

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ

*Рекомендации
для специалистов хозяйств и агрохимической службы
агропромышленного комплекса, преподавателей, аспирантов,
магистрантов и студентов высших учебных заведений
аграрного профиля*

Горки
БГСХА
2019

УДК 631.8:633.1(083.13)

ББК 40.40:42.112я73

П76

*Утверждено коллегией Комитета по сельскому хозяйству
и продовольствию Могилевского облисполкома.*

Постановление № 35-1 от 19 апреля 2019 г.

Рекомендовано Научно-техническим советом БГСХА.

Протокол № 9 от 21 декабря 2018 г.

Авторы:

доктора сельскохозяйственных наук, профессора

И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Г. В. Пироговская;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. В. Рак;*

заведующий химико-экологической лабораторией *Н. В. Барбасов*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. С. Мастеров;*

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. Н. Богатырева*

**Применение новых форм удобрений и регуляторов
роста при возделывании ячменя : рекомендации /**
П76 **И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 34 с.**
ISBN 978-985-467-919-8.

Изложены результаты исследований по эффективности различных систем удобрения при возделывании сортов ячменя кормового назначения. Приведены характеристика, дозы, сроки, способы применения макро-, микроудобрений и новых форм комплексных удобрений, регуляторов роста и микроудобрений с регуляторами роста, их влияние на продукционные процессы, урожайность и качество зерна ячменя. Представлена оценка их агрономической, экономической, энергетической эффективности и технологические схемы применения, обеспечивающие высокопродуктивные посевы ячменя.

Для специалистов хозяйств и агрохимической службы агропромышленного комплекса, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений аграрного профиля.

УДК 631.8:633.1(083.13)

ББК 40.40:42.112я73

ISBN 978-985-467-919-8

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура. Зерно ячменя содержит 10–12 % сырого протеина, 2,3–2,5 % жира, 2,5–2,8 % золы, 72–80 % безазотистых экстрактивных веществ. В белке ячменя содержится весь набор незаменимых аминокислот, включая особо дефицитные – лизин и триптофан. Из зерна ячменя производят перловую и ячневую крупы, солодовые экстракты и другие пищевые продукты. Основная масса производимого зерна ячменя (около 70 %) в нашей стране расходуется на нужды животноводства. В 1 кг зерна содержится 80–100 г переваримого белка и 1,15–1,18 к. ед. Зерно ячменя – важнейшее сырье для пивоваренной промышленности.

Яровой ячмень в Республике Беларусь возделывается на больших площадях. Учитывая пересев погибшего озимого ячменя и других озимых культур, уборочная площадь ярового ячменя в республике редко бывает менее 600 тыс. га.

По биологическим особенностям ячмень отличается повышенными требованиями к уровню питания, что объясняется очень коротким вегетационным периодом (90–100 дней) и чрезвычайно быстрым ходом потребления питательных веществ.

Рациональная система применения удобрений является основным фактором формирования величины и качества урожая сельскохозяйственных культур, повышения плодородия почв. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно только при сбалансированном применении всех элементов питания в расчетных дозах и в наиболее ответственные стадии развития растений.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению в производство ресурсосберегающих систем удобрений сельскохозяйственных культур. Большие возможности в этом направлении представляются при использовании новых форм комплексных удобрений, специализированных для различных сельскохозяйственных культур, содержащих макро- и микроэлементы в сбалансированных количествах.

По сравнению с простыми формами минеральных удобрений комплексные удобрения позволяют оптимизировать питание растений

и снизить затраты на их применение. Разработан ряд новых форм микроудобрений в хелатной и органоминеральной форме, эффективность которых существенно выше, чем простых солей.

При разработке системы удобрения следует учитывать сортовые особенности сельскохозяйственных культур, так как сорта различных сроков созревания отличаются по темпам потребления элементов питания.

Формирование эффективного, конкурентноспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия, требует совершенствования систем земледелия на основе разработки и активного внедрения эффективных, ресурсосберегающих и экономически безопасных технологий производства растениеводческой продукции. В последнее время этому способствует интегрированная или адаптивная система земледелия, целью которой является получение не максимальной, а агроэкономически целесообразной урожайности сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции, при снижении затрат средств химизации на ее возделывание. Применительно к химизации это достигается путем рационального использования удобрений.

К мероприятиям, способствующим ресурсосберегающему использованию удобрений, следует отнести сбалансированное применение всех элементов питания в расчетных дозах до посева и в наиболее ответственные стадии роста и развития растений.

Одним из резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является применение микроудобрений с учетом обеспеченности почв микроэлементами. В ресурсосберегающей системе удобрения предусматривается использование микроудобрений на почвах первой, второй и третьей групп их обеспеченности. При этом основным экономически и энергетически целесообразным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки в период вегетации. При некорневой подкормке дозы микроудобрений можно сократить почти до 10 раз по сравнению с основным внесением.

Важное значение имеет импортозамещение удобрений зарубежных фирм, применяемых в республике, на белорусские. Для этого необходимо сравнить действие импортных микроудобрений с белорусскими и дать им агроэкономическую оценку.

Одним из способов ресурсосбережения является разработка и применение новых форм минеральных удобрений. Общей тенденцией в

мировой практике является увеличение объемов применения твердых и жидких комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок для конкретных сельскохозяйственных культур. Применение комплексных удобрений в основное внесение позволяет почти в 2 раза снизить энергетические и трудовые затраты по сравнению с внесением стандартных туков.

Управление ростом и развитием растений с помощью регуляторов роста растений приобретает актуальное значение в связи с тем, что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам и позволяют существенно увеличить урожайность и улучшить качество продукции. Управление процессами жизнедеятельности происходит через систему гормональной регуляции. Установлено, что регуляторы роста оптимизируют формирование и функционирование аппарата фотосинтеза, стабилизируют величину листовой поверхности и интенсивности фотосинтеза.

Эффективность применения средств химизации возрастает при комплексном использовании макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений при возделывании сельскохозяйственных культур. В настоящее время разработаны комплексные микроудобрения с регуляторами роста (МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и др.), использование которых позволяет внести за один прием микроэлементы и регуляторы роста растений, что существенно снижает затраты на применение средств химизации.

Оптимизация питания растений с использованием новых форм комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет разработать ресурсосберегающую систему удобрения, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая ячменя и получать более устойчивую продуктивность.

Рекомендации разработаны на основе результатов исследований с сортами ячменя кормового назначения в полевых опытах и позволят подобрать наиболее оптимальную систему удобрения данной культуры в современных условиях интенсификации земледелия.

1. ЗНАЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Потребность в микроудобрениях также возрастает в связи с расширением применения высококонцентрированных макроудобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей микроэлементов.

Дефицит микроэлементов в почве может служить барьером в эффективном применении макроудобрений. Объясняется это тем, что недостаток микроэлементов приводит к нарушению важнейших биохимических процессов в организме растений.

Микроэлементы создают комплексные соединения с большим количеством органических веществ и улучшают энергетическую сторону передвижения веществ. Физиологическая роль микроэлементов заключается в том, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, повышают интенсивность фотосинтеза, устойчивость к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды, регулируют водный режим растений. Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах служит основой для разработки технологий применения микроудобрений в конкретных условиях. Недостаточное содержание их подвижных форм в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции. Значимость проблемы микроэлементного питания растений определяется также дефицитом микроэлементов в кормах. При научно обоснованном применении микроэлементов с учетом их содержания в почве и отзывчивости сельскохозяйственных культур прибавка от них может достигать до 10–15 % при одновременном улучшении качества продукции.

Медь в условиях Беларуси является одним из дефицитных элементов питания. В Могилевской области 56,1 % пахотных почв относится к 1-й группе по обеспеченности медью и 37,7 % – ко 2-й. Этим часто объясняется недобор урожая и недостаточное содержание меди в растительных кормах. С урожаем различных культур с 1 га выносятся 7–27 г меди. Оптимальное ее содержания – 5–12 мг/кг сухого вещества корма.

Роль меди в жизни растений весьма специфична: она не может быть заменена каким-либо другим элементом или их суммой. Медь входит в состав целого ряда ферментов (полифенолоксидазы, аскорбинатоксидазы, лактазы, дегидрогеназы, тирозиназы, нитритредуктазы, гипонитритредуктазы, редуктаз оксида азота и ряда других). Она широко участвует в процессах дыхания, ауксиновом, азотном и углеводном обменах.

В растительной клетке около 2/3 меди находится в нерастворимом, связанном состоянии. Медь поглощается как катион Cu^{++} или в форме хелатных соединений через корни и листья.

Медь всесторонне влияет на биохимические процессы в растениях, действует на азотный обмен в них. При внесении высоких доз азота потребность в меди возрастает. Установлено, что между медью и фосфором существует антагонизм в корневой среде, поскольку фосфаты обладают большей способностью к адсорбции меди.

Установлено сильное влияние меди на процесс фотосинтеза и, в частности, на образование хлорофилла и его устойчивость против разрушения. Недостаток меди вызывает задержку роста, хлороз, потерю тургора и увядание растений, задержку цветения и гибель урожая. У злаковых растений при остром дефиците меди происходит побеление кончиков листьев и не развивается колос (белая чума или болезнь обработки), у плодовых культур при недостатке меди появляется сухoverшинность.

На некоторых осушенных торфяниках из-за недостатка меди вообще не удается получить урожай сельскохозяйственных культур.

Наиболее высокий эффект от микроудобрений может быть достигнут только при оптимальной обеспеченности основными элементами питания.

Медь из почвы в растения мигрирует слабо. Фитотоксичность меди выше, чем цинка.

Максимально допустимый уровень содержания меди в зерне зерновых и зернобобовых культур – 10 мг/кг сухого вещества.

Марганец необходим всем растениям. Среднее его содержание в растениях – 10 мг на 1 кг сухой массы. Вынос с урожаем разных культур марганца составляет 1,0–4,5 кг/га. Марганец относится к металлам с высоким окислительно-восстановительным потенциалом и может участвовать в реакциях биологического окисления. В настоящее время известно около 30 металлоферментных комплексов, активируемых марганцем. Марганец входит в состав следующих ферментов: малатде-

гидрогеназы, изоцитратдегидрогеназы, гидроксиламинредуктазы, глутаминтрансферазы, ферредоксина. Марганец повышает водоудерживающую способность тканей, снижает транспирацию, влияет на плодоношение растений, ускоряет рост и развитие растений. При недостатке этого элемента наблюдаются хлорозы, серая пятнистость злаков, пятнистая желтуха сахарной свеклы. Оптимальное содержание марганца в растениеводческой продукции – 40–70 мг/кг сухой массы.

Особенно требовательны к достаточному содержанию доступных форм марганца в почве злаковые культуры, свекла, кормовые корнеплоды и картофель.

Цинк широко распространен в природе и входит в состав 64 минералов, из которых наибольшее практическое значение имеют сфалерит, цинкит, смитсонит. В Могилевской области 52,7 % почв относится по содержанию подвижного цинка к 1-й группе и 33,4 % – к 2-й группе.

По данным одних ученых, цинк входит в состав 40–52 ферментов, других (Е. Ф. Генлецкого) – примерно в сто ферментов. Он принимает участие в белковом, фосфорном обмене, синтезе аскорбиновой кислоты, тиамина и ростовых веществ, повышает водоудерживающую силу растений, оказывает влияние на окислительно-восстановительные процессы, проницаемость мембран, стабилизацию клеточных компонентов и систем микроорганизмов. При дефиците цинка подавляется деление клеток, накапливаются редуцирующие сахара, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, снижается содержание ауксина, нарушается синтез белка.

Цинк поступает в растения как катион Zn^{++} или в форме хелатных соединений через корни и листья. Признаком недостатка цинка у полевых культур (зерновых, фасоли) являются мелколистность, крайчатый хлороз, у кукурузы – побеление верхних листьев. Для всех растений при недостатке цинка характерна задержка роста.

Имеются данные о влиянии цинка на утилизацию фосфора. При недостатке цинка обнаруживается высокая концентрация фосфора в растениях вследствие замедления превращения неорганических фосфатов в органические формы.

Бор влияет на нуклеиновый обмен, оплодотворение, плодообразование и урожайность семян сельскохозяйственных культур. Потребность в боре возрастает в период бутонизации – цветения. Бор необходим для развития меристемы. При его недостатке нарушается синтез,

превращение и передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Считается, что основная физиологическая роль бора заключается в участии в обмене ауксинов и фенольных соединений. Бор не входит в состав ферментов, но при этом активизирует α -уксидазу и β -глюкозидазу.

Растения поглощают бор в форме ионов BO_3^{3-} через корни и листья.

Бор положительно влияет на цветение и плодоношение растений. Его присутствие необходимо для прорастания пыльцы и роста пыльцевой трубки. Он благоприятно влияет на водный режим.

С помощью меченых атомов установлено, что бор ускоряет передвижение фосфора из стеблей в листья. Под его влиянием повышается содержание фосфора в верхних молодых листьях и снижается в нижних. Этим в значительной степени можно объяснить положительную роль бора в синтезе и передвижении углеводов.

Хорошая обеспеченность растений кальцием и фосфором повышает их требовательность к обеспеченности бором. Особенно большую роль бор играет в условиях известкования кислых дерново-подзолистых почв, так как известкование уменьшает доступность бора, закрепляет его в почве и задерживает поступление в растения.

Молибден является необходимым компонентом всех растительных и животных организмов. Растения поглощают молибден в форме молибдата $(\text{MoO}_4)^-$. Конкуренция со стороны ионов SO_4^{2-} может препятствовать, а присутствие ионов фосфора способствует поглощению молибдена. Молибден может также поглощаться растениями через листья. Он входит в состав хлоропластов, фермента нитратредуктазы, участвует в восстановлении нитратов в растениях, в биосинтезе нуклеиновых кислот, фотосинтезе, дыхании, образовании пигментов и витаминов. Является также компонентом фермента нитрогеназы, который участвует в фиксации атмосферного азота микроорганизмами, как свободноживущими, так и клубеньковыми бактериями, живущими на корнях бобовых культур. При недостатке молибдена тормозится процесс восстановления нитратов в растениях, замедляется биосинтез аминокислот, амидов, белков и в растениях в повышенных количествах накапливаются нитраты. Это приводит не только к снижению урожая, но и ухудшению его качества. Молибден также необходим для нормального роста и развития небобовых культур. Внесение молибдена под небобовые культуры благодаря усилению ассимиляции нитратного азота приводит к повышению размеров использования и продук-

тивности усвоения удобрений (не только нитратных, но и аммиачных и амидных вследствие их быстрой нитрификации), к снижению непроизводительных потерь азота.

Перспективным направлением при применении микроудобрений является использование комплексонатов (хелатов) и многокомпонентных удобрений, содержащих ряд микроэлементов (Zn, Cu, B, Mo, Co, Mn).

Хелаты – это внутрикомплексные соединения металлических микроэлементов с органическими веществами. Очень распространенным агентом является этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА), применяется также диэтиленetriаминпентауксусная кислота (ДТПА), оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) и ряд других.

Этот прием позволяет перевести содержащиеся в удобрениях микроэлементы в биологически активные формы. Предпочтительные способы внесения комплексонатов микроэлементов – опрыскивание посевов и обработка семян.

2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Регуляторы роста растений – это природные фитогормоны, их искусственные аналоги или композиционные препараты, которые содержат сбалансированный комплекс фиторегуляторов, биологически активных веществ, микроэлементов, позволяющих целенаправленно регулировать важнейшие процессы роста и развития растений, эффективно использовать потенциальные возможности сорта или гибрида, заложенные в геноме природой, селекционным или генно-инженерным процессом.

В сложной системе регуляции роста, жизнедеятельности и формирования продуктивных органов растений важная роль принадлежит фитогормонам. Согласно современным представлениям регуляция роста и развития растений осуществляется комплексом фитогормонов, включающим ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовую кислоту, этилен. В связи с широким применением интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур роль регуляторов роста растений резко возросла.

Очень ценным свойством регуляторов роста в условиях интенсивных технологий является усиление при их применении поступления элементов питания в корневую систему растений.

Это объясняется тем, что под влиянием регуляторов роста повышается адаптация и устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды и в результате они более энергично используют питательные элементы из удобрений и почвы. Это и обуславливает повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Экосил – природный комплекс тритерпеновых кислот, экстракт хвои пихты сибирской. Представляет собой сложную смесь тритерпеновых кислот, причем многие из них существуют в различных формах и имеют множество изомеров. Препаративная форма: Экосил, 50 г/л в. э. Химическая формула: $C_{30}H_{46-48}O_4$. Регулятор роста и иммуномодулятор с фунгицидной активностью. Физиологическая активность тритерпеновых кислот проявляется в выведении семян из глубокого покоя и стимуляции их прорастания за счет растяжения клеток в корне, колеоптиле, а затем в стеблях и листьях.

Терпеноиды положительно воздействуют на процесс фотосинтеза в растениях, повышая фотохимическую активность хлоропластов и увеличивая интенсивность фотосинтетического фосфорилирования. Они также значительно усиливают транспирацию, регулируя открытие устьиц. Препарат стимулирует устойчивость растений к абиотическим стрессам и грибным заболеваниям, что, вероятно, связано с ростом образования в клетках антистрессовых белков и других компонентов системы фитоиммунитета. Показано применение его в условиях жесткой засухи. Положительно влияет на качество выращенной продукции. Применяется в дозе 75 мл/га (5 % в. э. тритерпеновых кислот) при выращивании зерновых культур, гороха, кукурузы, картофеля.

Гуминовые препараты получают на основе торфа и бурого угля. Они обладают высокой биологической активностью.

Гуминовые кислоты, как главная составляющая гуминовых веществ, стимулируют ростовые процессы корневой системы и развитие растений в целом. Это позволяет квалифицировать их функцию как регуляторную в процессе жизнедеятельности растительных организмов. Обладая мембранотропным действием, гуминовые кислоты изменяют электрические характеристики клеточных мембран, способствуют более быстрому поступлению питательных веществ внутрь клетки, особенно по отношению к ионам калия. Взаимодействие гуминовых кислот с белково-липидными компонентами мембран вызывает их структурную перестройку, что способствует повышению уровня функциональной активности клетки, ускорению в ней интенсивности энергообмена, синтеза белков, ферментативной активности, деления клеток.

Стимуляция гуминовыми препаратами ростовых процессов указывает на их способность проявлять фитогормональную активность.

В составе гуминовых препаратов, кроме гуминовых кислот, присутствуют такие активные соединения как фульвокислоты, карбоновые кислоты и пектины. Обобщая результаты исследований многих авторов об условиях реализации физиологической активности гуминовых соединений, Л. А. Христева делает вывод о том, что гуминовые вещества усиливают общую резистентность растений.

В ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси» разработаны комплексные гуминовые продукты путем химической модификации исходного сырья – торфа. К ним относятся Оксигумат, Гидрогумат, Оксидат торфа. Технологические приемы, используемые в производстве препаратов, позволяют получать их с высоким выходом – до 80 % от органического вещества торфа с содержанием активных веществ до 10 %. Комплекс органических соединений препаратов на 65–70 % представлен активизированными гуминовыми веществами.

Гидрогумат – продукт кислотнo-щелoчного гидролиза торфа. Действующим веществом являются натриевые соли модифицированных гуминовых веществ торфа. Препаративная форма – темно-коричневая жидкость (рН 10) с содержанием действующего вещества не менее 10 %. Препарат имеет росторегулирующую активность, повышает всхожесть семян, ускоряет рост и развитие растений, повышает урожай и качество зерна, повышает устойчивость растений к неблагоприятным климатическим воздействиям.

Оксигумат является продуктом окислительной деструкции торфа в водно-щелочной среде с применением катализатора Со. Действующим веществом являются соли модифицированных гуминовых веществ торфа. Препаративная форма – темно-коричневая жидкость (рН 10–11) с содержанием действующего вещества не менее 10 %. В сочетании с некоторыми добавками препарат обладает противомикробным действием, которое распространяется на комплекс болезней зерновых культур: септориоз, корневые гнили, пероноспороз, мучнистая роса и др. Этот эффект достигается регулированием поступления из почвы в растения легкоподвижных азотистых веществ и увеличением степени усвоения труднодоступных фосфорных соединений.

Оксигумат и Гидрогумат входят в состав новых форм микроудобрений и комплексных препаратов, используемых для обработки посевов сельскохозяйственных культур во время вегетации.

3. ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ

Для изучения эффективности применения новых форм комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок яровых зерновых культур, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста, новых жидких комплексных микроудобрений с регуляторами роста были проведены полевые опыты с сортами ячменя кормового назначения.

Опыты с сортами ярового ячменя (раннеспелым Батка и среднепоздним Якуб) проводили в 2015–2017 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,20 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и калием (200–208 мг/кг), средним содержанием подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислой реакцией (pH_{KCL} 5,73–5,96).

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная. Норма высева семян ярового ячменя составляла 5,5 млн. всхожих семян на 1 га. Протравливание семян ячменя проводили препаратом Кинто-Дуо 2,5 л/т семян.

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения (карбамид, аммофос, хлористый калий) и комплексное удобрение марки N:P:K (16:11:20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn), разработанное в Институте почвоведения и агрохимии.

В качестве некорневых подкормок по вегетации ячменя применяли удобрения Адоб Медь; МикроСтим-Медь Л; Нутривант плюс зерновой; Кристалон особый; Кристалон коричневый; ЭлеГум-Медь. Для обработки посевов использовали регуляторы роста Экосил и Фитовитал.

Характеристика и сроки применения этих препаратов следующие:

Адоб Медь – жидкий концентрат удобрения (6,43 % меди в хелатной форме, 9 % азота и 3 % магния). Применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га. Удобрение производится в Польше. Применение удобрения укрепляет иммунитет растений, улучшает их сопротивляемость к заболеваниям.

МикроСтим-Медь Л – комплексное микроудобрение с регулятором роста растений (медь 78,0 г/л, азот 65,0 г/л, гуминовые вещества 0,60–5,0 мг/л), применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 1 л/га.

Нутривант плюс зерновой – водорастворимое комплексное удобрение израильского производства, применяли в фазе кущения и выхода в трубку в дозе по 2 кг/га. Удобрение содержит N (6 %), P₂O₅ (23 %), K₂O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %) и фертивант (прилипатель).

Кристалон особый – N (18 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (18 %), MgO (3 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (5,0 %).

Кристалон коричневый – N (3 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (38 %), MgO (4 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (27,5 %).

Кристалон особый и коричневый производятся в Нидерландах. Кристалон особый применяли в фазе кущения в дозе 2 кг/га, а коричневый – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га.

ЭлеГум-Медь – гуминовое микроудобрение с содержанием гуминовых веществ 10 г/л и меди 50 г/л. Производитель, регистрант в Беларуси и поставщик – ОАО «Зеленоборское». Применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 1 л/га.

Экосил – регулятор роста и индикатор иммунитета растений. Действующее вещество – сумма тритерпеновых кислот. Препаративная форма – 5%-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот, тягучая жидкость темно-зеленого цвета, негорючая, невзрывоопасная, нетоксичная для человека и животных. Производитель, регистрант в Беларуси и поставщик – УП «БелУниверсалПродукт». Применяли в фазе начала выхода в трубку ячменя в дозе 75 мл/га.

Фитовитал – регулятор роста, водорастворимый концентрат (д. в.: янтарная кислота, 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс микроэлементов – Mg, Cu, Fe, Zn, B, Mn, Mo, Co, Li, Br, Al, Ni), применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 0,6 л/га.

Подкормку ячменя проводили карбамидом (N₄₀) в фазе начала выхода в трубку.

Химпрополка посевов ячменя была проведена гербицидом Агроксон 0,8 л/га в фазе кущения. В фазе выхода в трубку проведена фунгицидная обработка препаратом Прозаро в дозе 0,8 л/га и инсектицидная обработка препаратом Биская в дозе 0,3 л/га; в фазе начала выхода в трубку – обработка посевов ретардантом Терпал Ц в дозе 1,5 л/га.

Результаты исследований.

Применение удобрений способствовало значительному увеличению нарастания листовой поверхности посевов ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. внесение $N_{90}P_{60}K_{90}$ (фон 1) способствовало увеличению листовой поверхности по сравнению с контролем в фазе молочно-восковой спелости у сорта Батка и сорта Якуб на 20,5 и 27,7 тыс. $m^2/га$ соответственно, а $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – на 41,7 тыс. $m^2/га$ (табл. 1).

Таблица 1. Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения в среднем за три года исследований

Варианты	Площадь листовой поверхности по фазам развития, тыс. $m^2/га$							
	Кущение		Выход в трубку		Колошение		Молочно-восковая спелость	
	Сорт Батка	Сорт Якуб	Сорт Батка	Сорт Якуб	Сорт Батка	Сорт Якуб	Сорт Батка	Сорт Якуб
Без удобрений	6,0	5,8	13,4	18,6	36,2	37,2	37,3	38,3
$N_{60}P_{60}K_{90}$	7,8	8,5	20,0	26,1	46,9	46,2	47,9	47,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	10,7	10,3	24,1	32,0	53,6	56,5	57,8	66,0
$N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – Фон 2	13,3	12,7	32,1	40,3	68,8	73,2	79,0	80,0
Фон 1 + Адоб Медь	11,2	11,6	25,7	35,8	59,4	58,6	61,7	69,3
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	12,0	11,4	26,0	34,1	60,4	57,8	64,2	66,6
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,6	11,7	27,5	34,4	60,6	60,2	64,2	67,7
Фон 1 + Экосил	11,2	12,1	28,6	34,5	57,0	60,0	62,0	67,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,7	11,4	26,7	33,8	59,8	61,3	62,3	66,6
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,4	12,8	29,9	35,6	61,9	65,0	68,3	72,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,6	11,2	28,5	36,6	62,2	66,2	67,9	70,7
Фон 1 + Фитовитал	12,0	11,2	26,4	34,0	59,2	62,5	66,7	67,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	14,8	16,7	37,4	45,7	68,9	82,8	86,4	89,0
НСР ₀₅	0,3	0,18	0,6	0,4	0,9	0,4	1,1	0,5

Возрастала листовая поверхность и при применении комплексных удобрений. В фазе молочно-восковой спелости ячменя применение удобрений Нутривант плюс и Кристалон на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало площадь листовой поверхности у раннеспелого сорта ячменя Батка

на 6,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ и не способствовало увеличению данного показателя у среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Применение польского микроудобрения Адоб Медь обеспечивало прирост листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости по сравнению с фоном на 3,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ у сорта Батка и на 3,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ у сорта Якуб. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %)) в эквивалентной дозе ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличило площадь листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости у растений раннеспелого сорта ячменя Батка на 4,5 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ и не способствовала нарастанию площади листовой поверхности у растений среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал повышала площадь листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости по сравнению с фоновым вариантом $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ на 4,2 и 8,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ у сорта Батка и на 1,8 и 1,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ соответственно у сорта Якуб.

Некорневые подкормки ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ увеличивали площадь листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости у раннеспелого сорта ячменя Батка на 10,5 и 10,1 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ и на 6,3 и 4,7 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ соответственно у среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Наибольшая площадь листовой поверхности у сорта Батка (86,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$) и у сорта Якуб (89,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$) в среднем за три года исследований в фазе молочно-восковой спелости наблюдалась в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $\text{N}_{80+40}\text{P}_{70}\text{K}_{120}$, что и обеспечивало более высокую урожайность зерна в этом варианте.

В среднем за три года исследований от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости при внесении $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений фотосинтетический потенциал листовой поверхности (ФПЛ) у сорта Батка и сорта Якуб увеличился на 0,28 и 0,38 млн. $\text{м}^2\text{сут}/\text{га}$, а при $\text{N}_{80+40}\text{P}_{70}\text{K}_{120}$ – на 0,57 и 0,48 млн. $\text{м}^2\text{сут}/\text{га}$ соответственно по каждому сорту (табл. 2).

В варианте $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ + Адоб Медь в сравнении с фоновым фотосинтетический потенциал возрастал у раннеспелого сорта ячменя Батка на 0,13–0,36 млн. $\text{м}^2\text{сут}/\text{га}$, у среднепозднего сорта ячменя

Якуб – на 0,04–0,30 млн. м²сут/га соответственно в межфазный период кущения – молочно-восковой спелости.

Таблица 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал листовой поверхности ячменя в среднем за три года исследований

Варианты	Фотосинтетический потенциал по фазам развития, млн. м ² сут/га					
	Кущение – выход в трубку		Выход в трубку – колошение		Колошение – молочно-восковая спелость	
	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб
Без удобрений	0,17	0,16	0,35	0,35	0,55	0,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,23	0,24	0,46	0,50	0,71	0,76
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	0,29	0,30	0,55	0,56	0,83	0,92
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	0,36	0,40	0,71	0,72	1,12	1,20
Фон 1 + Адоб Медь	0,30	0,34	0,60	0,62	0,91	0,96
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,31	0,33	0,60	0,64	0,93	1,02
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	0,32	0,35	0,61	0,65	0,94	1,05
Фон 1 + Экосил	0,32	0,35	0,60	0,63	0,89	1,02
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	0,32	0,33	0,60	0,61	0,92	0,99
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	0,34	0,36	0,64	0,69	0,97	1,13
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	0,32	0,35	0,62	0,78	0,98	1,20
Фон 1 + Фитовитал	0,33	0,34	0,60	0,72	0,95	1,04
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,42	0,46	0,79	0,89	1,24	1,41
НСР ₀₅	0,02	0,01	0,04	0,011	0,05	0,014

Новое комплексное удобрение для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %)) в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало по сравнению с ними данный показатель в 2015–2017 гг. на 0,05–0,09 млн. м²сут/га у сорта Батька, у сорта Якуб фотосинтетический потенциал листовой поверхности возрастал на 0,03–0,07 млн. м²сут/га в межфазный период выхода в трубку – молочно-восковой спелости.

Применение удобрений Нутривант плюс и Кристалон в некорневую подкормку по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивало

фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сорта Батька в среднем за три года на 0,05–0,10 и 0,06–0,11 млн. м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,03–0,10 и 0,05–0,13 млн. м²сут/га соответственно в межфазный период выхода в трубку – молочно-восковой спелости.

Обработка посевов ячменя сорта Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ в 2015–2017 гг. увеличивала фотосинтетический потенциал на 0,05–0,06 и на 0,05–0,12 млн. м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,05–0,10 и 0,04–0,16 млн. м²сут/га соответственно в межфазный период выхода в трубку – молочно-восковой спелости. Некорневая подкормка ЭлеГум-Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ способствовала возрастанию фотосинтетического потенциала посевов раннеспелого сорта ячменя Батька на 0,09–0,14 млн. м²сут/га и среднепозднего сорта Якуб – на 0,06–0,21 млн. м²сут/га соответственно. Применение МикроСтим-Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ в среднем за три года увеличивало фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сорта Батька на 0,07–0,15 млн. м²сут/га, у сорта Якуб данный показатель в этом же варианте в межфазный период выхода в трубку – молочно-восковой спелости возрастал на 0,05 и 0,28 млн. м²сут/га.

Наибольший фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сорта ячменя Батька (0,79–1,24 млн. м²сут/га) и ячменя сорта Якуб (0,46–1,41 млн. м²сут/га) отмечен в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀₊₄₀P₇₀K₁₂₀. В этом варианте опыта отмечена и более высокая урожайность зерна ячменя.

В 2015–2017 гг. при обработке посевов ярового ячменя на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку повышалась урожайность зерна раннеспелого сорта Батька на 6,0 и 6,9 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 14,4 и 14,8 кг зерна, у среднепозднего сорта Якуб урожайность зерна в этих же вариантах возрастала на 4,3 и 8,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 кг НРК 14,8 и 16,7 кг зерна. При повышенных дозах минеральных удобрений (N₈₀₊₄₀P₇₀K₁₂₀) применение МикроСтим-Медь Л увеличивало урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька и среднепозднего сорта Якуб на 7,5 и 7,8 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 13,9 и 15,1 кг зерна соответственно по каждому сорту (табл. 3, 4).

Таблица 3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька в 2015–2017 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупае- мость 1 кг НРК, кг зерна
	Годы					Фон 1	Фон 2	
	2015	2016	2017					
Без удобрений	28,1	28,2	24,0	26,8	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	37,7	50,1	51,3	46,4	19,6	–	–	9,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	48,5	57,4	60,5	55,5	28,7	–	–	11,9
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	50,7	65,1	70,7	62,2	35,4	–	–	11,4
Фон 1 + Адоб Медь	55,4	60,8	68,2	61,5	34,7	6,0	–	14,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	52,7	60,5	66,2	59,8	33,0	4,3	–	13,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	54,9	61,1	67,2	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 1 + Экосил	53,2	61,6	65,8	60,2	33,4	4,7	–	13,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	58,1	61,0	66,2	61,8	35,0	6,3	–	14,6
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	61,8	63,2	68,6	64,5	37,7	9,0	–	15,7
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	53,8	64,5	69,0	62,4	35,6	6,9	–	14,8
Фон 1 + Фитовитал	57,9	60,0	65,5	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	60,9	71,5	77,5	70,0	43,2	–	7,8	13,9
НСР ₀₅	1,5	3,4	1,5	1,3	–	–	–	–

Некорневая подкормка водорастворимым комплексным удобрением Кристалон (2 обработки) по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличила урожайность зерна раннеспелого сорта Батька на 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 14,3 кг зерна; у среднепозднего сорта ячменя Якуб прибавка к фону составила 5,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 кг NPK 15,5 кг зерна.

Таким образом, отечественное микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ по сравнению с импортным удобрением Адоб Медь польского производства обеспечивало прибавку урожайности зерна на среднепозднем сорте Якуб в 4,5 ц/га. На раннеспелом сорте микроудобрение МикроСтим-Медь Л по действию было таким же, как и Адоб Медь.

Таблица 4. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна среднепозднего сорта ячменя Якуб в 2015–2017 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	Годы					Фон 1	Фон 2	
	2015	2016	2017					
Без удобрений	22,2	29,6	25,2	25,7	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	37,8	57,5	52,8	49,4	23,7	–	–	11,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	47,4	62,2	61,3	57,0	31,3	–	–	13,0
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	54,2	69,1	71,9	65,1	39,4	–	–	12,7
Фон 1 + Адоб Медь	52,4	66,6	65,0	61,3	35,6	4,3	–	14,8
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	55,0	66,4	62,3	61,2	35,5	4,2	–	14,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	55,1	67,5	65,8	62,8	37,1	5,8	–	15,5
Фон 1 + Экосил	54,1	65,1	64,4	61,2	35,5	4,2	–	14,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	56,1	65,4	66,5	62,7	37,0	5,7	–	15,4
Фон 1 + ЭлеГ ум- Медь	60,3	70,4	69,4	66,7	41,0	9,7	–	17,1
Фон 1 + МикроСтим- Медь Л	57,9	69,1	70,5	65,8	40,1	8,8	–	16,7
Фон 1 + Фитовитал	55,9	64,5	66,2	62,2	36,5	5,2	–	15,2
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	63,5	75,7	78,4	72,5	46,8	–	7,5	15,1
НСР ₀₅	2,1	4,2	1,6	1,5	–	–	–	–

Обработка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батка на 4,7 и 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 13,9 и 14,3 кг зерна соответственно. На среднепозднем сорте Якуб Экосил и Фитовитал повышали урожайность зерна на 4,2 и 5,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 14,8 и 15,2 кг зерна соответственно (табл. 3, 4).

Применение нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур с Cu и Mn увеличивало урожайность зерна раннеспелого ячменя сорта Батка на 6,3 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) применяли карбамид, аммофос и хлористый калий. Окупаемость 1 кг NPK при этом составила 14,6 кг зерна.

На среднепозднем сорте ячменя Якуб прибавка при применении этого удобрения составила 5,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 15,4 кг зерна. Некорневая подкормка микроудобрением ЭлеГум-Медь в фазу начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька на 9,0 ц/га и среднепозднего сорта Якуб на 9,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 15,7 и 17,1 кг зерна соответственно. По действию удобрение ЭлеГум-Медь было на уровне МикроСтим-Медь Л (см. табл. 3, 4).

По вариантам опыта урожайность среднепозднего сорта ячменя Якуб была несколько выше, чем у раннеспелого сорта Батька. Максимальная урожайность зерна сортов Батька и Якуб отмечена в варианте $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ в сочетании с обработкой посевов МикроСтим-Медь Л, которая составила 70,0 и 72,5 ц/га соответственно (см. табл. 3, 4).

Важным показателем качества зерна ячменя является содержание клетчатки и крахмала. Эти составляющие определяют питательную и энергетическую ценность зерна.

В среднем за три года в варианте без удобрений содержание клетчатки у сорта Батька и сорта Якуб составило 3,85 и 3,77 %, крахмала – 44,7 и 44,8 % соответственно (табл. 5, 6).

Таблица 5. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на содержание клетчатки (%) в зерне ячменя в 2015–2017 гг.

Варианты	Сорт Батька				Сорт Якуб			
	Годы			Среднее	Годы			Среднее
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Без удобрений	3,98	3,95	3,62	3,85	3,97	3,64	3,69	3,77
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,24	4,12	3,65	4,00	4,03	3,89	3,82	3,91
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	4,29	4,12	3,68	4,03	4,15	3,89	4,03	4,02
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	4,73	4,81	4,35	4,63	4,33	4,56	4,50	4,46
Фон 1 + Адоб Медь	4,33	4,35	3,99	4,22	4,20	4,02	4,10	4,11
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	4,38	4,42	3,79	4,20	4,29	4,26	4,20	4,25
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	4,53	4,44	3,87	4,28	4,28	4,27	4,25	4,27
Фон 1 + Экосил	4,26	4,35	3,79	4,13	4,15	3,96	4,03	4,05
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Си (0,15 %), Мп (0,10 %) (комплексное)	4,29	4,18	4,09	4,19	4,21	4,22	4,25	4,23
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	4,54	4,56	4,09	4,40	4,23	4,30	4,30	4,28
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	4,58	4,42	4,10	4,37	4,30	4,31	4,48	4,36
Фон 1 + Фитовитал	4,29	4,28	3,87	4,15	4,18	4,18	4,04	4,13
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	4,73	5,03	4,53	4,76	4,59	5,04	4,57	4,73
НСР ₀₅	0,7	0,5	0,7	0,4	0,4	0,5	0,7	0,3

Таблица 6. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на содержание крахмала (%) в зерне ячменя в 2015–2017 гг.

Варианты	Сорт Батька				Сорт Якуб			
	Годы			Среднее	Годы			Среднее
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Без удобрений	48,4	37,3	48,5	44,7	44,9	39,6	50,0	44,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	49,0	40,6	50,3	46,6	48,0	43,4	50,7	47,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	51,4	49,3	50,4	50,4	48,3	48,7	51,2	49,4
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	56,9	55,3	53,3	55,2	56,0	57,2	53,0	55,4
Фон 1 + Адоб Медь	54,9	53,0	51,2	53,0	53,3	51,4	51,8	52,2
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	53,9	53,7	51,4	53,0	52,5	53,0	52,0	52,5
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	55,2	52,4	52,3	53,3	52,7	53,9	51,9	52,8
Фон 1 + Экосил	53,4	51,6	50,4	51,8	51,8	50,2	51,3	51,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	54,7	52,4	51,0	52,7	51,9	52,0	51,9	51,9
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	56,1	54,4	52,2	54,2	54,3	54,7	51,6	53,5
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	56,8	55,1	53,0	55,0	55,8	54,5	52,1	54,1
Фон 1 + Фитовитал	53,4	51,1	50,8	51,8	51,6	51,7	51,5	51,6
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	57,3	55,5	53,4	55,4	56,6	57,7	53,3	55,9
НСР ₀₅	6,0	5,1	4,5	3,0	5,1	4,7	2,2	2,4

В варианте с применением N₆₀P₆₀K₉₀ в сравнении с вариантом без удобрений содержание клетчатки у сорта Батька и сорта Якуб возросло на 0,15 и 0,14 %, крахмала – на 1,9 и 2,6 % соответственно. В фоновом варианте N₉₀P₆₀K₉₀ в среднем за три года исследований у сорта Батька и сорта Якуб содержание клетчатки составило 4,03 и 4,02 %, крахмала – 50,4 и 49,4 % соответственно. На фоне повышенных доз минеральных удобрений в сочетании с дробным внесением азота (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀) содержание клетчатки у раннеспелого сорта ячменя Батька и среднепозднего сорта Якуб составило 4,35 и 4,46 %, крахмала – 55,2 и 55,4 % соответственно.

Некорневая подкормка посевов ячменя микроудобрениями МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ способствовала увеличению содержания в зерне ячменя сорта Батька в среднем за три года исследований крахмала на 4,6 и 3,8 % и 2,6 % и не способствовала увеличению содержания клетчатки в зерне. У сорта Якуб в этих же вариантах опыта содержание крахмала увеличилось на 4,7, 4,1 и 2,8 % соответственно и клетчатки – на 0,34 % только в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀.

Применение микроудобрения Адоб Медь не способствовало возрастанию содержания клетчатки в зерне ячменя обоих сортов.

В 2015–2017 гг. применение нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %)) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) в посевах ячменя сорта Батька и сорта Якуб не оказало существенного влияния на увеличение содержания клетчатки и крахмала в зерне ячменя обоих сортов.

В среднем за три года некорневая подкормка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ не способствовала увеличению содержания клетчатки и крахмала в зерне ячменя сорта Батька и сорта Якуб.

Наибольшее содержание в зерне ячменя сорта Батька и сорта Якуб клетчатки (4,76 и 4,73 %) и крахмала (55,4 и 55,9 %) отмечено в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$, где применялись повышенные дозы минеральных удобрений.

Одним из важнейших показателей качества зерна ячменя является содержание сырого протеина. Этот показатель увеличивался с возрастанием доз вносимых азотных удобрений. Так, в 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений содержание сырого протеина составило у раннеспелого сорта Батька 9,6 %, у среднепозднего сорта Якуб – 9,3 %. Выход сырого протеина в этих вариантах опыта был у сорта Батька 2,2 ц/га, а у сорта Якуб – 2,1 ц/га (табл. 7, 8).

Таблица 7. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на качество зерна ячменя сорта Батька в 2015–2017 гг.

Варианты	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
1	2	3	4	5	6
Без удобрений	9,6	2,2	32,3	1,8	54,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	10,6	4,3	55,9	3,4	60,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	11,2	5,4	66,9	4,3	63,3
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	12,4	6,7	75,0	5,3	70,0
Фон 1 + Адоб Медь	11,2	6,0	74,1	4,7	63,0
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	11,3	5,8	72,1	4,6	63,5
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,7	6,2	73,6	4,9	65,9

1	2	3	4	5	6
Фон 1 + Экосил	11,7	6,1	72,5	4,8	66,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,7	6,2	74,4	4,9	66,2
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	12,4	6,9	77,8	5,4	69,9
Фон 1 + Микро- Стим-Медь Л	12,4	6,6	75,3	5,3	69,8
Фон 1 + Фитовитал	11,9	6,3	73,7	4,9	67,0
Фон 2 + Микро- Стим-Медь Л	13,0	7,8	84,4	6,2	73,3
НСР ₀₅	0,5	–	–	–	–

Таблица 8. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на качество зерна ячменя сорта Якуб в 2015–2017 гг.

Варианты	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
Без удобрений	9,3	2,1	30,9	1,7	52,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	10,3	4,5	59,5	3,5	58,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	11,2	5,5	68,7	4,4	63,3
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	11,6	6,1	74,1	4,9	65,3
Фон 1 + Адоб Медь	11,2	6,2	76,7	4,9	63,3
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	10,7	5,8	74,9	4,5	60,5
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,4	6,1	74,3	4,8	64,6
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,4	6,1	74,3	4,8	64,6
Фон 1 + Экосил	11,3	6,0	74,3	4,7	63,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,5	6,1	74,7	4,8	64,8
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	12,2	6,9	79,2	5,4	68,4
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,2	6,8	78,9	5,4	68,5
Фон 1 + Фитовитал	11,9	6,5	76,7	5,1	67,0
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	12,9	7,6	82,4	6,0	72,8
НСР ₀₅	0,3	–	–	–	–

В среднем за три года в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ у раннеспелого сорта Батка и среднеспозднего сорта Якуб содержание сырого протеина было 11,2 %, выход сырого протеина составил 5,4 и 5,5 ц/га соответственно. В 2015–2017 гг. в варианте с использованием повышенных доз удобрений ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) в подкормку содержание сырого протеина составило у сорта Батка 12,4 %, сорта Якуб – 11,6 %, выход сырого протеина – 6,7 и 6,1 ц/га соответственно. Применение азотно-фосфорно-калийного удобрения (АФК) с Си и Мп по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) стандартных удобрений в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия увеличивало содержание сырого протеина у раннеспелого сорта Батка на 0,5 %, у среднеспозднего сорта Якуб – на 0,3 %, выход сырого протеина возрос на 0,8 и 0,6 ц/га соответственно.

В среднем за три года обработка посевов ячменя препаратами ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила содержание сырого протеина на 1,2 % у сорта Батка и на 1,0 % у сорта Якуб.

Выход сырого протеина в данных вариантах опыта возрастал на 1,5 и 1,2 ц/га у сорта Батка и на 1,4 и 1,3 ц/га у сорта Якуб. Использование микроудобрения Адоб Медь в среднем за три года положительного влияния на увеличение содержания сырого протеина в зерне ячменя не оказало.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристаллоном в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в 2015–2017 гг. увеличивала содержание сырого протеина на 0,5 % у сорта Батка и не способствовала возрастанию сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб. Выход сырого протеина в данном варианте опыта увеличился на 0,8 и 0,6 ц/га соответственно по каждому сорту. Применение комплексного удобрения для некорневой подкормки Нутривант плюс зерновой не способствовало возрастанию содержания сырого протеина в зерне ячменя.

В среднем за три года исследований обработка посевов ярового ячменя сорта Батка регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина в зерне на 0,5 и 0,7 %, выход сырого протеина – на 0,7 и 0,9 ц/га соответственно. В зерне ячменя сорта Якуб содержание сырого протеина возросло в варианте с применением Фитовитала на 0,7 %, выход сырого протеина – 1,0 ц/га. Экосил существенно не способствовал увеличению содержания сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб, возрастал лишь выход сырого протеина на 0,5 ц/га.

В 2015–2017 гг. наибольшее содержание сырого протеина наблюдалось как у раннеспелого (13,1 %), так и у среднепозднего (12,9 %) сортов ячменя в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$. Максимальным в этом варианте опыта был и выход сырого протеина, который составил 7,8 и 7,6 ц/га соответственно.

Наибольший выход кормовых единиц в среднем за три года исследований у раннеспелого сорта ячменя Батька и у среднепозднего сорта Якуб зафиксирован в варианте $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л: 84,4 и 82,4 ц/га соответственно.

Максимальный выход переваримого протеина у раннеспелого сорта ячменя (6,2 ц/га) и у среднепозднего сорта (6,0 ц/га) отмечен в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$. В данном варианте отмечена и самая высокая обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином: сорт Батька – 73,3 г, сорт Якуб – 72,8 г.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Очень важное значение для сельскохозяйственного производства имеет экономическая оценка применения удобрений. Однако цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию меняются в зависимости от рыночной конъюнктуры, поэтому их можно использовать только для краткосрочного планирования.

Прибавка урожая за счет удобрений рассчитывается вычетом урожайности зерна в удобряемом варианте от урожайности полученной в варианте без удобрений. Основными показателями экономической эффективности удобрений являются: прибыль (чистый доход) на гектар посева от применения удобрений и его производные – рентабельность или прибыль на единицу произведенных затрат (один рубль, один долл. США, один Евро), на единицу внесенных удобрений (на 1 т NPK, на 1 т навоза).

Были использованы нормативы затрат на технологические процессы и цены на удобрения по состоянию на 2017 г. Стоимость продукции также определяли исходя из закупочных цен на зерно ячменя в 2017 г.

В вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ у сорта ячменя Батька были самые низкие показатели стоимости прибавки (199,1 и 291,6 долл/га), чистого дохода (42,4 и 85,8 долл/га) и рентабельности (27,0 и 41,7%), у сорта Якуб в данных вариантах опыта стоимость прибавки и чистый доход также были наименьшими (240,8 и 318,0 долл/га и 70,5 и

103,6 долл/га) при рентабельности всего 41,4 и 48,3 %. В варианте с применением повышенных доз удобрений ($N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$) с азотной подкормкой стоимость прибавки и чистый доход у сорта Батька составили 359,7 и 99,1 долл/га, рентабельность – 38,0 %, у сорта Якуб – 400,3 и 126,5 долл/га, рентабельность – 46,2 % (табл. 9, 10).

Таблица 9. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста в посевах ячменя сорта Батька в среднем за три года исследований

Варианты	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, долл.	Всего затрат, долл.	Чистый доход, долл.	Рентабельность, %
Без удобрений	–	–	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{90}$	19,6	199,1	156,8	42,4	27,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	28,7	291,6	205,8	85,8	41,7
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	35,4	359,7	260,6	99,1	38,0
Фон 1 + Адоб Медь	34,7	352,6	232,8	119,7	51,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	33,0	335,3	238,8	96,5	40,4
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	34,3	348,5	242,3	106,2	43,8
Фон 1 + Экосил	33,4	339,3	221,6	117,7	53,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	35,0	355,6	220,9	134,7	60,9
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	37,7	383,0	237,6	145,4	61,2
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	35,6	361,7	231,2	130,5	56,4
Фон 1 + Фитовитал	34,3	348,5	227,4	121,1	53,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	43,2	438,9	288,9	150,0	51,9

Применение азотно-фосфорно-калийного удобрения с Cu и Mn по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) удобрений в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия повышало стоимость прибавки и чистый доход у сорта Батька на 64,0 и 48,9 долл/га, а рентабельность – на 19,2 %, у сорта Якуб – на 57,9 и 44,8 долл/га и на 19,2 % соответственно.

Некорневая подкормка посевов ячменя комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовала увеличению стоимости прибавки и чистого дохода у сорта Батька на 70,1 и 44,7 долл/га, рентабельности – на 14,7 %, а у

сорта Якуб – на 89,4 и 57,8 долл/га, рентабельности – на 17,3 %. Применение микроудобрения Адоб Медь в посевах ячменя сорта Батька способствовало увеличению стоимости прибавки и чистого дохода на 61,0 и 33,9 долл/га, рентабельности – на 9,7 %, у сорта Якуб данные показатели увеличились на 43,7 и 22,3 долл/га, рентабельность – на 5,1 %.

Таблица 10. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста в посевах ячменя сорта Якуб в среднем за три года исследований

Варианты	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, долл.	Всего затрат, долл.	Чистый доход, долл.	Рентабельность, %
Без удобрений	–	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	23,7	240,8	170,3	70,5	41,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	31,3	318,0	214,4	103,6	48,3
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	39,4	400,3	273,8	126,5	46,2
Фон 1 + Адоб Медь	35,6	361,7	235,8	125,9	53,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	35,5	360,7	247,1	113,6	46,0
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	37,1	376,9	251,5	125,4	49,9
Фон 1 + Экосил	35,5	360,7	228,6	132,1	57,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	37,0	375,9	227,5	148,4	65,2
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	41,0	416,6	248,5	168,0	67,6
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	40,1	407,4	246,0	161,4	65,6
Фон 1 + Фитовитал	36,5	370,8	234,6	136,2	58,1
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	46,8	475,5	300,8	174,7	58,1

Двукратная обработка посевов ячменя комплексным удобрением Кристалон в фазе кушения и выхода в трубку на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ способствовала увеличению стоимости прибавки и чистого дохода у сорта Батька на 56,9 и 20,4 долл/га, рентабельности – на 2,1 %, у сорта Якуб эти показатели возросли на 58,9 и 21,8 долл/га, рентабельность – на 2,1 %. Применение комплексного удобрения для некорневой подкормки Нутривант плюс у сорта Батька способствовало возрастанию стоимости прибавки и чистого дохода на 43,7 и 10,0 долл/га, у сорта Якуб данные показатели увеличились на 42,7 и

10,0 долл/га. Рентабельность при этом по сравнению с фоном $N_{90}P_{60}K_{90}$ снизилась на 1,3 и 2,3 % соответственно по каждому сорту.

Обработка посевов ярового ячменя сорта Батка регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечила возрастание стоимости прибавки на 47,7 и 56,9 долл/га, чистого дохода – на 15,8 и 35,3 долл/га и рентабельности – на 11,4 и 11,6 %. В этих же вариантах опыта у сорта Якуб стоимость прибавки возросла на 42,7 и 52,8 долл/га, чистый доход – на 61,6 и 32,6 долл/га, рентабельность при этом увеличилась на 9,5 и 10,0 % соответственно.

Наибольшая стоимость прибавки, производственные затраты и чистый доход у сорта Батка (438,9, 288,9 и 150,0 долл/га) и у сорта Якуб (475,5, 300,8 и 174,7 долл/га) отмечены в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

Максимальная рентабельность у раннеспелого сорта ячменя Батка наблюдалась в варианте с применением ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ (61,2 %) и комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения с Cu и Mn (60,9 %). У сорта Якуб наибольшая рентабельность отмечена в вариантах с некорневой подкормкой ЭлеГум-Медь (67,6 %) и МикроСтим-Медь Л (65,6 %) на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$.

Расчет энергетической эффективности дает более объективное и долгосрочное представление об эффективности используемых приемов по сравнению с экономической оценкой применения минеральных удобрений и средств химизации.

Суть энергетического анализа состоит в том, что все количественные показатели – фактическая прибавка урожая сельскохозяйственных культур от удобрений и затраты на применение удобрений – выражаются в энергетическом эквиваленте – Дж (Мдж). Основными показателями энергетической эффективности применения удобрений являются коэффициент энергетической эффективности и удельные энергетические затраты.

В вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ у раннеспелого сорта Батка по сравнению с вариантом без удобрений показатели общих и удельных энергозатрат составили 14746,8 и 19837,5 МДж/га и 752,4 и 691,2 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи – 2,19 и 2,38, у среднепозднего сорта Якуб данные показатели были 15948,1 и 20599,3 МДж/га и 672,8 и 658,1 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи составил 2,44 и 2,50 соответственно.

В варианте с использованием повышенных доз удобрений ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) и азотной подкормки в сравнении с вариантом без удоб-

рений общие и удельные энергозатраты у сорта Батька составили 25029,2 МДж/га и 707,0 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи – 2,33, у сорта Якуб – 26201,2 МДж/га и 665,0 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи – 2,47 (табл. 11, 12).

Обработка посевов ячменя сорта Батька и сорта Якуб микроудобрением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила общие энергозатраты на 2272,2 и 2828,9 МДж/га, удельные энергозатраты снизились на 70,1 и 73,9 МДж/ц, а коэффициент энергоотдачи увеличился на 0,37 и 0,32 соответственно.

Таблица 11. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста в посевах ячменя сорта Батька в среднем за три года исследований

Варианты	При- бавка ц/га	Содер- жание энергии в прибавке урожая, МДж/га	Общие энерго- затраты, МДж/га	Удель- ные энерго- затраты, МДж/ц	Кэф- фици- ент энер- го- отда- чи
Без удобрений	–	–	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{90}$	19,6	32242,0	14746,8	752,4	2,19
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	28,7	47211,5	19837,5	691,2	2,38
$N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40} – Фон 2	35,4	58233,0	25029,2	707,0	2,33
Фон 1 + Адоб Медь	34,7	57081,5	21846,0	629,6	2,61
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	33,0	54285,0	21551,4	653,1	2,52
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	34,3	56423,5	21932,3	639,4	2,57
Фон 1 + Экосил	33,4	54943,0	21475,1	643,0	2,56
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	35,0	57575,0	13057,6	373,1	4,41
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	37,7	62016,5	22725,0	602,8	2,73
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	35,6	58562,0	22109,7	621,1	2,65
Фон 1 + Фитовитал	34,3	56423,5	21738,8	633,8	2,60
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	43,2	71064,0	27565,1	638,1	2,58

Использование микроудобрений Адоб Медь и ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в посевах ячменя сорта Батька обеспечило увеличение общих энергозатрат на 2008,5 и 2887,5 МДж/га, снижение удельных энергозатрат на 61,6 и 88,4 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи возрос на 0,23 и 0,35. У сорта Якуб в данных вариантах опыта общие энергозатраты увеличились 1510,4 и 3092,6 МДж/га, удельные энергозатраты

снизились на 37,0 и 80,2 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи возрос на 0,15 и 0,35 соответственно.

При двукратной обработке посевов ячменя удобрениями Кристалон и Нутривант плюс в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ общие энергозатраты у сорта ячменя Батка увеличились на 2094,8 и 1713,9 МДж/га, удельные энергозатраты снизились на 51,8 и 38,1 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи увеличился на 0,19 и 0,14. У сорта ячменя Якуб в данных вариантах опыта общие энергозатраты увеличились на 2153,4 и 1684,6 МДж/га, удельные энергозатраты уменьшились на 44,8 и 30,4 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи возрос на 0,18 и 0,12 соответственно.

Таблица 12. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста в посевах ячменя сорта Якуб в среднем за три года исследований

Варианты	При- бавка, ц/га	Содер- жание энергии в при- бавке уро- жая, МДж/га	Общие энерго- затраты, МДж/га	Удель- ные энерго- затраты, МДж/ц	Коэф- фици- ент энер- го- отдачи
Без удобрений	—	—	—	—	—
$N_{60}P_{60}K_{90}$	23,7	38986,5	15948,1	672,9	2,44
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	31,3	51488,5	20599,3	658,1	2,50
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	39,4	64813,0	26201,2	665,0	2,47
Фон 1 + Адоб Медь	35,6	58562,0	22109,7	621,1	2,65
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	35,5	58397,5	22283,9	627,7	2,62
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	37,1	61029,5	22752,7	613,3	2,68
Фон 1 + Экосил	35,5	58397,5	22090,4	622,3	2,64
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	37,0	60865,0	13643,6	368,7	4,46
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	41,0	67445,0	23691,9	577,9	2,85
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	40,1	65964,5	23428,2	584,2	2,82
Фон 1 + Фитовитал	36,5	60042,5	22383,4	613,2	2,68
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	46,8	76986,0	28619,9	611,5	2,69

При обработке посевов ярового ячменя сорта Батка регуляторами роста Экосил и Фитовитал общие энергозатраты возросли на 1637,6 и 1901,3 МДж/га, при этом удельные энергозатраты снизились на 48,2 и

57,4 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи увеличился на 0,18 и 0,24. У сорта Якуб в данных вариантах опыта общие энергозатраты возросли на 1491,1 и 1784,1 МДж/га, удельные энергозатраты снизились на 35,8 и 44,9 МДж/ц, коэффициент энергоотдачи увеличился на 0,14 и 0,18 соответственно.

Наибольшее содержание энергии в прибавке урожая и общие энергозатраты у сорта Батька (71064,0 и 27565,1 МДж/га) и Якуб (76986,0 и 28619,9 МДж/га) были в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, коэффициент энергоотдачи в данном варианте опыта составил 2,85 и 2,69.

Наименьшие показатели общих и удельных энергетических затрат у сорта Батька и сорта Якуб (13643,6 МДж/га и 368,7 МДж/ц) отмечены в варианте с применением комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения с Cu и Mn в дозе, эквивалентной $N_{90}P_{60}K_{90}$. В этом же варианте опыта был максимальный коэффициент энергоотдачи – 4,41 и 4,46 соответственно по каждому сорту.

При применении комплексного удобрения с Cu и Mn по сравнению с внесением стандартных азотных, фосфорных и калийных удобрений удельные энергозатраты снизились у сорта Батька и сорта Якуб на 46 и 44 % соответственно.

Из других вариантов с высокой энергетической эффективностью следует отметить варианты с применением $N_{90}P_{60}K_{90}$ + ЭлеГум-Медь и $N_{90}P_{60}K_{90}$ + МикроСтим-Медь Л. В этих вариантах опыта удельные энергозатраты составили у сорта Батька 602,8 и 621,1 МДж/ц и у сорта Якуб – 577,9 и 584,2 МДж/ц. Следует отметить, что удельные энергозатраты по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ при применении МикроСтим-Медь Л и ЭлеГум-Медь у сорта Батька снизились на 11,2 и 12,8 %, а у сорта Якуб – на 11,3 и 12,3 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее выгодными ресурсосберегающими вариантами систем удобрения ячменя являются варианты с применением комплексного удобрения для основного внесения марки NPK с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn в дозе, эквивалентной $N_{90}P_{60}K_{90}$, и с некорневыми подкормками микроудобрениями ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, которые существенно снижают энергозатраты на производство 1 ц зерна.

Применение микроудобрений белорусского производства МикроСтим-Медь Л и ЭлеГум-Медь по действию на урожайность

зерна ячменя не уступало польскому микроудобрению Адоб Медь, а по экономической и энергетической эффективности они превосходили его и их можно использовать для импортозамещения.

Для получения высоких, экономически выгодных урожаев зерна ячменя кормового назначения хорошего качества на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднекультуренной почве можно использовать следующие схемы применения удобрений.

При первой технологической схеме для получения урожайности 60–65 ц/га зерна до посева вносится азотно-фосфорно-калийное удобрение с Cu и Mn в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ или применяется до посева $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия с дополнительной обработкой посевов микроудобрениями ЭлеГум-Медь или МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку в дозе 1 л/га.

Вторая технологическая схема для получения урожайности 70–72 ц/га зерна предусматривает внесение под культивацию $\text{N}_{80}\text{P}_{70}\text{K}_{120}$ в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия, подкормку в фазе начала выхода в трубку N_{40} в форме карбамида и некорневую подкормку МикроСтим-Медь Л в дозе 1 л/га (расход рабочего раствора – 200 л/га).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Значение микроэлементов в жизни растений и основы применения микроудобрений	6
2. Физиологическая роль регуляторов роста растений	10
3. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на продукционные процессы, урожайность и качество ячменя.....	13
4. Экономическая и энергетическая эффективность применения новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании ячменя.....	26
Заключение.....	32

Практическое издание

Вильдфлуш Игорь Робертович
Цыганов Александр Риммович
Пироговская Галина Владимировна и др.

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ**

Рекомендации

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать 29.08.2019. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,64.
Тираж 100 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.