

На правах рукописи

ФЕДОТОВА ЕВГЕНИЯ НИКОЛАЕВНА

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ УДОБРЕНИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
НА ЯЧМЕНЕ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ**

06.01.04 – Агрохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск – 2018

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия» в 2014-2017 гг.

Научный руководитель: **Федорова Юлия Николаевна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Великолукская государственная
сельскохозяйственная академия»

Официальные оппоненты: **Цыганова Надежда Александровна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государ-
ственный аграрный университет»

Дышко Виталий Николаевич
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Смоленская государственная
сельскохозяйственная академия»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Ленинградский научно-
исследовательский институт сельского хозяй-
ства «Белогорка»

Защита состоится 01 марта 2019 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д.220.005.01 при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал. E-mail: uchsovet@bgsha.com. Тел. (факс) +7(48341)24-7-21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ» и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан «__» _____ 2019 и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и образования Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru>.

Ученый секретарь
диссертационного совета

В.В. Дьяченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия важнейшей задачей является создание оптимальной системы питания растений, которая обеспечит полную реализацию генетического потенциала сорта и максимально возможного урожая с заданными показателями качества продукции. Длительное применение необоснованно завышенных или несбалансированных доз удобрений может приводить к ухудшению некоторых показателей плодородия почвы и загрязнению растительной продукции вредными веществами, такими как нитраты, тяжелые металлы и др.

Актуальными являются комплексные исследования роли минеральных и микроэлементных удобрений в повышении устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, поскольку в этом случае обеспечивается более полное представление о приемах и способах реализации потенциала продуктивности культур.

Микроэлементы улучшают обмен веществ в растениях, устраняют его функциональные нарушения и содействуют нормальному течению физиолого-биохимических процессов, влияют на процессы синтеза хлорофилла и повышают интенсивность фотосинтеза. Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к грибным и бактериальным болезням, таким неблагоприятным условиям внешней среды, как недостаток влаги в почве, пониженные или повышенные температуры, тяжелые условия зимовки и т. д. Внесение повышенных доз азота, фосфора и калия сдвигает ионное равновесие почвенного раствора часто в сторону, неблагоприятную для поглощения растениями микроэлементов.

Таким образом, оптимизация применения минеральных и микроэлементных удобрений нового поколения на ячмене в условиях Северо-Западного региона РФ является актуальной.

Цель исследований. Целью научно-исследовательской работы является оптимизация системы применения минеральных и микроэлементных удобрений нового поколения на ячмене в условиях Северо-Западного региона РФ, обеспечивающей повышение урожайности и качества зерна, эффективность применяемых удобрений и повышающей устойчивость растений к неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

Задачи исследований:

1. Исследовать особенности влияния микроудобрения «Аквадон-Микро» на рост, развитие и продуктивность ячменя.
2. Определить структуру урожая и его качество.
3. Изучить действие комплексного микроэлементного удобрения на накопление в растениях основных питательных веществ в зависимости от уровня минерального питания и использование растениями элементов питания из удобрений.
4. Изучить роль микроэлементов в реализации адаптивных способностей растений ячменя и получении экологически чистой продукции.
5. Дать экономическую оценку эффективности микроудобрения, при-

меняемого на посевах ячменя.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Определение характера воздействия микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на урожайность и структурные показатели ячменя на различном уровне удобренности на дерново-подзолистой супесчаной почве.

2. Изменение показателей использования основных элементов питания из вносимых удобрений под воздействием микроэлементного удобрения нового поколения на различных фонах удобренности.

3. Экономическая эффективность использования минеральных и микроэлементных удобрений.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 г. и соответствует паспорту специальности 06.01.04 – агрохимия.

Научная новизна. Впервые в условиях Северо-Западного региона РФ разработаны приемы применения удобрений под ячмень с использованием микроэлементных удобрений нового поколения, позволяющие повысить урожайность и качество зерна, эффективность применяемых удобрений и устойчивость растений к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Установлено, что применение некорневой обработки микроэлементным удобрением нового поколения «Аквадон-Микро» на фоне вносимых в почву различных минеральных удобрений позволяет повысить эффективность их использования и урожайность. Установлена тесная взаимосвязь биометрических показателей растений с удобренностью почвы и некорневой обработкой микроэлементным удобрением нового поколения.

Выявленные закономерности и взаимосвязи в полевых опытах существенны и уточняют механизм взаимодействия минеральных удобрений с «Аквадоном-Микро» и, непосредственного воздействия его на структуру урожая, содержание и вынос основных элементов питания.

Теоретическая и практическая значимость работы. Дана оценка влияния микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на фоне вносимых минеральных удобрений на дерново-подзолистых супесчаных почвах на урожайность, структуру урожая, качество и безопасность продукции растениеводства.

Установлено, что некорневая обработка микроудобрением за счет оптимизации питания растений оказывает влияние на содержание основных элементов питания в растениях ячменя, их вынос и коэффициенты использования из удобрений, что способствует повышению их эффективности.

Внедрение в производство микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» в виде некорневой обработки на фоне минерального питания позволяет максимально использовать ограниченные почвенные ресурсы и более продуктивно реализовать генетический потенциал ярового ячменя, повысить качество и экологическую безопасность продукции. Некорневая обработка ячменя в фазы кущения и выхода в трубку позволяет снизить дозы внесения минеральных удобрений на 1/3 без снижения урожайности.

Основные положения работы могут применяться на практике в сельско-

хозяйственных предприятиях и фермерских хозяйствах, а также быть использованы в курсе агрохимии, при создании региональных систем земледелия и в учебном процессе ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА».

Личный вклад автора. Постановка цели и задач, планирование экспериментов, полевые, лабораторные исследования и анализ полученных результатов проводились при участии автора. Диссертационная работа выполнена на кафедре «Химия, агрохимия и агроэкология» ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА» под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ю.Н. Федоровой и заведующего отделом агрохимии ФГБНУ «Псковский НИИСХ» М.Н. Рысева.

Результаты исследований внедрены в ИП КФХ «Иванов Д.А». Они так же широко используются в подготовке и переподготовке агрономических кадров.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований апробированы на международных научно-практических конференциях «Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве» (Великие Луки, 2015), «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (Великие Луки, 2016), «Проблемы инновационного развития АПК» (Великие Луки, 2017), «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы» (Пенза, 2017), «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (Великие Луки, 2018).

Публикации. По итогам работы опубликовано 19 статей, 4 из которых в центральных журналах, вошедших в список ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из общей характеристики, 6 глав, заключения, рекомендаций производству и перспективы дальнейшей разработки темы, содержит 13 рисунков, 1 фотографию, 14 таблиц и 12 приложений. Список литературы включает 272 наименования, в том числе 27 на иностранных языках.

ПРОГРАММА, УСЛОВИЯ, МЕСТО И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в течение четырех лет (2014–2017 гг.) на опытном поле ФГБНУ «Псковский НИИСХ» (д. Родина, Псковского района Псковской области) на посевах ярового ячменя сорта Эльф. Оригинатор – ГНУ НИИСХ ЦРНЗ РФ. Масса 1000 зерен – 40 – 47 г. Средняя урожайность в регионе допуска составила 2,7 т/га. Среднеспелый, вегетационный период 70 – 92 дня. Включен в список пивоваренных сортов. Устойчив к полеганию и болезням, особенно к пыльной головне и пятнистостям листьев. Рекомендован для возделывания в шести регионах России – Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Средне-Волжском и Западно-Сибирском.

Полевые опыты заложены методом систематических повторений в 4-кратной повторности. Площадь опыта составила 3800 м², площадь делянки –

72 м². В опытах исследовали комплексное микроэлементное удобрений хелатного типа «Аквадон-Микро», разработанное заводом «Оргполимерсинтез» в сотрудничестве с ведущими специалистами Кубанского Государственного Аграрного Университета.

Удобрение «Аквадон-Микро» представляет собой водный полимерно-хелатный высокомолекулярный комплекс длинных углеводородных цепочек с закрепленными на них микроэлементами – железом, медью, бором, молибденом, цинком, кобальтом, а также мезоэлементами – магнием и серой.

Микроудобрение применяли согласно рекомендациям ООО «СевЗапАгро». Обработку растений проводили в виде некорневой подкормки дважды – в фазы кущения и выхода в трубку с нормой расхода 2 л/га.

Схема опыта включала в себя вариант без удобрений (контроль), минеральные удобрения в дозах N₄₀P₆₀K₉₀, N₂₈P₄₀K₆₀, N₂₀P₃₀K₄₅, варианты с внесением навоза (40т/га) и извести, с обработкой микроэлементами, а также без обработки.

В качестве минеральных удобрений использовали – азофоску (16:16:16), двойной суперфосфат и хлористый калий, которые вносили вразброс поверхностно весной перед посевом под культивацию. Посев осуществляли в первой декаде мая сеялкой СЗУ-3,6 с нормой высева 5,0 млн шт./га. Агротехника выращивания ярового ячменя общепринятая для Северо-Западного региона РФ.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая, супесчаная, имеющая кислую реакцию почвенного раствора (рН_{KCl} = 4,6), высокое содержание подвижного фосфора (32,7 мг/100 г), повышенное содержание обменного калия (15,4 мг/100 г) и высокую степень насыщенности основаниями (60 %). Содержание в почве: NO₃ – 3,1 мг/кг; NH₄ – 1,8 мг/кг, В – 0,36 мг/кг (водная вытяжка), Zn – 0,8-2,2 мг/кг (1 н. HNO₃), Mn – 15,8-51 мг/кг, Cu – 1,8-3,5 мг/кг (1 н. HNO₃), Co – 0,2-0,42 мг/кг.

Известкование почвы проводилось в паровом поле из расчета 0,5 гидролитической кислотности, доза которой составила 2,85 т/га. Уход за посевами включал обработку гербицидами «Магnum» (6 г/га) и «Гербитокс» (0,7 л/га), фунгицидом «Тилт» (0,5 л/га), инсектицидом «Децис» (0,04 г/га) и обработку от гельминтоспориоза «Титаном» (0,5 л/га).

Агрохимические анализы почвенных и растительных образцов выполнялись в лаборатории отдела агрохимии ФГБНУ «Псковский НИИСХ» и в лабораториях кафедры «Химия, агрохимия и агроэкология» Великолукской ГСХА.

Определение рН_{KCl} проводилось потенциометрическим методом (ГОСТ 26484-85) в 1н KCl вытяжке; обменная кислотность (H_{обм}) и подвижный алюминий – по Соколову; гидролитическая кислотность (Hг) – по Каппену; сумма поглощенных оснований (S) – по Каппену-Гильковицу; степень насыщенности основаниями (V) – расчетным методом по гидролитической кислотности и сумме поглощенных оснований; подвижные соединения фосфора и калия – по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91) с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре, калия – на пламенном фотометре, обменный кальций и магний – трилонометрически в 1н NaCl; содержание аммиачного азота – колориметрическим методом с реактивом Несслера (Радов

А.С. с соавт., 1985; ГОСТ 27894.3-88); нитратный азот – дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу (Радов А.С. с соавт., 1985; ГОСТ 27894.4-88).

Анализ зерна и соломы осуществлялся по следующим методикам: масса 1000 зёрен (ГОСТ 12042-80); анализ структуры урожайности (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985, 1989); общий азот, фосфор и калий из одной навески после мокрого озоления по Гинзбург – Щегловой – Вульфийус (Радов А.С. с соавт., 1985); сырой протеин – умножением содержания общего азота (в процентах) на соответствующий культуре переводной коэффициент (5,83 – 6,25) (Радов А.С. с соавт., 1985); нитраты в растительной продукции на нитратометре (МУ 5048-89, 1989); подвижных соединений фосфора – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91), обменного калия – по методу Масловой (ГОСТ 26210-91), гидролитическую кислотность – по методу Каппена с модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91).

Метеорологические условия проведения опытов. Изменчивость метеоусловий за период исследований отмечается не только по годам, но и в течение вегетационного периода. Апрель 2014 года был теплее и суше обычного. Июнь оказался холодным, он отличался понижением температуры до 3,1°С. В июле наблюдалась жаркая засушливая погода с повышением температуры в третьей декаде до 32°С. Погодные условия периода вегетации в 2015 году складывались не совсем благоприятно для роста и развития растений ячменя. Избыточное количество осадков во II-й и III-й декаде апреля привело к переувлажнению почвы, что затрудняло ее обработку. Ливневые дожди на протяжении всего периода вегетации привели к полеганию посевов, что отразилось на урожайности растений. 2016 и 2017 годы также были неблагоприятны, в августе большое количество осадков задерживало начало уборки.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ «ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ»

Для того чтобы выявить влияние разных доз минеральных удобрений и микроэлементов на посевные качества семян ячменя нами был заложен лабораторный опыт (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние доз минеральных удобрений и микроэлементов на посевные качества зерна ячменя

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Жизнеспособность семян, %
Контроль (без удобрений)	62	72	51
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1)	90	94	67
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1) + Аквадон-Микро	96	99	76
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)	87	89	75
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)+ Аквадон-Микро	94	98	81

Семена, отобранные с варианта без внесения удобрений, имели низкую энергию прорастания и всхожесть, жизнеспособность их составила 51%. Внесение минеральных удобрений увеличивало показатели посевного качества семян с 62 до 87 – 90%; с 72 до 89 – 94% и с 51 до 67 – 75% соответственно.

Отобранные с обработанных «Аквадоном-Микро» вариантов, семена имели высокую энергию прорастания 94 – 96%, всхожесть – 98 – 99% и достаточно высокую жизнеспособность в экстремальных условиях – 76 – 81%.

Таким образом, было установлено, что за счет лучшего усвоения питательных веществ, «Аквадон-Микро» положительно влияет на посевные качества семян ячменя.

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Посев ячменя в годы исследований проводился в первой-второй декаде мая. Процесс образования и созревания зерна продолжался в течение 60 дней. При сложившихся условиях в годы исследований вегетационный период ячменя в среднем составлял около 92 дней.

В наблюдаемые годы на протяжении фенологических фаз микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» воздействия не оказывало. Определенной зависимости от изучаемых факторов в прохождении фаз развития ячменя по отдельным вариантам не выявлено.

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ МИКРОУДОБРЕНИЕМ

В ходе исследований, нами было установлено, что все элементы структуры урожая зависели как от условий периода вегетации за годы исследований, так и от изучаемых удобрений.

Применение комплексного микроудобрения «Аквадон-Микро» оказывало положительное влияние на рост и развитие растений ячменя. В среднем за годы исследований, обработка растений в фазы кущения и выхода в трубку не оказала существенного влияния на продолжительность межфазных периодов и продолжительность вегетации, которая составила 92 дня. Наблюдения за динамикой линейного роста показали, что в среднем за годы исследований максимальная высота растений была отмечена по обработанным «Аквадоном-Микро» вариантам и составила 80,0 – 81,0 см, что превышает контроль на 14 – 15 см.

Как видно на рисунке 1, наибольшая длина колоса наблюдалась в вариантах с пониженной до $N_{28}P_{40}K_{60}$ дозы НРК с использованием Аквадона-Микро (7,6 см).

В условиях 2014-2016 годов действие минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{60}K_{90}$ отмечалось в повышении только общей длины растений, длина же колоса увеличивалась с понижением дозы до $N_{28}P_{40}K_{60}$ – $N_{20}P_{30}K_{45}$.

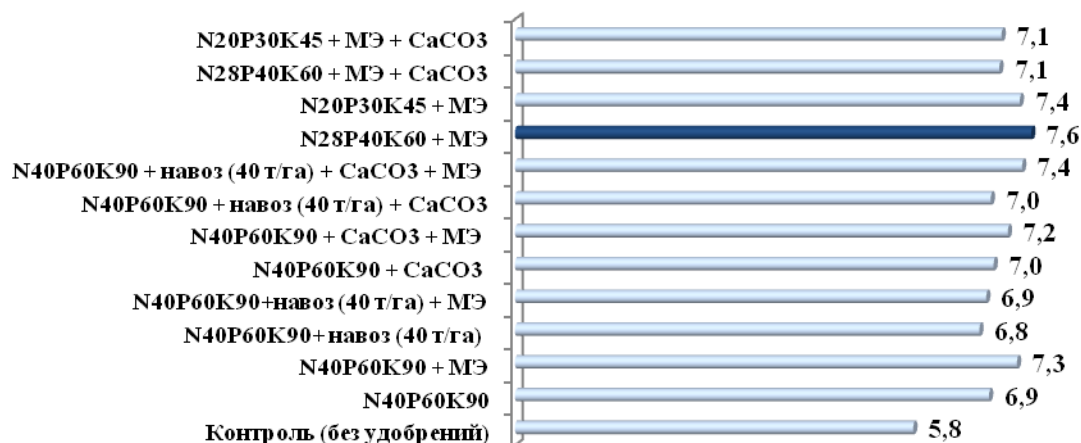


Рисунок 1 – Длина колоса ячменя, см

На вес 1000 семян большее влияние оказывали минеральные и микроэлементные удобрения, чем последствие навоза и извести, внесенных в паровом поле (рисунок 2). Максимальные значения этого показателя были получены при использовании сниженной дозы NPK до $N_{28}P_{40}K_{60}$ и «Аквадон-Микро» - 47,1 г, что на 5,5 г больше контроля; в среднем по опыту вес 1000 семян был 44,3 г.

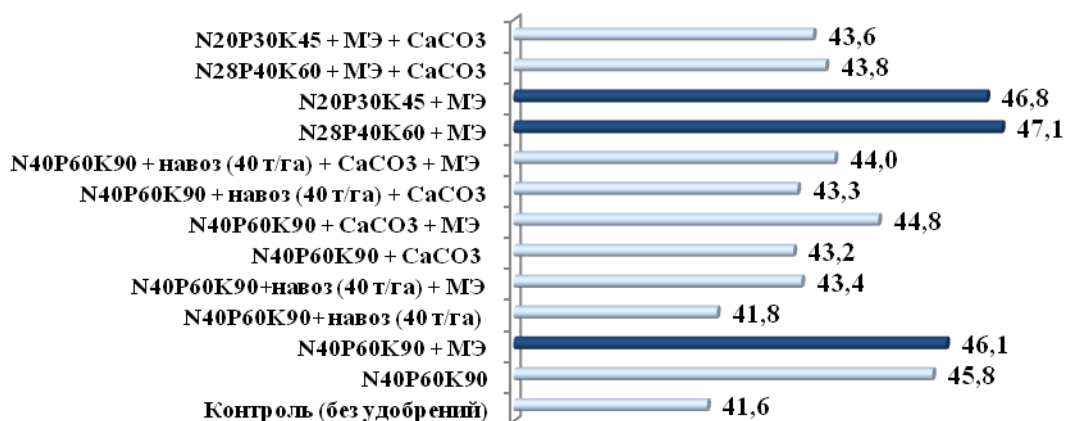


Рисунок 2 – Масса 1000 зерен, г

Одним из важнейших элементов является густота продуктивного стеблестоя. Количество растений, сохранившихся к моменту уборки, в немалой степени определяло продуктивность растений при выращивании на различных фонах.

Чем выше продуктивная кустистость культуры, тем больше зерен на одном растении, но с единицы площади наибольший урожай получается при небольшой кустистости и оптимальной густоте стояния растений (Вавилов, 1986).

Последствие извести отмечалось в повышении массы зерна в колосе до 1,01 г. Продуктивная кустистость ячменя составила 1,7 – 2,6 (рисунок 3). Снижение дозы до $N_{28}P_{40}K_{60}$ способствовало увеличению продуктивной кустистости до 2,4 шт.

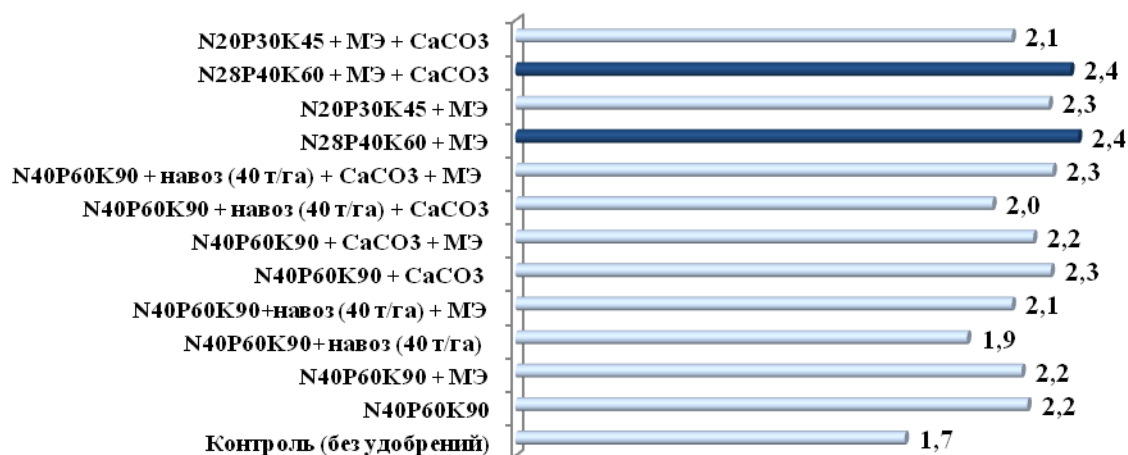


Рисунок 3 – Продуктивная кустистость, шт

Погодные условия периода вегетации за годы исследований складывались не совсем благоприятно для роста и развития растений ячменя, что не могло не отразиться на продуктивности растений.

Ливневые дожди, сопровождавшиеся шквалистыми ветрами в 2014 и 2016 годах, привели к полеганию посевов, это отрицательно сказалось на эффективности применяемых удобрений. Микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» было очень эффективно в отношении устойчивости растений к неблагоприятным погодным условиям.

Выживаемость растений по всем обработанным данным препаратом вариантам была выше, чем без обработки (рисунок 4).

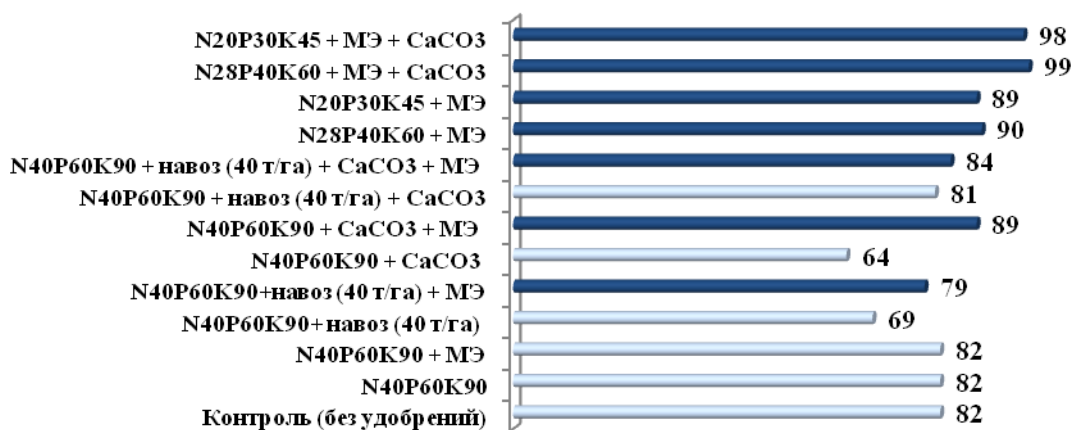


Рисунок 4 – Выживаемость растений ячменя, %

Следует отметить, что с понижением дозы минеральных удобрений, эффективность «Аквадона-Микро» в этом отношении возрастала. Растения на обработанных вариантах, при визуальной оценке, выглядели более крепкими и обладали более высокой устойчивостью к полеганию.

Таким образом, биометрические показатели растений ячменя при применении микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» улучшались по отношению к контролю и фону. Так, например, масса 1000 зерен на контроле соста-

вила 41,6 г, тогда как по обработанным микроудобрением вариантам по фону дозы $N_{28}P_{40}K_{60}$ этот показатель увеличивался до 47,1 г.

ДЕЙСТВИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ «АКВАДОН-МИКРО» НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

В среднем за годы исследований урожайность зерна на контрольном варианте была 22,5 ц/га (таблица 2).

При внесении полной дозы минеральных удобрений ($N_{40}P_{60}K_{90}$) прибавка урожая составила 7,3 ц/га, при окупаемости 1 кг НРК прибавкой урожая, равной 3,9 кг зерна ячменя. Применение «Аквадона-Микро» увеличило прибавку урожая относительно контроля до 9,8 ц/га, а окупаемость до 5,2 кг зерна.

В варианте с дозой внесения $N_{28}P_{40}K_{60}$ прибавка урожая была 9,9 ц/га, и окупаемость 1 кг д.в., при этом увеличилась до 7,8 килограммов основной продукции.

По варианту с половинной дозой внесения ($N_{20}P_{30}K_{45}$) минеральных удобрений прибавка была несколько ниже, однако, окупаемость 1 кг д.в. возросла 10,0 кг зерна ячменя.

Применение микроэлементного удобрения позволило повысить окупаемость 1 кг НРК прибавкой урожая с 5,2 до 7,8 – 10,0 кг зерна. При этом наибольшая окупаемость была получена при внесении дозы $N_{20}P_{30}K_{45}$.

Таблица 2 – Урожайность зерна ячменя

Вариант	Урожайность, ц/га	% К контролю	Окупаемость 1 кг НРК урожаем зерна, кг
1. Контроль (без удобрений)	22,5	100,0	
2. $N_{40}P_{60}K_{90}$	29,8	133	3,9
3. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + МЭ	32,3	144	5,2
4. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га)	29,0	129	3,4
5. $N_{40}P_{60}K_{90}$ +навоз (40 т/га) + МЭ	29,3	130	3,6
6. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$	28,5	127	3,1
7. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ + МЭ	30,2	134	4,0
8. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га) + $CaCO_3$	29,1	129	3,5
9. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га) + $CaCO_3$ + МЭ	30,8	137	4,4
10. $N_{28}P_{40}K_{60}$ + МЭ	32,4	144	7,8
11. $N_{20}P_{30}K_{45}$ + МЭ	32,0	142	10,0
12. $N_{28}P_{40}K_{60}$ + МЭ + $CaCO_3$	30,9	137	6,6
13. $N_{20}P_{30}K_{45}$ + МЭ + $CaCO_3$	28,7	128	6,6
НСР ₀₅	2,7		

Таким образом, применение микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро», позволяет снизить дозу минеральных удобрений до $N_{28}P_{40}K_{60}$ без снижения урожайности, что в связи с их высокой стоимостью имеет большое значение.

СОДЕРЖАНИЕ АММИАЧНОГО И НИТРАТНОГО АЗОТА ПО ФАЗАМ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Пониженная температура воздуха и недостаточное количество солнечной радиации нередко приводят к избыточному накоплению нитратного азота в растениях. По литературным данным ПДК нитратов в зеленой массе ячменя – 5000 мг/кг сухого вещества. В сложившихся условиях по всем вариантам, в которых минеральное удобрение и навоз вносилось в полной дозе, содержание нитратного азота было очень высоким.

В таблице 3 представлены результаты анализа растений ячменя на содержание нитратного азота в фазы выхода в трубку и начала колошения.

В вариантах без применения микроудобрений количество нитратов было – 729,4 – 1763,5 мг/кг сухого вещества, что способствовало значительному нарастанию вегетативной массы.

В фазе кущения и начала выхода в трубку значительное поражение посевов тлей и вспышка гельминтоспориоза, понижение температуры воздуха и повышенная влажность, привели к повышению содержания нитратов в зеленой массе ячменя. Применение микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» несколько оптимизировало содержание нитратного азота в зеленой массе ячменя, так как микроэлементы, входящие в его состав усиливают биохимические процессы, способствуют быстрому переходу азота в органическую форму и препятствуют его избыточному накоплению.

Таблица 3 – Влияние микроэлементов на содержание нитратного азота в зеленой массе ячменя, мг/кг сухого вещества

Варианты опыта	Выход в трубку	Начало колошения
1. Контроль (без удобрений)	238,17	124,3
2. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	729,4	273,15
3. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + МЭ	696,94	296,64
4. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га)	1380,0	319,9
5. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + МЭ	1190,5	341,0
6. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + CaCO ₃	1353,5	277,1
7. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + CaCO ₃ + МЭ	812,5	249,5
8. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃	1763,5	234,0
9. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃ + МЭ	1190,0	150,0
10. N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ + МЭ	337,74	132,05
11. N ₂₀ P ₃₀ K ₄₅ + МЭ	228,79	125,81
12. N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ + МЭ + CaCO ₃	390,95	143,88
13. N ₂₀ P ₃₀ K ₄₅ + МЭ + CaCO ₃	347,78	162,73

Под влиянием микроэлементов содержание нитратов уменьшилось до 228,7 – 1190,5 мг/кг сухого вещества в зависимости от применяемых удобрений (навоз, известь, минеральные удобрения), что в дальнейшем положительно сказалось на росте и развитии растений, повышении его устойчивости к стрессовым ситуациям. Это наблюдалось на всех фонах удобренности. В фазе колоше-

ния потребность в азоте сокращается, а, следовательно, и содержание нитратного азота было значительно ниже, но такая закономерность, в основном сохранялась.

Таким образом, микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» стабилизировало содержание нитратного азота в растениях ячменя, что в последствии положительно сказалось на их росте и развитии.

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ «АКВАДОН-МИКРО» НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА И СОЛОМЫ

По данным, полученным в ходе многолетних исследований ФГБНУ «Псковский НИИСХ», совместное применение минеральных и микроэлементных удобрений оказывает положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений.

Материалы за годы проведенных нами исследований (2014 – 2016) на содержание основных элементов питания в зерне и соломе ячменя представлены в таблице 4.

Наиболее характерной чертой полученных данных является то, что микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» способствует увеличению содержания фосфора и калия, а по отдельным вариантам и азота, по сравнению с контролем и фонами.

Влияние микроэлементного удобрения на содержание азота было неравномерным. Так, если по фону $N_{40}P_{60}K_{90}$ и применением «Аквадона-Микро» содержание азота в зерне оставалось неизменным, то в соломе оно увеличилось на 0,09 % АСВ.

Таблица 4 – Химический состав растений ячменя

Вариант	N, % АСВ		P ₂ O ₅ , % на АСВ		K ₂ O, % на АСВ	
	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
1. Контроль (без удобрений)	1,95	0,58	0,77	0,20	1,28	1,91
2. $N_{40}P_{60}K_{90}$	2,19	0,58	0,81	0,21	1,39	2,34
3. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + МЭ	2,19	0,67	0,83	0,24	1,43	2,54
4. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га)	1,85	0,67	0,78	0,20	1,38	2,60
5. $N_{40}P_{60}K_{90}$ +навоз (40 т/га) + МЭ	2,03	0,62	0,80	0,25	1,41	2,63
6. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + CaCO ₃	2,08	0,67	0,79	0,20	1,41	2,50
7. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + CaCO ₃ + МЭ	2,07	0,65	0,82	0,22	1,42	2,58
8. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃	2,10	0,70	0,82	0,27	1,37	2,57
9. $N_{40}P_{60}K_{90}$ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃ + МЭ	2,12	0,69	0,83	0,22	1,40	2,62
10. $N_{28}P_{40}K_{60}$ + МЭ	2,20	0,74	0,83	0,27	1,44	2,61
11. $N_{20}P_{30}K_{45}$ + МЭ	2,19	0,68	0,82	0,26	1,42	2,50
12. $N_{28}P_{40}K_{60}$ + МЭ + CaCO ₃	2,20	0,69	0,82	0,27	1,37	2,43
13. $N_{20}P_{30}K_{45}$ + МЭ + CaCO ₃	2,19	0,64	0,81	0,25	1,37	2,56
НСР ₀₅	0,20	0,10	0,05	0,05	0,08	0,24

По унавоженному фону с внесением минеральных удобрений в дозе

N₄₀P₆₀K₉₀ содержание азота в зерне под влиянием микроудобрения увеличивалось с 1,85 до 2,03 % АСВ, а в соломе уменьшилось с 0,67 до 0,62 % АСВ. Аналогичная тенденция была установлена и по фону N₄₀P₆₀K₉₀ + навоз (40 т/га) + известь.

Однако следует отметить, что снижение дозы минеральных удобрений до N₂₈P₄₀K₆₀ снижением содержания азота в основной и побочной продукции не сопровождалось, а наоборот, несколько увеличивалось (до 2,20 и 0,74 % АСВ соответственно).

Содержание фосфора и калия в зерне и соломе ячменя при использовании «Аквадона-Микро», по сравнению с контрольным вариантом и фонами, имело достаточно устойчивую тенденцию к увеличению, хотя данные и оставались в пределах ошибки опыта.

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ «АКВАДОН-МИКРО» НА ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ УРОЖАЕМ ЯЧМЕНЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Вынос азота, фосфора и калия определялся содержанием элементов питания в основной и побочной продукции (зерно и солома), а также величиной их урожайности.

По полученным в результате исследований данным, на контроле по азоту он составлял в среднем 49,9 кг/га, фосфора 19,1 кг/га, и калия 65,6 кг/га (таблица 5).

Таблица 5 – Вынос питательных веществ урожаем ячменя и коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений

Вариант	Вынос, кг/га			Коэффициенты использования, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль (без удобрений)	49,9	19,1	65,6			
2. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	72,7	26,6	101,9	57,0	12,5	40,3
3. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + МЭ	81,3	30,5	117,5	78,4	18,9	57,6
4. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га)	64,7	25,0	106,0	37,0	9,8	44,8
5. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + МЭ	68,3	27,1	108,7	46,0	13,2	47,9
6. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + CaCO ₃	68,9	24,7	102,0	47,4	9,3	40,4
7. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + CaCO ₃ + МЭ	72,2	27,6	110,7	55,7	14,1	50,1
8. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃	71,6	27,9	105,3	54,3	14,6	44,0
9. N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз (40 т/га) + CaCO ₃ + МЭ	76,4	28,4	113,8	66,1	15,4	53,5
10. N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ + МЭ	84,1	31,4	120,6	122,0	30,6	91,6
11. N ₂₀ P ₃₀ K ₄₅ + МЭ	80,8	30,3	115,0	154,6	37,3	109,7
12. N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ + МЭ + CaCO ₃	78,5	29,4	107,6	102,2	25,8	69,9
13. N ₂₀ P ₃₀ K ₄₅ + МЭ + CaCO ₃	71,4	26,9	103,7	107,5	25,7	84,5

По варианту с внесением минеральных удобрений данный показатель по азоту составил 72,7 кг/га, по фосфору 26,6 кг/га, и по калию 101,9 кг/га. Обра-

ботка «Аквадоном-Микро» по фону минеральных удобрений значительно увеличила вынос основных элементов питания с основной и побочной продукцией, при этом вынос азота составил 81,3 кг/га, фосфора 30,5 кг/га и калия 117,5 кг/га.

Максимальный вынос элементов питания с урожаем ячменя был получен по варианту $N_{28}P_{40}K_{60} + МЭ$.

При применении микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» вынос элементов питания с урожаем ячменя возрастает по всем фонам удобренности. Высказанная идея нашла подтверждение значением коэффициента использования растениями азота, фосфора и калия из минеральных удобрений. Так, коэффициент использования азота из минеральных удобрений под влиянием обработки «Аквадоном-Микро» по фону полной дозы НРК увеличивался с 57,0 до 78,4 %, а с понижением дозы минеральных удобрений до $N_{20}P_{30}K_{45}$ возрос до 154,6%, т.е. на 76,2%. Последствие навоза и извести в этом отношении было несколько слабее. Аналогичная закономерность получена и по коэффициентам использования растениями фосфора и калия.

ВЛИЯНИЕ «АКВАДОНА-МИКРО» НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ И ЦИНКА В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ

При внесении микроудобрений в почву, они вымываются в нижние горизонты, переходят в труднорастворимые формы, поглощаются микроорганизмами, связываются гумусовым веществом почвы и т.д. Дозы внесения микроэлементов в почву гораздо выше, чем при некорневой обработке, это может приводить к излишнему накоплению их в растениях.

Таблица 6 – Влияние «Аквадон-Микро» на содержание меди и цинка в зерне ячменя

Варианты опыта	Медь			Цинк		
	Без МЭ	С МЭ	+/- от МЭ	Без МЭ	СМЭ	+/- от МЭ
НРК	3,06	2,95	-	15,85	20,95	5,10
НРК+ навоз	2,67	3,05	0,38	14,63	18,90	4,27
НРК+ CaCO ₃	3,01	3,25	0,24	13,30	17,35	4,05
НРК+ навоз + CaCO ₃	2,74	3,21	0,47	15,98	18,38	2,40

По приведенным в таблице 6 данным можно сделать вывод о том, что некорневая подкормка «Аквадоном-Микро» оказалась высокоэффективным способом внесения микроэлементов, позволяющим уменьшить дозировку последних, но при этом усилить питание растений в определенные периоды вегетации ячменя. Все показатели при этом оставались в пределах, не превышающих ПДК.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОУДОБРЕНИЯ «АКВАДОН-МИКРО» В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Производственные опыты были заложены в Островском районе Псковской области. В опытах использовалась традиционная агротехника возделывания ячменя, при этом применялись: микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» путем некорневой подкормки в фазы кущения и выхода в трубку (2 л/га), а также гербициды – «Магnum» (6 г/га) и «Гербитокс» (0,7 л/га), фунгицид «Тилт» (0,5 л/га) и инсектицид «Децис» (0,04 г/га).

Таблица 7 – Полевая всхожесть и выживаемость в производственных условиях

Вариант	Густота растений, штук на кв метре		Полевая всхожесть, %	Выживаемость, %
	Всходы	Уборка		
Контроль (без удобрений)	402	347	80	86
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1)	411	372	82	91
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1) + Аквадон-Микро	394	382	79	97
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)	423	396	85	94
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)+ Аквадон-Микро	398	394	80	99

При сложившихся погодных условиях вегетационный период ячменя составил 98 дней. Расхождения в наступлении фенологических фаз в исследуемых вариантах не наблюдалось.

Ввиду того, что обработка микроудобрением проводилась в фазу кущения и выхода в трубку, на всхожесть влияния она не оказывала (таблица 13). Однако в дальнейшем, положительно отразилась на выживаемости растений ячменя, которая составила по всем вариантам 97 – 99 %, что на 11 – 13 % выше контроля.

Применение удобрений положительно сказывалось на росте и развитии ячменя (таблица 8). Некорневая подкормка микроудобрением благоприятно влияла на структуру урожая: увеличивалась высота растений, продуктивная кустистость, длина колоса и масса 1000 зерен. Так, высота растений на контроле была 72 см, на вариантах с внесением минеральных удобрений она увеличилась до 78-84 см, тогда как на обработанных микроудобрением вариантах она составила 87 – 92 см.

Таблица 8 – Биометрические показатели растений ячменя в производственных условиях

Вариант	Высота растений, см	Длина колоса, см	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г
Контроль (без удобрений)	72	6,4	1,6	43,2
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1)	84	7,2	1,9	47,1
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (1) + Аквадон-Микро	87	7,8	2,2	50,8
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)	78	6,9	1,8	46,8
N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ (2/3)+ Аквадон-Микро	92	8,1	2,4	51,4

На контроле масса 1000 зерен была 43,2 г, при внесении минеральных удобрений разница была несущественной 46,8 – 47,1 г, а по обработанным вариантам этот показатель возрос до 50,8 – 51,4 г. При этом лучшие показатели были по варианту с внесением 2/3 дозы NPK.

В результате проведенных исследований установлено влияние микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на урожайность ярового ячменя. Наибольший эффект от применяемого микроудобрения был получен фону 2/3 дозы минеральных удобрений.

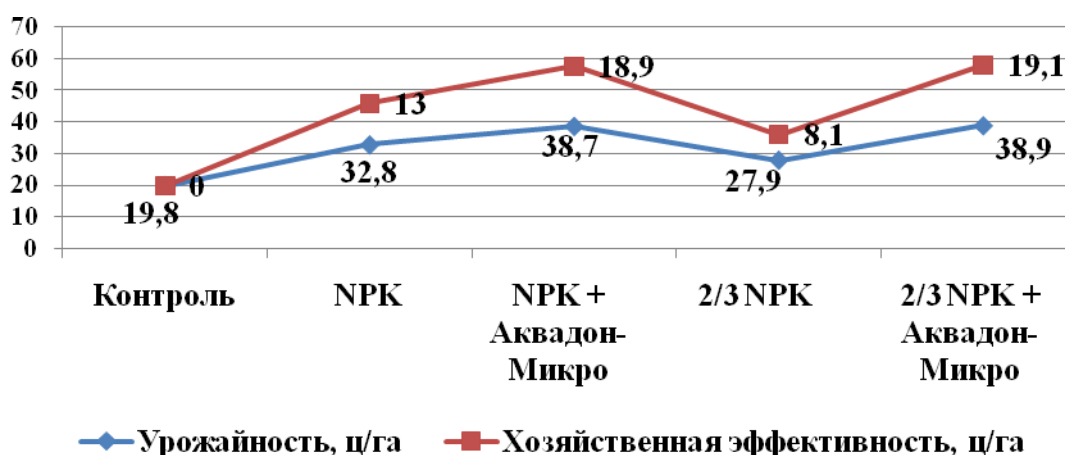


Рисунок 5 – Эффективность применения «Аквадона-Микро» в производственных условиях.

На контроле урожайность составила 19,8 ц/га, при внесении минеральных удобрений была получена прибавка урожая 8,1 – 13 ц/га (рисунок 5), обработка микроудобрением увеличила этот показатель до 18,9 – 19,1 ц/га.

Таким образом, применение микроэлементного удобрения хелатного типа «Аквадон-Микро» позволило повысить прибавку урожая с 8,1 до 18,9 – 19,1 ц зерна. При этом наибольшая прибавка была получена при внесении 2/3 дозы NPK. Следовательно, при ограниченных ресурсах минеральных удобрений, является целесообразным снижение их дозы внесения до 2/3 совместно с микроудобрением, это позволит получить большую валовую прибавку зерна, чем от полной дозы без обработки микроэлементами.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ «АКВАДОНА-МИКРО» И РАЗНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Эффективность применения удобрений оценивается по прибавке урожая зерна (т/га) или окупаемостью единицы (кг) вносимых удобрений продукцией выраженной в кг натуральной продукции или в зерновых единицах. Окупаемость удобрений прибавкой урожая определяется в производственных и полевых опытах в типичных для данной зоны условиях. Наибольшая эффективность

достигается при научно обоснованном сочетании доз минеральных удобрений, применения микроэлементных препаратов и других средств химизации.

Таблица 9 – Экономическая эффективность применения препарата «Аквадон Микро» на посевах ячменя

Показатель	Контроль	N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ + Аквадон- Микро, 2 л/га	N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀	N ₂₈ P ₄₀ K ₆₀ + Аквадон- Микро, 2 л/га
Площадь посева ячменя, га	10	10	10	10	10
Затраты, руб.	128 118	175 363	196 048	161 646	182 843
Валовой сбор зерна, ц	198	328	395	279	389
Урожайность ячменя, ц	19,8	32,8	39,5	27,9	38,9
Дополнительные затраты на 1 га, руб.		4 724	6 793	3 353	5 472
в том числе: на удобрения		4 724	4 724	3 353	3 353
на микроэлементы			2 069		2 120
Прирост урожайности, ц/га		+13,0	+19,7	+8,1	+19,1
за счет удобрений		+13,0	+13,0	+8,1	+8,1
за счет микроэлементов			+6,7		+11,0
Прирост урожайности на 1000 руб. дополнительных затрат, ц		+2,75	+2,90	+2,42	+3,49
за счет удобрений		+2,75	+2,75	+2,42	+2,42
за счет микроэлементов			+3,24		+5,19
Затраты на 1 га, руб.	12 812	17 536	19 605	16 165	18 284
Затраты на 1 ц, руб.	647,06	534,64	496,32	579,38	470,03
Экономия затрат на 1 ц ячменя, руб.		112,42	150,74	67,69	177,03
Экономия затрат на 1 ц ячменя, %		17,4	23,3	10,5	27,4
Возможная цена реализации ячменя, руб./ц	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Окупаемость дополнительных затрат, руб.		3,58	3,77	3,14	4,54
на удобрения		3,58	3,58	3,14	3,14
на микроэлементы			4,21		6,75
Прибыль с 1 га, руб.	12 928	25 104	31 745	20 105	32 286
Прибыль на 1 ц продукции, руб.	652,9	765,4	803,7	720,6	830,0
Рентабельность продаж, %	100,9	143,2	161,9	124,4	176,6
Прирост рентабельности, %		+42,2	+61,0	+23,5	+75,7
за счет удобрений		+42,2	+42,2	+23,5	+23,5
за счет микроэлементов			+18,8		+52,2

Применение препарата «Аквадон-Микро» на посевах ячменя показало высокую экономическую эффективность (таблица 9). При полной дозе удобре-

ний ($N_{40}P_{60}K_{90}$) с обработкой «Аквадоном-Микро» урожайность ячменя повышалась на 6,7 ц/га или на 20,4%. При снижении дозы минеральных удобрений до 2/3 ($N_{28}P_{40}K_{60}$), эффект от применения «Аквадона-Микро» был еще выше – прирост урожайности составил 11,0 ц/га или 39,4%.

В расчете на 1000 руб. затрат на удобрения и микроэлементы прирост урожайности ячменя при полной дозе удобрений составил 2,9 ц, в том числе за счет удобрений 2,75 ц/га, микроэлементов – 3,24 ц/га.

При сниженной до $N_{28}P_{40}K_{60}$ дозе удобрений общий прирост урожайности составил 3,49 ц/га, в том числе за счет удобрений 2,42 ц/га, микроэлементов – 5,19 ц/га. Рост урожайности ячменя дает значительный экономический эффект в виде снижения затрат на единицу продукции. Так, при внесении удобрений в полной дозе себестоимость производства 1 ц ячменя снижается на 150,74 руб., или на 23,3%, а при сниженной дозе до $N_{28}P_{40}K_{60}$ – на 177,03 руб., или на 27,7%.

Приведенные расчеты показывают высокую экономическую эффективность применения микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро», в большей степени при сниженной до $N_{28}P_{40}K_{60}$ дозе внесения минеральных удобрений. При возможной цене реализации ячменя 13,0 руб/ц, окупаемость дополнительных затрат при полной дозе внесения удобрений составила 3,77 руб, в том числе затрат на удобрения – 3,58 руб, на микроэлементы – 4,21 руб. При снижении дозы до $N_{28}P_{40}K_{60}$, окупаемость дополнительных затрат составила 4,54 руб., в том числе затрат на удобрения – 3,14 руб, затрат на микроэлементы – 6,75 руб.

Использование удобрений в сочетании с микроудобрением «Аквадон-Микро» повышало прибыль с гектара посевов на 31 745 руб. и на 803,7 руб. в расчете на 1 ц ячменя при полной дозе внесения удобрений. Рентабельность продаж при этом повышалась по сравнению с контролем на 61,0% и составляла 161,9%. При снижении дозы удобрений до $N_{28}P_{40}K_{60}$, прибыль с гектара посевов повышалась на 32 286 руб. и на 830,0 руб. в расчете на 1 ц ячменя. Рентабельность продаж при этом повышалась на 75,7% и составляла 176,6%.

Таким образом, с экономической точки зрения наиболее целесообразно применение удобрений на посевах ячменя при сниженной до $N_{28}P_{40}K_{60}$ дозе внесения удобрений в сочетании с микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро».

Наши данные подтверждаются результатами, которые были получены в ходе производственных испытаний микроудобрения «Аквадон-Микро».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по изучению эффективности микроэлементного удобрения хелатного типа «Аквадон-Микро» можно сделать следующие выводы:

1. Возделывание ячменя в условиях Северо-Западного региона РФ целесообразно проводить с комплексным применением минеральных и микроэлементных удобрений нового поколения.

2. Применение микроудобрения «Аквадон-Микро» положительно влияет на биометрические показатели растений. В среднем за годы исследова-

ной максимальной высота растений была отмечена по обработанным вариантам и составила 80,0 – 81,0 см, что превышает контроль на 14 – 15 см. Анализ структуры урожая позволил выявить, что некорневая подкормка микроудобрением по фону сниженной дозы до $N_{28}P_{40}K_{60}$, способствовала увеличению продуктивной кустистости с 1,7 до 2,6; массы 1000 зерен с 41,6 до 47,1 г; массы зерна в колосе с 0,91 до 1,25 г. Выживаемость растений по всем обработанным микроудобрением вариантам возрастала с 64 – 81 до 79 – 99%.

3. Некорневая подкормка микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро» повышает урожайность ячменя на 30 – 44% относительно контроля, при этом окупаемость 1 кг НРК прибавкой урожая возрастает до 3,1 – 5,2 кг. С уменьшением дозы минеральных удобрений окупаемость увеличивается до 7,8 – 10,0 кг зерна.

4. Минеральные удобрения положительно влияли на содержание азота в зерне и соломе ячменя. При внесении дозы $N_{40}P_{60}K_{90}$ содержание азота в зерне увеличилось с 1,85 до 2,19, фосфора с 0,77 до 0,81, и калия с 1,28 до 1,39% АСВ по сравнению с контролем. Обработка микроэлементным удобрением позволила увеличить эти показатели до 2,19...0,83 и 1,43 % АСВ соответственно.

5. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений под влиянием обработки «Аквадоном-Микро» по фону полной дозы минеральных удобрений увеличивался на 21,4%, а с понижением дозы до $N_{20}P_{30}K_{45}$ возрастал до 154,6%, т.е. на 76,2%. Аналогичная закономерность была получена и по коэффициентам использования растениями фосфора и калия.

6. Микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» стабилизирует содержание нитратного азота в растениях ячменя, за счет быстрого перехода его в органическую форму. При некорневой подкормке комплексным микроудобрением содержание меди и цинка в зерне ячменя не превышает ПДК.

7. Внесение удобрений, в сочетании с микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро», повышало прибыль с гектара посевов на 31 745 руб. и на 803,7 руб. в расчете на 1 ц ячменя при полной дозе внесения удобрений. Рентабельность продаж при этом повышалась по сравнению с контролем на 61,0% и составляла 161,9%. При снижении дозы удобрений до $N_{28}P_{40}K_{60}$, прибыль с гектара посевов повышалась на 32 286 руб. и на 830,0 руб. в расчете на 1 ц ячменя. Рентабельность продаж при этом повышалась на 75,7% и составляла 176,6%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах Северо-Западного региона РФ рекомендуется совместно с применением минеральных удобрений использовать двукратную некорневую обработку комплексным микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро» в фазы кущения и выхода в трубку, при норме расхода 2 л/га. Снижение дозы внесения минеральных удобрений до 2/3 совместно с микроудобрением позволяет получить большую валовую прибавку зерна, чем от полной дозы без обработки микроэлементами.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Проведение исследований по испытанию новых форм универсальных комплексных удобрений со сбалансированным составом микро- и макроэлементов, сроков и способов их внесения под различные сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах в условиях Северо-Западного региона РФ, для разработки энергосберегающей технологии, обеспечивающей рост урожайности сельскохозяйственных культур на 12-15%, повышение эффективности применяемых удобрений на 15-20%, улучшение качества продукции, позволяющей снизить общую потребность в минеральных удобрениях и затраты на их применение.

Список работ, опубликованных по теме диссертации Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований

1. Федотова, Е.Н. Влияние агрохимических средств на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность льнопродукции / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, М.В. Дятлова, Е.С Волкова // Плодородие. – 2017. – № 2 (95). – С. 38 – 41.
2. Федотова, Е.Н., Повышение эффективности применения минеральных удобрений на посевах ярового ячменя / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, Д.С. Комшанов // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №1 (55). –С. 66-70.
3. Федотова, Е.Н. Зависимость развития растений и накопления нитратов в продукции от факторов окружающей среды и удобрений / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, М.Н. Рысев // Агрохимический вестник – 2018. – № 1. – С. 53-58.
4. Федотова, Е.Н. Влияние микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» и различного фона удобренности на урожайность и структуру урожая ячменя / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, М.Н. Рысев / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета – 2018. – №1 (50). – С. 53 – 57.

Статьи в научных сборниках, материалах конференций, журналах

1. Федотова, Е.Н. Влияние препаратов «Аквадон-Микро» и «Экстра-сол» на накопление нитратного азота в растениях ячменя /Е.Н. Федотова // Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве: сб. докл. X международной науч.-практ. конф. – В.Луки: РИО ВГСХА, 2015. – С. 178 – 180.
2. Федотова, Е.Н. Оценка влияния комплексного микроудобрения «Аквадон-микро» на урожайность ячменя сорта «Эльф» / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Ю.Н. Федорова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1(13). – С.7 – 9.
3. Федотова, Е.Н. Эффективность применения комплексного микроудобрения «Аквадон-Микро» под ячмень / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, М.Н. Рысев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производ-

стве: сб. докл. XI Международной науч.-практ. конф. – В. Луки: РИО ВГСХА, 2016. – С. 26 – 28.

4. Федотова, Е.Н. Влияние удобрений на вынос питательных веществ основной и побочной продукцией и коэффициенты использования их из минеральных удобрений / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2 (14) – С.21-23.

5. Федотова, Е.Н. Влияние длительного применения удобрений в севообороте со льном-долгунцом на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 8 – 18.

6. Федотова, Е.Н. Эффективность применения микробиологических препаратов и комплексного микроудобрения Аквадон-Микро в полевом севообороте со льном-долгунцом севооборота / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С.19 – 24.

7. Федотова, Е.Н. Влияние длительного применения удобрений в севообороте со льном-долгунцом на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. статей XII международной научно-практической конференции. – Пенза, 2017. – С. 59-66.

8. Федотова, Е.Н. Влияние «Аквадон-Микро» и «Экстрасол» на химический состав растений льна-долгунца и усвояемость питательных веществ из минеральных удобрений / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, М.Н. Рысев // Вестник РГАЗУ – 2017. – №23(28) – С. 5 – 9.

9. Федотова, Е.Н. Влияние «Аквадона-Микро» и различного фона удобренности на структуру урожая ячменя / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития АПК» – Великие Луки, 2017. – С. 15-17.

10. Федотова, Е.Н. Влияние агрохимических средств на продуктивность льняного севооборота и плодородие почвы / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Материалы тематических конференций и круглых столов деловой программы (для обсуждения и выработки решений). – СПб: Экспофорум, 2017. – С. 80 – 81.

11. Федотова, Е.Н. Эффективность применения комплексного микроудобрения «Аквадон-Микро» на посевах ячменя / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Материалы тематических конференций и круглых столов деловой программы (для обсуждения и выработки решений). – СПб: Экспофорум, 2017. – С. 81 – 83.

12. Федотова, Е.Н. Известкование дерново-подзолистых почв на карбонатной морене в севооборотах со льном-долгунцом / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова // Материалы тематических конференций и круглых столов деловой программы (для обсуждения и выработки решений). – СПб: Экспофорум, 2017. – С. 83 – 84.

13. Федотова, Е.Н. Эффективность известкования дерново-подзолистых почв в севооборотах со льном-долгунцом / Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4. – С. 8 – 16.

14. Федотова, Е.Н. Повышение эффективности минеральных удобрений при использовании комплексного микроудобрения «Аквадон-Микро» / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, М.Н. Рысев // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №5 (Юбилейный). – С. 20 – 24.

15. Федотова, Е.Н. Эффективность применения микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на посевах ячменя в производственных условиях / Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова // «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» : сб. докл. XIII Международной науч.-практ. конф. молодых учёных – В.Луки: РИО ВГСХА, 2018. – Т.1. – С. 69 – 73.