

На правах рукописи



Ковалёв Сергей Сергеевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Краснодар – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ)

**Научный
руководитель:**

доктор биологических наук, профессор,
академик РАН

Шеуджен Асхад Хазретович

**Официальные
оппоненты:**

Аканова Наталья Ивановна

доктор биологических наук, профессор,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», заведующая лабораторией агрохимии органических, известковых удобрений и химической мелиорации

Шхапацев Аслан Капланович

кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», декан факультета аграрных технологий

**Ведущая
организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донской государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «20» сентября 2023 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.06 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, главный корпус, аудитория 106.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» - <http://www.kubsau.ru> и ВАК - <http://www.vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук



О.А. Гуторова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и основание для исследований. На Кубани посевные площади ячменя озимого с каждым годом возрастают. Это связано с широким использованием культуры не только в хлебопечении, но и при изготовлении диетических продуктов и круп.

На основании ежегодного агрохимического обследования пахотных земель, установлено, что за последние 40 лет в Краснодарском крае площадь плодородных черноземов уменьшилась на 10 %. Снижение плодородия наиболее заметно на обыкновенных и выщелоченных подтипах. В условиях интенсификации технологии выращивания сельскохозяйственных культур недостаточное количество применения органических и минеральных удобрений в хозяйствах края приводит к снижению содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в почве, что в свою очередь ведет к перераспределению их в группы более низкой для питания культурных растений обеспеченности. Вынос элементов питания с урожаем существенно превышает их возврат в почву с удобрениями (Кудеяров В.Н., Семенов В.М., 2004; Шеуджен А.Х., 2016). В связи с этим совершенствование системы удобрения ячменя озимого является актуальной проблемой.

Цель исследований – научное обоснование применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого при возделывании на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

Программой исследований предусматривалось решение следующих задач:

- изучить динамику содержания минерального азота, подвижных форм фосфора и калия в черноземе выщелоченном в зависимости от норм и сочетаний макро- и микроудобрений при возделывании ячменя озимого;
- выявить особенности влияния макро- и микроудобрений на рост и развитие растений;
- изучить динамику содержания азота, фосфора и калия в растениях в зависимости от применяемых удобрений;
- определить вынос урожаем элементов питания из почвы при различных системах удобрения;
- установить влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя озимого;
- выявить оптимальные нормы макро- и микроудобрений при заданном агрохимическом фоне;
- дать экономическую оценку эффективности применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого.

Научная новизна. Впервые в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном при применении макро- и микроудобрений установлены особенности питания растений ячменя озимого сорта Рубеж и выявлены изменения агрохимических показателей плодородия почвы. Расширены знания о влиянии удобрений на рост, развитие растений, количество и качество урожая. Получены новые данные по выносу азота, фосфора и калия с урожаем основной и побочной продукции.

Практическая значимость работы. По результатам проведенной работы предложена система удобрения для возделывания ячменя озимого на черноземе выщелоченном, обеспечивающая повышение урожайности культуры и улучшение качества зерна.

Методология и методы исследования. Теория и методология исследований основана на анализе научных трудов. Результаты исследований получены общепринятыми методиками. Полученные данные оценивали методом дисперсионного анализа (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., 2015).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Предлагаемая система удобрения улучшает питательный режим почвы и повышает обеспеченность растений ячменя озимого элементами минерального питания;

2. Применение макро- и микроудобрений повышает содержание азота, фосфора и калия в растениях ячменя озимого;

3. Макро- и микроудобрения усиливают процессы роста и развития растений ячменя озимого, положительно влияя на его продуктивность.

Апробация работы. Ежегодно результаты исследований были рассмотрены и утверждены на заседаниях профессорско-преподавательского состава кафедры агрономической химии Кубанского ГАУ имени И.Т. Трубилина (2017-2018-2019-2020); доложены на конференциях различного уровня: Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 310-летию Йогану Готтшальку Валлериусу и 90-летию академика Ефимова Виктора Никифоровича (Краснодар 2019 г.), Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями (Краснодар 2018 г.).

Вклад автора. Выполнен анализ литературных источников по данному направлению исследований, проведено планирование полевого эксперимента, выполнены полевые и лабораторные исследования, осуществлена математическая оценка полученных экспериментальных данных. По результатам исследований автором опубликованы научные статьи, в которых представлен анализ основных результатов. Разработаны и обоснованы практические рекомендации по оптимизации минерального питания растений ячменя озимого.

Публикации. Данные проведенных исследований опубликованы в шести печатных работах, две из которых входят в перечень журналов, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, а также в сборниках материалов конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает: введение, четыре главы, выводы, рекомендации производству, список использованной литературы и приложения. Работа изложена на 156 страницах текста в компьютерном исполнении, содержит 21 таблицу, 33 рисунка. Список литературы включает 152 наименования, 20 из которых зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Приведены сведения о роли макро- и микроэлементов в жизнедеятельности растений ячменя озимого. Обобщены литературные данные по применению удобрений на посевах ячменя озимого, которые позволили сформировать нерешенные вопросы по совершенствованию системы удобрения, определить цель и задачи исследований диссертации. Рассмотрены теоретические и практические аспекты действия минеральных удобрений (норм, способов и сроков их применения) на содержание подвижных форм элементов питания в почве и надземной части растений, в разные фазы развития растений ячменя озимого, продуктивности и качества зерна. В зависимости от этих факторов, балансового соотношения элементов питания, коэффициентов их использования из удобрений и экономической значимости, проанализировано влияние систем удобрений, сделаны выводы о возможности более широкого их применения и недостаточном использовании в современной агрохимической практике.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводили в 2017–2020 гг. на многолетнем стационаре кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лёссовидных тяжелых суглинках, характеризуется средним содержанием доступных для растений форм азота, подвижного фосфора и микроэлементов, повышенным – подвижного калия.

Опытный участок располагался в Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края. Климат зоны - умеренно-влажный, теплый.

Объект исследования - ячмень озимый сорт Рубеж устойчивый к болезням и полеганию, относится к группе среднеспелых сортов, колос шестирядный, плотный. Зерновка полуудлиненной формы, среднего размера. Масса 1000 зерен 35,0-40,0 г. Высота растений достигает 100 см.

Агротехника в опыте – рекомендованная для Центральной зоны Кубани. Предшественник – пшеница озимая, сорт Адель.

Для проведения исследований были заложены 2 полевых опыта. Опыт 1– изучение влияния норм и сочетаний макроудобрений на динамику содержания в почве минерального азота, подвижных форм фосфора и калия, рост, развитие и продуктивность растений ячменя озимого. Представлен шестнадцатью вариантами: $N_0P_0K_0$, $N_{80}P_0K_0$, $N_0P_{60}K_0$, $N_0P_0K_{40}$, $N_{80}P_{60}K_0$, $N_{80}P_0K_{40}$, $N_0P_{60}K_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{90}K_{20}$, $N_{40}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{40}P_{90}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. Применяемые макроудобрения: аммонийная селитра (34,6% N), двойной суперфосфат (43% P_2O_5) и калий хлористый (60% K_2O).

Опыт2–изучение влияния микроудобрений на динамику содержания в почве минерального азота, подвижных форм фосфора и калия, рост, развитие и продуктивность растений ячменя озимого. Представлен восемью вариантами. Микро-

удобрения вносились на фоне $N_{80}P_{60}K_{40}$, для создания которого использовали аммофос (12% N, 52% P_2O_5), карбамид (46% N) и калийную соль (41% K_2O). Микроудобрения вносили из расчета 4 кг/га д.в. – используя для этого борную кислоту (17,3%В), сульфат кобальта (20,0% Со), сульфат марганца (21,0% Мn), сульфат меди (24,0%Сu), молибдат аммония (52,0% Мо) и сульфат цинка (21,8 % Zn).

В первом и втором опыте макро- и микроудобрения вносили в почву до посева ячменя озимого под основную обработку почвы.

Расположение вариантов в опыте – рендомизированное. Площадь делянки в первом опыте – 162 м² (5,4×30 м), втором – 32 м² (3,2×10 м), повторность – 4-х кратная.

По фазам вегетации ячменя отбираем образцы почвы и растения для анализа динамики содержания в почве азота, фосфора и калия, а также поглощения этих элементов растениями. В пахотном слое почвы определяли содержание:

– аммонийного азота – колориметрическим методом с помощью реактива Несслера в вытяжке 0,1н КСl (ГОСТ 26489-85);

– нитратного азота – потенциометрическим методом с использованием ионселективного электрода (ГОСТ 26951-86);

– подвижных форм фосфора и калия – по методу Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91).

В растениях ячменя озимого определяли содержание:

– азота – по методу Й. Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–93);

– фосфора – колориметрическим методом (ГОСТ 26657–97);

– калия – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 26726–85).

Площадь листьев определяли методом высечек в фазе колошения ячменя озимого. Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях по методу Lichtenthaler Н.К. в модификации Ю.П. Федулова. Перед уборкой отбиралось по 25 растений с каждой делянки для биометрического анализа. Уборка урожая проводилась комбайном Terrion-2010. Масса зерна пересчитывалась на стандартную влажность (14%) и чистоту 100%. Качество зерна ячменя озимого определяли по ГОСТу 13.566.1–68.

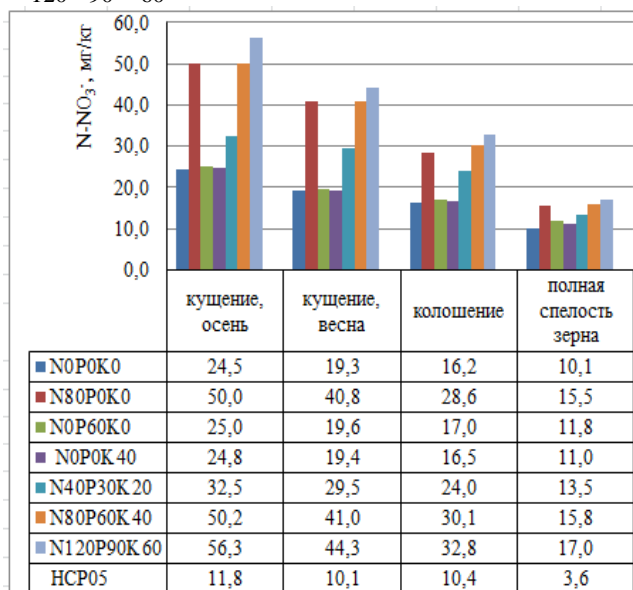
Экспериментальные данные оценивали дисперсионным методом (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., 2015).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

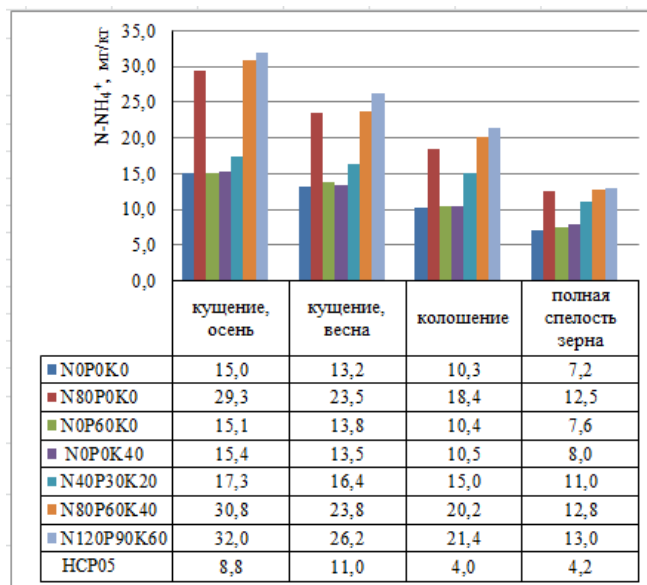
3.1 Пищевой режим чернозема выщелоченного под посевами ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Наблюдения за содержанием в черноземе выщелоченном минерального азота ($N-NH_4+N-NO_3$), подвижных форм фосфора и калия выявили определенные закономерности изменения питательного режима почвы (рисунок 1). В среднем за годы исследований на контроле без удобрений в фазы осеннего кушения и весеннего возобновления вегетации, колошения и созревания в пахотном слое почвы держалось $N-NH_4$ и $N-NO_3$ соответственно 15,0 и 13,2 мг/кг, 24,5 и 19,3 мг/кг, 10,3 и 16,2; 7,2 и 10,1 мг/кг. На варианте, где было внесение $N_{80}P_{60}K_{40}$ соответственно 30,8 и 23,8 и 50,2 и 4,0 мг/кг; 20,2 и 30,1; 12,8 и 15,8 мг/кг. Эти значения

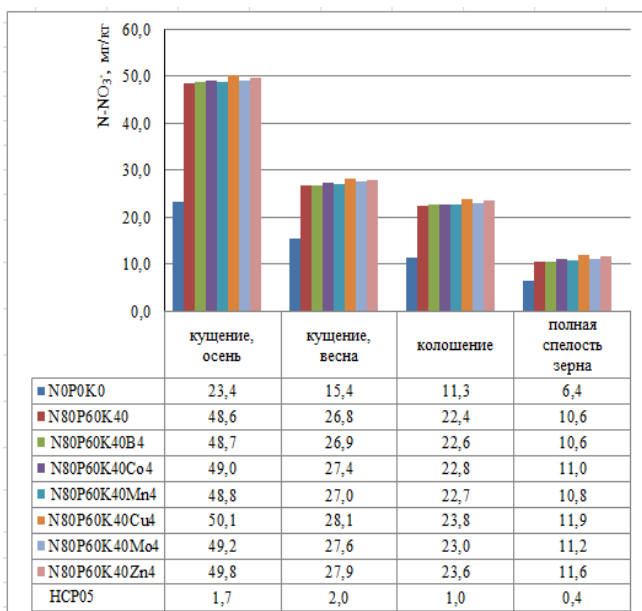
еще заметнее возрастали при увеличении вносимых норм удобрений до $N_{120}P_{90}K_{60}$.



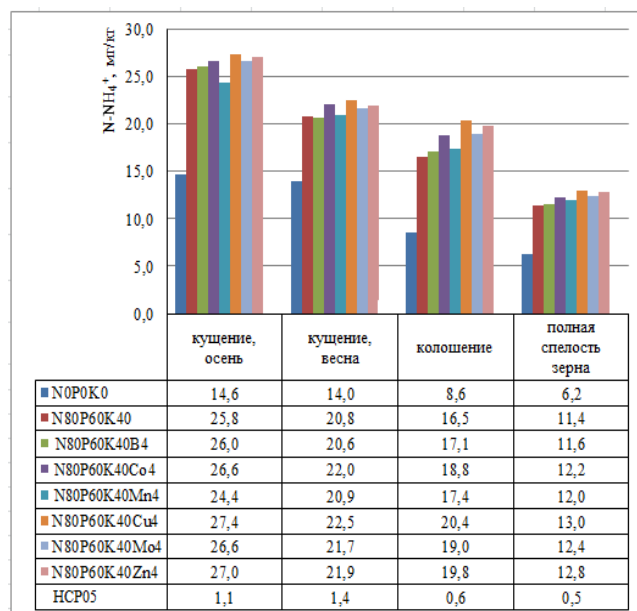
а



б



с



д

Рисунок 1 – Динамика содержания нитратного и аммонийного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений. Условные обозначения: а, б – содержание N-NH₄⁺ и N-NO₃⁻ в опыте с макроудобрениями; с, d – в опыте с микроудобрениями.

В фазы кущения (осень и весна), колошения и созревания на контроле без удобрений в почве содержалось подвижного фосфора соответственно 57,4 и 54,3 мг/кг; 52,6 и 48,4 мг/кг; калия – 165,4 и 163,0 мг/кг; 161,2 и 153,4 мг/кг. На вариантах с применением возрастающих норм удобрений содержание в почве названных агрохимических элементов возрастало. Наибольшее содержание подвижных форм фосфора и калия в почве наблюдалось при внесении удобрений из расчета $N_{120}P_{90}K_{60}$. На этом варианте в фазы кущения (осень и весна), колошения и созревания содержание подвижного фосфора достигали 70,2 и

69,0 мг/кг; 65,3 и 60,4 мг/кг, подвижного калия соответственно 174,0 и 172,8 мг/кг, 171,5 и 170,0 мг/кг почвы.

Внесение удобрений из расчета $N_{120}P_{90}K_{60}$, не говоря уже о более низких нормах, не позволяет сохранить исходное содержание в почве нитратного и аммонийного азота, а также подвижных форм фосфора и калия. Это указывает на необходимость их ежегодного внесения под сельскохозяйственные культуры.

Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя озимого существенно не сказалось на азотном, фосфорном и калийном режиме чернозема выщелоченного.

3.2 Рост и развитие растений ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

В среднем за годы исследований густота стояния растений ячменя озимого к концу осеннего кущения изменялась при внесении макроудобрений от 377,8 шт./м² до 383,2 шт./м², при внесении микроудобрений от 375,8 шт./м² до 382,5 шт./м². После зимнего покоя в период весеннего кущения учет густоты стояния растений ячменя озимого уже составил 249,3 – 260,1 шт./м² и 248,3 – 272,4 шт./м² соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние макро- и микроудобрений на перезимовку растений ячменя озимого

Вариант	Количество растений, шт./м ²		Выживаемость растений, %	Изреживаемость растений, %
	осень	весна		
Макроудобрения				
$N_0P_0K_0$	381,2	249,3	65,4	34,6
$N_{80}P_0K_0$	377,8	250,8	66,4	33,6
$N_0P_{60}K_0$	381,4	252,5	66,2	33,8
$N_0P_0K_{40}$	379,0	249,4	65,8	34,2
$N_{40}P_{30}K_{20}$	379,4	250,9	66,1	33,9
$N_{80}P_{60}K_{40}$	383,2	260,1	67,9	32,1
$N_{120}P_{90}K_{60}$	383,0	258,6	67,5	32,5
НСР ₀₅	6,2	8,6	-	-
Микроудобрения				
$N_0P_0K_0$	382,0	248,3	65,0	35,0
$N_{80}P_{60}K_{40}$	381,6	260,6	68,3	31,7
$N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	382,5	263,2	68,8	31,2
$N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	376,3	261,4	69,4	30,6
$N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	379,1	263,5	69,5	30,5
$N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	375,8	272,4	72,5	27,5
$N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	380,4	269,4	70,8	29,2
$N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	376,3	270,1	71,8	28,2
НСР ₀₅	7,5	18,2	-	-

Удобрения способствовали росту растений ячменя озимого в высоту (рисунок 2).

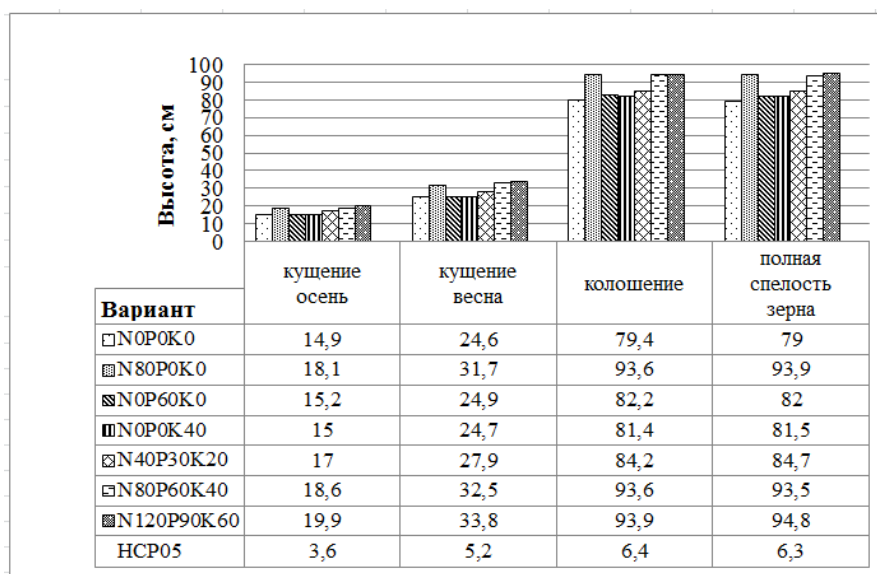


Рисунок 2 – Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении макроудобрений

В среднем за период наблюдений при внесении макроудобрений высота растений ячменя озимого интенсивно нарастала с начала вегетации и до фазы колошения, существенно разнясь по всем вариантам. Наиболее положительный результат был отмечен при внесении N₁₂₀P₉₀K₆₀. Высота растений ячменя озимого повысилась по сравнению с контролем на 33,5%, 37,4%, 18,3% и 20,0% в фазы осеннего и весеннего кущения, колошения и полной спелости зерна соответственно.

В период осеннего кущения, внесенные до посева бор, кобальт и марганец практически не оказывали влияния на рост растений ячменя озимого. Наибольшее влияние на этот показатель оказывали цинк, молибден и медь (рисунок 3).

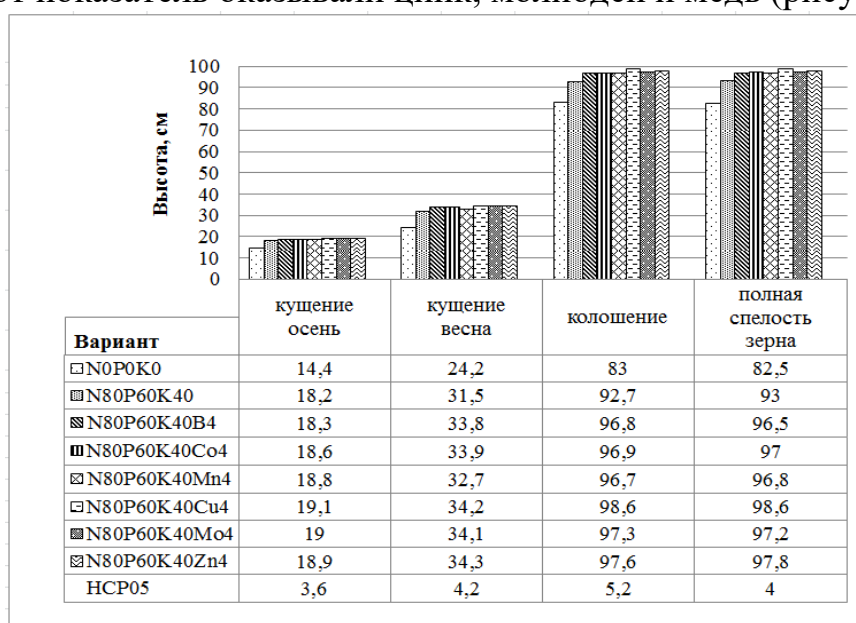


Рисунок 3 – Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении микроудобрений

3.3 Динамика накопления сухого вещества растениями ячменя озимого

Внесение макроудобрений на посевах ячменя способствовало более интенсивному накоплению растениями сухого вещества (таблица 2).

Таблица 2 – Сухая масса растений ячменя озимого при внесении макроудобрений, г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колоше- ние	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
N ₀ P ₀ K ₀	0,89	2,08	3,16	2,93	3,08
N ₈₀ P ₀ K ₀	1,02	3,01	5,22	4,20	4,42
N ₀ P ₆₀ K ₀	0,92	2,24	3,38	3,05	3,21
N ₀ P ₀ K ₄₀	0,90	2,16	3,31	3,01	3,17
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	1,15	3,04	4,72	3,85	4,05
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	1,38	3,02	5,32	4,89	5,15
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	1,37	2,95	5,30	4,69	4,94
НСР ₀₅	0,12	0,81	1,52	1,78	1,33

При внесении макроудобрений максимальный прирост биомассы отмечен при N₈₀P₆₀K₄₀. В этом варианте сухая масса выросла по сравнению с контролем в фазы осеннего и весеннего кущения, колошения и полной спелости листьев + стеблей и зерна на 55,1%, 45,2%, 68,4%, 66,9%, 67,2% соответственно.

Микроудобрения также положительного влияли на накопление сухого вещества (таблица 3). Однако по степени действия они различались, что связано с физиологической ролью каждого микроэлемента в жизнедеятельности растений и содержанием их в почве.

Таблица 3 – Сухая масса растений ячменя озимого при внесении микроудобрений, г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колоше- ние	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
N ₀ P ₀ K ₀	0,84	1,95	2,92	3,02	2,88
2. N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	1,32	2,87	5,18	4,06	3,87
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ B ₄	1,34	2,87	5,25	4,40	4,19
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Co ₄	1,39	2,88	5,30	4,56	4,34
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mn ₄	1,36	2,88	5,28	4,14	3,94
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Cu ₄	1,44	2,98	5,37	5,22	4,97
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mo ₄	1,40	2,89	5,32	4,66	4,44
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Zn ₄	1,42	2,91	5,36	5,94	4,70
НСР ₀₅	0,03	0,06	0,12	0,32	0,42

Во всех вариантах опыта с внесением удобрений сухая масса растений ячменя озимого выше, чем на контроле. Так, в фазе колошения накопление сухого вещества на фоновом варианте в среднем за три года составляет 5,18 г/растение, в то время как на вариантах с внесением микроудобрений оно колеблется от 5,25 до 5,37 г/растение. Наибольшее воздействие на прирост биомассы ячменя озимого оказали молибден, цинк и медь, которые превышают контроль (фон) в фазе колошения на 2,7%, 3,5% и 3,7% соответственно. Влияние борных, марганцевых и кобальтовых микроудобрений на определяемый показатель было менее значительным.

3.4 Содержание элементов минерального питания в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Азот. Содержание азота в растениях ячменя озимого постепенно снижается от фазы кущения до полной спелости зерна (таблица 4).

В фазе осеннего кущения на вариантах с внесением азотных удобрений из расчета $N_{40}P_{30}K_{20}$; $N_{80}P_0K_0$; $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ его содержание в сравнении с контролем увеличивалось на 0,66%, 0,69, 0,70 и 0,74% сухой массы. Применение фосфорного $N_0P_{60}K_0$ и калийного $N_0P_0K_{40}$ удобрений практически не оказало влияние на содержание азота в растениях ячменя озимого. В фазе полной спелости зерна ячменя озимого больший эффект был получен при внесении $N_{80}P_{60}K_{40}$, который составил 2,10% сухой массы.

Таблица 4 – Динамика содержания азота в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
Макроудобрения					
$N_0P_0K_0$	3,36	2,16	1,68	0,72	1,92
$N_{80}P_0K_0$	4,05	2,38	1,75	0,76	2,08
$N_0P_{60}K_0$	3,39	2,20	1,70	0,74	1,94
$N_0P_0K_{40}$	3,37	2,28	1,69	0,73	1,93
$N_{40}P_{30}K_{20}$	4,02	2,28	1,71	0,75	1,99
$N_{80}P_{60}K_{40}$	4,06	2,45	1,76	0,78	2,10
$N_{120}P_{90}K_{60}$	4,10	2,52	1,78	0,79	2,09
НСР ₀₅	0,27	0,10	0,05	0,04	0,06
Микроудобрения					
$N_0P_0K_0$	3,37	2,15	1,67	0,71	1,94
$N_{80}P_{60}K_{40}$ - фон	4,10	2,46	1,76	0,78	2,10
Фон + B_4	4,12	2,47	1,77	0,77	2,12

Продолжение таблицы 4

Фон + Со ₄	4,15	2,49	1,79	0,76	2,14
Фон + Мп ₄	4,13	2,48	1,78	0,75	2,13
Фон + Сu ₄	4,26	2,58	1,81	0,72	2,16
Фон + Мо ₄	4,17	2,50	1,79	0,75	2,14
Фон + Zn ₄	4,20	2,55	1,80	0,74	2,15
НСР ₀₅	0,34	0,20	0,09	0,05	0,11

Борные и марганцевые удобрения не оказали существенного влияния на содержание азота в растениях ячменя, где увеличение по фазам вегетации в сравнении с фоном составило всего лишь 0,01-0,02% и 0,02-0,03% соответственно. Немного больше воздействие оказывали кобальтовые и молибденовые удобрения, под воздействием которых содержание азота увеличивалось на 0,03-0,05% и на 0,03-0,07% соответственно. Медное удобрение оказало максимальное воздействие на содержание азота в растениях. На этом варианте его содержание возрастало на 0,05-0,16% сухой массы.

Фосфор. Анализ надземной вегетативной массы растений ячменя озимого на содержание фосфора показал существенное его уменьшение по мере их роста и развития (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика содержания фосфора в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
Макроудобрения					
N ₀ P ₀ K ₀	0,78	0,62	0,50	0,29	0,50
N ₈₀ P ₀ K ₀	0,79	0,64	0,51	0,33	0,55
N ₀ P ₆₀ K ₀	0,80	0,71	0,54	0,28	0,52
N ₀ P ₀ K ₄₀	0,79	0,63	0,50	0,29	0,51
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	0,80	0,66	0,54	0,32	0,53
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	0,82	0,70	0,57	0,34	0,56
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	0,84	0,72	0,58	0,33	0,57
Микроудобрения					
N ₀ P ₀ K ₀	0,78	0,61	0,50	0,28	0,50
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	0,82	0,70	0,53	0,34	0,55
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ B ₄	0,84	0,71	0,54	0,29	0,56
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Со ₄	0,83	0,73	0,55	0,32	0,57
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mn ₄	0,84	0,72	0,57	0,30	0,58
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Cu ₄	0,86	0,76	0,58	0,29	0,60
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Мо ₄	0,84	0,74	0,56	0,31	0,58
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Zn ₄	0,85	0,75	0,57	0,30	0,59

У контрольных растений содержание фосфора снизилось с 0,78% сухой массы в фазе осеннего кущения до 0,50 и 0,29% в фазы колошения и полной спелости зерна. Аналогичным был и характер изменения содержания фосфора и у опытных растений независимо от вносимой нормы удобрений. При сопоставлении данных по содержанию фосфора у контрольных и опытных растений можно отметить более высокую его концентрацию в вегетативных органах у последних по всем фазам вегетации ячменя. Особенно отчетливо это проявляется там, где вносились удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. На этих вариантах наблюдается и более высокое содержание фосфора в зерне ячменя соответственно на 0,06 и 0,07% выше, чем на контроле.

Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя положительно сказалось на содержании фосфора, как в вегетативных органах растений, так и в зерне. Наибольшее влияние на этот показатель оказало медное удобрение, под воздействием которого содержание фосфора по фазам вегетации растений возросло на 0,04-0,06% по сравнению с контролем.

Калий. Содержание калия в надземных вегетативных органах растений ячменя озимого, также как азота и фосфора, снижалось по мере их роста и развития (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика содержания калия в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
Макроудобрения					
$N_0P_0K_0$	2,42	2,04	1,54	1,48	0,48
$N_{80}P_0K_0$	2,54	2,05	1,55	1,51	0,49
$N_0P_{60}K_0$	2,50	2,05	1,54	1,50	0,48
$N_0P_0K_{40}$	2,66	2,08	1,65	1,58	0,50
$N_{40}P_{30}K_{20}$	2,60	2,06	1,56	1,54	0,51
$N_{80}P_{60}K_{40}$	2,68	2,10	1,65	1,59	0,52
$N_{120}P_{90}K_{60}$	2,70	2,11	1,61	1,60	0,53
Микроудобрения					
$N_0P_0K_0$	2,02	1,39	1,38	0,47	2,02
$N_{80}P_{60}K_{40}$	2,04	1,49	1,48	0,53	2,04
$N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	2,10	1,50	1,49	0,53	2,10
$N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	2,13	1,52	1,51	0,53	2,13
$N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	2,12	1,51	1,50	0,54	2,12
$N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	2,16	1,55	1,53	0,54	2,16
$N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	2,14	1,53	1,52	0,53	2,14
$N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	2,15	1,54	1,53	0,54	2,15

Наибольшее содержание калия наблюдалось в фазе осеннего кушения растений. В последующие фазы вегетации – кушение (весна), колошение и полная спелость зерна, - прослеживалась тенденция снижения содержания его в растениях ячменя. Такой характер динамики содержания калия в вегетативных органах был характерным как для контрольных, так и опытных растений. Это свидетельствует об изменениях физиологического состояния растений по фазам вегетации ячменя. Калийные удобрения оказали положительное влияние на содержание одноименного элемента в вегетативных органах растений и зерне ячменя. Наибольшая разница в содержании калия наблюдалась между контролем и вариантами, где вносились удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. На этих вариантах превышение над контролем достигало соответственно в фазе кушение (осень) – 0,26 и 0,28%, колошение – 0,11 и 0,07%, созревание – 0,11 и 0,12% сухой массы в вегетативных органах, а в зерне – 0,04 и 0,05%.

Включение микроэлементов в систему удобрения позитивно отразилось на содержании калия в надземных вегетативных органах растений и зерне ячменя. В наибольшей степени его содержание в растениях ячменя возрастало при внесении кобальтового, цинкового и медного микроудобрений. Так в фазы кушения (осень) колошения и созревания содержание калия в растениях повышалось до 0,09%, 0,11% и 0,12% соответственно. Уступают этим удобрениям по степени действия на содержание этого элемента в растениях борное, марганцевое и молибденовое (таблица 6).

3.5 Фотосинтетическая активность посевов ячменя озимого в зависимости от применения макро - и микроудобрений

Площадь ассимиляционной поверхности растений ячменя озимого на всех вариантах опыта к фазе колошения растений достигала максимальной величины. В зависимости от норм внесения макро- и микроудобрений она изменялась от 152,8 до 235,1 см²/растение. При этом суммарное содержание в листьях хлорофиллов (а+б) в опыте с макроэлементами превышало контрольный вариант на 0,002-0,289 мг/дм² или на 0,09-12,9%. При включении в систему удобрения микроэлементов этот показатель возрастал на 0,008-0,134 мг/дм² или 0,3-5,4%.

Выявлены незначительные количественные изменения по динамике содержания каротиноидов в листьях ячменя озимого, величина которых при внесении макроудобрений превышала контроль на 0,004–0,022 мг/дм² или на 0,9–5,0%. При включении микроэлементов в систему удобрения содержание каротиноидов в листьях ячменя возрастало на 0,003-0,013 мг/дм² или на 0,7-2,9%.

Удобрения, внесенные из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ оказали положительное влияние на фотосинтетическую деятельность растений, что выражалось в увеличении по сравнению с контролем фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, интенсивности фотосинтеза и ассимиляционного числа на 61,5 и 65,9%, 11,1 и 12,5%, 20,8 и 13,8%, 16,5 и 7,4% соответственно. Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя также позитивно отразилось на отмеченных показателях фотосинтетического статуса агроценоза. Наибольшее влияние оказало медное удобрение, где величина фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности, интенсивности фотосинтеза и ассимиля-

ционное число возрастали соответственно на 1,8%; 12,9%; 13,5% и 13,7%, в сравнении с внесением только $N_{80}P_{60}K_{40}$.

3.6 Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна ячменя озимого

Ячмень озимый на контроле без удобрений в среднем за три года формировал 4,28 т/га зерна (таблица 7).

Применение только фосфорного или калийного удобрения слабо влияло на урожайность зерна, ее повышение по сравнению с контролем составило всего лишь 7,24 и 7,01% соответственно. Азотное удобрение способствовало увеличению урожайности на 24,53% по сравнению с вариантом без его применения.

Максимальная прибавка урожайности зерна ячменя получена при внесении $N_{80}P_{60}K_{40}$ – 1,66 т/га или 38,78%. Изменение нормы удобрений, как в сторону уменьшения, так и увеличения было агрономически неоправданным: при внесении $N_{40}P_{30}K_{20}$ прибавка урожайности уменьшилась до 0,94 т/га или 21,96%, а при $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 1,39 т/га или 32,48%.

Таблица 7 – Урожайность ячменя озимого при внесении макроудобрений

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	т/га	%
$N_0P_0K_0$	4,09	4,42	4,34	4,28	-	-
$N_{80}P_0K_0$	4,58	5,45	5,95	5,33	1,05	24,53
$N_0P_{60}K_0$	4,25	4,51	5,01	4,59	0,31	7,24
$N_0P_0K_{40}$	4,15	4,49	5,09	4,58	0,30	7,01
$N_{80}P_{60}K_0$	4,90	5,71	6,31	5,64	1,36	31,78
$N_{80}P_0K_{40}$	4,87	5,69	6,19	5,58	1,30	30,37
$N_0P_{60}K_{40}$	4,49	4,50	5,10	4,70	0,42	9,81
$N_{80}P_{60}K_{40}$	5,17	6,07	6,57	5,94	1,66	38,78
$N_{40}P_{30}K_{20}$	4,62	5,22	5,82	5,22	0,94	21,96
$N_{80}P_{30}K_{20}$	4,81	5,73	6,33	5,62	1,34	31,31
$N_{40}P_{90}K_{20}$	4,61	5,25	5,75	5,20	0,92	21,50
$N_{40}P_{30}K_{60}$	4,60	5,23	5,83	5,22	0,94	21,96
$N_{120}P_{90}K_{20}$	4,87	5,78	6,38	5,68	1,40	32,71
$N_{120}P_{30}K_{60}$	4,85	5,73	6,33	5,64	1,36	31,78
$N_{40}P_{90}K_{60}$	4,78	5,24	5,84	5,29	1,01	23,60
$N_{120}P_{90}K_{60}$	4,99	5,81	6,21	5,67	1,39	32,48
НСР ₀₅	0,82	0,94	0,88	-	-	-

Включение в систему удобрений ячменя озимого микроэлементов позволило формировать более высокую урожайность (таблица 8).

Таблица 8 – Урожайность ячменя озимого при предпосевном внесении микроудобрений

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средняя	N ₀ P ₀ K ₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀
N ₀ P ₀ K ₀	4,41	4,20	4,55	4,39	-	-
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	6,00	5,82	6,18	6,00	1,61	-
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ B ₄	6,36	6,16	6,52	6,35	1,96	0,35
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Co ₄	6,42	6,23	6,57	6,41	2,02	0,41
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mn ₄	6,40	6,20	6,54	6,38	1,99	0,38
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Cu ₄	6,67	6,45	6,80	6,64	2,25	0,64
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mo ₄	6,52	6,31	6,67	6,50	2,11	0,50
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Zn ₄	6,54	6,44	6,64	6,56	2,17	0,56
HCP ₀₅	0,40	0,34	0,33	-	-	-

Включение в систему удобрения бора сопровождалось ростом урожайности по сравнению с фоном N₈₀P₆₀K₄₀ на 0,35 т/га или 5,8%, кобальта – 0,41 т/га или 6,8%, марганца – 0,38 т/га или 6,3%, молибдена – 0,50 т/га или 8,3%, цинка – 0,56 т/га или 9,3%, меди – 0,64 т/га или 10,7%. Такая тенденция наблюдалась в течение всех лет испытаний, что позволяет расположить микроэлементы по степени их влияния на урожайность ячменя в следующий возрастающий ряд: бор<марганец<кобальт<молибден<цинк<медь.

Чтобы полнее оценить действие удобрений, необходимо проанализировать их влияние на качество зерна ячменя озимого (таблица 9).

За годы исследований применение систем удобрений N₈₀P₀K₀, N₄₀P₃₀K₂₀, N₈₀P₆₀K₄₀ и N₁₂₀P₉₀K₆₀ сопровождалось увеличением содержания в зерне белка и крахмала на 0,4-1,1% и 4,5-5,0% соответственно. Внесение фосфорного или калийного удобрений без азотных практически не оказали никакого действия.

Полное азотно-фосфорно-калийное удобрение на посевах ячменя озимого в двойной (N₈₀P₆₀K₄₀) и тройной (N₁₂₀P₉₀K₆₀) его нормах одинаково на 0,3% снижали зольность зерна и от 0,7% до 0,8% его пленчатость по сравнению с контролем.

Таблица 9 – Качество зерна ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Содержание, %			Пленчатость, %	Сбор белка кг/га
	белка	крахмала	зола		
Макроудобрения					
N ₀ P ₀ K ₀	10,9	59,0	3,3	10,9	466,5
N ₈₀ P ₀ K ₀	11,8	64,0	3,0	10,3	628,9
N ₀ P ₆₀ K ₀	11,0	60,5	3,1	10,7	504,9
N ₀ P ₀ K ₄₀	11,0	60,0	3,2	10,8	503,8

Продолжение таблицы 9

N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	11,3	64,0	3,1	10,6	589,9
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	12,0	63,5	3,0	10,2	712,8
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	11,9	63,5	3,0	10,1	674,7
Микроудобрения					
N ₀ P ₀ K ₀	11,0	59,0	3,3	10,8	482,9
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	12,0	63,5	3,0	10,2	720,0
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ B ₄	12,1	64,5	2,8	9,6	768,4
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Co ₄	12,2	64,0	3,0	10,1	782,0
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mn ₄	12,1	64,5	3,0	10,0	772,0
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Cu ₄	12,3	65,0	2,9	9,9	816,7
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mo ₄	12,2	64,5	2,7	9,7	793,0
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Zn ₄	12,2	64,5	2,9	9,8	800,3

Сбор белка с гектара посева ячменя озимого при норме удобрений N₈₀P₆₀K₄₀, составляет 712,8 кг/га, что на 38,1 кг/га больше, чем при норме N₁₂₀P₉₀K₆₀.

Включение микроэлементов в систему удобрения также положительно повлияло на содержание белка и крахмала в зерне ячменя озимого, которое по вариантам опыта повысилось на 0,8 – 2,5% и 0,8 – 2,4% соответственно.

Зольность и пленчатость на вариантах с кобальтом и марганцем были на уровне с фоновым внесением. Меньше всего золы в зерне и его пленчатость оказалось на вариантах с бором и молибденом, которые в сравнении с фоном были меньше на 0,2 и 0,3%, 0,6 и 0,5% соответственно.

Включение микроэлементов в систему удобрения позитивно отразилось на натуре зерна. Повышение величины этого показателя под воздействием бора составило 6,7%, кобальта - 8,6%, марганца - 7,2%, меди - 13,4%, молибдена - 10,2% и цинка - 11,2%.

3.7 Вынос биогенных элементов с урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т зерна при внесении макро- и микроудобрений

Для контроля потребности растений ячменя озимого в удобрениях рассчитан хозяйственный вынос биогенных элементов из почвы с урожаем культуры и их затраты, необходимые для формирования 1 т зерна (таблица 10).

Внесение макро- и микроудобрений сопровождается интенсивным потреблением азота, фосфора и калия растениями культуры, следствием чего является рост урожайности.

Хозяйственный вынос ячменя озимого отражает следующий порядок интенсивности их потребления: азот>калий >фосфор, который в среднем по опыту с макроудобрениями составил 6,9-51,4%>13,5-49,4%>9,5-59,5% соответственно, по опыту с микроудобрениями 48,5-64,5%>48,7-69,3%>55,7-72,8% соответственно.

Наибольшее потребление макроэлементов азота, фосфора и калия в агроценозе ячменя отмечено при внесении N₈₀P₆₀K₄₀, где увеличение по сравнению с вариантом без удобрений составило азота – 51,4%, фосфора – 59,5%, калия –

49,4%, а затраты на формирование 1 т зерна увеличились на 9,1%, 15,0% и 7,7% соответственно.

Вынос биогенных элементов ячменем озимым значительно возрастает при внесении минеральных удобрений. Включение в систему удобрения меди повышает коэффициент использования из удобрений азота на 11,7%, фосфора на 26,7% и калия на 19,5%. При повышенной норме $N_{120}P_{90}K_{60}$ уровень использования элементов питания снижается.

Таблица 10 – Хозяйственный вынос биогенных элементов урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т зерна при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Вынос хозяйственный, кг/га			Затраты на 1 т зерна, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Макроудобрения						
$N_0P_0K_0$	111,46	32,89	80,72	26,04	7,68	18,86
$N_{80}P_0K_0$	149,35	46,03	102,65	28,02	8,64	19,26
$N_0P_{60}K_0$	121,31	36,08	87,43	26,43	7,86	19,05
$N_0P_0K_{40}$	119,15	36,00	91,64	26,02	7,86	20,01
$N_{40}P_{30}K_{20}$	141,07	43,54	102,99	27,02	8,34	19,73
$N_{80}P_{60}K_{40}$	168,76	52,45	120,62	28,41	8,83	20,31
$N_{120}P_{90}K_{60}$	161,05	49,49	116,23	28,40	8,73	20,50
Микроудобрения						
$N_0P_0K_0$	114,78	33,63	78,18	26,14	7,66	17,81
$N_{80}P_{60}K_{40}$	170,46	52,38	116,23	28,41	8,73	19,37
$N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	181,08	52,94	123,54	28,52	8,34	19,46
$N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	183,45	56,03	125,93	28,62	8,74	19,56
$N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	181,35	55,18	125,37	28,42	8,85	19,65
$N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	188,84	58,13	132,37	28,44	8,75	19,94
$N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	185,41	56,84	128,31	28,52	8,74	19,74
$N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	187,16	57,40	130,77	28,53	8,75	19,93

Превышение выноса урожаем азота и калия над поступлением их в почву с минеральными удобрениями указывает на отрицательный баланс этих элементов в черноземе выщелоченном.

Затраты элементов на формирование урожая ячменя озимого практически не зависели от обеспеченности ими растений. При изучаемых уровнях минерального питания на формирование 1 т зерна ячменя использовалось 26,1-28,4 кг азота, 7,8-8,8 кг фосфора и 18,9-20,5 кг калия.

Об эффективности системы удобрения можно судить на основании коэффициента использования элементов питания из удобрений. Степень использования элементов питания из удобрений определяется биологическими особенностями сорта, метеоусловиями, нормами внесения удобрений, содержанием их в почве, обменными и микробиологическими процессами (таблица 11)

Таблица 11 – Использование растениями ячменя озимого азота, фосфора и калия из удобрений, %

Вариант	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
Макроудобрения			
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	74,0	35,5	111,4
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	71,6	32,6	99,8
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	41,3	18,4	59,2
Микроудобрения			
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	69,6	31,2	95,1
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ B ₄	82,9	32,2	113,4
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Co ₄	85,8	37,3	119,4
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mn ₄	83,2	35,9	118
5. N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Cu ₄	92,6	40,8	135,5
6. N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Mo ₄	88,3	38,7	125,3
7. N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀ Zn ₄	90,5	39,6	131,5

При нормах N₄₀P₃₀K₂₀ и N₈₀P₆₀K₄₀ растениями ячменя озимого из удобрений использовалось практически одинаковое количество азота и фосфора, различия по калию составляли 11,7 %. При увеличении норм удобрений до N₁₂₀P₉₀K₆₀ коэффициент использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений уменьшился практически в два раза.

Микроэлементы, стимулируя потребление растениями азота, фосфора и калия повышают эффективность их использования из удобрений. Это подтверждается увеличением коэффициента использования из удобрений азота на 13,3 – 23,0%, фосфора – 1,0 – 9,6%, калия на 18,3 – 40,4%. В наибольшей степени на этот процесс влияют медные удобрения.

4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНИ ОЗИМОГО

Экономическая оценка применения макро- и микроудобрений при возделывании ячменя озимого сорта Рубеж была проведена согласно требованиям подсчета экономической эффективности, основанных на методических рекомендациях и научных разработках Кубанского ГАУ.

Внесение N₈₀P₆₀K₄₀ позволило получить условно чистый доход в размере 3020руб./га, уровень рентабельности составил 57,2%, окупаемость затрат 0,57 руб./руб.

На фоне N₈₀P₆₀K₄₀ условно чистый доход на 1 га от применения микроудобрений самый максимальный в варианте с применением медного удобрения, где он составил 2140руб. Уровень рентабельности 42,5%, окупаемость затрат составила 0,42 руб./руб.

Таким образом, наиболее экономически эффективным является внесение удобрения из расчета N₈₀P₆₀K₄₀+Cu₄.

ВЫВОДЫ

1. Применение минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ на посевах ячменя озимого способно предотвратить обеднение чернозема выщелоченного подвижными соединениями фосфора и калия.

2. Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя озимого оказывает позитивное воздействие на питательный режим чернозема выщелоченного: медь, молибден, цинк – на содержание аммонийного и нитратного азота; бор, кобальт, марганец, молибден – подвижного фосфора; бор, кобальт, молибден, цинк – подвижного калия.

3. Внесение минеральных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ повышает содержание в сухой массе растений ячменя озимого азота на 0,70% и калия на 0,26% в фазе осеннего кушения, фосфора на 0,08% в фазе весеннего кушения по сравнению с контролем.

4. Наибольший положительный эффект на содержание азота, фосфора и калия в надземных органах растений ячменя озимого из микроудобрений оказало медное, превышающее фон ($N_{80}P_{60}K_{40}$) на 0,05-0,16%, 0,04-0,06% и 0,01-0,12% сухого вещества соответственно.

5. Установлена следующая закономерность по потреблению биогенных элементов растениями ячменя озимого при внесении разных норм и видов удобрений: N; K; P. Среди микроудобрений, максимальный вынос отмечен на вариантах с включением в систему удобрения меди, цинка и молибдена.

6. Максимальная урожайность зерна ячменя озимого была получена при внесении $N_{80}P_{60}K_{40}$, которая превышала контроль на 38,8%. Внесение молибденового, цинкового и медного удобрений обеспечивало дополнительный прирост урожайности на 8,3%, 9,3%, 10,7% по сравнению с фоном.

7. Включение меди в систему удобрения ячменя озимого позволило увеличить содержания в зерне белка и крахмала на 1,3% и 6,0% по сравнению с контролем, при снижении зольности и пленчатости на 0,4% и 0,9%.

8. Вынос биогенных элементов ячменем озимым значительно возрастает при внесении минеральных удобрений. Включение в систему удобрения меди повышает коэффициент использования из удобрений азота на 11,7%, фосфора на 26,7% и калия на 19,5%. При повышенной норме $N_{120}P_{90}K_{60}$ уровень использования элементов питания снижается.

9. Затраты элементов на формирование урожая ячменя озимого практически не зависели от обеспеченности ими растений. При изучаемых уровнях минерального питания на формирование 1 т зерна ячменя использовалось 26,1-28,4 кг азота, 7,8-8,8 кг фосфора и 18,9-20,5 кг калия.

10. Высокая эффективность применения минеральных удобрений на посевах ячменя озимого подтверждена экономическими расчетами. При внесении $N_{80}P_{60}K_{40}$ условно чистый доход составил 3020 руб./га, норма рентабельности – 57,2%, окупаемость затрат 0,57 руб./руб. Включение микроэлементов в систему удобрения на фоне $N_{80}P_{60}K_{40}$ привело к возрастанию условно чистого дохода на 2140 руб./га, уровня рентабельности – 42,5%, окупаемости затрат – 0,42 руб./руб.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В агроклиматических условиях Западного Предкавказья при возделывании ячменя озимого сорта Рубеж на черноземе выщелоченном рекомендуется предпосевное внесение удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}+Cu_4$. Это позволит увеличить урожайность зерна по сравнению с контролем на 2,25 т/га и улучшить его качество.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ:

Работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Шеуджен А.Х. Влияние макроудобрений на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность ячменя озимого при выращивании в Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края / А. Х. Шеуджен, **С. С. Ковалев**, Т. Н. Бондарева, М. А. Осипов // Рисоводство. – 2021. – № 2(51). – С. 46-54.
2. Шеуджен, А. Х. Отзывчивость растений ячменя озимого на минеральные удобрения в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном / А. Х. Шеуджен, **С. С. Ковалев**, Т. Н. Бондарева // Рисоводство. – 2021. – № 3(52). – С. 53-60.

Публикации в других изданиях

3. Шеуджен А.Х. Влияние микроудобрений на продуктивность агроценоза ячменя озимого при его размещении на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, **С. С. Ковалев**, М. А. Осипов // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 310-летию Йогану Готтшальку Валериусу и 90-летию академика Ефимова Виктора Никифоровича, Краснодар, 05–06 сентября 2019 года / Ответственный за выпуск А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 156-165.
4. Шеуджен А.Х. Минеральные удобрения и урожай сельскохозяйственных культур выращиваемых на черноземе выщелоченном Прикубанской низменности / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, Есипенко С.В., **Ковалев С.С.** // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг.: Материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 16–17 апреля 2018 года / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 391-400.
5. **Ковалев С. С.** Оптимизация минерального питания ячменя озимого в условиях Западного Предкавказья / **С. С. Ковалев**, А. Х. Шеуджен // Год науки и технологий 2021: Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за вы-

- пуск А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 14.
6. **Ковалёв С.С.** Динамика содержания минерального азота в черноземе выщелоченном на посевах озимого ячменя под действием минеральных удобрений / **С. С. Ковалев**, В. М. Ерохина, Е.Л. Левченко [и др.] // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ: Сборник статей по материалам научно-исследовательских работ. В 4-х томах / Под редакцией А.И. Трубилина. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 29-31.

Ковалёв Сергей Сергеевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Подписано в печать _____._____.2023 г. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. – 1,0. Тираж 100. Заказ № _____

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13