике [94], Поволжье [77, 85, 166], Дальнем Востоке [75, 116, 133], Крыму [24, 69, 70, 86].

Отзывчивость риса на азотные удобрения объясняется потенциальной биологической способностью его к формированию высоких урожаев, низким содержанием азота в большинстве почв и специфическими условиями возделывания, которые позволяют сравнительно легко регулировать обеспеченность растений элементами питания [54, 93, 118, 150, 20].

В общей сложности, система почва-растение на рисовых полях демонстрирует негативный азотный баланс. Это объясняется утратами данного элемента в процессах нитрификации и денитрификации, возникающих в результате окислительно-восстановительных процессов. Дополнительно, уменьшение органических остатков, поступающих в почву и являющихся естественным источником азота, также оказывает свое воздействие на отрицательный азотный баланс. На это влияет применение азотных удобрений в форме NH_4^+ в течение продолжительного времени, что приводит к более интенсивной минерализации органических азотных соединений в почве. [5, 169, 176].

По данным Н.Н. Смирновой [150] коэффициент использования азота рисом из удобрений не превышал в течение трех лет 20-22 %. Закрепление азота удобрений в корневой массе риса составило 3,3-4,8 %, в верхнем слое пахотного горизонта (0-10 см) в зависимости от свойств почвы и особенностей вегетационного периода – от 13,8 до 44,1 %. Таким образом, неучтенные потери азота, включающие и промытый за пределы корнеобитаемого слоя, были в пределах 32-33 % на обедненных по плодородию почвах и 54-62 % – на более плодородных. Потери азота на рисовом поле преимущественно газообразные – окислы азота и элементарный азот, которые образуются в результате денитрификации в условиях анаэробнозиса. Несмотря на очень невысокую степень использования азотных удобрений растениями риса, их применение дает прибавки урожая до 33-37 ц/га. Это связано с тем, что при внесении азотных удобрений значительно повышается степень использования естественных запасов азота почвы. Механизм этого явления имеет двойную природу. При внесении в почву минерального азота активизируется микробиологическая деятельность, в частности аммонифицирующих бактерий, способствующих разложению органического вещества и увеличению доступного азота в почве. Кроме того, хорошо развитые на удобренном фоне растения, имеющие более мощную корневую систему, способны лучше усваивать азот почвенных источников. Азот удобрений интенсивно поступает в растения только в первый период вегетации. К началу трубкования растения извлекают 80-82 % того количества азота, которое они используют в течение всей вегетации. Доля

почвенного азота в питании растений все время возрастает, а азота удобрений в составе общего выноса падает от 57,8 до 63,2 % в начале трубкования, до 36,0-35,9 % в фазе полной спелости. Причем содержание азота удобрений в корневой системе снижается больше, чем в надземной массе, т. е. в течение вегетации идет постепенная перекачка азота удобрений в надземные органы.

Автор модели высокопродуктивных сортов риса М.А. Скаженник [145] в формировании биологического и хозяйственного урожая отводит азоту ведущую роль. К числу признаков азотного статуса растений он относит: вынос одноименного элемента надземной массой; величину его расхода на образование одного кг зерна; коэффициент отзывчивости растений риса на азот, рассчитываемый по элементам структуры урожая и степени полегания агроценоза, а также индекс физиологической активности азота, т. е. отношение урожая зерна к сумме азота, содержащегося в надземной массе растений.

1.2 Ингибиторы нитрификации и уреазы

Одно из перспективных направлений в сельском хозяйстве, направленных на повышение эффективности использования азота и сокращения его потерь, заключается в применении ингибиторов нитрификации и уреазы. Эти соединения, действуя как стабилизаторы азотных удобрений, способствуют снижению процессов азотной денитрификации и нитрификации в почве, что в свою очередь снижает вымывание азота в грунтовые воды и его выбросы в атмосферу в виде азотистых оксидов. Кроме того, ингибиторы уреазы помогают уменьшить потери азота в форме аммиака, обеспечивая его более эффективное усвоение растениями.

В последние годы интерес к применению ингибиторов нитрификации и уреазы в сельском хозяйстве значительно возрос в связи с их потенциалом для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Эти соединения активно изучаются в научных исследованиях с целью оптимизации их применения в различных агроклиматических условиях под разные культуры.

Основываясь на накопленных знаниях о механизмах их действия и эффективности, ингибиторы нитрификации и уреазы представляют собой перспективный инструмент для улучшения устойчивости сельскохозяйственных систем и обеспечения продовольственной безопасности.

Ингибиторы нитрификации – химические вещества, которые при внесении в количестве 0,5-2,0 % от массы азота удобрений на 1-2 месяца подавляют жизнедеятельность нитрифицирующих микроорганизмов, осуществляющих первый этап нитрификации, и тем самым обеспечивают сохранение азота в почве в аммонийной форме. Затормаживая процесс нитрификации, они способствуют снижению потерь азота, как в газообразной форме, так и от вымывания нитратов, вследствие чего устраняют опасность загрязнения нитратами водных источников [100, 101]. Трансформация азотных удобрений с ингибиторами нитрификации показана на рисунке 1 [100, 176, 194].

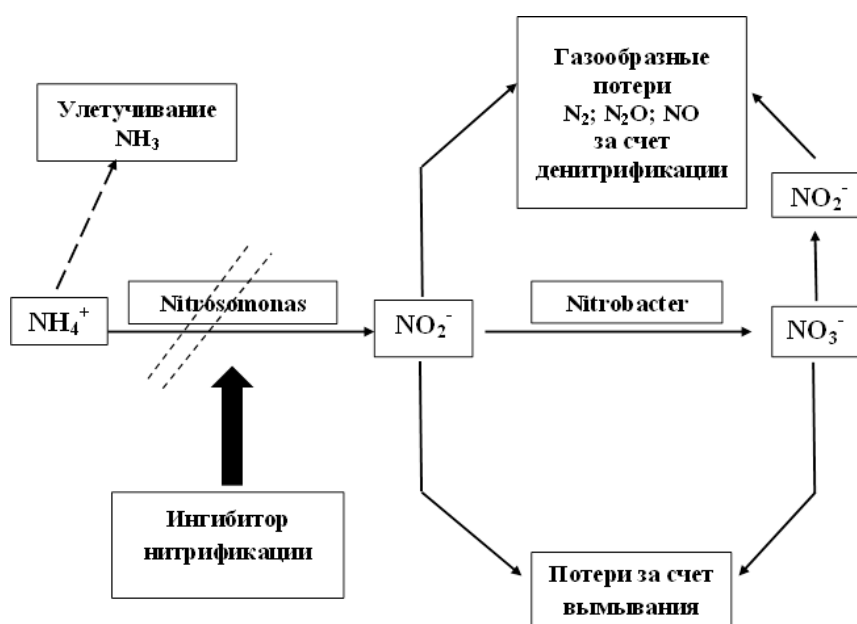


Рисунок 1 – Схема трансформации азота удобрений в почве и место действия ингибиторов нитрификации

При совместном использовании азотных удобрений с ингибиторами нитрификации появляется возможность сократить кратность дробного внесения

удобрений на посевах сельскохозяйственных культур без снижения агрономического эффекта и с ощутимой экономической выгодой. Ингибиторы нитрификации должны обладать высокой специфичностью действия. Их персистентность и подвижность в почвах должны быть таковыми, чтобы обеспечивать торможение нитрификации и сохранение в основном корнеобитаемом слое внесенного азота удобрения до времени интенсивного потребления его культурными растениями. Продолжительность ингибирующего действия должна подлежать регулированию за счет изменения норм, форм препарата или способа внесения. В рекомендуемых нормах ингибиторы нитрификации должны быть безвредны для других почвенных микроорганизмов, растений, животных и людей. Получение ингибиторов должно быть простым и экономичным с использованием доступных сырьевых источников, а применение ингибиторов или модифицированных ими удобрений хорошо вписываться в технологии возделывания культур [100, 101].

В литературе описаны разнообразные химические соединения с нитрифицидным потенциалом, среди которых нитрапирин, дициандиамид, различные производные аминометилпиримидина, пиразолы, тиазолы и триазины занимают значительное место. Также нитрифицидные свойства проявляют сероуглерод, тиосульфат аммония, азид калия, азид натрия, анилиды, разнообразные производные мочевины, гидантоины, соединения ацетилена и микроэлементы [191, 193].

Изучение ингибиторов нитрификации вышло далеко за рамки научных исследований. В Японии, США, Китае, Индии и в рисосеящих странах Европы ингибиторы нитрификации вошли в технологию выращивания риса как обязательный агроприем. В нашей стране первый полевой опыт с отечественным ингибитором нитрификации типа нитрапирина (смесь хлорпиридинов [СП]) при возделывании риса в режиме укороченного затопления проведен сотрудниками кафедры агрохимии ТСХА и ВНИИ риса в 1974 г. в совхозе «Ордынский» Славянского района Краснодарского края [147, 150]. Применение этого препарата в дозе 2% от азота сульфата аммония (120 кг/га азота, внесение дробное: половина

– до посева, остальное количество – по всходам риса) обеспечило повышение урожая зерна с 58,2 до 69,9 ц/га (в варианте без азота – 22,4 ц/га). При испытании в Российской Федерации и странах ближнего зарубежья нитрапирина американского производства [торговая марка «N-serve»: 2-хлор-6 (трихлорметил) пиридин] было проведено 19 полевых опытов с рисом в основных рисосеющих районах. Достоверное увеличение урожая зерна риса от применения препарата получено в 74 % опытов. Средняя прибавка составила 6,0 ц/га, или 12,9 % по отношению к фону НРК без ингибитора. Эффективность азотных удобрений за счет использования нитрапирина возросла на 54 %. Отсутствие достоверного положительного влияния препарата на урожай имело место в опытах Приморского филиала ВНИИ риса [123], где ингибитор вносили с мочевиной в рядки при посеве риса, и в опытах Украинского ВНИИ орошаемого земледелия в неблагоприятном 1979 г., а также при использовании нитрапирина с завышенными или недостаточными дозами азотных удобрений [101, 119].

В публикациях Е.П. Алешина, В.Н. Паращенко, Н.С. Головки, Р.С. Кутузовой [48], Н.Е. Алешина, А.Х. Шеуджена, К.Х. Кохужева [10], В.М. Алтуховой [13, 14], С.Д. Базилевич [19], С.Д. Базилевич, О.Д. Сидоренко [17], Н.С. Головки [36], Ю.Р. Долгих, В.С. Петибской, Н.П. Грачевой [55], Е.В. Кондратюка [71], Л.Г. Молокова, Э.Р. Авакяна [99], Б.А. Неунылова, Ю.Р. Долгих, Н.П. Грачевой [105, 106], Б.М. Першина, А.Н. Першиной [124], В.Н. Пожилова, Л.Д. Ивановой, В.Ф. Ивичева [128], В.Т. Рымаря, В.Н. Паращенко, А.Х. Шеуджена [142], П.М. Смирнова, С.Д. Базилевич, В.М. Алтуховой [146, 147], А.Х. Шеуджена и его коллег [132] сообщается о высокой эффективности ингибиторов нитрификации на посевах риса. В серии многочисленных опытов В.Н. Паращенко и его соавторов получила освещение теория и практика применения ингибиторов нитрификации на рисовых полях Кубани [37, 120, 121, 134, 122, 185 186, 187,]. Результаты испытаний ингибиторов нитрификации в рисоводстве обобщены в двух книгах [63, 64] и послужили основой многочисленных диссертационных работ [15, 38, 39, 73, 80].

На рисовых полях Кубани объектами исследований были широкий спектр ингибиторов нитрификации: 2-хлор-6 (трихлорметил) пиридин (N-Serve) [15, 39, 55, 105], смесь хлорированных пиридинов (СП) [18, 143], хлорированные пиримидины (АМП) [18], 4-амино-1,2,4-триазол (АТГ) [64, 73, 81, 80, 121, 122, 186], 2-цианимино-4-гидрокси-6-метилпиримидин (ЦП) [142], дициандиамид (ДЦДА) [142], 3,4-диметилпиразолфосфат (DMPP) [132].

Одним из радикальных путей минимизации потерь азота на рисовых полях является ингибирование процессов нитрификации и денитрификации в почве в первые 10-12 суток после внесения удобрений. Н.П. Грачева [39] в своей диссертационной работе впервые экспериментально установила высокую эффективность препарата N-Serve на рисовых полях Краснодарского края. При его внесении совместно с азотным удобрением численность нитрифицирующих микроорганизмов в почве в начале фазы вегетации снижалась в 2-7 раз и это продолжалось в течение одного календарного месяца. Данная закономерность проявлялась во все годы проведения опыта. Одновременно с этим автор констатирует уменьшение количества денитрифицирующих микроорганизмов в почве. Применение N-Serve не сопровождалось отрицательным влиянием на количество микроорганизмов, использующих минеральный азот для своего развития. Численность аммонификаторов и олигонитрофилов при этом имела тенденцию к возрастанию. Позитивное воздействие по продолжительности действия ингибитора нитрификации наиболее выражено в ризосфере корней. Особенно это было характерно для нитрифицирующих микроорганизмов. На четвертую декаду после посева риса количество нитрифицирующих бактерий было относительно высоким и превышало в 2-3 раза количество на опытных посевах. На варианте с внесением ингибитора нитрификации эти микроорганизмы обнаруживались в ризосфере корня в небольших количествах. Ингибитор нитрификации N-Serve и гербицид Сатурн ограничивали численность денитрифицирующей микрофлоры ризосферы риса от посева до фазы кущения растений риса. В период посев-всходы N-Serve снижал количество и подавлял физиологическую активность денитрифицирующей микрофлоры в ризосфере риса.

В последующие фазы роста и развития растений количество денитрифицирующих микроорганизмов в ризосфере корней превосходило контроль без внесения N-Serve. В ризосфере корней риса наблюдалось увеличение численности аммонифицирующих микроорганизмов при внесении ингибитора нитрификации во весь период вегетации растений. По мнению автора это объясняется позитивным воздействием N-Serve и Сатурна на рост и физиологическую активность растений риса. Изменений в численности бактерий, учитываемых на КАА, олигонитрофилов, грибов и микроорганизмов, разрушающих целлюлозу, в ризосфере и ризоплане риса при внесении ингибитора нитрификации N-Serve не выявлено.

Применение ингибитора нитрификации N-Serve совместно с азотным удобрением приводило к повышению содержания в почве NH_4^+ и значительному (в два раза) уменьшению NO_3^- . Потери азота удобрений, учтенные с помощью меченного элемента, в период посев-всходы растений риса при этом значительно снижались и ингибитор нитрификации позитивно влиял на закрепление азота удобрений почвой и повышал коэффициент использования его растениями риса, что обусловило сокращение потерь азота до 20 %. Ингибитор нитрификации повышал урожай зерна риса в вегетационных опытах в среднем до 13 %. В полевых опытах прибавка урожайности от применения N-Serve доходила до 20 %, то есть до 12 ц/га. Внесение N-Serve на фоне сульфата аммония позволило снизить норму азотного удобрения на 30 % по сравнению с рекомендуемой по результатам полевых опытов без снижения величины запланированной урожайности. При этом снижения биохимических показателей урожая зерна риса не выявлено. На основании результатов, полученных в вегетационном, полевом и производственном опытах, докторант считает необходимы включение ингибитора нитрификации N-Serve в количестве 2 % от нормы азота на фоне сульфата аммония при возделывании риса на Кубани.

С.Д. Базилевич и О.Д. Сидоренко [17, 18, 19] также показали угнетающее действие ингибитора нитрификации N-Serve на группу Nitrozomonas, окисляющую аммонийный азот до нитритов и отсутствие такого эффекта на бактерии группы Nitrobacter, которые окисляют нитриты до нитратов, а также остальные группы бактерий, грибы и водорослей. Полученные авторами в

условиях вегетационных и полевых опытов данные свидетельствуют о положительном влиянии веществ, способствующих ингибированию процессов нитрификации, на урожай. Ингибитор нитрификации – циангуанидин сернокислый в условиях полевого опыта увеличивал урожай зерна риса на 3,9-4 ц/га при уровне урожая на контроле в 46 ц/га. Хлорированные препараты ингибиторов нитрификации увеличивали урожай риса на 14,7 ц/га и выше при урожайности риса на контроле в 57,3 ц/га. Использование ингибиторов нитрификации наиболее эффективно при небольших дозах вносимого азота; с увеличением количества азота эффективность ингибиторов падает. «При применении высоких норм азотных удобрений, – пишут С.Д. Базилевич и О.Д. Сидоренко [18], – когда потребность растений в азоте полностью удовлетворена, ингибиторы нитрификации не оказывают и не могут оказать сколько-нибудь положительного действия на урожай сельскохозяйственных культур. Их положительная роль будет заключаться в снижении количества нитратного азота в грунтовых водах. При небольших нормах азота, как это было показано и в вегетационном опыте, циангуанидин сернокислый оказывал положительное влияние на урожайность риса. Даже в варианте, где азот не вносили, а использовали лишь циангуанидин сернокислый - получили достоверную прибавку зерна риса в 4 ц/га. Это можно, по-видимому, объяснить тем, что циангуанидин, тормозя деятельность нитрифицирующих бактерий, не снижает жизнедеятельность аммонифицирующих бактерий, которые минерализуют азот почвы и превращают его в более доступную форму для растений». С этим выводом следует полностью согласиться.

В полевых опытах Ю.В. Кумейко, В.Н. Паращенко и Н.М. Кремзина [83], проведенных на лугово-черноземной почве, включение ингибитора нитрификации гутаназола в систему удобрения риса увеличивало содержание обменно-поглощенного азота по сравнению с контролем, где азотные удобрения вносились всей нормой за один прием до посева риса, на 1,8 мг/100 г и дробным – в два приема (2/3 нормы до посева + 1/3 в фазе кущения растений) на 0,58 мг/100 г почвы. При внесении мочевины модифицированной ингибитором нитрификации

за один прием – до посева риса прибавка урожайности зерна риса составила 7,68 т/га или 10 %, чем при дробном ее применении без гунатазола. Окупаемость 1 кг азота удобрения, при его внесении за один прием, урожаем зерна риса составила 6,26 кг зерна/кг, при дробном – 8,17 кг зерна/кг азота. Коэффициент использования азота удобрений растениями риса под воздействием ингибитора нитрификации возрастал на 4,30 %

Агроэкономическая эффективность ингибитора нитрификации на посевах риса проявляется независимо от вносимой формы азотного удобрения. Внесение сульфата аммония, мочевины и сульфат-карбамидного удобрения на фоне ингибитора нитрификации АТГ (3,5-диамино-1,2,4-триазол) обеспечивало повышение урожайности зерна риса соответственно на 0,65; 0,63 и 0,69 т/га по сравнению с дробным применением мочевины без внесения ингибитора нитрификации [185].

В опытах В.М. Алтуховой [13, 14, 15], проведенных на луговых почвах Кубани, применение ингибитора нитрификации N-Serve и его аналога российского производства Джакос существенно оказали отрицательное воздействие на процесс нитрификации азота удобрения и почвы в период посев риса – фаза всходы растений. Действием N-Serve и Джакос потери азота удобрения снижались на 14,3-16,2 %. При этом отмечено возрастание до 20 % закрепления азота удобрения в почве по отношению к варианту без их внесения. Минимизация потерь азота и улучшение питания растений риса одноименным элементом при включении ингибиторов нитрификации в систему удобрения оказали позитивное воздействие на урожайность риса и величины коэффициентов использования растениями азота удобрения: в вегетационном опыте в 1,5-1,6 раза, в полевых опытах – в 1,3-1,4 раза. Под влиянием изученных ингибиторов нитрификации эффективность N_{100} и N_{150} возрастала на 50-60 % и 24-33 % соответственно, а прибавки урожайности увеличивались на 0,73-0,91 т/га и 0,61-0,70 т/га. С увеличением нормы азота с N_{100} до N_{150} эффективность изучаемых ингибиторов нитрификации снижалась, при норме азота N_{200} их внесение было не оправдано – прибавки были не существенными, то есть математически не доказанными. Судя по величинам прироста урожайности, агроэкономическая эффективность была равноценной.

При внесении азотных удобрений, модифицированных указанными выше ингибиторами нитрификации, в нормах N_{100} , N_{150} и N_{200} содержание крахмала и белка в зерне риса существенно не изменялось.

В.Н. Паращенко и его коллеги [187] установили высокую эффективность включения 3,5-диамино-1,2,4- триазол в систему удобрения риса. В их опытах, проведенных на лугово-черноземной и лугово-болотной почвах Краснодарского края содержание NO_3^- в почве на варианте с внесением этого ингибитора нитрификации снижалось на 33,5-33,8 % по сравнению с контролем. При включении ингибитора нитрификации в технологию выращивания риса содержание NO_3^- в почве в фазе кущения не устанавливалось. Внесение 3,5-диамино-1,2,4- триазола способствовало увеличению содержания обменно-поглощенного NH_4^+ в почвах в фазах всходы и кущение растений риса соответственно на 1,30 и 0,30 мг/100 г или 58,3 и 7,2 %. Позитивное влияние 3,5-диамино-1,2,4- триазола обнаруживалось, хоть и несколько в меньшей степени, и в фазе выметывания растений. Урожайность зерна риса при включении ингибитора в технологию выращивания риса повышалась на 2,76 и 0,72 т/га по сравнению с контролем. Окупаемость модифицированного ингибитором нитрификации азотного удобрения была выше на 23,8 и 6,2 кг зерна/кг или на 8,6 и 2,2 % в сравнении с контролем.

Н.С. Головки [36, 38], Н.С. Головки и В.Н. Паращенко [37] для повышения урожайности зерна и увеличения выхода семян под районированные на Кубани сорта риса рекомендуют применять ингибиторы нитрификации: КПМ в дозе 2 %, ДЦД – 10%, АТГ – 2 % от содержания азота в удобрении. В ее опытах названные ингибиторы нитрификации способствовали росту растений риса: увеличивались высота и сухая масса растений, длина метелки и коэффициент продуктивной кустистости, а также повышался урожай. Прибавка урожайности от применения КПМ составляла 11,2 ц/га или 15%, ДЦД -13,7 ц/га (17,5%), АТГ – 12,0 ц/га (16,1%) по отношению к дробному внесению азотных удобрений. Исследованиями автора подтверждено селективное действие ингибиторов нитрификации КМП и ДЦД на бактерии I фазы автотрофной нитрификации, что отразилось на консервации $N-NH_4^+$ в их присутствии и торможении образования $N-NO_3^-$. Содержание аммонийного

азота в почве при использовании ингибиторов нитрификации в период наибольших потерь его почти в 2 раза было выше, а нитратного во столько же раз ниже, чем в почве вариантов без ингибиторов. Сохранение азота удобрений под действием ингибиторов нитрификации КМП и ДЦД в форме $N-NH_4^+$ до затопления поля постоянным слоем воды обусловило более интенсивный вынос растениями азота удобрений, что привело к увеличению коэффициента их использования на 5-16 % в вегетационном опыте и на 10-23 % в полевом. Подсчет баланса азота, содержащегося в почве после внесения удобрений и ингибитора нитрификации КМП, показал, что уже в результате первого сброса воды из сосудов теряется 9-11 % азота от его исходного содержания в почве. Применение КМП сокращает это непроизводительное расходование азота до 7,4 %. Газообразные потери в первую неделю ведения опыта составляли 9,1 % от содержания азота в почве при внесении его в один прием; 8,9 % – при дробном и 7,4 % – в присутствии КМП. К периоду всходов теряется 17-18 % азота, содержащегося в почве. Использование КМП позволяет сократить в этот период потери азота из почвы до 7-8 % общего его содержания. В период полной спелости непроизводительное расходование азота из почвы практически отсутствовало. «Следовательно, – пишет Н. С. Головкин, – основная масса потерь азота из почвы при выращивании риса происходит в период от внесения удобрений до фазы всходов (90 %). В присутствии КМП непроизводительное расходование азота из почвы сокращается в 2,2-2,4 раза».

Данные, полученные в полевом опыте, В.Н. Парашенко и другими учеными [186], свидетельствуют об агрономической эффективности совместного внесения ингибитора нитрификации АТГ (4-амино-1,2,4-триазол) и азотного удобрения в основной прием, а также его дробного внесения на посевах риса при выращивании на лугово-черноземной почве. Наибольшая урожайность риса в опыте получена в варианте с совместным использованием ингибитора нитрификации и азотного удобрения в основной прием – 10,29 т/га. Она была выше, чем в вариантах с внесением всей дозы азота в основной прием на 1,93 и применением подкормок – 0,27 и 0,75 т/га соответственно. Применение ингибитора нитрификации совместно с азотным удобрением сопровождалось увеличением количества продуктивных

стеблей на 46 шт/м² и массы зерна с растения на 0,77 г по сравнению с внесением полной дозы в основной прием без ингибитора нитрификации.

По данным полевых опытов К.С. Кохужева [73], проведенных на луговых почвах Республики Адыгея, включение 4-амино-1,2,4- триазола в технологию выращивания риса позволяет сократить норму азотных удобрений на 30 % без снижения продуктивности рисового агроценоза и снизить агрохимическую нагрузку на окружающую среду. Внесение под рис N₉₀-N₁₂₀ способствует увеличению содержания азота в растениях на 4,2-11,4 %, а таких же доз с ингибитором нитрификации – на 10,3-17,1 %. В условиях левобережья р. Кубань оптимальная норма азота, модифицированного ингибитором уреазы, составляет 90 кг/га. Она позволяет на 55 % по сравнению с фоном P₆₀K₆₀ и на 16 % по сравнению с вариантом с азотным удобрением повысить выход, посевные и семенные качества, урожайность риса с улучшением элементов структуры урожая. Авторские исследования, изложенные в диссертационной работе, ясно демонстрируют, что внедрение ингибитора нитрификации в процесс выращивания риса содействует улучшению его технологических и посевных свойств. При использовании данного метода отмечается повышение выхода крупы, а также улучшение степени пленчатости и стекловидности зерна, а трещиноватость, напротив, снижается, что является существенным показателем качества. Содержание золы, N, P, K, белка и крахмала в вариантах фон+N₁₅₀ и фон+N₉₀+АТГ было одинаковым. Выход семян с урожаем риса на варианте с ингибитором нитрификации превышал контроль.

В опытах, проведенных Ю.В. Кумейко [80, 82] на лугово-черноземной почве, включение ингибитора нитрификации АТГ в технологию выращивания риса способствовало минимизации потерь азота со сбросными и фильтрационными водами. Внесение ингибитора нитрификации АТГ не сказалось на содержании фульвокислот и групповом составе гумуса. Динамика содержания обменно-поглощенного NH₄⁺ в почве при внесении ингибитора нитрификации характеризовалась более высоким содержанием в фазах кущение и выметывание соответственно на 14,3 % и 23,4 % по сравнению с контролем. Улучшение питания риса под воздействием ингибитора нитрификации АТГ способствовало повышению

высоты растений, площади ассимиляционной поверхности и росту урожайности зерна риса. Урожайность риса при использовании ингибитора нитрификации гуанозола составила 1,13 т/га и была выше на 6,75-24,0 %, чем при дробном внесении и внесении полной нормы за один прием перед посевом риса азотного удобрения и на 2,67 % в сравнении с ингибитором нитрификации АТГ. Коэффициент использования растениями риса азота мочевины был равен 25,34 %, а мочевины с ингибитором нитрификации – 30,3 % [81].

В опытах А.Х. Шеуджена и его коллег [132] включение ингибитора нитрификации (DMPP) в навозную жижу повышало усвоение азота, фосфора и калия рисом относительно варианта без ингибитора соответственно на 10,5; 12,1; 10,1 % при осенней их заделке и на 3,1; 6,3; и 3,9 % – весенней. Среднесуточная интенсивность потребления растениями азота, фосфора и калия увеличивалась соответственно на 10,5; 11,8; и 10,0 % при осенней заделке навозной жижи с ингибитором нитрификации и на 2,8; 6,3; и 3,4 % – весенней. Оптимизация азотного питания растений риса сопровождалась повышением хозяйственного выноса азота, фосфора и калия с урожаем соответственно на 9,97 кг/га (7,3 %), 5,48 кг/га (8,8); 9,91 кг/га (6,9 %) при внесении удобрений осенью и на 4,69 кг/га (3,5 %); 4,10 (6,8 %); 6,22 кг/га (4,4 %) – весной.

Результаты проведенных производственных испытаний ингибиторов нитрификации под культурой риса на полях колхоза «Кавказ» в Красногвардейском районе описывают их высокую эффективность. Воздействие ингибиторов нитрификации привело к повышению коэффициента использования азотных удобрений на 1,5-5,8 % и увеличению урожайности зерна на 2,1-3,3 ц/га по сравнению с результатами контроля. Проведенный анализ эффективности внесенных под культуру риса ингибиторов нитрификации, таких как дициандиамид (ДЦД) и триазол (АТГ), указывает на предпочтительность к ДЦД. Данный препарат обеспечивает более полное использование азота удобрений и демонстрирует более значительное увеличение урожайности зерна риса. [64].

На основании проведенных на Кубани исследований и данных, полученных в других рисосеющих регионах Российской Федерации, разработаны рекомендации

по применению различных химических соединений нитрифицидного действия [35]. Ингибиторы нитрификации в форме водной суспензии вносят вслед за предпосевным внесением азотного удобрения (сульфат аммония, мочевины) с последующей заделкой в почву на глубину 8-10 см. Поверхностное, без заделки в почву внесение ингибитора нитрификации с азотными удобрениями в подкормки по всходам или в поверхностный слой воды при затоплении полей недопустимо. Расчетную норму азотного удобрения под рис при применении ингибиторов нитрификации уменьшают на 25-30 %.

Интеграция модифицированных ингибитором уреазы азотных удобрений в технологию возделывания культуры риса представляет собой перспективный метод для оптимизации азотного питания растений. Данные ингибиторы эффективно подавляют активность уреазы, выделяемой как уреабактериями, так и корнями растений, в зоне контакта с почвенным раствором. Уреаза является ключевым ферментом, катализирующим гидролиз мочевины с образованием гидрокарбоната аммония и выделением NH_3 в атмосферу. Отмечается, что аммиак, выделяющийся из удобрения, может оставаться в почве на протяжении продолжительного времени, что способствует препятствованию процесса нитрификации и оказыванию токсического воздействия на молодые растения [90, 151, 152].

Для подавления активности уреазы применяется н-бутил тиофосфорный триамид (НБТФТ). НБТФТ защищает удобрение от воздействия уреазы во время гидролиза мочевины после внесения в почву. Эффект ингибирования продолжается до 10-15 дней, что приводит к снижению выделения аммиака, вызванного гидролизом мочевины [90].

Эти меры имеют значение для обеспечения оптимальных условий для роста и развития культуры, а также для увеличения урожайности и качества продукции. При этом следует учитывать не только эффективность ингибиторов, но и их влияние на экосистему и окружающую среду. Дальнейшие исследования в этой области позволят более полно изучить механизмы действия ингибиторов уреазы и оптимизировать их применение в сельском хозяйстве.

Трансформация мочевины с ингибитором уреазы ЮТЕК в почве показана на рисунке 2 [192].

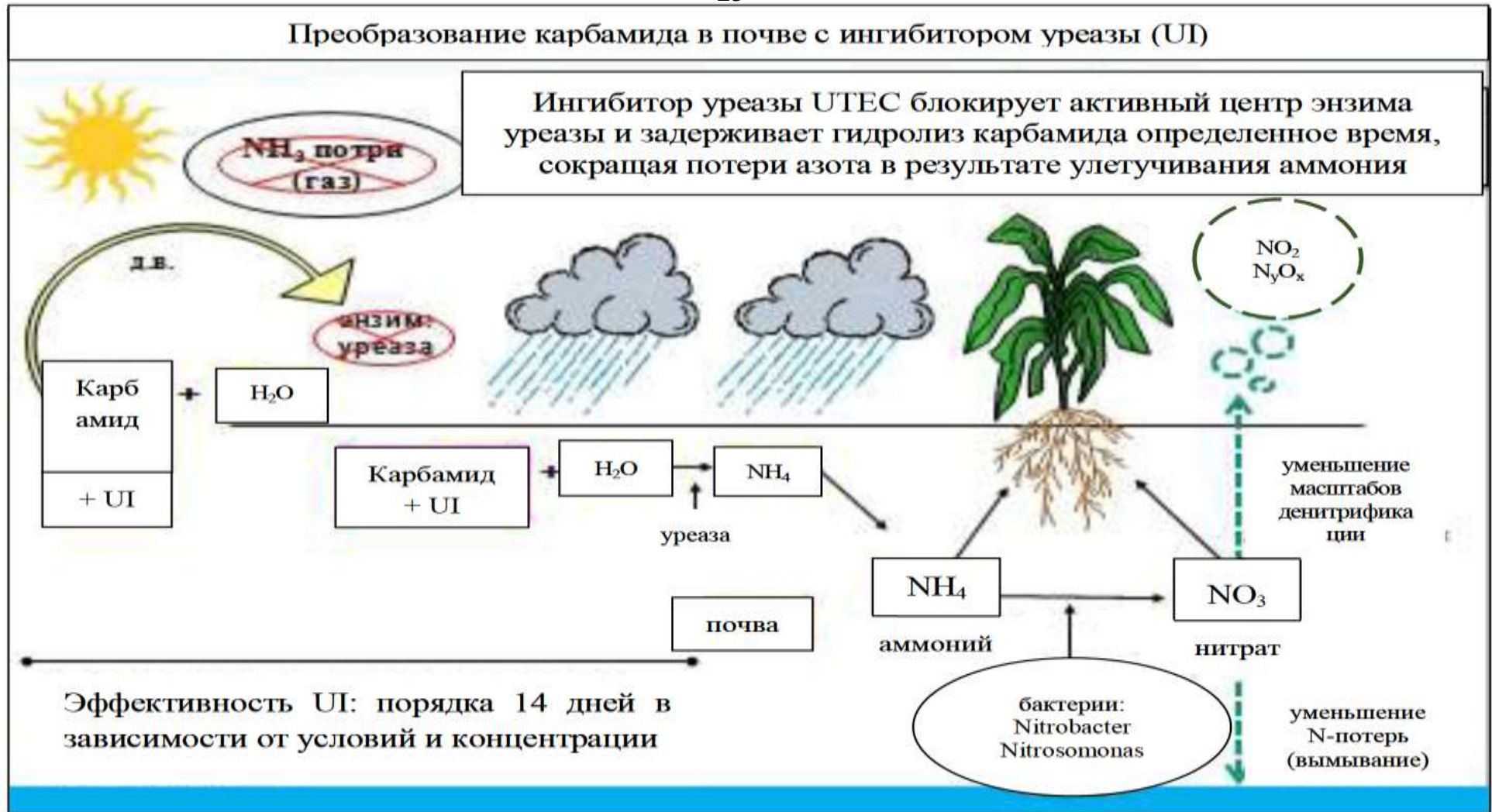


Рисунок 2 – Трансформация мочевины с ингибитором уреазы в почве

Снижение потерь азота в форме аммиака при применении ингибиторов уреазы представляет собой важный аспект современного сельского хозяйства, направленный на улучшение эффективности использования удобрений и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Исследования показывают, что использование таких ингибиторов может привести к значительному сокращению потерь азота – до 60% по сравнению с традиционными методами, такими как применение обычной мочевины.

Эффективность ингибиторов уреазы зависит от различных факторов, включая pH и температуру почвы. Например, при более высоком значении pH (равном или выше 7) наблюдается увеличение общей эмиссии аммиака, в то время как повышенная температура способствует ускорению процессов гидролиза уреазы.

Применение мочевины, предварительно обработанной ингибиторами уреазы, открывает новые возможности для сельскохозяйственных производителей. Это позволяет выбирать более гибкие сроки внесения удобрений, что особенно актуально в условиях изменчивости погодных условий, таких как засухи или кратковременные дожди. Такой подход помогает минимизировать потери азота в виде аммиака при одновременном обеспечении достаточного питания растений.

Кроме того, использование мочевины, обработанной ингибиторами уреазы, позволяет применять ее на поверхности почвы без необходимости внедрения. Это снижает риск потерь азота из-за испарения и делает этот метод более привлекательным для фермеров, особенно в условиях ограниченности времени и ресурсов [90].

В опытах В.Г. Сычева, Н.И. Акановой и М.И. Визирской [151] использование карбамида ЮТЕК в качестве удобрения проявило значительный положительный эффект на урожайность картофеля. Установленный уровень урожайности составил 56,4 т/га, в то время как масса товарных клубней достигла 54,8 т/га. Это важное улучшение привело к общему увеличению урожая на 35,6 % по сравнению с контрольным вариантом. Финансовая оценка этого прироста показала дополнительную прибыль в размере 245887,0 рублей на гектар.

Отмечается, что в условиях применения карбамида ЮТЕК наблюдалось наименьшее количество фуражной продукции, достигшее 0,16 т/га, что значительно ниже по сравнению с контрольным вариантом. Это свидетельствует о том, что использование данного удобрения способствует увеличению продуктивности товарного картофеля.

Более того, сравнение эффективности карбамида ЮТЕК с аммиачной селитрой позволило выявить преимущества первого варианта. Применение карбамида ЮТЕК привело к увеличению урожая товарного картофеля на 5,1 т/га и дополнительной прибыли в размере 76,8 тысяч руб./га. Эти результаты свидетельствуют о высокой эффективности и экономической целесообразности применения карбамида ЮТЕК в сельском хозяйстве, что может быть ключевым фактором для повышения производства и доходности сельскохозяйственных предприятий.

По данным А.Х. Шеуджена и его коллег [158] при выращивании озимой пшеницы на лугово-черноземных почвах в рисовых севооборотах Краснодарского края наиболее благоприятные условия минерального питания растений складываются при подкормке пшеницы озимой модифицированным ЮТЕК карбамидом. При его использовании, растения пшеницы лучше развивались, что обеспечивало более интенсивное потребление азота, фосфора и калия из почвы. Наибольшую и одинаковую прибавку урожайности обеспечивает модифицированный карбамид ЮТЕК из расчета N_{60} как при дробном (две подкормки), так и при разовом внесении. Карбамид и карбамид ЮТЕК в одинаковой степени способствуют повышению качества зерна пшеницы озимой.

Г.В. Пироговская, С.С. Хмелевский, В.И. Сокуро и др. [189] провели эксперименты, подтверждающие эффективность применения ингибитора уреазы UREA^{stabil} на полях, где выращивается пшеница, в рамках исследований, проведенных на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Белоруси. Согласно их данным, использование карбамида UREA^{stabil} при культивировании озимой пшеницы в ходе полевых испытаний привело к значительному повышению урожайности зерна на уровне 6,5-6,7 ц/га и соломы на 3,8-5,1 ц/га по

сравнению с использованием стандартного карбамида. При этом не было выявлено существенного влияния применения удобрения UREA^{stabil} на такие качественные характеристики зерна озимой пшеницы, как содержание протеина, клейковины и элементов питания (азот, фосфор, калий).

Ингибитор уреазы показал положительный результат на посевах кукурузы, рапса [157, 159] и сои [160]. Из изученных азотных удобрений (карбамид, карбамид ЮТЕК, аммонийная селитра и КАС) наибольший эффект на посевах кукурузы при применении из расчета N₆₉ на фоне допосевого внесения нитроаммофоски 23:13:8 в количестве 300 кг/га в физической массе давал карбамид ЮТЕК. При его применении формировался наибольший и практически одинаковый урожай зерна кукурузы – 6,64 и 6,65 т/га соответственно при припосевном внесении и в подкормку, что на 43,1 и 43,3 % больше, чем при выращивании без удобрений. Эффективность других азотных удобрений несущественно ниже. При применении карбамида ЮТЕК улучшалось качество урожая: в зерне увеличивалось содержание белка на 2,05 %, а крахмала – снизилось на 0,6 %. Это, наряду с увеличением урожайности зерна, способствовало росту сбора белка на 2,96-2,97 ц/га (80,0-80,3 %) и крахмала – на 13,85-13,92 ц/га (42,3-42,5 %) [157].

В нашей стране в 2018 г. впервые полевые опыты с использованием карбамида ЮТЕК под рис проведены отделом прецизионных технологий Федерального научного центра риса в Рисоводческом племенном заводе «Красноармейский им. А. И. Майстренко» [159, 188, 195]. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Без удобрений; 2. До посева N₅₅ (120 кг/га) + всходы N₄₆ (100 кг/га) + кущение N₃₇ (80 кг/га) (традиционная технология); 3. До посева N₁₃₈ (300 кг/га); 4. До посева ЮТЕК N₁₃₈ (300 кг/га); 5. Всходы карбамид N₆₉ (150 кг/га) + кущение карбамид N₆₉ (150 кг/га); 6. Всходы ЮТЕК N₆₉ (150 кг/га) + кущение ЮТЕК N₆₉ (150 кг/га); 7. До посева ЮТЕК N₆₉ (150 кг/га) + всходы ЮТЕК N₆₉ (150 кг/га); 8. До посева ЮТЕК N₅₅ (120 кг/га) + всходы ЮТЕК N₄₆ (100 кг/га) + кущение N₃₇ (80 кг/га); 9. До посева ЮТЕК N₅₅ (120 кг/га) + всходы ЮТЕК N₄₆ (100 кг/га) + кущение ЮТЕК N₃₇ (80 кг/га). Контроль - агроценоз без

удобрений и с традиционной схемой применения азотного удобрения (обычный карбамид): до посева и подкормки в фазе всходы и кущение растений риса. Почва опытного участка – луговая легкоглинистая. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание общего гумуса 3,0 %, общего азота 0,218 %, подвижных форм фосфора 26,8-27,0 мг/кг, обменного калия 291 мг/кг, $pH_{вод.}$ 6,47-6,55 ед., pH_{KCl} 5,2 ед. Погодные условия в годы исследований складывались благоприятно для роста и развития растений риса. Средняя за период вегетации температура воздуха была выше средних многолетних значений и в 2019 г. она была на 1,5 °С ниже, чем в 2018 г. Выявленные закономерности воздействия модифицированного карбамида на рост, развитие и продукционный процесс растений в рисовом агроценозе не различались по годам исследований. Сравнение велось с традиционной схемой применения азотных удобрений принятой повсеместно в Краснодарском крае, а именно внесение в три приема обычного карбамида: до посева, в фазе всходы и кущение. Нормы вносимых удобрений во всех вариантах одинаковые 300 кг/га в физической массе. В связи с этим все отмеченные различия отнесены на влияние ингибитора уреазы ЮТЕК обусловленные сокращением потерь азота из удобрений. Выявленные за годы исследований закономерности воздействия модифицированного карбамида на рост и развитие растений риса, потребление ими биогенных элементов и урожайность были идентичными. Как показывают учеты и наблюдения проведенные в опыте в фазе полных всходов (3 листа) существенных различий растений из удобренных агроценозов по высоте не обнаружено. В фазе кущения достоверно меньшей высотой (на 2,9 см или 9,0%), чем растения из варианта с традиционной системой удобрения, отличались растения из агроценоза с внесением карбамида ЮТЕК в фазе всходы и кущение (вар. 6), а в фазе выхода в трубку - при его внесении в два приема: до посева и в фазе кущения (вар. 7) на 4,6 см (7,5%) и в три приема по схеме $N_{53-46-37}$ (вар. 9) на 7,1 см (11,6%). Различия растений по сухой массе были более значительными и наблюдались уже в фазе всходов. Начиная с фазы выхода в трубку различия между вариантами, обусловленные воздействием карбамида ЮТЕК, увеличиваются. Растения с

наибольшей сухой массой формировались в вариантах с внесением карбамида ЮТЕК в два приема: в фазе всходов и кущения (вар. 6) и до посева и в фазе всходов (вар. 7). в фазе выметывания растения риса из агроценозов удобренных карбамидом ЮТЕК в фазе всходы и кущение (вар. 6), до посева и в фазе всходы (вар. 7), а также обычным карбамидом в фазе всходы и кущение превышали по этому показателю растения из варианта с трехкратным внесением обычного карбамида (вар. 2) соответственно на 13,6, 11,5 и 12,6%. Таким образом, замена обычного карбамида на ЮТЕК позволяет создать условия, способствующие формированию растений с большей сухой массой, что указывает на более интенсивный биосинтез органических соединений.

Применение азотного удобрения обеспечивало увеличение урожайности риса на 46,1-58,8 %. Замена обычного карбамида модифицированным ЮТЕК сопровождается увеличением в разной степени урожайности риса. При внесении полной нормы до посева достоверного роста урожайности не выявлено: прибавка составила 0,19 т/га или 2,6 %, что несущественно. При всех других схемах применения карбамида ЮТЕК урожайность была выше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида на 0,48-0,63 т/га или 6,6-8,7 %. Существенных различий между этими вариантами не отмечено. Однако наибольшая прибавка урожая получена при внесении карбамида ЮТЕК за два приема (вар. 6 и 7). Рост урожайности обусловлен увеличением числа зерен в метелке и массы зерна с растения.

Модификация карбамида ингибитором уреазы способствует вовлечению в биохимические процессы в растениях большего количества азота удобрений. Из обычного карбамида при трехкратном его внесении растениями риса используется 36,8 % внесенного азота, а из карбамида ЮТЕК в зависимости от схемы внесения - 38,4-45,7 %, что на 1,6-8,9 % больше. Это указывает на меньшие потери элемента из корнеобитаемого слоя почвы, а следовательно, и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Выявлена более высокая, чем обычного карбамида, агрономическая эффективность карбамида ЮТЕК. При традиционной схеме применения обычного карбамида на каждый 1 кг действующего вещества удобрений

формируется 11,29 кг зерна, при внесении карбамида ЮТЕК полной нормой до посева – 12,23 кг, в два приема – 14,31-14,41 кг, три приема – 13,66-13,76 кг.

Из результатов исследований следует, что карбамид ЮТЕК является перспективным удобрением для применения на посевах риса. Ингибитор уреазы NBPT (N-(N-бутил) тиофосфорный триамид) не оказывает негативного воздействия на рост и развитие растений риса. Напротив, отмечено благоприятное его воздействие, обусловленное более высокой обеспеченностью агроценоза азотом, на рост, развитие и потребление биогенных элементов растениями риса. Результатом этого влияния явилось формирование высокопродуктивного рисового агроценоза. Данная работа является предпосылкой для проведения широкомасштабного исследования по изучению проблемы применения ингибиторов уреазы в рисоводстве.

Подводя итоги многоплановых исследований по проблеме азота в рисоводстве следует отметить наличие фундаментальных работ по агрохимии и биогеохимии этого элемента, а также его физиологической роли в жизни растений риса. Показано, что продуктивность и устойчивое функционирование рисовых агроэкосистем определяется в значительной степени спецификой баланса и трансформации азота в почве. Дано научное обоснование приемам снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений в рисоводстве. Большое количество исследований посвящено проблеме применения ингибиторов нитрификации в различных регионах нашей страны и за рубежом. Установлено, что за счет использования ингибиторов нитрификации возможно сокращение кратности внесения азотного удобрения и переход от дробного к разовому без снижения агрономического эффекта при очевидной в этом случае экономической выгоде. Показаны экологические функции ингибиторов нитрификации – позволяют снизить загрязнение природных водоемов нитратами, а атмосферы – закисью азота.

Анализ литературных данных свидетельствует о возрастающем интересе к использованию ингибитора уреазы, который применяется при внесении мочевины или карбамидно-аммиачной смеси. Как показали полевые испытания использования уреазы с мочевиной и КАС, позволяет значительно снизить потери

азота удобрения на посевах пшеницы, кукурузы, рапса, сои, картофеля и других сельскохозяйственных культур. Вместе с тем приходится констатировать, что применение стабилизированных ингибитором уреазы амидных форм азотных удобрений под рис еще практически не проводится, а исследования в этом направлении сравнительно малочисленны. Для внедрения ингибиторов уреазы в практику рисосеяния в различных почвенно-климатических условиях требуется разработка регламента их применения, соблюдение которого обеспечит получение высоких устойчивых урожаев риса и сокращение приемов их внесения. Решение этой проблемы является весьма актуальной, перспективной задачей агрохимической науки.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатическая характеристика района проведения исследований

Исследования проводились на рисовой оросительной системе Адыгейского научно-технического центра риса (Тахтамукайский район Республики Адыгея) в 2019-2022 гг.

Регион характеризуется умеренно-континентальным климатом, который формируется под воздействием различных факторов, включая близость Азовского и Черного морей на западе, присутствие высоких хребтов на юге, а также открытость территории с севера и северо-востока для холодных потоков воздуха с Восточно-Европейской равнины.

Район проведения полевых исследований характеризуется умеренным увлажнением, которое определяется годовым количеством осадков в пределах 600-700 мм и коэффициентом увлажнения от 0,25 до 0,30. Суммарное количество эффективных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет $3400-3800^{\circ}\text{C}$, а выше $+15^{\circ}\text{C}$ – $2900-3000^{\circ}\text{C}$. Гидротермический коэффициент варьируется от 0,9 до 1,3. Наиболее благоприятные температуры для прорастания риса, характеризующиеся устойчивым переходом через 15°C , наблюдаются в начале мая. Лето в этом регионе характеризуется высокими температурами, средняя температура июля составляет $22-24^{\circ}\text{C}$, но максимальные значения могут достигать $38-40^{\circ}\text{C}$. В году имеется около 90 дней с среднесуточной температурой выше 20°C .

Большая часть осадков в регионе выпадает за период вегетации риса, обычно составляющий 250-400 мм. Относительная влажность воздуха в это время редко превышает 70%. Общее количество дней с суховеями составляет 50-75, включая интенсивные суховеи, которые длительны в среднем 5 дней за вегетационный период. Наибольшее количество дней с суховеями наблюдается в конце июля и начале августа, что неблагоприятно сказывается на развитии риса, так как в это время происходит цветение и налив зерна [1].

Сведения о температуре и относительной влажности воздуха за этот период указаны на рисунках 3 и 4.

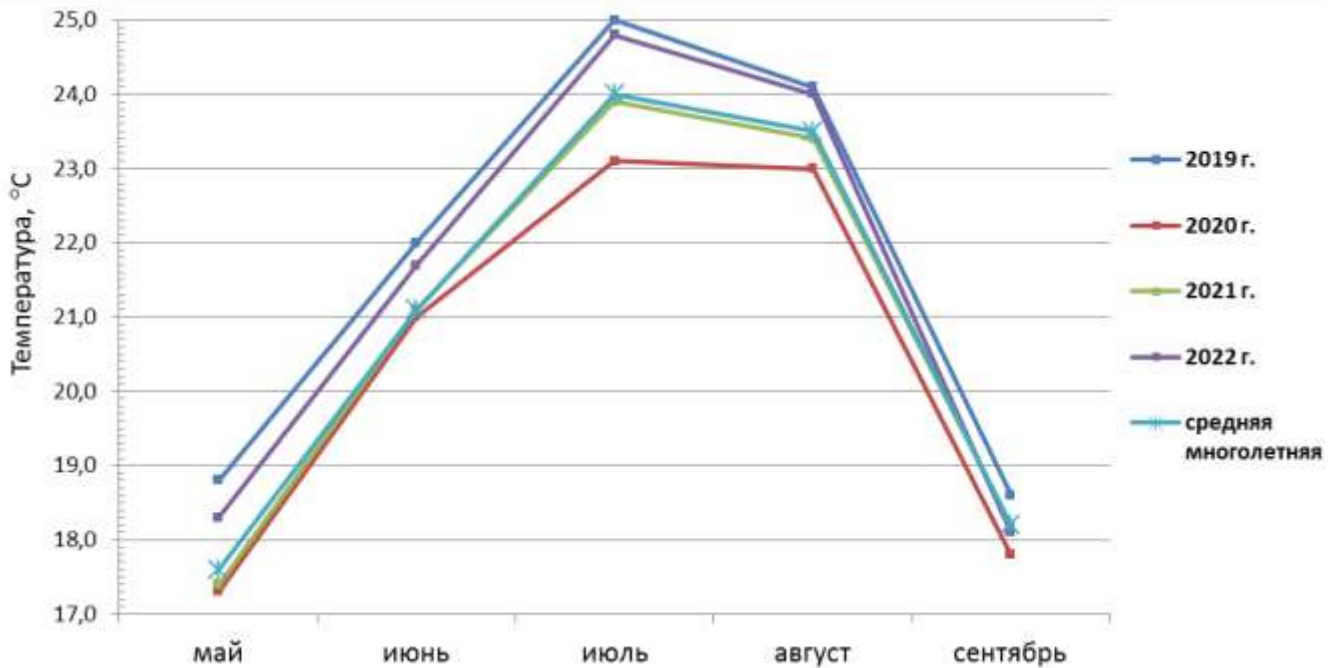


Рисунок 3 – Температура воздуха вегетационного периода растений риса в годы проведения исследований

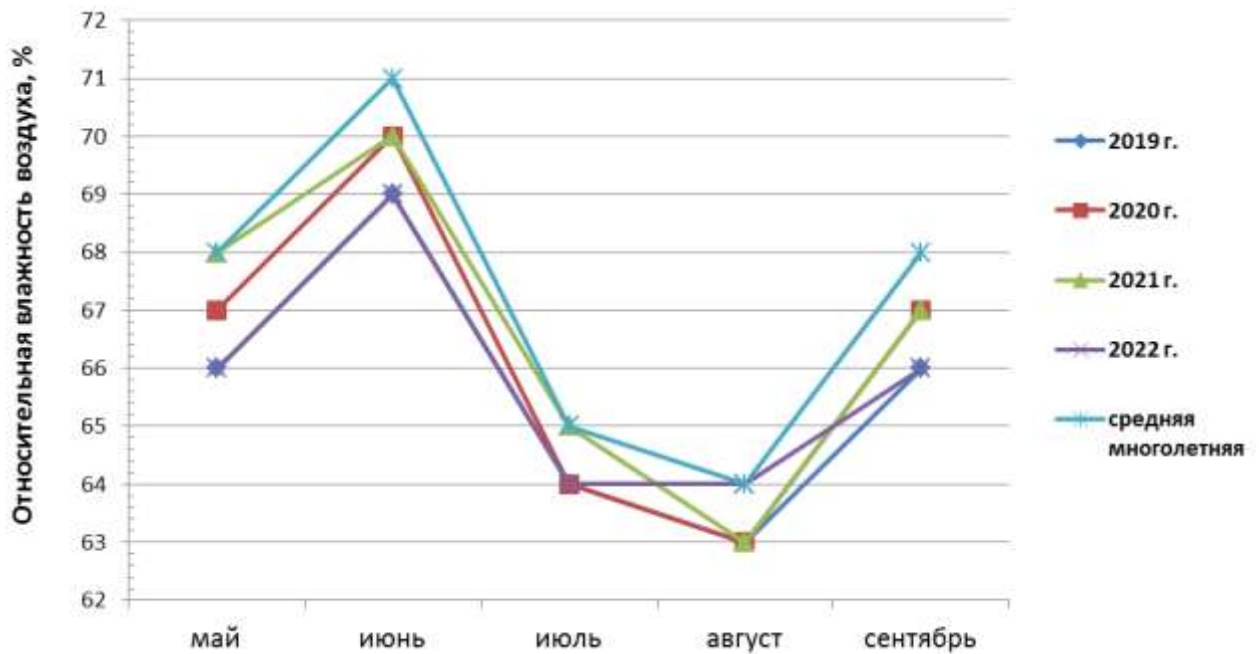


Рисунок 4 – Относительная влажность воздуха вегетационного периода растений риса в годы проведения исследований

Из представленных на рисунках данных видно, что погодные условия в период проведения исследований демонстрировали сходство с многолетними средними, однако наблюдались некоторые небольшие различия между годами. 2020 год выделялся как самый прохладный, в то время как 2019 и 2022 годы были отмечены более теплыми температурами. В 2021 году среднемесячные значения температуры воздуха приблизились к многолетним средним показателям. В то же время, наблюдаемые значения относительной влажности воздуха в разные годы не отличались значительно и оставались в пределах средних многолетних для данного региона.

Таким образом, погодные условия в годы проведения полевых опытов – 2019-2022 гг. были типичными для Тахтамукайского района Республики Адыгея и благоприятными для выращивания раннеспелых и среднеспелых сортов риса. Это является предпосылкой для получения достоверных данных по изучению влияния изучаемого фактора – карбамида ЮТЕК.

Полевые опыты проводили на лугово-черноземной почве. Пахотный ее горизонт мощностью 20 см, темно-серый, часто с сизоватым тоном, зернисто-комковатый, средне-, тяжелосуглинистый или глинистый, бескарбонатный, имеющий слаборазложившиеся корневые остатки с признаками гидроморфизма. Для лугово-черноземной почвы характерно довольно сильное уплотнение почвенных горизонтов, которое связано, в большей степени, с антропогенными факторами, такими как чередование периодов увлажнения и иссушения, обусловленные спецификой возделывания риса, и действием тяжелой техники на почву во время уборки урожая, когда она еще находится во влажном состоянии. В нижней части профиля признаки уплотнения сформировались под действием выщелачивания карбонатов [42, 43].

Характерной особенностью лугово-черноземной почвы, вовлеченной под посевы риса, является довольно высокая насыщенность ППК катионом кальция. Сумма поглощенных оснований достигает 31,00-35,14 в пахотном и 33,83-37,05 мг-экв./100 г в подпахотном горизонтах, среди которых преобладает Ca^{2+} (70,1-73,5 %), второе место занимает Mg^{2+} (19,3-23,2 %). Обменных K^+ и Na^+ содержится 2,7-4,2 и

3,2-4,1 % от суммы соответственно. В подпахотных горизонтах содержание катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и, в меньшей степени K^+ , увеличивается. Реакция почвенного раствора в $A_{\text{пах}}$ близка к нейтральной (6,3-7,2), которая с глубиной профиля увеличивается до 8,0-8,2 [41, 44].

Лугово-черноземная почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: валовое содержание азота – 0,22 %, фосфора – 0,20 %, калия – 1,7 %, рН = 6,8; плотность пахотного горизонта 1,4 г/см³. Количественные показатели запасов гумуса в пахотном горизонте подвержены значительным колебаниям, они изменяются в диапазоне от 74 до 92 т/га. Наблюдается ярко выраженная гетерогенность распределения этого важного компонента почвы, преобладающие значения которого выявляются в горизонте А, достигая максимальных значений до 169 т/га. Предполагается, что такая высокая концентрация гумуса связана с интенсивной миграцией водорастворимых органических веществ по профилю почвы. Этот процесс, вероятно, обусловлен физико-химическими процессами, происходящими в почвенной среде и взаимодействием между органическим веществом и минеральными компонентами почвенного профиля. [44; 178]. По всем показателям (агрохимическим, водно-физическим и физико-химическим) данная почва считается благоприятной для возделывания культуры риса.

2.2 Объекты исследований

Сорт риса Чибий. Авторы: В.Н. Шиловский, Н.И. Захарченко, Х.Д. Хурум. Авторское свидетельство (патент) № 9701 зарегистрировано 06.09.2018 г.

Родословная: индивидуальный отбор из сорта Янтарь. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Рекомендован для возделывания в Республике Адыгея. Разновидность италика. Опушение пластинки предпоследнего листа слабое, антоциановая окраска ушек отсутствует. Стебель средней длины. Метелки средней длины, изогнутость главной оси сильная. Обрушенное зерно среднее –

длинное. Средняя урожайность в регионе – 70,4 ц/га; в Республике Адыгея – 69,8 ц/га, что на 6,6 ц/га выше стандарта Атлант. Максимальная урожайность – 92,0 ц/га – получена в 2015 г. в Краснодарском крае. Сорт среднепоздний, вегетационный период – 110-126 дней. Устойчив к полеганию и осыпанию. Масса 1000 зерен – 27-34 г. Технологические и кулинарные показатели высокие. Среднеустойчив к пирикуляриозу.

Карбамид ЮТЕК (продукт компании ОАО «ЕвроХим»). Азотное удобрение, в состав которого вводится (напыляется на гранулы в процессе производства) ингибитор уреазы NBPT (N-(n-бутил) тиофосфорный триамид).

2.3 Методика проведения исследований

Для достижения целей, поставленных в данной работе, были проведены эксперименты как в полевых, так и в лабораторных условиях. Они были направлены на изучение эффективности использования карбамида ЮТЕК в условиях рисового агроценоза.

В лабораторном опыте, который проводили на кафедре агрохимии Кубанского ГАУ, изучались потери азота с фильтрационными и сбросными водами. Опыт включал 7 вариантов: 1. Без удобрений, 2. N₅₅, 3. N_{ЮТЕК55}, 4. N₆₄, 5. N_{ЮТЕК64}, 6. N₁₃₈, 7. N_{ЮТЕК138}.

Для учета потерь азота из почвы и удобрений использовали цилиндрические воронки Нутчи с фильтрующей стеклянной пластинкой емкостью 1000 мл. В сосуды помещали по 500 г почвы, отобранной в чеке, где закладывали полевые опыты. Удобрения вносили в верхний 0-3 см слой почвы. В течение трех суток после набивки сосудов и внесения удобрений для провоцирования процесса нитрификации почву поддерживали во влажном состоянии (влажность почвы доводили до 26 %). После этого на поверхности создавали постоянный слой воды в 3 см. Для этих целей использовали дистиллированную воду. Характерную для почв рисовых полей скорость фильтрации (0,5 см/сутки) устанавливали с

помощью кранов на водоотводящих трубках. В течение семи суток собирали фильтрационные воды, а воду, оставшуюся над почвой, сливали отдельно в сосуды через сифон. В фильтрационных и сбросных водах определяли содержание аммонийного и нитратного азота. После почву в сосудах подсушивали до влажности 26 % для возобновления процесса нитрификации и снова создавали слой воды в 3 см на 7 суток. Пробы фильтрационной и сбросной воды для учета потерь азота отбирали три раза через 7 суток после затопления почвы.

В ходе полевого опыта проводилось исследование эффективности различных вариантов доз и сроков внесения карбамида и карбамида ЮТЕК под рис в норме N_{138} . Площадь делянки составляла 100 м^2 , из которых 60 м^2 – учетная. Размещение делянок проводили рендомизированным способом. Удобрения вносились в соответствии с предварительно разработанной схемой опыта. Норма высева семян составляла 7 млн. всхожих семян на гектар; применялся разбросной метод посева. Изучались следующие варианты в четырехкратной повторности:

1. Без удобрений;
2. $P_{80}K_{60}$ – фон
3. N_{55} (до посева) + N_{46} (всходы) + N_{37} (кущение) (традиционная схема применения азотного удобрения);
4. N_{138} (до посева);
5. $N_{\text{ЮТЕК}138}$ (до посева);
6. N_{69} (всходы) + N_{69} (кущение);
7. $N_{\text{ЮТЕК}69}$ (всходы) + $N_{\text{ЮТЕК}69}$ (кущение);
8. $N_{\text{ЮТЕК}69}$ (до посева) + $N_{\text{ЮТЕК}69}$ (всходы);
9. $N_{\text{ЮТЕК}55}$ (до посева) + $N_{\text{ЮТЕК}46}$ (всходы) + N_{37} (кущение);
10. $N_{\text{ЮТЕК}55}$ (до посева) + $N_{\text{ЮТЕК}46}$ (всходы) + $N_{\text{ЮТЕК}37}$ (кущение).

Азотные удобрения применялись на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений из расчета $P_{80}K_{60}$. Контролем служил вариант с внесением обычного карбамида в три приема: до посева, в фазы всходы и кущения. Агротехника в опыте соответствовала рекомендациям ФНЦ риса.

По фазам вегетации растений риса (всходы, кущение, выметывание и полная спелость) проводили отбор растительных образцов для определения следующих показателей: высоты растений, сухой массы растений (гравиметрический метод), площади ассимиляционной поверхности листьев (весовой метод), чистой продуктивности фотосинтеза (метод Ничипоровича), содержания хлорофиллов и каротиноидов (метод Годнева в модификации Шеуджена), интенсивности фотосинтеза (метод Бородулиной в модификации Шеуджена) и содержание N, P и K (в одной навеске по методике Куркаева).

Перед уборкой урожая с каждого участка по диагонали было отобрано по 30 растений для измерения их биометрических характеристик и оценки структуры урожая. При анализе были учтены следующие параметры: высота растений, длина главной метелки, продуктивная кустистость, масса зерна с главной метелки и растения, количество пустых и заполненных колосков на главной метелке, а также масса 1000 зерен.

Сбор урожая осуществлялся в фазу полной спелости зерна путем обмолота каждой делянки с пересчетом на стандартную влажность и чистоту. Для оценки технологических и биохимических характеристик зерна определяли содержание белка согласно ГОСТу 10846-91, содержание крахмала согласно ГОСТу 10845-76, и зольность согласно ГОСТу 10847-74.

Проводился химический анализ почвенных образцов с опытных делянок, отобранных из пахотного горизонта (0-20 см) по фазам вегетации растений риса, для установления влияния азотных удобрений на содержание подвижных форм азота, фосфора и калия и определения обеспеченности ими растений. Обменный аммоний определяли колориметрически в 1 % вытяжке KCl с использованием фенола; нитратный азот дисульфифеноловой кислотой по Грандваль-Ляжу, подвижный фосфор и калий – по методике Чирикова.

Полученные экспериментальные данные математически обработаны методом дисперсионного анализа [180].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Питательный режим лугово-черноземной почвы при внесении карбамида и карбамида УТЕС

Рис – гигрофит, то есть является растением, произрастающим в затопленной среде. Это качество определяет специфику его минерального питания, водно-воздушного режима, энергетических процессов, происходящих в почве и растении. Почва в период вегетации риса постоянно переувлажнена, обеднена кислородом, в ней преобладают восстановительные реакции над окислительными, развиваются процессы оглеения и элювиирования, разрушается ее структура и ухудшается ряд водно-физических свойств. Для почвы рисовых полей характерна высокая цикличность процессов, частая и резкая смена режимов (анаэробного – в период вегетации и аэробного – после сброса воды с чека и уборки урожая), что не может не отразиться на ее свойствах и плодородии. Цикличность этих процессов в экосистеме играет ключевую роль в активизации физико-химических и микробиологических процессов. Это оказывает значительное влияние на питание растений, особенно риса, поскольку его корневая система зависит от доступности и перераспределения питательных веществ в почве. В результате, специфика корневого питания риса формируется под воздействием этой цикличности процессов, определяя особенности системы удобрения, необходимой для оптимального роста и развития данной культуры. [150].

3.1.1 Режим азотного питания растений риса

3.1.1.1 Динамика содержания минерального азота в почве

Вследствие господства восстановительных процессов, доминирующей формой минерального азота в почве является аммонийный азот, который преобладает над нитратами в начале периода затопления, а к концу вегетации – является единственной минеральной формой [5, 11, 150].

До посева риса в лугово-черноземной почве опытного участка нитратного азота (15,8 мг/кг почвы) содержалось больше, чем аммонийного (14,3 мг/кг почвы). Но уже в фазе всходов риса, т. е. после затопления почвы и развития восстановительных процессов, количество его сокращалось в зависимости от нормы внесенного азотного удобрения в 2-3 раза, кущения растений – в 5-7 раз, а к фазе выметывания – вообще не обнаруживался. После сброса воды с рисового поля (чека) в почве вновь появляется нитратный азот, что связано с развитием окислительных процессов и возобновлением нитрификации. Достоверных различий по содержанию в лугово-черноземной почве нитратного азота при применении традиционного и модифицированного ингибитором уреазы карбамида не установлено (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в лугово-черноземной почве при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
1	2	3	4	5
Без удобрений	5,2	0,3	нет	6,4
P ₈₀ K ₆₀ – фон	4,9	0,2	нет	6,5
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	6,3	1,1	нет	7,3
N ₁₃₈₊₀₊₀	7,9	0,6	нет	6,7
N _{ЮТЕК138+0+0}	7,4	0,7	нет	6,7

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
N ₀₊₆₉₊₆₉	5,0	1,2	нет	7,4
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	5,1	1,3	следы	7,5
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	6,0	1,1	нет	7,2
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	5,7	1,0	нет	7,0
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	5,7	1,0	следы	7,1

При внесении карбамида и карбамида ЮТЕК из расчета N₁₃₈ полной нормой до посева увеличение содержания аммонийного азота относительно контроля (внесение азотного удобрения в три приема) наблюдается до фазы выметывания. Затем, вследствие отсутствия азотных подкормок, потребления этого элемента растениями риса и потерь, количество аммонийного азота в почве снижается и становится ниже, чем при традиционной схеме внесения азотного удобрения (контроль) на 12,1 и 8,2 %. При этом в фазы всходы и кущение растений в варианте с внесением всей нормы карбамида до посева риса отмечается более высокое содержание NH₄⁺, чем при внесении карбамида ЮТЕК (рисунок 5).

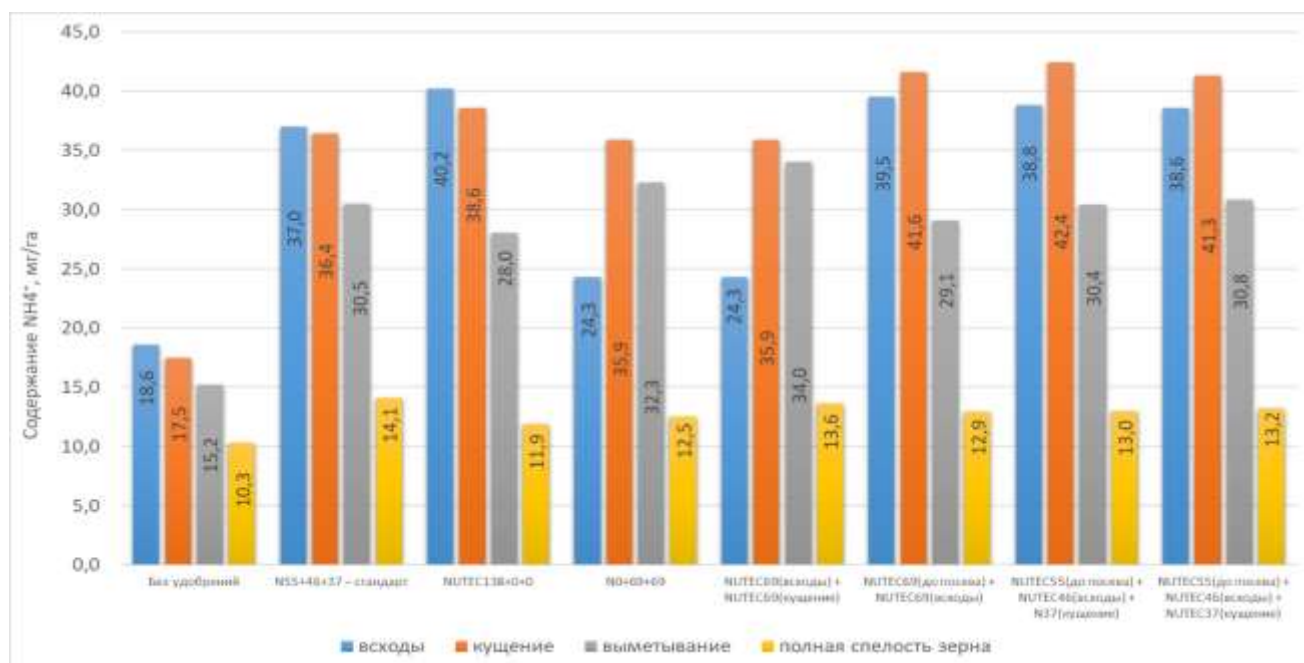


Рисунок 5 – Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в лугово-черноземной почве при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/кг

В вариантах с применением карбамида и карбамида ЮТЕК в два приема (без допосевного внесения азотного удобрения) аммонийного азота в почве фазе всходов риса содержалось на 34,3 % меньше, чем при традиционной схеме внесения удобрения. После проведения подкормки в фазе всходов содержание аммонийного азота в почве повышается и становится таким же, как и в контроле. В фазе выметывания риса содержание аммонийного азота в почве на варианте с применением карбамида ЮТЕК в два приема (без допосевного внесения азотного удобрения) выше, чем в аналогичном варианте с карбамидом, на 5,3 % и варианте с традиционной схемой его внесения на 11,5 %. В то же время применение карбамида ЮТЕК в два приема – до посева и в фазе всходов риса обеспечивало повышение содержания в почве аммонийного азота в фазе всходов на 6,8 % и в фазе кущения на 14,3 % относительно контроля.

При внесении карбамида ЮТЕК в три приема, отмечено увеличение в сравнении с внесением обычного карбамида в три приема содержания в почве аммонийного азота в фазе кущения риса, критической в отношении обеспеченности растений азотом, на 4,9 мг/кг почвы (13,5 %). В этот период наибольшее содержание аммонийного азота в почве отмечено при внесении карбамида ЮТЕК до посева и фазе всходов риса и подкормке в фазе кущения растений обычным карбамидом – на 6,0 мг/кг почвы (16,5 %) больше, чем при внесении карбамида в три приема. К фазе выметывания растений отмеченные различия были уже несущественными. Это обусловлено в значительной степени более интенсивным потреблением азота растениями риса.

Таким образом, динамика содержания минерального азота в почве без внесения удобрений показывает, что если в фазы всходы и кущения растений риса в почве присутствуют нитратная и аммонийная формы, то в фазе выметывания нитраты полностью исчезают и появляются лишь в фазе полной спелости зерна, то есть после сброса воды с рисового поля как результат нитрификации.

Динамика $N-NO_3$ и $N-NH_4$ на удобренных вариантах в сравнении с вариантом без удобрений показывает характер использования и потерь внесенного азота, а также действия ингибитора уреазы на трансформацию форм азота удобрения.

Ингибитор уреазы NBPT в составе карбамида ЮТЕК замедлял трансформацию амидного азота в аммонийный и создавал благоприятные условия для сохранения азота в почве, что проявлялось в увеличении содержания в ней аммонийного азота. При внесении карбамида ЮТЕК до посева риса и в фазе всходы его содержание в почве в фазы всходы и начало кущения растений было ниже, чем при аналогичной схеме применения карбамида на 6,1 и 4,0 %, а в последующие фазы вегетации выше на 4,5 и 5,3 %. При внесении азотного удобрения в три приема содержание аммонийного азота в почве на протяжении всего вегетационного периода растений при использовании карбамида ЮТЕК было выше, чем карбамида на 4,3-4,9 % и 13,5-16,5 % соответственно в фазе всходы и кущение. После фазы выметывания существенных различий в обеспеченности растений риса азотом не наблюдалось.

3.1.1.2 Потери азота с фильтрационными и сбросными водами из почвы и удобрений

Азот из почвы и удобрений теряется в результате вымывания из пахотного слоя почвы его минеральных форм и улетучивания газообразных соединений [5]. Потери обусловлены высокой подвижностью минеральных форм азота и прежде всего нитратов, также способностью последних восстанавливаться до газообразных соединений в процессе денитрификации [66, 67, 72].

Ученые И.В. Подлесный и В.Т. Рымарь [127] отмечают, что среднегодовой отток азота с дренажными водами с рисовых полей Краснодарского края составляет примерно 10% от общей внесенной дозы. В свою очередь, В.Н. Кудеяров [76], основываясь на анализе литературных данных и собственных исследований, установил, что общие потери азота из удобрений составляют от 35 % до 55 % от внесенной нормы. По его оценкам, суммарные потери азота из почв рисовых полей в некоторых случаях могут достигать до 70% и даже более.

В опытах А.Х. Шеуджена [4, 169, 182], А.Х. Шеуджена и К.М. Авакяна [28] потери аммонийного и нитратного азота при использовании карбамида и карбамида с совместным внесением микроудобрений со сбросными водами составляют 0,51-0,65 % и 1,88-4,07 %, а с фильтрационными вымывается от 0,68 до 0,72 % и от 5,5 до 8,34 % соответственно от исходного количества. Суммарные потери азота составляют 8,4-13,62 %. Большие потери азота требуют тщательной разработки технологии внесения и усовершенствования форм азотных удобрений, обеспечивающие их минимизацию.

Во все сроки учета с фильтрационными и сбросными водами вымывалось из почвы значительное количество нитратов (рисунок 6). В первую, вторую и третью недели потери N-NO₃ из почвы с фильтрационными водами составили 0,064; 0,049 и 0,017 мг/л, сбросными – 0,057; 0,047 и 0,016 мг/л соответственно.

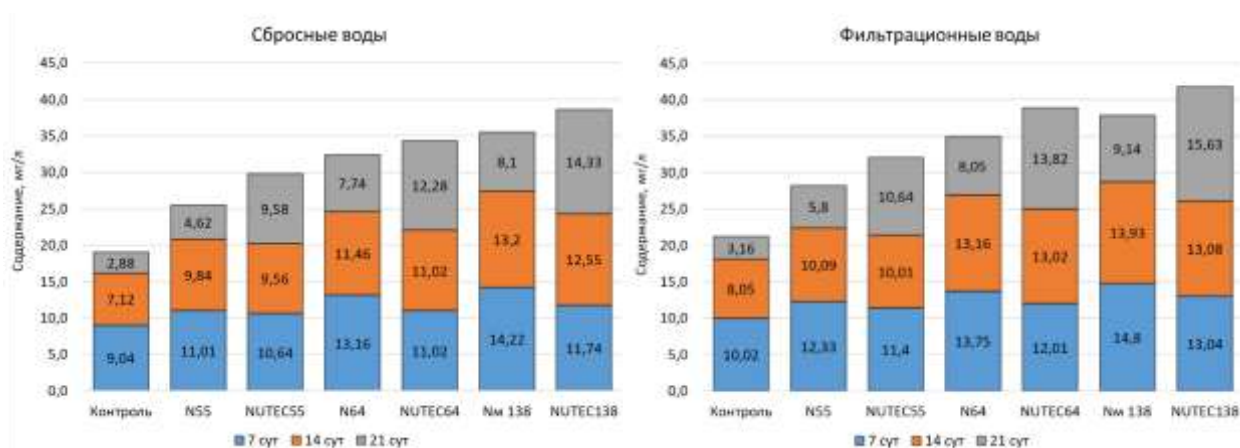


Рисунок 6 – Потери нитратного азота из почвы и внесенных удобрений с фильтрационными и сбросными водами

С внесением азотных удобрений потери нитратного азота значительно возросли. Так, при внесении N₅₅, N₆₄ и N₁₃₈ ежедневные потери азота со сбросными водами за 1-й срок определения (7 сут.) повышались соответственно на 1,97; 4,12 и 5,18 мг/л, 2-й (14 сут.) – 2,72; 4,34 и 6,08 мг/л, 3-й (21 сут.) – 1,74; 4,86 и 5,22 мг/л; соответственно с фильтрационными водами – 2,31; 3,73 и 4,78 мг/л; 2,04; 5,11 и 5,88 мг/л; 2,64; 4,89 и 5,18 мг/л.

В первые две недели (7 сут. и 14 сут.) ингибитор уреазы снижал потери азота из внесенных в почву удобрений. Это является следствием замедления трансформации форм азота удобрений: $N-NH_2-NH_4-NO_3$. Позже с прекращением ингибирующего эффекта поступление $N-NO_3$ в сбросную и фильтрационную воды возрастало. Так, при внесении карбамида модифицированного ингибитором уреазы в количестве N_{55} , N_{64} и N_{138} потери нитратного азота с фильтрационными водами на 7, 14 и 21 сутки после их внесения снижались на 0,93; 1,74; 1,76 мг/л, 0,08; 0,14; 0,85 мг/л и 4,84; 5,77; 6,49 мг/л по сравнению с соответствующими контролями. Снижение потерь $N-NO_3$ с сбросными водами наблюдалось в первые две недели: на 7 сутки соответственно 0,37; 2,04; 2,48 мг/л и на 14 сутки – 0,28; 0,44; 0,65 мг/л, а на 21 сутки, наоборот, в сбросных водах обнаруживалось больше $N-NO_3$, что объясняется прекращением действия ингибитора уреазы. Наблюдаемая тенденция снижения потерь нитратного азота является следствием консервации в почве азота в амидной и аммонийной формах.

С фильтрационными и сбросными водами из почвы теряется значительное количество азота в аммонийной форме. Особенно значительны потери в первые 7 сут. после внесения, затем они постепенно ослабевают. Появление $N-NH_4$ в сбросных и фильтрационных водах обусловлено интенсивно идущими процессами минерализации органического вещества в затопленной почве (рисунок 7).

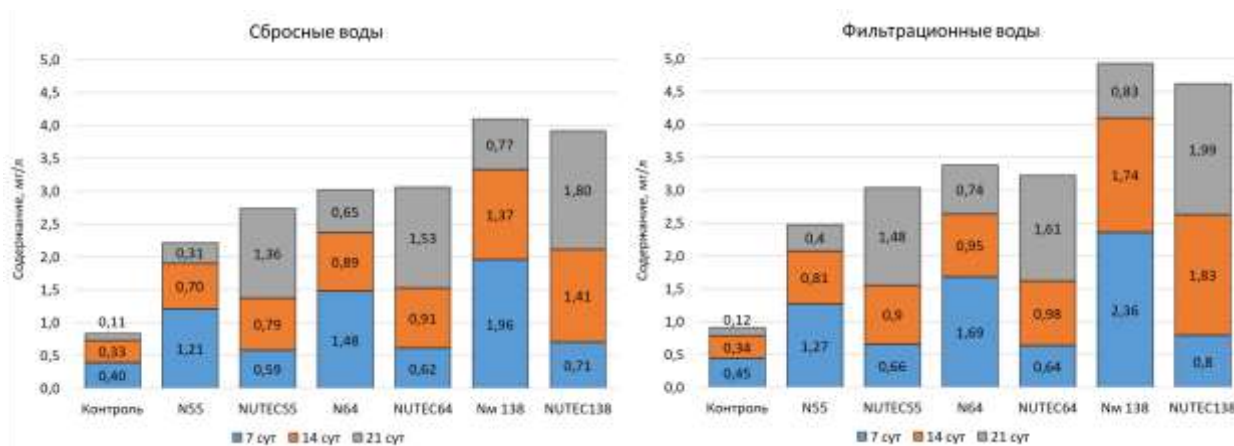


Рисунок 7 – Потери аммонийного азота из почвы и внесенных удобрений с фильтрационными и сбросными водами

При внесении удобрений в эквивалентных количествах потери аммонийного азота из карбамида ЮТЕК ниже, чем из обычного карбамида. В зависимости от нормы вносимых удобрений разница суммарных потерь NH_4^+ с фильтрационными и сбросными водами составляла 0,70, 1,25, 0,80 мг/л (27,1, 37,0, 16,2 %) и 0,58, 0,96, 1,28 мг/л (25,0, 31,8, 30,5 %) соответственно при внесении удобрения из расчета N_{55} , N_{64} и N_{138} .

При внесении в почву карбамида ЮТЕК, помимо уменьшения суммарных потерь аммонийного азота, отмечено замедление скорости его отчуждения. Так, из обычного карбамида, внесенного в нормах N_{55} , N_{64} и N_{138} , потери аммонийного азота с фильтрационными водами в первые 7 сут составили соответственно 49,2 %, 50,0 % и 47,9 % от суммарных, а со сбросными водами – 52,2 %, 49,0 % и 46,7 %. В то же время в вариантах с карбамидом ЮТЕК эти потери оценивались в 35,1, 30,0 и 43,6 % с фильтрационными и 33,9, 30,1 и 24,3 % со сбросными водами.

В следующие 7 сут. количество аммония в фильтрационных и сбросных водах во всех вариантах опыта было практически одинаковым. Однако в целом за 14 сут. потери аммонийного азота из ЮТЕК были меньше и составили 74,5, 71,4 и 83,1 % с фильтрационными водами и 79,3, 74,3 и 72,6 % от их суммарного количества соответственно при нормах удобрения N_{55} , N_{64} и N_{138} . Для сравнения: эти потери из обычного карбамида составляли 80,6, 78,1 и 83,2 % со сбросными и 82,3, 78,5 и 81,7 % с фильтрационными водами соответственно при нормах удобрения N_{55} , N_{64} и N_{138} . Суммарные потери аммонийного азота со сбросными и фильтрационными водами испытуемый ингибитор уреазы сокращает на 22,8-34,5 %.

Суммарные потери минерального азота (NH_4+NO_3) из почвы с сбросными водами на 7-е, 14-е и 21-е сутки составили 9,44; 9,37 и 2,99 мг/л, с фильтрационными соответственно 10,47; 8,39 и 3,28 мг/л. При внесении N_{55} , N_{64} и N_{138} суммарные потери с фильтрационными и сбросными водами возросли соответственно на 5,57; 10,56; 13,83 мг/л, 5,60; 10,62; 14,40 мг/л и 4,86; 10,91; 12,57 мг/л. При внесении карбамида ЮТЕК в эквивалентных количествах суммарные потери азота с фильтрационными водами существенно уменьшаются, что указывает на торможении трансформации форм азота в звене $\text{NH}_2 \rightarrow \text{NH}_4$.

Таким образом, ингибитор нитрификации NBPT блокирует процесс аммонификации карбамида в затопленной оросительной водой почве в первые семь суток. В последующие семь суток (8-14 сут.) его действие значительно ослабевает, а последующие – и вовсе прекращается. При замене карбамида на карбамид ЮТЕК ежесуточные потери $N-NH_4$ и $N-NO_3$ в первую неделю с фильтрационными водами снижаются на 0,087; 0,150; 0,223 мг/л и 0,133; 0,248; 0,250 мг/л, сбросными водами – на 0,088; 0,123; 0,178 мг/л и 0,053; 0,306; 0,354 мг/л соответственно при внесении N_{55} , N_{64} и N_{138} .

3.1.2 Режим фосфорного и калийного питания риса

Фосфор является вторым элементом после азота по значению в жизнеобеспечении растений риса. Без фосфора урожай риса получить невозможно. Он входит в состав нуклеиновых кислот и производных адениловой кислоты (АТФ и АДФ), без которых невозможен биосинтез. Поэтому недостаток этого элемента питания отрицательно сказывается на росте и развитии растений риса. Роль фосфора в жизнедеятельности растений определяется его наличием в почве и степенью его доступности, поскольку он играет ключевую роль в процессах фотосинтеза, метаболизма и передачи энергии. Все эти факторы в совокупности служат основанием для исследования запасов данного элемента в почве, состава его соединений и динамики содержания в течение вегетационного периода, что помогает оптимизировать стратегии удобрения и обеспечить эффективное использование фосфора растениями [8, 83, 167, 183].

Условия затопления способствуют улучшению фосфатного питания растений риса, что находит отражение не только в увеличении количества подвижного фосфора в затопленной почве, но и в размерах поступления фосфора в растения. Вопреки закономерности в богарных условиях, когда в течение вегетации происходит некоторое снижение содержания подвижного фосфора за счет его потребления растениями, в почве под рисовым агроценозом, особенно в первые

сутки после затопления, наблюдается повышение его содержания. Улучшение условий фосфорного питания растений при затоплении рисового поля за счет его естественных запасов является причиной того, что в получении высоких урожаев риса роль фосфорных удобрений значительно меньше, чем азотных [9, 21, 117, 150].

Содержание подвижного фосфора в почве под рисовым агроценозом в процессе вегетации постепенно возрастает вплоть до фазы выметывания растений риса, что наиболее четко просматривается при внесении фосфорного удобрения (рисунок 8). До посева риса в почве содержалось подвижного фосфора 51,6 мг/кг и 232 мг/кг подвижного калия. Азотные удобрения оказали позитивное влияние на динамику содержания подвижного фосфора в почве. Это связано с положительным их влиянием на физиологическую активность корневой системы риса – метаболиты, поступающие в ризосферу из корня, повышали подвижность фосфатов почвы, что отмечается во множестве научных работ [10, 75, 96, 177]. Замена карбамида на карбамид ЮТЕК не сказалась ни на характере динамики, ни на содержании подвижного фосфора в почве.

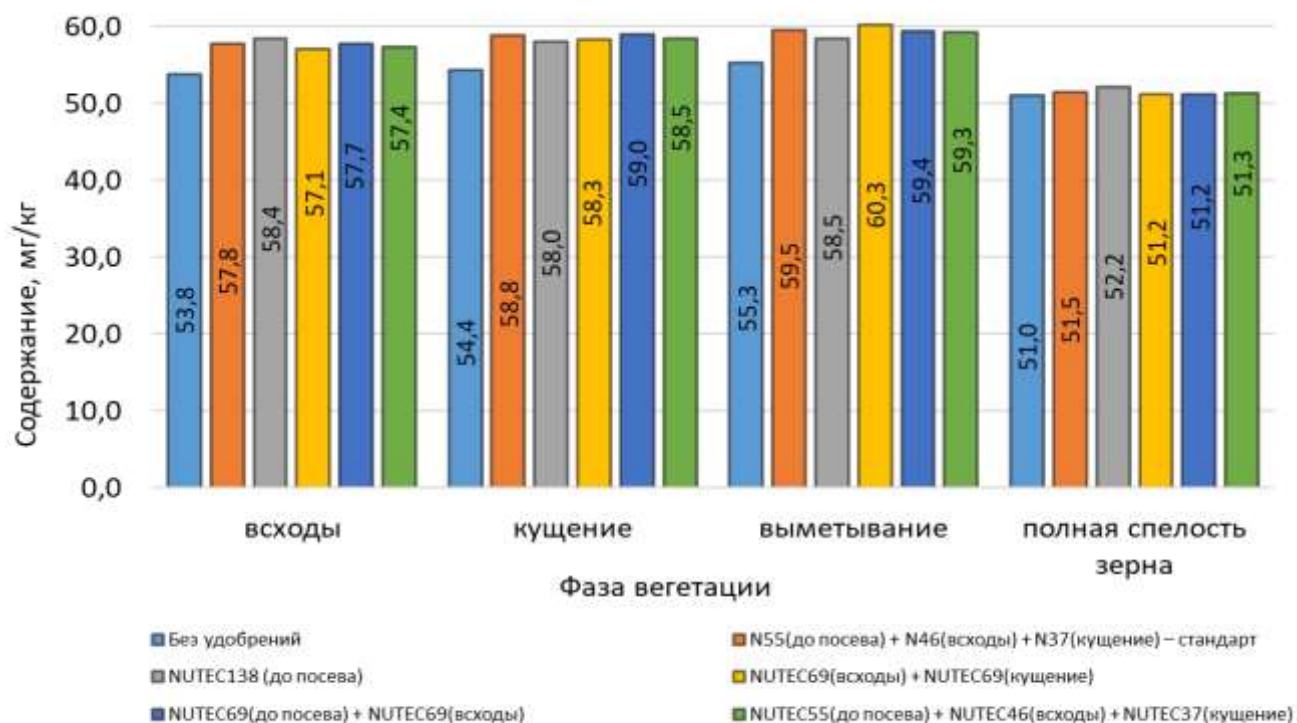


Рисунок 8 – Содержание подвижных форм фосфора в лугово-черноземной почве под рисом

Таким образом, динамика содержания подвижного фосфора определяется окислительно-восстановительными условиями и потреблением этого элемента растениями риса. Внесение фосфорных удобрений способствует пополнению его запасов в почве. Положительный эффект от внесения азотных удобрений объясняется их растворяющим влиянием на почвенные фосфаты и обогащением почвы корневыми выделениями, также оказывающими позитивное влияние на подвижность фосфора. Ингибитор уреазы NBPT не оказывает влияния на режим фосфорного питания растений риса.

Необходимым и незаменимым элементом для роста и развития растений является калий. Физиологические его функции весьма разнообразны. Помимо этого калий принимает участие в белковом и углеводном обмене. Под его влиянием усиливается образование сахаров в листьях и передвижение их в другие органы растений. Он повышает интенсивность окислительных процессов, что приводит к росту содержания органических кислот в растительных тканях, оказывает сильное влияние на образование белков, хотя и не принимает непосредственного участия в их синтезе. Калий стимулирует процесс фотосинтеза у риса, усиливает отток углеводов из старых листьев в более молодые, а из них в зерновку. Он также активизирует работу многих ферментов; повышает эффективность применения азотных удобрений. Этим активным участием данного элемента в основных жизненно важных процессах в растении обосновывают необходимость применения калийных удобрений под рис [8, 32, 92, 137, 183].

Количество доступного растениям калия определяется в основном содержанием обменных его форм в почве. Однако фиксированный калий, находящийся в кристаллической решетке почвенных минералов, в условиях затопленного поля, где степень его подвижности возрастает, может также играть существенную роль в питании риса [34, 104, 109, 116, 118, 150].

Поскольку содержание подвижного калия в почве в очень большой степени зависит от ее генетических свойств и их минералогического состава, то потребность растений риса в дополнительном его внесении определяется региональными особенностями. Установлено, что смена окислительно-

восстановительной обстановки при затоплении рисового поля способствует возрастанию количества подвижного калия в почве, которое обеспечивается высвобождением части фиксированного калия в условиях затопления вследствие поглощения воды двух- и трехслойными минералами и расширения межпакетных пространств (рисунок 9).

Данный процесс обусловил увеличение содержания подвижных соединений калия не только на удобренных вариантах, но и на варианте без удобрений. Оно было несколько ниже, чем на удобренных вариантах, но все же превышало исходное содержание подвижного калия, определенного до посева риса в незатопленной почве.

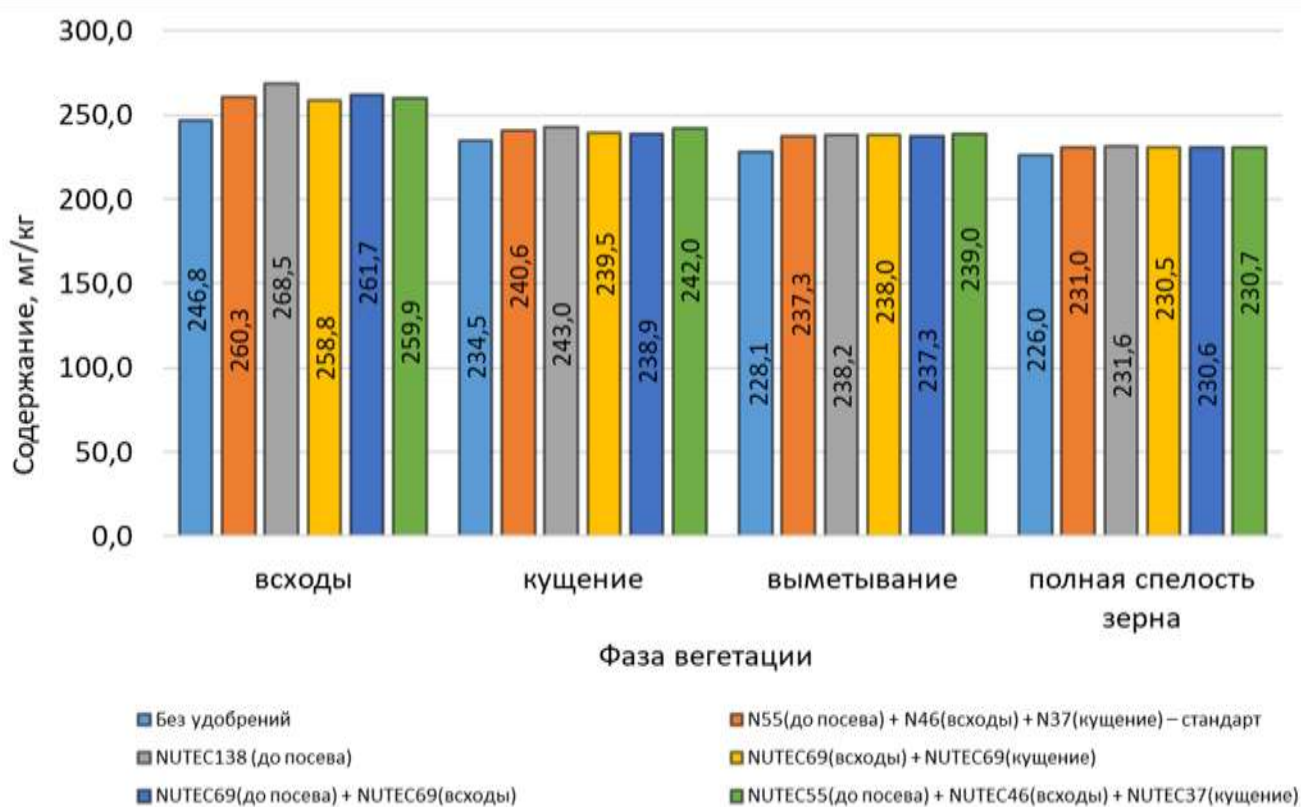


Рисунок 9 – Содержание подвижных форм калия в лугово-черноземной почве под рисом

Внедрение карбамида ЮТЕК в систему удобрения риса не оказывает влияния на изменение содержания подвижного калия в почве. Следовательно, это не влияет на процесс почвенного калийного питания растений риса

3.2 Рост и развитие растений риса при внесении карбамида и карбамида УТЕС

3.2.1 Продолжительность вегетационного периода растений

Рост и развитие рисового агроценоза является индикатором обеспеченности растений внешними регулируемыми и нерегулируемыми факторами необходимыми для жизнедеятельности. Наиболее значимыми из них являются минеральные удобрения, в частности азотные [52].

Внесение азотного удобрения оказало влияние на продолжительность вегетационного периода, который увеличился в зависимости от схем их применения на 6-7 дней (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность вегетационного периода растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Продолжительность периода, дни			
	посев-кущение	кущение-выметывание	выметывание-полная спелость	посев-полная спелость зерна
Без удобрений	41	34	43	118
Р ₈₀ К ₆₀ – фон	41	34	42	117
N ₅₅ (до посева) + N ₄₆ (всходы) + N ₃₇ (кущение) – стандарт	42	35	48	125
N ₁₃₈ (до посева)	43	36	46	125
N _{ЮТЕК138} (до посева)	43	36	46	125
N ₆₉ (всходы) + N ₆₉ (кущение)	41	35	48	124
N _{ЮТЕК69} (всходы) + N _{ЮТЕК69} (кущение)	41	35	49	125
N _{ЮТЕК69} (всходы) + N _{ЮТЕК69} (кущение)	42	36	46	124
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N ₃₇ (кущение)	42	36	46	124
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N _{ЮТЕК37} (кущение)	42	35	47	124

Существенных отличий в воздействии на прохождение фаз вегетации обычного и модифицированного ингибитором уреазы карбамида не выявлено.

При внесении удобрения в один прием до посева не зависимо от его формы на 1 день сокращался по сравнению с традиционной системой применения карбамида период от посева до кущения и от кущения до выметывания, но сокращался на 2 дня период созревания зерновок. При применении карбамида ЮТЕК в фазах всходы и кущение отмечено увеличение на 1 день периода созревания зерновок.

При внесении карбамида ЮТЕК до посева и в фазе всходы на 1 день увеличился период от кущения до выметывания и сокращался на 2 дня период созревания. При трехкратном же внесении модифицированного карбамида и при замене второй подкормки карбамидом ЮТЕК на обычный карбамид период от посева до кущения растения проходили так же, как и при стандартной системе удобрения, фаза выметывания наступала на день позднее при второй подкормке обычным карбамидом, а созревало зерно на 1-2 дня раньше.

Как видно, существенных различий во влиянии обычного карбамида и карбамида ЮТЕК на продолжительность вегетационного периода в целом и отдельных его фаз не отмечено.

3.2.2 Густота стояния растений

Простой карбамид и карбамид ЮТЕК не зависимо от кратности и срока внесения оказывали практически одинаковое воздействие на полевую всхожесть семян и выживаемость растений от фазы всходы до полной спелости зерна. Однако, замена традиционного применения карбамида в три приема (до посева, в фазе всходы и кущение) на внесение карбамида ЮТЕК в два приема: в фазе всходы и кущение позитивно сказалась на выживаемости растений, которая увеличилась на 1,3 %. В варианте $N_{\text{ЮТЕК}69(\text{до посева})} + N_{\text{ЮТЕК}69(\text{всходы})}$ выживаемость растений была на уровне традиционной схемы (таблица 3).

Таблица 3 – Густота стояния растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Количество растений, шт/м ²		Выживаемость растений, %	Изрежеваемость растений, %
	всходы	полная спелость зерна		
Без удобрений	426,3	324,0	76,0	24,0
P ₈₀ K ₆₀ – фон	428,0	326,1	76,2	23,8
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	430,1	332,9	77,4	22,6
N ₁₃₈₊₀₊₀	424,2	321,5	75,8	24,2
N _{ЮТЕК138+0+0}	426,0	325,0	76,3	23,7
N ₀₊₆₉₊₆₉	430,2	333,8	77,6	22,4
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	430,0	338,4	78,7	21,3
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	431,4	335,2	77,7	22,3
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	429,8	325,8	75,8	24,2
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	430,6	328,8	75,9	24,1
НСР ₀₅	21	20	–	–

3.2.3 Высота и сухая масса растений

Один из показателей, указывающих на обеспеченность риса необходимыми для жизни факторами, – это рост вегетативной массы растений. Этот рост является ключевым индикатором для оценки здоровья и развития культуры риса, поскольку надземные органы осуществляют фотосинтез и служат основным источником питательных веществ для растения. Для более точной оценки и анализа роста и развития использовались линейные параметры растений – высота, в сочетании с измерением их сухой массы. Эти данные предоставляют ценную информацию о физиологическом состоянии и продуктивности культуры риса.

В вариантах с внесением карбамида и карбамида ЮТЕК полной нормой до посева растения риса в фазе всходов были выше на 5,9-6,3 см, чем в варианте с традиционным внесением простого карбамида. К фазе кушения разница между вариантами уменьшалась до 3,9-4,7 см, а к фазе выметывания высота растений на

контроле (карбамид в три приема) была уже выше, чем на рассматриваемых вариантах на 7,8 см. Это связано с нехваткой азотного питания после фазы кущения, так как вся норма азота была внесена до посева (рисунок 10).

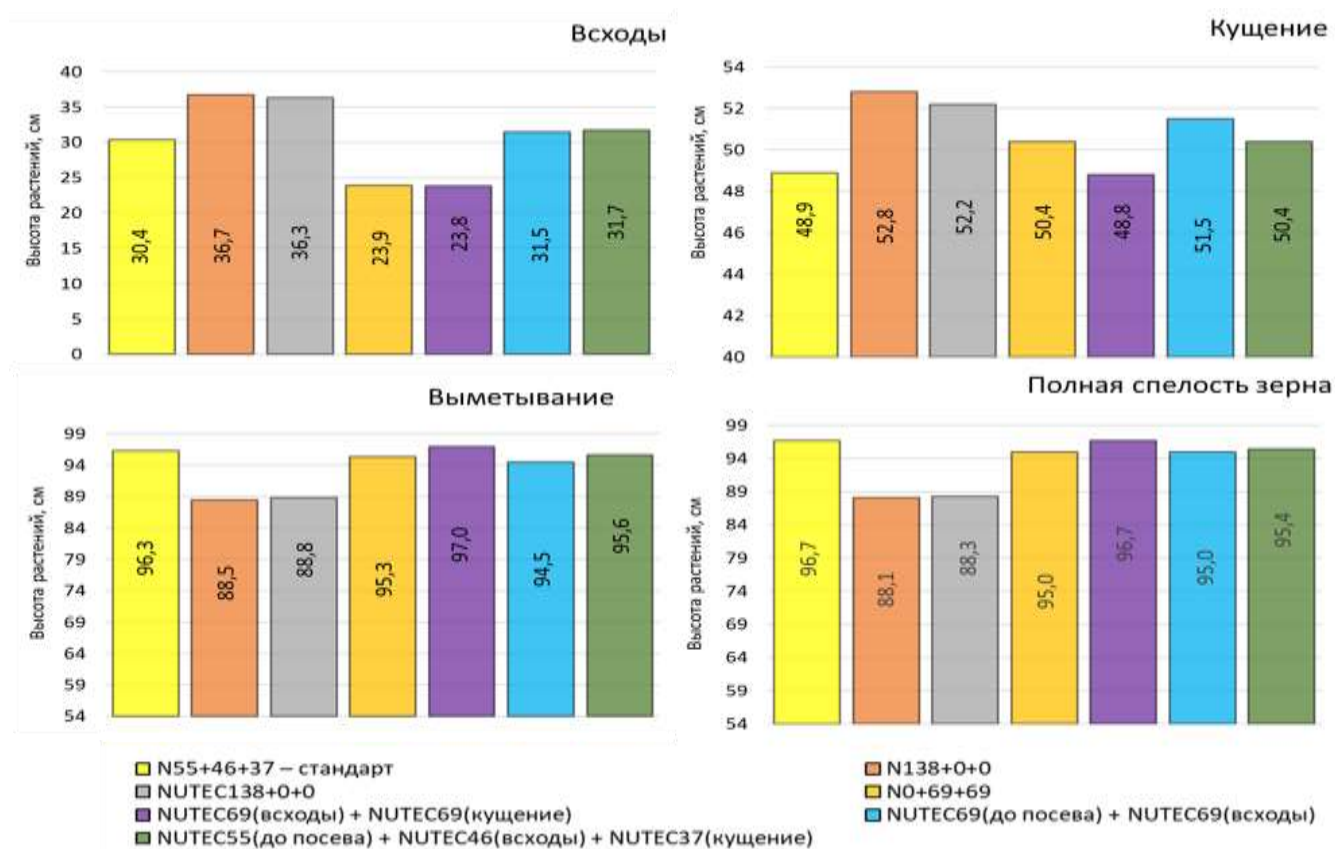


Рисунок 10 – Высота растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Наиболее благоприятные условия для роста растений складывались в варианте с двукратным внесением карбамида ЮТЕК – в фазы всходы и кущение, несмотря на то, что в фазе всходы растения были на 6,8 см ниже, чем на контроле. Но при подкормке растений риса в фазе всходы к кущению различия по высоте растений из контроля и рассматриваемого варианта сокращаются, а в фазе выметывания они уже становятся выше контроля. Растения риса из остальных вариантов с дробным внесением карбамида ЮТЕК по высоте существенно не различались.

Увеличение массы растений – важнейший показатель их развития и формирования продуктивности. Интенсивный биосинтез органических

соединений обеспечивает в начале вегетации формирование ассимиляционного аппарата, от размеров которого зависит как продуктивность фотосинтеза, так и развитие конуса нарастания, а следовательно, и генеративных органов растений риса. В период генеративной фазы продукты биосинтеза направляются на наполнение зерновок, то есть урожая.

В начале вегетации (фазы всходы и кущение) достоверных различий по сухой массе растений из вариантов с применением азотного удобрения не наблюдалось (рисунок 11). Однако во все года исследований большая сухая масса растений при внесении азотного удобрения всей нормой в один прием.

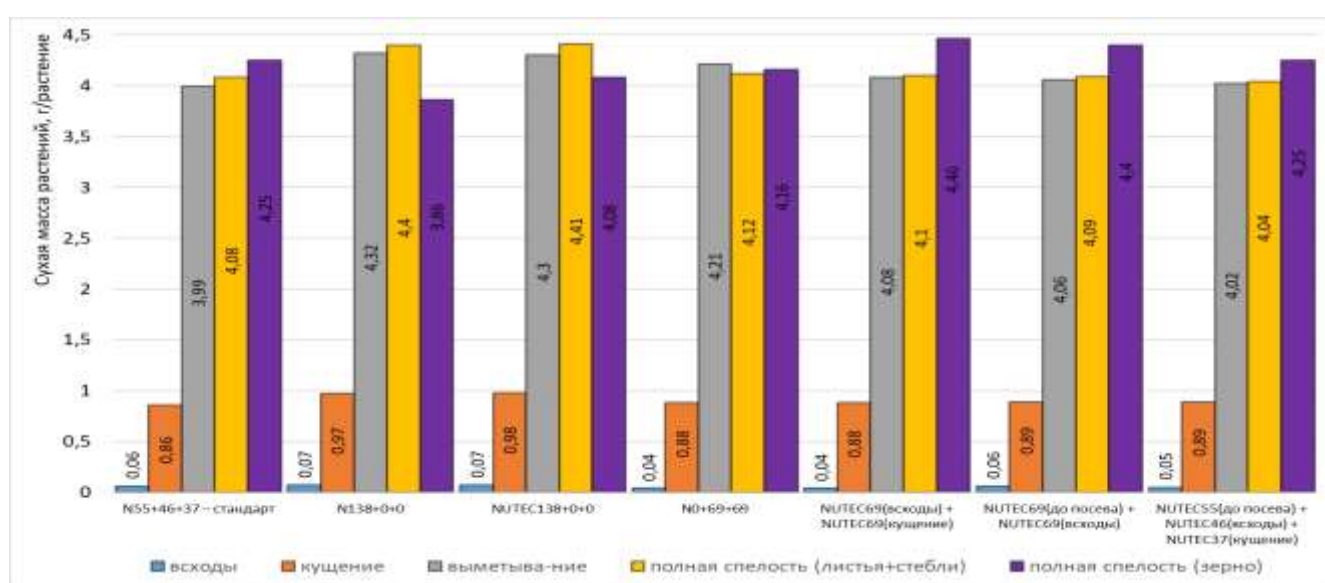


Рисунок 11 – Сухая масса растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

В фазе выметывания большей чем при внесении обычного карбамида в три приема сухой массой обладали растения из вариантов с внесением карбамида и карбамида ЮТЕК полной нормой до посева.

В фазе полной спелости зерна риса сухая масса растений из вариантов с дробным внесением карбамида ЮТЕК выше, чем на контроле и остальных вариантах. Лучший результат показали варианты $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$, где масса зерна была выше чем на контрольном варианте на 0,21 г/растение и $N_{\text{ЮТЕК69(до}})$

посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}, на котором масса зерна превышала контрольный вариант на 0,15 г/растение.

Величина вегетативной массы растений из выше указанных вариантов отличается несущественным (менее 1,0 %) уменьшением по сравнению с показателем величины вегетативной массы растений контрольного варианта. Это позволяет судить об увеличении доли зерна в соотношении зерно/солома. При внесении карбамида ЮТЕК в один прием и обычного карбамида в один и два приема (всходы и кущение) отмечено увеличение массы листьев и стеблей соответственно на 7,8 %, 8,1 % и 1 % и уменьшение массы зерна на 9,2 %, 4,0 % и 2,1 %.

3.2.4 Интенсивность роста растений

Анализируя интенсивность роста растений следует обратить внимание на их отставание при выращивании на фоне внесения азотного удобрения в один прием по сравнению с дробным. При внесении обычного карбамида и карбамида ЮТЕК прирост за каждый день вегетационного периода был на 9,1 и 7,8 % соответственно меньше, чем при внесении в 2 и 3 приема.

Различий в интенсивности роста растений в высоту при применении азотного удобрения дробно в зависимости от количества приемов, сроков, а также присутствия или отсутствия ингибитора уреазы не наблюдалось. При названных схемах применения карбамида и карбамида ЮТЕК высота растений увеличивалась на 0,77 см в сутки.

В среднем за каждый день вегетации растения риса в зависимости от формы карбамида и сроков его применения накапливали 66,48-67,92 мг сухой массы. Это на 37,8-45,2 % интенсивнее, чем синтезируют неудобренные растения. Различия в интенсивности биосинтеза органических соединений растениями обеспеченными азотом незначительны. Обращает на себя внимание снижение (-3,2 %) интенсивности биосинтеза при применении карбамида ЮТЕК в фазе всходы и кущение и увеличение (+2,7 %) при его применении до посева и в фазе всходы. По

всей вероятности, это обусловлено отставанием в развитии растений в начале онтогенеза, вызванном худшим обеспечением растений азотом (таблица 4).

Таблица 4 – Интенсивность роста растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Среднесуточный прирост растений в высоту, см	Среднесуточный прирост сухой массы, мг/растение
Без удобрений	0,72	46,78
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,74	48,72
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,77	66,64
N ₁₃₈₊₀₊₀	0,70	66,08
N _{ЮТЕК138+0+0}	0,71	67,92
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,77	66,77
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	0,77	64,48
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	0,77	68,47
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	0,77	67,42
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	0,77	66,85

3.3 Фотосинтетическая деятельность растений при внесении карбамида и карбамида УТЕС

Растения – фототрофы, то есть организмы, которые в процессе фотосинтеза при помощи энергии света синтезируют необходимые для своего роста и развития органические соединения из неорганических. В результате этого процесса происходит круговорот веществ и элементов в природе, а также растениями в атмосферу выделяется примерно 120 млрд. т. кислорода, необходимого для дыхания. Сам процесс фотосинтеза состоит из световой и темновой фаз. Световая фаза начинается с освещения хлоропласта видимым светом. За счет этого происходит синтез АТФ для обеспечения энергией жизненных функций растения, образования молекулярного кислорода и атомарного водорода. Темновая фаза состоит из ряда

последовательных ферментативных реакций, во время которых идет поглощение диоксида углерода, выделение кислорода и образование глюкозы. Стоит отметить, что фотосинтез – основа формирования урожая [28, 30, 60, 149].

3.3.1 Ассимиляционная поверхность листьев

Фотосинтез протекает во всех зеленых частях растений – листьях, стеблях, соцветиях, плодах. Лист является главным специализированным органом фотосинтеза. Общая площадь листьев в посевах, приходящаяся на единицу площади, называется индексом листовой поверхности. У сельскохозяйственных растений умеренной зоны он варьирует от 3 до 5 [32, 33, 97, 171].

Развитие листовой поверхности обусловлено активностью ростовых процессов, которые в свою очередь определяются различными факторами, включая условия минерального питания и процесс фотосинтеза. Эти факторы оказывают значительное влияние на метаболические процессы и обмен веществ растений, что в конечном итоге определяет их способность к формированию листовой поверхности и ее эффективному функционированию [60, 68, 74, 94, 138].

Наблюдения за динамикой ассимиляционной поверхности растений риса в период его вегетации выявили, что на всех вариантах наибольшей величины она достигается в фазе выметывания. Это связано с тем, что после наступления данной фазы новые листья не образуются и отмирание «старых» приводит к сокращению ассимиляционной поверхности растений.

Замена карбамида на карбамид ЮТЕК положительно сказывалась на формировании площади листьев растений риса. Внесение карбамида ЮТЕК полной нормой до посева стимулировало рост растений и листьев, в результате ассимиляционная поверхность в фазах всходы и кущение была больше, чем у контрольных растений на 7,8 и 1,6 см²/растение соответственно. Однако в последующие фазы вегетации из-за дефицита азота площадь листьев сократилась (таблица 5).

Таблица 5 – Площадь ассимиляционной поверхности листьев растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, см²/растение

Вариант	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	молочно-восковая спелость
Без удобрений	16,6	64,2	134,8	51,8
P ₈₀ K ₆₀ – фон	17,0	64,8	135,3	52,6
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	22,7	80,4	171,6	70,3
N ₁₃₈₊₀₊₀	30,5	82,0	153,4	58,9
N _{ЮТЕК138+0+0}	30,0	82,7	153,9	60,1
N ₀₊₆₉₊₆₉	17,1	78,3	168,0	64,3
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	17,0	78,5	176,1	75,8
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	23,2	81,9	173,6	74,5
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	22,5	79,9	174,3	73,0
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	22,4	79,5	173,9	73,2
НСР ₀₅	3,0	4,5	5,1	4,2

В вариантах с внесением карбамида ЮТЕК в два и три приема площадь ассимиляционной поверхности листьев на протяжении всего онтогенеза была такой же как у контрольных растений (стандарт) или несколько превышала их. Только в фазе всходов в варианте с внесением модифицированного ингибитором уреазы карбамида в два приема – в фазы всходы и кущение, - площадь ассимиляционной поверхности была меньше, что явилось следствием дефицита азота, так как до посева не вносились азотные удобрения.

Наибольшую площадь ассимиляционной поверхности растения формировали на варианте с внесением карбамида ЮТЕК в фазе всходы и кущение. К началу фазы выметывания растения риса с этого варианта имели большую площадь ассимиляционной поверхности, чем в других вариантах. Разница с растениями из варианта с традиционной схемой применения карбамида составила 4,5 и 5,5 см²/растение соответственно.

Формирование высокопродуктивного рисового агроценоза в значительной степени связано с образованием оптимальной по размерам листовой поверхности у посева, обеспечивающей максимальное поглощение энергии солнечной радиации. Оно достигается оптимальной густотой стояния растений, соблюдением режима орошения рисового поля, хорошей обеспеченностью посевов биогенными элементами и благоприятным температурным режимом. Помимо всего посевы с развитой ассимиляционной поверхностью листьев лучше выполняют и свою фотосанитарную роль, подавляя рост сорной растительности.

Очень четко видно позитивное влияние карбамида ЮТЕК на индекс листовой поверхности рисового агроценоза из данных таблицы 6.

Таблица 6 – Индекс листовой поверхности посевов риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, м²/м²

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Без удобрений	0,71	2,08	4,37	1,68
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,73	2,11	4,41	1,72
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,98	2,68	5,71	2,34
N ₁₃₈₊₀₊₀	1,29	2,64	4,93	1,89
N _{ЮТЕК138+0+0}	1,28	2,69	5,00	1,95
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,74	2,61	5,61	2,15
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	0,73	2,66	5,96	2,56
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	1,00	2,74	5,82	2,50
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	0,97	2,60	5,68	2,38
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	0,96	2,60	5,68	2,39

В фазе всходов риса индекс листовой поверхности (ИЛП) посевов был наибольшим в вариантах, где карбамид и карбамид ЮТЕК вносились за один прием всей нормой перед посевом. На этих вариантах величины ИЛП превышали фон на 76,71 и 75,34 %.

В фазе кущения максимальный ИЛП отмечен в агроценозах, где вносили карбамид ЮТЕК всей нормой до посева риса (N_{ЮТЕК 138+0+0}) и в два приема

($N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$). Величины ИЛП посевов на этих вариантах превышали фон ($P_{80}K_{60}$) на 27,49 и 29,86 %.

В фазе выметывания растений наибольшие значения ИЛП посевов имели варианты $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$. Превышение ИЛП посевов на названных вариантах над фоном составляло 31,97 и 35,15 %. На этих же вариантах ИЛП посевов был больше и в фазе созревания зерна риса – превышение над фоном достигало 45,35 и 48,84 % соответственно.

Таким образом, величина ИЛП посевов риса на вариантах $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ находится в соответствии с положениями А.А. Ничипоровича [110, 111, 112, 113, 114] об оптимальных размерах и динамике площади листовой поверхности у зерновых культур в течение вегетационного периода, обеспечивающих максимальное поглощение ФАР и формирование высокопродуктивного агроценоза.

3.3.2 Фотосинтетический потенциал

Анализ результатов эксперимента показывает, что внедрение карбамида ЮТЕК в систему удобрения для риса вместо стандартного карбамида приводит к положительным изменениям показателей фотосинтетического потенциала рисового агроценоза. Величина фотосинтетического потенциала продолжала увеличиваться на протяжении всего вегетационного периода и достигала своего максимума на стадии молочно-восковой спелости зерна.

В фазах всходы и кущение растений риса наибольшая величина фотосинтетического потенциала отмечена при внесении карбамида и карбамида ЮТЕК полной нормой до посева. Большая обеспеченность растений азотом в этих вариантах способствовала увеличению фотосинтетического потенциала растений на 30,0 % и 10,4 %, но в последующие фазы отмечается его снижение, вследствие отмеченного раннее снижения обеспеченности растений этим элементом (таблица 7).

Таблица 7 – Фотосинтетический потенциал рисового агроценоза при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, тыс. м². сут./га

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	молочно-восковая спелость зерна
Без удобрений	35,4	405,8	1096,1	1299,8
P ₈₀ K ₆₀ – фон	36,4	413,5	1109,3	1286,8
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	63,4	497,7	1468,1	1932,7
N ₁₃₈₊₀₊₀	84,1	542,5	1362,2	1569,8
N _{ЮТЕК138+0+0}	83,1	549,4	1384,1	1599,6
N ₀₊₆₉₊₆₉	47,8	445,8	1438,8	1861,0
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	36,6	452,4	1507,7	2088,4
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	65,0	510,8	1541,6	1912,8
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	62,8	483,7	1490,7	1858,8
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	62,7	482,9	1449,2	1897,7
НСР ₀₅	3,3	35,6	84,1	102,6

При дробном внесении карбамида ЮТЕК, в вариантах, где предусмотрено внесение его до посева риса фотосинтетический потенциал в фазе всходы находится на уровне с контролем или выше его показателя на 1,6 единиц. К фазе кущение в варианте с внесением карбамида ЮТЕК до посева и в фазе всходов величина фотосинтетического потенциала повышается и на 13,1 тыс. м². сут./га больше, чем в контрольном варианте, а также на 14,0-45,3 тыс. м². сут./га выше, чем в вариантах с двухкратным внесением карбамида ЮТЕК – в фазы всходы и кущение, – и трехкратным внесением этого удобрения.

Наибольший фотосинтетический потенциал во все фазы вегетации отмечен у растений из варианта с внесением карбамида ЮТЕК в два приема: до посева и в фазе всходов. При такой схеме внесения величина фотосинтетического потенциала в фазе всходы, кущение и выметывание была больше, чем при трехкратном внесении карбамида (контроль) на 1,6, 13,1 и 73,5 тыс. м². сут./га соответственно.

3.3.3 Пигментный статус

Фотосинтез, важнейший процесс в жизнедеятельности растений, тесно связан с функционированием хлоропластов, биологических органелл, имеющих характерную форму двояковыпуклой линзы. Предпочтительное расположение хлоропластов в ближнем к мембране цитоплазматическом пространстве обусловлено необходимостью максимального поглощения световых квантов, необходимых для проведения фотохимических реакций. Световые процессы фотосинтеза осуществляются в тилакоидах, структурах, представляющих собой сплюснутые пузырьки, ограниченные мембранами. Внутри тилакоидов располагаются фотосинтетические пигменты, а также ферменты, активно участвующие в конвертации световой энергии в химическую форму, в том числе в процессе образования аденозинтрифосфата (АТФ), важнейшего источника энергии для клеточных процессов.

Пигменты составляют 10-15 % сухой массы хлоропластов. Высшие растения содержат в себе оранжевые пигменты (ксантофилы), два вида зеленых пигментов (хлорофилл **a**, хлорофилл **b**), которые поглощают красные и сине-фиолетовые лучи, и пигменты желтого цвета (каротиноиды), поглощающие сине-фиолетовые лучи и передающие поглощенную энергию на хлорофилл [131].

Изучению пигментного статуса растений риса посвящено значительное количество научных трудов [7, 8, 30, 33, 58, 60, 66, 141, 169, 170, 181, 182, 188]. Исследователи проанализировали динамику содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений риса в течение времени. Результаты исследования показали, что по мере роста и развития растений риса происходит активный синтез и накопление пластидных пигментов, достигающих максимального уровня относительно быстро. В условиях благоприятной окружающей среды количество фотосинтетических пигментов в листьях стабилизируется, что свидетельствует о оптимальных условиях для фотосинтеза и общего роста растений [169, 154]. Отмечено положительное влияние макро- и микроудобрений на биосинтез и физиологическую активность пигментов [182]. Данные по влиянию оптимизации

азотного питания растений на содержание фотосинтетических пигментов приведены на рисунке 12.

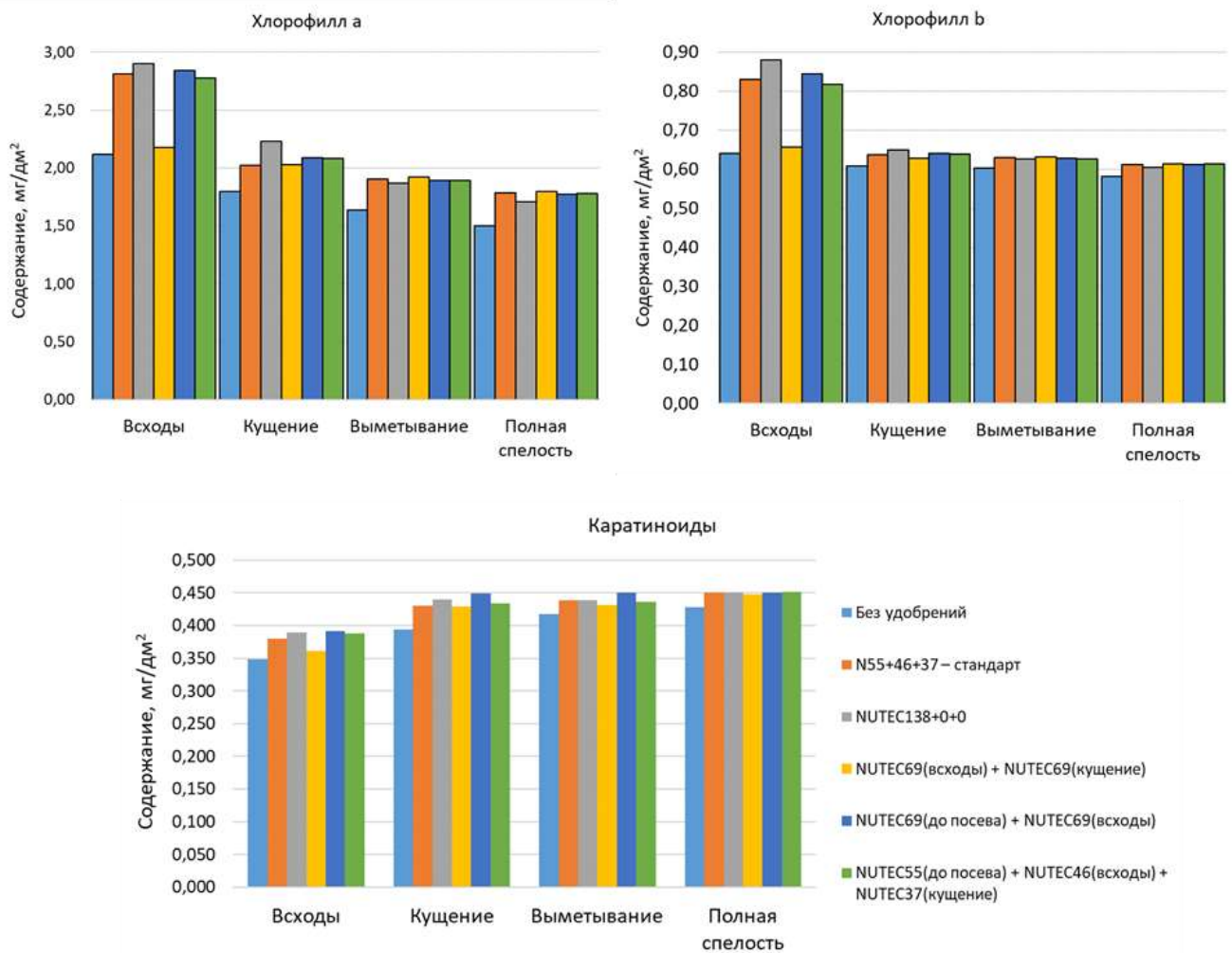


Рисунок 12 – Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Как следует из полученных данных содержание пигментов в значительной степени изменялось по фазам вегетации и зависело от обеспеченности растений риса азотом. Так содержание хлорофилла а в фазы всходы, кущения, выметывания и созревания изменялось в пределах 2,116-2,947; 1,800-2,228; 1,638-1,920 и 1,502-1,785 мг/дм²; хлорофилла b – 0,640-0,896; 0,608-0,650; 0,602-0,631 и 0,582-0,614 мг/дм²; каротиноидов – 0,348-0,390; 0,394-0,449; 0,418-0,450 и 0,428-0,453 мг/дм² соответственно. Минимальное количество пигментов содержится в листьях

растений варианта без удобрений. Замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса отрицательно не сказалась на содержании всех фотосинтетических пигментов в листьях.

Изменение содержания хлорофиллов в листьях определялось не только возрастом растений, дозой и сроками внесения азотного удобрения (таблица 8).

Таблица 8 – Содержание хлорофиллов (хлорофилл а + хлорофилл в) в листьях растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/дм²

Вариант	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Без удобрений	2,756	2,408	2,240	2,084
P ₈₀ K ₆₀ – фон	2,824	2,423	2,436	2,148
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	3,639	2,644	2,532	2,397
N ₁₃₈₊₀₊₀	3,843	2,864	2,493	2,314
N _{ЮТЕК138+0+0}	3,782	2,878	2,493	2,315
N ₀₊₆₉₊₆₉	2,820	2,636	2,506	2,342
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	2,834	2,658	2,501	2,412
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	3,685	2,725	2,520	2,383
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	3,640	2,719	2,509	2,392
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	3,593	2,710	2,517	2,394

В фазе всходов риса максимальное содержание суммы хлорофиллов а+в отмечено на варианте N₁₃₈₊₀₊₀ (разовое внесение всей нормы удобрения перед посевами), в кущение – N_{ЮТЕК 138+0+0} (разовое внесение всей нормы карбамида ЮТЕК перед посевом), выметывание – N₅₅₊₄₆₊₃₇ (стандарт), созревание – N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)}.

Отношение хлорофиллов **a:b** колеблется в зависимости от фазы вегетации. А.Д. Порохня [131] и А.Т. Мокроносов [96] считают, что интенсивность фотосинтеза у растений коррелирует с величиной отношения хлорофиллов a:b в большей степени, чем с общим содержанием пластидных пигментов, а также, что

отношение хлорофилла **a** к хлорофиллу **b** является показателем, который определяет продуктивность фотосинтеза растений риса. По данным А.Х Шеуджена [182] наиболее благоприятное для роста и развития растений риса отношение хлорофиллов $a:b$ лежит в диапазоне 2,3-2,5, а суммы хлорофиллов $a+b$ к каротиноидам – 2,7-3,0.

В процессе роста растений отношение хл a : хл b в листьях постепенно сокращается (таблица 9). Этот процесс не зависел от обеспеченности растений риса азотом, а следовательно, и присутствия ингибитора уреазы.

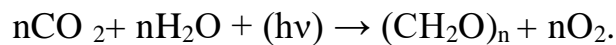
Таблица 9 – Фотосинтетическая активность хлорофилла (хл. a : хл. b) растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Без удобрений	3,31	2,96	2,80	2,58
$P_{80}K_{60}$ – фон	3,34	2,97	2,87	2,64
$N_{55+46+37}$ – стандарт	3,39	3,18	3,02	2,92
$N_{138+0+0}$	3,29	3,45	2,96	2,82
$N_{ЮТЕК138+0+0}$	3,30	3,43	2,98	2,83
$N_{0+69+69}$	3,34	3,20	3,00	2,84
$N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)}$	3,32	3,23	3,04	2,93
$N_{ЮТЕК69(до посева)} + N_{ЮТЕК69(всходы)}$	3,27	3,26	3,01	2,90
$N_{ЮТЕК55(до посева)} + N_{ЮТЕК46(всходы)} + N_{37(кущение)}$	3,39	3,26	3,02	2,90
$N_{ЮТЕК55(до посева)} + N_{ЮТЕК46(всходы)} + N_{ЮТЕК37(кущение)}$	3,39	3,26	3,01	2,90

Вместе с тем, оптимизация питания растений азотом позитивно отразилась не только на содержании в листьях хлорофиллов, но и на их фотосинтетической активности. Судя по величинам отношения хлорофиллов $a:b$, в фазе всходов наибольшая фотосинтетическая активность хлорофилла наблюдалась у растений из агроценоза, где удобрения вносились по схеме $N_{55(до посева)} + N_{46(всходы)} + N_{37(кущение)}$; в фазе кущения – на варианте, где азотные удобрения вносили всей нормой до посева риса (N_{138}), в фазах выметывания и созревания – где карбамид ЮТЕК применяли в два срока ($N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)}$).

3.3.4 Интенсивность фотосинтеза

Интенсивность фотосинтеза – количество миллиграммов CO_2 усвоенное за 1 час 1 дм^2 листовой поверхности. Определения интенсивности фотосинтеза основываются на измерениях количества веществ, принимающих участие в этом процессе. Из общего уравнения фотосинтеза видно, что такими веществами являются двуокись углерода (углекислота) и вода, используемые для фотосинтетических превращений, а также органические продукты (обозначаемые символом $(\text{CH}_2\text{O})_n$) и кислород, представляющие конечный результат реакции:



Возможно также определять, интенсивность фотосинтеза по количеству энергии, поглощаемой хлорофиллом ($h\nu$) или связанной в органических продуктах. Наиболее распространены методы определения интенсивности фотосинтеза основанные на определении: а) поглощенной углекислоты, б) выделенного кислорода, в) образовавшегося органического вещества или накопленной в нем энергии.

Интенсивность фотосинтеза значительно изменяется как в течение светового дня, так и по ходу вегетации растения от 1 до 100 $\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$. А.Х. Шеуджен предложил следующую классификацию интенсивности фотосинтеза $< 15 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$ – низкая; $15-35 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$ – средняя и $> 35 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$ – высокая.

Интенсивность фотосинтеза в процессе роста и развития растений риса возрастает, достигая максимальных значений в фазе выметывания, затем она снижается. Снижение интенсивности фотосинтеза в фазе созревания зерна обусловлено уменьшением метаболической активности растений.

Интенсивность фотосинтеза на вариантах без внесения удобрений и внесением одних фосфорно-калийных ($\text{P}_{80}\text{K}_{60}$) во все фазы его определения следует считать средней. Включение в систему удобрения азота способствовало ее

возрастанию. Практически все значения этого показателя согласно классификации А.Х. Шеуджена, были высокими (таблица 10).

Таблица 10 – Интенсивность фотосинтеза и ассимиляционное число при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ /дм ² .ч.				
Без удобрений	18,6	32,8	39,0	29,1
P ₈₀ K ₆₀ – фон	19,0	33,0	41,0	30,0
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	36,5	39,6	49,4	37,3
N ₁₃₈₊₀₊₀	38,8	42,3	46,9	33,8
N _{ЮТЕК138+0+0}	39,0	42,8	46,6	34,0
N ₀₊₆₉₊₆₉	20,4	38,0	47,1	35,7
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	20,5	39,2	49,5	38,8
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	38,4	40,0	48,6	38,2
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	36,4	38,4	48,8	38,0
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	36,5	38,8	48,9	38,1
НСР ₀₅	1,8	2,4	2,3	1,7
Ассимиляционное число				
Без удобрений	6,4	13,6	17,4	14,0
P ₈₀ K ₆₀ – фон	6,7	13,6	17,5	14,0
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	10,0	15,0	19,5	15,6
N ₁₃₈₊₀₊₀	10,1	14,8	18,6	14,6
N _{ЮТЕК138+0+0}	10,3	14,9	18,7	14,7
N ₀₊₆₉₊₆₉	7,2	14,4	18,8	15,2
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	7,2	14,8	19,4	16,1
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	10,4	14,7	19,3	16,0
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	10,1	14,1	19,4	15,9
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	10,2	14,3	19,4	15,9

В фазах всходы и кущение растений наибольшая интенсивность фотосинтеза отмечена на варианте N_{ЮТЕК138}, т.е. где карбамид модифицированный ингибитором уреазы вносился до посева за один прием всей нормой, в фазах выметывания и созревания – в варианте N_{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}.}

Выявлен четко выраженный параллелизм между интенсивностью фотосинтеза и степенью использования растениями риса фотосинтетической активности хлорофилла. Наибольшее ассимиляционное число было характерно именно для вариантов с высокой интенсивностью фотосинтеза.

3.3.5 Чистая продуктивность фотосинтеза

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяется как количество сухой биомассы, синтезированной на единицу площади листовой поверхности в течение заданного временного интервала. Этот показатель измеряется в граммах сухого вещества на квадратный метр листовой поверхности за сутки. Она отражает эффективность работы фотосинтетического аппарата, величина которого является залогом получения высоких урожаев. Этот показатель за вегетационный период варьирует от нуля и даже отрицательных значений до 15-18 г/м² в сутки [131].

В результате нашего исследования наблюдается изменение чистой продуктивности фотосинтеза риса в течение его вегетационного периода в зависимости от различных доз и сроков внесения мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы. Данный показатель колебался в пределах от 3,42 до 8,51 г/м². сут. (таблица 11).

Таблица 11 – Чистая продуктивность фотосинтеза рисового агроценоза при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, г/м². сут.

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
	г/м ² . сут			
Без удобрений	4,82	3,35	6,15	7,43
P ₈₀ K ₆₀ – фон	4,70	3,63	6,23	7,80
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	4,07	5,35	7,10	7,48
N ₁₃₈₊₀₊₀	3,53	5,33	7,91	8,07
N _{ЮТЕК138+0+0}	3,59	5,38	7,80	8,51
N ₀₊₆₉₊₆₉	3,60	6,28	7,18	7,30
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	3,62	6,29	7,72	7,26
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	3,98	5,45	6,89	7,76
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	3,42	5,36	6,86	7,69
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	3,43	5,68	7,06	7,35

Анализ сезонной динамики показывает увеличение ЧПФ от фазы всходов, где она составляла 3,42-4,82 г/м². сут., до фазы полной спелости зерна, где достигала отметки 7,35-8,51 г/м². сут. несмотря на то, что площадь листьев в эту фазу была существенно меньше, чем в фазе выметывания. А.Х. Шеуджен и Н.Е. Алешин (1996) объясняют это высокой синтезирующей активностью верхних листьев.

Величина чистой продуктивности фотосинтеза в течение всей вегетации обуславливается схемой применения карбамида ЮТЕК. При внесении карбамида ЮТЕК в два приема (в фазе всходы и кущение) ЧПФ была выше, чем при внесении традиционного карбамида по стандартной схеме в фазе кущение на 17,4 % и выметывание на 8,7 %, в фазе полной спелости на 3,0 % ниже. В остальных вариантах с дробным внесением карбамида ЮТЕК достоверных отличий с контролем не наблюдалось.

Наибольшей величины во все фазы вегетации ЧПФ достигала у растений при двухкратном внесении карбамида ЮТЕК: а) до посева и в фазе всходов, б) в фазе всходов и кущение. При такой схеме чистая продуктивность фотосинтеза растений в течение всего онтогенеза была на 0,10-0,62 г/м². сут. выше, чем у растений контрольного варианта.

Таким образом, фотосинтез представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких групп химических реакций циклического типа: поглощение света пигментами, фотоокисление воды, перенос активированного водорода к восстанавливаемому субстрату, образование восстановленного трифосфопиридиннуклеотида и АТФ, выделение кислорода, фиксация углекислоты, образование промежуточных и конечных продуктов метаболизма углерода, регенерация акцепторов углекислоты. Механизм перечисленных реакций теснейшим образом связан с не менее сложными циклическими реакциями дыхательного обмена. Кроме того, эти реакции или во всяком случае большинство из них строго локализованы в определенных структурах ассимиляционных клеток растений. Органические вещества, образовавшиеся при участии фотосинтеза и дыхания, передвигаются из ассимилирующих клеток в неассимилирующие ткани и органы, подвергаясь дальнейшим метаболическим

превращениям. Все это в конечном итоге определяет такие сложные процессы, как рост, развитие и продуктивность растительного организма в целом, а также его разнообразные реакции на изменения условий внешней среды [29].

В соответствии с основными положениями теории фотосинтетической продуктивности, получившей детальное развитие и экспериментальное обоснование в работах А. А. Ничипоровича с сотрудниками [110, 111, 112, 113, 114], главными факторами, определяющими уровень урожайности растений, являются: а) размер фотосинтетического аппарата (площадь листьев); б) интенсивность и продолжительность его работы; в) отношение между процессом новообразования и расходом органических веществ.

Комплексное изучение показателей фотосинтетической деятельности растений в рисовом агроценозе показало параллелизм между изменениями площади листьев, индексом листовой поверхности, фотосинтетическим потенциалом, обеспеченностью ассимиляционного аппарата пластидными пигментами и их фотосинтетической активностью, а также интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью растений. Замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса оказала позитивное влияние на показатели фотосинтетической деятельности растений. Наиболее благоприятные условия для фотосинтетической деятельности обеспечивало внесение карбамида ЮТЕК в два приема: $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$.

3.4 Минеральное питание растений при внесении под рис карбамида и карбамида УТЕС

Основой для роста и развития растений является их минеральное питание, которое играет решающую роль в многочисленных физиологических и биохимических процессах. Элементы минерального питания участвуют в формировании клеточных структур и регулируют функционирование

генетического аппарата, оказывая влияние на различные аспекты жизнедеятельности растений [22, 56].

Химические элементы подразделяют на элементы необходимые и полезные для растений. Однако термин «необходимый питательный элемент» условен. По мнению академика А.П. Виноградова [26], все химические элементы так или иначе участвуют в метаболизме. Отсутствие сведений о физиологическом значении химического элемента указывает лишь на трудности их получения.

В XIX веке Ю. Либих [87] сформулировал правила минерального питания растений: 1) все необходимые элементы равнозначны, и полное исключение любого из них приводит растение к гибели; 2) каждый элемент имеет уникальное значение и не может быть заменен другим или близким по химическим свойствам, то есть каждый элемент имеет свое специфическое физиологическое значение.

Исследования проведены с целью изучить влияние мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы на содержание, потребление, вынос и коэффициенты использования из удобрений азота, фосфора и калия растениями риса.

3.4.1 Содержание азота, фосфора и калия в растениях риса

Наибольшее содержание азота в надземных вегетативных органах растений риса приходится на фазу всходов. В последующие фазы вегетации – кущение, выметывание, созревание оно постепенно уменьшается. Снижение связано с нарастанием биомассы и «эффектом разбавления», а в конце вегетации и с реутилизацией азота в формирующиеся генеративные органы риса.

Включение в систему удобрения риса азотного удобрения оказывает положительное влияние на его содержание в растениях. Их эффективность в значительной степени определяется схемой внесения. При их внесении полной нормой до посева в фазе всходов азота в растениях из варианта с карбамидом на 0,71 %, а с карбамидом ЮТЕК на 0,68 % больше, чем на варианте, где удобрения

не применялись соответственно на 0,37 % и 0,34 %, чем при внесении карбамида в три приема (традиционная схема) (рисунок 13).

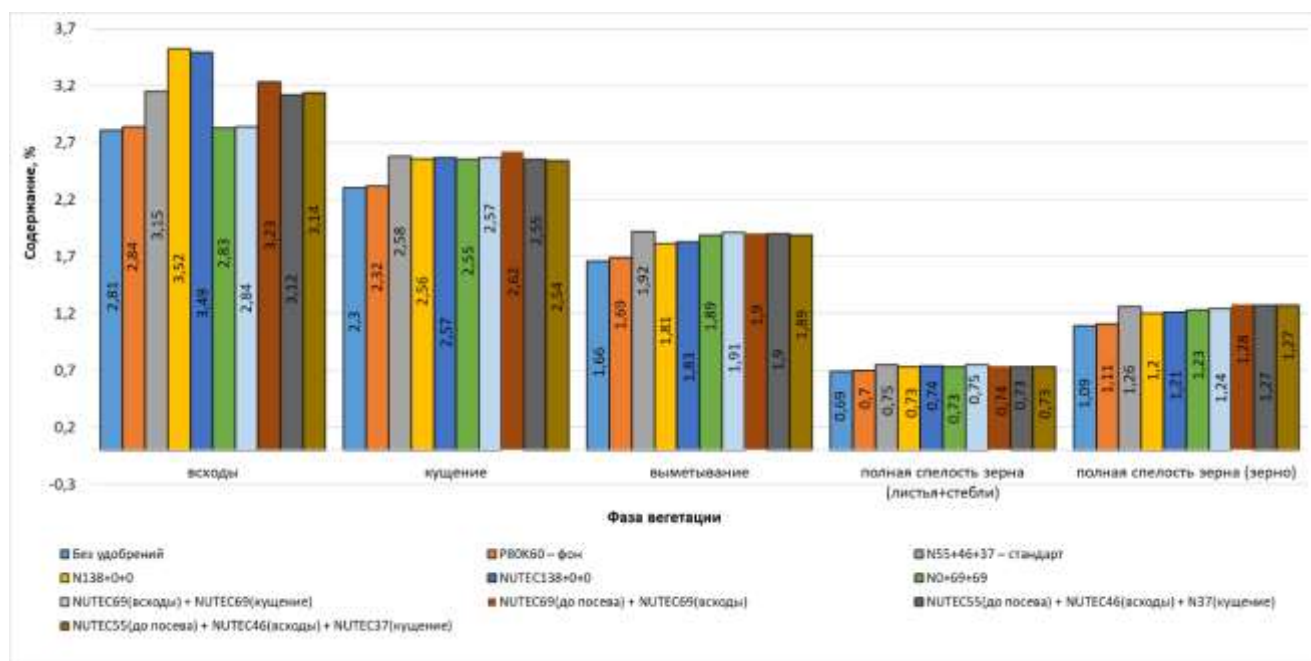


Рисунок 13 – Динамика содержания общего азота в растениях риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Начиная с фазы кущение в растениях из этих вариантов содержание азота уже меньше на 0,01 и 0,02 % по сравнению с традиционной схемой, в фазе выметывания – 0,11 и 0,09 %, полной спелости: в зерне – 0,06 и 0,05 %, а вегетативных органах – 0,02 и 0,01 %. Как следует из представленных данных, внесение в один прием карбамида ЮТЕК позволяет обеспечить растения большим количеством азота по сравнению с обычным карбамидом. Однако лучшие условия для его накопления в растениях складываются при дробном внесении азотных удобрений.

При внесении карбамида и карбамида ЮТЕК в два приема – в фазы всходы и кущение – растения риса содержали азота меньше, чем при внесении в три приема в фазе всходов на 0,32 и 0,31 %, кущения и выметывания – 0,03 и 0,01 %, полной спелости в вегетационных органах – 0,02 и 0,03 % и в зерне – на 0,03 и 0,02 % соответственно. При внесении карбамида ЮТЕК в два приема – до посева и в фазе всходов – значительно изменяется динамика содержания азота в растениях. Так, в

фазе всходы его содержится больше, чем при традиционной схеме применения азотных удобрений, на 0,08 %, кущение – 0,04 %. В фазе выметывания его содержание меньше на 0,02 %, а в полной спелости в вегетационных органах – на 0,01 %. Это обусловлено оттоком азота в генеративные органы, что в конечном итоге приводит к большему (+ 0,02 %) его содержанию в зерне.

Внесение карбамида ЮТЕК в три приема, а также карбамида ЮТЕК до посева и в первую подкормку (фаза всходы), а во вторую подкормку (фаза кущение) обычного карбамида до фазы полной спелости содержание азота в растениях было на 0,01-0,03 % меньше, чем при стандартной схеме внесения азотного удобрения. Но в фазе полной спелости риса азота в зерне содержалось на 0,01 % больше, а в вегетационных органах на 0,02 % меньше, чем при стандартной схеме применения и на 0,18 и 0,04 % больше, чем при выращивании без удобрений.

Помимо увеличения содержания азота в растениях замена мочевины на мочевины модифицированную ингибитором уреазы способствовала увеличению содержания фосфора в растениях (рисунок 14).

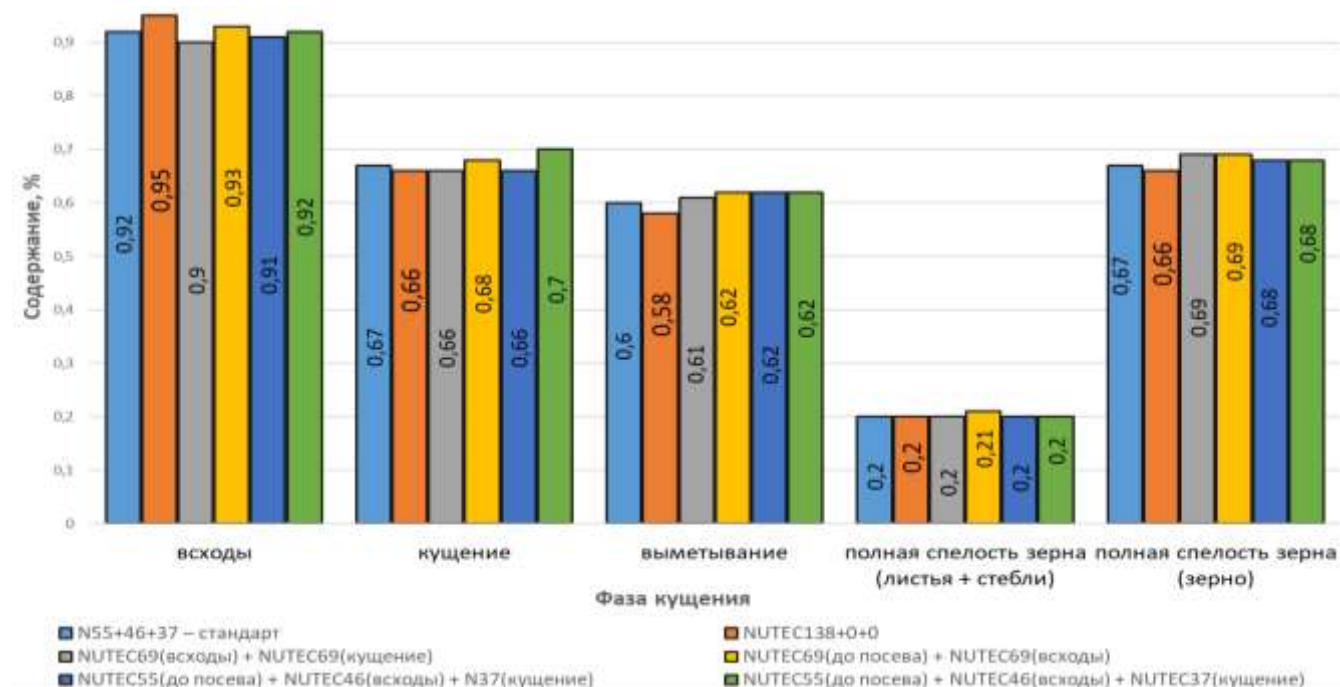


Рисунок 14 – Динамика содержания фосфора (P_2O_5) в надземных органах растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Наибольшее содержание фосфора в растениях отмечено в варианте $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$. На протяжении всей вегетации риса содержание фосфора в растениях было на 0,01-0,02 % выше, чем в варианте $N_{55+46+37}$.

Потребление растениями фосфора и азота взаимосвязанно. Азотные удобрения стимулируют рост растений, и следовательно, потребление фосфора. В связи с этим наибольшее его содержание обнаруживалось в растениях из вариантов, где карбамид ЮТЕК вносится до посева и в фазе всходов, а подкормка в кущение выполнялась обычным карбамидом. При этом следует отметить, что существенных отличий по содержанию в растениях фосфора вариантов с внесением карбамида ЮТЕК в $N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК37(кущение)}}$ и два – $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ не установлено.

По содержанию калия в растениях риса лучший результат так же показал вариант с внесением карбамида ЮТЕК до посева и в фазе всходов (рисунок 15).

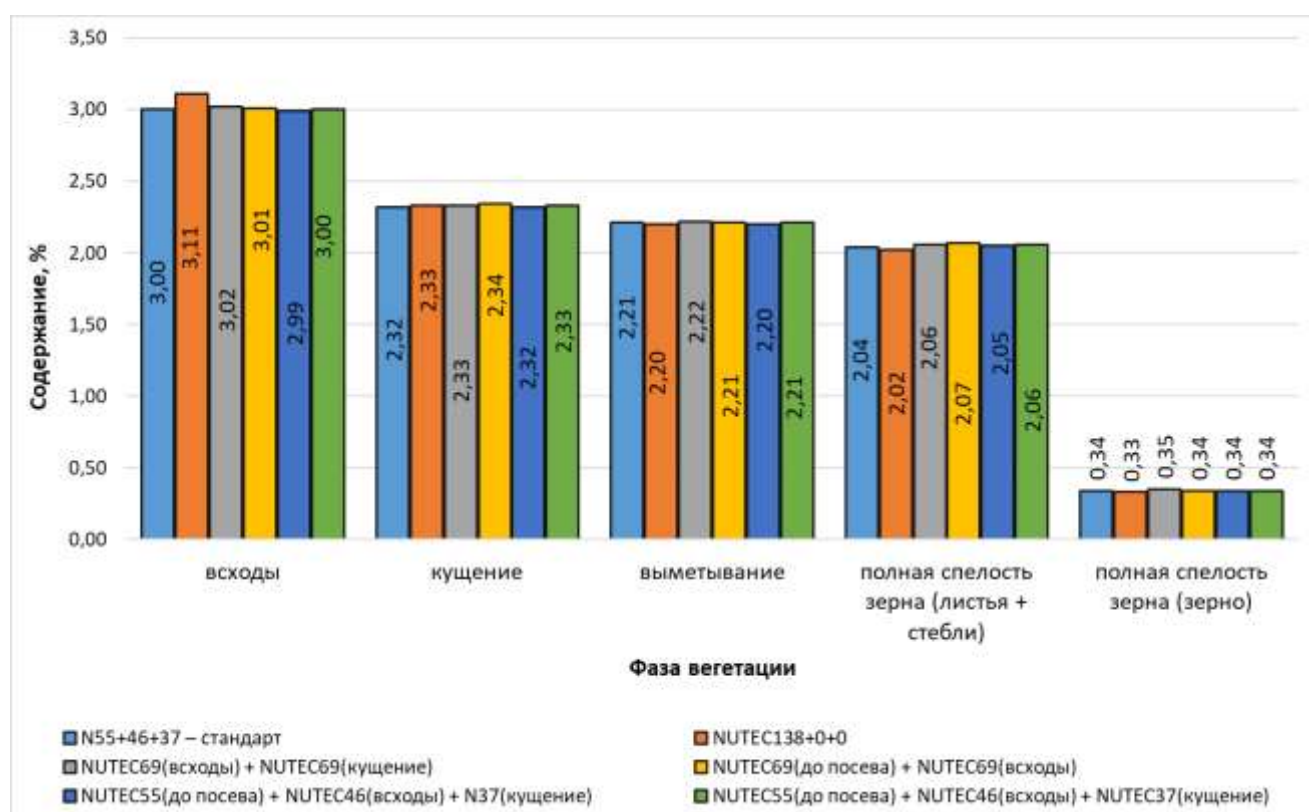


Рисунок 15 – Динамика калия (K_2O) в надземных органах растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Замена трехкратного применения традиционного карбамида на двухкратное применение карбамида ЮТЕК способствовало повышению содержания калия в растениях по фазам вегетации на 0,01-0,03 %. В то же время при применении карбамида ЮТЕК в два приема содержание калия в растениях риса было выше на 0,01 % по сравнению с трехкратным внесением карбамида ЮТЕК.

Больше всего калия содержалось в растениях из вариантов с внесением карбамида ЮТЕК в три приема, что обусловлено большей массой растений при такой схеме применения удобрений.

Таким образом замена карбамида на карбамид ЮТЕК позитивно сказывается на содержании азота, фосфора и калия в вегетативных органах растений и зерне риса. При этом лучший вариант внесение карбамида ЮТЕК в два приема: $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$.

3.4.2 Потребление азота, фосфора и калия растениями риса

Азот. Больше информации о поступлении азота в растения риса дает анализ его накопления (таблица 12).

Таблица 12 – Потребление азота растениями риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна	
				лестья+стебли	зерно
Без удобрений	1,12	10,58	42,16	17,39	32,70
$P_{80}K_{60}$ – фон	1,14	11,60	44,28	18,34	34,19
$N_{55+46+37}$ – стандарт	1,89	22,19	76,61	30,60	53,55
$N_{138+0+0}$	2,20	24,83	78,19	32,12	46,32
$N_{\text{ЮТЕК138+0+0}}$	2,44	34,20	78,69	32,63	49,37
$N_{0+69+69}$	1,13	22,44	76,62	30,08	51,17
$N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$	1,14	22,62	77,93	30,75	56,64
$N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$	1,94	23,32	77,14	30,27	56,32
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}} + N_{37(кущение)}$	1,56	22,95	76,76	29,56	54,74
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК37(кущение)}}$	1,57	22,61	75,98	29,49	53,98

При разовом внесении азотных удобрений потребление растениями азота было больше, чем при стандартной схеме внесения карбамида: в фазе всходы при использовании карбамида ЮТЕК на 0,55 мг/растение (29,10 %), карбамида – 0,31 мг/растение (16,40 %), в фазе кущение – 12,01 (54,12 %) и 2,46 (11,90 %). К выметыванию эти различия сокращались до 2,08 мг/растение (2,72 %) и 1,58 мг/растение (2,06 %), а в фазе полной спелости до 2,15 мг/растение (2,55 %) и 5,71 мг/растение (6,79 %) соответственно при внесении карбамида ЮТЕК и карбамида, т. е. были незначительными. Следует отметить, что в листоватой массе азота накапливалось на 6,63 и 4,97 % больше, а в зерне на 7,81 и 13,50 % меньше.

При внесении азотных удобрений в два приема – в фазе всходы и кущение – в растениях накапливалось элемента меньше, чем при стандартной схеме, в фазе всходы на 40,21 и 39,68 % соответственно в варианте с карбамидом и карбамидом ЮТЕК. В фазе кущение сказало действие внесенного в фазе всходы удобрения и описываемые различия сокращались до незначительных (1,94 и 1,13 %). В фазе выметывание существенных отличий анализируемых вариантов не отмечено, а при созревании в растениях, произраставших при внесении карбамида, азота накапливалось на 6,79 % меньше, чем при традиционной схеме, а при внесении карбамида ЮТЕК лишь на 2,55 %.

Если карбамид ЮТЕК вносить до посева и в фазе всходы накопление азота в растениях риса существенно не отличалось от накопления при традиционной схеме внесения азотного удобрения, хотя тенденция к большему накоплению при использовании карбамида ЮТЕК в два приема прослеживалась на протяжении всего вегетационного периода.

При внесении карбамида ЮТЕК в три приема, а также при его замене во вторую подкормку обычным карбамидом лишь в фазе всходов в растениях накапливалось азота на 16,93 и 17,46 % меньше, чем при стандартной схеме. Это обусловлено более медленной трансформацией амидного азота, что привело к меньшей обеспеченности растений риса. Но уже с фазы кущения и до завершения онтогенеза достоверных различий с традиционной схемой не отмечено.

Фосфор. Растения риса контрольного варианта в фазы всходы, кущение и выметывание содержали фосфора 1,40; 12,33 и 60,20 % от общего его потребления за весь вегетационный период. При внесении под рис фосфорно-калийных удобрений потребление его растениями возрастает на 0,06; 0,88 и 2,64 % соответственно. Включение азота в систему удобрения позитивно отразилось на потреблении фосфора растениями риса. Максимальное значение этого показателя в фазах всходы и кущение наблюдались на вариантах с внесением азотных удобрений за один прием перед посевом – N_{ЮТЕК138} (до посева); N₁₃₈ (до посева). На этих вариантах потребление его по сравнению с контролем возросло на 0,36 и 0,34 мг/растение в фазе всходов и на 3,59 и 3,66 мг/растение в фазе кущения (таблица 13).

Таблица 13 – Потребление фосфора растениями риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость	
				листья+стебли	зерно
Без удобрений	0,32	2,81	13,72	4,79	18,00
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,36	3,25	15,46	5,50	19,10
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,55	5,76	23,94	8,16	28,48
N ₁₃₈₊₀₊₀	0,68	6,40	25,06	8,80	25,48
N _{ЮТЕК138+0+0}	0,66	6,47	25,80	8,82	26,93
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,36	5,72	25,68	8,65	27,87
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	0,36	5,81	25,30	8,20	30,77
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	0,56	6,05	25,17	8,59	30,36
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	0,46	5,94	25,05	8,10	29,31
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	0,46	5,96	24,92	8,08	28,90

В фазе выметывания риса по количеству потребленного фосфора выделялись варианты N_{ЮТЕК138} (до посева) и N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)}, на которых приращение количества этого элемента к контролю составили соответственно 12,08 и 11,56 мг/растение. В фазе полной спелости зерна потребление фосфора

было наибольшим на вариантах $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} - 38,97$ и $38,95$ мг/растение соответственно.

Калий. Растения риса контрольного варианта в фазе всходы содержали 1,14 мг калия. В фазе кущение количество этого элемента возросло на 8,38 мг/растение, выметывание – на 40,77 мг/растение по сравнению с предшествующей фазой развития риса. Потребление калия растениями риса (зерно+надземная вегетативная масса) в фазе полной спелости зерна составило – 56,12 мг/растение (таблица 14).

Таблица 14 – Потребление калия растениями риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость	
				листья+стебли	зерно
Без удобрений	1,14	9,52	50,29	47,12	9,00
$P_{80}K_{60}$ – фон	1,18	11,40	56,59	50,30	9,86
$N_{55+46+37}$ – стандарт	1,80	19,95	88,18	83,23	14,45
$N_{138+0+0}$	2,18	22,70	94,61	88,88	12,74
$N_{\text{ЮТЕК138+0+0}}$	2,18	22,83	94,60	89,08	13,46
$N_{0+69+69}$	1,18	20,42	92,62	85,28	14,14
$N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$	1,21	20,50	90,58	85,69	15,61
$N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$	1,81	20,83	89,73	84,66	14,96
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}} + N_{37(кущение)}$	1,50	20,88	88,88	83,02	14,65
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК37(кущение)}}$	1,50	20,74	88,84	83,22	14,45

Применяемые на посевах риса удобрения способствовали большему потреблению калия растениями во все фазы вегетации. Наибольшим было их влияние на этот показатель в вариантах с внесением азотных удобрений за один прием до посева риса всей нормой. Это на наш взгляд связано с повышением растворимости почвенного калия под воздействием высоких норм азотных удобрений. Такое предположение базируется на данных Е.П. Алешина, М.М. Щукина и А.Х. Шеуджена [11] установивших изменение реакции

почвенного раствора и повышение подвижности калия в почве при внесении высоких норм калия.

Важным показателем минерального питания растений является интенсивность потребления биогенных элементов. Исследования показали, что биогенные элементы по этому показателю образуют следующий возрастающий ряд: $K > N > P$ (таблица 15).

Таблица 15 – Интенсивность потребления биогенных элементов растениями риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/сут

Вариант	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
Без удобрений	0,42	0,19	0,48
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,45	0,21	0,51
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,67	0,29	0,78
N ₁₃₈₊₀₊₀	0,63	0,27	0,81
N _{ЮТЕК138+0+0}	0,66	0,29	0,82
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,66	0,29	0,80
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	0,70	0,31	0,81
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	0,70	0,31	0,80
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	0,68	0,30	0,79
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	0,67	0,30	0,79

При внесении удобрений было отмечено значительное увеличение скорости потребления растениями N, P и K по сравнению с контрольным вариантом. Положительное влияние применения азотных удобрений на интенсивность потребления элементов питания был очевиден и не вызывал никаких сомнений, подчеркивая значимость их воздействия на питательный статус растений.

Интенсивность потребления азота и фосфора растениями риса была наиболее высокой в вариантах N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)} и N_{ЮТЕК69(до посева)} + N_{ЮТЕК69(всходы)}. При таких схемах применения карбамида ЮТЕК интенсивность потребления растениями азота превышала контроль на 0,28 и 0,19 мг/сут. Причем различия между этими вариантами по степени их влияния на анализируемый показатель не выявлено, т.е. было равнозначным.

В отношении калия наблюдается несколько иная картина. Наиболее интенсивное его потребление растениями риса наблюдается в вариантах с внесением азотных удобрений за один прием до посева риса всей нормой: N_{138} (до посева); $N_{ЮТЕК138}$ (до посева). Интенсивность потребления калия растениями риса на этих вариантах превышала контрольные растения на 0,33 и 0,34 мг/растение.

Таким образом, оптимизация азотного питания риса путем замены карбамида на карбамид ЮТЕК способствовала повышению интенсивности потребления растениями риса биогенных элементов, тем самым оказывая положительное влияние их содержание в вегетативных органах и зерне. Повышение элементного статуса растений является важнейшей предпосылкой для формирования высокопродуктивного агроценоза.

3.4.3 Вынос урожаем риса биогенных элементов и коэффициенты их использования растениями их удобрений

Вынос включает две части: хозяйственную и остаточную. Хозяйственная часть – это вынос элементов основной и побочной продукцией, остаточная часть выноса сосредоточена в пожнивных и корневых остатках, опавших листьях и питательных веществах, перешедших из корней в почву во второй половине вегетации. Величина выноса элементов питания из почвы обусловлена величиной урожая. Величину выноса используют для составления баланса элементов питания в почве и расчета норм удобрений [59].

Вынос урожаем риса азота в условиях Кубани колеблется в большинстве случаев в пределах 42,3-125,08 кг/га, фосфора – 26,8-59,97, калия – 48,3-133,09 кг/га [8, 32, 46, 50, 53, 78, 116, 137, 140, 141, 153, 169].

По выносу урожаем зерна азот занимает первое, фосфор – второе, калий – третье место, а по выносу побочной продукцией (соломой) эти элементы образуют следующий возрастающий ряд: $P < N < K$.

Условия минерального питания растений сказались на выносе азота, фосфора и калия урожаем зерна риса и побочной продукции (соломы). Удобрения способствуют более интенсивному потреблению растениями биогенных элементов, росту урожайности зерна и биомассы агроценоза, а следовательно, повышают вынос N, P и K с зерном и соломой (таблица 16).

Таблица 16 – Вынос азота, фосфора и калия урожаем риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, кг/га

Вариант	Зерно			Солома			Хозяйственный		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	55,81	30,72	15,36	29,68	8,21	80,43	85,49	38,93	95,79
P ₈₀ K ₆₀ – фон	59,05	32,98	17,02	31,65	9,50	86,82	90,70	42,48	103,84
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	87,70	46,63	23,66	50,12	13,36	136,31	137,82	59,99	159,97
N ₁₃₈₊₀₊₀	71,16	39,14	19,57	49,35	13,52	136,55	120,51	52,66	156,12
N _{ЮТЕК138+0+0}	80,34	43,82	21,91	53,06	14,34	144,85	133,40	58,16	166,76
N ₀₊₆₉₊₆₉	82,41	44,89	22,78	48,42	13,93	137,30	130,83	58,82	160,08
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	94,11	51,13	25,94	51,13	13,63	142,48	145,24	64,76	168,42
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	93,18	50,92	25,09	50,79	14,41	142,06	143,97	65,33	167,15
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	92,46	49,50	24,75	49,95	13,69	140,28	142,41	63,19	165,03
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	91,31	48,89	24,45	49,86	13,66	140,70	141,17	62,55	165,15

Наибольшее количество указанных элементов выносятся растениями на вариантах N_{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}} и N_{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}. На этих вариантах хозяйственный вынос азота, фосфора и калия превышал вариант без удобрений соответственно на 59,75 и 58,48 кг/га, 25,83 и 26,40 кг/га, 72,63 и 71,36 кг/га, фон (P₈₀K₆₀) – на 54,54 и 53,27 кг/га, 22,28 и 22,85 кг/га, стандарт (N₅₅₊₄₆₊₃₇) – на 7,42 и 6,15 кг/га, 4,77 и 5,34 кг/га, 8,45 и 7,18 кг/га.

Повышение количества азота, фосфора и калия, который растение риса извлекает из почвы, не всегда гарантирует оптимальное качество урожая, что

является важным критерием для оценки эффективности удобрений. Эти питательные элементы могут быть направлены не только на развитие зерна, но также на стимуляцию роста вегетативной массы. Для объективной оценки влияния действующих веществ удобрений на урожайность растений риса необходимо провести анализ их расходов на процесс формирования одной единицы продукции. (таблица 17).

Таблица 17 – Затраты азота, фосфора и калия на формирование 1 т зерна и коэффициенты их использования растениями риса из удобрений при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Затраты на формирование 1 т зерна, кг			Коэффициент использования, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	16,70	7,60	18,71	-	-	-
P ₈₀ K ₆₀ – фон	17,05	7,98	19,52	-	-	-
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	19,80	8,62	22,94	34,14	23,40	71,31
N ₁₃₈₊₀₊₀	20,32	8,88	26,33	21,60	15,26	67,03
N _{ЮТЕК138+0+0}	20,09	8,76	25,11	30,94	21,37	78,86
N ₀₊₆₉₊₆₉	19,53	8,78	23,89	29,08	22,10	71,43
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	19,60	8,74	22,73	39,52	28,70	80,70
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	19,51	8,85	22,65	38,60	29,33	79,29
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	19,56	8,68	22,67	37,47	26,96	76,93
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	19,63	8,70	22,97	36,57	26,24	77,07

Приведенные данные убедительно показывают, что при замене карбамида в системе удобрения риса на карбамид ЮТЕК затраты азота на формирование 1 т зерна риса практически не изменяются. Так, на вариантах N_{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)} и N_{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)} этот показатель снижался по сравнению со стандартом (N₅₅₊₄₆₊₃₇) лишь на 0,20 и 0,29 кг или 1,01 и 1,46 %.}}

Азот, поступающий в почву с азотными удобрениями, полностью усваивается растениями, так как вовлекается в круговорот азота в природе, а внесенные в почву азотные удобрения подвергаются биологическим и физико-химическим превращениям. Поэтому важнейшим показателем, характеризующим степень усвоения азота растениями, является коэффициент его использования из удобрений [170, 174, 179].

Коэффициент использования действующего вещества удобрения – отношение количества действующего вещества, вынесенного урожаем к его количеству, внесенного с удобрением [20]. Он может значительно изменяться в зависимости от почвенно-климатических условий, культуры земледелия, продуктивности агроценоза, а также системы применения удобрений.

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия растениями риса из удобрений приведены в рассматриваемой таблице 25. Из приведенных в ней данных видно, что замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса положительно сказывается на степени использования растениями азота, фосфора и калия из внесенного удобрения. Так, на вариантах $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ коэффициент использования растениями азота повышался на 5,38 и 4,46 %, фосфора – на 5,30 и 5,93 % и калия – на 9,39 и 7,98 %.

Таким образом, замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса оказывает позитивное воздействие на минеральное питание растений. Возрастает интенсивность потребления растениями биогенных элементов, что положительно сказывается на их элементном статусе, снижаются затраты биогенных элементов на формирование урожая и увеличиваются коэффициенты их использования растениями из удобрений.

3.5 Урожайность и качество зерна риса при внесении карбамида и карбамида

УТЕС

Урожайность отражает сложное взаимодействие между генетическими особенностями растений и условиями окружающей среды. Это взаимодействие, известное как генотип×среда, оказывает непосредственное влияние на количество и качество получаемого урожая. В конечном итоге, урожайность является основным критерием оценки эффективности различных методов и технологий, применяемых в сельском хозяйстве. Однако, помимо урожайности, следует также учитывать и показатели качества получаемой продукции. Это важно, поскольку снижение качества продукции может существенно сказаться на ее рыночной цене и востребованности, даже если урожайность увеличивается. Таким образом, при оценке эффективности агроприемов необходимо учитывать как урожайность, так и качество продукции, чтобы обеспечить оптимальный результат в сельском хозяйстве. [169].

Внесение карбамида ЮТЕК полной нормой до посева не позволило сформировать урожай такой же как при стандартной схеме применения азотного удобрения, но она была лишь на 0,32 т/га (1,43 %) меньше, т.е. достоверных отличий не зафиксировано. В это же время при разовом внесении обычного карбамида урожайность риса снизилась на 16,3 %, что составило 1,03 т/га.

Внесение обычного карбамида в фазы всходы и кущение менее эффективно, чем в три приема. В среднем за годы исследований различия не превышали 0,22 т/га (2,43 %), т. е. были в пределах ошибки опыта, и ни в один год не отмечалась тенденция к формированию более высокого урожая (рисунок 16).

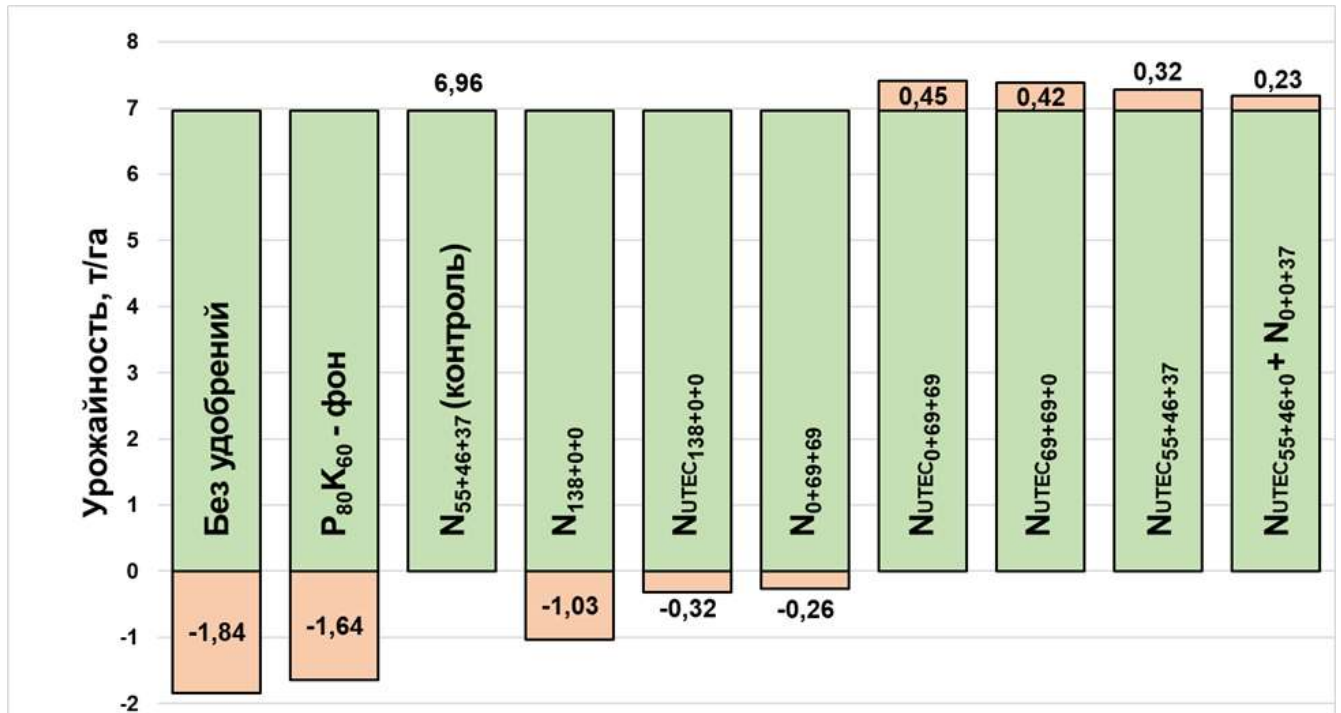


Рисунок 16 – Урожайность зерна риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Урожайность риса, достоверно превышающая таковую при стандартной схеме внесения карбамида, получена при применении карбамида ЮТЕК в два приема – до посева и фазе всходы, а также в фазы всходы и кушение. В этих вариантах прибавка урожая составила 0,42-0,45 т/га или 6,25-6,44 %.

Применение карбамида ЮТЕК в три приема, а также при его замене во вторую подкормку обычным карбамидом существенно более высокой урожайности, чем при его внесении в два приема не формировалось.

Растения, произрастающие на вариантах с внесением карбамида ЮТЕК: N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кушение)} и N_{ЮТЕК69(до посева)} + N_{ЮТЕК69(всходы)}, демонстрируют более развитый и энергичный рост. Это подтверждается повышенной продуктивной кустистостью растений, превышающей уровень контрольного варианта. (таблица 18).

Таблица 18 – Общая и продуктивная кустистость растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Количество стеблей шт/м ²		Коэффициент кущения	
	общее	продуктивных	общая	продуктивная
Без удобрений	356,4	324,0	1,1	1,0
P ₈₀ K ₆₀ – фон	358,7	326,1	1,1	1,0
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	599,2	565,9	1,8	1,7
N ₁₃₈₊₀₊₀	578,7	450,1	1,8	1,4
N _{ЮТЕК138+0+0}	585,0	455,0	1,8	1,4
N ₀₊₆₉₊₆₉	567,5	534,1	1,7	1,6
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	609,1	609,1	1,8	1,8
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	603,4	603,4	1,8	1,8
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	586,4	553,9	1,8	1,7
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	588,2	555,6	1,8	1,7

Лучшее развитие растений риса сопровождалось и формированием более развитой метелки (таблица 19). На этом процессе позитивно отразилось улучшение обеспеченности растений азотом, которое наблюдалось при замене карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса.

При анализе структуры урожая зерна риса было выявлено, что увеличение урожайности связано с увеличением массы зерна с растения. Этот факт обусловлен более высоким уровнем озерненности метелки и большим количеством продуктивных стеблей.

Таблица 19 – Биометрические показатели и структура урожая риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Метелка						Масса, г/растение		Отношение зерно : солома	Масса 1000 зерен, г
	длина, см	число фертиль- ных колосков, шт	число стериль- ных колосков, шт	озернен- ность, %	плот- ность, шт./с м	масса зерна, г	зерно	солома		
Без удобрений	15,2	121,6	19,7	86,0	9,3	2,84	2,99	2,51	1:0,084	27,16
R ₈₀ K ₆₀ – фон	15,8	146,6	19,5	86,7	9,3	2,90	3,08	2,62	1:0,085	27,23
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	17,0	160,0	25,7	86,2	10,9	3,30	4,24	4,07	1:0,96	28,94
N ₁₃₈₊₀₊₀	16,4	148,6	26,4	84,9	10,7	3,16	3,88	4,42	1:1,14	28,15
N _{ЮТЕК138+0+0}	16,6	152,7	25,9	85,5	10,8	3,24	4,08	4,41	1:1,08	28,34
N ₀₊₆₉₊₆₉	16,8	154,1	24,6	86,2	10,6	3,28	4,22	4,18	1:0,99	28,90
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	17,4	163,5	24,5	87,0	10,8	3,36	4,48	4,12	1:0,92	29,18
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	17,3	162,2	24,6	86,8	10,8	3,34	4,40	4,09	1:0,93	29,06
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	17,2	161,5	24,8	86,7	10,8	3,32	4,32	4,06	1:0,94	29,01
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	17,1	160,1	25,3	86,3	10,8	3,31	4,26	4,05	1:0,95	28,96
НСР ₀₅	0,8	12,1	1,0	–	–	0,16	0,12	0,10	–	0,16

Замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса существенно не отразилась на озерненности и плотности метелки, но оказало положительное влияние на массу 1000 зерен и величину отношения зерно:солома.

Сопоставление различных схем внесения карбамида ЮТЕК позволяет сделать вывод, что наилучшие показатели структуры урожая в агроценозах риса формируются в вариантах $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$.

Замена традиционной схемы применения простого карбамида в три приема (до посева, в фазе всходов и кушения) на различные схемы применения карбамида ЮТЕК не вызывала снижение качества урожая (таблица 20).

Таблица 20 – Биохимические и технологические показатели качества зерна риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Белок	Крахмал	Стекло- видность	Треще- новатость	Выход крупы	Содержа- ние целого ядра в крупке
Без удобрений	6,16	72,0	95,0	9,2	68,4	76,8
$P_{80}K_{60}$ – фон	6,18	72,3	95,2	9,2	68,8	76,9
$N_{55+46+37}$ – стандарт	7,04	72,9	96,3	8,8	71,0	77,5
$N_{138+0+0}$	6,70	72,6	95,8	9,4	69,2	76,6
$N_{\text{ЮТЕК138+0+0}}$	6,84	72,7	95,9	9,0	69,4	76,8
$N_{0+69+69}$	7,00	72,8	96,2	9,0	69,8	77,4
$N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$ + $N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$	7,12	73,4	96,8	8,6	71,6	77,7
$N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}}$ + $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$	7,09	73,2	96,6	8,8	71,4	77,6
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}}$ + $N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}}$ + $N_{37(кущение)}$	7,06	73,1	96,4	8,7	71,2	77,5
$N_{\text{ЮТЕК55(до посева)}}$ + $N_{\text{ЮТЕК46(всходы)}}$ + $N_{\text{ЮТЕК37(кущение)}}$	7,05	73,0	96,4	8,8	71,1	77,5

Таким образом, замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса способствует росту урожайности зерна и не вызывает снижения качества урожая.

3.6 Агрохимическая и экономическая оценка карбамида и карбамида УТЕС на посевах риса

Азотные удобрения являются важнейшим фактором повышения продуктивности рисового агроценоза. Большое внимание должно быть уделено повышению их эффективности, для чего необходимо располагать данными об их действии [129, 130].

Эффективность удобрений может быть оценена по: 1) влиянию на количество и качество урожая; 2) физиолого-агрохимическим показателям; 3) экономическому эффекту.

Данные по агрономической и агрохимической оценке эффективности азотных удобрений на посевах риса представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Агрохимическая оценка эффективности азотных удобрений на посевах риса

Вариант	Коэффициент хозяйственной эффективности и фотосинтеза, выражающий долю зерна в общей надземной массе растений ($K_{хоз}$), %	Доля выноса азота урожаем зерна в хозяйственном выносе, %	Коэффициент возмещения выноса азота из почвы удобрением, %	Окупаемость 1 кг азота удобрения, кг зерна
1	2	3	4	5
$N_{55+46+37}$ – стандарт	49,93	63,63	99,87	11,88
$N_{138+0+0}$	46,73	59,05	87,33	4,42
$N_{ЮТЕК138+0+0}$	48,18	60,22	96,67	9,56
$N_{0+69+69}$	50,26	62,99	97,80	10,00

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	52,07	64,80	105,06	15,14
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	51,82	64,92	104,33	14,93
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	51,56	64,92	103,20	14,20
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	51,28	64,18	102,30	13,55

Интегральным показателем донорно-акцепторных отношений у растений зерновых культур является коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{\text{хоз}}$ или уборочный индекс), выражающий долю зерна в общей надземной биомассе растений. Этот показатель выражает в процентах и отражает физиологическую способность мобилизовать максимум запасных и фотосинтетических продуктов растений на формирование хозяйственно-ценной части урожая – зерна [31, 98].

Как видно из полученных данных доля зерна в общей надземной биомассе рисового агроценоза изменяется от 46,73 до 52,07 %, что указывает на весьма значительные различия в системе донорно-акцепторных связей в растениях, выращенных с внесением карбамида и карбамида ЮТЕК, определяющих характер распределения ассимилятов по их органам. Эти различия по вариантам в значительной степени обусловлены и схемой внесения азотных удобрений. Наиболее благоприятные изменения в системе донорно-акцепторных отношений произошли при внесении карбамида ЮТЕК в два приема $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$. В этих вариантах значения величин $K_{\text{хоз}}$ превысили стандарт ($N_{55+46+37}$) на 2,14 и 1,89 % соответственно.

Большая часть хозяйственного выноса азота приходится на вынос урожаем зерна риса. Просматривается четкий параллелизм между этим показателем и уборочным индексом, что указывает о позитивном влиянии ингибитора уреазы на физиолого-агрохимическую эффективность карбамида в системе удобрения риса.

Важным агрохимическим показателем научно-обоснованной системы удобрения является коэффициент возмещения элемента в почве. Система удобрения должна обеспечить не только формирование высокопродуктивного агроценоза, но и должна быть направлена на сохранение и воспроизводство плодородия почвы. Это достигается при восполнении отчуждаемых с поля биогенных элементов вносимыми удобрениями. Коэффициент возмещения биогенных элементов рассчитывают путем деления нормы вносимого удобрения на хозяйственный вынос элемента.

Коэффициент возмещения удобрениями выноса азота рисовым агроценозом из почвы в опыте изменялся в пределах 87,33-105,06 %. Колебание значений этого показателя в значительной степени обусловлены схемой внесения азотных удобрений и действием ингибитора уреазы. Наиболее благоприятные условия для воспроизводства плодородия почвы создавались на тех вариантах, где карбамид ЮТЕК применялся в два приема: $N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}} + N_{\text{ЮТЕК69(кущение)}}$ и $N_{\text{ЮТЕК69(до посева)}} + N_{\text{ЮТЕК69(всходы)}}$. В этих вариантах опыта коэффициент возмещения удобрением выноса азота из почвы превышал стандарт соответственно на 5,19 и 4,46 %. Это позволяет в дальнейшем сделать корректировку вносимых норм азота в сторону уменьшения на 10-15 %.

Интегрирующим агрохимическим показателем эффективности применяемых удобрений является их окупаемость урожаем основной продукции. Окупаемость 1 кг азота удобрения урожаем основной продукции (зерно) определяли делением прибавки урожая от внесения удобрения на норму действующего вещества внесенного удобрения.

Ингибитор уреазы способствовал повышению окупаемости 1 кг азота карбамида. При внесении карбамида ЮТЕК в два приема: в фазы всходы и кущение и до посева и в фазе всходы окупаемость 1 кг азота удобрения возрастала на 3,26 и 3,05 кг зерна риса или на 27,44 и 25,67 % относительно стандарта.

Таким образом, агрохимическая оценка карбамида ЮТЕК на посевах риса показала на высокую его эффективность: повышались коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза, доля выноса азота урожаем зерна в

хозяйственном выносе, коэффициент возмещения выноса азота из почвы удобрением и окупаемость 1 кг азота удобрения.

Расчет экономической эффективности применяемых удобрений производили на основе ряда показателей: условно чистого дохода, окупаемости затрат в стоимостном выражении, рентабельности применения удобрений (таблица 22).

Таблица 22 – Экономическая эффективность применения мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

	Прибавка урожая в стоимостном выражении, руб./га	Дополнительные затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость затрат, руб./руб.	Норма рентабельности, %
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	49440	34608	14832	1,43	42,86
N ₁₃₈₊₀₊₀	18300	13750	4550	1,33	33,06
N _{ЮТЕК138+0+0}	39600	28014	11586	1,41	41,36
N ₀₊₆₉₊₆₉	41400	30222	11178	1,37	36,99
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	62700	42080	20620	1,49	49,00
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	61800	41757	20043	1,48	48,00
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}	58800	40274	18526	1,46	46,00
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	56100	39958	17142	1,44	44,00

Из полученных данных следует, что замена карбамида на карбамид ЮТЕК в системе удобрения риса не только оправдана с агрохимической и агрономической точек зрения, но и экономически. При его внесении в два приема возрастают все показатели экономической эффективности. Максимальные значения получены на варианте N_{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}. На этом варианте условно чистый доход превышал стандарт на 5788 руб/га или на 39,02 %, окупаемость затрат на 0,06 руб/руб или на 4,20 %, рентабельность на 6,14 %.

Таким образом, результаты расчета экономической эффективности применения карбамида, модифицированного ингибитором уреазы, на посевах риса показывают, что в зависимости от схемы его внесения она обеспечивает получение дополнительного чистого дохода от 17142 до 20620 рублей на гектар. Окупаемость затрат возрастает на 0,01-0,06 руб, рентабельность на 1,14-6,14 %. Лучшей схемой его внесения обеспечивающей наибольшие экономические показатели считать $N_{ЮТЕК69(всходы)} + N_{ЮТЕК69(кущение)}$.

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием ингибитора уреазы повышается эффективность карбамида в системе удобрения риса. Внесение этого карбамида ЮТЕК в три приема способствовало повышению содержания аммонийного азота в фазе всходы на 4,3-4,9 %, а в фазе кущение – критической в отношении обеспеченности азотом растений риса, на 13,5-16,5 %. Внесение карбамида ЮТЕК в два приема: до посева и в фазе всходы и в фазе всходы и кущение, также увеличивает содержание азота в почве на 6,8 % и 14,3 % или же значения остаются на одном уровне с контрольным вариантом. Замена мочевины и мочевины модифицированную ингибитором уреазы не оказывает влияния на содержание подвижных форм фосфора и калия и их динамику в почве.

2. Введение в карбамид ингибитора уреазы NBPT способствует снижению потерь аммонийного азота со сбросными и фильтрационными водами. Внесение карбамида ЮТЕК вместо обычного карбамида привело к снижению в первую неделю после внесения ежедневных потерь аммонийного и нитратного азота с фильтрационными водами на 0,087-0,223 мг/л и 0,133-0,250 мг/л соответственно, а со сбросными – на 0,088-0,178 мг/л и 0,053-0,354 мг/л. Снижение потерь является следствием замедления трансформации форм азота удобрений: $N-NH_2 \rightarrow NH_4 \rightarrow NO_3$.

3. Применение карбамида ЮТЕК вместо обычного карбамида не оказывало существенного влияния на продолжительность вегетационного периода растений риса, однако, внесение карбамида ЮТЕК в два приема (в фазах всходы и кущение) оказывало позитивное влияние на выживаемость растений и их высоту. В этом варианте масса зерна на 0,21 г/растение выше, чем на контроле.

4. Внесение модифицированного ингибитором уреазы карбамида в два приема создавало благоприятные условия для фотосинтетической деятельности растений риса. Ассимиляционная поверхность в разные фазы вегетации увеличивалась на 1,5-5,5 см²/растение, при этом величина фотосинтетического

потенциала повышалась на 1,6-73,5 дм².сут/растение. Чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась на 0,10-0,62 г/м².сут.

5. Замена мочевины и мочевины модифицированную ингибитором уреазы способствует увеличению содержания в растениях риса азота, фосфора и калия. Наиболее благоприятные условия для накопления этих элементов создаются в варианте с внесением карбамида ЮТЕК в два приема: до посева и в фазе всходов. Так содержание азота увеличивалось на 0,01-0,08 %, фосфора – 0,01-0,02 %, калия – 0,01-0,03 %.

6. Наиболее интенсивно азот и фосфор поглощался растениями риса в вариантах с внесением карбамида ЮТЕК в два приема – в фазах всходы и кущение и до посева и фазе всходы. Интенсивность потребления калия выше в вариантах с разовым внесением азотных удобрений. Замена традиционного карбамида на карбамид ЮТЕК способствует увеличению коэффициента использования растениями риса из удобрений азота – на 2,43-5,38 %, фосфора – на 2,84-5,93 %, калия – на 3,62-9,39 %. При этом вынос азота, фосфора и калия увеличился на 3,3-5,4 %, 5,3-8,9 % и 3,1-5,2 % соответственно.

7. При внесении карбамида ЮТЕК полной нормой до посева, а также только в подкормки в фазы всходы и кущение урожайность риса по сравнению с традиционной схемой применения обычного карбамида снижается на 0,31 и 0,17 т/га, что несущественно. При всех других схемах его применения она выше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида. Наибольшая урожайность риса формируется при применении карбамида ЮТЕК в два приема – до посева и фазе всходы, а также в фазе всходы и кущение. В этих вариантах прибавка урожая составляет 0,42-0,45 т/га или 6,25-6,44 %. При внесении карбамида ЮТЕК в три приема существенно более высокой урожайности не формируется, но во все годы исследований отмечалась устойчивая тенденция к ее росту.

8. Замена карбамида на карбамид модифицированный ингибитором уреазы в системе удобрения риса при повышении урожайности не способствует снижению качества урожая, значение которого на уровне с контролем или превышает его.

9. В ходе исследований установлено, что карбамид ЮТЕК способствует повышению окупаемости 1 кг азота карбамида на 25,7-27,4 % и обеспечивает получение дополнительного чистого дохода в размере 17-20 тыс. рублей на 1 гектар. При этом рентабельность возрастает на 1,14-6,14 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения урожайности риса и эффективности применения удобрений на посевах риса целесообразно применять карбамид ЮТЕК. Вносить его необходимо в два приема: до посева и в фазе всходов или в фазе всходы и кущение. Это способствует исключению одного из приемов внесения азотного удобрения без ухудшения урожайности и качества зерна риса по сравнению с традиционной схемой применения карбамида (до посева, в фазы всходы и кущение). При этом сокращаются не только затраты на возделывание культуры, но и значительно уменьшаются потери азота из удобрений, т.е. уменьшается антропогенная нагрузка на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края / Отв. редак. З. М. Русеева, Ш. Ш. Народецкая. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 276 с.
2. Агротехника, селекция и семеноводство риса в Японии. – М.: ВИНТИХ МСХ СССР, 1965. – 41 с.
3. Агрохимия / Под ред. В. Г. Минеева. – М.: «Агрохимэкодружество», 2017. – 854 с.
4. Агрохимия микроэлементов в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, Е. М. Харитонов, Х. Д. Хурум, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: «Афиша», 2006. – 248 с.
5. Алешин, Е. П. Минеральное питание риса / Е. П. Алешин, А. П. Сметанин. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1965. – 208 с.
6. Алешин, Е. П. Минеральное питание риса: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 1966. – 42 с.
7. Алешин, Е. П. Передовые приемы возделывания риса / Е. П. Алешин, А. П. Сметанин, И. Н. Елагин. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1972. – 150 с.
8. Алешин, Е.П. Рис / Е. П. Алешин, Н. Е. Алешин. – М.: Изд-во «Заводская правда», 1993. – 504 с.
9. Алешин, Е.П. Удобрение риса / Е. П. Алешин, А. П. Сметанин, Н. С. Тур. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1973. – 160 с.
10. Алешин, Н. Е. Ингибиторы нитрификации на семеноводческих посевах риса / Н.Е. Алешин, А.Х. Шеуджен, К.С. Кухужев // Рис России. – 1996. – Т. 4. – № 3(8). – С. 65-66.
11. Алешин, Е. П. Агрохимические показатели плодородия почв рисовых полей Кубани / Е. П. Алешин, М. М. Щукин, А. Х. Шеуджен. – Краснодар: ВНИИриса, 1991. – 20 с.
12. Алешин, Е.П. Адыгеим пынджыр щылэжьыгъэ-нымлэ игъоу алъытэрэ юэфыгъохэр / Е.П. Алешин, А. Хь. Шэуджэн, А.Ч. Уджыхъу, В.Т. Рымарь. – Мыскъупэ, 1987. – 16 тхь.

13. Алтухова, В. М. Влияние ингибиторов нитрификации на урожай риса / В. М. Алтухова // Вопросы интенсификации сельскохозяйственного производства. – М., 1975. С. 74-76.

14. Алтухова, В. М. Влияние ингибиторов нитрификации на урожай риса и превращение азота удобрений / В.М. Алтухова // Доклады ТСХА. – 1979. – Вып. 283. – № 3. – С. 16-21.

15. Алтухова, В. М. Действие на урожай риса азота удобрений, превращения его в почве и использование растениями при внесении ингибиторов нитрификации: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1980. – 19 с.

16. Баба, И. Минеральное питание / И. Баба // Теория и практика выращивания риса. – М.: Колос, 1965. С.109-126

17. Базилевич, С. Д. Влияние ингибиторов нитрификации на урожай риса, эффективность азотных удобрений и микрофлору почвы / С. Д. Базилевич, О. Д. Сидоренко // Докл. ТСХА. – 1975. – Вып. 213. – С. 22-25.

18. Базилевич, С. Д. Ингибиторы нитрификации и их влияние на урожай риса и микрофлору почвы / С. Д. Базилевич, О. Д. Сидоренко // Повышение плодородия почв рисовых полей. – М.: Наука, 1977. С. 168-174.

19. Базилевич, С. Д. Изучение микрофлоры почвы рисовых полей при применении ингибиторов нитрификации / С. Д. Базилевич // Динамика микробиол. процессов в почве и обуславливающие ее факторы. – Таллин, 1974. – Ч. 2. – С. 145.

20. Биологические основы получения высоких урожаев риса сортов отечественной селекции / А. Х. Шеуджен, Н. Е. Алешин, А. А. Кушу, Б. Е. Шеуджен. – Майкоп: изд-во РИПО «Адыгея», 1993. – 15 с.

21. Биология и минеральное питание риса / Отв. ред. Л. Г. Добрунов. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1976. – 224 с.

22. Битюцкий, Н. П. Минеральное питание растений / Н. П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2014. – 540 с.

23. Благовещенский, А. В. Биохимия обмена азотсодержащих веществ у растений / А. В. Благовещенский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 346 с.

24. Болдырев, А.И. Рисовым полям – высокое плодородие / А. И. Болдырев. – Симферополь: Изд-во «Крым», 1969. – 207 с.
25. Брей, С. М. Азотный обмен в растениях / С. М. Брей. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200 с.
26. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
27. Владимиров, А.В. Физиологические основы применения азотистых и калийных удобрений / А. В. Владимиров. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 272 с.
28. Влияние микроэлементов на интенсивность фотосинтеза и фотосинтетическую активность хлорофилла листьев риса / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Харченко, Я. Б. Петрик // Рисоводство. – 2023. – № 1(58). – С. 23-28.
29. Вознесенский, В. Л. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений / В. Л. Вознесенский, О. В. Заленский, О. А. Семихатова. – М.-Л.: «Наука», 1965. – 306 с.
30. Воробьев, Н. В. К физиологическому обоснованию моделей сортов риса / Н. В. Воробьев, М. А. Скаженник, В. С. Ковалев. – Краснодар: ВНИИриса, 2001. – 119 с.
31. Воробьев, Н. В. Продукционный процесс у сортов риса / Н. В. Воробьев, М. А. Скаженник, В. С. Ковалев. – Краснодар: Просвещение-ЮГ, 2011. – 199 с.
32. Воробьев, Н. Ф. Физиологические основы формирования урожая риса / Н. В. Воробьев. – Краснодар: Просвещение-ЮГ, 2013. – 405 с.
33. Воробьев, Н. В. Физиологические основы минерального питания риса / Н. В. Воробьев, М. А. Скаженник. – Краснодар: ВНИИриса, 2005. – 194 с.
34. Выращивание риса в Приморье / Б. А. Неунылов, А. Г. Есипов, Г. И. Подойницын, А. И. Елагина. – Владивосток: Примор. кн. изд-во, 1959. – 80 с.
35. Гаркуша, С. В. Инновационные удобрения на посевах сопутствующих культур рисового севооборота / С. В. Гаркуша – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2023. – 304 с.

36. Головкин, Н. С. Влияние ингибиторов нитрификации на нитратредукцию и гетеротрофную нитрификацию в почве рисового поля / Н. С. Головкин // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1990. – Вып. 39. – С. 33-37.

37. Головкин, Н. С. Трансформация азота почвенными микроорганизмами и продуктивность риса при использовании ингибиторов нитрификации КМГ, ДЦД / Н. С. Головкин, В. Н. Паращенко // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. 27-29.11.90 в г. Самарканде. - Базовый отдел НТИ. М., 1990. С. 48-49.

38. Головкин, Н. С. Морфолого-физиологические признаки сортов риса, сопряженные с реакцией растений на ингибиторы нитрификации в целях создания новых и совершенствования существующих методов селекционно-семеноводческой науки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Краснодар, 1993. – 24 с.

39. Грачева, Н. П. Влияние ингибиторов нитрификации и гербицидов на микрофлору и трансформацию азота удобрений в почве при возделывании риса: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1982. – 16 с.

40. Грист, Д. Рис / Д. Грист. – М.: ИЛ, 1959. – 390 с.

41. Гуторова, О. А. Содержание железа в лугово-черноземной почве рисовых полей в условиях Кубани / О. А. Гуторова, А. Х. Шеуджен // Плодородие. – 2016. – № 3(90). – С. 15-18.

42. Гуторова, О. А. Морфогенетические особенности рисовой лугово-черноземной почвы / О. А. Гуторова, А. Х. Шеуджен // Российская сельскохозяйственная наука. – 2016. – № 4. – С. 53–56.

43. Гуторова, О. А. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани и тренд его изменения в процессе сельскохозяйственного использования: Автореф. дисс. ... док. с.-х. наук. – Краснодар, 2020. – 43 с.

44. Гуторова, О. А. Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов / О. А. Гуторова, А. Х. Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2020. – 348 с.

45. Гуцин, Г. Г. Рис / Г. Г. Гуцин. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 831 с.

46. Гуцин, Г. Г. Агротехника высоких урожаев риса на Ставрополье / Г. Г. Гуцин. – Ставрополь: Став. кн. изд-во, 1956. – 51 с.

47. Дао Тхе Туан. Происхождение, систематика и экология риса / Дао Тхе Туан. – Ташкент: Госиздат УзССР, 1960. – 84 с.
48. Действие ингибиторов нитрификации на микрофлору лугово-черноземной почвы при возделывании риса / Е. П. Алешин, В. Н. Паращенко, Н. С. Головки, Р. С. Кутузова // Докл. ВАСХНИЛ. – 1991. – № 7. – С. 14-17.
49. Джамирзе, Р. Р. Результаты научно-технического сотрудничества в области рисоводства Адыгеи / Р. Р. Джамирзе, Н. В. Остапенко, Х. Д.Хурум // Рисоводство. – 2022. – № 4 (57). – С. 12-16.
50. Джулай, А. П. Культура риса на Кубани / А. П. Джулай, Е. П. Алешин, Е. Б. Величко. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1980. – 209 с.
51. Джулай, А. П. Агротехника культуры риса в Казахстане / А. П. Джулай, А. Т. Шадрин, В. В. Скрипчинский. – Алма-Ата: Казгосиздат, 1939. – 71 с.
52. Джулай, А. П. Влияние удобрений на продуктивность риса и длину вегетативного периода / А. П. Джулай // Вестник с.-х. науки. – 1961. – № 6. – С. 44-45.
53. Джулай, А. П. Возделывание риса на Кубани / А. П. Джулай. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1958. – 166 с.
54. Джулай, А. П. Организация производства и агротехника риса / А. П. Джулай. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1968. – 288 с.
55. Долгих, Ю. Р. Влияние почвенных гербицидов и ингибитора нитрификации N-Serve на некоторые биохимические показатели качества зерна риса / Ю. Р. Долгих, В. С. Петибская, Н. П. Грачева // Бюл. НТИ ВНИИриса. – 1980. – Вып. 28. – С. 42-44.
56. Епринцев, А. Т. Физиология и биохимия минерального питания растений / А. Т. Епринцев, Д. Н. Федорин. – Воронеж: Издат. центр Воронеж. гос. ун-та, 2012. – 189 с.
57. Ерматов, У. И. Реутилизация азота рисом по фазам развития / У. И. Ерматов. – Ташкент: «Фан», 1980. – 112 с.
58. Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
59. Ефимов, В. Н. Система удобрения / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских В. П. Царенко. – М.: «КолосС», 2003. – 320 с.

60. Жайлыбай, К. Н. Фотосинтетические и агроэкологические основы высокой урожайности риса / К. Н. Жайлыбай. – Алматы: «Бастау», 2001. – 256 с.

61. Игнатенко, С. И. Внесение минеральных удобрений в рядки при посеве с семенами риса / С. И. Игнатенко, В. Т. Рымарь // Агрохимия. – 1984. – № 10. – С. 50-59.

62. Измаилов, С. Ф. Азотный обмен в растениях / С. Ф. Измаилов. – М.: Наука, 1986. – 320 с.

63. Ингибиторы нитрификации в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, Н. Е. Алешин, В. Н. Паращенко, Б. Е. Шеуджен. – Майкоп: РИПО «Адыгея», 1994. – 20 с.

64. Ингибиторы нитрификации и эффективность азотных удобрений в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, Н. Е. Алешин, К. С. Кохужев [и др.]. – Майкоп: РИПО «Адыгея», 1995. – 54 с.

65. Каплан, С. Е. Культура риса в странах Европы / С. Е. Каплан. – М.: ВИНТИХ МСХ СССР, 1967. – 100. С. 94

66. Кириенко, Т. Н. Рисовые поля Украины и пути оптимизации почвообразовательных процессов / Т. Н. Кириенко. – Львов: Вища школа, 1985. – 184 с.

67. Кириченко, К. С. Агротехника высоких урожаев риса / К. С. Кириченко. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 126 с.

68. Кириченко, К. С. Культура риса в Краснодарском крае / К. С. Кириченко, А. П. Джулай, И. С. Косенко. – Краснодар: Крас. краевое изд-во, 1939. – 60 с.

69. Кольцов, А. В. Технология возделывания риса в Крыму / А. В. Кольцов. – Симферополь, 1997. – 133 с.

70. Кольцов, С. А. Органическое вещество и агрофизическое состояние рисовых почв Крымского Присивашья / С. А. Кольцов. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2010. – 176 с.

71. Кондратюк, Е. В. Вариабельность количественных признаков сортов риса при применении модифицированного карбамида ингибитором нитрификации / Е. В. Кондратюк // Нетрадицион. растениеводство. Экология и здоровье. Матер. 8-го международного симп. – Симферополь, 1999. С. 494.

72. Кореньков, Д. А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений / Д. А. Кореньков. – М.: «Агроконсалт», 1999. – 296 с.

73. Кохужев, К. С. Повышение эффективности азотных удобрений в семенных посевах риса путем использования ингибиторов нитрификации в условиях левобережья р. Кубань: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 1995. – 16 с.

74. Крапивенко, А. Г. Влияние удобрений на рис и рациональное их применение / Л. Г. Крапивенко. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1962. – 47 с.

75. Криволапов, И. Е. Рис на Дальнем Востоке / И. Е. Криволапов. – Владивосток: Дальневос. кн. изд-во, 1971. – 316 с.

76. Кудеяров, В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В. Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 216 с.

77. Кузьмин, Ю. Г. Рисоводство в Нижнем Поволжье / Ю. Г. Кузьмин. – Элиста: Калмыц. госуниверситет, 1988. – 84 с.

78. Культура риса / Е. Б. Величко, Г. Г. Гушин, Н. И. Клушина [и др.]. – Ростов-на-Дону: Азово-Черноморское краевое изд-во, 1934. – 40 с.

79. Культура риса в Адыгее / Е. П. Алешин, Р. М. Алибердов, А. Х. Шеуджен [и др.]. – Майкоп: Адыг. кн. изд-во, 1989. – 142 с.

80. Кумейко, Ю. В. Особенности азотного режима рисовой лугово-черноземной почвы Западного Предкавказья и урожайность риса при применении ингибиторов нитрификации: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2016. – 24 с.

81. Кумейко, Ю. В. Влияние ингибитора нитрификации на показатели, характеризующие режим азотного питания растений риса / Ю.В. Кумейко // Рисоводство. – 2013. – № 1(22). – С. 66-69.

82. Кумейко, Ю. В. Влияние применения ингибитора нитрификации на содержание подвижных форм азота в почве при возделывании риса / Ю.В. Кумейко // Материалы VI всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, 2012. – С. 85-87.

83. Кумейко, Ю. В. Регулирование азотного режима рисовой почвы внесением карбамида в сочетании с ингибитором нитрификации / Ю. В. Кумейко, В. Н. Паращенко, Н. М. Кремзин // Рисоводство. – 2015. – № 3-4(28-29). – С. 47-51.
84. Лактионов, Б. И. Удобрение почвы под рис / Б. И. Лактионов, Е. К. Михеев, И. Н. Фрич. – Симферополь: «Таврия», 1972. – 39 с.
85. Лаптев, В. Н. Рис – культура больших возможностей / В. Н. Лаптев, А. К. Миронов. – Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1964. – 39 с.
86. Лещинский, Е. О. Будет в Крыму рис / Е. О. Лещинский, И. Г. Тимошенко. – Симферополь: Изд-во «Крым», 1964. – 35 с.
87. Либих, Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии / Ю. Либих. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – 408 с.
88. Лобанов, Г. М. Удобрение риса / Г. М. Лобанов. – Алма-Ата: Казах. краевое кн. изд-во, 1934. – 31 с.
89. Ляховкин, А. Г. Мировое производство и генофонд риса / А. Г. Ляховкин. – Ханой: Изд-во «Сельское хозяйство», 1992. – 344 с.
90. Маннхайм, Т. Удобрение культур стабилизированными азотными удобрениями / Томас Маннхайм, Нильс Бергер // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 3. – С. 28-30.
91. Минеральное питание в онтогенезе риса / Отв. ред. Л. Г. Добрунов. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1982. – 188 с.
92. Минеральное питание риса / Отв. ред. Л. Г. Добрунов. – Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1972. – 128 с.
93. Мицуи, С. Минеральное питание, удобрение и мелиорация орошаемых рисовых почв / С. Мицуи. – М.: ИЛ, 1960. – 130 с.
94. Многолет, В. Я. Агротехника выращивания высоких урожаев риса в Грозненской области / В. Я. Многолет. – Грозный: Грознен. кн. изд-во, 1954. – 31 с.
95. Моисеев, В. П. Фотосинтез / В. П. Моисеев // Ботаника и физиология растений. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2015. С. 256-266.
96. Мокроносов, А. Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза / А. Т. Мокроносов. – М.: Наука, 1981. – 195 с.

97. Мокроносков, А. Т. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты / А. Т. Мокроносков, В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 448 с.

98. Мокроносков, А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма / А. Т. Мокроносков. – М.: Наука, 1983. – 64 с.

99. Молоков, Л. Г. Повышение урожайности риса путем использования ингибиторов нитрификации и поздних азотных подкормок / Л. Г. Молоков, Э. Р. Авакян // Применение ингибиторов нитрификации для повышения эффективности азотных удобрений / Тезисы докл. Всес. совещ. (27-29 ноября 1990 г., Самарканд. Базовый отдел НТИ). - М., 1990. С. 34-39.

100. Муравин, Э. А. Ингибиторы нитрификации / Э. А. Муравин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 247 с.

101. Муравин, Э. А. Применение ингибиторов нитрификации для снижения потерь и повышения эффективности азота удобрений / Э. А. Муравин // Почвоведение и агрохимия. Т. 3. Проблемы агрохимии азота. – М.: ВНИИТИ, 1979. С. 5-84.

102. Мухамеджанов, М. В. Рисоводство в Индии / М. В. Мухамеджанов, Н. Ф. Балбышев. – Ташкент: «Фан», 1979. – 112 с.

103. Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В. М. Назарюк. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.

104. Натальин, Н. Б. Рисоводство / Н. Б. Натальин. – М.: Колос, 1973. – 280 с.

105. Неунылов, Б. А. Влияние ингибиторов нитрификации на биологические процессы в почве и продуктивность риса / Б. А. Неунылов, Ю. Р. Долгих, Н. П. Грачева // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1977. – Вып. 22. – С. 40-44.

106. Неунылов, Б. А. Влияние ингибиторов нитрификации на повышение эффективности азотных удобрений, применяемых под рис / Б. А. Неунылов, Ю. Р. Долгих, Н. П. Грачева // В кн.: Повышение эффективности азотных удобрений с помощью ингибиторов нитрификации. – М.: ЦИНАО, 1979 г. С. 2-58.

107. Неунылов, Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока / Б. А. Неунылов. – Владивосток: Приморс. книж. изд-во, 1961. – 239 с.

108. Неунылов, Б. А. Теория и практика повышения плодородия почв рисовых полей Приморского края: Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. – М., 1956. – 39 с.

109. Николаева, С. А. Динамика питательных элементов в черноземных почвах, используемых под культуру риса / С. А. Николаева, Г. М. Майнашева // Химия почв рисовых полей. – М.: Наука, 1976. С. 75-89.

110. Ничипорович, А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А. А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5-36.

111. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональные направления в селекции на повышение продуктивности / А. А. Ничипорович // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М.: Колос, 1975. – С. 5-14.

112. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы интенсификации сельского хозяйства / А. А. Ничипорович. – М.: Наука, 1965. – 48 с.

113. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович. – М.: Наука, 1972. С. 511-527.

114. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Физиология растений / Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1977. – Т.3. – С. 11-54.

115. Новицкая, Ю. В. Азотный обмен у сосны на Севере / Ю. Е. Новицкая, П. Ф. Чикина. – Л.: Наука, 1980. – 166 с.

116. Обод, И. В. Рис / И. В. Обод. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. – 39 с.

117. Окислительно-восстановительные процессы в почвах рисовых полей Кубани / Т. Ф. Бочко, К. М. Авакян, А. Х. Шеуджен [и др.]. – Майкоп: РИПО «Адыгея», 2002. – 52 с.

118. Освоение плавневых земель под культуру риса / Науч. ред. А. П. Джулай. – Краснодар: Крас. ин. изд-во, 1975. – 167 с.

119. Основные результаты изучения и перспективы применения ингибиторов нитрификации для повышения эффективности азотных удобрений /

П. М. Смирнов, Э. А. Муравин, С. Д. Базилевич, В. В. Кидин // *Агрохимия*. – 1981. – № 12. – С. 3-17.

120. Паращенко, В. Н. Агроэкологическое обоснование применения ингибиторов нитрификации в рисоводстве / В.Н. Паращенко // Тез. докл. Всероссийского координационного совещания учреждений Географической сети длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. – М.: Агроконсалт, 1998. – С. 124-125.

121. Паращенко, В. Н. Получение кондиционных семян риса при использовании карбамида модифицированного ингибитором нитрификации / В. Н. Паращенко, Н. М. Кремзин, Е. В. Кондратюк // *Рис России*. – 1997. – Т. 5. – № 1(9). – С. 13-14.

122. Паращенко, В. Н. Применение карбамида, модифицированного ингибитором нитрификации в семеноводстве риса / В. Н. Паращенко, Н. М. Кремзин, Е. В. Кондратюк // *Рис России*. – 1996. – Т. 4. – № 3(8). С. 20-27.

123. Першин, Б. М. Ингибиторы нитрификации на рисовых полях Приморского края / Б. М. Першин, А. Н. Першина // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. 27-29.11.90 г. в г. Самарканде. – Базовый отдел НТИ. – М., 1999. С. 57-57.

124. Першин, Б. М. Ингибиторы нитрификации на рисовых полях Приморского края / Б. М. Першин, А. Н. Першина // Применение ингибиторов нитрификации для повышения эффективности азотных удобрений. – М.: НИУИФ, 1990. С. 56-58.

125. Петин, Н. С. Рис и его возделывание на Северном Кавказе / Н. С. Петин. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Северный Кавказ», 1931. – 94 с.

126. Пивоваров, Л. П. Редокс-процессы в почвах рисовых полей / Л. П. Пивоваров. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1984. – 166 с.

127. Подлесный, И. В. Вынос элементов минерального питания с рисовых оросительных систем Кубани / И. В. Подлесный, В. Т. Рымарь // Тез. докл. 7 съезда почвоведов. – Новосибирск. Ч.3. 1989. С. 171.

128. Пожилов, В. Н. Изучение эффективности ингибиторов нитрификации на урожайность риса в Калмыцкой АССР / В. Н. Пожилов, Л. Д. Иванова, В. Ф. Ивичев // РЖ «Удобрения с.-х. культур. Агронведение». – № 9. – 1987. – С. 11.

129. Положий, В. Н. Методика экономической оценки вариантов опытов в рисоводстве / В. Н. Положий. – Краснодар: ВНИИ риса, 1972. – 156 с.

130. Полутина, Т. Н. Экономические аспекты становления и развития рисоводства / Т. Н. Полутина. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 174 с.

131. Порохня, А. Д. Влияние Микроэлементов на продуктивность растений и некоторые физиолого-биохимические процессы в них / А. Д. Порохня // Крат. отчет о науч.-исслед. работе ВНИИ риса за 1967-1970 гг. – Краснодар, 1971. С. 41-44.

132. Потребление биогенных элементов растениями и вынос их урожаем риса при внесении навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум [и др.] // Рисоводство. – 2021. – № 2(51). – С. 55-61.

133. Почвы рисовых полей Дальнего Востока / Отв. ред. В. И. Ознобихин. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. – 156 с.

134. Применение ингибиторов нитрификации для повышения эффективности азотных удобрений / В. Н. Парашенко, К. М. Авакян, С. И. Игнатенко, Е. Р. Штуц // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. 27-29.11.90 в г. Самарканде. Базовый отдел НТИ. М.: 1990. С. 46-47.

135. Природа почв рисовых полей / Отв. ред. В. М. Боровский. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1969. – 104 с.

136. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР / Д. Н. Прянишников. // Избранные сочинения. Т.2. – М.: Сельхозиздат, 1953. С. 7-168.

137. Радов, А. С. Удобрение в орошаемом земледелии / А. С. Радов, Е. И. Столыпин. – М.: Наука, 1978. – 224 с.

138. Рахимов, Г. Н. Научное обоснование элементов технологии возделывания риса в условиях Туранской низменности. Автореф: дис. ... док. с.-х. наук. – Самарканд, 1993. – 40 с.

139. Рекомендации по применению удобрений под рис / Е. П. Алешин, Н. Е. Алешин, В. Н. Паращенко, А.Х. Шеуджен [и др.]. – Майкоп: РИПО «Адыгея». – 16 с.
140. Рис / Под ред. П. С. Ерыгина и Н. Б. Натальина. – М.: Колос, 1968. – 328 с.
141. Рис / Сост. Н. Б. Натальин. – М.: Колос, 1965. – 327 с.
142. Рымарь, В. Т. Эффективность применения ингибиторов нитрификации под рис / В. Т. Рымарь, В. Н. Паращенко, А. Х. Шеуджен // Достижения НТП на службу наращивания продовольственного фонда страны и интенсификации произ-ва субтропических культур. – Махарадзе-Анаसेули, 1985. С. 93-94.
143. Сеидов, Г. А. Эффективность минеральных удобрений и условия их применения под рис в Ленкоранском и Массолинском районах АзССР / Г. А. Сеидов. – Баку: Азернешр, 1937. – 56 с.
144. Сиросита, Т. Теория и практика применения удобрений / Т. Сиросита // Теория и практика выращивания риса. – М.: Колос, 1965. С.162-198
145. Скаженник, М. А. Морфофизиологические признаки сортов риса, определяющие их продуктивность, в связи с разработкой методов оценки и отбора для использования в селекции: Автореф. дис. ... док. биол. наук. – Краснодар, 2004. – 48 с.
146. Смирнов, П. М. Действие азотного удобрения и ингибитора нитрификации на урожай риса, использование растениями азота удобрения и его превращение в почве / П. М. Смирнов, С. Д. Базилевич, В. М. Алтухова // Удобрение тропических и субтропических культур. – М.: УДН. 1980. С. 11-16.
147. Смирнов, П. М. Эффективность ингибиторов нитрификации / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин, С. Д. Базилевич // Химия в сельском хозяйстве. 1976. № 6. С. 40-42.
148. Смирнова, Н. Н. Основные вопросы удобрения риса / Н. Н. Смирнова, Е. П. Алешин // Географические закономерности действия удобрений. – М.: Колос, 1975. С. 134-156.
149. Смирнова, Н. Н. Повышение эффективности азотных удобрений в рисосеянии / Н. Н. Смирнова, О. А. Орешкина. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1976. – 64 с.

150. Смирнова, Н. Н. Удобрение риса / Н. Н. Смирнова. – М.: Россельхозиздат, 1978. – 64 с.

151. Сычев, В. Г. Эффективность применения карбамида с ингибитором уреазы на картофеле / В. Г. Сычев, Н. И. Аканова, М. М. Визирская // Овощи России. – 2019. – № 3(47). – С. 104-108.

152. Тарун, Е. И. Замещенные 1,5,6,7-тетрагидро-4н-бензимидазол-4-оны – ингибиторы уреазы / Е. И. Тарун, Т. А. Желдакова, Д. И. Метелица // Биомедицинская химия. – 2008. – Т. 54. Вып. 5. – С. 588-596.

153. Теория и практика выращивания риса / Под ред. Е. П. Алешина, К. С. Кириченко и А. П. Сметанина. – М.: Колос, 1965. – 424 с.

154. Теория и практика применения гуматов в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Е. П. Максименко, Н. Н. Нецадим. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2008. – 48 с.

155. Титков, А. А. Эволюция рисовых ландшафто-мелиоративных систем Украины / А. А. Титков, А. В. Кольцов. – Симферополь: Изд-во СОНАТ, 2007. – 308 с.

156. Тулякова, З. Ф. Рис на Северном Кавказе / З. Ф. Тулякова. – Ростов-на-Дону: Рост. кн. изд-во, 1973. – 116 с.

157. Удобрение кукурузы в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, С. В. Гаркуша, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко [и др.]. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2021. – 136 с.

158. Удобрение озимой пшеницы в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко, И. А. Лебедовский [и др.]. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2021. – 144 с.

159. Удобрение рапса озимого в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, С. В. Гаркуша, С. В. Кизинек, Т. Н. Бондарева [и др.]. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2021. – 52 с.

160. Удобрение сои при выращивании на черноземе выщелоченном и рисовой лугово-черноземной почве / А. Х. Шеуджен, С. В. Гаркуша, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко [и др.]. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2021. – 60 с.

161. Уклонская, М. И. К вопросу удобрения риса в Средней Азии / М. И. Уклонская, Е. В. Успенская. – Ташкент: Госиздат УзССР, 1933. – 1947 с.
162. Физические, водно-физические и физико-химические показатели чернозема выщелоченного / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум, И. А. Лебедевский [и др.] // Международные научно-исследовательские журналы. – 2017. - № 4-1 (58). – С. 166-171. DOI:10.23670/IRJ.2017.58.136.
163. Филимонов, Д. А. Азотные удобрения / Д. А. Филимонов. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 40 с.
164. Филимонов, Д. А. Азотные удобрения на сенокосах и пастбищах / Д. А. Филимонов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 176 с.
165. Хукуда, Х. Орошение риса в Японии / Хукуда Хитоши, Цуцуи Хикари. – М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1976. – 98 с.
166. Чайка, З. А. Рис в Астраханской области / З. А. Чайка, А. К. Миронов. – Астрахань. 1959. – 64 с.
167. Чуриков, И. И. За сталинские урожаи риса / И. И. Чуриков. – Ташкент: Госиздат УзССР, 1942. – 133 с.
168. Шадрин, А. Т. Рис в Ростовской области / А. Т. Шадрин, Н. М. Рухлядева. – Ростов-на-Дону: Рост. кн. изд-во, 1957. – 87 с.
169. Шеуджен, А. Х. Агрохимия и физиология питания риса / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
170. Шеуджен, А. Х. Агрохимия и физиология сеникации в рисовом агроценозе / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, И. А. Дорошев. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2020. – 152 с.
171. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Часть 4. Фундаментальная агрохимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 529 с.
172. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: термины и определения / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2019. – 176 с.
173. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учебник / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2023. – 612 с.

174. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.

175. Шеуджен, А. Х. Ингибирование микроэлементами потерь азота из удобрений в затопленной почве / А. Х. Шеуджен, К. М. Авакян // Тез. докл. 8 Всес. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. Т.3. С. 288.

176. Шеуджен, А. Х. Проблема азота в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, М. А. Перепелин. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2021 – 116 с.

177. Шеуджен, А. Х. Рисоводство Бразилии / А. Х. Шеуджен, Е. М. Харитонов, А. П. Рыбалкин. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2008. – 32 с.

178. Шеуджен, А. Х. Содержание гумуса в почвах рисовых полей Кубани / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия. VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения: материалы научно-производственной конференции с международным участием. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. 2018. – С. 323-328.

179. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.

180. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.

181. Шеуджен, А. Х. Микроэлементы в системе удобрения рисового севооборота / А. Х. Шеуджен, Х. Д. Хурум. – Краснодар: «Просвещение-ЮГ», 2011. – 363 с.

182. Шеуджен, А. Х. Теория и практика применения микро- и ультрамикроудобрений в рисоводстве / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2016. – 380 с.

183. Шеуджен, А. Х. Удобрение риса / А. Х. Шеуджен, С. В. Кизинек. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 148 с.

184. Щупаковский, В. Ф. Как получить высокие, устойчивые урожаи риса / В. Ф. Щупаковский. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1954. – 31 с.

185. Эффективность азотных удобрений в аммонийной и амидной формах в сочетании с ингибитором нитрификации / В. Н. Паращенко, В. Н. Чижиков, В. В. Гергель, В. В. Павлов // Рисоводство. – 2020. – № 3(48). – С. 45-50.

186. Эффективность ингибитора нитрификации при совместном применении с азотным удобрением под рис / В. Н. Паращенко, Н. М. Кремзин, Н.В. Паращенко [и др.] // Рисоводство. – 2010. – № 17. – С. 44-49.

187. Эффективность применения ингибитора нитрификации в рисоводстве / В. Н. Паращенко, Р. С. Шарифуллин, В. Н. Чижиков, В. В. Гергель, Ю. В. Кумейко // Рисоводство. – 2019. – № 4(45). – С. 52-57.

188. Эффективность применения на посевах риса модифицированного карбамида ЮТЕК / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук, Н. С. Галай, М. А. Перепелин // Рисоводство. – 2020. – № 2(47). – С. 44-53.

189. Эффективность применения удобрения UREA^{STABIL} (в технологии возделывания озимой пшеницы) на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в Беларуси / Г. В. Пироговская, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко, [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 2(61). – С. 55-71.

190. Яровенко, Г. И. Физиолого-агрохимические основы повышения эффективности азотных удобрений в хлопководстве / Г.И. Яровенко. – Ташкент: Изд-во «Узбекистан», 1969. – 282 с.

191. Diez-Lopez J. A. Effect of a nitrification inhibitor (DMPP) on nitrate leaching and maize yield during two growing seasons / J.A. Diez-Lopez, P. Harnaiz-Algarra, M. Agrauzo-Sanchez, I. Carrasco-Martin // Span. J. agr. Res. - 2008. VI. 6. - № 2. - P. 294-303.

192. <https://www.agroxxi.ru/zhurnalagromirxxi/statirastenievodstvo/udobrjaite-bez-poter.html>.

193. Huilin Li. Net nitrogen mineralization in typical paddy soils of the Taihu Region of China under aerobic conditions. Dynamics and model fitting / Huilin Li, Yong Han, Marco Roelcke, Zucong Cai. // Canad. J. Soil Sc. - 2008. - Vol. 88. - № 5. - P. 719-731.

194. Кноп К. // Rostl. Vyroba, 1982. R. 28. № 9. S. 935-946.

195. Sheudzhen Askhad. Efficiency of applying urea and IOTEK carbamide on rice crops / Askhad Sheudzhen, Tatyna Bondareva, Oksana Gutorova // <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2021128502044>.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в лугово-черноземной почве при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Без удобрений	18,6	17,5	15,2	10,3
P ₈₀ K ₆₀ – фон	19,0	17,7	15,2	10,6
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	37,0	36,4	30,5	14,1
N ₁₃₈₊₀₊₀	42,8	40,2	26,8	11,3
N _{ЮТЕК138+0+0}	40,2	38,6	28,0	11,9
N ₀₊₆₉₊₆₉	24,3	35,9	32,3	12,5
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	24,3	35,9	34,0	13,6
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	39,5	41,6	29,1	12,9
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	38,8	42,4	30,4	13,0
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	38,6	41,3	30,8	13,2

Потери азота из почвы и внесенных удобрений с фильтрационными и сбросными водами, мг/л (лабораторный опыт)

Вариант	N-NH ₄			N-NO ₃		
	7 сут	14 сут	21 сут	7 сут	14 сут	21 сут
Сбросные воды						
Контроль	0,40	0,33	0,11	9,04	7,12	2,88
N ₅₅	1,21	0,70	0,31	11,01	9,84	4,62
N _{ЮТЕК55}	0,59	0,79	1,36	10,64	9,56	9,58
N ₆₄	1,48	0,89	0,65	13,16	11,46	7,74
N _{ЮТЕК64}	0,62	0,91	1,53	11,02	11,02	12,28
N _{М 138}	1,96	1,37	0,77	14,22	13,20	8,10
N _{ЮТЕК138}	0,71	1,41	1,80	11,74	12,55	14,33
Фильтрационные воды						
Контроль	0,45	0,34	0,12	10,02	8,05	3,16
N ₅₅	1,27	0,81	0,40	12,33	10,09	5,80
N _{ЮТЕК55}	0,66	0,90	1,48	11,40	10,01	10,64
N ₆₄	1,69	0,95	0,74	13,75	13,16	8,05
N _{ЮТЕК64}	0,64	0,98	1,61	12,01	13,02	13,82
N _{М 138}	2,36	1,74	0,83	14,80	13,93	9,14
N _{ЮТЕК138}	0,80	1,83	1,99	13,04	13,08	15,63

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Содержание подвижных форм фосфора и калия в лугово-черноземной почве под рисом, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Подвижный фосфор (P₂O₅)*				
Без удобрений	53,8	54,4	55,3	51,0
P ₈₀ K ₆₀ – фон	55,9	57,2	57,9	51,6
N ₅₅ (до посева) + N ₄₆ (всходы) + N ₃₇ (кущение) – стандарт	57,8	58,8	59,5	51,5
N ₁₃₈ (до посева)	59,1	57,9	58,4	52,4
N _{ЮТЕК138} (до посева)	58,4	58,0	58,5	52,2
N ₆₉ (всходы) + N ₆₉ (кущение)	57,0	57,4	59,9	52,0
N _{ЮТЕК69} (всходы) + N _{ЮТЕК69} (кущение)	57,1	58,3	60,3	51,2
N _{ЮТЕК69} (до посева) + N _{ЮТЕК69} (всходы)	57,7	59,0	59,4	51,2
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N ₃₇ (кущение)	57,5	58,8	59,0	51,3
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N _{ЮТЕК37} (кущение)	57,4	58,5	59,3	51,3
Подвижный калий (K₂O)**				
Без удобрений	246,8	234,5	228,1	226,0
P ₈₀ K ₆₀ – фон	250,4	239,2	234,0	230,5
N ₅₅ (до посева) + N ₄₆ (всходы) + N ₃₇ (кущение) – стандарт	260,3	240,6	237,3	231,0
N ₁₃₈ (до посева)	269,2	242,7	238,0	231,5
N _{ЮТЕК138} (до посева)	268,5	243,0	238,2	231,6
N ₆₉ (всходы) + N ₆₉ (кущение)	259,2	244,8	240,5	231,2
N _{ЮТЕК69} (всходы) + N _{ЮТЕК69} (кущение)	258,8	239,5	238,0	230,5
N _{ЮТЕК69} (до посева) + N _{ЮТЕК69} (всходы)	261,7	238,9	237,3	230,6
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N ₃₇ (кущение)	260,3	241,2	238,8	230,8
N _{ЮТЕК55} (до посева) + N _{ЮТЕК46} (всходы) + N _{ЮТЕК37} (кущение)	259,9	242,0	239,0	230,7

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Высота растений риса при мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, см

Вариант	Фаза вегетации растений			
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость зерна
Без удобрений	20,4	36,4	86,1	85,8
P ₈₀ K ₆₀ – фон	21,6	37,0	86,8	86,8
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	30,4	48,9	96,3	96,7
N ₁₃₈₊₀₊₀	36,7	52,8	88,5	88,1
N _{ЮТЕК138+0+0}	36,3	52,2	88,8	88,3
N ₀₊₆₉₊₆₉	23,9	50,4	95,3	95,0
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	23,8	48,8	97,0	96,7
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	31,5	51,5	94,5	95,0
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	31,8	50,0	95,6	95,2
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	31,7	50,4	95,6	95,4
HCP ₀₅	3,4	4,3	7,2	7,6

Сухая масса растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, г/растение

Вариант	Фаза вегетации растений				
	всходы	кущение	выметывание	полная спелость	
				листья+стебли	зерно
Без удобрений	0,04	0,46	2,54	2,52	3,00
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,04	0,50	2,62	2,62	3,08
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,06	0,86	3,99	4,08	4,25
N ₁₃₈₊₀₊₀	0,07	0,97	4,32	4,40	3,86
N _{ЮТЕК138+0+0}	0,07	0,98	4,30	4,41	4,08
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,04	0,88	4,21	4,12	4,16
N _{ЮТЕК69(всходы) + N_{ЮТЕК69(кущение)}}	0,04	0,88	4,08	4,10	4,46
N _{ЮТЕК69(до посева) + N_{ЮТЕК69(всходы)}}	0,06	0,89	4,06	4,09	4,40
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{37(кущение)}}}	0,05	0,90	4,04	4,05	4,31
N _{ЮТЕК55(до посева) + N_{ЮТЕК46(всходы) + N_{ЮТЕК37(кущение)}}}	0,05	0,89	4,02	4,04	4,25
HCP ₀₅	0,02	0,09	0,10	0,08	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, мг/дм²

Вариант	Фаза вегетации											
	всходы			кущение			выметывание			полная спелость зерна		
	хлороф илл а	хлороф илл b	карати ноиды	хлороф илл а	хлороф илл b	карати ноиды	хлороф илл а	хлороф илл b	карати ноиды	хлороф илл а	хлороф илл b	карати ноиды
Без удобрений	2,116	0,640	0,348	1,800	0,608	0,394	1,638	0,602	0,418	1,502	0,582	0,428
P ₈₀ K ₆₀ – фон	2,174	0,650	0,367	1,813	0,610	0,410	1,740	0,606	0,422	1,558	0,590	0,431
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	2,810	0,829	0,380	2,022	0,636	0,430	1,902	0,630	0,439	1,785	0,612	0,450
N ₁₃₈₊₀₊₀	2,947	0,896	0,390	2,220	0,644	0,438	1,864	0,629	0,439	1,709	0,605	0,444
N _{ЮТЕК138+0+0}	2,902	0,880	0,390	2,228	0,650	0,440	1,866	0,627	0,439	1,710	0,605	0,450
N ₀₊₆₉₊₆₉	2,170	0,650	0,364	2,008	0,628	0,428	1,880	0,626	0,430	1,732	0,610	0,442
N _{ЮТЕК69(всходы)} + N _{ЮТЕК69(кущение)}	2,178	0,656	0,361	2,030	0,628	0,429	1,920	0,631	0,432	1,798	0,614	0,448
N _{ЮТЕК69(до посева)} + N _{ЮТЕК69(всходы)}	2,841	0,844	0,392	2,085	0,640	0,449	1,892	0,628	0,450	1,772	0,611	0,450
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{37(кущение)}	2,788	0,823	0,396	2,081	0,638	0,431	1,885	0,624	0,433	1,778	0,614	0,452
N _{ЮТЕК55(до посева)} + N _{ЮТЕК46(всходы)} + N _{ЮТЕК37(кущение)}	2,775	0,818	0,388	2,082	0,639	0,434	1,890	0,627	0,436	1,780	0,614	0,452
НСР ₀₅	0,142	0,068	0,021	0,112	0,042	0,023	0,114	0,038	0,019	0,094	0,033	0,018

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Динамика содержания азота в растениях риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации растений				
	всходы	куще- ние	выме- тывание	полная спелость зерна	
				листья+ст ебли	зерно
Без удобрений	2,81	2,30	1,66	0,69	1,09
P ₈₀ K ₆₀ – фон	2,84	2,32	1,69	0,70	1,11
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	3,15	2,58	1,92	0,75	1,26
N ₁₃₈₊₀₊₀	3,52	2,56	1,81	0,73	1,20
НЮТЕК138+0+0	3,49	2,57	1,83	0,74	1,21
N ₀₊₆₉₊₆₉	2,83	2,55	1,89	0,73	1,23
НЮТЕК69(всходы) + НЮТЕК69(кущение)	2,84	2,57	1,91	0,75	1,24
НЮТЕК69(до посева) + НЮТЕК69(всходы)	3,23	2,62	1,90	0,74	1,28
НЮТЕК55(до посева) + НЮТЕК46(всходы) + N ₃₇ (кущение)	3,12	2,55	1,90	0,73	1,27
НЮТЕК55(до посева) + НЮТЕК46(всходы) + НЮТЕК37(кущение)	3,14	2,54	1,89	0,73	1,27

Динамика содержания фосфора (P₂O₅) в надземных органах растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации растений				
	всходы	куще- ние	выме- тывание	полная спелость зерна	
				листья+ стебли	зерно
Без удобрений	0,80	0,61	0,54	0,19	0,60
P ₈₀ K ₆₀ – фон	0,89	0,65	0,59	0,21	0,62
N ₅₅₊₄₆₊₃₇ – стандарт	0,92	0,67	0,60	0,20	0,67
N ₁₃₈₊₀₊₀	0,97	0,66	0,58	0,20	0,66
НЮТЕК138+0+0	0,95	0,66	0,58	0,20	0,66
N ₀₊₆₉₊₆₉	0,89	0,65	0,60	0,21	0,67
НЮТЕК69(всходы) + НЮТЕК69(кущение)	0,90	0,66	0,61	0,20	0,69
НЮТЕК69(до посева) + НЮТЕК69(всходы)	0,93	0,68	0,62	0,21	0,69
НЮТЕК55(до посева) + НЮТЕК46(всходы) + N ₃₇ (кущение)	0,91	0,66	0,62	0,20	0,68
НЮТЕК55(до посева) + НЮТЕК46(всходы) + НЮТЕК37(кущение)	0,92	0,70	0,62	0,20	0,68

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Динамика калия (K_2O) в надземных органах растений риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации растений				
	всходы	куще- ние	выме- тывание	полная зрелость зерна	
				листья+ стебли	зерно
Без удобрений	2,86	2,07	1,98	1,87	0,30
$P_{80}K_{60}$ – фон	2,94	2,28	2,16	1,92	0,31
$N_{55+46+37}$ – стандарт	3,00	2,32	2,21	2,04	0,34
$N_{138+0+0}$	3,12	2,34	2,19	2,02	0,33
$N_{ЮТЕК138+0+0}$	3,11	2,33	2,20	2,02	0,33
$N_{0+69+69}$	2,95	2,32	2,20	2,07	0,34
$N_{ЮТЕК69}$ (всходы) + $N_{ЮТЕК69}$ (кущение)	3,02	2,33	2,22	2,06	0,35
$N_{ЮТЕК69}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК69}$ (всходы)	3,01	2,34	2,21	2,07	0,34
$N_{ЮТЕК55}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК46}$ (всходы) + N_{37} (кущение)	2,99	2,32	2,20	2,05	0,34
$N_{ЮТЕК55}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК46}$ (всходы) + $N_{ЮТЕК37}$ (кущение)	3,00	2,33	2,21	2,06	0,34

Урожайность зерна риса при внесении мочевины и мочевины модифицированной ингибитором уреазы

Вариант	Урожайность, т/га					Прибавка	
	2019	2020	2021	2022	средняя	т/га	%
Без удобрений	5,30	5,02	5,04	5,10	5,12	-	-
$P_{80}K_{60}$ – фон	5,46	5,30	5,26	5,27	5,32	0,20	3,91
$N_{55+46+37}$ – стандарт	6,98	6,75	7,24	6,88	6,96	1,84	35,94
$N_{138+0+0}$	5,60	5,48	6,34	6,30	5,93	0,81	15,82
$N_{ЮТЕК138+0+0}$	6,81	6,52	6,72	6,52	6,64	1,52	29,69
$N_{0+69+69}$	6,80	6,63	7,02	6,73	6,70	1,58	30,86
$N_{ЮТЕК69}$ (всходы) + $N_{ЮТЕК69}$ (кущение)	7,63	7,31	7,39	7,30	7,41	2,29	44,73
$N_{ЮТЕК69}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК69}$ (всходы)	7,59	7,34	7,36	7,22	7,38	2,26	44,14
$N_{ЮТЕК55}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК46}$ (всходы) + N_{37} (кущение)	7,50	7,29	7,20	7,14	7,28	2,16	42,19
$N_{ЮТЕК55}$ (до посева) + $N_{ЮТЕК46}$ (всходы) + $N_{ЮТЕК37}$ (кущение)	7,42	7,25	7,08	7,02	7,19	2,07	40,43
$НСР_{05}$	0,38	0,84	0,82	0,65	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

