

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ»

Объект авторского права

УДК 633.11"321":631.8:631.559:631.445.24 (043.3)

КОГОТЬКО
Елена Ивановна

**ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ,
БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА
НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, УРОЖАЙНОСТЬ
И КАЧЕСТВО ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук
по специальности 06.01.04 – агрохимия

Минск, 2024

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Научный
руководитель:

Вильдфлуш Игорь Робертович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные
оппоненты:

Веремейчик Лариса Антоновна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры инженерной экологии УО «Белорусский национальный технический университет»

Кирдун Татьяна Мечиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории органического вещества почвы РУП «Институт почвоведения и агрохимии»

Оппонирующая
организация:

УО «Гродненский государственный аграрный университет»

Защита состоится «15» февраля 2024 г. в 11⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 01.50.01 при РУП «Институт почвоведения и агрохимии» по адресу: ул. Казинца, 90, г. Минск, 220108, Республика Беларусь. Тел.: (+375 17) 252-55-54, факс: (+375 17) 374-04-02, e-mail: brissa_aspirant@tut.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Автореферат разослан «_11_» января 2024 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат с.-х. наук, доцент

О. В. Матыченкова

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница занимает первое место в мире по посевной площади и второе (после кукурузы) по валовым сборам. Площадь, занимаемая яровой мягкой пшеницей в республике за последние 10 лет (с 2011 по 2021 г.) снизилась почти в 2 раза (113 тыс. га). Это связано с расширением площадей, занятых озимыми зерновыми, которые более урожайные, чем яровые культуры. Отмечено также снижение средней урожайности зерна: с 38,9 ц/га в 2011 г. до 32,9 ц/га – в 2021 г. Несмотря на это, яровая мягкая пшеница остается важной продовольственной культурой в Беларуси. Она формирует зерно более высокого качества в сравнении с озимой формой, является страховой на случай пересева погибших озимых, обеспечивает более равномерное напряжение в работе, требует меньших затрат на средства защиты растений, имеет широкий спектр районированных сортов.

Существенно повысить урожайность, качество яровой пшеницы можно за счет оптимизации азотного питания. И это не только уточнение доз, форм, сроков и способов их применения, но и изучение эффективности микробной азотфиксации. Повысить стрессоустойчивость культуры, эффективность использования минеральных удобрений, а также снизить экономические и энергетические затраты на ее производство, позволяет комплексное применение средств химизации, включающее дробное применение жидких азотных удобрений с микроудобрениями и регуляторами роста. Эффективность данных смесей различна и требует дополнительного изучения. Мало разработанным является вопрос сортовой отзывчивости растений на взаимодействие макро-, микроудобрений, регуляторов роста, поэтому необходимо разработать сортовую агротехнику для конкретных почвенно-климатических условий. Вышеизложенное обусловило актуальность и новизну проводимых исследований.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами, темами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы по дополнительному соглашению № 4 от 25.03.2010 г. к договору № 6 от 27.06.2006 г. в соответствии с Приказом Председателя Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 19.03.2010 г. № 97 по заданию 03.01: «Разработать экономически обоснованную многокомпонентную систему применения удобрений для севооборотов, обеспечивающую воспроизводство запасов элементов питания в дерново-подзолистых легкосу-

глинистых и супесчаных почвах и качество продукции на уровне государственных стандартов» (№ ГР 20066384).

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель исследования* – разработать рациональную, ресурсосберегающую систему удобрения яровой пшеницы на основе оптимизации питания растений с использованием простых удобрений для допосевного внесения, бактериального препарата для обработки семян, некорневых подкормок баковыми смесями КАС с микроудобрениями, комплексными жидкими удобрениями и регуляторами роста.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

1. Изучить влияние макро- и микроудобрений, комплексных жидких удобрений, регуляторов роста и биопрепарата на динамику накопления биомассы, фотосинтетическую деятельность посевов, потребление элементов питания, структуру урожайности и урожайность зерна яровой пшеницы.

2. Установить влияние макро- и микроудобрений, комплексных жидких удобрений, регуляторов роста и биопрепарата на качество зерна яровой пшеницы (содержание сырого белка, клейковины, микроэлементов, натуру и стекловидность).

3. Дать агрономическую, экономическую и энергетическую оценку различным системам удобрения яровой пшеницы.

4. Предложить для производства рациональную систему применения удобрений для яровой пшеницы.

Объекты исследования – среднеспелые сорта мягкой яровой пшеницы Сабина и Тома, макро- и микроудобрения, комплексные жидкие удобрения, комплексные препараты, регуляторы роста и биопрепарат.

Предмет исследования – динамика ассимиляционных процессов, накопление сухого вещества, химический состав растений, формирование продуктивного стеблестоя и биометрия колоса, урожайность и технологические свойства зерна, вынос основных макроэлементов с урожаем и коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, агрономическая, энергетическая и экономическая эффективность.

Научная новизна. Впервые на дерново-подзолистой среднеокультуренной легкосуглинистой почве Беларуси установлена высокая эффективность подкормки яровой пшеницы баковыми смесями КАС с микроудобрениями, регуляторами роста и комплексными удобрениями. Изучено влияние ее на продукционные процессы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Изучены особенности формирования ассимиляционной поверхности листьев, динамики накопления сухой надземной биомассы и основных макроэлементов, рассчитан вынос основных элементов питания яровой пшеницей в зависимости от применения удобрений, бактериального препарата и ре-

гуляторов роста на дерново-подзолистой среднеоккультуренной легкосуглинистой почве.

Изучены возможности ассоциативной азотфиксации в повышении урожайности зерна яровой пшеницы при различной обеспеченности растений минеральным азотом.

Разработана эффективная, ресурсосберегающая система применения удобрений, обеспечивающая получение высоких урожайности и качества зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой среднеоккультуренной легкосуглинистой почве.

Положения, выносимые на защиту.

1. Урожайность зерна увеличивается пропорционально индексу листовой поверхности (ИЛП) и фотосинтетическому потенциалу (ФП) преимущественно при повышении доз азотных удобрений. Между приростом сухой биомассы в межфазный период «выход в трубку – колошение» и урожайностью зерна яровой пшеницы установлена тесная прямая корреляционная зависимость ($R = 0,79 \pm 0,17$ по сорту Сабина, $R = 0,77 \pm 0,18$ по сорту Тома). Наибольшие показатели выноса элементов питания и коэффициенты их использования из удобрений были при совместном применении КАС с регулятором роста Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$.

2. Наибольшая урожайность зерна – 54,0 и 49,0 ц/га, окупаемость 1 кг NPK – 10,2 и 9,0 кг зерна и выход сырого белка с 1 га – 6,5 и 6,4 ц/га получены при применении регулятора роста Фитовитал совместно с КАС на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ соответственно по сортам Сабина и Тома. При изучении эффективности микроудобрений наибольшая прибавка урожайности получена при применении препарата ЭлеГум Медь – 2,9 и 3,6 ц/га, 1 кг NPK окупался 8,9 и 8,1 кг зерна, выход сырого белка с 1 га составил 6,0 и 5,6 ц/га соответственно по сортам Сабина и Тома. Инокуляция семян бактериальным препаратом Ризобактерин была эффективна на фоне минеральных удобрений $N_{16}P_{60}K_{90}$, прибавка урожайности к фону составила 3,2 и 3,8 ц/га соответственно по сортам Сабина и Тома, окупаемость удобрений зерном повышалась на 2,2 кг.

3. При применении регулятора роста Фитовитал совместно с КАС на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ содержание сырого белка повышалось до 14,07 и 15,10 %, сырой клейковины – до 29,1 и 30,1 %, общая стекловидность составила 51 и 77 %, натура зерна – 728 и 720 г/л (зерно III товарного класса) соответственно по сортам Сабина и Тома. Повышение содержания меди в зерне до минимальных физиологических норм отмечено в варианте с применением микроудобрения ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$.

4. Высокие показатели экономической и энергетической эффективности (чистый доход – 106,37 и 133,89 долл. США/га, рентабельность – 45,0 и 54,5 %

и коэффициент энергоотдачи – 2,03 и 2,17 ед.) получены при применении микроудобрения ЭлеГум Медь совместно с КАС на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ соответственно по сортам Тома и Сабина. Инокуляция семян бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ была энергоэффективной, но обеспечила получение прибыли только на сорте Тома. Наибольшая экономическая и энергетическая эффективность получена в варианте с применением баковой смеси КАС с регулятором роста Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, в котором чистый доход составил 131,20 и 171,29 долл. США/га, рентабельность – 52,4 и 64,9 %, коэффициент энергоотдачи – 2,17 и 2,35 ед. соответственно по сортам Тома и Сабина.

Личный вклад соискателя ученой степени. Соискатель ученой степени лично проводила полевые исследования, включающие закладку опыта, приготовление баковых смесей, внесение удобрений, отбор почвенных и растительных образцов, биометрические измерения растений, анализ структуры урожайности, подготовку образцов к анализу, определение стекловидности, натуры зерна, содержания и качества клейковины, расчеты выноса питательных веществ, агрономической, экономической и энергетической эффективности, статистическую обработку полученных данных. Автор самостоятельно обобщила и проанализировала полученные данные, написала диссертационную работу и автореферат. При написании статей в соавторстве соискателем получены и систематизированы экспериментальные данные [1; 2; 3; 5; 6; 8]. Соискателем самостоятельно были написаны и опубликованы статьи в научных журналах и материалах конференций [4; 7; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17]. Результаты исследований вошли в рекомендации для специалистов хозяйств и агрохимической службы АПК [18].

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук, профессору Вильдфлушу Игорю Робертовичу за всестороннюю помощь и внимание к работе.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты исследований были представлены: на Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур» (Горки, 2011); Международной научно-практической конференции «Плодородие почв и эффективное применение удобрений», посвященной 80-летию основания Института почвоведения и агрохимии (Минск, 2011); XV Международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства» (Гродно, 2012); на XXIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии» (Минск, 2020); Международной научно-

практической конференции «Достижения науки – производству», посвященной 15-летию НППЦ НАН Беларуси по земледелию (Жодино, 2021).

Результаты исследований были внедрены в учебный процесс (регистр. № 632 от 22.09.2020 г.) и апробированы на производстве (акты от 4 декабря 2012 г., РУП «Учхоз БГСХА», от 25 сентября 2020 г., ОАО «Горецкая РАПТ»).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертационной работы опубликовано 18 печатных работ, в том числе: в научных изданиях, входящих в перечень ВАК, – 10, материалах научных конференций – 7, рекомендации производству – 1. Общий объем опубликованного материала – 7,56 авторского листа, лично автору принадлежит 5,12 авторского листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, основной части из пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации составляет 263 страницы (текст на 122 страницах), содержит 23 таблицы (19 страниц), 9 рисунков (7 страниц), 34 приложения (63 страницы). Список использованных источников включает 418 наименований, в том числе 92 (22 %) на иностранных языках, и 18 собственных публикаций соискателя.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

В главе проведен анализ литературы отечественных и зарубежных авторов о значении микроэлементов, фиторегуляторов, ассоциативной азотфиксации и опыте их применения при возделывании зерновых культур. Обоснована актуальность данного направления исследований на яровой пшенице.

ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА», Могилевская область, Горецкий район.

Объектами исследований выступали яровая пшеница двух сортов белорусской селекции – Сабина и Тома (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»), макро- и микроудобрения, комплексные жидкие удобрения и препараты, регуляторы роста и бактериальный препарат.

В опытах применяли карбамид стандартный и медленнодействующий, с гуматными добавками (46,0 % N), хлористый калий (60 % K₂O), аммонизированный суперфосфат (8 % N, 30 % P₂O₅) Применялись некорневые подкормки в фазе начала выхода в трубку (ДК 31–32) жидким азотным удобрением КАС (карбамид-аммиачная смесь 30 % N) в разбавлении 1:4. Вторую азотную подкормку проводили в фазе флага листа (ДК 39) 5%-ным раствором карбамида. Совместно с КАС применяли *сернокислую медь* (25 % меди – 200 г/га); микроудобрение *ЭлеГум Медь, Ж* – 1 л/га (50 г/л меди и 10 г/л гуминовые кислоты); жидкие комплексные удобрения *Басфолиар 36 Экстра, Ж.* – 5 л/га (N – 36,2 %, MgO – 4,3 %, B – 0,027 %, Cu – 0,27 %, Fe – 0,03 %, Mn – 1,34 %, Mo – 0,01 %, Zn – 0,013 %) и *Эколист Зерновые, Ж.* – 3 л/га (N – 10,5 %, K₂O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,19 %); комплексные препараты: *МикроСил Бор, Медь, ВРК* – 1 л/га (N – 130 г/л, B – 40 г/л, Cu – 40 г/л, регулятор роста экомил – 30 мл/л) и *Витамар* – 2 л/га (MgSO₄ · 7H₂O – 310 г, H₃BO₃ – 60 г, ZnSO₄ · 7H₂O – 140 г, MnSO₄ · 4H₂O – 80 г, CuSO₄ · 5H₂O – 130 г, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O – 2 г, FeSO₄ · 7H₂O – 180 г, соль Мора (NH₄)₂SO₄FeSO₄ · 6H₂O – 10 г и гуматы); регуляторы роста *Фитовитал, ВРК* – 0,6 л/га (янтарная кислота (5 г/л) и сбалансированный комплекс минеральных элементов Mg, B, Cu, Mn, Zn, Fe, Mo, Co и др., некоторые – в хелатной форме) и *Эпин, Р* – 80 мл/га (24–эпибрассинолид, 0,25 г/л). Проводили инокуляцию семян биопрепаратом *Ризобактерин, Ж*, на основе ассоциативного diaзотрофа *Klebsiella planticola* (1,1 л/т).

Агротехника опыта соответствовала отраслевому регламенту. Предшественник – яровой рапс. Общая площадь делянки 30 м², учетная – 21,8 м², повторность – четырехкратная. Посев осуществлялся комбинированной сеялкой RAU-3. Норма высева – 5,5 млн. всхожих семян/га. Уборка урожая производилась сплошным поделяночным способом «Сампо-500». Данные урожайности пересчитывали на 14 %-ную влажность и 100-% чистоту.

Отбор и агрохимический анализ почвенных и растительных образцов проводился в соответствии с принятыми ГОСТами и методическими указаниями. Закладка полевых опытов, учеты и наблюдения, математическая обработка полученных результатов проводились согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985).

В опытах проводили фенологические наблюдения, отбирали образцы растений по фазам развития (кущение, выход в трубку, колошение, молочная спелость) для морфологического и химического анализа. Морфологический анализ растений состоял в определении сухой биомассы, площади листовой поверхности, структурных элементов (количества растений, продуктивных колосьев, длины колоса, количества колосков и зернен в колосе, массы 1000

зерен). Агрохимический анализ зерна и соломы включал определение следующих показателей: содержание общего азота, фосфора, калия. В зерне определялись следующие показатели качества: содержание сырого белка, клейковины, меди и цинка, стекловидность, натуру, индекс деформации клейковины (ИДК).

Расчет агрономической, энергетической и экономической эффективности проведен по методикам, разработанным в РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». Расчет экономической эффективности проводился по ценам на 2020 г.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1,8 м моренным суглинком. Реакция почвенной среды по годам исследований была слабокислая и близкая к нейтральной (pH_{KCl} 5,9–6,2), содержание гумуса – низкое и среднее (1,41–1,58 %). Отмечены (по Кирсанову) повышенное содержание подвижного фосфора (172–242 мг/кг), средняя и повышенная обеспеченность подвижным калием (176–212 мг/кг), а также низкое содержание подвижных соединений меди (1,30–1,34 мг/кг) и низкое и среднее содержание цинка (2,92–3,26 мг/кг). По основным агрохимическим показателям почва опытных участков по годам исследований относилась к среднеокультуренной, индекс агрохимической окультуренности ($I_{ок}$) составил 0,68–0,73 ед.

Метеорологические условия различались по годам исследований: 2009 г. - избыточно влажный (ГТК = 2,2); 2010 г. – слабо засушливый (ГТК = 1,2); 2011 г. – нормальный (ГТК = 1,6).

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Увеличение индекса листовой поверхности (ИЛП) и фотосинтетического потенциала (ФП) повышало урожайность зерна яровой пшеницы преимущественно при увеличении доз азотных удобрений с 16 до 65 кг д. в/га на фоне $P_{60}K_{90}$. Подкормка баковыми смесями КАС с микроудобрениями, регуляторами роста, комплексными жидкими удобрениями, а также инокуляция семян не повышали данные показатели относительно фоновых вариантов либо снижали их.

Тесная корреляционно-регрессионная связь между урожайностью зерна и приростом сухого вещества наблюдалась у двух сортов в межфазный период «выход в трубку – колошение» при повышении доз азотных удобрений на фоне $P_{60}K_{90}$ ($R = 0,77–0,79$). Прирост сухого вещества растений при применении баковых смесей КАС с микроудобрениями сульфат меди и ЭлеГум Медь, комплексным удобрением Эколист Зерновые и регуляторами роста Эпин и

Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ в период «выход в трубку – колошение» был на уровне фонового варианта: 333,5–386,1 и 266,5–272,9 г/м² соответственно по сортам Сабина и Тома (рисунки 1, 2).

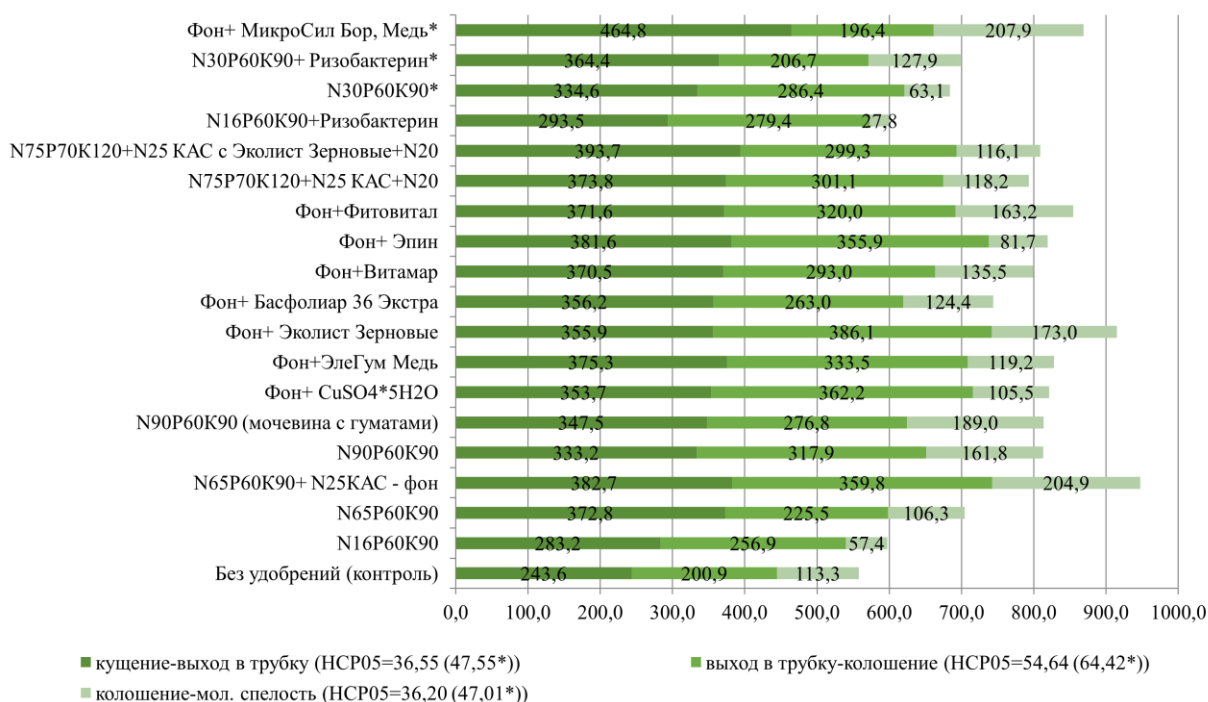


Рисунок 1 – Интенсивность прироста сухого вещества, сорт Сабина, среднее за 2009–2011 гг. (* среднее за 2010 – 2011 гг.)

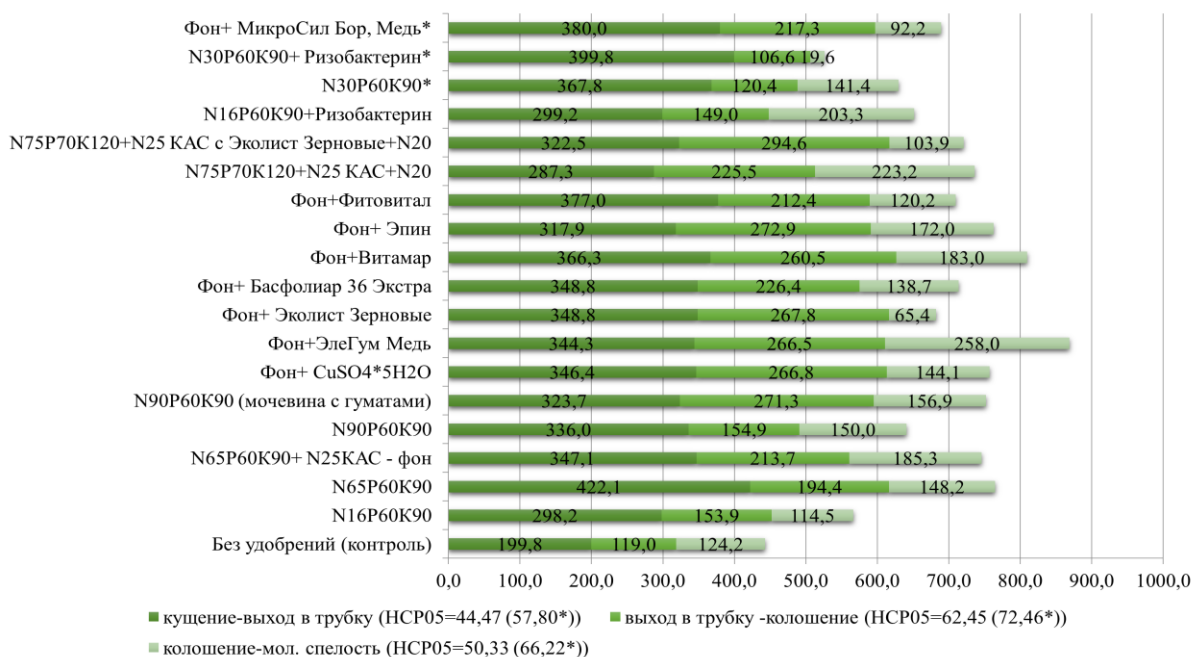


Рисунок 2 – Интенсивность прироста сухого вещества, сорт Тома, среднее за 2009–2011 гг. (* среднее за 2010 – 2011 гг.)

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Применение минеральных удобрений, некорневых подкормок микроудобрениями, комплексными жидкими удобрениями, регуляторами роста и инокуляция семян биопрепаратом способствовали повышению урожайности зерна яровой пшеницы сорта Сабина (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регуляторов роста на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Сабина

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Средняя	к контролю	к фону	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Без удобрений (контроль)	31,4	24,3	32,4	29,4 (28,3*)	–	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	34,1	26,2	38,2	32,9	3,5 (3,9*)	–	2,3 (2,3*)
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	–	34,2	41,9	38,0*	9,7*	–	5,4*
4. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀	53,3	34,2	46,7	44,7	15,3	–	7,1
5. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀ + N ₂₅ KAC – фон	56,9	36,1	50,9	48,0 (43,5*)	18,6 (15,2*)	–	7,7 (6,3*)
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	53,8	34,4	51,0	46,4	17,0	–	7,1
7. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ (карбамид с гуматами)	53,9	34,8	53,0	47,2	17,8	–	7,4
8. Фон + CuSO ₄ · 5H ₂ O	59,5	34,5	51,2	48,4	19,0	–	7,9
9. Фон + ЭлеГум Медь	64,4	35,1	53,3	50,9	21,5	2,9	8,9
10. Фон + Эколист Зерновые	59,9	37,2	54,4	50,5	21,1	2,5	8,8
11. Фон + Басфолиар 36 Экстра	60,9	37,6	49,9	49,5	20,1	1,5	8,4
12. Фон + Витамар	59,1	36,9	51,4	49,1	19,7	–	8,2
13. Фон + Эпин	61,1	35,2	52,0	49,4	20,1	1,4	8,4
14. Фон + Фитовитал	64,3	40,2	57,5	54,0	24,6	6,0	10,2
15. Фон + МикроСил Бор, Медь	–	35,0	51,3	43,1*	14,8*	–	6,2*
16. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ KAC + N ₂₀	52,8	39,4	52,5	48,2	18,8	–	6,1
17. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ KAC + Эколист Зерновые + N ₂₀	59,9	36,4	51,2	49,2	19,8	–	6,4
18. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	34,1	31,9	42,3	36,1	6,7	–	4,5

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
19. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	—	34,2	41,4	37,8*	9,5*	—	5,2*
НСР ₀₅	3,4	1,7	1,5	1,3 (1,1*)			

* Среднее за 2010–2011 гг.

Дробное внесение азота на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС было эффективнее однократного в варианте N₉₀P₆₀K₉₀.

Внесение в подкормку микроудобрения ЭлеГум Медь совместно с КАС на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС повышало урожайность зерна по отношению к фону на 2,9 ц/га, окупаемость удобрений – на 1,2 кг.

Наибольшие показатели хозяйственной и агрономической эффективности получены при применении регулятора роста Фитовитал совместно с КАС на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС. По отношению к фоновому варианту прибавка урожайности зерна составила 6,0 ц/га, окупаемость удобрений зерном повысилась на 2,5 кг.

Инокуляция семян бактериальным препаратом Ризобактерин была эффективна только на фоне минеральных удобрений N₁₆P₆₀K₉₀, в котором прибавка урожайности к фону составила 3,2 ц/га и почти в 2 раза повышалась окупаемость удобрений зерном.

У сорта Тома эффективность азотной подкормки в варианте N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС была ниже, чем в варианте с однократным внесением под предпосевную культивацию 90 кг д. в/га азота на фоне P₆₀K₉₀ (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регуляторов роста на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Тома

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Средняя	к контролю	к фону	
1. Без удобрений (контроль)	26,1	24,5	31,7	27,4 (28,1*)	—	—	—
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	29,1	28,1	37,8	31,7	4,3 (4,9*)	—	2,6 (2,9*)
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	—	28,7	45,0	36,8*	8,7*	—	4,8*
4. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀	46,1	30,1	50,4	42,2	14,8	—	6,9
5. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀ + N ₂₅ КАС – фон	48,3	28,3	53,1	43,2 (40,7*)	15,8 (12,6*)	—	6,6 (5,3*)
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	50,6	29,6	55,0	45,1	17,7	—	7,3
7. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ (карбамид с гуматами)	53,7	29,4	53,5	45,5	18,1	—	7,4
8. Фон + CuSO ₄ · 5H ₂ O	54,5	30,0	52,7	45,7	18,3	2,5	7,6

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
9. Фон + ЭлеГум Медь	57,4	28,6	54,5	46,8	19,4	3,6	8,1
10. Фон + Эколист Зерновые	53,4	29,4	55,6	46,1	18,7	2,9	7,8
11. Фон + Басфо-лиар 36 Экстра	55,2	31,1	53,5	46,6	19,2	3,4	8,0
12. Фон + Витамар	49,5	28,0	51,8	43,1	15,7	—	6,5
13. Фон + Эпин	55,2	29,5	54,2	46,3	18,9	3,1	7,9
14. Фон + Фитови-тал	53,1	31,5	62,5	49,0	21,6	5,8	9,0
15. Фон + Микро-Сил Бор, Медь	—	28,7	51,9	40,3*	12,2*	—	5,1*
16. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + N ₂₀	56,1	30,1	59,7	48,6	21,2	—	6,8
17. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + Эколист Зерновые + N ₂₀	59,2	31,6	56,2	49,0	21,6	—	7,0
18. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	34,7	30,7	40,9	35,4	8,0	—	4,8
19. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	—	31,0	40,4	35,7*	7,6*	—	4,2*
НСР ₀₅	3,1	2,3	1,4	1,3 (1,3*)			

* Среднее за 2010–2011 гг.

Повысить эффективность азотной подкормки позволило применение баковых смесей КАС с микроудобрениями (сульфат меди, ЭлеГум Медь), комплексными жидкими удобрениями (Эколист Зерновые, Басфолиар 36 Экстра) и регуляторами роста (Эпин и Фитовитал). Так, по отношению к фону N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС в данных вариантах урожайность зерна повышалась на 2,5–5,8 ц/га, окупаемость удобрений зерном возрастала на 1,0–2,4 кг.

Инокуляция семян Ризобактерином на фоне N₁₆P₆₀K₉₀ повышала урожайность зерна на 3,8 ц/га, окупаемость 1 кг НРК удобрений составила 4,8 кг.

Расчет удельного выноса основных элементов питания с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы показал, что у сорта Сабина вынос основных элементов питания увеличивался с повышением доз азотных удобрений на фоне P₆₀K₉₀. Баковая смесь КАС с микроудобрением ЭлеГум Медь относительно фона N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС повышала удельный вынос азота и фосфора, а также коэффициенты их использования из удобрений (КИУ).

Наибольший удельный вынос азота и калия (25,8 и 29,8 кг/т соответственно), а также КИУ макроэлементов (87,8; 42,3 и 102,2 % соответственно по N, P₂O₅ и K₂O) были в варианте с применением регулятора роста Фитовитал совместно с КАС на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние удобрений, бактериального препарата и регуляторов роста на вынос и КИУ основных элементов питания яровой пшеницей сорта Сабина (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант опыта	Удельный вынос, кг/т			КИУ, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений (контроль)	20,0 (20,8*)	8,8 (8,7*)	20,6 (26,0*)	–	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	20,2	9,0	20,6	48,4	5,9	9,0
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	21,3*	9,7*	30,2*	73,5*	14,0*	29,2*
4. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀	22,8	9,3	25,9	66,0	26,0	55,9
5. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀ + N ₂₅ КАС – фон	25,2 (26,1*)	9,0 (8,1*)	25,2 (31,3*)	69,0 (61,4*)	29,6 (16,9*)	64,2 (71,6*)
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	23,7	9,2	25,7	56,3	27,9	59,1
7. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ (карбамид с гуматами)	23,7	9,3	27,4	58,2	29,7	74,2
8. Фон + CuSO ₄ · 5H ₂ O	25,6	9,5	26,8	69,9	33,8	69,7
9. Фон + ЭлеГум Медь	25,4	9,4	24,0	75,7	36,7	60,8
10. Фон + Эколист Зерновые	25,1	8,9	25,9	75,8	31,2	70,6
11. Фон + Басфолиар 36 Экстра	23,8	9,2	25,5	65,8	32,8	64,6
12. Фон + Витамар	24,7	9,2	24,6	69,7	33,1	59,6
13. Фон + Эпин	24,7	9,7	25,0	67,9	35,9	62,7
14. Фон + Фитовитал	25,8	9,6	29,8	87,8	42,3	102,2
15. Фон + МикроСил Бор, Медь	25,7*	9,7*	33,4*	57,6*	17,8*	51,8*
16. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + N ₂₀	26,2	9,3	27,0	55,3	26,9	54,8
17. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + Эколист Зерновые + N ₂₀	25,7	9,8	27,3	55,3	31,4	55,1
18. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	19,4	9,8	19,3	–	16,1	11,3
19. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобактерин	21,8*	8,4*	31,8*	–	8,2*	33,3*

* Среднее за 2010–2011 гг.

Инокуляция семян Ризобактерином на фоне N₁₆P₆₀K₉₀ повышала удельный вынос фосфора и КИУ фосфора и калия.

У сорта Тома азотная подкормка КАС с сульфатом меди, Басфолиар 36 Экстра на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС повышала удельный вынос и КИУ азота и калия по отношению к фону.

Применение микроудобрения ЭлеГум Медь в смеси с КАС на фоне N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС повышало КИУ N, P₂O₅ и K₂O до 77,6; 32,5 и 72,5 % соответственно.

Как и у сорта Сабина, наибольшие показатели удельного выноса элементов питания (28,0; 10,1 и 29,4 кг/т соответственно по N, P₂O₅ и K₂O) и КИУ (87,8; 42,3 и 102,2 % соответственно по N, P₂O₅ и K₂O) были в варианте N₆₅P₆₀K₉₀ + N₂₅КАС + Фитовитал (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние удобрений, бактериального препарата и регуляторов роста на вынос и КИУ основных элементов питания яровой пшеницей сорта Тома (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант опыта	Удельный вынос, кг/т			КИУ, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений (контроль)	16,0 (17,6*)	9,6 (9,7*)	17,6 (22,6*)	–	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	18,2	9,6	24,3	86,3	6,5	33,3
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	23,2*	10,1*	36,3*	119,4*	16,0*	79,9*
4. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀	22,8	9,5	27,1	78,8	23,2	69,4
5. N ₆₅ P ₆₀ K ₉₀ + N ₂₅ КАС - фон	24,9 (26,5*)	10,4 (10,3*)	26,2 (33,8*)	65,6 (58,6*)	29,6 (22,1*)	63,9 (76,8*)
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	23,8	9,2	25,6	68,0	23,5	70,0
7. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ (карбамид с гу-матами)	23,4	9,1	25,2	66,2	25,1	66,9
8. Фон + CuSO ₄ · 5H ₂ O	26,5	9,7	29,5	80,9	29,1	88,7
9. Фон + ЭлеГум Медь	25,2	10,1	26,0	77,6	32,5	72,5
10. Фон + Эколист Зерно-вые	24,8	9,3	26,3	74,0	25,9	72,6
11. Фон + Басфолиар 36 Экстра	25,6	9,9	27,2	79,5	30,2	82,0
12. Фон + Витамар	25,7	9,9	27,0	68,0	26,5	66,7
13. Фон + Эпин	25,3	10,0	25,8	77,0	32,8	72,8
14. Фон + Фитовитал	28,0	10,1	29,4	99,4	35,0	102,4
15. Фон + МикроСил Бор, Медь	26,3*	10,6*	35,2*	58,6*	23,9*	85,1*
16. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + N ₂₀	28,1	10,1	28,1	73,5	31,4	73,3
17. N ₇₅ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₂₅ КАС + Эколист Зерновые + N ₂₀	28,2	10,0	28,7	75,8	31,0	76,9
18. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобакте-рин	18,6	10,1	22,6	–	13,2	34,6
19. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Ризобакте-рин	21,4*	9,3*	28,3*	–	7,3*	39,2*

* Среднее за 2010–2011 гг.

Инокуляция семян Ризобактерином на фоне N₁₆P₆₀K₉₀ повышала удельный вынос азота и фосфора, а также КИУ фосфора и калия.

Помимо макроэлементов, в зерне пшеницы определяли содержание меди и цинка. Обеспеченность и сбалансированность кормов и продуктов питания микроэлементами является важным показателем качества производимой продукции.

В среднем за 3 года исследований содержание меди в зерне пшеницы колебалось от 2,67 до 3,54 и от 2,43 до 3,40 мг/кг, цинка – от 20,29 до 23,85 и от 18,21 до 24,21 мг/кг соответственно по сортам Сабина и Тома.

Максимальное содержание меди в зерне яровой пшеницы в среднем за 3 года исследований (3,54 и 3,08 мг/кг соответственно по сортам Сабина и

Тома) отмечено в варианте с применением ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}KAC$.

Содержание микроэлементов в зерне было в пределах физиологических норм (суточная потребность в цинке – 12–20 мг, в меди – 1,5–2 мг).

У сорта Сабина применение азотной подкормки баковыми смесями КАС с микроудобрениями сульфат меди и ЭлеГум Медь, жидкими комплексными удобрениями Эколист Зерновые, Басфолиар 36 Экстра и регулятором роста Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}KAC$ повышало содержание сырого белка в зерне на 0,26–0,64 % по отношению к фону (таблица 5).

Таблица 5 – Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от удобрений, бактериального препарата и регуляторов роста (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант ¹	Сырой белок, %		Сырая клейковина, %		Общая стекловидность, %		Натура, г/л	
	С ²	Т ²	С	Т	С	Т	С	Т
1	10,88 (11,20*)	8,68 (9,58*)	19,0 (18,9*)	18,3 (20,0*)	30 (36*)	55 (58*)	734 (728*)	733 (718*)
2	11,20	9,88	20,5	20,7	35	60	741	738
3	11,69*	12,75*	21,5*	27,4*	43*	81*	732*	719*
4	12,58	12,62	25,5	25,1	48	72	743	728
5	13,46 (13,90*)	13,22 (13,49*)	27,4 (28,6*)	25,9 (29,6*)	50 (62*)	75 (85*)	732 (706*)	725 (693*)
6	12,85	13,40	27,1	25,6	50	75	741	729
7	12,76	13,12	26,4	24,8	47	74	745	736
8	14,10	14,37	28,9	28,0	52	78	733	726
9	13,84	13,82	28,8	27,0	53	73	733	727
10	13,82	13,78	28,2	26,6	52	74	728	716
11	13,72	13,89	27,7	27,1	42	70	734	721
12	13,50	14,16	27,7	28,2	47	65	731	714
13	13,38	13,81	28,4	26,8	51	71	728	722
14	14,07	15,10	29,1	30,1	51	77	728	720
15	13,87*	13,90*	28,5*	28,6	62*	83*	704*	692
16	13,89	15,45	28,5	30,3	53	76	731	718
17	13,99	15,26	28,5	29,8	53	76	733	723
18	10,83	10,28	20,3	20,7	32	62	739	739
19	11,91*	11,76*	21,5*	24,4*	48*	63*	721*	717*
НСР ₀₅	0,18 (0,21*)	0,20 (0,23*)	0,78 (0,89*)	0,67 (0,78*)	2,2 (3,0*)	2,2 (2,7*)	5,4 (6,3*)	5,7 (6,7*)

* Среднее за 2010–2011 гг.; вариант¹: 1. Без удобрений (контроль). 2. $N_{16}P_{60}K_{90}$. 3. $N_{30}P_{60}K_{90}$. 4. $N_{65}P_{60}K_{90}$. 5. $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}KAC$ –фон. 6. $N_{90}P_{60}K_{90}$. 7. $N_{90}P_{60}K_{90}$ (карбамид с гуматами). 8. Фон + $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. 9. Фон + ЭлеГум Медь. 10. Фон + Эколист Зерновые. 11. Фон + Басфолиар 36 Экстра. 12. Фон + Витамар. 13. Фон + Эпин. 14. Фон + Фитовитал. 15. Фон + МикроСил Бор, Медь. 16. $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}KAC + N_{20}$. 17. $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}KAC + Эколист Зерновые + N_{20}$. 18. $N_{16}P_{60}K_{90} + Ризобактерин$. 19. $N_{30}P_{60}K_{90} + Ризобактерин$. Сор-та²: С – сорт Сабина, Т – сорт Тома.

Значительное увеличение сырой клейковины в зерне (на 0,8–1,7 %) отмечено в вариантах с применением совместно с КАС сульфата меди, ЭлеГума Медь, Эколиста Зерновые, Эпина и Фитовитала. Общая стекловидность и натура зерна в вариантах с подкормками были на уровне фонового варианта.

У сорта Тома внесение баковых смесей КАС с микроудобрениями сульфат меди, ЭлеГум Медь, комплексным удобрением Басфолиар 36 Экстра и регуляторами роста Эпин и Фитовитал увеличивало содержание сырых белка (на 0,59–1,88 %) и клейковины (на 0,3–1,7 %) по отношению к фону $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$.

Высокое содержание сырого белка (15,45 %) и сырой клейковины (30,3 %) отмечено в варианте с двукратной подкормкой азотом ($N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$).

У двух сортов яровой пшеницы наблюдалась тесная, прямая, положительная корреляционно-регрессионная связь между возрастающими дозами азота (с 16 до 90 кг. д. в/га) на фоне $P_{60}K_{90}$ и такими показателями качества, как сырые белок, клейковина и общая стекловидность зерна ($R = 0,97–0,99$).

Наибольший выход сырого белка у двух сортов (6,5 ц/га) был в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС + \text{Фитовитал}$.

В среднем за 3 года исследований зерно яровой пшеницы по товарной классификации относилось к III и IV классам вследствие удовлетворительно слабого качества клейковины (ИДК 87–98 – II группа по вариантам и сортам), на которую большее влияние оказывают особенности сортов и плодородие почвы. Зерно IV товарного класса у двух сортов было получено в вариантах без применения минеральных удобрений (контроль), $N_{16}P_{60}K_{90}$ и $N_{16}P_{60}K_{90} + \text{Ризобактерин}$, а у сорта Сабина еще и в вариантах $N_{30}P_{60}K_{90}$ и $N_{30}P_{60}K_{90} + \text{Ризобактерин}$ (в среднем за 2 года исследований).

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Применение на яровой пшенице возрастающих доз азота с 16 до 90 кг д. в/га на фоне $P_{60}K_{90}$ было рентабельным, обеспечило получение чистого дохода, и было энергетически эффективно. Высокие показатели экономической и энергетической эффективности у сорта Сабина были получены при применении в фазе начала выхода в трубку подкормки КАС в дозе 25 кг д. в/га на фоне основного внесения $N_{65}P_{60}K_{90}$, у сорта Тома – в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$, где чистый доход составил 98,68 и 92,50 долл. США/га, рентабель-

ность – 42,9 и 42,0 %, биоэнергетический коэффициент составил 1,98 и 1,90 ед. соответственно по сортам.

Микроудобрения и комплексные удобрения значительно повышали эффективность азотной подкормки с использованием КАС. Высокая экономическая и энергетическая эффективность у двух сортов получена при применении микроудобрения ЭлеГум Медь. Так, чистый доход составил 133,89 и 106,37 долл. США/га, рентабельность – 54,5 и 45,0 %, удельные энергозатраты составили 767 и 818 МДж/ц, биоэнергетические коэффициенты – 2,17 и 2,02 ед. соответственно по сортам Сабина и Тома.

Наибольшие показатели экономической и энергетической эффективности по опыту на двух сортах были в варианте с применением совместно с КАС на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ КАС регулятора роста Фитовитал, в котором чистый доход и рентабельность составили 171,29 и 131,20 долл. США/га и 64,9 и 52,4 %, удельные энергозатраты – 706 и 764 МДж/ц и коэффициенты энергоотдачи – 2,35 и 2,17 ед. соответственно по сортам Сабина и Тома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. На дерново-подзолистой среднеоккультуренной легкосуглинистой почве применение макро-, микроудобрений, регуляторов роста и бактериального препарата активизировало продукционные процессы яровой пшеницы сортов Сабина и Тома. Высокая масса сухого вещества к фазе молочной спелости у сорта Сабина была в вариантах с применением подкормки КАС в чистом виде ($1101,2 \text{ г/м}^2$), а также в смеси с регулятором роста Фитовитал ($1011,5 \text{ г/м}^2$) и комплексным жидким удобрением Эколист Зерновые ($1068,4 \text{ г/м}^2$). У сорта Тома наибольшая сухая биомасса в данный период была в варианте с применением баковой смеси КАС с микроудобрением ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ КАС ($1008,0 \text{ г/м}^2$). Оптимальная ассимиляционная поверхность листьев в фазе выхода в трубку ($4,36\text{--}4,96 \text{ м}^2/\text{м}^2$ у сорта Сабина и $3,91 \text{ м}^2/\text{м}^2$ у сорта Тома) отмечена в вариантах с применением баковых смесей КАС с регулятором роста Фитовитал и микроудобрением ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ КАС, что и обеспечило получение высокой урожайности зерна [10].

2. Для сортов яровой пшеницы определены оптимальные дозы азотных удобрений на фоне основного внесения $N_{16}P_{60}K_{90}$. При дробном внесении азотных удобрений в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ КАС урожайность зерна яровой пшеницы сорта Сабина составила 48,0 ц/га. Получена высокая агрономическая, экономическая и энергетическая эффективность: окупаемость 1 кг НРК – 7,7 кг зерна, выход сырого белка – 5,6 ц/га, содержание сырого белка в

зерне – 13,46 %, сырой клейковины – 27,4 %. Чистый доход составил 98,68 долл. США/га, рентабельность – 42,9 %, биоэнергетический коэффициент – 1,98 ед. [2; 3; 4; 6; 8; 9; 14; 16; 17].

У сорта Тома при внесении под предпосевную культивацию 90 кг д. в/га азота в виде стандартного и с гуматным покрытием карбамида на фоне основного внесения $N_{16}P_{60}K_{90}$ получена урожайность 45,1 и 45,5 ц/га соответственно. Окупаемость 1 кг NPK составила 7,4 и 7,5 кг зерна, выход сырого белка – 5,2 и 5,1 ц/га, содержание сырого белка в зерне – 13,40 и 13,12 %, сырой клейковины – 25,6 и 24,8 %, общая стекловидность – 75 и 74 %. Чистый доход составил 92,50 и 94,84 долл. США/га, рентабельность – 42,0 и 42,2 %, биоэнергетический коэффициент был на уровне 1,91 и 1,90 ед. [3; 6; 8; 9; 13; 17].

3. Сорт Тома положительно реагировал на внесение повышенных доз минеральных удобрений. В варианте $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$ по сравнению с вариантом удобрения $N_{90}P_{60}K_{90}$ урожайность зерна повышалась на 3,5 ц/га (48,6 ц/га), выход сырого белка – на 1,3 ц/га, (6,5 ц/га). Содержание в зерне сырых белка и клейковины повысилось на 2,05 % (15,45 %) и 4,7 % (30,3 %) соответственно [3; 5; 6; 13].

4. Ризобактерин на фоне минеральных удобрений $N_{16}P_{60}K_{90}$ повышал урожайность зерна сорта Тома на 3,8 ц/га и содержание сырого белка на 0,4 % [6; 8].

5. Подкормка баковой смесью КАС с сульфатом меди на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ повышала качество зерна двух сортов (белок, клейковина, содержание меди), но значительное повышение хозяйственной, экономической и энергетической эффективности отмечено только у сорта Тома [1; 2; 6; 9; 13; 16; 17].

Наиболее высокие показатели хозяйственной, агрономической, экономической и энергетической эффективности при применении микроудобрений были в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС + \text{ЭлеГум Медь}$. Прибавки урожайности к фону составили 3,6 и 2,9 ц/га, 1 кг NPK окупался 8,9 и 8,1 кг зерна, выход сырого белка составил 5,6 и 6,0 ц/га, чистый доход – 106,37 и 133,89 долл. США/га, рентабельность – 45,0 и 54,5 %, коэффициенты энергоотдачи – 2,02 и 2,17 ед. соответственно по сортам Тома и Сабина. В данном варианте отмечено увеличение содержания сырых белка и клейковины, меди в зерне [1; 2; 3; 4; 6; 8; 9; 11; 12; 14; 16; 17; 18].

6. Подкормка баковой смесью КАС с комплексным жидким удобрением Эколист Зерновые на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ повышала урожайность зерна относительно фона соответственно по сортам Сабина и Тома на 2,5 и 2,9 ц/га, содержание сырого белка – на 0,36 и 0,56 % (13,82 и 13,78 %), клейковины – на 0,8 и 0,7 % (28,2 и 26,6 %). Окупаемость удобрений зерном

повышалась соответственно по сортам на 1,1 и 1,2 кг (8,8 и 7,8 кг), выход сырого белка – на 0,4 и 0,6 ц/га (6,0 и 5,5 ц/га).

Удобрение Басфолиар 36 Экстра повышало урожайность зерна яровой пшеницы сорта Тома на 3,4 ц/га, содержание сырых белка и клейковины – на 0,67 и 1,2 % [1; 2; 4; 6; 8; 16; 18].

7. Подкормка Эпином совместно с КАС на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ была наиболее эффективной у сорта Тома – урожайность зерна относительно фона возрастала на 3,1 ц/га (46,3 ц/га). Содержание сырого белка повышалось на 0,59 % (13,81 %), сырой клейковины – на 0,9 % (26,8 %). Окупаемость 1 кг NPK составила 7,9 кг зерна (выше на 1,3 кг фонового варианта). Выход сырого белка увеличился на 0,6 ц/га (5,5 ц/га) [6; 8; 9; 11; 15; 18].

8. На сортах Сабина и Тома наиболее эффективной системой удобрения была подкормка баковой смесью КАС с регулятором роста Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$. Урожайность зерна составила 54,0 и 49,0 ц/га соответственно. Зерно отличалось высоким содержанием сырого белка (14,07–15,10 %) и сырой клейковины (29,1–30,1 %). Выход сырого белка составил 6,5 и 6,4 ц/га. Окупаемость 1 кг удобрений была самая высокая по опыту – 10,2 и 9,0 кг зерна соответственно. Повышение урожайности обеспечивалось за счет увеличения числа продуктивных колосьев на 1 м² и продуктивной кустистости, а у сорта Сабина также и за счет увеличения озерненности колоса. По отношению к фону чистый доход и рентабельность повышались и составили соответственно по сортам Сабина и Тома 171,29 и 131,20 долл. США/га и 64,9 и 52,4 %. Удельные энергозатраты снизились до уровня 706 и 764 МДж/ц, и коэффициенты энергоотдачи от применения удобрений составили 2,35 и 2,17 ед. [2; 3; 7; 8; 9; 11; 12; 14; 15; 16; 17].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. При возделывании яровой пшеницы сортов Сабина и Тома на дерново-подзолистой среднеокультуренной легкосуглинистой почве для повышения экономической и энергетической эффективности удобрения, а также получения урожайности зерна на уровне 49,0 и 54,0 ц/га с содержанием сырого белка 14,07 и 15,10 % и сырой клейковины 29,1 и 30,1 % соответственно рекомендуется в фазе начала выхода в трубку (ДК 31–32) проведение азотной подкормки баковой смесью КАС (разведение 1:4) в дозе 25 кг д. в/га с регулятором роста Фитовитал (0,6 л/га) на фоне основного внесения $N_{65}P_{60}K_{90}$.

2. На сорте Сабина рекомендуется также применение баковой смеси КАС с микроудобрением ЭлеГум Медь (1 л/га) на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, что обеспечит получение урожайности зерна на уровне 51 ц/га, содержание сырых белка и клейковины 13,84 и 28,8 %.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. Вильдфлуш, И. Р. Агроэкономическая эффективность применения новых форм микроудобрений при возделывании яровой пшеницы / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 4. – С. 12–14.
2. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на яровой пшенице сорта Сабина / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 3. – С. 74–77.
3. Вильдфлуш, И. Р. Сортовая отзывчивость яровой пшеницы на условия минерального питания / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1. – С. 82–89.
4. **Коготько, Е. И.** Влияние комплексных препаратов Витамар и Элегум медь, микроудобрений в хелатной форме Басфолиар и Эколист на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / **Е. И. Коготько** // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 2. – С. 93–98.
5. Вильдфлуш, И. Р. Содержание и вынос элементов питания урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта, применяемых удобрений, регуляторов роста и биопрепарата / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 5. – С. 26–31.
6. Вильдфлуш, И. Р. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сорта, удобрений, росторегуляторов и инокулянта / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6. – С. 23–28.
7. Вильдфлуш, И. Р. Динамика накопления элементов питания яровой пшеницей в зависимости от сорта и удобрений / И. Р. Вильдфлуш, **Е. И. Коготько** // Вестн. Беларус. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 117–121.
8. **Коготько, Е. И.** Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на элементы структуры и урожайность яровой пшеницы / **Е. И. Коготько** // Вестн. Беларус. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 113–117.
9. **Коготько, Е. И.** Экономическая и энергетическая эффективность применения макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на яровой пшенице / **Е. И. Коготько** // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 1. – С. 10–14.
10. **Коготько, Е. И.** Особенности продукционных процессов сортов яровой пшеницы при различных схемах удобрения / **Е. И. Коготько** // Зем-

леделие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: С. В. Кравцов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – Вып. 59. – С. 87–95.

Материалы конференций и тезисы

11. **Коготько, Е. И.** Влияние регуляторов роста и комплексных препаратов на урожайность и качество яровой пшеницы сорта Тома / **Е. И. Коготько** // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Горки, 16–18 марта 2011 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: А. А. Шелюто [и др.]. – Горки : БГСХА, 2011. – С. 79–82.

12. **Коготько, Е. И.** Экономическая эффективность применения регуляторов роста и комплексных препаратов на яровой пшенице сорта Тома / **Е. И. Коготько** // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Горки, 16–18 марта 2011 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: А. А. Шелюто [и др.]. – Горки : БГСХА, 2011. – С. 82–84.

13. **Коготько, Е. И.** Эффективность минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / **Е. И. Коготько** // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы VIII Междунар. науч. конф., Брянск, 14–17 марта 2011 г. / Брянский гос. аграр. ун-т; редкол.: С. М. Сычев [и др.]. – Брянск : Изд-во Брянского ГАУ, 2011. – С. 68–71.

14. **Коготько, Е. И.** Эффективность систем удобрения при возделывании яровой пшеницы / **Е. И. Коготько** // Плодородие почв и эффективное применение удобрений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания ин-та, Минск, 5–8 июля 2011 г. / редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – С. 229–231.

15. **Коготько, Е. И.** Применение регуляторов роста растений в технологии возделывания яровой пшеницы / **Е. И. Коготько** // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 18 мая 2012 г. : в 2 ч. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно : ГГАУ, 2012. – Ч. 1. Агрономия, защита растений, зоотехния, ветеринария. – С. 45–47.

16. **Коготько, Е. И.** Эффективность применения баковых смесей КАС с микроудобрениями, комплексными препаратами и регуляторами роста на яровой пшенице / **Е. И. Коготько** // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сб.

докл. XXIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1 окт. 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2020. – С. 67–71.

17. **Коготько, Е. И.** Формирование урожайности яровой пшеницы в зависимости от азотного питания и состава баковых смесей / **Е. И. Коготько** // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки – производству : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию Науч.-практ. центра НАН Беларуси по земледелию, Жодино, 8–9 июля 2021 г. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2021. – С. 54–57.

Рекомендации производству

18. Применение новых форм микроудобрений, регуляторов роста и комплексных препаратов на их основе при возделывании сельскохозяйственных культур : рекомендации / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. С. Долженков, О. И. Мишура, **Е. И. Коготько**, С. Г. Алиев, Э. М. Батыршаев, М. А. Лещина. – Горки : БГСХА, 2011. – 36 с.

РЕЗЮМЕ

Коготько Елена Ивановна

Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регуляторов роста на продукционные процессы, урожайность и качество яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Ключевые слова: яровая пшеница, минеральные удобрения, микроудобрения, бактериальный препарат, регуляторы роста, инокуляция, урожайность, качество, сорт

Цель исследования – разработать рациональную, ресурсосберегающую систему удобрения яровой пшеницы на основе оптимизации питания растений с использованием простых удобрений для допосевного внесения, бактериального препарата для обработки семян, некорневых подкормок баковыми смесями КАС с микроудобрениями, комплексными жидкими удобрениями и регуляторами роста.

Методы исследования: полевой, лабораторный, статистический.

Полученные результаты и их новизна. Впервые на дерново-подзолистой среднеокультуренной легкосуглинистой почве Беларуси установлены высокая эффективность подкормки яровой пшеницы баковыми смесями КАС с микроудобрениями, регуляторами роста и комплексными удобрениями и их влияние на продукционные процессы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы; изучены возможности ассоциативной азотфиксации в повышении урожайности зерна яровой пшеницы при различной обеспеченности растений минеральным азотом.

Рекомендации по использованию:

1. При возделывании яровой пшеницы сортов Сабина и Тома на дерново-подзолистой среднеокультуренной легкосуглинистой почве для повышения экономической и энергетической эффективности удобрения, а также получения урожайности зерна на уровне 49,0 и 54,0 ц/га с содержанием сырого белка 14,07 и 15,10 % и сырой клейковины 29,1 и 30,1 % соответственно рекомендуется в фазе начала выхода в трубку (ДК 31–32) проведение азотной подкормки баковой смесью КАС (разведение 1:4) в дозе 25 кг д. в/га с регулятором роста Фитовитал (0,6 л/га) на фоне основного внесения $N_{65}P_{60}K_{90}$.

2. На сорте Сабина рекомендуется также применение баковой смеси КАС с микроудобрением ЭлеГум Медь (1 л/га) на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, что обеспечит получение урожайности зерна на уровне 51 ц/га, содержание сырых белка и клейковины 13,84 и 28,8 %.

Область применения: предприятия, научные и учебные заведения сельскохозяйственного профиля.

РЭЗЮМЭ

Кагоцька Алена Іванаўна

Уплыў макра-, мікраўгнаенняў, бактэрыяльнага прэпарату і рэгулятараў росту на прадукцыйныя працэсы, ураджайнасць і якасць яравой пшаніцы на дзярнова-падзолістай лёгкасуглінкавай глебе

Ключавыя словы: яравая пшаніца, мінеральныя ўгнаенні, мікраўгнаенні, бактэрыяльны прэпарат, рэгулятары росту, інакуляцыя, ураджайнасць, якасць, гатунак.

Мэта даследавання – распрацаваць рацыянальную, рэсурсазберагальную сістэму ўгнаення яравой пшаніцы на аснове аптымізацыі жыўлення раслін з выкарыстаннем простых угнаенняў для дапасавання ўнясення, бактэрыяльнага прэпарату для апрацоўкі насення, некаранёвых падкормак бакавымі сумесямі КАС з мікраўгнаеннямі, комплекснымі вадкімі ўгнаеннямі і рэгулятарамі росту.

Метады даследавання: палявы, лабараторны, статыстычны.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Упершыню на дзярнова-падзолістай сярэднеакультуранай лёгкасуглінкавай глебе Беларусі ўстаноўлены высокая эфектыўнасць падкормкі яравой пшаніцы бакавымі сумесямі КАС з мікраўгнаеннямі, рэгулятарамі росту і комплекснымі ўгнаеннямі і іх уплыў на прадукцыйныя працэсы, ураджайнасць і якасць збожжа яравой пшаніцы; вывучаны магчымасці асацыятыўнай азотфіксацыі ў павышэнні ўраджайнасці збожжа яравой пшаніцы пры рознай забяспечанасці раслін мінеральным азотам.

Рэкамендацыі па выкарыстанні:

1. Пры апрацоўцы яравой пшаніцы гатункаў Сабіна і Тома на дзярнова-падзолістай сярэднеакультуранай лёгкасуглінкавай глебе для павышэння эканамічнай і энергетычнай эфектыўнасці ўгнаення, а таксама атрымання ўраджайнасці збожжа на ўзроўні 49,0 і 54,0 ц/га з утрыманнем сырога бялку 14,07 і 15,10 % і сырой клейкавіны 29,1 і 30,1 % адпаведна рэкамендуецца ў фазе пачатку выхаду ў трубку (ДК 31–32) правядзенне азотнай падкормкі бакавай сумессю КАС (развядзенне 1:4) у дозе 25 кг д. р/га з рэгулятарам росту Фітавітал (0,6 л/га) на фоне асноўнага ўнясення $N_{65}P_{60}K_{90}$.

2. На гатунку Сабіна рэкамендуецца таксама прымяненне бакавай сумесі КАС з мікраўгнаеннем ЭлеГум Медзь (1 л/га) на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, што забяспечыць атzymanне ўраджайнасці збожжа на ўзроўні 51 ц/га, утрыманне сырых бялку і клейкавіны 13,84 і 28,8 %.

Галіна прымянення: прадпрыемствы, навуковыя і навучальныя ўстановы сельскагаспадарчага профілю.

SUMMARY

Kahotska Alena Ivanovna

The effect of macro-, microfertilizers, bacterial preparation and growth regulators on production processes, yield and quality of spring wheat on sod-podzolic light loamy soil

Key words: spring wheat, mineral fertilizers, microfertilizers, bacterial preparation, growth regulators, inoculation, yield, quality, variety.

Goal of research – to develop a rational, resource-saving fertilizer system for spring wheat based on optimizing plant nutrition using simple fertilizers for pre-sowing application, bacterial preparation for seed treatment, foliar topdressing with UAN tank mixtures containing micro fertilizers, liquid complex fertilizers and growth regulators.

Research methods: field and laboratory techniques, statistical method.

Findings and their novelty. For the first time on the sod-podzolic medium-cultivated light-loamy soil of Belarus, high efficiency of spring wheat fertilization with UAN tank mixtures containing micro fertilizers, growth regulators and complex fertilizers and their effect on production processes, yield and quality of spring wheat grain have been established; the possibilities of associative nitrogen fixation in increasing the yield of spring wheat grain with different mineral nitrogen supply of plant have been studied.

Recommendations for practical use:

1. When cultivating spring wheat varieties Sabina and Toma on sod-podzolic medium-cultivated light loamy soil to increase the economic and energy efficiency of fertilizers, as well as to obtain grain yields at the level of 49.0 and 54.0 c/ha with a crude protein content of 14.07 and 15.10% and crude gluten 29.1 and 30.1%, respectively, it is recommended at the beginning of stem elongation stage (DC 31-32) to carry out nitrogen fertilizing with a UAN tank mixture (dilution 1:4) at a dose of 25 kg a.i./ha with a growth regulator Fitovital (0.6 l /ha) against the background of the main application of $N_{65}P_{60}K_{90}$.

2. On the Sabina variety, it is also recommended to use a UAN tank mixture with a micro-fertilizer EleGum–Copper (1 l/ha) against the background of $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}UAN$, which will ensure grain yields at the level of 51 c/ha, the content of raw protein and gluten being 13.84 and 28.8 %.

Field of application: enterprises, agricultural scientific and educational institutions.



Научное издание

Коготько Елена Ивановна

Влияние макро-, микроудобрений, бактериального
препарата и регуляторов роста на продукционные процессы,
урожайность и качество яровой пшеницы на дерново-подзолистой
легкосуглинистой почве

Подписано в печать 09.01.2024. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 60 экз. Заказ 1.

Полиграфическое исполнение:

Государственное предприятие

«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».

Ул. Казинца, 103, 220108, Минск