

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Н. В. Барбасов

**ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ
РОСТА, ПРОДУКТИВНОСТЬ,
ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО
ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ КОРМОВОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

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

Горки
БГСХА
2019

УДК 633.16:631.8:631.559(083.13)
ББК 40.4я73
В46

*Рекомендовано Научно-техническим советом БГСХА.
Протокол № 7 от 14 сентября 2019 г.*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *И. Р. Вильдфлуш*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *А. Р. Цыганов*;
заведующий химико-экологической лабораторией *Н. В. Барбасов*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент *В. Б. Воробьёв*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. М. Мижуй*

Вильдфлуш, И. Р.

В46 Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста, продуктивность, элементный состав и качество зерна ячменя кормового назначения : рекомендации / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Н. В. Барбасов. – Горки : БГСХА, 2019. – 28 с.
ISBN 978-985-467-966-2.

Изложены результаты исследований по влиянию новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста ячменя, накопление биомассы, содержание сырого белка, аминокислотный и элементный состав зерна, вынос элементов питания. Дана агрономическая и экономическая оценка систем удобрения и рекомендованы экономически обоснованные дозы, сроки и способы применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста, обеспечивающие высокую урожайность и качество зерна ячменя кормового назначения.

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

УДК 633.16:631.8:631.559(083.13)
ББК 40.4я73

ISBN 978-985-467-966-2

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

При современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в комплексе факторов формирования урожая и качества растениеводческой продукции решающее значение приобретает сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Использование их в системе удобрений сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений и качества урожая.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающих технологий с применением регуляторов роста. В настоящее время ставится задача в любых погодных условиях получать устойчивые урожаи. Большая роль в повышении продуктивности и улучшении качества сельскохозяйственных культур принадлежит биологически активным веществам.

Наряду с макроэлементами для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур большое значение имеют микроэлемента. В настоящее время разработан ряд новых однокомпонентных микроудобрений в хелатной и органо-минеральной формах, эффективность которых значительно выше, чем простых солей микроэлементов.

Одним из приемов снижения энергетических затрат является использование комплексных минеральных удобрений со сбалансированным соотношением макро- и микроэлементов. Разработаны также комплексные препараты, которые содержат микроэлементы и регуляторы роста.

При возделывании сельскохозяйственных культур наряду с показателями урожайности немаловажное значение отводится качеству полученной продукции, которая используется для питания человека, в качестве корма для животных и сырья для промышленности. С помощью удобрений можно изменять направленность процессов обмена веществ и регулировать накопление в растениях полезных для человека и животных веществ – белков, крахмала, сахаров, витаминов, элементный состав растений (содержание фосфора, калия, кальция, магния, микроэлементов) и др.

Включение в систему удобрения ячменя кормового назначения специализированных комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок со сбалансированным содержанием макро- и микроэлементов, новых высокоэффективных форм микроудобрений, комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений, снизить влияние неблагоприятных условий произрастания и получать стабильные урожаи высокого качества.

1. ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ РОСТА, НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ, ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ

Для нормального роста и развития растений необходимы различные элементы питания. Все питательные элементы делятся на макро- и микроэлементы. При недостатке даже одного из элементов растения заболевают, плохо растут, дают меньший урожай, ухудшается качество плодов.

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Причем это важно не только для роста урожая, но и для повышения качества продукции растениеводства и животноводства. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы.

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.

Согласно современным представлениям регуляция роста и развития растений осуществляется благодаря комплексу фитогормонов, включающему 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 пита-

тельные элементы из удобрений и почвы. Это и обуславливает повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Для изучения эффективности применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста были проведены полевые опыты с сортами ячменя кормового назначения.

Опыты с сортами ярового ячменя (раннеспелым сортом Батка и среднепоздним сортом 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 РУП «Институт 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 данных препаратов приведены ниже.

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. Укрепляет иммунитет растений, улучшает их сопротивляемость 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 кушения и выхода в трубку в дозе по 2 кг/га. Удобрение содержит N (6 %), P_2O_5 (23 %), K_2O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %) и фертивант (прилипатель).

Кристалон особый – содержит N (18 %), P_2O_5 (18 %), K_2O (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 – содержит N (3 %), P_2O_5 (18 %), K_2O (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 кушения 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». Применялся 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 (N_{40}) в фазе начала выхода в трубку.

Химпрополка посевов ячменя была проведена гербицидом Агроксон в дозе 0,8 л/га в фазе кушения. 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. Анализируя данные трехлетних исследований, можно отметить, что высота растений в фазе кушения суще-

ственно не изменялась. В дальнейшем по вариантам опыта в зависимости от вносимых доз удобрений, в первую очередь азотных, наблюдается увеличение линейного роста и высоты растений (табл. 1).

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста растений ячменя по фазам развития в 2015–2017 гг.

Варианты	Высота растений, см							
	Кущение		Выход в трубку		Колошение		Молочно-восковая спелость	
	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб
Без удобрений	20,7	20,7	37,2	37,6	50,2	52,9	51,7	54,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	23,7	25,2	41,4	40,7	59,7	60,3	61,0	62,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	26,8	26,4	44,6	45,0	64,5	67,9	66,0	69,8
N ₈₀ + ₄₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – Фон 2	26,4	28,4	48,7	49,5	76,3	75,8	80,3	81,3
Фон 1 + Адоб Медь	26,5	25,4	46,7	47,3	67,8	66,6	68,7	69,8
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	27,1	27,7	44,7	46,3	68,8	65,6	69,1	68,9
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	27,8	27,4	46,6	46,9	69,2	68,4	69,9	69,9
Фон 1 + Экосил	26,7	27,8	45,8	47,0	66,8	70,2	69,0	71,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	26,5	25,2	45,6	46,0	70,0	68,2	73,1	71,2
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	25,4	28,6	47,0	47,3	70,6	70,5	71,0	71,9
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	25,7	26,0	44,7	47,3	70,9	70,3	72,3	73,0
Фон 1 + Фитовитал	27,1	25,5	48,2	46,6	71,1	69,4	74,4	72,0
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	29,3	30,7	51,0	50,5	79,3	80,2	84,0	84,6
НСР ₀₅	0,4	0,7	0,5	0,6	0,6	0,8	0,7	1,0

Новое комплексное удобрение для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %)), внесенное в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) в фазах колошения и молочно-восковой спелости увеличивало высоту растений ячменя сорта Батька на 5,5 и 7,1 см и не оказывало существенного влияния на высоту растений ячменя сорта Якуб в данные фазы развития.

В среднем за три года некорневая подкормка ЭлеГум-Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала высоту растений ячменя сортов Батька и Якуб в

фазы колошения и молочно-восковой спелости на 6,1 и 5,0 см и на 2,6 и 2,1 см соответственно по каждому сорту, а МикроСтим-Медь Л на том же фоне – на 6,4 и 6,3 см и на 2,4 и 3,2 см соответственно.

В фазе колошения в среднем за три года максимальная высота растений у раннеспелого ячменя сорта Батька (79,3 см) и среднепозднего сорта Якуб (80,2 см) отмечена в варианте с применением $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Медь Л. В фазе молочно-восковой спелости у ячменя сортов Батька и Якуб наиболее высокими были растения также в этом варианте опыта – 84,0 и 84,6 см соответственно (табл. 1).

Следует отметить, что минеральные удобрения и регуляторы роста положительно влияют не только на линейный рост растений, но и на накопление биомассы – сухого вещества.

В среднем за три года в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Адоб Медь в сравнении с фоновым в фазе колошения и молочно-восковой спелости накопление сухого вещества растениями раннеспелого сорта ячменя возрастало на 8,9 и 11,3 г/100 раст., среднепозднего сорта – на 13,9 г/100 раст. только в фазе колошения. Новое комплексное удобрение 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) не способствовало существенному увеличению накопления сухого вещества растениями ячменя сорта Батька и сорта Якуб в фазы колошения и молочно-восковой спелости.

Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в 2015–2017 гг. увеличивала накопление сухого вещества растениями ячменя сорта Батька в фазы колошения и молочно-восковой спелости на 11,9 и 34,0 г/100 раст. и на 17,3 г/100 раст. в фазе колошения в варианте с Фитовиталом. У сорта Якуб накопление сухого вещества растениями в фазы колошения и молочно-восковой спелости по сравнению с фоновым вариантом возросло на 10,8 и 44,7 г/100 раст. в варианте с применением Фитовитала и на 81,0 г/100 раст. в варианте с применением Экосила в фазе молочно-восковой спелости (табл. 2).

Некорневая подкормка ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала накопление сухого вещества растениями ячменя сортов Батька и Якуб в фазы колошения и молочно-восковой спелости на 43,4 и 93,6 г/100 раст. и на 15,5 и 150,0 г/100 раст. соответственно. Обработка посевов ячменя МикроСтим-Медь Л по сравнению с фоновым вариантом в фазы колошения и молочно-восковой спелости

способствовала возрастанию накопления сухого вещества растениями раннеспелого сорта ячменя на 23,3 и 85,6 г/100 раст., а среднепозднего сорта ячменя – на 11,3 и 149,7 г/100 раст.

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на накопление сухого вещества растениями ячменя по фазам развития в 2015–2017 гг.

Варианты	Масса 100 сухих растений, г							
	Кущение		Выход в трубку		Колошение		Молочно-восковая спелость	
	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб
Без удобрений	25,7	31,0	179,1	157,0	305,9	295,8	405,5	435,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	30,7	35,3	231,6	225,4	479,7	492,8	655,1	672,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	35,2	40,1	264,1	266,9	543,8	560,5	784,3	769,9
N ₈₀ + 40P ₇₀ K ₁₂₀ – Фон 2	37,7	45,2	294,1	312,9	623,3	642,1	982,7	968,9
Фон 1 + Адоб Медь	33,3	41,4	260,5	262,1	552,7	574,4	795,6	761,0
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	35,5	40,9	258,7	262	561,0	574,6	805,7	829,0
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	33,6	41,7	264,5	280,6	571,9	583,1	814,1	848,4
Фон 1 + Экосил	37,3	42,4	265,9	263,6	555,7	546,2	818,3	850,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	34,2	40,4	235,9	255,5	546,5	569,9	778,7	774,6
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	40,1	45,2	274,6	275,7	587,2	576,0	877,9	919,9
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	39,9	45,0	248,3	263,9	567,1	571,8	869,9	919,6
Фон 1 + Фитовитал	37,1	40,9	255,3	238,5	561,1	571,3	778,3	814,6
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	43,5	50,8	304,4	314,8	642,1	674,5	1022,6	1073,7
НСР ₀₅	0,9	1,0	2,9	3,0	4,5	4,5	8,5	14,8

Максимальная масса сухого вещества в фазах колошения и молочно-восковой спелости в среднем за три года у ячменя сорта Батька и сорта Якуб наблюдалась в варианте N₈₀ + 40P₇₀K₁₂₀ с некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку и составила 642,1 и 1022,6 г/100 раст. у сорта Батька и 674,5 и 1073,7 г/100 раст. у сорта Якуб, что, по-видимому, и способствовало получению наиболее высокой урожайности зерна в этом варианте опыта (см. табл. 2).

Применение нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур с Cu и Mn увеличивало урожайность зерна раннеспелого ячменя сорта Батька на 6,3 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквива-

лентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) применяли карбамид, аммофос и хлористый калий. У среднепозднего сорта ячменя Якуб прибавка при применении этого удобрения составила 5,7 ц/га (табл. 3, 4).

В 2015–2017 гг. при обработке посевов ячменя на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку повышалась урожайность зерна раннеспелого сорта Батка на 6,0 и 6,9 ц/га, у среднепозднего сорта Якуб урожайность зерна в этих же вариантах возрастала на 4,3 и 8,8 ц/га соответственно. При повышенных дозах минеральных удобрений ($N_{80} + 40P_{70} K_{120}$) применение МикроСтим-Медь Л увеличивало урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батка и среднепозднего сорта Якуб на 7,5 и 7,8 ц/га.

Некорневая подкормка водорастворимым комплексным удобрением Кристалон (две обработки) по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила урожайность зерна раннеспелого сорта Батка на 5,6 ц/га, а у среднепозднего сорта ячменя Якуб прибавка к фону составила 5,8 ц/га. Обработка посевов ячменя комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовала повышению урожайности зерна среднепозднего сорта Якуб и раннеспелого сорта Батка на 4,2 и 4,3 ц/га соответственно.

Таким образом, отечественное микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с импортным удобрением Адоб Медь польского производства обеспечивало прибавку урожайности зерна среднепозднего сорта Якуб в 4,5 ц/га. На раннеспелый сорт микроудобрение МикроСтим-Медь Л оказывало такое же действие, как и Адоб Медь (табл. 3, 4).

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

Варианты	Урожайность зерна, ц/га	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
Без удобрений	26,8	–	–	9,6	2,2	54,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	46,4	42,4	27,0	10,2	4,1	57,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	55,5	85,8	41,7	10,6	5,1	60,1
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	62,2	99,1	38,0	11,2	6,0	63,5
Фон 1 + Адоб Медь	61,5	119,7	51,4	10,8	5,7	61,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	59,8	96,5	40,4	11,0	5,7	62,1
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	61,1	106,2	43,8	11,3	5,9	64,0
Фон 1 + Экосил	60,2	117,7	53,1	11,7	6,0	66,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	61,8	134,7	60,9	11,6	6,1	65,5
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	64,5	145,4	61,2	12,4	6,9	70,0
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	62,4	130,5	56,4	12,4	6,7	70,4
Фон 1 + Фитовитал	61,1	121,1	53,3	12,4	6,5	70,1
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	70,0	150,0	51,9	13,1	7,9	74,0
НСР ₀₅	1,3	–	–	0,5	–	–

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

Варианты	Урожайность зерна, ц/га	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
Без удобрений	25,7	–	–	9,4	2,1	53,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	49,4	70,5	41,4	10,3	4,5	58,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	57,0	103,6	48,3	11,3	5,5	63,7
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	65,1	126,5	46,2	11,6	6,5	65,7
Фон 1 + Адоб Медь	61,3	125,9	53,4	11,3	5,9	63,7
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	61,2	113,6	46,0	10,8	5,7	60,9
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	62,8	125,4	49,9	11,5	6,2	64,9
Фон 1 + Экосил	61,2	132,1	57,8	11,3	5,9	63,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	62,7	148,4	65,2	11,5	6,2	65,0
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	66,7	168,0	67,6	12,1	6,9	68,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	65,8	161,4	65,6	12,2	6,9	68,9
Фон 1 + Фитовитал	62,2	136,2	58,1	12,0	6,4	67,8
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	72,5	174,7	58,1	12,9	8,0	73,1
НСР ₀₅	1,5	–	–	0,3	–	–

Обработка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька на 4,7 и 5,6 ц/га. У среднеспозднего сорта Якуб Экосил и Фитовитал повышали урожайность зерна на 4,2 и 5,2 ц/га.

Некорневая подкормка микроудобрением ЭлеГум-Медь в фазе 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 среднеспозднего сорта Якуб на 9,7 ц/га. По действию удобрение ЭлеГум-Медь находилось на уровне МикроСтим-Медь Л. По вариантам опыта урожайность среднеспозднего сорта ячменя Якуб была несколько выше, чем 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).

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.

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.

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 и на 5,1 % соответственно (см. табл. 3, 4).

Обработка посевов ярового ячменя сорта Батька 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 Батька (438,9; 288,9 и 150,0 долл/га) и сорта Якуб (475,5; 300,8 и 174,7 долл/га) отмечены в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$.

Максимальная рентабельность у раннеспелого сорта ячменя Батька 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 $N_{90}P_{60}K_{90}$ (см. табл. 3, 4).

Одним из важнейших показателей качества зерна ячменя является содержание сырого протеина. Оптимальное содержание сырого протеина в кормах составляет 15 % и более. Этот показатель увеличивался с возрастанием доз вносимых азотных удобрений. В вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$, по сравнению с вариантом без удобрений, у раннеспелого сорта Батька и среднепозднего сорта Якуб содержание сырого протеина возросло на 0,6 и 1,0 % и на 0,9 и 1,9 % соответственно, выход сырого протеина увеличился на 1,9 и 2,9 ц/га у сорта Батька и на 2,4 и 3,4 ц/га у сорта Якуб.

В варианте с использованием повышенных доз удобрений ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) содержание сырого протеина по сравнению с вариантом без удобрений увеличилось у раннеспелого сорта ячменя на 1,6 % и у среднепозднего сорта ячменя – на 2,2 %, выход сырого протеина увеличился на 3,8 и 4,4 ц/га соответственно по каждому сорту. Применение нового комплексного удобрения с Cu и Mn, по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) стандартных удобрений в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия в 2015–2017 гг., увеличивало содержание сырого протеина у раннеспелого сорта Батька на 1,0 %, у среднепозднего сорта Якуб – на 0,2 %, выход сырого протеина возрос на 1,0 и 0,7 ц/га (см. табл. 3, 4).

В среднем за три года исследований обработка посевов ячменя микроудобрениями с регуляторами роста ЭлеГум-Медь и

МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина на 1,8 % у сорта Батька и на 0,8 и 0,9 % у сорта Якуб. Выход сырого протеина в данных вариантах опыта возрос на 1,8 и 1,6 ц/га у сорта Батька и на 1,4 ц/га у сорта Якуб. Использование микроудобрения Адоб Медь в среднем за три года исследований положительного влияния на возрастание сырого протеина в зерне ячменя не оказало.

В среднем за три года исследований обработка посевов ярового ячменя сорта Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина в зерне на 1,1 и 1,8 %, выход сырого протеина – на 0,9 и 1,4 ц/га соответственно. В зерне ячменя сорта Якуб содержание сырого протеина возросло в варианте с применением Фитовитала на 0,7 %, выход сырого протеина – на 0,9 ц/га. Регулятор роста Экосил существенно не способствовал увеличению содержания сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб, возрастал лишь выход сырого протеина на 0,4 ц/га.

В среднем за 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 $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$, максимальным в этом варианте опыта был и выход сырого протеина, который составил 7,9 и 8,0 ц/га соответственно (см. табл. 3, 4). Таким образом, применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста увеличивало содержание сырого протеина в зерне ячменя, но не позволило достигнуть оптимума (15 % и более).

В ходе проведенных исследований нами был рассчитан такой показатель качества зерна ячменя, как обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в зависимости от применения минеральных удобрений и регуляторов роста. Для хорошего усвоения корма рекомендуется, чтобы каждая кормовая единица была обеспечена не менее 100 г переваримого протеина.

Применение азотно-фосфорно-калийного удобрения с Cu и Mn по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) стандартных удобрений в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия в 2015–2017 гг. увеличивало обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у сорта ячменя Батька на 5,4 г, а у сорта Якуб – на 1,3 г.

Обработка посевов раннеспелого сорта ячменя микроудобрениями Адоб Медь, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином на 1,3; 9,9 и 10,3 г соответственно. В данных вариантах опыта у

среднепозднего сорта ячменя обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином увеличилась на 4,6 и 5,2 г в вариантах с применением ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$. Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ не способствовал увеличению обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином у сорта Якуб (см. табл. 3, 4).

Некорневая подкормка ячменя комплексными удобрениями Нутри-вант Плюс и Кристалон на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у сорта Батька на 2,0 и 3,9 г, у сорта Якуб – на 1,2 г в варианте с использованием Кристалона на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$.

В среднем за три года исследований обработка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином на 6,0 и 10,0 г у сорта Батька, а у сорта Якуб – на 0,1 и 4,1 г соответственно.

Максимальная обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у сорта ячменя Батька (74,0 г) и сорта Якуб (73,1 г) отмечена в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ (см. табл. 3, 4). Хотя применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста и способствовало увеличению обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином, оно не позволило достигнуть рекомендуемых значений (не менее 100 г на 1 к. ед.).

Полноценность белков и протеинов определяется качеством белка, т. е. аминокислотным составом. Большое значение имеет определение незаменимых аминокислот, которые не могут синтезироваться в организме человека и животных.

В среднем за три года в варианте без удобрений общая сумма аминокислот у сорта Батька и сорта Якуб составила 6,26 и 6,60 г/100 г, сумма незаменимых аминокислот – 1,60 и 1,67 г/100 г. В варианте с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$ в сравнении с вариантом без удобрений общая сумма аминокислот у сорта Батька и сорта Якуб возросла на 0,68 и 0,52/100 г, сумма незаменимых аминокислот – на 0,12 и 0,13 г/100 г соответственно. В фоновом варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года исследований у сорта Батька и сорта Якуб общая сумма аминокислот составила 7,05 и 7,21 г/100 г, сумма незаменимых аминокислот – 1,75 и 1,81 г/100 г соответственно.

На фоне повышенных доз минеральных удобрений в сочетании с подкормкой азотом ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) общая сумма аминокислот у раннеспелого сорта ячменя Батька и среднепозднего сорта Якуб составила 7,97 и 8,52 г/100 г, сумма незаменимых аминокислот – 1,98 и 1,97 г/100 г (табл. 5, 6).

Таблица 5. Содержание аминокислот в зерне ячменя сорта Батька в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты	Содержание аминокислот, г/100 г								Сумма незаменимых аминокислот, г/100 г	Общая сумма аминокислот, г/100 г
	Валин*	Гистидин*	Изолейцин*	Треонин*	Лизин*	Аланин	Аргинин	Пролин		
Без удобрений	0,31	0,21	0,37	0,34	0,37	3,42	0,40	0,84	1,60	6,26
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,34	0,23	0,40	0,36	0,39	3,81	0,44	0,97	1,72	6,94
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	0,34	0,24	0,41	0,37	0,39	3,87	0,45	0,98	1,75	7,05
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	0,41	0,28	0,47	0,40	0,42	4,34	0,50	1,15	1,98	7,97
Фон 1 + Адоб Медь	0,36	0,26	0,43	0,39	0,41	4,15	0,46	1,11	1,85	7,56
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,36	0,25	0,42	0,38	0,40	4,09	0,47	1,07	1,81	7,43
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	0,36	0,25	0,43	0,38	0,40	4,14	0,47	1,08	1,83	7,52
Фон 1 + Экосил	0,37	0,25	0,43	0,39	0,40	4,18	0,47	1,09	1,84	7,58
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	0,36	0,26	0,43	0,41	0,40	4,20	0,49	1,14	1,85	7,68
Фон 1+ЭлеГум-Медь	0,39	0,26	0,45	0,41	0,41	4,50	0,50	1,15	1,92	8,06
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	0,39	0,27	0,46	0,41	0,42	4,52	0,50	1,15	1,94	8,10
Фон 1 + Фитовитал	0,36	0,25	0,43	0,38	0,40	4,01	0,42	1,00	1,82	7,25
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,41	0,28	0,48	0,45	0,41	5,25	0,54	1,31	2,04	9,14
НСР ₀₅	0,07	0,04	0,07	0,05	0,02	0,8	0,08	0,03	–	–

*Незаменимые аминокислоты.

Таблица 6. Содержание аминокислот в зерне ячменя сорта Якуб в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты	Содержание аминокислот, г/100 г								Сумма незаменимых аминокислот, г/100 г	Общая сумма аминокислот, г/100 г
	Валин*	Гистидин*	Изолейцин*	Треонин*	Лизин*	Аланин	Аргинин	Пролин		
Без удобрений	0,36	0,25	0,44	0,35	0,40	3,60	0,43	0,90	1,67	6,60
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,41	0,26	0,47	0,37	0,40	3,89	0,45	0,98	1,80	7,12
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	0,38	0,27	0,50	0,37	0,41	3,94	0,47	0,98	1,81	7,21
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	0,38	0,28	0,51	0,40	0,41	4,82	0,50	1,23	1,97	8,52
Фон 1 + Адоб Медь	0,38	0,27	0,50	0,39	0,41	4,04	0,46	1,04	1,88	7,42
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,38	0,27	0,51	0,38	0,41	4,05	0,46	1,02	1,86	7,39
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	0,37	0,28	0,52	0,39	0,40	4,08	0,46	1,07	1,87	7,48
Фон 1 + Экосил	0,38	0,28	0,51	0,40	0,40	4,35	0,49	1,11	1,91	7,85
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	0,39	0,29	0,54	0,41	0,40	4,77	0,52	1,19	1,92	8,39
Фон 1+ЭлеГум-Медь	0,40	0,31	0,55	0,44	0,41	5,01	0,53	1,26	2,03	8,83
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	0,46	0,33	0,56	0,45	0,41	5,42	0,56	1,28	2,11	9,38
Фон 1 + Фитовитал	0,54	0,32	0,58	0,45	0,41	4,86	0,53	1,17	2,11	8,67
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,52	0,39	0,66	0,52	0,42	6,00	0,61	1,56	2,37	10,54
НСР ₀₅	0,05	0,04	0,05	0,05	0,02	0,9	0,07	0,2	–	–

*Незаменимые аминокислоты.

Обработка посевов микроудобрениями МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала в зерне ячменя сорта Батька в среднем за три года исследований общую сумму аминокислот на 1,05; 1,01 и 0,51 г/100 г, сумму незаменимых аминокислот – на 0,19; 0,17 и 0,10 г/100 г соответственно. У сорта Якуб в этих же вариантах опыта общая сумма аминокислот возросла на 2,17; 1,62 и 0,21 г/100 г, сумма незаменимых аминокислот – на 0,30 и 0,22 г/100 г соответственно. Применение микроудобрения Адоб Медь не способствовало увеличению содержания незаменимых аминокислот в зерне ячменя сорта Якуб.

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 с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в посевах ячменя сорта Батька и сорта Якуб способствовало возрастанию общей суммы аминокислот на 0,53 и 1,18 г/100 г и суммы незаменимых аминокислот – на 0,10 и 0,11 г/100 г соответственно (см. табл. 5, 6).

Двукратная обработка посевов ячменя сорта Батька комплексными удобрениями Кристалон и Нутривант Плюс в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года не способствовала существенному увеличению суммы незаменимых аминокислот в зерне ячменя, возрастала лишь общая сумма аминокислот на 0,47 и 0,38 г/100 г по каждому варианту. В зерне ячменя сорта Якуб в данных вариантах опыта сумма незаменимых аминокислот также существенно не увеличивалась, возрастала лишь общая сумма аминокислот на 0,27 и 0,18 г/100 г соответственно по каждому варианту. Увеличение общей суммы аминокислот по обоим сортам ячменя в данных вариантах опыта происходило за счет увеличения содержания заменимых аминокислот.

Обработка посевов ячменя сорта Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года не способствовала существенному увеличению суммы незаменимых аминокислот в зерне ячменя, возрастала лишь общая сумма аминокислот на 0,53 и 0,20 г/100 г соответственно по каждому варианту. В зерне ячменя сорта Якуб в данных вариантах опыта сумма незаменимых аминокислот увеличилась на 0,10 и 0,30 г/100 г, общая сумма аминокислот – на 0,64 и 1,46 г/100 г соответственно по каждому варианту.

Максимальная общая сумма аминокислот в зерне ячменя сорта Батька и сорта Якуб (9,14 и 10,54 г/100 г) и сумма незаменимых аминокислот (2,04 и 2,37 г/100 г) отмечена в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия (см. табл. 5, 6).

2. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНИ

Важным показателем качества фуражного зерна как корма помимо белковой и энергетической компоненты является содержание азота и минеральных веществ, необходимых для синтеза жизненно важных соединений. Оптимальное содержание калия в кормах составляет 0,7–1,0 %, кальция – 1,01–1,15 %, меди и цинка – 7–12 и 20–40 мг/кг сухого вещества соответственно. Применение минеральных удобрений и регуляторов роста оказало влияние на содержание данных элементов в зерне ячменя. Содержание фосфора в зерне ячменя было во всех вариантах опыта несколько выше оптимальных значений, содержание калия в отдельных вариантах достигало оптимума. В зерне очень мало содержится кальция. Содержание цинка в зерне большинства удобряемых вариантов находилось в оптимальных пределах, а меди – ниже их.

В среднем за 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений в зерне ячменя сорта Батька и сорта Якуб содержание азота составило 1,53 и 1,50, фосфора – 0,71 и 0,70, калия – 0,51 и 0,54 % соответственно.

В вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$, в сравнении с вариантом без удобрений, содержание основных элементов питания в зерне ячменя обоих сортов существенно не возросло. На фоне повышенных доз минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) содержание основных элементов питания в зерне ячменя сорта Батька и сорта Якуб составило: азота – 1,80 и 1,86 %, фосфора – 0,82 и 0,81 %, калия – 0,56 и 0,65 % (табл. 7, 8). Таким образом, содержание фосфора в зерне ячменя во всех вариантах опыта несколько превосходило оптимальные значения, содержание калия достигало его в варианте $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Медь Л.

Обработка посевов раннеспелого сорта ячменя микроудобрениями МикроСтим-Медь Л и ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание лишь азота в зерне на 0,29 и 0,28 %, у среднепозднего сорта содержание основных элементов питания существенно не увеличилось.

Таблица 7. Влияние систем удобрения на содержание макро- и микроэлементов в зерне ячменя сорта Батька в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	CaO, %	MgO, %
Без удобрений	1,53	0,71	0,51	2,78	16,19	0,065	0,14
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,64	0,75	0,55	2,91	17,67	0,067	0,15
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	1,70	0,77	0,56	3,02	18,16	0,069	0,16
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	1,80	0,82	0,60	3,13	18,84	0,078	0,18
Фон 1 + Адоб Медь	1,74	0,78	0,56	3,73	20,97	0,072	0,17
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	1,76	0,77	0,57	3,38	24,76	0,073	0,18
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	1,81	0,81	0,58	3,55	25,47	0,073	0,18
Фон 1 + Экосил	1,87	0,80	0,58	3,16	19,39	0,072	0,17
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	1,85	0,76	0,57	3,46	21,04	0,075	0,18
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	1,98	0,82	0,59	3,97	24,86	0,077	0,18
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	1,99	0,82	0,62	4,12	25,22	0,078	0,19
Фон 1 + Фитовитал	1,98	0,79	0,61	3,26	23,16	0,074	0,17
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	2,09	0,90	0,71	4,54	28,56	0,086	0,20
НСР ₀₅	0,2	0,08	0,1	0,02	1,5	0,008	0,03

Применение нового комплексного удобрения для основного внесения Cu и Mn в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) существенно не влияло на содержание азота, фосфора и калия в зерне ячменя обоих сортов.

Обработка посевов раннеспелого сорта ячменя регулятором роста Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала содержание азота в зерне на 0,28 %. В посевах среднеспелого сорта ячменя Фитовитал не способствовал увеличению содержания элементов питания. Применение регулятора роста Экосил не способствовало повышению содержания азота, фосфора и калия в зерне ячменя обоих сортов.

В среднем за три года максимальное содержание в зерне ячменя сорта Батька азота (2,09 %), фосфора (0,90 %) и калия (0,71 %) отмечено в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀ + 40P₇₀K₁₂₀, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия. В этом же варианте опыта у сорта Якуб содержание азота, фосфора и калия также было максимальным: 2,07; 0,88 и 0,71 % соответственно (табл. 7, 8).

Таблица 8. Влияние систем удобрения на содержание макро- и микроэлементов в зерне ячменя сорта Якуб в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	CaO, %	MgO, %
Без удобрений	1,50	0,70	0,54	3,02	15,69	0,070	0,14
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,65	0,75	0,61	3,28	16,18	0,073	0,16
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	1,80	0,77	0,62	3,37	16,97	0,074	0,16
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	1,86	0,81	0,65	3,42	17,95	0,077	0,19
Фон 1 + Адоб Медь	1,80	0,79	0,64	4,27	19,69	0,075	0,17
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	1,72	0,79	0,64	3,94	21,66	0,078	0,17
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	1,83	0,80	0,65	3,95	22,13	0,078	0,18
Фон 1 + Экосил	1,80	0,76	0,64	3,74	19,37	0,076	0,17
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	1,84	0,79	0,63	4,00	20,42	0,076	0,17
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	1,93	0,81	0,64	4,36	23,55	0,079	0,20
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	1,95	0,81	0,64	4,58	25,41	0,079	0,19
Фон 1 + Фитовитал	1,92	0,77	0,65	3,62	20,42	0,076	0,17
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	2,07	0,88	0,71	5,01	33,10	0,082	0,22
НСР ₀₅	0,16	0,06	0,07	0,04	2,3	0,007	0,03

В среднем за три года максимальное содержание в зерне ячменя сорта Батка азота (2,09 %), фосфора (0,90 %) и калия (0,71 %) отмечено в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀ + 40P₇₀K₁₂₀, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия. В этом же варианте опыта у сорта Якуб содержание азота, фосфора и калия также было максимальным: 2,07; 0,88 и 0,71 % соответственно (см. табл. 7, 8).

В среднем за 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений содержание кальция, магния, меди и цинка в зерне раннеспелого сорта ячменя Батка составило 0,065 и 0,14 %, 2,78 и 16,19 мг/кг, среднепозднего сорта Якуб – 0,070 и 0,14 %, 3,02 и 15,69 мг/кг соответственно.

Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста в большинстве случаев увеличивало содержание кальция, магния, меди и цинка в зерне ячменя. В вариантах с применением N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ в сравнении с вариантом без удобрений в зерне раннеспелого сорта ячменя Батка содержание меди возросло на 0,13, и 0,24 мг/кг, а цинка – на 1,97 мг/кг в варианте N₉₀P₆₀K₉₀, у сорта Якуб в этих же вариантах опыта содержание меди и цинка в зерне существенно не увеличилось. Содержание кальция и магния в зерне ячменя сорта

Батька и сорта Якуб в данных вариантах опыта существенно не увеличилось.

На фоне повышенных доз минеральных удобрений в сочетании с дробным внесением азота ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) содержание кальция, магния, меди и цинка в зерне раннеспелого сорта ячменя Батька составило 0,078 и 0,18 %, 3,13 и 18,84 мг/кг, среднепозднего сорта Якуб – 0,077 и 0,19 %, 3,42 и 17,95 мг/кг. Обработка посевов микроудобрениями с регуляторами роста МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала в зерне раннеспелого сорта ячменя Батька в среднем за три года исследований содержание меди на 1,10 и 0,95 мг/кг, цинка – на 7,06 и 6,70 мг/кг, но не способствовала увеличению содержания кальция и магния. В этих же вариантах в зерне ячменя среднепозднего сорта Якуб содержание кальция и магния не увеличилось, а меди и цинка возросло на 0,99 и 1,21 и на 8,44 и 6,58 мг/кг соответственно.

Применение микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2015–2017 гг. способствовало увеличению содержания в зерне раннеспелого сорта ячменя Батька меди и цинка на 0,71 и 2,81 мг/кг. В зерне среднепозднего сорта ячменя Якуб в этом же варианте содержание меди и цинка увеличилось на 0,90 и 2,72 мг/кг соответственно. В то же время содержание кальция и магния в данном варианте опыта у обоих сортов ячменя существенно не возросло (см. табл. 7, 8).

Двукратная обработка посевов раннеспелого сорта ячменя Батька Нутривантом Плюс и Кристаллоном в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года увеличивала содержание в зерне меди и цинка на 0,36 и 0,53 и на 6,60 и 7,31 мг/кг. В этих же вариантах опыта в зерне ячменя среднепозднего сорта Якуб содержание меди и цинка возросло на 0,57 и 0,58 и на 4,69 и 5,16 мг/кг соответственно. При этом содержание кальция и магния в зерне ячменя обоих сортов возрастало незначительно.

Применение азотно-фосфорно-калийного удобрения для основного внесения с Cu и Mn в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия не способствовало увеличению содержания в зерне ячменя макро- и микроэлементов.

Обработка посевов раннеспелого сорта ячменя Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал, по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$, не увеличивала содержание кальция и магния в зерне, при этом содержание меди возросло на 0,14 и 0,24 мг/кг, а цинка – на 5,00 мг/кг только в варианте с применением Фитовитала.

В этих же вариантах в зерне ячменя среднепозднего сорта Якуб содержание меди возросло на 0,37 и 0,25 мг/кг, цинка – на 2,40 и 3,45 мг/кг соответственно, содержание кальция и магния при этом существенно не увеличилось.

В среднем за три года максимальное содержание в зерне раннеспелого сорта ячменя Батька и среднепозднего сорта Якуб кальция (0,086 и 0,082 %), магния (0,20 и 0,22 %), меди (4,54 и 5,01 мг/кг) и цинка (28,56 и 33,10 мг/кг) отмечено в варианте с использованием Микро-Стим-Медь Л на фоне $N_{80} + 40P_{70}K_{120}$, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия (см. табл. 7, 8). В этом варианте опыта содержание цинка находилось в оптимальных пределах, а содержание меди несколько не достигало его. Зерно отличалось низким содержанием кальция и магния.

На основании результатов урожайности зерна и соломы ячменя обоих сортов, химического анализа основной и побочной продукции был определен вынос элементов питания. Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста повышало урожайность ячменя и общий вынос элементов питания. Максимальный общий вынос азота, фосфора и калия у раннеспелого (153,2; 72,0 и 176,1 кг/га) и среднепозднего сортов ячменя (166,1; 76,4 и 185,8 кг/га соответственно) получен в варианте с повышенными дозами азота, фосфора и калия ($N_{80}P_{70}K_{120}$) в сочетании с азотной подкормкой (N_{40}) и некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л (табл. 9, 10).

Одним из важных показателей потребления элементов питания культурой, помимо общего выноса, является удельный вынос элементов питания, выражаемый как вынос элементов питания на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции.

В вариантах с высокими дозами минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой ($N_{80} + 40P_{70}K_{120}$) показатель удельного выноса азота, фосфора и калия был более высоким и составил у сорта Батька 19,2; 9,3 и 22,9 кг/т, у сорта Якуб – 20,6; 9,5 и 24,3 кг/т.

Таблица 9. Вынос основных элементов питания ячменем сорта Батька в среднем за три года исследований

Варианты	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений	40,1	19,7	39,7	15,0	7,3	14,8
$N_{60}P_{60}K_{90}$	79,3	37,2	89,9	16,8	8,0	19,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	99,6	45,8	111,5	17,8	8,2	19,9
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	120,7	57,9	140,9	19,2	9,3	22,9

1	2	3	4	5	6	7
Фон 1 + Адоб Медь	113,7	52,9	125,1	18,4	8,6	20,2
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	112,0	52,0	123,6	18,6	8,6	20,5
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	117,6	53,1	127,1	19,2	8,7	20,7
Фон 1 + Экосил	116,2	53,4	125,8	19,3	8,8	20,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	116,9	52,9	128,3	18,9	8,6	20,7
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	132,2	57,7	136,6	20,5	9,0	21,1
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	129,7	57,0	134,0	20,7	9,1	21,3
Фон 1 + Фитовитал	122,1	54,1	130,9	20,0	8,9	21,4
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	153,2	72,0	176,1	21,9	10,3	25,3

В вариантах с применением медьсодержащих удобрений Адоб Медь, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ у раннеспелого сорта ячменя удельный вынос возрастал по сравнению с фоновым вариантом по азоту на 0,6; 2,7 и 2,9 кг/т, незначительно по фосфору – на 0,4; 0,8 и 0,9 кг/т и по калию – на 0,3; 1,2 и 1,4 кг/т. В этих же вариантах опыта у среднепозднего сорта ячменя удельный вынос основных элементов питания также возрастал по сравнению с фоном N₉₀P₆₀K₉₀: по азоту – на 0,2; 1,9 и 2,2 кг/т, незначительно по фосфору – на 0,2; 1,0 и 1,2 кг/га и более существенно по калию – на 2,1; 2,8 и 3,8 кг/т соответственно.

Максимальный удельный вынос азота, фосфора и калия у раннеспелого сорта ячменя Батяка (21,9; 10,3 и 25,3 кг/т) и среднепозднего сорта ячменя Якуб (23,0; 10,5 и 25,7 кг/т соответственно) получен в варианте с высокими дозами азота, фосфора и калия (N₈₀P₇₀K₁₂₀) в сочетании с азотной (N₄₀) и некорневой подкормками МикроСтим-Медь Л (табл. 9, 10).

Таблица 10. Вынос основных элементов питания ячменем сорта Якуб в среднем за три года исследований

Варианты	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений	40,4	19,7	42,0	15,4	7,5	16,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	87,0	41,0	90,2	17,3	8,1	18,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	107,7	48,1	111,0	18,8	8,3	19,5
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	134,2	62,0	156,9	20,6	9,5	24,3
Фон 1 + Адоб Медь	117,1	52,8	132,3	19,0	8,5	21,6
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	114,5	53,5	130,6	18,6	8,7	21,4
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	121,4	55,6	138,8	19,3	8,8	22,2
Фон 1 + Экосил	117,5	52,3	128,0	19,2	8,4	21,0

1	2	3	4	5	6	7
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	122,7	56,7	134,3	19,6	9,0	21,5
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	137,9	62,2	147,7	20,7	9,3	22,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	137,7	62,6	152,3	21,0	9,5	23,3
Фон 1 + Фитовитал	124,2	55,2	130,4	20,0	8,8	21,1
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	166,1	76,4	185,8	23,0	10,5	25,7

По сравнению с рядом источников у нас в опыте с ячменем удельный вынос азота, фосфора и калия был несколько ниже. Вероятно, это связано с тем, что при современных технологиях возделывания достигалась высокая урожайность зерна, обусловленная применением новых форм минеральных удобрений и регуляторов роста для основного внесения и подкормок. В связи с этим основные элементы питания более экономно использовались для формирования урожая данной культуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее экономически выгодными 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 $N_{90}P_{60}K_{90}$ и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80} + 40P_{70}K_{120}$, которые обеспечивали урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батка на уровне 61,8–70,0 ц/га, среднепозднего сорта Якуб – 62,7–72,5 ц/га, где чистый доход составил 134,7–168,0 долл. при рентабельности 51,9–67,6 %.

В варианте с применением $N_{80} + 40P_{70}K_{120} + \text{МикроСтим-Медь Л}$ у раннеспелого сорта ячменя Батка и среднепозднего сорта Якуб в зерне были более высокими содержание сырого протеина (13,1 и 12,9 %), обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином (74,0 и 73,1 г), общая сумма аминокислот (9,4 и 10,54 г/100 г), содержание калия (0,71 %), меди (4,54 и 5,01 мг/кг) и цинка (28,56 и 33,10 мг/кг соответственно).

По сравнению с рядом источников у сортов ячменя Батка и Якуб удельный вынос азота, фосфора и калия был несколько ниже. Вероятно, это связано с тем, что при современных технологиях возделывания достигалась высокая урожайность зерна, обусловленная применением новых форм минеральных удобрений и регуляторов роста для основного внесения и подкормок. В связи с этим основные элементы питания более экономно использовались для формирования урожая данной культуры.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста, накопление биомассы, экономическую эффективность, урожайность и качество ячменя	5
2. Влияние систем удобрения на содержание макро- и микроэлементов в зерне ячменя.....	21
Заключение.....	27