

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУКУРУЗЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СИЛОС НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**И. Р. Вильдфлуш<sup>1</sup>, С. С. Мосур<sup>1</sup>, Г. В. Пироговская<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Кукуруза (*Zea mays* L.) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире [1]. При возделывании кукурузы рекомендуется полное органоминеральное удобрение, которое обеспечивает максимальные показатели агроэкономической эффективности, а также сохранение и повышение почвенного плодородия [2–3]. Важнейшими качественными показателями зеленой массы кукурузы является содержание сырого белка и основных элементов питания [4, 5].

Кукуруза хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений, а для формирования высокого урожая необходима достаточная обеспеченность элементами питания.

Важнейшими качественными показателями зеленой массы кукурузы является содержание сырого белка и основных элементов питания [6].

Эффективность удобрений находится в сильной зависимости от климатических и погодных условий во время вегетации. В разные по увлажнению годы степень влияния удобрений на развитие и продуктивность растений кукурузы различна. Для получения стабильных высоких и качественных урожаев кукурузы необходимо теоретически и практически обосновать применение минеральных удобрений с учетом плодородия почв, климатических условий возделывания, биологических и генетических особенностей гибридов [7].

Установлено, что наиболее существенное влияние на увеличение площади листовой поверхности для максимальной фотосинтетической деятельности кукурузы и показатели качества зеленой массы оказывают азотные удобрения. Азот для растений является лимитирующим элементом. Потребность в нем растения испытывают с момента прорастания семян, образования корешка и ростка. Азот необходим растениям кукурузы на протяжении всего периода роста и особенно в моменты развития вегетативных и репродуктивных органов [8, 9].

Поглощение фосфора происходит более длительное время. Фосфорные удобрения, внесенные до посева кукурузы, способствуют мощному развитию корневой системы, более раннему образованию початков. Максимум потребления фосфора приходится на фазу молочной спелости, независимо от доз минеральных удобрений [10, 11].

Калий необходим для нормального течения всех важных физиологических процессов и непосредственно влияет на скорость роста и урожай культуры. Содержание экстрактивного калия в листьях заметно влияет на фотосинтез. Наибольшая эффективность калийных удобрений достигается при оптимальном соотношении их с азотными и фосфорными удобрениями [12].

Кукуруза хорошо отзывается на внесение микроэлементов, в частности цинка, бора и меди [13]. Цинк входит в состав ферментов, таких как карбоангидразы, которые катализируют расщепление угольной кислоты на воду и углекислый газ, принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, в обмене углеводов, липоидов, фосфора и серы, в синтезе аминокислот и хлорофилла [14, 15]. Бор содержится в растениях в незначительном количестве – 1 мг на 1 кг сухого вещества. При недостатке бора замедляется рост растений, отмирают точки роста побегов и корней, органы растений приобретают неправильную форму. Признаки недостатка этого микроэлемента у разных растений свои [15].

В последние годы в мировой практике все шире применяют под сельскохозяйственные культуры физиологически активные вещества, с помощью которых можно искусственно регулировать рост и развитие растения и, как следствие, повышать урожайность. Известно также, что стимуляторы роста повышают росторегулирующую активность, морозостойкость, засухоустойчивость, увеличивают полевую всхожесть семян; стимулируют иммунную систему растений; улучшают технологические показатели зерна. Регуляторы роста обладают широким спектром физиологического действия – ростовой, эстрогенной, мутагенной, антимуtagenной, фунгицидной и бактерицидной активностями [16, 17].

Цель исследований – изучить влияние органических и минеральных макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество кукурузы при возделывании на силос на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2019 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела в среднем кислую (2019 г.) и слабокислую (2018 г.) реакцию почвенной среды, низкую обеспеченность гумусом, среднюю обеспеченность подвижными формами меди и цинка, повышенное содержание подвижных форм фосфора, повышенное (2018 г.) и высокое (2019 г.) содержание подвижных форм калия (по методу Кирсанова) (табл. 1).

Таблица 1

### Агрохимические показатели почвы опытного участка (средние по всему опытному полю)

Год исследования	pH <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Гумус, %
		мг/ кг почвы				
2018	5,60	238	291	3,47	4,44	1,2–1,7
2019	5,24	217	316	2,57	4,00	1,2–1,7

Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний, трехлинейный. Тип зерна – промежуточный. Включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2012 г. Регистрационный номер – 2009262. Vegetационный период – 106–109 дней.

В опытах применяли удобрения:

– мочевины (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 %  $P_2O_5$ , 9 % N); хлористый калий (60 %  $K_2O$ ); комплексное удобрение для кукурузы, марка 15–12–19 с 0,2 % Zn и 0,1 % B, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси;

– органические удобрения – навоз КРС (влажность 78–79 %, органическое вещество – 21–22 %, N – 0,50–0,52 %,  $P_2O_5$  – 0,21–0,22 % и  $K_2O$  – 0,55–0,57 %);

– микроудобрения: Адоб-Цинк (6,2 % Zn, 9 % N и 3 % Mg); МикроСтим-Цинк (6–8 % Zn, 9–11 % N), МикроСтим-Медь (6–10 % N; 4,5–5,5 % Cu), МикроСтим-Цинк, Бор (4,6 % Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л);

– комплексное удобрение Кристалон (N – 18 %;  $P_2O_5$  – 18,0 %;  $K_2O$  – 18,0 %; MgO – 3 %;  $SO_3$  – 5 %; B – 0,025 %; Cu (ЭДТА) – 0,01 %; Fe (ЭДТА) – 0,07 %; Mn (ЭДТА) – 0,04 %; Mo – 0,004 %; Zn (ЭДТА) – 0,025 %.);

– регулятор роста растений Экосил – 5-процентная водная эмульсия тритерпеновых кислот.

Обработку растений кукурузы проводили в фазу 6–8 листьев регулятором роста растений Экосил (50 мл/га), микроудобрением Адоб-Цинк (1,5 л/га), комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим-Цинк (1,5 л/га) + МикроСтим-Медь (1 л/га), МикроСтим-Цинк, Бор (1,65 л/га), комплексным удобрением Кристалон (2 л/га).

Общая площадь делянки – 25,2 м<sup>2</sup>, учетная – 16,8 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная.

Опыт с кукурузой заложен по следующей схеме:

1. Контроль;
2.  $N_{60}P_{60}K_{90}$ ;
3.  $N_{90}P_{70}K_{120}$  (стандартные);
4.  $N_{90}P_{70}K_{120}$  (с Zn и B);
5.  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  – фон;
6.  $N_{120}P_{80}K_{130}$  +  $N_{30}$  + МикроСтим-Цинк (75 г/га Zn);
7. Фон + МикроСтим-Цинк (75 г/га Zn);
8. Фон + Адоб-Цинк (75 г/га Zn);
9. Фон + МикроСтим-Цинк, Медь (75 г/га Zn + 75 г/га Cu);
10. Фон + Кристалон;
11. Фон + Экосил;
12. Фон + МикроСтим-Цинк, Бор (75 г/га Zn + 50 г/га B);
13. Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ );
14. Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ ) + МикроСтим-Цинк (75 г/га Zn).

Посев кукурузы был произведен сеялкой точного высева СТВ–8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля.

Учет урожая зеленой массы кукурузы был проведен методом учетных площадок. Агротехника возделывания – общепринятая для Беларуси [18].

Химическую прополку кукурузы проводили после посева по всходам гербицидом Сулкотрек, КС (2 л/га).

В зеленой массе кукурузы определяли: содержание сырого протеина умножением общего азота, определенного индофенольным методом на фотоколориметре после мокрого озолоения по методу ЦИНАО (1976), на коэффициент пересчета на белок (6,25); сырую золу по ГОСТ 26226-95; сырой жир по ГОСТ 13496.2-91; сырую клетчатку по ГОСТ 13496.15-97.

Для определения площади листьев применялся метод промеров. Площадь измеренных листьев ( $S$ ) рассчитывают по формуле

$$S = D_{cp} \cdot Ш_{cp} \cdot 0,7 \cdot n, \quad (1)$$

где  $D_{cp}$  – средняя длина листьев, см;  $Ш_{cp}$  – средняя ширина листьев, см;  $n$  – число измеренных листьев [19].

Фотосинтетический потенциал – это величина, характеризующая возможность использования посевами сельскохозяйственных культур солнечной радиации для фотосинтеза в течение вегетации. Фотосинтетический потенциал определяется по формуле

$$\text{ФП} = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \cdot 1000} \cdot T, \quad (2)$$

где ФП – фотосинтетический потенциал за определяемый период развития растений, млн  $\text{м}^2 \cdot \text{сут}/\text{га}$ ;  $Л_1$  и  $Л_2$  – площадь листовой поверхности в определяемые стадии развития растений, тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ;  $T$  – длительность межфазного периода, дней; 1000 – коэффициент перевода [20].

Чистая продуктивность фотосинтеза – очень важный показатель, определяющий количество сухого вещества в граммах, накопленного 1  $\text{м}^2$  листовой поверхности за 1 сутки.

Чистая продуктивность фотосинтеза определяется по формуле 3:

$$\text{ЧПФ} = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 100}{0,5 \cdot (Л_1 + Л_2) \cdot T}, \quad (3)$$

где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза,  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ ;  $M_1$  и  $M_2$  – сухая биомасса растений в изучаемые стадии развития,  $\text{ц}/\text{га}$ ;  $Л_1$  и  $Л_2$  – площадь листовой поверхности в определяемые стадии развития растений, тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ; 100 – коэффициент перевода [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В фазе 3–4 листьев минимальная площадь листовой поверхности была у варианта без применения удобрений и в среднем составила 0,33 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$  (табл. 2).

Минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  способствовали возрастанию площади листовой поверхности по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 6–8 листьев на 0,30 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ , в фазе выметывания – на 3,50, в фазе молочно-восковой спелости – на 3,25 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ .

Вариант с применением комплексного удобрения (NPK) с Zn и B в дозе, эквивалентной варианту с применением  $N_{90}P_{70}K_{120}$ , увеличивал площадь листовой поверхности по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 6–8 листьев на 0,45 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ , в фазе выметывания – на 4,25 и в фазе молочно-восковой спелости – на 4,25 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ .

Таблица 2

Площадь листовой поверхности кукурузы при возделывании на зеленую массу (в среднем за 2018 и 2019 гг.)

Вариант	Площадь листовой поверхности														
	Фаза 3–4 листа				Фаза 6–8 листьев				Выметывание				Молочно-восковая спелость		
	Тыс. м <sup>2</sup> /га	+ к кон-тролю	+ к фону	+ к фону	Тыс. м <sup>2</sup> /га	+ к кон-тролю	+ к фону	+ к фону	Тыс. м <sup>2</sup> /га	+ к кон-тролю	+ к фону	+ к фону	Тыс. м <sup>2</sup> /га	+ к кон-тролю	+ к фону
Контроль	0,33	–	–	–	1,10	–	–	–	28,00	–	–	–	28,25	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,34	+0,01	–	–	1,45	+0,35	–	–	30,25	+2,25	–	–	30,50	2,25	–
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	0,34	+0,01	–	–	1,40	+0,30	–	–	31,50	+3,50	–	–	31,50	3,25	–
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и В)	0,34	+0,01	–	–	1,55	+0,45	–	–	32,25	+4,25	–	–	32,50	4,25	–
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	0,37	+0,04	–	–	1,50	+0,40	–	–	33,70	+5,70	–	–	34,00	5,75	–
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + Микро-Стим-Цинк	0,34	+0,01	–0,03	+0,20	1,70	+0,60	+0,20	+0,20	38,50	+10,50	+4,80	+4,80	39,25	11,00	+5,25
Фон + МикроСтим-Цинк	0,34	+0,01	–0,03	–0,05	1,45	+0,35	–0,05	–0,05	35,20	+7,20	+1,50	+1,50	35,50	7,25	+1,50
Фон + Адоб-Цинк	0,37	+0,04	0,00	–0,10	1,40	+0,30	–0,10	–0,10	35,75	+7,75	+2,05	+2,05	35,75	7,50	+1,75
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	0,34	+0,01	–0,03	–0,05	1,45	+0,35	–0,05	–0,05	37,25	+9,25	+3,55	+3,55	39,25	11,00	+5,25
Фон + Кристалон	0,34	+0,01	–0,03	+0,10	1,60	+0,50	+0,10	+0,10	39,50	+11,50	+5,80	+5,80	42,50	14,25	+8,50
Фон + Экосил	0,34	+0,01	–0,03	0,00	1,50	+0,40	0,00	0,00	35,75	+7,75	+2,05	+2,05	36,25	8,00	+2,25
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	0,34	+0,01	–0,03	–0,10	1,40	+0,30	–0,10	–0,10	35,75	+7,75	+2,05	+2,05	37,25	9,00	+3,25
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	0,36	+0,03	–0,01	–0,05	1,45	+0,35	–0,05	–0,05	40,00	+12,00	+12,00	+12,00	44,25	16,00	+10,25
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + Микро-Стим-Цинк	0,36	+0,03	–0,01	0,00	1,50	+0,40	0,00	0,00	41,45	+13,45	+13,45	+13,45	46,25	18,00	+12,25
НСР <sub>05</sub>	0,010	–	–	–	0,189	–	–	–	1,946	–	–	–	3,244	–	–

В фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  площадь листовой поверхности возрастала по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 3–4 листьев на 0,04 тыс м<sup>2</sup>/га, в фазе 6–8 листьев – на 0,40 тыс. м<sup>2</sup>/га, в фазе выметывания – на 5,75 и в фазе молочно-восковой спелости – на 5,75 тыс.м<sup>2</sup>/га.

Применение микроудобрения МикроСтим-Цинк в сочетании с минеральными удобрениями в дозе  $N_{120+30}P_{80}K_{130}$  способствовало максимальному увеличению площади листовой поверхности по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 6–8 листьев на 0,20 (1,70 тыс. м<sup>2</sup>/га), а в фазе выметывания – на 10,5 и в фазе молочно-восковой спелости – на 11 тыс. м<sup>2</sup>/га. Площадь листовой поверхности при некорневой подкормке МикроСтим-Цинк с  $N_{120}P_{80}K_{130}$  по сравнению с фоновым вариантом возрастала в фазе выметывания на 4,80 тыс. м<sup>2</sup>/га и в фазе молочно-восковой спелости – на 5,25 тыс м<sup>2</sup>/га.

В фазе выметывания максимальная площадь листьев кукурузы была в варианте с применением 60 т/га навоза в сочетании с  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  и составила 40,00 тыс. м<sup>2</sup>/га, в варианте с применением 60 т/га навоза в сочетании с  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  и некорневой подкормки МикроСтим-Цинк – 41,45 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Применение 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк и  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  увеличивало площадь листовой поверхности по сравнению с фоном в фазе молочно-восковой спелости на 12,25 тыс. м<sup>2</sup>/га. В этом варианте опыта была максимальная площадь листовой поверхности, что способствовало более интенсивной фотосинтетической деятельности посевов кукурузы и получению наибольшей урожайности зеленой массы.

Применение удобрений положительно влияло на фотосинтетическую деятельность посевов. Данные приведены в табл. 3.

В период от всходов до фазы 3–4 листьев разницы в показателях фотосинтетического потенциала между всеми применяемыми системами удобрений не установлено – 0,004 м<sup>2</sup>·сут/га (табл. 3).

В период «3–4 листа – 6–8 листьев» фотосинтетический потенциал в варианте с применением комплексного удобрения с Zn и B в дозе, эквивалентной варианту с применением  $N_{90}P_{70}K_{120}$ , был выше по сравнению с вариантом без применения удобрений на 0,024 млн м<sup>2</sup>·сут/га, в период «фаза 6–8 листьев – выметывание» – на 0,094 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 0,138 млн м<sup>2</sup>·сут/га.

Из всех применяемых в опытах микроудобрений (Адоб-Цинк, МикроСтим-Цинк, МикроСтим-Цинк, Бор, МикроСтим-Цинк, Медь) на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  наибольшее увеличение фотосинтетического потенциала отмечено при некорневой подкормке МикроСтим-Цинк, Медь, которое в период «3–4 листа – 6–8 листьев» составило 0,231 млн м<sup>2</sup>·сут /га, в период (фаза 6–8 листьев – выметывание) – 0,880 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – 1,442 млн м<sup>2</sup>·сут/га.

Применение комплексного удобрения Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  повышало фотосинтетический потенциал относительно фона в период «3–4 листа – 6–8 листьев» на 0,056 млн м<sup>2</sup>·сут/га, в период «6–8 листьев – выметывание» – на 0,200 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 0,402 млн м<sup>2</sup>·сут/га.

Таблица 3  
Фотосинтетический потенциал в зависимости от применяемых систем удобрения кукурузы (в среднем за 2018 и 2019 гг.)

Вариант	Фотосинтетический потенциал в период															
	всходы – 3–4 листа				3–4 листа – 6–8 листьев				6–8 листьев – выметывание				выметывание – молочноросковая спелость			
	м <sup>2</sup> -сут/га	± к конт-ролю	± к фону	м <sup>2</sup> -сут/га	± к конт-ролю	± к фону	м <sup>2</sup> -сут/га	± к конт-ролю	± к фону	м <sup>2</sup> -сут/га	± к конт-ролю	± к фону	м <sup>2</sup> -сут/га	± к конт-ролю	± к фону	
Контроль	0,004	–	–	0,173	–	–	0,668	–	–	–	–	1,022	–	–	–	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,004	0,000	–	0,182	+0,009	–	0,699	+0,031	–	–	–	1,086	+0,064	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	0,004	0,000	–	0,182	+0,009	–	0,718	+0,050	–	–	–	1,123	+0,101	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и B)	0,004	0,000	–	0,197	+0,024	–	0,762	+0,094	–	–	–	1,160	+0,138	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	0,004	0,000	–	0,204	+0,031	–	0,780	+0,112	–	–	–	1,202	+0,180	–	–	
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим-Цинк	0,004	0,000	0,000	0,254	+0,081	+0,050	0,955	+0,287	+0,175	+0,044	+0,156	1,438	+0,416	+0,236	–	
фон + МикроСтим-Цинк	0,004	0,000	0,000	0,217	+0,044	+0,013	0,824	+0,156	+0,044	+0,044	+0,156	1,262	+0,240	+0,060	–	
фон + Адоб-Цинк	0,004	0,000	0,000	0,217	+0,044	+0,013	0,830	+0,162	+0,050	+0,050	+0,162	1,266	+0,244	+0,064	–	
фон + МикроСтим-Цинк, Медь	0,004	0,000	0,000	0,231	+0,058	+0,027	0,880	+0,212	+0,100	+0,100	+0,212	1,442	+0,420	+0,240	–	
фон + Кристалон	0,004	0,000	0,000	0,260	+0,087	+0,056	0,980	+0,312	+0,200	+0,200	+0,312	1,604	+0,582	+0,402	–	
фон + Экосил	0,004	0,000	0,000	0,218	+0,045	+0,014	0,812	+0,144	+0,032	+0,032	+0,144	1,281	+0,259	+0,079	–	
фон + МикроСтим-Цинк, Бор	0,004	0,000	0,000	0,217	+0,044	+0,013	0,830	+0,162	+0,050	+0,050	+0,162	1,350	+0,328	+0,148	–	
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	0,004	0,000	0,000	0,267	+0,094	+0,063	0,999	+0,331	+0,219	+0,219	+0,331	1,674	+0,652	+0,472	–	
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим-Цинк	0,004	0,000	0,000	0,267	+0,094	+0,063	1,004	+0,336	+0,224	+0,224	+0,336	1,734	+0,712	+0,532	–	
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	0,0142	–	–	0,0378	–	–	–	–	0,0571	–	–	–	



Использование навоза 60 т/га на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  увеличивало фотосинтетический потенциал в период «3–4 листа – 6–8 листьев» на 0,063 млн  $m^2 \cdot сут/га$ , в период «6–8 листьев – выметывание» – на 0,219 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 0,472 млн  $m^2 \cdot сут/га$ .

Некорневая подкормка МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  в сочетании с применением 60 т/га навоза способствовала максимальному увеличению фотосинтетического потенциала: период «3–4 листа – 6–8 листьев» – на 0,063 млн  $m^2 \cdot сут/га$ , период «6–8 листьев – выметывание» – на 0,224, период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 0,532 млн  $m^2 \cdot сут/га$ .

Чистая продуктивность фотосинтеза в период от всходов до фазы 3–4 листьев была минимальной у варианта без применения удобрений и в среднем составила 1,52  $г/м^2 \cdot сут$ .

В опытах определяли и чистую продуктивность фотосинтеза. Она определялась по формуле 3. Применение удобрений способствовало увеличению данного показателя.

Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  увеличивало чистую продуктивность фотосинтеза по сравнению с вариантом без применения удобрений на 0,36  $г/м^2 \cdot сут$  (табл. 4).

Минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  способствовали возрастанию чистой продуктивности фотосинтеза по сравнению с вариантом без применения удобрений в период «всходы – фаза 3–4 листьев» – на 0,59  $г/м^2 \cdot сут$ , в период «6–8 листьев – выметывание» – на 1,24 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 1,32  $г/м^2 \cdot сут$ .

Чистая продуктивность фотосинтеза в варианте с применением комплексного удобрения с Zn и B в дозе, эквивалентной варианту с применением  $N_{90}P_{70}K_{120}$ , в период «всходы – фаза 3–4 листьев» составила 2,44  $г/м^2 \cdot сут$ , в период «3–4 листа – 6–8 листьев» – 4,41, в период «6–8 листьев – выметывание» – 7,45 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – 7,39  $г/м^2 \cdot сут$ .

В варианте с применением Адоб-Цинк на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась по сравнению с фоном в период «всходы – фаза 3–4 листьев» на 0,16  $г/м^2 \cdot сут$  и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 0,39  $г/м^2 \cdot сут$ .

Применение МикроСтим-Цинк, Медь на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  способствовало увеличению чистой продуктивности фотосинтеза в период «всходы – фаза 3–4-го листа» на 0,54  $г/м^2 \cdot сут$ , в период «6–8 листьев – выметывание» – на 0,67 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 1,44  $г/м^2 \cdot сут$ .

Существенного увеличения чистой продуктивности фотосинтеза достиг вариант с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ . Чистая продуктивность фотосинтеза в данном варианте была выше фонового варианта в период «всходы – 3–4 листа» на 0,57  $г/м^2 \cdot сут$ , в период (6–8 листьев – выметывание) – на 0,50 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 1,62  $г/м^2 \cdot сут$ .

Применение некорневой подкормки МикроСтим-Цинк, Бор на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  повышало чистую продуктивность фотосинтеза на 0,36  $г/м^2 \cdot сут$  в период «3–4 листа – 6–8 листьев».

Применение 60 т/га навоза на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  увеличивало чистую продуктивность фотосинтеза в период «всходы – 3–4 листа» на 0,53  $г/м^2 \cdot сут$ , в период «3–4 листа – 6–8 листьев» – на 0,81, в период «6–8 листьев – выметывание» – на 1,66 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 1,51  $г/м^2 \cdot сут$ .



Таблица 4  
Влияние удобрений и регуляторов роста на чистую продуктивность фотосинтеза кукурузы (в среднем за 2018 и 2019 гг.)

Вариант	Чистая продуктивность фотосинтеза в периоды															
	всходы –3–4 листа				3–4 листа – 6–8 листьев				6–8 листьев – выметывание				выметывание – молочнo-восковая спелость			
	г/ м <sup>2</sup> -сут	+ к кон-тролю	+ к фону		г/ м <sup>2</sup> -сут	+ к кон-тролю	+ к фону		г/ м <sup>2</sup> -сут	+ к кон-тролю	+ к фону		г/ м <sup>2</sup> -сут	+ к кон-тролю	+ к фону	
Контроль	1,52	–	–	3,98	–	–	–	5,95	–	–	–	5,71	–	–	–	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,88	+0,36	–	4,12	+0,16	–	–	6,78	+0,83	–	–	6,88	+1,17	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	2,11	+0,59	–	4,27	+0,31	–	–	7,19	+1,24	–	–	7,03	+1,32	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и B)	2,44	+0,92	–	4,41	+0,45	–	–	7,45	+1,50	–	–	7,39	+1,68	–	–	
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	2,40	+0,88	–	4,79	+0,83	–	–	7,70	+1,75	–	–	7,58	+1,87	–	–	
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим-Цинк	2,41	+0,89	+0,01	4,48	+0,52	–0,31	–	8,30	+2,35	+0,60	–	7,98	+2,27	+0,40	–	
Фон + МикроСтим-Цинк	2,48	+0,96	+0,08	4,71	+0,75	–0,08	–	7,83	+1,88	+0,13	–	7,47	+1,76	–0,11	–	
Фон + Адоб-Цинк	2,56	+1,04	+0,16	4,69	+0,73	–0,10	–	7,80	+1,85	+0,10	–	7,97	+2,26	+0,39	–	
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	2,94	+1,42	+0,54	4,65	+0,69	–0,14	–	8,37	+2,42	+0,67	–	9,02	+3,31	+1,44	–	
Фон + Кристалон	2,97	+1,45	+0,57	4,61	+0,65	–0,18	–	8,20	+2,25	+0,50	–	9,20	+3,49	+1,62	–	
Фон + Экосил	2,53	+1,01	+0,13	4,96	+1,00	+0,17	–	8,27	+2,32	+0,57	–	7,92	+2,21	+0,34	–	
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	2,29	+0,77	–0,11	5,15	+1,19	+0,36	–	7,95	+2,00	+0,25	–	7,80	+2,09	+0,22	–	
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	2,93	+1,41	+0,53	5,60	+1,64	+0,81	–	9,36	+3,41	+1,66	–	9,09	+3,38	+1,51	–	
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим-Цинк	2,57	+1,05	+0,17	5,59	+1,63	+0,80	–	10,27	+4,32	+2,57	–	9,96	+4,25	+2,38	–	
НСР <sub>05</sub>	0,05	–	–	0,178	–	–	–	0,435	–	–	–	0,285	–	–	–	

Максимальных значений по данному показателю достиг вариант с применением 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ , который увеличивал чистую продуктивность фотосинтеза по сравнению с фоном в период «всходы – 3–4 листа» – на 0,17 г/м<sup>2</sup>-сут, в период «3–4 листа – 6–8 листьев» – на 0,80, в период «6–8 листьев – выметывание» – на 2,57 и в период «выметывание – молочно-восковая спелость» – на 2,38 г/м<sup>2</sup>-сут.

Качество зеленой массы кукурузы зависит от содержания в ней основных макро- и микроэлементов, поэтому в опытах определяли содержание азота, фосфора, калия, меди, цинка в зеленой массе.

Минимальное содержание азота (1,25 %) в зеленой массе кукурузы было в контрольном варианте без применения удобрений (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние удобрений и регулятора роста на содержание макро- и микроэлементов в зеленой массе кукурузы (в среднем за 2018 и 2019 гг.)**

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn
	% сухого вещества			мг/кг	
Контроль	1,25	0,52	1,48	1,45	5,30
$N_{60}P_{60}K_{90}$	1,25	0,90	1,67	2,16	8,22
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	1,31	0,58	1,75	2,73	8,64
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с Zn и B)	1,49	0,79	1,66	1,84	9,48
$N_{90}P_{70}K_{120}$ + N <sub>30</sub> – ФОН	1,49	1,14	1,85	2,21	8,99
$N_{120}P_{80}K_{130}$ + N <sub>30</sub> + МикроСтим-Цинк	1,56	0,95	1,70	2,29	14,27
Фон + МикроСтим-Цинк	1,55	1,08	1,93	2,22	10,62
Фон + Адоб-Цинк	1,49	0,80	1,80	2,33	14,54
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	1,46	0,84	1,91	4,95	13,42
Фон + Кристалон	1,53	1,07	2,25	3,77	10,53
Фон + Экосил	1,56	0,89	1,90	2,35	11,07
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	1,52	0,86	1,91	2,75	13,01
Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N <sub>30</sub> )	2,04	0,97	1,91	2,72	11,00
Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим-Цинк	1,83	0,97	1,77	2,19	14,63
НСР <sub>05</sub>	0,282	0,196	0,160	0,635	2,681

Применение различных систем удобрения способствовало возрастанию содержания азота в зеленой массе кукурузы, причем максимальное значение (2,04 %) достигнуто в варианте с применением навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  + N<sub>30</sub>, что на 0,55 % больше фонового варианта. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  не повлияло на увеличение содержания азота в зеленой массе кукурузы. Это связано с тем, что высокая доза азота увеличивала урожайность зеленой массы в данном варианте с 313 ц/га (на контроле) до 373 ц/га (в варианте с применением  $N_{60}P_{60}K_{90}$ ). Происходило биологическое разбавление урожая. В результате чего сменилось содержание азота. Содержание азота в фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  + N<sub>30</sub> составило 1,49 %.

По содержанию фосфора в зеленой массе кукурузы минимальное значение (0,52 %), так же как и по содержанию азота, имел вариант без применения удобрений. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  (фон) увеличило количество  $P_2O_5$  до 1,14 %. Это объясняется тем, что в фоновом варианте урожайность зеленой массы была невысокой по сравнению с другими вариантами и фосфор больше накапливался в растении, нежели потреблялся для формирования высокого урожая. Урожайность зеленой массы составила 461 ц/га (табл. 6). В варианте с внесением нового комплексного удобрения с бором и цинком содержание фосфора в зеленой массе кукурузы выросло по сравнению с вариантом, где использовались в эквивалентной дозе минеральные удобрения ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ), на 0,21 %. Во всех остальных вариантах применения удобрений содержание фосфора было практически одинаковым.

По содержанию калия в зеленой массе кукурузы минимальное значение (1,48 %) имел вариант без применения удобрений. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  увеличивало содержание  $K_2O$  в зеленой массе по сравнению с контрольным вариантом на 0,27 %.

В зеленой массе фоновом варианте содержалось 1,85 % калия. Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон в дозе 2 л/га в фазе 6–8 листьев на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  привело к максимальному увеличению (на 0,40 %) содержания калия в зеленой массе до 2,25 %.

Содержание меди в зеленой массе в варианте без применения удобрений составило 1,45 мг/кг. В варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  оно было выше по сравнению с неудобренным контрольным вариантом на 1,28 мг/кг. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  способствовало увеличению содержания меди в зеленой массе до 2,21 мг/кг. Некорневая подкормка МикроСтим-Цинк, Медь на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  способствовала максимальному повышению меди на 2,74–4,95 мг/кг относительно фоновом варианте. Некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  увеличивала содержание меди в зеленой массе на 1,56 мг/кг.

Наименьшее содержание цинка в зеленой массе кукурузы (5,30 мг/кг) было в варианте без применения удобрений. Использование нового комплексного удобрения с В и Zn в дозе, эквивалентной варианту с применением  $N_{90}P_{70}K_{120}$ , способствовало увеличению содержания цинка в зеленой массе до 9,48 мг/кг, по сравнению с вариантом без применения удобрений.

В фоновом варианте ( $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) содержание цинка в зеленой массе составило 8,99 мг/кг, Некорневая подкормка микроудобрением Адоб-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  способствовала накоплению цинка на 5,5 мг/кг по сравнению с фоном. Некорневые подкормки МикроСтим-Цинк, Медь +  $N_{30}$  и МикроСтим-Цинк, Бор на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  повышали содержание цинка в зеленой массе кукурузы на 4,43 и 4,02 мг/кг соответственно.

Максимальное содержание цинка в зеленой массе кукурузы (14,63 мг/кг) было в варианте с применением навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ .

В табл. 6 приведены данные об урожайности зеленой массы кукурузы в зависимости от применяемых удобрений. Также определялась окупаемость 1 кг NPK килограммами зеленой массы, и такие показатели ее качества, как сырой протеин, сырая зола, сырой жир и сырая клетчатка.

Применение  $N_{60}P_{60}K_{90}$  повышало урожайность зеленой массы на 60 ц/га, а  $N_{90}P_{70}K_{120}$  – на 95 ц/га по сравнению с контрольным вариантом. Некорневая подкормка МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  увеличивала урожайность зеленой массы на 61 ц/га по сравнению с фоном (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зеленой массы кукурузы (в среднем за 2018 и 2019 гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы	Сырой протеин, %	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %
		к контролю	к фону					
Контроль	313	–	–	–	7,84	6,55	1,29	23,36
$N_{60}P_{60}K_{90}$	373	60	–	29	7,85	5,83	0,96	22,85
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	408	95	–	34	8,18	5,50	1,29	22,46
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с Зп и В)	438	125	–	45	9,32	5,45	1,42	22,20
$N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ – фон	461	148	–	53	9,34	6,46	1,49	21,70
$N_{120}P_{80}K_{130}$ + $N_{30}$ + МикроСтим-Цинк	630	317	169	96	9,74	6,49	1,43	21,71
Фон + МикроСтим-Цинк	522	209	61	75	9,72	6,08	1,17	23,62
Фон + Адоб-Цинк	541	228	80	81	9,35	6,04	1,28	22,98
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	592	279	131	100	9,16	5,04	1,32	22,90
Фон + Кристалон	624	311	163	111	9,59	6,53	0,98	22,54
Фон + Экосил	498	185	37	66	9,77	5,96	1,35	21,81
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	576	263	115	94	9,54	6,22	1,28	22,72
Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ )	691	378	230	–	12,79	6,16	1,26	20,92
Навоз 60 т/га + фон ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ ) + МикроСтим-Цинк	746	433	285	–	11,46	4,99	1,43	21,16
$НСР_{05}$	18,3	–	–	–	1,485	1,032	0,535	1,678

Новое специализированное комплексное удобрение для кукурузы с цинком и бором по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ) мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия увеличивало урожайность зеленой массы кукурузы на 30 ц/га.

На фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  некорневые подкормки Адоб-Цинк (Польша), МикроСтим-Цинк, МикроСтим-Цинк, Медь и МикроСтим-Цинк, Бор (Беларусь) повышали урожайность зеленой массы кукурузы на 80, 61, 131 и 115 ц/га по сравнению с фоновым вариантом при окупаемости 1 кг NPK 1 кг зеленой массы – 81, 75, 100 и 94 кг соответственно.

Подкормка комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды) на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  увеличивала урожайность зеленой массы на 163 ц/га по сравне-

нию с фоном при высокой окупаемости 1 кг NPK 1 кг зеленой массы кукурузы (111 кг). Более высокая урожайность зеленой массы кукурузы при минеральной системе удобрений была в варианте с применением МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{120+30}P_{80}K_{130}$ , она составила 630 ц/га. Обработка посевов кукурузы регулятором роста Экосил на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  повышала урожайность зеленой массы на 37 ц/га по сравнению с фоном. Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечивало самую высокую урожайность зеленой массы. При внесении 60 т навоза +  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  и 60 т/га навоза +  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  + МикроСтим-Цинк урожайность зеленой массы составила 691 и 746 ц/га, что более чем в 1,5 раза выше по сравнению с фоном и в 2,2–2,4 раза выше, чем на контроле.

Минимальное содержание сырой золы в зеленой массе кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  – 6,08 %. В варианте без применения удобрений оно составило 6,55 %.

Применение минеральных макро- и микроудобрений, регуляторов роста и органических удобрений не способствовали увеличению содержания сырой золы по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

По содержанию сырого жира наименьшее значение было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  (0,96 %). В удобренном контрольном варианте содержание сырого жира существенно не отличалось от всех других применяемых систем удобрения в опыте и составило 1,29 %.

Наименьшее содержание сырой клетчатки в зеленой массе кукурузы отмечено в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  и составило 20,92 %, Максимальные значения были у вариантов без применения удобрений, при некорневой подкормке микроудобрением Адоб-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ , МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ , содержание клетчатки составляло 22,98 – 23,62 %.

Содержание сырого протеина в варианте без применения удобрений было минимальным и составило 7,84 %. В фоновом варианте ( $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ ) оно было на 1,78 % выше по сравнению с контрольным вариантом и составило 9,71 %.

Максимальное содержание сырого протеина в зеленой массе кукурузы было в вариантах с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  и составило 12,79 и 11,46 % соответственно, все остальные применяемые системы удобрения отличались от фонового варианта незначительно.

## ВЫВОДЫ

1. Применение макро-, микроудобрений и регулятора роста растений Экосил существенно увеличивало фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность зеленой массы кукурузы. Максимальное увеличение площади листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости (46,25 тыс. м<sup>2</sup>/га), фотосинтетического потенциала в период «выметывание – молочно-восковая спелость» (1,734 млн м<sup>2</sup>.сутки/га) и чистой продуктивности фотосинтеза в период «выметывание – молочно-восковая спелость» (9,96 г/м<sup>2</sup> сутки) отмечены в варианте навоз 60 т/га +  $N_{90}P_{70}K_{120}$  + МикроСтим-Цинк.

2. Применение нового специализированного комплексного удобрения – NPK с Zn (0,20 %) и В (0,10 %) для кукурузы увеличивало урожайность зеленой массы на 30 ц/га по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ) мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

3. Наибольшая урожайность зеленой массы (691 и 746 ц/га), содержание сырого протеина (12,79 и 11,46 %) было в вариантах с органоминеральной системой удобрения.

4. Максимальное содержание сырого протеина в зеленой массе кукурузы было в вариантах с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 12,79 и 11,46 % соответственно. Максимальное содержание сырой золы в зеленой массе кукурузы в варианте без применения удобрений составило 6,55 %. Максимальное содержание сырого жира (1,43 %) было в вариантах с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и применением некорневой подкормки МикроСтим-Цинк в сочетании с  $N_{120+30}P_{80}K_{130}$ .

5. Применение некорневой подкормки МикроСтим-Цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  способствовало максимальному накоплению сырой клетчатки в зеленой массе кукурузы до 23,62 %.

6. Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон в дозе 2 л/га в фазе 6–8 листьев на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  привело к максимальному увеличению (на 0,40 %) содержания калия в зеленой массе до 2,25 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод. рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 72 с.

2. Босак В. Н. Влияние удобрений на продуктивность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистых рыхлосупесчаной и легкосуглинистой почвах / В. Н. Босак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 142–150.

3. Урожай зерна кукурузы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах в зависимости от применения минеральных и органических удобрений / В. Н. Босак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 2. – С. 67–68.

4. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.

5. Дроздова, В. В. Влияние различных видов минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы на зерно / В. В. Дроздова, И. Н. Захарченко // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – Вып. 13 – 86 с.

6. Дроздова, В. В. Влияние различных видов минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы на зерно / В. В. Дроздова, И. Н. Захарченко // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – Вып. 13. – С. 86.

7. Багринцева, В. Н. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы / В. Н. Багринцева, Г. Н. Сухоярская // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 4. – С. 12–14.

8. Дудук, А. А. Научные исследования в агрономии: учеб. пособие / А. А. Дудук, П. И. Мозоль. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 336 с.



9. *Кидин, В. В.* Агрохимия: учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М.: Проспект, 2016. – 603 с.

10. *Еремин, Д. И.* Фосфорный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д. И. Еремин, Е. А. Демин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 5 (65). – С. 86–91.

11. *Лапа, В. В.* Динамика формирования биомассы кукурузы в зависимости от применения азотных, цинковых и магниевых удобрений / В. В. Лапа, В. Г. Смольский // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2003. – Ч. 2. – С. 188–192.

12. *Емельянов, И. Е.* Производство кукурузы / И. Е. Емельянов. – М.: Изд-во иностранной литературы. – 1954. – 231 с.

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

14. *Власюк, П. А.* Значение цинка в регулировании ростовых процессов у растений / П. А. Власюк // Микроэлементы в обмене веществ растений. – Киев, 1976. – С. 126–150.

15. *Скок, Дж.* Функция бора в растительной клетке / Дж. Скок // Микроэлементы. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. – 512 с.

16. *Саскевич, П. А.* Применение биостимуляторов роста новосил, 10 % в. э. и экосил, 5 % в. э. в посевах сельскохозяйственных культур Беларуси: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 28 с.

17. *Холодок, П. Г.* Экосил новый экологобезопасный регулятор роста природного происхождения / П. Г. Холодок // Белорус. сел. хоз-во. – 2008. – № 2. – С. 49–50.

18. 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.

19. Физиология и биохимия растений: метод. указания / Н. П. Решецкий [и др.]. – Горки, 2000. – 144 с.

20. Влияние минерального питания на показатели фотосинтетической активности хлорофилла кукурузы / С. К. Мингалев [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 10(128). – С. 25–27.

## **INFLUENCE OF ORGANIC, MACRO, MICROFERTILIZERS AND GROWTH REGULATOR ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS, YIELD AND QUALITY OF CORN WHILE CULTIVATED FOR SILOS ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

**I. R. Wildflush, S. S. Mosur, G. V. Pirahouskaya**

### **Summary**

Corn is the main silage crop in the agriculture of the Republic of Belarus. The main technique aimed at achieving this goal is the use of mineral and organic fertilizers. To form high yields, corn plants require a significant amount of nutrients throughout the growing season. Thus, these studies are relevant. The use of fertilizers significantly



influenced the increase in the yield of green mass of corn, and the content of necessary macro- and micro-elements in it. Promoted a positive photosynthetic activity of crops. The improvement of all these indicators is affected not only by the correctly selected doses of organic and macronutrient fertilizers, but also by micronutrient fertilizers and growth regulators. The best fertilizer system to obtain a high and high-quality corn silage crop during the experiments was organomineral with foliar top dressing with zinc-containing micronutrient fertilizers.

Поступила 20.04.2020

УДК 631.46:633.1:631.445.24

## **ВЛИЯНИЕ МОНО- И БИНАРНЫХ ИНОКУЛЯНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ**

**Н. А. Михайловская<sup>1</sup>, Д. В. Войтка<sup>2</sup>, Н. Н. Цыбулько<sup>1</sup>, А. М. Устинова<sup>1</sup>,  
Т. Б. Барашенко<sup>1</sup>, С. В. Дюсова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Институт защиты растений,  
аг. Прилуки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

При возделывании в эрозионных ландшафтах зерновые культуры испытывают стресс, связанный с неудовлетворительными свойствами почв из-за потерь элементов минерального питания, органического вещества и ассоциированных с ним микробной биомассы и экстрацеллюлярных почвенных ферментов [1–3]. Микробные инокулянты с широким спектром приспособительных свойств могут обеспечить полифункциональное положительное действие на растения, способствуя их адаптации на эродированных почвах [4, 5].

К перспективным инокулянтам относятся ростостимулирующие ризобактерии, среди которых наибольший интерес представляют азотфиксирующие бактерии *Azospirillum* spp. По современным представлениям их положительное действие на растение обусловлено сочетанием многих факторов: гормональный эффект [6, 7], эффективное использования элементов питания из атмосферы, почвы и удобрений [6–9], мобилизация труднорастворимых фосфатов [8], влияние на иммунитет растений и ряд других [6]. Существенным преимуществом *Azospirillum* spp. считается их высокая подвижность как фактор успешной колонизации корней растений [10].

Большой интерес представляет микробная мобилизация калия из труднодоступных почвенных форм. Запасы валового калия в дерново-подзолистых почвах