is 28 and 27 %, respectively. In total removal of nitrogen by winter wheat with its grain consumes from 78 to 89 %. The specific removal of nitrogen from 1 ton of production decreases with increase in erodibility of the soil. When applying only phosphorus and potassium fertilizers, there is a high nitrogen deficit in winter wheat nutrition – the intensity of the balance is 26–32 %. The use of nitrogen fertilizers promotes, especially on eroded soils, to a significant reduction in the deficit of the element.

Поступила 28.09.2017

УДК 631.89:631.811.98:[633.11˝324˝+633.162+635.21]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ И КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура, Е.Л. Ионас, С.Р. Чуйко

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из приемов снижения энергетических затрат и повышения экономической эффективности является использование комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для конкретных сельскохозяйственных культур [1–3].

В исследованиях Г.В. Пироговской с соавторами применение комплексных NPK удобрений с S, B и Cu на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве увеличивало урожайность клубней картофеля по сравнению с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах без микроэлементов на 53–174 ц/га [4].

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [5, 6, 7].

В настоящее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной и органо-минеральной форме, эффективность которых значительно выше, чем простых солей [8]. Повысить эффективность применения микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом первостепенное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, гуматы и др.), которые имеют преимущества, поскольку они включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [9].

На современном этапе сельскохозяйственного производства ставится задача в любых погодных условиях получать высокие урожаи. Большая роль в повышении продуктивности и улучшении качества сельскохозяйственных культур принадлежит биологически активным веществам. Их применение позволяет существенно повысить устойчивость к неблагоприятным факторам среды [10, 11].

Цель исследования – установить влияние комплексных, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность, качество озимой пшеницы, пивоваренного ячменя, картофеля и дать оценку их экономической эффективности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились с озимой пшеницей, пивоваренным ячменем и картофелем на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на среднеокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном, подстилаемым 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). В опытах использовали подстилочный навоз КРС (N – 0,48–0,52 %, P_2O_5 – 0,20–0,22 % и K_2O – 0,55–0,59 %). Исследования проводили с сортом озимой пшеницы Богатко.

В основное внесение удобрений применялись аммофос, хлористый калий, подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом, с возобновлением вегетации, в фазе начала выхода в трубку и фазе флагового листа. 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 Зерновые (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. В фазе начала выхода в трубку посевы обрабатывались МикроСтим-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65,0 г/л, 0,6–5,0 мг/л гуминовые вещества) и МикроСил-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65 г/л и Экосил 30 мл/л) в дозе 1 л/га.

Регулятор роста Экосил использовали в дозе 75 мл/га в фазе начала выхода в трубку. Экосил – природный комплекс тритерпеновых кислот, экстракт хвои пихты сибирской. Представляет собой сложную смесь тритерпеновых кислот, причем многие из них существуют в различных формах.

Содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы рассчитывали умножением общего азота на коэффициент 6,25. Сырую клейковину определяли методом отмыва теста водой.

Общая площадь делянки с озимой пшеницей – 21 м^2, учетная – 16,5 м^2, повторность – четырехкратная. Норма высева семян – 5,0 млн/га.

В 2011–2013 гг. были проведены полевые опыты 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 удобрение (АФК форма 10-19-25 с 0,25 % Cu и 0,2 % Mn) для пивоваренного ячменя, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии Беларуси.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением 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, регулятором роста Фитовитал, 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) в дозе 0,6 л/га и комплексным удобрением с регулятором роста МикроСтим медь Л (медь 78 г/л, азот 65 г/л, гуминовые вещества 0,6–5,0 мг/л) в дозе 1 л/га. В фазе начала выхода в трубку на ячмене проводилась обработка регулятором роста Экосил в дозе 50 мл/га.

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), 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). Общая площадь делянки – 21 м^2, учетная – 16,5 м^2, повторность – четырехкратная.

Исследования с картофелем проводились в 2014–2016 гг. В качестве объекта выступали новые сорта картофеля: среднеранний Манифест и среднепоздний Вектар, внесенные в Госреестр Беларуси.

Предшественником картофеля были зерновые культуры. Общая площадь делянки – 25,2 м^2, учетной – 16,8 м^2, повторность в опыте – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированое. Посадку картофеля проводили в 2014 г. – 12 мая, в 2015 и 2016 гг. – 6 мая, четырехрядной картофелесажалкой КСМ-4, семенными клубнями 35–55 мм. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки – гребневой.

Почва опытного участка имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и слабокислую реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–5,8), высокое содержание подвижных форм фосфора (262–318 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (173,3–214,5 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,54–2,13 мг/кг), среднее содержание подвижного цинка (3,06–4,52 мг/кг), среднее и высокое содержание подвижного бора (0,54–0,77 мг/кг).

Под культивацию использовали стандартные формы минеральных удобрений, а также новые формы комплексных удобрений для основного внесения в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию ($N_{90}P_{68}K_{135}$). В опытах применяли карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P_2O_5), хлористый калий (60 % K_2O). Из комплексных удобрений для основного внесения использовали азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение марки N:P:K (16:12:24) с содержанием 0,12 % B, 0,15 % Cu и 4,0 % S, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение для картофеля с содержанием макро-, микроэлементов и регулятором роста (N – 6,0 %, P_2O_5 – 8,0 %, K_2O – 9,0 %, MgO – 2,0 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,1 %, Cu – 0,01 %, B – 0,025 %, массовая доля гуминовых соединений – 2,0 %) производимое в России.

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное водорастворимое удобрение Нутривант Плюс(картофельный) с содержанием (N_0 + P_{43} + K_{28} + Mg_2 + $B_{0,5}$ + $Mn_{0,2}$ + $Zn_{0,2}$ + фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям в дозах по 2,5 кг/га в фазу смыкания ботвы и в фазу бутонизации для сорта Манифест. А для сорта Вектар в дозе по 2,0 кг/га дополнительно и в фазу клубнеобразования. В опытах применяли белорусское жидкое комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Бор, Медь, включающее (N – 65 г/л, B – 40 г/л, Cu – 40 г/л, гуминовые вещества – 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазе начала бутонизации, регулятор роста Экосил в дозе 200 мл/га в начале цветения; при массовом цветении; через 7 дней после последней обработки, а также микроудобрение Наноплант с содержанием (не менее Mn – 0,36, Cu – 0,43, Fe – 0,60 и Co – 0,36 г/л) в дозе 100 мл/га при трехкратной обработке растений: 1-я – в фазе смыкания ботвы, 2-я – в фазе бутонизации, 3-я – в фазе клубнеобразования.

Применялся также подстилочный навоз в дозе 40 т/га.

Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом. Регулятор роста Экосил применялся на картофеле три раза в дозе 200 мл/га в фазах начала цветения при массовом цветении и клубнеобразовании.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову для всех исследуемых культур [12]. Расчет экономической эффективности проводили в соответствии с «Методикой определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [13].

Определение агрохимических показателей почвы и качества урожая опытных культур проводили общепринятыми методами согласно ГОСТ и ОСТ [14]. Экспериментальные данные обработаны методам дисперсионного анализа на ЭВМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным элементом питания, лимитирующим урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах, является азот. Эффективность азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы и ячменя зависит от доз удобрений, содержания азота в почве, погодных условий.

Применение удобрений способствовало существенному возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы. Так, применение $N_{20}P_{64}K_{140}$ + N_{70} (карбамид) с возобновлением вегетации по сравнению с неудобренным контролем повышало в среднем за три года урожайность среднеспелого сорта озимой пшеницы Богатко на 14,1 ц/га (табл. 1). Дополнительное к первой азотной подкормке (N_{70}) внесение в фазе начала выхода в трубку и флагового листа по N_{40} было очень эффективными и обеспечивало возрастание урожайности зерна озимой пшеницы с 43,2 до 60,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 8,3 зерна.

Обработка посевов озимой пшеницы на фоне $N_{20}P_{64}K_{140}$ + N_{70} + N_{40}+ N_{40} регулятором роста Экосил способствовала дальнейшему возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы на 4,0 ц/га.

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 увеличивало в среднем за три года урожайность зерна на 4,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы сорта Богатко

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Чистый доход, USD/га	Уровень рентабельности, %
	2012 г.	2013 г.	2014 г.							
1. Без удобрений (контроль)	21,2	26,0	40,2	29,1	–	–	11,6	19,4	–	–
2. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70}$	34,8	40,0	54,7	43,2	–	4,8	12,3	22,2	8,2	3,5
3. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$	43,8	48,0	64,6	52,1	–	6,9	12,9	24,8	167,0	56,8
4. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}+ N_{40}$ – фон	50,5	55,0	75,1	60,2	–	8,3	12,7	28,7	313,5	88,5
5. Фон + Экосил	53,9	59,0	79,6	64,2	4,0	9,4	13,6	31,5	380,8	102,1
6. Фон + Адоб Медь	55,3	63,0	82,3	66,9	6,7	10,1	13,0	31,0	429,4	112,3
7. Фон + Эколист Зерновые	55,3	65,0	85,2	68,5	8,3	10,5	13,3	32,0	454,5	116,1
8. Фон + МикроСил-Медь Л	56,0	67,5	90,5	71,3	11,1	11,3	13,5	31,1	528,1	139,7
9. Фон + МикроСтим-Медь Л	55,7	66,0	89,4	70,4	10,2	11,0	13,3	30,6	491,7	124,5
10. $N_{20}P_{64}K_{140}$ (АФК с Cu и Mn) + N_{70} + N_{40}+ N_{40}	53,6	60,0	81,8	65,1	–	9,6	12,9	29,9	414,0	118,4
11. $N_{30}P_{80}K_{140} + N_{70} + N_{40}+ N_{40} + N_{10}$) + Адоб Медь	56,7	67,0	86,1	69,9	–	10,0	13,2	30,0	454,4	107,8
12. Навоз 30 т/га $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}+ N_{40}$	58,8	68,5	96,1	74,5	14,3	–	13,8	30,3	468,8	92,7
$НСР_{05}$	2,73	4,18	3,86	2,08	–	–	0,42	0,79		

Внесение 30 т/га навоза на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$ повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 14,3 ц/га. В этом варианте обеспечивалась и максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (74,5 ц/га).

Подкормки азотными удобрениями существенно повышали содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы. Положительное влияние на увеличение содержания сырого белка в зерне озимой пшеницы оказали регулятор роста Экосил и некорневые подкормки Адоб Медь и Эколист Зерновые на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}+ N_{40}$. Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы существенно возросло при применении Экосила, а также микроудобрения Адоб Медь, комплексных удобрений Эколист Зерновые, МикроСтим-Медь Л и МикроСил-Медь Л. В этих вариантах опыта оно превышало 28 %, что соответствовало норме, установленной для озимой пшеницы (см. табл. 1).

Расчеты экономической эффективности показали, что чистый доход и рентабельность возрастали при применении трех азотных подкормок озимой пшеницы, комплексных, микроудобрений и регуляторов роста. Более высокий доход и рентабельность отмечены при некорневой подкормке озимой пшеницы МикроСтим-Медь Л и МикроСил-Медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$.

В среднем за 2011–2013 гг. 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 3,7, 12,2 и 16,8 ц/га соответственно (табл. 2).

Наибольшая урожайность зерна ячменя была получена в вариантах с применением регулятора роста Фитовитал и комплексного удобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид (табл. 2). Прибавка урожайности зерна при этом составила по отношению к фоновому варианту $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ при использовании Фитовитал 5,3 ц/га и МикроСтим медь Л – 7,7 ц/га. Высокая прибавка урожая в этих вариантах оказала влияние на увеличении окупаемости 1 кг NPK кг зерна, которая составила в этих вариантах опыта 10,4 и 11,4 кг соответственно.

Внесение комплексного удобрения АФК 10-19-25 с Cu, Mn на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ способствовало в среднем за 2012–2013 гг. повышению урожайности зерна на 7,0 ц/га по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных ($N_{60}P_{60}K_{90}$) дозах (табл. 2).

Обработка посевов пивоваренного ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с вариантом $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ КАС увеличивала урожайность зерна на 3,4 ц/га и на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ на 2,7 ц/га.

В среднем за 3 года максимальная урожайность ячменя (52,8–55,2 ц/га) была получена в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид, МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид и Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид.

Применение удобрений по сравнению с вариантом без внесения удобрений способствовало некоторому возрастанию массы 1000 зерен. Наибольшая масса 1000 зерен (56,8 г) отмечена в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид. В целом по опыту, масса 1000 зерен в вариантах с применением макро-, микроудобрений и регуляторов роста варьировала в незначительных пределах (см. табл. 2).

Таблица 2

Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании пивоваренного ячменя

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %			Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
	среднее за 3 года			2011 г.	2012 г.	2013 г.		
1.Без удобрений	27,8 (28,6*)	–	54,7 (53,9*)	7,8	9,5	9,8	–	–
2.$N_{16}P_{60}K_{90}$	31,5	2,2	55,6	8,1	9,4	9,1	–	–
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	40,0 (43,2*)	5,8 (7,0*)	56,0 (54,9*)	8,0	9,9	9,9	–	–
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	44,6 (46,4*)	7,0	56,6 (55,0*)	10,0	10,8	10,5	–	–
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ (АФК с Cu и Mn)	50,2*	10,3*	55,0*		9,7	11,6	65,4	16,2
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил фаза начала выхода в трубку	47,3	8,1	56,2	8,3	10,3	12,0	36,8	9,9
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС фаза начала выхода в трубку	45,4	7,3	55,9	8,7	9,9	11,1	16,9	4,8
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид фаза начала выхода в трубку	47,5	8,2	56,6	8,5	11,1	12,3	46,0	12,6
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил фаза начала выхода в трубку	48,8	8,8	56,1	10,3	9,9	11,3	70,9	19,3
10. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + МикроСтим-Медь Л фаза начала выхода в трубку	55,2	11,4	56,8	10,7	10,3	12,0	188,9	49,2
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид фаза начала выхода в трубку + Эколист Зерновые	48,5	8,6	55,4	10,0	9,8	11,6	56,1	14,9
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фаза начала выхода в трубку	52,8	10,4	56,1	10,3	9,4	13,2	127,9	32,4
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид фаза начала выхода в трубку + МикроСтим-Медь Л	54,2	8,0	56,6	10,2	9,4	13,3	64,6	13,3
$НСР_{05}$	1,23		0,44	0,72	0,58	0,51		

* Среднее за 2012–2013 гг.

Содержание сырого белка в зерне пивоваренного ячменя в большинстве вариантов опыта по годам исследований находилось в допустимых пределах ГОСТ и не превышало 12 %. Содержание сырого белка было ниже в вариантах без внесения удобрений и с внесением небольших доз азота ($N_{16}P_{60}K_{90}$). Наибольшее накопление сырого белка в зерне было при применении МикроСтим Cu Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид и регулятора роста Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу начала выхода в трубку. Содержание сырого белка во всех вариантах в 2011 и 2012 гг. было в допустимых пределах (не более 11,1 %). Следует отметить, что накопление сырого белка в зерне пивоваренного ячменя свыше допустимых 12 % было только в 2013 г. в нескольких вариантах опыта. Наибольших величин (13,2–13,3 %) оно достигало в варианте с применением Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30}.

Расчеты экономической эффективности применения удобрений показали, что в вариантах $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ их внесение было экономически невыгодным. Применение нового комплексного удобрения (АФК с Cu и Mn) обеспечивало получение чистого дохода 65,4 USD/га при рентабельности 16,2 %. Наибольший чистый доход 188,9 USD/га при рентабельности 49,2 % получен при применении МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{90}$ + N_{30}. Следует отметить, что в этом варианте опыта содержание сырого белка в зерне было в допустимых пределах за все три года исследований.

Применение азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) увеличивало урожайность клубней картофеля сорта Вектар по сравнению с неудобренным контролем на 5,5 т/га. Внесение калийных удобрений (K_{135}) в форме хлористого калия на фоне $N_{90}P_{68}$ способствовало возрастанию урожайности клубней также на 5,5 т/га (табл. 3).

Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало урожайность по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 7,1 и 6,3 т/га. Окупаемость 1 кг NPK кг клубней при внесении бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения составила 62 и 59 кг, что по сравнению с применением стандартных удобрений выше на 24 и 21 кг соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (41,8 т/га) в среднем за три года исследований была получена от некорневой подкормки Нутривант Плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$. В этом варианте окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней составила 55 кг.

При использовании Нутривант Плюс и МикроСтим-Бор,Медь на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 4,3 и 4,0 т/га при окупаемости 1 кг NPK кг клубней 57 и 56 кг соответственно.

Применение навоза в среднем за 2014–2016 гг. на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ повышало урожайность клубней картофеля сорта Вектар на 7,8 т/га. Обработка посевов комплексным микроудобрением МикрСтим-Бор,Медь на фоне Навоз 40 т/га + $N_{90}P_{68}K_{135}$ в среднем за 2015 и 2016 гг. повышала урожайность клубней на 4,0 т/га. Использование Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ в среднем на 2015–2016 гг. увеличивало урожайность клубней на 1,9 т/га.

Таблица 3

Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля сорта Вектар (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га				Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг			Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее					2014 г.	2015 г.	2016 г.		
1. Без удобрений	21,3	22,8	20,6	21,6 *(21,7)	–	18,5	4,0	17,6	45,2	18,7	42,3	–	–
2. $N_{90}P_{68}$	25,3	28,8	27,3	27,1	35	19,1	5,2	20,2	55,7	20,8	52,1	542,7	423
3. Фон 1 – $N_{90}P_{68}K_{135}$	31,0	35,1	31,8	32,6	38	18,3	6,0	18,7	64,4	98,2	45,7	1118,6	501
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК)	33,2	43,2	40,3	38,9	59	18,7	7,3	16,7	133,0	38,0	26,3	1753,4	491
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК) бесхлорная	34,5	43,6	40,9	39,7	62	18,2	7,2	18,9	56,1	70,8	43,6	1385,7	169
6. Фон 2 – $N_{120}P_{70}K_{130}$	27,0	43,1	36,7	35,6 *(39,9)	44 *(57)	18,4 *(18,9)	6,6 *(7,5)	18,5 *(20,6)	90,1	65,0	13,4	1433,6	522
7. Фон 2 + МикроСтим-Бор,Медь	28,9	47,9	41,9	39,6	56	18,0	7,1	17,3	57,3	40,6	38,3	1853,4	541
8. Фон 2 + Нутривант Плюс	30,5	48,7	40,6	39,9	57	18,8	7,5	18,0	130,0	62,6	29,1	1857,4	495
9. Фон 2 + Экосил	28,4	48,3	40,2	39,0	54	18,4	7,2	16,7	68,0	56,6	25,3	1769,0	500
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант Плюс	33,3	49,5	42,6	41,8	55	17,8	7,4	16,8	75,4	101,5	31,4	2049,6	494
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	40,2	44,3	36,6	40,4 *(40,5)	–	17,7 *(18,0)	7,2 *(7,3)	17,3 *(18,6)	63,4	87,8	18,6	1932,1	535
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим-Бор,Медь	–	*47,2	*41,7	*44,5	–	*18,7	*8,3	*21,4	–	*51,8	*26,5	–	–
13. Фон 2 + Наноплант	–	*44,6	*39,0	*41,8	*63	*17,9	*7,5	*16,8	–	*22,1	*21,0	–	–
$НСР_{05}$	1,6	2,4	2,3	1,2 *(1,7)	–	0,4 *(0,5)	–	0,6 *(0,8)	13,6	12,9	13,0	–	–

* Данные за 2015–2016 гг.

Наиболее высокое содержание крахмала в среднем за три года исследований было отмечено в варианте с внесением до посадки картофеля азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) – 19,1 %.

Применение Нутривант плюс по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышало содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,4 %. Выход крахмала в этом варианте был максимальным и составил 7,5 т/га.

Внесение хлорсодержащего АФК удобрения с микроэлементами и серой незначительно повышало содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений. Выход крахмала в этом варианте возрос по сравнению с вариантом, где в эквивалентных по NPK дозах внесены карбамид, аммофос и хлористый калий, на 1,3 т/га.

Использование бесхлорного АФК удобрения существенно не влияло на содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений. Выход крахмала в этом варианте составил 7,2 т/га и возрос по сравнению с вариантом, где в эквивалентных по NPK дозах внесены карбамид, аммофос и хлористый калий, на 1,2 т/га в связи с возрастанием урожайности.

Использование МикроСтим-Бор,Медь не изменяло содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$, но увеличивало выход крахмала на 0,5 т/га.

Наибольшее содержание витамина С (20,2 мг/%) в клубнях картофеля у сорта Вектар было получено в варианте с внесением до посадки картофеля азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$).

Расчет экономической эффективности применения удобрений показал, что в удобряемых вариантах получена прибыль при рентабельности от 169 до 541 % (табл. 3).

Максимальная прибыль (2049,6 USD/га) при рентабельности 494 % была получена при применении Нутривант Плюс на фоне повышенных доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$. Достаточно высокая прибыль (1857,4 USD/га) при рентабельности 495 % была в варианте с использованием Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, а также (1853,4 USD/га) при рентабельности 541 % с применением МикроСтим-Бор,Медь.

В вариантах с внесением до посадки бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения прибыль составила 1385,7 и 1753,4 USD/га при рентабельности 169 и 491 % соответственно.

Внесение до посадки АФК с бором, медью и серой, разработанного в Институте почвоведения и агрохимии, и комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами с регулятором роста российского производства по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{90}P_{68}K_{135}$) повышало урожайность клубней картофеля сорта Манифест в среднем за 2014 и 2016 гг. на 8,9 и 10,3 т/га (табл. 4).

Некорневая подкормка растений картофеля сорта Манифест МикроСтим-Бор, Медь и Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышали урожайность клубней на 3,5 и 9,1 т/га. В варианте с применением Нутривант Плюс была получена максимальная урожайность клубней (50,0 т/га), окупаемость 1 кг NPK (76 кг клубней) и выход крахмала (8,5 т/га) (см. табл. 4).

Таблица 4

Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля сорта Манифест (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га				Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг			Чистый доход, USD /га	Рентабельность, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее					2014 г.	2015 г.	2016 г.		
1. Без удобрений	29,8	24,6	22,4	25,6 *(23,5)	–	16,6	4,2	19,4	55,0	42,8	105,6	–	–
2. $N_{90}P_{68}$	34,9	33,7	28,6	32,4	43	16,4	5,3	17,7	207,0	90,7	86,4	683,0	466
3. Фон 1 – $N_{90}P_{68}K_{135}$	38,0	35,2	32,7	35,3	33	16,6	5,9	17,2	70,9	75,6	95,9	978,3	477
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК)	41,8	49,1	41,7	44,2	64	16,7	7,4	20,0,	77,6	52,8	49,9	1893,6	504
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК) бесхлорная	42,0	50,3	44,4	45,6	68	17,3	7,9	18,3	134,5	93,0	71,7	1590,7	187
6. Фон 2 – $N_{120}P_{70}K_{130}$	44,3	40,5	37,8	40,9 (39,2*)	48 *(49)	16,6 *(17,2)	6,8 *(6,7)	17,4 *(16,4)	153,5	169,0	86,6	1573,9	538
7. Фон 2 + МикроСтим-Бор,Медь	46,2	44,2	42,9	44,4	59	16,7	7,4	17,3	157,0	96,5	148,7	1939,7	548
8. Фон 2 + Нутривант плюс	50,6	52,6	46,8	50,0	76	17,0	8,5	22,7	216,5	98,6	85,0	2524,6	558
9. Фон 2 + Экосил	47,4	46,3	41,9	45,2	61	16,2	7,3	19,1	200,0	107,2	148,5	2006,3	521
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант Плюс	48,3	45,7	43,7	45,9	55	16,5	7,6	19,3	186,0	171,5	168,0	2069,4	508
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	49,3	44,0	37,4	43,6 *(40,7)	–	16,2 *(16,8)	7,1 *(6,8)	16,0 *(15,7)	142,0	218,3	55,3	1845,8	527
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим-Бор,Медь	–	*49,6	*42,5	*46,1	–	*17,1	*7,9	*20,3	–	*92,7	*95,7	–	–
13. Фон 2 + Наноплант	–	*42,8	*42,3	*42,6	*60	*16,9	*7,2	*20,4	–	*17,4	*161,0	–	–
$НСР_{05}$	1,7	2,8	2,4	1,4 *(1,9)	–	0,3 *(0,3)	–	1,1 *(1,3)	15,7	27,2	17,7	–	–

* Данные за 2015–2016 гг.

Применение регулятора роста Экосил на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повысило урожайность клубней на 4,3 т/га.

Обработка растений микроудобрением Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышала урожайность клубней в среднем за 2015 и 2016 гг. на 3,4 т/га.

Содержание нитратов во все годы исследований по вариантам опыта не превышало ПДК (250 мг/кг).

Наибольшее содержание нитратов в клубнях (218,3 мг/кг) отмечено в 2015 г. при сочетании 40 т/га навоза с $N_{90}P_{68}K_{135}$.

Содержание крахмала было наибольшим (17,3 %) при применении бесхлорного NPK удобрения. В этом варианте опыта оно возросло по сравнению с вариантом без внесения удобрений на 0,7 %.

Применение удобрений во всех удобряемых вариантах опыта было очень эффективным. Максимальный чистый доход (2524,6 USD/га) и рентабельность (558 %) получены при некорневой подкормке растений картофеля Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$.

ВЫВОДЫ

1. Внесение до посева комплексного удобрения для озимых зерновых с Cu и Mn по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентной дозе ($N_{20}P_{64}K_{140}$) и тремя подкормками азотными удобрениями ($N_{70+40+40}$) повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 4,9 ц/га (с 60,2 до 65,1 ц/га) при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 17,4 ц/га.

2. Некорневые подкормки жидкими удобрениями Адоб Медь, Эколист Зерновые, МикроСил-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140}$ + $N_{70+40+40}$ увеличивали урожайность зерна озимой пшеницы на 6,7, 8,3, 11,1 и 10,2 ц/га соответственно. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (74,5 ц/га) отмечена при сочетании 30 т/га навоза и $N_{20}P_{64}K_{140}$ + $N_{70+40+40}$. Наибольший чистый доход (528,1 USD/га) при рентабельности 139,7 % получен при некорневой подкормке озимой пшеницы МикроСил-Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140}$ + $N_{70+40+40}$.

3. Внесение комплексного АФК удобрения с Cu и Mn способствовало повышению урожайности зерна пивоваренного ячменя на 7,0 ц/га по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{60}P_{60}K_{90}$).

4. Обработка посевов пивоваренного ячменя МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ +N_{30} увеличивала урожайность зерна на 7,7 ц/га, Фитовитал – на 5,3 ц/га. Максимальная урожайность зерна ячменя (55,2 ц/га), чистый доход (188,9 USD/га) и рентабельность (49,2 %) получены при применении МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}.

5. Применение АФК с бором, медью и серой по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{90}P_{68}K_{135}$) повышало урожайность клубней картофеля среднераннего сорта Манифест на 8,9 т/га и среднепозднего сорта Вектар на 6,3 т/га.

6. Обработка растений картофеля МикроСтим-Бор,Медь и Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ увеличила урожайность клубней картофеля сорта Манифест на 3,5 и 9,1 т/га и сорта Вектар на 4,0 и 4,3 т/га соответственно. Наиболее высокая урожайность клубней картофеля сорта Манифест (50,0 т/га) получена при применении Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, а сорта Вектар – на фоне

$N_{130}P_{90}K_{150}$ (41,8 т/га). В этих вариантах опыта был максимальным и чистый доход, который составил для сорта Манифест 2524,6 USD/га и сорта Вектар – 2049,6 USD/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 244–248.

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

3. Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.

4. Комплексные удобрения в технологии возделывания картофеля на дерново-подзолистых почвах / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1(58). – С. 153–169.

5. *Анспок, П.И.* Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л., 1990. – 272 с.

6. Рациональное применение удобрений: учеб. пособие для слушателей систем повышения и переподготовки кадров / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки, 2002. 324 с.

7. *Фатеев, А.И.* Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков, 2005. – 134 с.

8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.

9. *Барашкова, Е.Н.* Эффективность применения новых форм микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е.Н. Барашкова, Н.В. Рак, Г.М. Сафроновская // Почва, удобрение, плодородие, урожай: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. С.Н. Иванова и 90-летию со дня рожд. Т.Н. Кулаковской. – Минск, 2009. – С. 133–134.

10. *Саскевич, П.А.* Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П.А. Саскевич, В.Р. Кажарский, С.Н. Козлов. – Горки, 2009. – 296 с.

11. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.

12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

13. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

14. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений по агроном. спец. / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MACRO- AND MICRO-FERTILIZERS, PLANT GROWTH REGULATORS IN CULTIVATION OF WINTER WHEAT, MALTING BARLEY AND POTATO ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

I.R. Vildflush, O.I. Mishura, E.L. Ionas, S.R. Tsuiko

Summary

Application of complex fertilizers with microelements with the main fertilizer in comparison with the introduction of standard equivalent doses increased the yields of winter wheat by 4,9 c/ha, malting barley by – 7,0 c/ha, potato tubers of Manifest variety – by 8,9 t/ha, Vektar variety – by 6,3 t/ha. Foliar application of MikroStim-Cuprum L increased the grain yield compared to the background variant ($N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$) of winter wheat up to 10.2 kg/ha, malting barley on the background of $N_{60}P_{70}K_{90} + N_{30}$ – by 7,7 c/ha, and MikroStim-Boron, Cuprum on the background of $N_{120}P_{70}K_{130}$ yield of tubers of potato varieties Manifest – 3,5 t/ha, Vektar variety – 4,0 t/ha.

Поступила 10.11.2017

УДК 633.16:631.811:631.445.24

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н.В. Барбасов, И.Р. Вильдфлуш

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В комплексе факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции решающее значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами [1].

Одним из путей повышения эффективности минеральных удобрений является применение микроудобрений, что позволяет регулировать важнейшие жизненные процессы в растении, полнее реализовать потенциальные возможности сортов, заложенные биологией культуры и селекцией [2].

Известно, что микроэлементы принимают самое активное участие в процессах роста, развития и плодоношения растений. В растительном организме они могут стимулировать или угнетать процессы роста, развития и репродуктивные функции. Многие из них входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других биологически активных соединений осуществляющих функционирование растительного организма. Существенную роль они играют в повышении устойчивости