

T.V. Shaykova, Ph.D., M.V. Dyatlova, Ph.D., E.S. Volkova,
Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia,
info.psk@fncl.ru, t.shaykova.psk@fncl.ru

Two years of research have studied the role of complex fertilizers and ways of their introduction to the productivity of winter rye feed. The positive effect of pre-planting seed processing of winter rye with Micromac fertilizer has been established. The extra-root two-fold insertion of vegetative plants into the phases of the kusing and the tube of certain concentrations of fertiliser solutions Kodima R, Kodafol, Microel, Strada N on two mineral food backgrounds had a positive effect to varying degrees on the release of feed mass in the phases of development and the overall productivity of winter rye.

Keywords: winter rye, grain, straw, general productivity, mineral fertilizers, new complex fertilizers, ways to make.

УДК 633.15:631.86:631.559

DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.04

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ

И.Р. Вильдфлуш, д.с.-х.н., А.Р. Цыганов ак. НАН Беларуси, С.С. Мосур, УО БГСХА
ул. Мичурина 5, Горки 213407; тел. (+37525)7076688, e-mail: sergey.smith.93@mail.ru

Применение макро-, микроудобрений и регулятора роста Экосил повышало фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность зелёной массы кукурузы. При минеральной системе удобрения более высокая урожайность зелёной массы кукурузы (636 и 639 ц/га) была при некорневой подкормке МикроСтим Zn на фоне $N_{120+30}P_{70}K_{120}$ и Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$. Наибольших значений площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза и урожайность зелёной массы кукурузы (737 ц/га) отмечены при сочетании 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим Zn.

Ключевые слова: кукуруза, удобрение, урожайность, площадь листьев, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал.

Для цитирования: Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Мосур С.С. Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы// Плодородие. – 2022. – №2. – С. 16-18. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.04.

Кукуруза – универсальная культура, широко используется на различные цели: кормовые, технические и пищевые [1–3]. В Беларуси кукуруза традиционно возделывается как силосная культура.

Посевам кукурузы необходимо меньше ресурсов для создания каждой тонны урожая, так как в растениях кукурузы фотосинтез осуществляется по более эффективному C_4 -пути, по сравнению с культурами, фотосинтез в которых проходит по C_3 -пути [1, 4].

Листья кукуруза способны фиксировать CO_2 не только в реакциях цикла Кальвина, но и другим путем, в ходе которого появляются C_4 -кислоты – шавелевоуксусная (оксалоацетат), яблочная (малат) и аспарагиновая (аспартат). Такой способ связывания углекислоты получил название C_4 -пути фотосинтеза (цикл Хэтча-Слэка) [5].

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

Методика. Исследования проводили на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018 – 2020 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела слабокислую реакцию, среднюю обеспеченность гумусом, подвижными формами меди и цинка, повышенное содержание подвижных форм фосфора, повышенное и высокое содержание подвижных форм калия (по методу Кирсанова) (табл. 1).

1. Агрохимические показатели почвы опытного участка

Год исследо- вания	pH _{KCl}	1.4. Ресурсы кормовых добавок по питательным веществам				Гумус, %
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	
		мг/ кг почвы				
2018	5,60	238	291	3,47	4,44	1,51
2019	5,24	217	316	2,57	4,00	1,54
2020	5,83	234	328	1,52	3,91	1,60

Объект исследований – гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний. Включён в Государственный реестр сортов Беларуси в 2012 г.

В опытах применяли: мочевины (46 % N), аммонизированный суперфосфат (30 % P₂O₅, 9 % N), хлористый калий (60 % K₂O), 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, P₂O₅ – 0,21–0,22 и K₂O – 0,55–0,57 %), микроудобрения Адоб-Zn (Польша) (6,2 % Zn, 9 N и 3 % Mg), МикроСтим-Zn (6–8 % Zn, 9–11 % N), МикроСтим-Cu (6–10 % N, 4,5–5,5 % Cu), МикроСтим-Zn,B (4,6 % Zn, 9,3 N, 3,0 % B, гуми-

новые вещества – 0,48–6,0 г/л); комплексное удобрение Кристалон (Нидерланды) (N – 18%, P₂O₅ – 18,0, K₂O – 18,0, MgO – 3, SO₃ – 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 %–ная водная эмульсия тритерпеновых кислот.

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

Общая площадь делянки 25,2 м², учётная – 16,8 м². Повторность – четырёхкратная. Схема опытов приведена в таблице 2. Посев кукурузы проведен сеялкой точного высева СТВ-8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля, в 2020 г. – 5 мая. Агротехника общепринятая для Республики Беларусь, фотосинтетическая деятельность посевов определялась по общепринятой методике [6, 7].

Результаты и их обсуждение. В вариантах с применением МикроСтим-Zn на фоне N₁₂₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и Кристалон на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ была самая большая площадь листовой поверхности в фазе молочно-восковой спелости среди вариантов с минеральной системой удобрения и составила 39,25 и 42,50 тыс м²/га соответственно (табл. 2).

2. Площадь листовой поверхности кукурузы при возделывании на зелёную массу (в среднем за 2018–2020 г.), тыс. м²/га

Вариант	Фаза 3–4 листа	Фаза 6–8 листьев	Вымётывание	Молочно-восковая спелость
1. Контроль (б/у)	0,3	1,10	28,00	28,25
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,3	1,45	30,25	30,50
3. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (стандартные)	0,3	1,40	31,50	31,50
4. Комплекс. АФК удобр. с Zn и B (по NPK экв. вар. № 3)	0,3	1,55	32,25	32,50
5. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ – Фон	0,3	1,50	33,70	34,00
6. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + N ₃₀ + МикроСтим-Zn	0,3	1,70	38,50	39,25
7. Фон + МикроСтим-Zn	0,3	1,45	35,20	35,50
8. Фон + Адоб-Zn	0,3	1,40	35,75	35,75
9. Фон + МикроСтим-Zn,Cu	0,3	1,45	37,25	39,25
10. Фон + Кристалон	0,3	1,60	39,50	42,50
11. Фон + Экосил	0,3	1,50	35,75	36,25
12. Фон + МикроСтим-ZnB	0,3	1,40	35,75	37,25
13. Навоз, 60 т/га + фон (N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀)	0,3	1,45	40,00	44,25
14. Навоз, 60 т/га + фон (N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀) + МикроСтим-Zn	0,3	1,50	41,45	46,25
HCP ₀₅	0,015	0,189	1,946	3,244

Вариант с применением Адоб Zn на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ увеличивал площадь листовой поверхности в фазе вымётывания на 2,4 тыс м²/га, а комплексное удобрение Кристалон – на 5,9 и в фазе молочно-восковой спелости – на 7,8 тыс м²/га.

Внесение 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим – цинком на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ увеличивало площадь листовой поверхности в фазе вымётывания на 7,5 и в фазе молочно-восковой спелости на 10,6 тыс м²/га. В этом варианте в фазе молочно-восковой спелости была максимальная площадь листовой поверхности.

Из всех применяемых в опытах микроудобрений (Адоб-Zn, МикроСтим-Zn, МикроСтим-ZnB, МикроСтим-Zn,Cu) на фоне N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ наибольшее увеличение фотосинтетического потенциала отмечено при некорневой подкормке МикроСтим-Zn,Cu. В периоды 3–4 листа – 6–8 листьев оно составило 0,201 млн (м².сут)/га, 6–8 листьев – вымётывание – 0,891 и вымётывание – молочно-восковая спелость – 1,360 млн (м².сут)/га.

Применение комплексного удобрения Кристалон на фоне N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ повышало фотосинтетический потенциал в периоды 3–4 листа – 6–8 листьев на 0,051 млн (м².сут)/га, 6–8 листьев – вымётывание – на 0,190 и вымётывание – молочно-восковая спелость – на 0,337 млн (м².сут)/га.

Использование 60 т/га навоза на фоне N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ увеличивало фотосинтетический потенциал в периоды 3–4 листа – 6–8 листьев на 0,057 млн (м².сут)/га, 6–8 листьев – вымётывание – на 0,252 и вымётывание – молочно-восковая спелость – на 0,389 млн (м².сут)/га.

Некорневая подкормка МикроСтим-Zn на фоне N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ в сочетании с применением 60 т/га навоза способствовала максимальному увеличению фотосинтетического потенциала в периоды 3–4 листа – 6–8 листьев на 0,059 млн (м².сут)/га, 6–8 листьев – вымётывание – на 0,258 и вымётывание – молочно-восковая спелость – на 0,434 млн (м².сут)/га.

В варианте с применением Адоб-Zn на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ чистая продуктивность фотосинтеза увеличилась по сравнению с фоном в период вымётывание – молочно-восковая спелость на 0,62 г/(м².сут) (табл. 3).

Применение МикроСтим-Zn,Cu на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ способствовало увеличению чистой продуктивности фотосинтеза в периоды всходы – фаза 3–4 листа на 0,32 г/(м².сут), 6–8 листьев – вымётывание – на 0,71 и вымётывание – молочно-восковая спелость – на 1,37 г/(м².сут).

Применение 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Zn на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ увеличивало чистую продуктивность фотосинтеза в периоды всходы – 3–4 листа на 0,19 г/(м².сут), 3–4 листа – 6–8 листьев – на 0,41, 6–8 листьев – вымётывание – на 2,79 и вымётывание – молочно-восковая спелость – на 2,11 г/(м².сут). В этом варианте были наибольшие площадь листовой поверхности, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал и урожайность зелёной массы кукурузы.

Применение N₆₀P₆₀K₉₀ повышало урожайность зелёной массы на 76 ц/га, а N₉₀P₇₀K₁₂₀ – на 112 ц/га по сравнению с контрольным вариантом.

3. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза в зависимости от систем удобрения кукурузы (в среднем за 2018 – 2020 г.)

№ вариан-та	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ
	всходы – 3–4 листа		3–4 листа – 6–8 листьев		6–8 листьев – вымётывание		вымётывание – молочно-восковая спелость	
1	0,004	2,14	0,139	3,20	0,636	5,47	0,975	4,59
2	0,004	2,31	0,152	3,40	0,691	6,05	1,048	5,31
3	0,004	2,34	0,154	3,51	0,716	6,61	1,081	5,75
4	0,004	2,59	0,167	3,50	0,751	6,70	1,114	6,00
5	0,004	2,61	0,173	3,76	0,781	7,09	1,156	6,28
6	0,004	2,62	0,217	3,45	0,931	7,49	1,362	6,96
7	0,004	2,69	0,186	3,67	0,836	7,39	1,209	6,46
8	0,004	2,59	0,188	3,65	0,850	7,26	1,223	6,90
9	0,004	2,93	0,201	3,58	0,891	7,80	1,360	7,65
10	0,004	3,04	0,224	3,53	0,971	7,98	1,493	7,75
11	0,004	2,74	0,186	3,83	0,874	7,75	1,233	6,98
12	0,004	2,72	0,188	3,98	0,871	7,71	1,290	6,95
13	0,004	2,98	0,230	4,19	1,033	9,02	1,545	7,53
14	0,004	2,80	0,232	4,17	1,039	9,88	1,590	8,39
НСР ₀₅	–	0,040	0,0142	0,144	0,0306	0,352	0,0462	0,231

Примечание. ФП – фотосинтетический потенциал, млн (м²·сут)/га, ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/(м²·сут).

4. Влияние удобрений и регулятора роста на урожайность зеленой массы кукурузы

№ вари- анта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га		Окупае- мость 1 кг NPK, кг зел. массы
					к кон- тро- лю	к фону	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Сред- нее			
1	260	365	385	336	–	–	–
2	314	432	490	412	76	–	36,1
3	357	459	530	448	112	–	40,0
4	384	491	560	478	142	–	50,7
5	410	511	595	505	169	–	60,3
6	530	729	650	636	300	131	90,9
7	480	564	610	551	215	46	76,8
8	488	594	615	565	229	60	81,7
9	505	678	630	604	268	99	95,7
10	518	729	672	639	303	134	108,2
11	458	538	625	540	204	35	72,8
12	495	656	625	592	256	87	91,4
13	626	756	710	697	361	192	–
14	696	796	720	737	401	232	–
НСР ₀₅	24.0	27.5	21.1	21	–	–	–

Комплексное АФК удобрение для кукурузы с цинком и бором по сравнению с внесением в эквивалентной дозе (N₉₀P₇₀K₁₂₀) мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия увеличивало урожайность зеленой массы кукурузы на 30 ц/га (табл.4).

Некорневые подкормки на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ Адоб-Зн, МикроСтим-Зн, МикроСтим-Зн, Cu и МикроСтим-Зн, В, комплексным удобрением Кристалон повышали урожайность зеленой массы кукурузы на 60; 46; 99; 87 и 134 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 1 кг зеленой массы 81; 76; 95; 91 и 108 кг соответственно.

Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечивало самую высокую урожайность зеленой массы. При внесении 60 т/га навоза + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и 60 т/га навоза + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + МикроСтим-Зн урожайность зеленой массы составила, соответственно, 697 и 737 ц/га.

Выводы. Применение органических макро-, микроудобрений и регулятора роста Экосил повышало фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность зелёной массы кукурузы. При минеральной системе удобрения более высокая урожайность зелёной массы кукурузы (636 и 639 ц/га) была при некорневой подкормке МикроСтим Zn на фоне N₁₂₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и Кристаллоном на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀. Наибольших значений площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза и урожайность зелёной массы кукурузы (737 ц/га) достигли в варианте 60 т/га навоза + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + МикроСтим Zn.

Литература

1. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
2. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар и [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Smith, C.W. Corn: Origin, History, Technology and Production / C.W. Smith, J. Betran, E.C. Rung. – John Wiley and Sons, 2004. – 949 p.
4. Мартиросян, В.В. Основные характеристик крахмалов и экстрактов перспективных гибридов кукурузы / В. В. Мартиросян [и др.] // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2013. – № 1 – С. 23-26.
5. Медведев, С.С. Физиология растений: учебник / С.С. Медведев. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – С. 57-61.
6. Федоров, Н.И. Фотосинтез и урожай растений: учебное пособие для студентов агроном. специальностей/ Н.И. Федоров. - Саратов: Саратовский с.-х. ин-т им. Н.И. Вавилова, 1987. – 96 с.
7. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений: учебное пособие для вузов/ Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

INFLUENCE OF ORGANIC, MACRO -, MICROFERTILIZERS AND GROWTH REGULATOR ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS AND CORN PRODUCTIVITY

*I. R. Wildflush, Professor of the Department of Agrochemistry, Doctor of Agricultural Sciences, UE BSSA;
A. R. Tsyganov First Vice-Rector of BNTU, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus,
Doctor of Agricultural Sciences, Minsk;*

*S. S. Mosur, Assistant of the Department of Plant Protection of the Belarusian State Agricultural Academy Michurina str. 5, Gorki
213407; tel. (+37525)7076688, e-mail: sergey.smith.93@mail.ru*

The use of macro -, micro-fertilizers and the growth regulator Ecosil increased the photosynthetic activity of crops and the yield of green mass of corn. With the mineral fertilizer system, the higher yield of the green mass of corn (636 and 639 c/ha) was obtained with non-root fertilization of MicroStim Zn against the background of N₁₂₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ and Crystallon against the background of N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀. The greatest values of the leaf surface area, photo-synthetic potential, net photosynthetic productivity, and the green mass yield of corn (737 c / ha) were observed with a combination of 60 t / ha of manure + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + MicroStim Zn.