

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И
УРОЖАЙНОСТЬ СРЕДНЕПОЗДНЕГО СОРТА ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

Н. В. БАРБАСОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь, 213407, e-mail: nbarbasov@mail.ru

(Поступила в редакцию 04.04.2018)

Фотосинтез является одним из главных процессов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, так как в результате его протекания образуется до 90–95 % сухого вещества растений. Минеральное питание растений и фотосинтез составляют две стороны единого процесса питания растений. Чем лучше создаются условия для процесса фотосинтеза, тем выше его продуктивность и конечный урожай растений, тем больше гарантия получения продукции высокого качества. В статье приведены результаты биометрических показателей, накопления биомассы, фотосинтетической деятельности и урожайности зерна ярового ячменя в зависимости от применения нового комплексного удобрения, разработанного в Институте почвоведения и агрохимии, NPK с Cu (0,15 %) и Mn (0,10 %) для основного внесения, комплексных удобрений для некорневой подкормки Нутривант плюс (Израиль) и Кристалон (Нидерланды), микроудобрения Адоб Медь (Польша), регуляторов роста Экосил и Фитовитал, комплексных микроудобрений с регулятором роста МикроСтим–Медь Л и ЭлеГум–Медь. Установлена высокая эффективность допосевого внесения и некорневой подкормки посевов ячменя комплексными удобрениями и регуляторами роста. Максимальная высота растений ячменя (84,6 см), а также накопление биомассы (1073,7 г/100 раст.) в фазе молочно-восковой спелости наблюдались в варианте N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ карб. + МикроСтим – Медь Л. В этом же варианте отмечены самые высокие показатели площади листовой поверхности (16,7–89,0 тыс. м²/га), листовой фотосинтетической потенциал (0,46–1,41 млн м²сут./га) от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости, наибольшая урожайность зерна ячменя (72,5 ц/га).

Ключевые слова: ячмень, фотосинтез, минеральные удобрения, регуляторы роста, урожайность.

Photosynthesis is one of the main processes determining the yield of agricultural crops, since it leads to the formation of up to 90-95% of the dry matter of plants. Mineral plant nutrition and photosynthesis are the two sides of a single process of plant nutrition. The better the conditions for the process of photosynthesis are, the higher its productivity and the final crop of plants, the greater is the guarantee of obtaining high-quality products. The article presents research into biometric indicators, biomass accumulation, photosynthetic activity and spring barley grain yield, depending on the application of a new complex fertilizer developed at the Institute of Soil Science and Agrochemistry, NPK with Cu (0.15%) and Mn (0.10%) for the main application, complex fertilizers for foliar fertilizing Nutrivant plus (Israel) and Kristalon (Netherlands), micro-fertilizers Adob Med (Poland), growth regulators Ecosil and Phytovital, complex micro-fertilizers with growth regulator MicroStim-Med L and EleGum-Med. A high efficiency of pre-sowing and non-root feeding of barley crops with complex fertilizers and growth regulators has been established. The maximum height of barley plants (84.6 cm), as well as the accumulation of biomass (1073.7 g / 100 plants) in the phase of milky wax ripeness were observed in variant N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ carb. + MicroStim-Med L. In the same variant, we noted the highest leaf surface areas (16.7-89.0 thousand m² / ha), leaf photosynthetic potential (0.46-1.41 million m² day / ha) from the phase of tillering to the phase of milky wax ripeness, and the highest yield of barley grain (7.25 t / ha).

Key words: barley, photosynthesis, mineral fertilizers, growth regulators, yield.

Введение

Минеральное питание растений – совокупность процессов поглощения, передвижения и усвоения растениями химических элементов, получаемых из почвы в форме ионов минеральных солей [1].

В формировании величины урожая и его качества большая роль принадлежит листовому аппарату. Одним из наиболее эффективных путей рационального использования удобрений является комплексная диагностика с обязательным биометрическим контролем за ростом и развитием растений в течение вегетационного периода [2]. Особое внимание, при разработке приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур уделяется разработке методов увеличения продуктивности фотосинтеза – ассимиляционной поверхности, времени активной фотосинтетической деятельности и др. Регуляция процесса фотосинтеза в первую очередь осуществляется с помощью внесения минеральных удобрений, а интенсивность его является одним из методов управления формированием урожайности посевов. Одним из важных показателей фотосинтетической деятельности посевов является величина листовой поверхности [3,4]. Основным показателем, характеризующий состояние посевов с точки зрения их фотосинтетической деятельности – развитие поверхности листьев (площадь листовой поверхности по стадиям роста и развития растений), который оказывает непосредственное влияние на накопление биомассы растений в процессе вегетации. Для оценки состояния посевов чаще всего используют значение фотосинтетического потенциала (ФП – суммы ежедневных показателей площади листьев на гектар посева), который

характеризует фотосинтетическую мощность посевов за весь вегетационный период или за отдельный промежуток времени [5].

Недостаточно быстрое нарастание листовой поверхности и незначительные ее размеры у растений могут быть причиной снижения продуктивности сельскохозяйственных культур. Поэтому агротехнические приемы необходимо направлять на ускоренное формирование у растений листьев и сохранение их в активном состоянии вплоть до уборки урожая [6].

В связи с этим цель исследований – изучить влияние различных форм удобрений и регуляторов роста на динамику роста, накопление биомассы, фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Основная часть

Полевые опыты проводили в 2015–2017 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» со среднеспелым сортом ярового ячменя Якуб. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Агрохимические показатели почвы следующие: среднее содержание гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,2 %), повышенная обеспеченность подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и калием (200–208 мг/кг), среднее содержание подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислая реакция ($pH_{KCl} = 5,73–5,96$).

Общая площадь делянки 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Норма высева – 5,5 млн/га всхожих семян. В опытах применялись карбамид (N – 46 %), аммофос (N – 10–12 %, P₂O₅ – 52 %), хлористый калий (60 %), комплексное удобрение для основного внесения АФК марки 16:11:20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, комплексные удобрения для некорневых подкормок Нутривант Плюс (N (6 %), P₂O₅ (23 %), K₂O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %)), Кристалон особый – (N (18 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (18 %), MgO (3 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (5,0 %)), Кристалон коричневый – (N (3 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (38 %), MgO (4 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (27,5 %)), микроудобрения Адоб Медь (медь в хелатной форме – 6,43 %, азот – 9 % и магний – 3 %) и ЭлеГум-Медь (гуминовые вещества – 10 г/л и медь – 50 г/л), комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,60–5,0 мг/л), регуляторы роста Экосил (препаративная форма – 5%-я водная эмульсия тритерпеновых кислот) и Фитовитал (водорастворимый концентрат янтарной кислоты – 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс макро- и микроэлементов – Mg, Cu, Fe, Zn, B, Mn, Mo, Co, Li, Br, Al, Ni).

Комплексное удобрение АФК вносили до посева. Комплексным удобрением Нутривант Плюс израильского производства проводилось 2 обработки: первая – в фазе кушения в дозе 2 кг/га, вторая – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Комплексное удобрение Кристалон (Нидерланды) использовался двух видов: особый – в фазе кушения в дозе 2 кг/га, коричневый – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Адоб Медь применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л – в той же фазе, что и Адоб Медь в дозе 1 л/га. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал проводилась в фазе начала выхода в трубку в дозе 75 мл/га и 0,6 л/га соответственно. Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводились согласно инструкции по применению и отраслевого регламента. Азотная подкормка ячменя проводилась карбамидом в фазе начала выхода в трубку. Расчет площади листовой поверхности и листового фотосинтетического потенциала был проведен в соответствии с рекомендациями Института почвоведения и агрохимии [5].

Уборка урожая производилась комбайном «Samro – 500», учет урожая – прямым поделочным способом. Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову [7] и М. Ф. Дембицкому [8].

Анализируя данные трехлетних исследований, можно отметить, что минимальная высота растений ячменя в фазе кушения наблюдалась в варианте без удобрений – 20,7 см. Наибольшая высота растений в 2015–2017 гг. была в вариантах с применением высоких доз удобрений (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ и N₈₀P₇₀K₁₂₀+N₄₀ + МикроСтим-Медь Л) и составила 28,4 и 30,7 см. Вероятно, это связано с повышенным минеральным питанием растений в этих вариантах опыта. В фазе начала выхода в трубку у ячменя максимальную высоту растения имели в вариантах N₈₀P₇₀K₁₂₀+N₄₀ и N₈₀P₇₀K₁₂₀+N₄₀+ МикроСтим-Медь Л – 49,5 и 50,5 см соответственно. В среднем за три года в фазе колошения и молочно-восковой спелости наибольшая высота растений у ячменя отмечена в варианте с применением N₈₀P₇₀K₁₂₀+N₄₀ + МикроСтим-Медь Л, которая составила 83,0 и 84,6 см.

Наибольшее накопление биомассы в среднем за три года у растений ячменя в фазе кушения было в вариантах с повышенными дозами удобрений (табл. 2). Максимальная масса сухого вещества в 2015 – 2017 гг. в фазе кушения у ячменя была в вариантах N₉₀P₆₀K₉₀+ ЭлеГум-Медь и N₈₀P₇₀K₁₂₀ +

N₄₀ (45,2 г/100 раст.), а также в варианте N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ + МикроСтим–Медь Л в фазе начала выхода в трубку (50,8 г/100 раст). В фазе выхода в трубку в среднем за три года наибольшее накопление биомассы наблюдалось в вариантах N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ и N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ + МикроСтим–Медь Л в фазе начала выхода в трубку – 312,9 и 325,0 г/100 раст. В фазе колошения наибольшее накопление сухого вещества у ячменя отмечено в вариантах с повышенными дозами минеральных удобрений: N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ и N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ + МикроСтим–Медь Л в фазе начала выхода в трубку – 642,1 и 674,5 г/100 раст. Максимальная масса сухого вещества в фазе молочно-восковой спелости в среднем за три года у ячменя наблюдалось в варианте N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ + МикроСтим–Медь Л в фазе начала выхода в трубку и составила 1073,7 г/100 раст. Это, по-видимому, связано с повышенными дозами фосфорных и калийных удобрений на повышенном фоне азотного питания в сочетании с микроэлементной подкормкой. Применение удобрений способствовало значительному увеличению нарастания листовой поверхности посевов ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. внесение N₉₀P₆₀K₆₀ способствовало увеличению листовой поверхности по сравнению с контролем в фазе молочно-восковой спелости на 27,7 тыс. м²/га, а N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ (в подкормку) – на 41,7 тыс. м²/га (табл. 1).

Таблица 1. Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения за 2015–2017 гг.

Варианты	Площадь листовой поверхности по фазам развития, тыс. м ² /га															
	Кущение				Выход в трубку				Колошение				Молочно-восковая спелость			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средн. е	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средн. е	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средн. е	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средн. е
Без удобрений:	4,9	7,1	5,5	5,8	28,2	14,3	13,4	18,6	33,0	38,9	39,6	37,2	34,3	40,3	40,3	38,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	7,4	9,3	8,7	8,5	33,2	23,1	21,9	26,1	41,5	48,1	49,0	46,2	43,1	49,6	49,7	47,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	10,3	10,2	10,5	10,3	42,9	27,1	26,0	32,0	58,0	53,9	57,5	56,5	69,8	60,9	67,2	66,0
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	11,5	12,3	14,3	12,7	49,1	36,6	35,1	40,3	71,1	65,7	82,7	73,2	73,1	77,0	90,0	80,0
Фон 1 + Адоб Медь	8,9	14,7	11,1	11,6	48,2	31,3	27,8	35,8	58,0	50,5	67,3	58,6	69,8	69,9	68,2	69,3
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	10,7	12,8	10,8	11,4	47,3	30,5	24,4	34,1	50,3	54,8	68,3	57,8	63,9	61,1	74,9	66,6
Фон 1+ Кристалон (2 обраб.)	8,8	14,7	11,7	11,7	45,3	34,2	23,7	34,4	51,9	59,3	69,4	60,2	63,6	64,6	74,9	67,7
Фон 1+ Экосил	10,9	15,2	10,2	12,1	43,7	36,6	23,1	34,5	56,0	60,1	63,8	60,0	67,7	66,5	69,2	67,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	8,8	14,7	10,7	11,4	46,4	28,4	26,6	33,8	63,5	58,4	61,9	61,3	65,4	66,2	68,2	66,6
Фон 1+ЭлеГум – Медь	10,7	16,3	11,3	12,8	45,3	35,0	26,5	35,6	59,8	65,7	69,4	65,0	66,1	71,3	79,6	72,3
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	10,3	12,8	10,5	11,2	48,2	32,0	29,7	36,6	63,5	60,1	75,1	66,2	67,1	64,4	80,7	70,7
Фон 1 + Фитовитал	10,3	13,2	10,1	11,2	43,7	32,0	26,3	34,0	59,8	59,3	68,3	62,5	65,6	62,6	73,8	67,3
Фон 2 + МикроСтим – Медь Л	13,5	20,3	16,2	16,7	57,7	40,5	38,8	45,7	81,4	74,5	92,5	82,8	83,4	83,4	100,1	89,0
НСР ₀₅	0,14	0,1	0,7	0,18	0,6	0,2	1,0	0,4	0,9	0,4	0,7	0,4	0,9	0,4	1,0	0,5

Возрастала листовая поверхность и при применении микроудобрений. В фазе молочно-восковой спелости ячменя внесение микроудобрения Адоб Медь обеспечивало прирост листовой поверхности по сравнению с фоном на 3,3 тыс. м²/га. Некорневые подкормки ЭлеГум–Медь и МикроСтим–Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивали площадь листовой поверхности ячменя в среднем за три года на 6,3 и 4,7 тыс.м²/га. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал в 2015–2017 гг. повышала площадь листовой поверхности по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ на 1,8 и 1,3 тыс. м²/га соответственно. Применение комплексных удобрений для некорневых подкормок Нутривант плюс и Кристалона по сравнению с фоновым вариантом не способствовало нарастанию площади листовой поверхности ячменя. Не возрастала площадь листовой поверхности и при внесении комплексного удобрения АФК с Cu и Mn по сравнению с применением в эквивалентных дозах (N₉₀P₆₀K₉₀) карбамида, аммофоса и хлористого калия. Максимальная площадь листовой поверхности (89,0 тыс. м²/га) в среднем за три года исследований наблюдалась в варианте с внесением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим–Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40 карб.}, что способствовало более высокой урожайности зерна в этом варианте.

В среднем за три года от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости при внесении N₉₀P₆₀K₉₀ по сравнению с вариантом без удобрений фотосинтетический потенциал листовой поверхности увеличился на 0,38 млн м²сут./га, а при N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ – на 0,48 млн м²сут./га (табл. 2).

В варианте N₉₀P₆₀K₉₀ + Адоб Медь в сравнении с фоновым фотосинтетический потенциал возрастал на 0,04 – 0,30 млн м²сут./га в межфазный период кущение – молочно-восковая спелость. Новое комплексное удобрение для основного внесения (NPK с Cu(0,15 %), Mn(0,10 %) в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало по сравнению с ними данный показатель в 2015–2017 гг. на 0,03–0,07 млн м²сут./га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость. Применение Нутривант плюс и Кристалона во внекорневую подкормку по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивало фотосинтетический потенциал листовой поверхности в среднем за три года на 0,03 –

0,10 млн. м²сут./га и на 0,05–0,13 млн м²сут./га соответственно в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Некорневая подкормка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ в 2015–2017 гг. увеличивала фотосинтетический потенциал на 0,05–0,10 и на 0,04–0,16 млн м²сут./га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость по сравнению с фоновым вариантом. Некорневая подкормка ЭлеГум–Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала фотосинтетический потенциал посевов ячменя на 0,06 – 0,21 млн м²сут./га, а МикроСтим–Медь Л на том же фоне – на 0,05 и 0,28 тыс.м²/га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость в среднем за три года.

Таблица 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал листовой поверхности ячменя за 2015–2017 гг.

Варианты	Фотосинтетический потенциал по фазам развития, млн. м ² сут./га											
	Кушение – выход в трубку				Выход в трубку – колошение				Колошение – молочно-восковая спелость			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средне	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средне	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средне
Без удобрений	0,20	0,15	0,13	0,16	0,29	0,32	0,45	0,35	0,34	0,55	0,72	0,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,29	0,23	0,21	0,24	0,47	0,43	0,60	0,50	0,71	0,68	0,89	0,76
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	0,40	0,26	0,25	0,30	0,49	0,49	0,71	0,56	0,85	0,80	1,12	0,92
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	0,51	0,34	0,35	0,40	0,56	0,61	1,00	0,72	1,05	1,00	1,55	1,20
Фон 1 + Адоб Медь	0,43	0,32	0,27	0,34	0,55	0,49	0,81	0,62	0,89	0,77	1,22	0,96
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,44	0,30	0,25	0,33	0,59	0,53	0,79	0,64	0,96	0,80	1,29	1,02
Фон 1+ Кристалон (2 обработки)	0,45	0,34	0,25	0,35	0,60	0,56	0,79	0,65	0,97	0,87	1,30	1,05
Фон 1+ Экосил	0,45	0,36	0,23	0,35	0,58	0,58	0,74	0,63	0,98	0,89	1,20	1,02
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	0,44	0,30	0,26	0,33	0,56	0,52	0,75	0,61	0,95	0,85	1,17	0,99
Фон 1+ЭлеГум – Медь	0,47	0,36	0,26	0,36	0,67	0,60	0,81	0,69	1,10	0,96	1,34	1,13
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	0,47	0,31	0,28	0,35	0,83	0,62	0,89	0,78	1,33	0,87	1,40	1,20
Фон 1 + Фитовитал	0,45	0,32	0,25	0,34	0,81	0,55	0,80	0,72	1,00	0,85	1,28	1,04
Фон 2 + МикроСтим – Медь Л	0,55	0,43	0,39	0,46	0,86	0,69	1,12	0,89	1,40	1,11	1,73	1,41
НСР 05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,011	0,05	0,01	0,01	0,014

Наибольший ФПЛ (0,46–1,41 млн м²сут./га) отмечен в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим–Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀. В этом варианте опыта отмечена и более высокая урожайность зерна ячменя. В среднем в 2015–2017 гг. урожайность зерна ячменя в вариантах с применением N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ по сравнению с вариантом без удобрений возросла на 23,7 и 31,3 ц/га, а окупаемость 1 кг НРК кг зерна по данным вариантам опыта составила 11,3 и 13,0 кг соответственно (табл. 3). Высокие дозы минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀) обеспечивали прибавку урожайности 39,4 ц/га, окупаемость 1 кг НРК кг зерна составляла при этом 12,7 кг. Применение медьсодержащих удобрений МикроСтим–Медь Л, ЭлеГум–Медь и Адоб Медь в фазе начала выхода в трубку на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ повышало урожайность зерна ячменя в среднем за три года исследований на 8,8, 9,7 и 4,3 ц/га при окупаемости 1 кг НРК кг зерна 16,7, 17,1 и 14,8 кг соответственно.

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

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

Двукратная обработка посевов ячменя Кристалоном в фазе кушения и выхода в трубку обеспечивала прибавку урожая к фону 5,8 ц/га, окупаемость 1 кг НРК кг зерна при этом составила 15,5 кг. Использование Нутривант плюс в фазах кушения и выхода в трубку на фоне N₉₀P₆₀K₉₀

обеспечивало прибавку урожайности зерна на уровне 4,2 ц/га. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu(0,15 %), Mn(0,10 %) в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) способствовало увеличению урожайности зерна ячменя на 5,7 ц/га и окупаемости 1 NPK кг зерна на 2,4 кг. Белорусские микроудобрения с регуляторами роста ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л превосходили по действию польское удобрение Адоб Медь и их можно использовать для импортозамещения.

Обработка посевов ярового ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала урожайность зерна на 4,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,8 кг соответственно.

Применение регулятора роста Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ способствовало возрастанию урожайности зерна ячменя на 5,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 15,2 соответственно.

Максимальная урожайность зерна (72,5 ц/га) получена при повышенных дозах азота, фосфора и калия (N₈₀P₇₀K₁₂₀) в сочетании с азотной подкормкой (N₄₀) и некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л.

Заключение

1. Использование макро-, микроудобрений и регуляторов роста способствовало более интенсивному росту растений ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. максимальные показатели высоты растений (84,6 см) и накопления сухого вещества (1073,7 г/100 раст.) в фазе молочно-восковой спелости наблюдались в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀.

2. Обработка посевов ячменя микроудобрениями, комплексными удобрениями и регуляторами роста способствовали значительному увеличению площади листовой поверхности ячменя. За три года исследований в среднем наибольшая площадь листовой поверхности (16,7–89,0 тыс. м²/га) и листовой фотосинтетический потенциал (0,46–1,41 млн м²сут./га) от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости у растений ячменя наблюдались в варианте с обработкой посевов МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40 карб.}

3. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu(0,15 %), Mn(0,10 %) в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) в 2015–2017 гг. увеличивало урожайность зерна ячменя на 5,7 ц/га.

4. Некорневая подкормка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ в среднем за три года увеличивала урожайность зерна ячменя на 4,2 и 5,2 ц/га. Максимальная урожайность зерна ячменя (72,5 ц/га) была в варианте с применением в посевах ячменя МикроСтим – Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀.

5. Обработка посевов ячменя на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ микроудобрениями Адоб Медь, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л увеличивала урожайность ячменя в среднем за три года на 4,3, 9,7 и 8,8 ц/га, а комплексными удобрениями Нутривант Плюс и Кристалон – на 4,2 и 5,8 ц/га соответственно.

6. Сравнение действия отечественных микроудобрений МикроСтим-Медь Л и ЭлеГум-Медь с известным импортным микроудобрением Адоб Медь, показало, что по эффективности отечественные микроудобрения превосходили его и могут быть использованы для импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фотосинтез [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.docme.ru/doc/898357/vliyanie-mineralnyh-udobrenij> – Дата доступа: 23.01.2018.

2. Фотосинтетическая деятельность растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oaji.net/articles/2>. – Дата доступа: 24.01.2018.

3. Беденко, В. П. Морфо-физиологические показатели продукционного процесса у контрастных по урожайности сортов озимой пшеницы / В. П. Беденко // Продукционный процесс, его моделирование и полевой контроль: учеб. пособие / В. П. Беденко. – Саратов, 1990. – С. 18–21.

4. Алёшин, Е. П. / Е. П. Алёшин, Н. Е. Алёшин – 2-е. изд., перераб. и доп. – Краснодар, 1997. – 504 с.

5. Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси – Минск, 2006. – 12 с.

6. Агроэкологические аспекты выращивания культуры риса в условиях Кубани [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studbooks.net/1295096/agropromyshlennost/vliyanie_regulyatorov_rosta_indeks_listovoy_poverhnosti#54. – Дата доступа: 24.01.2018.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 235 с.

8. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – №3. – С. 60–64.