

ISSN 1817-7204(Print)

ISSN 1817-7239(Online)

УДК [633.16:631.8]:[581.132.044+631.559]

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307>

Поступила в редакцию 19.03.2019

Received 19.03.2019

И. Р. Вильдфлуш¹, А. Р. Цыганов², Н. В. Барбасов¹

¹*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь,*

²*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь*

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ЯЧМЕНЯ КОРМОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: Актуальной проблемой во многих странах мира является разработка новых форм комплексных удобрений, которые по сравнению с применением простых удобрений обеспечивают сбалансированное соотношение элементов питания под культуры, повышают экономическую эффективность за счет сокращения затрат на внесение. В статье приведены данные по влиянию нового комплексного удобрения с микроэлементами для основного внесения в почву, микроудобрений (Адоб Медь, комплексных удобрений для некорневых подкормок (Нутривант плюс, Кристаллон), регуляторов роста растений (Экосил и Фитовиталл), микроудобрений с регуляторами роста растений (Элегум-Медь, МикроСтим-Медь Л) на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество ячменя кормового назначения. Предложены перспективные варианты системы удобрения с использованием комплекса агротехнических приемов в технологии возделывания сортов ячменя кормового назначения. Установлено влияние разных перспективных удобрений, микроудобрений, регуляторов роста растений (как отечественных, так и зарубежных) на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна ячменя кормового назначения. Выявлено комплексное воздействие изучаемых препаратов на урожайность и качество зерна. Совершенствование на основе разработки эффективных ресурсосберегающих систем земледелия и экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции будет способствовать формированию эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия. **Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Сохранение и повышение плодородия почв».

Ключевые слова: ячмень, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, удобрения, регуляторы роста растений, фотосинтез, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал листовой поверхности, урожайность, качество зерна

Для цитирования: Вильдфлуш, И. Р. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна сортов ячменя кормового назначения / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Н. В. Барбасов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 297–307. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307>

I. R. Wildflush¹, A. R. Tsyganov², N. V. Barbasov¹

¹*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus,*

²*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus*

EFFECT OF NEW FORMS OF FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITIES OF CROPS, YIELD AND BARLEY GRAIN QUALITY OF FEED PURPOSE VARIETIES

Abstract: Development of new forms of complex fertilizers is a sore issue in many countries of the world. Compared with simple fertilizers, these forms provide a balanced ratio of nutrients for crops, increase economic efficiency due to reduction of application cost. The paper presents data on effect of new complex fertilizer with trace elements for main application in soil, micronutrients (Adobe Copper, complex fertilizers for foliar application (Nutrivant plus, Crystallon), plant growth regulators (Ecosil and Fitovitall), micronutrients with plant growth regulators (Elegum-Copper, MicroStim-Copper L) on the photosynthetic activity of crops, yield and quality of feed purpose barley. Promising variants of fertilizing system using set of agrotechnical techniques in technology of feed purpose barley varieties cultivation are proposed. Effect of various prospective fertilizers, micronutrients, plant growth regulators (both domestic and foreign) on photosynthetic activity of crops, yield and grain quality of feed purpose barley has been determined. Complex effect of the studied preparations on yield and grain quality was determined. Improvement of crop products based on development of efficient resource-saving farming systems and environ-

mentally friendly technologies for production will contribute to formation of efficient and competitive agroindustrial production, ensuring the country's food security and entry into world food markets. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the state program of scientific research "Quality and Efficiency of Agroindustrial Production for 2016–2020".

Keywords: barley, sod-podzolic light loamy soil, fertilizers, plant growth regulators, photosynthesis, leaf surface area, photosynthetic potential of leaf surface, yield, grain quality

For citation: Wildflush I.R., Tsyganov A.R., Barbasov N.V. Effect of new forms of fertilizers and growth regulators on photosynthetic activities of crops, yield and barley grain quality of feed purpose varieties. *Vestsi Natsyyanal'nyay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2019, vol. 57, no 3, pp. 297-307 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307>

Формирование эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия, требует совершенствования на основе разработки эффективных ресурсосберегающих систем земледелия и экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции.

В настоящее время большое внимание уделяется применению комплексных удобрений. В развитых странах более 60 % удобрений приходится на комплексные¹. Основное преимущество комплексных удобрений по сравнению с простыми заключается в обеспечении сбалансированного соотношения элементов питания, сокращении времени и затрат на внесение, более равномерном распределении их по полю, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и экономической эффективности удобрений [1–3]². В последние годы во многих странах мира получен широкий спектр новых форм комплексных удобрений, в состав которых вводятся различные модифицирующие добавки (микроэлементы, регуляторы роста и другие) [4].

Существенное влияние на рост и развитие растений, величину и качество урожая оказывают микроэлементы. Они улучшают обмен веществ в растениях, содействуют нормальному течению физиологических и биохимических процессов [5, 6]³. Наиболее доступной формой для растений являются микроудобрения в хелатной или органо-минеральной форме⁴. Они более технологичны в применении и обладают биологической активностью, поэтому быстрее включаются в физиологические процессы в растениях [7, 8]. Разработаны также марки жидких микроудобрений с биостимуляторами (МикроСтим, ЭлеГум и др.), содержащие хелаты металлоэлементов и регуляторы роста растений. Использование регуляторов роста природного происхождения в таких удобрениях имеет большое значение, поскольку они легко включаются в метаболизм растений и повышают их продуктивность [9]. Применение микроудобрений с регуляторами роста позволяет за один прием внести микроэлементы и регуляторы роста и снизить затраты на применение средств химизации.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений [8, 10, 11]. В настоящее время ставится задача в любых погодных условиях получить устойчивые урожаи. Регуляторы роста растений повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: высокие и низкие температуры, поражаемость болезнями и вредителями [8, 12–16]. Это дает возможность получать более стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

¹ Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры : рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск : [б. и.], 2011. 48 с.

² Удобрения и их использование : справочник / И.У. Марчук [и др.] ; под общ. ред. И.У. Марчук. М., 2011. 350 с.; Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / сост.: А.В. Пискун [и др.]. Минск : Промкомплекс, 2017. 688 с.; Комплексные удобрения : справ. пособие / В.Г. Минеев [и др.] ; под общ. ред. В.Г. Минеева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 252 с.

³ Анспок П.И. Микроудобрения : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Агропромиздат, 1990. 272 с. ; Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф., Реуцкая С.Ф. Микроэлементы и микроудобрения : учеб. пособие для с.-х. вузов. Минск : [б. и.], 1998. – 122 с.

⁴ Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры : рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск : [б. и.], 2010. 40 с. ; Информационный меморандум ЗАО «УКРАГРО НПК» [Электронный ресурс] // УКРАГРО НПК. Режим доступа: <http://urozhai.ua/>. Дата доступа: 10.09.2010; Worldwide congress of fertilizer and pesticide producers (SCIF-2018), May 15–19, 2018 : presentations abstracts of the congress / Rustavi Azot [et al.]. Rustavi, 2018. 68 p.

Ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура. Зерно ячменя содержит 10–12 % сырого протеина, 2,3–2,5 % жира, 2,5 – 2,8 % золы, 75–80 % безазотистых экстрактивных веществ. В белке зерна ячменя содержится весь набор незаменимых аминокислот, включая особо дефицитные – лизин и триптофан. Из зерна ячменя производят перловую и ячневую крупы, солодовые экстракты и другие пищевые продукты [17]. Зерно ячменя является незаменимым сырьем для производства пива. Основная масса производимого зерна ячменя (около 70 %) в Беларуси расходуется на нужды животноводства⁵. За последние пять лет площади ярового ячменя составили 580 тыс. га при урожайности зерна 34 ц/га⁶.

Основной задачей в системе удобрения при возделывании ячменя на фуражные цели является повышение урожайности и содержания белка в зерне [18].

Цель исследования – установить влияние новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений, регуляторов роста, комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество сортов ячменя кормового назначения разных сроков созревания.

Объекты и методы исследований. Опыты с сортами ярового ячменя раннеспелого (Батяка) и среднепозднего (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 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 составила 5,5 млн всхожих семян на гектар. Протравливание семян ячменя проводили препаратом Кинто-Дуо, 2,5 л/т семян.

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

В качестве некорневых подкормок по вегетации ячменя применяли следующие удобрения.

Адоб Медь (Польша) – жидкий концентрат удобрения (медь в хелатной форме – 6,43 %, азот – 9 % и магний – 3 %). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 0,8 л/га.

МикроСтим-Медь Л (Беларусь) – 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, 1 л/га.

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

Кристалон особый (Нидерланды) – удобрение содержит: 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 %). Применяли в фазе кущения, 2 кг/га.

Кристалон коричневый (Нидерланды) – удобрение содержит: 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 %). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 2 кг/га.

ЭлеГум-Медь (Беларусь, ОАО «Зеленоборское») – гуминовое микроудобрение, содержит гуминовые вещества (10 г/л) и медь (50 г/л). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 1 л/га.

Экосил (Беларусь, УП «БелУниверсалПродукт») – регулятор роста и индикатор иммунитета растений, д. в. – сумма тритерпеновых кислот. Препаративная форма – 5%-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот, тягучая жидкость темно-зеленого цвета, негорючая, невзрывоопасная, нетоксичная для человека и животных. Применяли в фазе начала выхода в трубку, 75 мл/га.

⁵ Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : учеб.-метод. пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.] ; под ред.: И.Р. Вильдфлуша, П.А. Саскевича. Горки : БГСХА, 2016. 383 с.

⁶ Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. Дата доступа: 01.04.2018 г.

Фитовитал (Беларусь) – 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, 0,6 л/га.

Подкормку ячменя проводили карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

Химпрополку посевов ячменя проводили гербицидом Агроксон, 0,8 л/га, в фазу кущения. В фазе выхода в трубку – фунгицидную обработку препаратом Прозаро, 0,8 л/га, и инсектицидную обработку препаратом Биская, 0,3 л/га; в фазе начала выхода в трубку – обработка посевов ретардантом Терпал Ц, 1,5 л/га.

Результаты и их обсуждение. Применение удобрений способствовало значительному увеличению нарастания листовой поверхности посевов ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. внесение $N_{90}P_{60}K_{90}$ (фон 1) способствовало увеличению листовой поверхности по сравнению с контролем в фазе молочно-восковой спелости у сортов Батяка и Якуб – на 20,5 и 27,7 тыс. м²/га соответственно, а $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – на 41,7 тыс. м²/га (табл. 1).

В фазе молочно-восковой спелости ячменя применение комплексных удобрений Нутривант плюс и Кристалон на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало площадь листовой поверхности раннеспелого сорта ячменя Батяка на 6,4 тыс. м²/га и не способствовало увеличению данного показателя у среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Микроудобрение Адоб Медь обеспечивало прирост листовой поверхности по сравнению с фоном: у сорта Батяка – на 3,9 тыс. м²/га, у сорта Якуб – на 3,3 тыс. м²/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) увеличило площадь листовой поверхности у растений раннеспелого сорта ячменя Батяка на 4,5 тыс. м²/га и не способствовало нарастанию площади листовой поверхности у растений среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал повышала площадь листовой поверхности по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$: у сорта Батяка – на 4,2 и 8,9 тыс. м²/га, у сорта Якуб – на 1,8 и 1,3 тыс. м²/га соответственно.

Т а б л и ц а 1. Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения в среднем за три года исследований, тыс. м²/га

Table 1. Dynamics of leaf surface area growth of barley plants depending on the applied fertilizer systems on average for three years of research, thousand m²/ha

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

Некорневые подкормки ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивали площадь листовой поверхности раннеспелого сорта ячменя Батяка на 10,5 и 10,1 тыс. м²/га, у среднепозднего сорта ячменя Якуб – на 6,3 и 4,7 тыс. м²/га соответственно.

Наибольшая площадь листовой поверхности у сорта Батяка (86,4 тыс. м²/га) и у сорта Якуб (89,0 тыс. м²/га) в среднем за три года исследований в фазе молочно-восковой спелости наблюдалась в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, что и обеспечивало более высокую урожайность зерна в этом варианте.

В среднем за три года от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости при внесении $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сортов Батяка и Якуб увеличился на 0,28 и 0,38 млн м²сут/га, а при $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – на 0,57 и 0,48 млн м²сут/га по каждому сорту соответственно (табл. 2).

Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовал возрастанию фотосинтетического потенциала у раннеспелого сорта ячменя Батяка на 0,13–0,36 млн м²сут/га, у среднепозднего сорта ячменя Якуб – 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 ($N_{90}P_{60}K_{90}$) со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало по сравнению с ними данный показатель в 2015–2017 гг. на 0,05–0,09 млн м²сут/га у сорта Батяка, у сорта Якуб ФПЛ возрастал на 0,03–0,07 млн м²сут/га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Применение Нутривант плюс и Кристалона в некорневую подкормку по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сорта Батяка в среднем за три года на 0,05–0,10 и 0,06–0,11 млн м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,03–0,10 и 0,05–0,13 млн м²сут/га соответственно в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Обработка посевов ячменя сорта Батяка регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2015–2017 гг. увеличивала фотосинтетический потенциал на 0,05–0,06 и на 0,05–0,12 млн м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,05–0,10 и 0,04–0,16 млн м²сут/га соответственно в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость. Некорневая подкормка

Т а б л и ц а 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал листовой поверхности ячменя, 2015–2017 гг., млн м²сут/га

Table 2. Effect of fertilizers and growth regulators on photosynthetic potential of barley leaf surface in 2015–2017

Вариант опыта	Фаза развития					
	кущение – выход в трубку		выход в трубку – колошение		колошение – молочно- восковая спелость	
	Сорт Батяка	Сорт Якуб	Сорт Батяка	Сорт Якуб	Сорт Батяка	Сорт Якуб
Без удобрений	0,17	0,16	0,35	0,35	0,55	0,54
$N_{60}P_{60}K_{90}$	0,23	0,24	0,46	0,50	0,71	0,76
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	0,29	0,30	0,55	0,56	0,83	0,92
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	0,36	0,40	0,71	0,72	1,12	1,20
Фон 1 + Адоб Медь	0,30	0,34	0,60	0,62	0,91	0,96
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,31	0,33	0,60	0,64	0,93	1,02
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	0,32	0,35	0,61	0,65	0,94	1,05
Фон 1 + Экосил	0,32	0,35	0,60	0,63	0,89	1,02
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	0,32	0,33	0,60	0,61	0,92	0,99
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	0,34	0,36	0,64	0,69	0,97	1,13
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	0,32	0,35	0,62	0,78	0,98	1,20
Фон 1 + Фитовитал	0,33	0,34	0,60	0,72	0,95	1,04
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,42	0,46	0,79	0,89	1,24	1,41
НСР ₀₅	0,02	0,01	0,04	0,011	0,05	0,014

ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовала возрастанию фотосинтетического потенциала посевов раннеспелого сорта ячменя Батка на 0,09–0,14 млн m^2 /га и среднепозднего сорта Якуб – на 0,06–0,21 млн m^2 /га соответственно. Применение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года увеличивало ФПЛ у сорта Батка на 0,07–0,15 тыс. m^2 /га и у сорта Якуб – на 0,05 и 0,28 млн m^2 /га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Наибольший ФПЛ у раннеспелого сорта ячменя Батка (0,42–1,24 млн m^2 /га) и среднепозднего сорта Якуб (0,46–1,41 млн m^2 /га) от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости отмечен в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$. В этом варианте опыта отмечена и более высокая урожайность зерна ячменя.

При обработке посевов ярового ячменя на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л в фазу начала выхода в трубку в 2015–2017 гг. повышалась урожайность зерна раннеспелого сорта Батка на 6,0 и 6,9 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,4 и 14,8 кг, у среднепозднего сорта Якуб урожайность зерна в этих же вариантах повышалась на 4,3 и 8,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,8 и 16,7 кг. При повышенных дозах минеральных удобрений ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) применение МикроСтим-Медь Л повышало урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батка и среднепозднего сорта Якуб на 7,5 и 7,8 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 13,9 и 15,1 кг по каждому сорту соответственно (табл. 3).

Некорневая подкормка водорастворимым комплексным удобрением Кристалон (2 обработки) по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила урожайность зерна раннеспелого сорта Батка на 5,6 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,3 кг; у среднепозднего сорта ячменя Якуб прибавка к фону составила 5,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 NPK кг зерна 15,5 кг (табл. 3).

Нутривант Плюс зерновой на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовал повышению урожайности зерна среднепозднего сорта Якуб и раннеспелого сорта Батка на 4,2 и 4,3 ц/га соответственно.

Установлено, что отечественные микроудобрения ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ по действию на урожайность зерна ячменя сортов Батка и Якуб не уступали или превосходили польское удобрение Адоб Медь, т.е. их можно использовать для импортозамещения.

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 Батка на 4,7 и 5,6 ц/га, а среднепозднего сорта Якуб – на 4,2 и 5,2 ц/га (табл. 3).

Применение нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур с Cu и Mn увеличивало урожайность зерна раннеспелого ячменя сорта Батка на 6,3 ц/га, а среднепозднего сорта Якуб – на 5,7 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) применяли карбамид, аммофос и хлористый калий. Некорневая подкормка микроудобрением ЭлеГум-Медь в фазу начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батка на 9,0 ц/га и среднепозднего сорта Якуб на 9,7 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 15,7 и 17,1 кг соответственно. По действию удобрение ЭлеГум-Медь было на уровне МикроСтим-Медь Л (табл. 3).

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

Одним из важнейших показателей качества зерна ячменя является содержание сырого протеина. Этот показатель увеличивался с возрастанием доз вносимых азотных удобрений. Так, в 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений содержание сырого протеина составило у раннеспелого сорта Батка 9,6 %, у среднепозднего сорта Якуб – 9,4 %. Выход сырого протеина в этих вариантах опыта составил у сорта Батка – 2,2 ц/га, а у сорта Якуб – 2,1 ц/га (табл. 4). В среднем за три года в вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений у раннеспелого сорта Батка и среднепозднего сорта Якуб содержание сырого протеина возрос-

Т а б л и ц а 3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна сортов ячменя Бат'ка и Якуб, 2015–2017 гг.

Table 3. Effect of macro-, microfertilizers and growth regulators on grain yield of early maturing varieties of barley Bat'ka and Yakub, 2015–2017

Вариант опыта	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.	средняя		Фон 1	Фон 2	
Сорт Бат'ька								
Без удобрений	28,1	28,2	24,0	26,8	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	37,7	50,1	51,3	46,4	19,6	–	–	9,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	48,5	57,4	60,5	55,5	28,7	–	–	11,9
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	50,7	65,1	70,7	62,2	35,4	–	–	11,4
Фон 1 + Адоб Медь	55,4	60,8	68,2	61,5	34,7	6,0	–	14,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	52,7	60,5	66,2	59,8	33,0	4,3	–	13,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	54,9	61,1	67,2	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 1+ Экосил	53,2	61,6	65,8	60,2	33,4	4,7	–	13,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	58,1	61,0	66,2	61,8	35,0	6,3	–	14,6
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	61,8	63,2	68,6	64,5	37,7	9,0	–	15,7
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	53,8	64,5	69,0	62,4	35,6	6,9	–	14,8
Фон 1 + Фитовитал	57,9	60,0	65,5	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	60,9	71,5	77,5	70,0	43,2	–	7,8	13,9
НСР ₀₅	1,5	3,4	1,5	1,3	–	–	–	–
Сорт Якуб								
Без удобрений	22,2	29,6	25,2	25,7	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	37,8	57,5	52,8	49,4	23,7	–	–	11,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	47,4	62,2	61,3	57,0	31,3	–	–	13,0
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	54,2	69,1	71,9	65,1	39,4	–	–	12,7
Фон 1 + Адоб Медь	52,4	66,6	65,0	61,3	35,6	4,3	–	14,8
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	55,0	66,4	62,3	61,2	35,5	4,2	–	14,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	55,1	67,5	65,8	62,8	37,1	5,8	–	15,5
Фон 1 + Экосил	54,1	65,1	64,4	61,2	35,5	4,2	–	14,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	56,1	65,4	66,5	62,7	37,0	5,7	–	15,4
Фон 1 + 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	–	–	–	–

ло на 0,6 и 1,0 % и на 0,9 и 1,9 %, выход сырого протеина – на 1,9 и 2,9 ц/га и на 2,4 и 3,4 ц/га соответственно. В варианте с использованием повышенных доз удобрений ($N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ карб.) в подкормку содержание сырого протеина по сравнению с вариантом без удобрений возросло: 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 АФК-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 увеличивало содержание сырого протеина у раннеспелого сорта Бат'ка на 1,0 %, выход сырого протеина – на 1,0 ц/га.

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 Бат'ка, а у сорта Якуб – на 0,8 и 0,9 % соответственно. Выход

Т а б л и ц а 4. Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на качество зерна ячменя сортов Бат'ка и Якуб, 2015–2017 гг.

Table 4. Effect of macro-, microfertilizers and growth regulators on barley grain quality of Bat'ka and Yakub varieties, 2015–2017

Вариант опыта	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином, г
<i>Сорт Бат'ка</i>					
Без удобрений	9,6	2,2	32,1	1,7	54,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	10,2	4,1	55,6	3,2	57,9
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	10,6	5,1	66,6	4,0	60,1
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	11,2	6,0	74,6	4,7	63,5
Фон 1 + Адоб Медь	10,8	5,7	73,8	4,5	61,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	11,0	5,7	71,8	4,5	62,1
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,3	5,9	73,3	4,7	64,0
Фон 1 + Экосил	11,7	6,0	72,2	4,8	66,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,6	6,1	74,1	4,9	65,5
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,4	6,9	77,4	5,4	70,0
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,4	6,7	74,9	5,3	70,4
Фон 1 + Фитовитал	12,4	6,5	73,4	5,1	70,1
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	13,1	7,9	84,0	6,2	74,0
НСР ₀₅	0,5				
<i>Сорт Якуб</i>					
Без удобрений	9,4	2,1	30,8	1,7	53,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	10,3	4,5	59,2	3,5	58,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	11,3	5,5	68,4	4,4	63,7
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	11,6	6,5	78,1	5,2	65,7
Фон 1 + Адоб Медь	11,3	5,9	73,6	4,7	63,7
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	10,8	5,7	73,5	4,5	60,9
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,5	6,2	75,4	4,9	64,9
Фон 1 + Экосил	11,3	5,9	73,4	4,7	63,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,5	6,2	75,2	4,9	65,0
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,1	6,9	80,0	5,5	68,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,2	6,9	79,0	5,4	68,9
Фон 1 + Фитовитал	12,0	6,4	74,6	5,1	67,8
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	12,9	8,0	87,0	6,4	73,1
НСР ₀₅	0,3				

сырого протеина в данных вариантах увеличился на 1,8 и 1,6 ц/га у сорта Бат'ка и на 1,4 ц/га у сорта Якуб. Использование микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года положительного влияния на возрастание сырого протеина в зерне обоих сортов ячменя не оказало.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристаллоном в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2015–2017 гг. увеличивала содержание сырого протеина на 0,7 % у сорта Бат'ка и не способствовала возрастанию содержания сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб. Выход сырого протеина в данном варианте опыта увеличивался на 0,8 и 0,7 ц/га соответственно по каждому сорту. Применение комплексного удобрения для некорневой подкормки Нутривант Плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ не способствовало увеличению содержания сырого протеина в зерне ячменя сортов Бат'ка и Якуб.

В среднем за три года исследований обработка посевов ярового ячменя сорта Батка регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина в зерне на 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 – 0,9 ц/га. 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 три года 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 $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб}}$, максимальным в этом варианте опыта был и выход сырого протеина – 7,9 и 8,0 ц/га соответственно.

Наибольший выход кормовых единиц у раннеспелого сорта ячменя Батка и у среднепозднего сорта Якуб зафиксирован в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб}}$ в сочетании с внекорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л – 84,0 и 87,0 ц/га соответственно.

Максимальный выход переваримого протеина у раннеспелого сорта ячменя Батка (6,2 ц/га) и у среднепозднего сорта ячменя Якуб (6,4 ц/га) отмечен в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40 \text{ карб}}$. В данном варианте опыта отмечена и самая высокая обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином: у сорта Батка – 74,0 г, сорта Якуб – 73,1 г.

Выводы

1. Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста существенно увеличивало площадь листовой поверхности ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. исследований от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости наибольшая площадь листовой поверхности у растений ячменя сорта Батка (14,8–86,4 тыс. м²/га) и сорта Якуб (16,7–89,0 тыс. м²/га) и листовой фотосинтетический потенциал (0,42–1,24 и 0,46–1,41 млн м² сут/га соответственно) у обоих сортов отмечены в варианте с обработкой посевов комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

2. Новое комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение с Cu и Mn для основного внесения по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) применялись карбамид, аммофос и хлористый калий, повышало урожайность зерна ячменя: у раннеспелого сорта Батка – на 6,3 ц/га, среднепозднего сорта Якуб – на 5,7 ц/га.

3. Некорневая подкормка микроудобрениями белорусского производства ЭлеГум-Медь, МикроСтим-Медь Л и польским Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна: у сорта Батка – на 9,0, 6,9 и 6,0 ц/га, а у сорта Якуб – на 9,7, 8,8 и 4,3 ц/га соответственно.

4. Комплексные удобрения Нутривант плюс (Израиль) и Кристалон (Нидерланды) при двукратной подкормке на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышали урожайность зерна ячменя у сорта Батка – на 4,3 и 5,6, а у сорта Якуб – на 4,2 и 5,8 ц/га.

5. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна у ячменя сорта Батка – на 4,7 и 5,6, а у сорта Якуб – на 4,2 и 5,2 ц/га.

6. Максимальная урожайность зерна ячменя (70,0 и 72,5 ц/га) у сортов Батка и Якуб, содержание сырого протеина (13,1 и 12,9 %), выход сырого протеина (7,8 и 7,6 ц/га), переваримого протеина (6,2 и 6,0 ц/га) и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином (73,3 и 72,8 г) отмечены при обработке посевов МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

7. Белорусские микроудобрения ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л по действию не уступают или превосходят польское микроудобрение Адоб Медь, при этом имеют меньшую стоимость, т.е. их можно использовать для импортозамещения.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Сохранение и повышение плодородия почв». Авторы статьи выражают благодарность Министерству сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за содействие в реализации данного проекта.

Список использованных источников

1. Разработка, производство и применение комплексных удобрений в сельском хозяйстве Республики Беларусь / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 87–107.
2. Эффективность новых форм комплексных удобрений для основного внесения при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г.В. Пироговская [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 34–43.
3. Влияние новых форм комплексных удобрений при основном внесении в почву на урожайность и качество маслосемян подсолнечника / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 176–192.
4. Новые формы минеральных удобрений с биологически активными добавками / Г.В. Пироговская [и др.] // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий : материалы междунар. науч. конф., п. Алмалыбак, 27–28 мая 2016 г. / Каз. науч.-исслед. ин-т земледелия и растениеводства ; науч. ред. С.Б. Кененбаев. – Алмалыбак, 2016. – С. 251–252.
5. Фатеев, А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков : [б. и.], 2005. – 134 с.
6. Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants / H. Marschner. – 2nd ed. – Amsterdam [etc.] : Academic Press, 2002. – 889 p. <https://doi.org/10.1016/c2009-0-02402-7>
7. Сургучева, М.П. Комплексоны и комплексонаты микроэлементов и их применение в земледелии : обзор. информ. / М.П. Сургучева, А.Ю. Киреева, З.К. Благовещенская. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1993. – 46 с.
8. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние аграр. наук, Белорус. гос. с.-х. акад. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.
9. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 180–193.
10. Пономаренко, С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. – Киев : Ин-т биоорг. химии и нефтехимии НАН Украины, 2003. – 319 с.
11. Саскевич, П.А. Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П.А. Саскевич, В.Р. Кажарский, С.Н. Козлов ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2009. – 296 с.
12. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В.А. Хрипач, Ф.А. Лазвич, В.Н. Жабинский ; Акад. наук Беларуси, Ин-т биоорг. химии АН Беларуси. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 287 с.
13. Пономаренко, С.П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность) / С.П. Пономаренко. – Киев : Техніка, 1999. – 272 с.
14. Luo, B. Brassinosteroides from higher plant and their application / B. Luo // Shiwu Shenglixue Tongxun. – 1986. – N 1. – P. 11–14.
15. Бахтенко, Е.Ю. Значение гормонального баланса в регуляции водного обмена растений при недостатке и избытке влаги в почве / Е.Ю. Бахтенко // Агрохимия. – 2001. – № 1. – С. 86–90.
16. Влияние эпибрасинолида и экоста на засухоустойчивость и продуктивность яровой пшеницы / Л.Д. Прусакова [и др.] // Агрохимия. – 2000. – № 3. – С. 50–54.
17. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Технопринт, 2005. – 274 с.
18. Оценка эффективности систем удобрения ярового ячменя в зависимости от целевого назначения зерна / Е.Г. Мезенцева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 108–115.

References

1. Pirogovskaya G. V., Lapa V. V., Chernyakov D. V., Ermakovich N. N. Development, production and use of complex fertilizers in the agricultural sector of the Republic of Belarus. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 87–107 (in Russian).
2. Pirogovskaya G. V., Khmelevskii S. S., Soroko V. I., Isaeva O. I. Efficiency of complex new forms fertilizers for the main application in a soil in corn cultivation on soddypodzolic loam soil. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2015, no. 4, pp. 34–43 (in Russian).
3. Pirogovskaya G. V., Khmelevskii S. S., Soroko V. I., Isaeva O. I., Bobovkina V. V., Shimanskii L. P. Influence of complex fertilizers new forms in the basic application on productivity and quality of sunflower oil seed. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2016, no. 1 (56), pp. 176–192 (in Russian).
4. Pirogovskaya G. V. et al. New forms of mineral fertilizers with dietary supplements. *Sistema sozdaniya kormovoi bazy zhivotnovodstva na osnove intensifikatsii rastenievodstva i ispol'zovaniya prirodnikh kormovykh ugodii: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, p. Almalybak, 27–28 maya 2016 g.* [The system of creating livestock forage base through intensification of plant production and the use of natural pastures: proceedings of the International scientific conference, Almalybak, May 27–28, 2016]. Almalybak, 2016, pp. 251–252 (in Russian).
5. Fateev A. I., Zakharova M. A. *Fundamentals of the use of micronutrients*. Kharkov, 2005. 134 p.
6. Marschner H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Amsterdam etc., Academic Press, 2002. 889 p. <https://doi.org/10.1016/c2009-0-02402-7>
7. Surgucheva M. P., Kireeva A. Yu., Blagoveshchenskaya Z. K. *Complexons and complexonates of microelements and their application in agriculture*. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Technical and Economic Research of the Agro-Industrial Complex, 1993. 46 p. (in Russian).

8. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Mishura O. I., Tsyganova A. A. *The effectiveness of application of micronutrients and growth regulators in cultivation of crops*. Minsk, Belaruskaya navuka Pibl., 2011. 293 p. (in Russian).
9. Rak M. V., Titova S. A., Pukalova E. N., Nikolaeva T. G., Yukhnovets A. V., Artyukh Yu. A. Efficiency of using non-root dressings with liquid microfertilizers Microsteamin the cultivation of agricultural crops on sod-podzolic soils. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 180–193 (in Russian).
10. Ponomarenko S. P. *Plant growth regulators*. Kiev, Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2003. 319 p. (in Russian).
11. Saskevich P. A., Kazharskii V. R., Kozlov S. N. *The use of growth regulators in cultivation of crops*. Gorki, Belarusian State Academy of Agriculture, 2009. 296 p. (in Russian).
12. Khripach V. A., Lazvich F. A., Zhabinskii V. N. *Brassinosteroids*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1993. 287 p. (in Russian).
13. Ponomarenko S. P. *Plant growth regulators based on pyridine derivatives N-oxides (physico-chemical properties and biological activity)*. Kiev, Tekhnika Publ., 1999. 272 p. (in Russian).
14. Luo, B. Brassinosteroids from higher plant and their application / B. Luo // *Shiwu Shenglixue Tongxun*. – 1986. – № 1. – P. 11–14.
15. Bakhtenko E. Yu. The value of the hormonal balance in regulation of water metabolism of plants with a lack and excess of moisture in soil. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2001, no. 1, pp. 86–90 (in Russian).
16. Prusakova L. D., Chizhova S. I., Ageeva L. F., Golantseva E. N., Yakovlev A. F. Influence of epibrassinolide and ecost on drought tolerance and productivity of spring wheat. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2000, no. 3, pp. 50–54 (in Russian).
17. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Lapa V. V., Persikova T. F. *Fertilizers and crop quality*. Minsk, Tekhnoprint Publ., 2005. 274 p. (in Russian).
18. Mezentsseva E. G., Kulesh O. G., Simankov O. V., Shedova O. A. Evaluation of the effectiveness of fertilization systems of spring barley depending on the purpose of grain. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 108–115 (in Russian).

Информация об авторах

Вильдфлуш Игорь Робертович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

Цыганов Александр Риммович – академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый проректор, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13^а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tziganov@belstu.by

Барбасов Николай Владимирович – заведующий кафедрой агрохимии, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: nbarbasov@mail.ru

Information about the authors

Vildflush Igor R. - D.Sc. (Agriculture), Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., 213407 Gorki, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

Tsyganov Alexander R. - Academician of NAS of Belarus, D.Sc. (Agriculture), Professor. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova Str., 220006 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tziganov@belstu.by

Barbasov Nikolai V. - Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., 213407 Gorki, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: nbarbasov@mail.ru