

УДК 631.8 : 633.256 : 631.445.24

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАННЕСПЕЛОГО СОРТА ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н. В. БАРБАСОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407; e-mail: NBARBASOV@MAIL.RU

(Поступила в редакцию 30.12.2018)

Известно, что яровые зерновые культуры потребляют элементы питания в более сжатые сроки и отличаются высокой интенсивностью поглощения элементов питания. Среди других яровых культур ячмень характеризуется наиболее коротким периодом потребления элементов питания. Ко времени выхода в трубку он потребляет около 70 % калия, 40 % фосфора и более 60 % азота, используемых за весь вегетационный период.

В данной статье приведены результаты урожайности зерна, содержания основных элементов питания (азот, фосфор, калий) в основной и побочной продукции, общего и удельного выноса элементов питания яровым ячменем сорта Батяка при использовании различных систем удобрений на основе применения новых комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регулятором роста на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлена высокая эффективность допосевого внесения и некорневой подкормки посевов ячменя комплексными удобрениями и регуляторами роста. Наибольшая урожайность зерна ячменя (70,0 ц/га) отмечена в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб.}} + \text{МикроСтим} - \text{Медь Л}$. В среднем за 2015 – 2017 гг. максимальное содержание в зерне и соломе ячменя азота (2,09 и 0,55 %), фосфора (0,90 и 0,36 %) и калия (0,71 и 2,12) отмечено в варианте с использованием МикроСтим – Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб.}}$, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия. В этом же варианте опыта отмечен наибольший общий вынос азота, фосфора и калия (153,2, 72,0 и 176,1 кг/га соответственно) и наибольший удельный вынос азота, фосфора и калия (21,9, 10,3 и 25,3 кг/т соответственно).

Ключевые слова: ячмень, минеральные удобрения, регуляторы роста, урожайность, основные элементы питания, вынос элементов питания.

It is known that spring grain crops consume nutrients in a shorter time and are characterized by a high intensity of absorption of nutrients. Among other spring crops, barley is characterized by the shortest period of consumption of nutrients. At the time of going into the tube, it consumes about 70% of potassium, 40% of phosphorus, and more than 60% of nitrogen used for the entire vegetation period.

This article presents results of research into grain yield, the content of basic nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) in primary and secondary products, the total and specific removal of nutrients by spring barley of Batska variety using different fertilizer systems based on the use of new complex fertilizers for basic application and foliar applications, micronutrients, growth regulators and complex micronutrients with growth regulator on sod-podzolic light loamy soil. The high efficiency of the pre-sowing and foliar feeding of barley crops with complex fertilizers and growth regulators has been established. The highest grain yield of barley (7 t / ha) is noted in the variant $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ carb.}} + \text{MicroStim-Med L}$. On average for the years 2015-2017, the maximum content in the barley grain and straw of nitrogen (2.09 and 0.55%), phosphorus (0.90 and 0.36%) and potassium (0.71 and 2.12) is noted in the variant using MicroStim-Med L against the background of $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ carb.}}$, where higher doses of nitrogen, phosphorus and potassium were used. In the same variant of the experiment, the highest total removal of nitrogen, phosphorus and potassium (153.2, 72.0 and 176.1 kg / ha, respectively) and the largest specific removal of nitrogen, phosphorus and potassium (21.9, 10.3 and 25.3 kg / t, respectively).

Key words: barley, mineral fertilizers, growth regulators, yield, main nutrients, removal of nutrients.

Введение

Ячмень *Hordeum L.* – ценная продовольственная, техническая и кормовая культура. Зерно его широко используют для приготовления круп (ячневой и перловой), ячменного кофе, а также для получения мальцэкстракта – продукта, необходимого в хлебопекарной, кондитерской, фармацевтической, лакокрасочной, текстильной и кожевенной промышленности. Зерно ячменя – основное сырье для пивоваренного производства. Среди сельскохозяйственных культур ячмень занимает четвертое место в мире после пшеницы, риса, кукурузы.

Зерно ячменя содержит 10–12 % сырого протеина, 2,3–2,5 % жира, 2,5–2,8 % золы, 72–80 % безазотистых экстрактивных веществ. Из зерна ячменя производят перловую и ячневую крупы, солодовые экстракты и другие пищевые продукты. Основная масса производимого зерна ячменя (около 70 %) в нашей стране расходуется на нужды животноводства. 1 кг зерна содержит в среднем 80–100 г переваримого белка и 1,15–1,18 к. ед. [1, 2, 3].

Среди других яровых зерновых культур ячмень характеризуется наиболее коротким периодом потребления элементов питания. Ко времени выхода в трубку он потребляет около 70 % калия, 40 % фосфора и более 60 % азота, используемых за весь вегетационный период.

Для получения высоких урожаев ячменя хорошего качества важную роль играет обеспеченность растений микроэлементами. Кроме микроэлементов, одним из биологических резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных растений являются стимуляторы роста, т. е. вещества, выполняющие, роль адаптогенов, которые влияют на жизненные процессы в растениях, но не являются источником питания [4, 5].

Применение микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста, комплексных удобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет разработать высокоэффективную систему удобрений, обеспечивающую высокую, устойчивую урожайность, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая [6].

Основная часть

Цель исследований – изучить влияние систем удобрения на урожайность, содержание элементов питания в зерне и соломе ячменя, а также оценить влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на вынос с урожаем элементов питания при возделывании ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Полевые опыты проводили в 2015–2017 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» с раннеспелым сортом ярового ячменя Батька. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Она характеризуется следующими показателями: средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,2 %), 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 – 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, 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 (6,43 % меди в хелатной форме, 9 % азота и 3 % магния) и ЭлеГум – Медь (гуминовых веществ – 10 г/л и меди – 50 г/л), комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим – Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые в-ва – 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).

Новое комплексное удобрение АФК марки 16:11:20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, вносили до посева. Комплексным удобрением Нутривант Плюс израильского производства проводилось 2 обработки: первая – в фазе кущения в дозе 2 кг/га, вторая – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Использовалось два вида комплексного удобрения Кристалон (Нидерланды): особый – в фазе кущения 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.

Азотная подкормка ячменя проводилась карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

Уборка урожая производилась комбайном «Samro – 500», учет урожая – прямым поделаночным способом.

Содержание общего азота, фосфора и калия в зерне и соломе ячменя определяли из одной навески после мокрого озоления: азот – по методу Кьельдаля, фосфор – фотоколориметрическим методом, калий – методом пламенной фотометрии.

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову [7] и М. Ф. Дембицкому [8].

В среднем за 2015–2017 гг. урожайность зерна ячменя в вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ в сравнении с вариантом без удобрений возросла на 19,6 и 28,7 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK кг зерна по данным вариантам опыта составила 9,3 и 11,9 кг соответственно (табл. 1). Повышенные дозы минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой ($N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$) обеспечивали прибавку урожая 35,4 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна составляла при этом 11,4 кг. Обработка посевов медьсодержащими удобрениями МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь в фазе начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна ячменя в среднем за три года исследований на 6,9, 9,0 и 6,0 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,8, 15,7 и 14,4 кг соответственно.

Таблица 1. 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 NPK, кг зерна
	2015 г.	2016 г.	2017 г.			Фон 1	Фон 2	
Без удобрений	28,1	28,2	24,0	26,8	–	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{90}$	37,7	50,1	51,3	46,4	19,6	–	–	9,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	48,5	57,4	60,5	55,5	28,7	–	–	11,9
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	50,7	65,1	70,7	62,2	35,4	–	–	11,4
Фон 1 + Адоб Медь	55,4	60,8	68,2	61,5	34,7	6,0	–	14,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	52,7	60,5	66,2	59,8	33,0	4,3	–	13,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	54,9	61,1	67,2	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 1 + Экосил	53,2	61,6	65,8	60,2	33,4	4,7	–	13,9
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15%), Mn (0,10 %) (комплексное)	58,1	61,0	66,2	61,8	35,0	–	–	14,6
Фон 1 + ЭлеГум – Медь	61,8	63,2	68,6	64,5	37,7	9,0	–	15,7
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	53,8	64,5	69,0	62,4	35,6	6,9	–	14,8
Фон 1 + Фитовитал	57,9	60,0	65,5	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 2 + МикроСтим – Медь Л	60,9	71,5	77,5	70,0	43,2	–	7,8	13,9
НСР 05	1,5	3,4	1,5	1,3	–	–	–	–

Двукратная обработка посевов ячменя Кристалоном в фазе кущения и выхода в трубку обеспечивала прибавку урожая к фону 5,6 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна при этом составила 14,3 кг. Применение Нутривант плюс в фазах кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало прибавку урожайности на уровне 4,3 ц/га. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu(0,15 %), Mn(0,10 %) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) повышало урожайность зерна ячменя на 6,3 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна на 2,7 кг по сравнению со стандартными туками. Белорусское микроудобрение ЭлеГум-Медь превосходило польское удобрение Адоб Медь, а белорусское комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л не уступало ему по действию и их можно использовать для импортозамещения.

Обработка посевов ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна на 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 13,9 кг соответственно. Применение регулятора роста Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышало урожайность зерна ячменя на 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,3 соответственно.

Наибольшая урожайность зерна – 70,0 ц/га получена при внесении азота в дозе N_{80} и повышенных дозах фосфора и калия (P_{70} и K_{120}) в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л и азотной подкормкой в дозе N_{40} .

В среднем за 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений содержание азота, фосфора и калия в зерне ячменя составило 1,53, 0,71 и 0,51%, в соломе – 0,33, 0,21 и 1,15 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Содержание основных элементов питания в зерне и соломе ячменя в 2015–2017 гг.

Варианты опыта	Зерно (% в сух. ве-ве)			Солома (% в сух. ве-ве)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1,53	0,71	0,51	0,33	0,21	1,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,64	0,75	0,55	0,37	0,23	1,38
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	1,70	0,77	0,56	0,39	0,25	1,43
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	1,80	0,82	0,60	0,46	0,27	1,81
Фон 1 + Адоб Медь	1,74	0,78	0,56	0,45	0,26	1,49
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	1,76	0,77	0,57	0,46	0,27	1,54
Фон 1+ Кристалон (2 обработки)	1,81	0,81	0,58	0,47	0,27	1,56
Фон 1+ Экосил	1,87	0,80	0,58	0,46	0,28	1,57
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	1,85	0,76	0,57	0,47	0,28	1,58
Фон 1+ЭлеГум – Медь	1,98	0,82	0,59	0,47	0,28	1,60
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	1,99	0,82	0,62	0,49	0,30	1,62
Фон 1 + Фитовитал	1,98	0,79	0,61	0,47	0,29	1,66
Фон 2 + МикроСтим – Медь Л	2,09	0,90	0,71	0,55	0,36	2,12
НСР ₀₅	0,2	0,08	0,1	0,2	0,2	0,4

В вариантах с применением N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ в сравнении с вариантом без удобрений содержание основных элементов питания в зерне ячменя возросло: азота – на 0,11 и 0,17 %, фосфора – на 0,04 и 0,06 %, калия – на 0,04 и 0,05 % соответственно; в соломе прибавка по элементам питания составила: азота – на 0,04 и 0,06 %, фосфора – 0,02 и 0,04 %, калия – на 0,23 и 0,28 % соответственно. На фоне повышенных доз минеральных удобрений в сочетании с дробным внесением азота (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀) содержание азота, фосфора и калия в зерне ячменя составило 1,80, 0,82 и 0,56 %, в соломе – 0,46, 0,27 и 1,81 % соответственно. Обработка посевов удобрениями МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала содержание в зерна ячменя элементов питания в среднем за три года исследований: азота – на 0,29, 0,28 %, фосфора – на 0,05 %, калия – на 0,06 и 0,03 % соответственно. В соломе возрастание по элементам питания составило: азота – на 0,1 и 0,08 %, фосфора – 0,05 и 0,03 %, калия – на 0,19 и 0,17 % соответственно. Применение препарата Адоб Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ в среднем за 2015–2017 гг. не оказало существенного влияния на содержание основных элементов питания в зерне и соломе ячменя.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристаллоном и Нутривантом Плюс в фазе кущения и выхода в трубку на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала содержание азота на 0,11 и 0,06 % в зерне и на 0,08 и 0,07 % в соломе, при этом содержание фосфора и калия в зерне и соломе ячменя существенно не увеличилось по сравнению с фоновым вариантом. Применение 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) увеличивало содержание азота в зерне и калия в соломе на 0,15 % соответственно. В данном варианте содержание фосфора и калия в зерне и азота и фосфора в соломе было на уровне варианта N₉₀P₆₀K₉₀.

Обработка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала содержание азота в зерне ячменя на 0,17 и 0,28 %, в соломе – на 0,07 и 0,08 %.

В среднем за три года максимальное содержание в зерне и соломе ячменя азота (2,09 и 0,55 %), фосфора (0,90 и 0,36 %) и калия (0,71 и 2,12) отмечено в варианте с использованием МикроСтим – Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40 карб.}, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия.

На основании результатов химического анализа основной и побочной продукции ячменя был определен и вынос элементов питания (табл. 3).

В среднем в 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений был отмечен наименьший общий вынос азота, фосфора и калия – 40,1, 19,7 и 39,7 кг/га соответственно, в вариантах с применением N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ данный показатель составил: по азоту – 79,3 и 99,6 кг/га, по фосфору – 37,2 и 45,8 кг/га, по калию – 89,9 и 111,5 кг/га соответственно (табл. 3). Высокие дозы минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀) обеспечивали более высокий показатель выноса азота, фосфора и калия – 120,7, 57,9 и 140,9 кг/га соответственно. В вариантах с применением медьсодержащих удобрений МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ общий вынос элементов питания был выше, чем в фоновом варианте и составил:

азота – 113,7–132,2 кг/га, фосфора – 52,9–57,7 кг/га, калия – 125,1–136,6 кг/га соответственно.

Таблица 3. Вынос основных элементов питания ячменем в 2015–2017 гг.

Варианты опыта	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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
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 двукратной обработкой посевов ячменя Кристалоном и Нутривантом плюс на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ вынос азота составил 112,0–117,6 кг/га, фосфора – 52,0–53,1 кг/га, калия – 123,6–127,1 кг/га соответственно. В варианте с использованием 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) вынос азота, фосфора и калия был несколько выше и составил 116,9, 52,9 и 128,3 кг/га соответственно.

Использование регуляторов роста Экосил и Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивало общий вынос элементов питания по сравнению с фоном N₉₀P₆₀K₉₀. В данных вариантах он составил: азота – 116,2 и 122,1 кг/га, фосфора – 53,4 и 54,1 кг/га, калия – 125,8 и 130,9 кг/га соответственно.

Максимальный общий вынос азота, фосфора и калия (153,2, 72,0 и 176,1 кг/га соответственно) получен в варианте с повышенными дозами азота, фосфора и калия (N₈₀P₇₀K₁₂₀) в сочетании с азотной подкормкой (N₄₀) и некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л.

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 среднем за три года исследований в варианте без внесения удобрений был отмечен наименьший удельный вынос азота, фосфора и калия – 15,0, 7,3 и 14,8 кг/т соответственно. В вариантах с применением N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ данный показатель несколько возрастал и составил: по азоту – 16,8 и 17,8 кг/т, по фосфору – 8,0 и 8,2 кг/т, по калию – 19,3 и 19,9 кг/т соответственно (табл. 3). Высокие дозы минеральных удобрений в сочетании с азотной подкормкой (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀) обеспечивали более высокий показатель удельного выноса азота, фосфора и калия – 19,2, 9,3 и 22,9 кг/т соответственно. В вариантах с применением медьсодержащих удобрений Адоб Медь, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ удельный вынос возрастал по сравнению с фоновым вариантом по азоту – на 0,6–2,9 кг/т, по фосфору – на 0,4–0,9 кг/т, калия – на 0,3–1,4 кг/т соответственно.

В 2015–2017 гг. в вариантах с двукратной обработкой посевов ячменя Нутривантом плюс и Кристалоном на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ удельный вынос по сравнению с фоном возрастал незначительно по азоту – на 0,8–1,4 кг/т, по фосфору – на 0,4–0,5 кг/т, по калию – на 0,6–0,8 кг/т соответственно. В варианте с использованием 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) удельный вынос азота, фосфора и калия был несколько выше и составил 18,9, 8,6 и 20,7 кг/т соответственно. Данные комплексные удобрения для основного внесения и некорневых подкормок способствовали возрастанию удельного выноса элементов

питания. Использование регуляторов роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало удельный вынос элементов питания по сравнению с фоном $N_{90}P_{60}K_{90}$ по азоту – на 1,5–2,2 кг/т, по фосфору – на 0,6–0,7 кг/т, по калию – на 0,9–1,5 кг/т соответственно.

Максимальный удельный вынос азота, фосфора и калия (21,9, 10,3 и 25,3 кг/т соответственно) получен в варианте с высокими дозами азота, фосфора и калия ($N_{80}P_{70}K_{120}$) в сочетании с азотной (N_{40}) и некорневой подкормками МикроСтим-Медь Л.

По сравнению с литературными данными [9] у нас в опыте с ячменем удельный вынос азота, фосфора и калия был несколько ниже. Вероятно, это связано с тем, что в наших опытах при современных технологиях возделывания получалась 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

1. Использование макро-, микроудобрений и регуляторов роста в 2015–2017 гг. способствовало увеличению урожайности зерна ячменя. Максимальная урожайность зерна ячменя (70,0 ц/га) в среднем за три года была в варианте с применением в посевах ячменя комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим – Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

2. В среднем за три года в зависимости от доз и форм вносимых удобрений и регуляторов роста в зерне ячменя содержание азота колебалось от 1,64 до 2,09 %, фосфора – от 0,75 до 0,90 %, калия – от 0,55 до 0,71 %. В соломе ячменя содержание основных элементов питания варьировало в следующих пределах: азота – от 0,33 до 0,55 %, фосфора – от 0,23 до 0,36 %, калия – от 1,38 до 2,12 %. В среднем за 2015–2017 гг. максимальное содержание в зерне и соломе ячменя азота (2,09 и 0,55 %), фосфора (0,90 и 0,36 %) и калия (0,71 и 2,12) отмечено в варианте с использованием МикроСтим – Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб.}}$, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия.

3. В среднем в 2015–2017 гг. при разных уровнях минерального питания по вариантам опыта общий вынос элементов питания варьировал в следующих пределах: азота – 40,1–153,2 кг/га, фосфора – 19,7–72,0 кг/га, калия – 39,7–176,1 кг/га. Следует отметить, что в вариантах с некорневыми подкормками различными удобрениями, комплексными препаратами и регуляторами роста вынос всех элементов питания увеличивался, что обусловлено более высокой урожайностью зерна и соломы в данных вариантах и более высоким содержанием элементов питания в них.

4. По результатам исследований в среднем за три года удельный вынос ячменем в удобряемых вариантах азота колебался в пределах 16,8–21,9 кг/т, фосфора – 8,0–10,3 кг/т, калия – 19,3–25,3 кг/т соответственно. Согласно данным ряда исследований, в описываемом опыте с ячменем удельный вынос азота, фосфора и калия был несколько ниже. Вероятно, это связано с тем, что в данном опыте при современных технологиях возделывания получалась 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
2. Ячмень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [HTTP://BIOFILE.RU/BIO/18493.HTML](http://biofile.ru/bio/18493.html) – Дата доступа: 10.04.2018.
3. МАРЧИК, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства : учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 249 с.
4. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа [и др.]; под общ. ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
5. Применение комплексных гуминовых микроудобрений «ЭлеГум» : рекомендации / М. В. Рак [и др.]. – Ин-т природопользования и Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2013. – 28 с.

6. Вильдфлуш, И. Р. Экономическая эффективность применения новых форм удобрений, регуляторов роста и бактериального препарата при возделывании пивоваренного ячменя / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Вестник БГСХА. – 2012. – № 4. – С. 54–58.
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.
9. Агрэхімія: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.