

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.81.095.337:[633.11"324"+633.16+633.358]:631.445.24

ВЛИЯНИЕ ФОРМ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, О. И. МИШУРА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.05.2023)

В статье представлены исследования по влиянию форм микроудобрений (простые соли, хелатные и органоминеральные соединения, микроэлементы в составе комплексных удобрений, микроэлементы с регуляторами роста) на урожайность и качество озимой пшеницы, пивоваренного ячменя и полевого гороха. Некорневая подкормка микроудобрениями Адоб медь, МикроСил Медь, МикроСтим – Медь Л на фоне $N_{30}P_{64}K_{140}$ повышала урожайность зерна озимой пшеницы увеличивалась на 5,3 ц/га, 9,0 и 9,5 ц/га (с 61,6 до 70,6 и 71,1 ц/га соответственно). Медные удобрения улучшали качество зерна озимой пшеницы. Применение МикроСтим Медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ увеличивало содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы на 2,3 %. Микроудобрение МикроСтим Медь Л повышало урожайность пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ на 7,2 ц/га. Микроудобрения Адоб Бор и МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ увеличивали урожайность семян гороха на 4,4 и 4,0 ц/га. Комплексное АФК удобрение с бором и молибденом внесенное в эквивалентной дозе ($N_{18}P_{63}K_{96}$) по сравнению с аммофосом и хлористым калием увеличивало урожайность семян гороха на 3,5 ц/га. Борные удобрения улучшали качество семян гороха. Некорневая подкормка гороха МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышала содержание сырого белка в семенах на 1,6 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, ячмень, горох, микроудобрения, урожайность, качество.

The article presents research on the influence of forms of micro-fertilizers (simple salts, chelate and organo-mineral compounds, microelements in complex fertilizers with growth regulators) on the yield and quality of winter wheat, malting barley and field peas. Foliar feeding with micro-fertilizers Adobe copper, MicroSil Copper, MicroStim – Copper L against the background of $N_{30}P_{64}K_{140}$ increased the grain yield of winter wheat by 0.53 t/ha, 0.90 and 0.95 t/ha (from 6.16 to 7.06 and 7.11 t/ha) respectively. Copper fertilizers improved the quality of winter wheat grain. The use of MicroStim Copper against the background of $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ increased the content of raw gluten in winter wheat grain by 2.3 %. Micro-fertilizer MicroStim Copper L increased the yield of malting barley against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ by 0.72 t/ha. Micro-fertilizers Adobe Boron and MicroStim Boron against the background of $N_{18}P_{63}K_{96}$ increased the yield of pea seeds by 0.44 and 0.40 t/ha. Complex NPK fertilizer with boron and molybdenum, applied in an equivalent dose ($N_{18}P_{63}K_{96}$), compared with ammophos and potassium chloride, increased the yield of pea seeds by 0.35 t/ha. Boric fertilizers improved the quality of pea seeds. Foliar feeding of peas with MicroStim Boron against the background of $N_{18}P_{63}K_{96}$ increased the content of crude protein in seeds by 1.6 %.

Key words: winter wheat, barley, peas, micro-fertilizers, yield, quality.

Введение

Повысить эффективность микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-агрехимических условиях и хорошо совместимы с регуляторами роста природного происхождения (экосил, гумины и другие), которые имеют преимущества поскольку легко включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [1, 2].

Применение комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, применение микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений и разработать высокоэффективную систему удобрения для сельскохозяйственных культур, обеспечивающую высокую, устойчивую продуктивность, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая [1].

При применении современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в комплексе формирования урожая и повышения качества растениеводческой продукции решающее значение приобретает сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Использование их в системе удобрений сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений [2].

Микроэлементы – важные, взаимозаменяемые элементы питания, выполняющие важнейшие функции в процессах жизнедеятельности. Их недостаток вызывает ряд заболеваний, а в интенсивных технологиях ограничивает урожайность и снижает качество зерна, семян [1, 2].

Как показали исследования, наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки. В настоящее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной и органоминеральной форме, эффективность которых значительно выше, чем простых солей микроэлементов [3, 4, 5, 6, 7].

Цель исследований – установить влияние форм микроудобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы, ячменя и гороха.

Основная часть

Исследования проводились с озимой пшеницей в 2011–2014 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 опытных участков с озимой пшеницей имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,1–6,2), среднее содержание гумуса (1,68–1,70 %), повышенное – подвижных форм фосфора (225–227 мг/кг), среднее – подвижного калия (185–186 мг/кг), а также низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,5–2,0 мг/кг).

Для проведения опытов в основное внесение удобрений применялись аммофос (52 % P_2O_5 , 12 % N), хлористый калий (60 % K_2O), подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом (46 % N). Изучалось также твердое комплексное удобрение для озимых зерновых культур (N – 5 %, P_2O_5 – 16 %, K_2O – 35 %, Cu – 0,3 % и Mn – 0,25 %), разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Для некорневой подкормки растений озимой пшеницы в фазе начала выхода в трубку применялось польское комплексное удобрение Эколист-3 с микроэлементами (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, а также микроудобрение Адоб медь (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % Cu, 9 % N и 3 % магния) в дозе 0,8 л/га и в фазе начала выхода в трубку посева обрабатывались МикроСтим-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,6–5,0 мг/л) и МикроСил-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л и Экосил – 30 мл/л) в дозе 1 л/га.

Общая площадь делянок с озимой пшеницей – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Посев проводился сеялкой RAU Airsem-3 с нормой высева семян озимой пшеницы сорта Сюита 5,0 миллионов всхожих семян на гектар. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Беларуси.

Изучение эффективности однокомпонентных и многокомпонентных микроудобрений в хелатной форме на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, осуществлялось с пивоваренным ячменем сорта Бровар, который высевался с нормой высева семян 5,0 млн/га.

В опытах применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, КАС, новое комплексное АФК удобрение формы 10-19-25 с 0,25 % Cu и 0,2 % Mn для пивоваренного ячменя.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением с микроэлементами Эколист-3 (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, комплексным препаратом на основе микроэлементов и регуляторов роста МикроСтим Медь Л. Обработка микроудобрением с регулятором роста МикроСтим Медь Л в дозе 1 л/га проводилась в фазе начала выхода в трубку.

Почва опытных участков с ячменем имела слабокислую реакцию (pH_{KCl} 5,7–6,0), среднее содержание гумуса (1,66–1,70 %), повышенное содержание подвижного фосфора (186–225 мг/кг), а также среднее и повышенное содержание подвижного калия (186–240 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижной медью (1,7–2,2 мг/кг) и низкую – подвижным цинком (1,7–2,3 мг/кг).

Опыты с горохом проводились в 2014–2015 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,4–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижного фосфора (225–291 мг/кг), среднее и повышенное – подвижного калия (186–238 мг/кг), низкое и среднее – подвижной меди (1,19–2,20 мг/кг) и низкое – цинка (2,9 мг/кг). Предшественником гороха был овес. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная.

Норма высева семян – 1,5 млн. всхожих семян на 1 га. Сорт – Зазерский усатый. До посева гороха использовали аммофос, хлористый калий и мочевины, а также комплексное азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение для зернобобовых культур марки 6-21-32 с 0,16 % В и 0,09 % Мо. В фазе бутонизации проводились некорневые подкормки борной кислотой и молибдатом аммония в дозе 50 г бора и 40 г Мо. В фазе бутонизации применялась и некорневая подкормка микроудобрением Адоб бор в дозе 0,33 л/га. Обработка посевов гороха комплексным препаратом МикроСтим бор (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г В, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) в дозе 1 л/га производилась в фазе бутонизации. Применялись две обработки комплексным удобрением с микроэлементами Кристалон (Нидерланды). Первая подкормка в фазу выбрасывания усов проводилась удобрением Кристалон желтый марки 13-40-13 в дозе 2 кг/га, который содержит наряду с азотом, фосфором и калием бор (0,025 %), медь (0,01 %), железо (0,07 %), марганец (0,04 %), молибден (0,004 %), цинк (0,025 %). Вторая подкормка Кристалон особым марки 18-18-18 + 3MgO (бор 0,025 %, медь 0,01 %, железо 0,07 %, марганец 0,04 %, молибден 0,004 %, цинк 0,025 %) проводилась в дозе 2 кг/га в фазу начала образования бобов.

Внесение $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ обеспечивало получение урожайности зерна озимой пшеницы в среднем за 3 года 61,6 ц/га (табл. 1). Некорневые подкормки микроудобрением Адоб медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ увеличивало урожайность зерна пшеницы на 5,3 ц/га, микроудобрением с регулятором роста МикроСтим – медь Л на 9,5 ц/га и микроудобрение с регулятором роста МикроСил Медь на 9 ц/га. Таким образом, на почве с низким и средним содержанием меди применение всех изучаемых форм медных удобрений было очень эффективным. Более эффективными из изучаемых форм медных удобрений были микроудобрение с регуляторами роста МикроСтим Медь Л и МикроСил Медь, которые по действию были равнозначными и превосходили по действию польское микроудобрение Адоб медь. МикроСтим Медь Л и МикроСил Медь, разработанные РУП «Институт почвоведения и агрохимии» могут быть использованы для импортозамещения при возделывании озимой пшеницы. По сравнению с фоном применение медных удобрений улучшалось качество зерна озимой пшеницы. Так, содержание клейковины при внесении $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ составляло 27,9 %, а при некорневой подкормке МикроСтим Медь Л оно возросло до 30,2 %.

Применение нового комплексного удобрения для озимых зерновых культур для основного внесения марки 5:16:35 с Cu 0,3 % и Mn 0,25 %, по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию, увеличило в среднем за три года урожайность зерна на 4,5 ц/га, а некорневая подкормка комплексным удобрением с микроэлементами Эколист 3 на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ на 7,4 ц/га.

Таблица 1. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы сорта Сюнта (среднее за 3 года)

Варианты опыта	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
1. Без удобрений (контроль)	29,7	–	–	11,8	20,0
2. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$	55,1	–	7,6	12,9	24,0
3. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$ – фон	61,6	–	8,5	13,1	27,9
4. Фон + Адоб медь	66,9	5,3	10,0	13,4	28,2
5. Фон + Эколист-3	69,0	7,4	10,5	13,9	29,1
6. Фон + МикроСил-Медь Л	70,6	9,0	10,9	13,1	29,1
7. Фон + МикроСтим-Медь Л	71,1	9,5	11,1	13,0	30,2
8. $N_{20}P_{64}K_{140}$ (АФК удобрение с Cu и Mn) + $N_{70} + N_{40} + N_{40}$	66,1	–	9,7	13,0	29,1
9. $N_{30}P_{80}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40} + N_{10}$ + Адоб медь	70,3	–	9,9	13,1	29,5
НСР ₀₅	2,0	–	–	0,3	–

В среднем за три года урожайность зерна ячменя по сравнению с неудобренным контролем при применении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ возросла на 12,2 и 16,8 ц/га соответственно (табл. 2).

Некорневая подкормка МикроСил Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ повышала урожайность ячменя на 7,9 ц/га. Применение в некорневую подкормку комплексного удобрения Эколист 3 с микроэлементами на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ не способствовало повышению урожайности зерна ячменя.

Внесение до посева комплексного удобрения с медью и марганцем, разработанного РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» в дозе эквивалентной по азоту, фосфору и калию (N₆₀P₆₀K₉₀) по сравнению с применением карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, повышало урожайность зерна на 7,0 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна ячменя

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Сырой белок, %		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 3 года	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1. Без удобрений	26,3	28,1	29,0	27,8 (28,6*)	7,8	9,5	9,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	33,5	38,4	48,0	40,0 (43,2*)	8,0	9,9	9,9
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	41,1	42,8	50,0	44,6 (46,4*)	10,0	10,8	10,5
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ (АФК удобрение формы 10-19-25 с Cu и Mn)	–	46,8	53,6	50,2*	–	9,7	11,6
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазе начала выхода в трубку	46,1	45,2	51,1	47,5	8,5	11,1	12,3
6. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку	51,5	54,6	59,5	55,2	10,7	10,3	12,0
7. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазе начала выхода в трубку + Эколист-3	45,6	47,9	51,9	48,5	10,0	9,8	11,6
НСР ₀₅	1,6	1,9	2,4	1,2	0,7	0,6	0,3

*Среднее за 2012–2013 гг.

Содержание сырого белка в зерне пивоваренного ячменя в варианте опыта с медью по годам исследований находилось в допустимых пределах ГОСТа и не превышало 12 %. Содержание сырого белка было ниже в вариантах без внесения удобрений.

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха (табл. 3). Внесение до посева N₁₈P₆₃K₉₆ увеличило урожайность семян по сравнению с контролем на 16,5 ц/га. Достаточно высокой была в этом варианте и окупаемость 1 кг НРК килограммами семян, которая составила в среднем за 2 года 9,3 кг.

Таблица 3. Влияние микроудобрений на урожайность семян гороха и содержание в них сырого белка и массу 1000 семян в среднем за 2014–2015 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %
1. Без удобрений	16,4	–	–	–	190,7	22,3
2. N ₁₈ P ₆₃ K ₉₆ – фон	32,9	16,5	–	9,3	209,5	23,3
3. АФК удобрение с бором и молибденом (эквивалентный по НРК варианту 3)	36,4	20,0	–	11,3	215,2	24,5
4. Фон + бор и молибден	34,8	18,4	1,9	10,4	212,6	24,9
5. Фон + Адоб бор	37,2	20,8	4,4	11,7	211,5	24,2
6. Фон + Кристалон (особый + желтый)	38,8	22,4	5,9	12,6	213,4	24,5
7. Фон + МикроСтим бор	36,9	20,5	4,0	11,6	211,3	24,7
НСР ₀₅	1,5	–	–	–	–	1,3

Применение до посева АФК удобрения с В и Мо для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами азота, фосфора и калия, внесенными в форме аммофоса и хлористого калия, повысило урожайность семян гороха вый

я

молибденовыми удобрениями и МикроСтим бор по сравнению с вариантом $N_{18}P_{63}K_{96}$ повысили содержание сырого белка в семенах гороха на 1,4 и 1,6 % соответственно.

Заключение

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве I и II группы обеспеченности подвижной медью установлена высокая эффективность различных форм медных микроудобрений при возделывании озимой пшеницы на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$. Урожайность зерна пшеницы при некорневой подкормке микроудобрением Адоб Медь возросла на 5,3 ц/га, а МикроСил Медь и МикроСтим Медь Л на 9,0 и 9,5 ц/га (с 61,6 ц/га 70, 6 и 71,1 ц/га соответственно). Комплексное АФК удобрение с медью и марганцем повышало урожайность зерна пшеницы по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентной дозе ($N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$) на 7,4 ц/га. Медные удобрения повышали содержание клейковины в зерне озимой пшеницы. Применение МикроСти Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ повышало содержание сырой клейковины в зерне на 2,3 %

Микроудобрение с регулятором роста МикроСтим Медь Л при некорневой подкормке увеличивало урожайность пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ на 7,2 ц/га.

Микроудобрение Адоб бор и МикроСтим бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышало урожайность семян гороха на 4,4 и 4,0 ц/га. Применение комплексного АФК удобрения с бором и молибденом по сравнению с внесением в эквивалентной дозе аммофоса и хлористого калия ($N_{18}P_{63}K_{96}$) увеличивало урожайность семян на 3,5 ц/га. Некорневая подкормка МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышала содержание сырого белка в зерне гороха на 1,6 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 293 с.
2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 161 с.
3. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.
4. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев. – М: Из-во ВНИИА им Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред В. В. Лапа. – Минск; ИВЦ Минина, 2021. – 260 с.
6. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
7. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков: Изд. Типография, 2005–134 с.