

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, А. А. КУЛЕШОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г.Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: anutik_758@mail.ru

(Поступила в редакцию 05.06.2023)

В данной статье представлены результаты исследований по применению новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании яровой пшеницы и яровой тритикале. Результаты исследований показывают, что наиболее эффективным высококорентабельным приемом повышения урожайности при минимальных затратах является применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$. Наибольший чистый доход у яровой пшеницы и яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8, 99,3 и 30,9, 35,4 USD/га, рентабельность при этом была 49,3, 43,4 % и 16,3 и 18, % соответственно. Белорусское микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более экономически эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. На яровой пшенице и яровой тритикале некорневая подкормка микроудобрением Адоб Медь повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ до 57,7 и 2,9 USD/га, рентабельность – до 33,5 и 2,1 %, а МикроСтим-Медь Л – до 80,3 и 3,8 USD/га, 48,1 и 2,5 % соответственно. Микроудобрение МикроСтим-Медь Л может быть рекомендовано для импортозамещения.

Ключевые слова: экономическая эффективность, макроудобрения, микроудобрения, регуляторы роста, яровая пшеница, яровая тритикале.

This article presents the results of research into the influence of new forms of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on productivity and economic efficiency of cultivation of spring wheat and spring triticale. The research results show that the most effective and highly profitable method of increasing yields at minimal cost is the use of MicroStim-Copper L micronutrient fertilizer and Nutrivant plus complex fertilizer against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

The highest net income in spring wheat and spring triticale was in the variants with the use of micro-fertilizer MicroStim-Copper L and complex micro-fertilizer Nutrivant plus against the background of increased doses of mineral fertilizers $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, which amounted to 105.8, 99.3 and 30.9, 35.4 USD/ha, while the profitability was 49.3, 43.4 % and 16.3 and 18.5 %, respectively.

The Belarusian micro-fertilizer MicroStim-Copper L against the background of $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ was more cost-effective than the use of Polish micro-fertilizer Adob Copper for foliar top dressing. On spring wheat and spring triticale, foliar fertilizing with micro-fertilizer Adob Copper increased net income compared to the background $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ to 57.7 and 2.9 USD/ha, profitability – up to 33.5 and 2.1 %, and MicroStim-Copper L – up to 80.3 and 3.8 USD/ha, 48.1 and 2.5 %, respectively. Micro-fertilizer MicroStim-Copper L can be recommended for import substitution.

Key words: economic efficiency, macro-fertilizers, micro-fertilizers, growth regulators, spring wheat, spring triticale.

Введение

Важнейшим направлением современного сельскохозяйственного производства является переход на экологически безопасные и экономически обоснованные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, способствующие повышению урожайности и качества продукции. Наряду с применением макроудобрений (азотных, фосфорных, калийных), большую роль играют микроудобрения (борные, молибденовые, медные, цинковые и др.) [1].

Применение микроудобрений не только повышает урожайность культур и улучшает качество сельскохозяйственной продукции, но также повышает устойчивость растений к вредителям и болезням, к неблагоприятным погодным условиям. Микроэлементы принимают участие во многих важнейших биологических и биохимических процессах развития растений, входят в состав ферментов, ростовых и других веществ. Они участвуют в процессах синтеза и передвижения углеводов, в белковом и жировом обмене веществ. [2, с. 188]. При недостатке в почвах доступных форм микроэлементов наблюдаются специфические заболевания культур, вследствие чего они дают низкий и неполноценный по качеству урожай [3, с. 549].

В настоящее время актуальное значение приобретает производство и применение комплексных удобрений, специализированных для различных сельскохозяйственных культур, содержащих макро- и микроэлементы в больших количествах. Применение комплексных удобрений более экономически оправдано, т.к. дает возможность более равномерно внести удобрения по площади поля, снизить уплотнение почвы и гарантировать внесение всех элементов в заданном соотношении. При этом уменьшаются затраты на хранение, транспортировку и внесение единицы питательных элементов и повышается окупаемость капиталовложений [4, с.18].

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» занимается разработкой комплексных удобрений с 2006 года. Разработаны новые формы комплексных удобрений АФК под различные культуры со сбалансированным соотношением микроэлементов и нужным количеством азота, фосфора и калия. В лаборатории микроэлементов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» также разработаны жидкие микроудобрения с биостимулятором МикроСтим под конкретные сельскохозяйственные культуры, которые в своем составе наряду с хелатами металлоэлементов содержат регулятор роста стимулирующего действия [5].

По данным исследований М. В. Рака, С. А. Титовой, Н. С. Ивановой и др., некорневая подкормка озимой пшеницы жидкими микроудобрениями МикроСтим-Медь и МикроСтим-Марганец в дозе 0,05 кг/га д.в. на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве на фоне $N_{160(70+35+55)} + P_{30}K_{60}$ повышала урожайность зерна на 4,1–4,6 ц/га при условно чистом доходе 38,5–40,1 USD/га, рентабельности 102–136 % и уровне урожайности 72 ц/га. Отмечалась тенденция увеличения содержания в зерне белка и клейковины.

Экономическая эффективность удобрения сельскохозяйственных культур имеет важное значение, т. к. позволяет определить, окупает ли полученная прибавка урожая затраты на внесение удобрений, уборку и доработку дополнительной продукции в стоимостном эквиваленте. Основными показателями экономической эффективности являются прибыль (чистый доход) и рентабельность. Для определения прибыли предварительно рассчитывается стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений, и затраты на получение прибавки урожая от удобрений [7, с. 11].

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании яровой пшеницы и яровой тритикале.

Основная часть

Полевые опыты со среднеспелыми сортами яровой пшеницы Бомбона и яровой тритикале Садко проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА». Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. По годам исследований почва имела следующие агрохимические показатели: низкое и среднее содержание гумуса (1,5–1,6 %), слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (5,58–6,08), повышенное содержание подвижного фосфора (208,0–244,0 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (174,0–231,0 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг), высокое и избыточное содержание подвижного марганца (227,1–397,0 мг/кг).

Норма высева – 5,5 млн всхожих семян. Посев яровой пшеницы и яровой тритикале в 2018–2020 гг. производился в III декаде апреля и I декаде мая. Предшественники – горох и подсолнечник. В период вегетации проводились фенологические наблюдения за растениями, обработки гербицидами, фунгицидами и инсектицидами. Стандартные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили до посева под культивацию. Новое комплексное удобрение (АФК) марки 16-12-20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб Медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит проводили 2 подкормки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Обработку посевов регулятором роста Экосил в дозе 75 мл/га проводили в фазу начала выхода в трубку. Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводили согласно инструкции по применению и отраслевому регламенту. Азотная подкормка яровой пшеницы проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа. Уборку урожая проводили селекционным комбайном «Wintersteiger Delta», учет урожая осуществляли сплошным поделяночным методом. Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [7, с. 230; 8].

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике Института почвоведения и агрохимии «Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [9], исходя из цен в 2020 г. Для определения чистого дохода предварительно рассчитывалась стоимость прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений и регуляторов роста, также затраты на их приобретение, внесение и доработку полученной прибавки урожая.

Применение различных удобрений оказало положительное действие на продуктивность яровой пшеницы и было экономически выгодным. Все варианты опыта с применением удобрений на яровой пшенице сорта Бомбона обеспечивали получение чистого дохода и были рентабельны. При увеличении доз минеральных удобрений чистый доход увеличивался (табл. 1).

При внесении карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ чистый доход составил 4,3 USD/га, при рентабельности 3,7 %. При дополнительном внесении азотной подкормки N_{30} чистый доход увеличился до 28,7 USD/га, а рентабельность до 19,6 % соответственно.

Некорневая подкормка микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ на 29,0 и 51,6 USD/га, а рентабельность – на 13,9 и 28,5 %. При обработке посевов комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход увеличился на 41,7, 28,6 и 37,7 USD/га, а рентабельность – на 17,4, 13,6 и 18,0 %.

При применении регулятора роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход возрос на 19,2 USD/га, а рентабельность – на 8,1 %.

Наибольший чистый доход у яровой пшеницы был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8 и 99,3 USD/га, рентабельность при этом была 49,3 и 43,4 % соответственно.

По экономической эффективности применение нового комплексного удобрения для основного внесения АФК с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn значительно превосходило у яровой пшеницы применение стандартных удобрений (карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия), внесенных в эквивалентных дозах ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$). Чистый доход в этих вариантах опыта составил 67,2 и 28,7 USD/га, а рентабельность 31,7 и 19,6 % соответственно. Применение белорусского микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. Поэтому микроудобрение МикроСтим-Медь Л можно рекомендовать для импортозамещения при выращивании яровой пшеницы.

Таблица 1. Экономическая эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в среднем за 2018–2020 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD/га	Себестоимость 1 ц продукции, USD/ц	Всего затрат, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Контроль (без удобрений)	43,9	–	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	53,5	9,6	119,2	12,0	114,9	4,3	3,7
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	58,0	14,1	175,1	10,4	146,4	28,7	19,6
4. Фон 1 +Адоб Медь	62,4	18,5	229,8	9,3	172,1	57,7	33,5
5. Фон 1 +МикроСтим -Медь Л	63,8	19,9	247,1	8,4	166,8	80,3	48,1
6. Фон 1 + Нутривант плюс	64,9	21,0	260,8	9,1	190,4	70,4	37,0
7. Фон 1 + Кристалон	62,4	18,5	229,8	9,3	172,5	57,3	33,2
8. Фон 1 +Адоб Профит	63,3	19,4	240,9	9,0	175,1	65,8	37,6
9. Фон 1 + Экосил	61,7	17,8	221,1	9,7	173,2	47,9	27,7
10. АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 3)	66,4	22,5	279,4	9,4	212,2	67,2	31,7
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	62,2	18,3	227,3	10,0	182,4	44,9	24,6
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	69,7	25,8	320,4	8,3	214,6	105,8	49,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс	70,3	26,4	327,9	8,7	228,6	99,3	43,4
НСР ₀₅	1,1	–	–	–	–	–	–

У яровой тритикале сорта Садко применение минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ и регулятора роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было экономически невыгодным, т.к. затраты на приобретение, внесение, транспортировку удобрений и затраты, связанные с уборкой продукции превосходили стоимость полученной прибавки зерна (табл. 2.).

Таблица 2. Экономическая эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой тритикале в среднем за 2018–2020 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD/га	Себестоимость 1 ц продукции, USD/ц	Всего затрат, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Контроль (без удобрений)	33,8	–	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	39,4	5,6	69,5	17,1	96,0	–	–
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	41,6	7,8	96,9	16,0	125,1	–	–
4. Фон 1 +Адоб Медь	45,2	11,4	141,6	12,2	138,7	2,9	2,1
5. Фон 1 +МикроСтим -Медь Л	46,4	12,6	156,5	12,1	152,7	3,8	2,5
6. Фон 1 + Нутривант плюс	47,2	13,4	166,4	11,6	155,3	11,1	7,2
7. Фон 1 + Кристалон	45,8	12,0	149,0	12,2	146,7	2,3	1,6
8. Фон 1 +Адоб Профит	46,3	12,5	155,2	12,2	152,3	2,9	1,9
9. Фон 1 + Экосил	44,8	11,0	136,6	13,4	147,4	–	–
10. АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 3)	48,8	15,0	186,3	12,3	184,1	2,2	1,2
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	46,1	12,3	152,8	13,2	162,6	–	–
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	51,6	17,8	221,1	10,7	190,2	30,9	16,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс	52,1	18,3	227,3	10,5	191,9	35,4	18,5
НСР ₀₅	1,0	–	–	–	–	–	–

Применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ у яровой тритикале обеспечивало более высокий чистый доход и рентабельность (3,8 USD/га и 2,5 %), чем использование для некорневых подкормок микроудобрения Адоб Медь на том же фоне – 2,9 USD/га и 2,1 %. При обработке посевов комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход составил 11,1, 2,3, 2,9 USD/га, а рентабельность – 7,2, 1,6, 1,9 %.

Наибольший чистый доход у яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне максимальных доз

минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 30,9 и 35,4 USD/га, рентабельность в этих вариантах была 16,3 и 18,5 % соответственно.

Применение нового комплексного удобрения для основного внесения АФК с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn у яровой тритикале, также, как и у яровой пшеницы, превосходило применение карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, внесенных в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию. В этом варианте чистый доход составил 2,2 USD/га, а рентабельность 1,2 % соответственно

Заключение

1. Результаты исследований макро-, микроудобрений и регуляторов роста на яровой пшенице сорта Бомбона и яровой тритикале сорта Садко показывают, что наиболее эффективным высокорентабельным приемом повышения урожайности при минимальных затратах является применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

Наибольший чистый доход у яровой пшеницы и яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8, 99,3 и 30,9, 35,4 USD/га, рентабельность при этом была 49,3, 43,4 % и 16,3 и 18,5 % соответственно.

2. Белорусское микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более экономически эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. На яровой пшенице и яровой тритикале некорневая подкормка микроудобрением Адоб Медь повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ до 57,7 и 2,9 USD/га, рентабельность – до 33,5 и 2,1 %, а МикроСтим-Медь Л – до 80,3 и 3,8 USD/га, 48,1 и 2,5 % соответственно.

В связи с этим микроудобрение МикроСтим-Медь Л может быть рекомендовано для импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев, В. И. Агроэкологическое обоснование применения микроэлементных удобрений при возделывании яровой пшеницы / В. И. Лазарев, Ж. Н. Минченко, А. Я. Башкатов // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 154–160.

2. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии : учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.

3. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров / Под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.

4. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш, В. А. Ионас [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

5. Изучение почв и новые виды удобрений. Ученый рассказал о перспективах белорусской агрохимии. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/izuchenie-pochv-i-novye-vidy-udobrenij-uchenyj-rasskazala-o-perspektivah-belorusskoj-agrohimii-569031-2023>. – Дата доступа: 12.06.2023.

6. Агрономическая и экономическая эффективность микроудобрений при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 125–135.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

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

9. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.