

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ДИНАМИКУ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЕЁ НА ЗЕРНО

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, С. С. МОСУР

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 24.02.2020)

Кукуруза (*Zea mays L.*) – ценное пищевое и техническое растение, почти все части которого используются в различных отраслях промышленности. Это одна из ведущих зерновых культур мирового земледелия. В развитии кормовой базы ей принадлежит важная роль как высокопродуктивному растению.

В статье приведены исследования по влиянию органических и минеральных макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста на урожайность зерна кукурузы, динамику роста и содержание сухого вещества при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В настоящее время производство растениеводческой продукции не представляется возможным без использования минеральных удобрений и стимуляторов роста, что в настоящее время является наиболее перспективным приемом повышения урожайности и качества растениеводческой продукции. Кукуруза хорошо отзывается на удобрения. Для формирования высокого урожая необходима достаточная обеспеченность элементами питания. В современных технологиях возделывания кукурузы используются также различные средства, содержащие вещества, активизирующие рост. Они способствуют повышению всхожести и энергии прорастания семян, усиливают ростовые процессы культуры, ускоряют развитие растений, повышают урожайность.

Применение специализированных комплексных удобрений для кукурузы позволит за один проход техники внести весь необходимый комплекс питательных элементов, уменьшит неравномерность внесения удобрений. Дополнение допосевного внесения опрыскиванием посевов комплексными препаратами, содержащими микроэлементы и регуляторы роста, позволит повысить стрессоустойчивость растений к неблагоприятным метеорологическим условиям, а использование комплексных удобрений и комплексных препаратов позволит разработать ресурсоэкономную систему удобрения, позволяющую снизить затраты на применение средств химизации.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, зерно, удобрение, микроудобрение, окупаемость удобрений, регулятор роста.

*Corn (*Zea mays L.*) is a valuable food and technical plant, almost all parts of which are used in various industries. This is one of the leading grain crops in world agriculture. In the development of food supply, it plays an important role as a highly productive plant.*

The article presents studies on the influence of organic and mineral macro-, micro-, and complex fertilizers and a growth regulator on the grain yield, growth dynamics and dry matter content of corn cultivated on sod-podzolic light loamy soil. Currently, the production of crop products is not possible without the use of mineral fertilizers and growth stimulants, which is currently the most promising method of increasing the yield and quality of crop products. Corn responds well to fertilizers. To form a high yield, sufficient supply of nutrients is required. Modern corn cultivation technologies also use various products containing substances that stimulate growth. They help to increase the germination and energy of seed germination, enhance the growth processes of the crop, accelerate the development of plants, increase productivity.

The use of specialized complex fertilizers for corn will make it possible to introduce the entire necessary complex of nutrients in one pass of the equipment, and reduce the unevenness of fertilizer application. The addition of pre-sowing spraying of crops with complex preparations containing microelements and growth regulators will increase the stress resistance of plants to adverse weather conditions, and the use of complex fertilizers and complex preparations will allow developing a resource-saving fertilizer system that can reduce the cost of using chemicals.

Key words: corn, productivity, grain, fertilizer, microfertilizer, payback of fertilizers, growth regulator.

Введение

Кукуруза (*Zea mays L.*) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Она уникальна высокой потенциальной урожайностью и универсальностью использования. Возделывание кукурузы на зерно, как в нашей стране, так и в мировом земледелии, в последние годы стало важнейшей задачей сельского хозяйства ([1, с 49], [2, с 72]).

Оптимизация питания растений и повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Важным фактором повышения урожайности кукурузы является оптимизация минерального питания растений всеми необходимыми и незаменимыми макро- и микроэлементами. Органическая система удобрений не имеет преимуществ по продуктивности без применения минеральных удобрений, которые обеспечивают около 30 % прироста зеленой массы ([3, с. 276], [4, с. 7–9], [5, с. 84–86], [6, с. 163–166], [7, с. 527–549], [8, с. 93–99]).

Цель исследований – изучить влияние органических и минеральных макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста на динамику роста и продуктивность кукурузы при возделывании на зерно на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2019 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 метра моренным суглинком. Почва опытного участка имела слабокислую реакцию почвенной среды, среднюю обеспеченность гумусом и подвижными формами меди и цинка, повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова. Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний, трёхлинейный. Тип зерна промежуточный. Включён в госреестр сортов Беларуси в 2012 году. Регистрационный номер 2009262. Vegetационный период, дней 106–109.

В опытах применялись удобрения: мочевина (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 % P₂O₅, 9 % N); хлористый калий (60 % K₂O); 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 %); Адоб-Zn (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-ZnB(4,6 % Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л), Кристалон ((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 %)); Экосил – 5 %-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот. Использовалось комплексное удобрение марки 15-12-19 с 0,2 % B и 0,1 % Zn для кукурузы в дозе эквивалентной варианту (N₉₀P₇₀K₁₂₀), разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. Обработку растений кукурузы проводили регулятором роста 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) в фазу 6–8 листьев. Общая площадь делянки – 25,2 м², учётная – 16,8 м². Повторность четырёхкратная. Посев кукурузы был произведен сеялкой точного высева СТВ-8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля. Норма высева семян 85 тыс.шт./га.

В фазе 3–4 листьев разница между всеми вариантами по высоте растений была практически незначительной. (табл. 1).

Таблица 1. Влияние навоза макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику роста растений кукурузы в среднем за 2018 и 2019 г.

		Линейный рост, см			
		Фаза 3–4 листа	Фаза 6–8 листьев	Вымётывание	Молочно-восковая спелость
1	Контроль	13,5	22,5	167,0	230,5
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	15,0	27,5	198,0	243,0
3	N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	16,0	27,0	202,5	248,5
4	АФК (ЭКВ.В 3)	16,0	30,5	204,5	256,5
5	N ₉₀ /P ₇₀ /K ₁₂₀ + N ₃₀ – ФОН	17,0	29,5	211,0	264,5
6	N ₁₂₀ /P ₈₀ /K ₁₃₀ + МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	17,5	34,5	219,0	272,0
7	Фон + МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	16,5	30,0	217,5	269,0
8	Фон + АДОБ цинк (75 г/га Zn)	16,0	33,5	224,5	276,5
9	Фон + МикроСтим Цинк, Медь (75 г/га Zn + 75 г/га Cu)	16,0	31,0	217,0	270,0
10	Фон + Кристалон	16,5	31,0	226,0	281,0
11	Фон+экосил	16,0	34,0	237,0	296,5
12	Фон+ МикроСтим Цинк, Бор (1,65 л/га Zn)	16,0	31,5	220,5	271,0
13	Навоз+ N ₉₀ /P ₇₀ /K ₁₂₀ + N ₃₀	18,0	33,5	244,5	295,0
14	Навоз + N ₉₀ /P ₇₀ /K ₁₂₀ + N ₃₀ + МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	18,0	33,5	250,5	300,5
	НСР ₀₅	1,8	1,3	5,5	4,9

В контрольном варианте без применения удобрений растения имели высоту 13,5 см. Максимального линейного роста достигли растения в вариантах с применением навоза, что значительно отличается от фонового варианта (N₉₀/P₇₀/K₁₂₀ + N₃₀) и варианта без применения удобрений.

В фазе 6–8 листьев разница между вариантами стала более значительной. Минимальный линейный рост был в варианте без применения удобрений. Высота растений в этом варианте составила

22,5 см. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ повышало высоту растений в фазе 6–8 листьев на 5 см, в фазе вымётывания – на 15,5 см. Увеличение дозы минеральных удобрений до $N_{90}P_{70}K_{120}$ повышало высоту растений в фазе 3–4 листьев на 2,5 см, в фазе 6–8 листьев – на 5,5 см, в фазе вымётывания – на 17 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 8 см по сравнению с вариантом без применения удобрений. Внесение комплексного АФК удобрения с бором и цинком увеличивало высоту растений по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 3–4 листьев на 2,5 см, в фазе 6–8 листьев – на 8 см, в фазе вымётывания – на 22 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 16 см. Вариант с применением минеральных удобрений в дозе $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ увеличивал высоту растений в фазе 3–4 листьев на 3,5 см, в фазе 6–8 листьев – на 7 см, в фазе вымётывания – на 23,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 24 см по сравнению с вариантом без применения удобрений. Применение МикроСтим Цинк на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ способствовало увеличению высоты растений в фазе вымётывания на 6,5 см по сравнению с фоновым вариантом.

Некорневая подкормка АДОБ цинк на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ увеличивала высоту растений в фазе вымётывания на 13,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 12 см.

Применение МикроСтим Цинк, Медь (75 г/га Zn + 75 г/га Cu) на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ повышало высоту растений по сравнению с фоном в фазе 6–8 листьев на 2 см, в фазе вымётывания – на 6 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 5,5 см (табл. 1)

Некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ повышала высоту растений в фазе вымётывания на 16 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 16,5 см.

Обработка посевов регулятором роста Экосил увеличивала высоту растений на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ в фазе вымётывания на 27,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 32 см.

Некорневая подкормка МикроСтим цинк, бор (1,65 л/га Zn) на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ в фазе вымётывания повышала высоту растений на 9,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 6,5 см.

Применение навоза на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ увеличивало высоту растений на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ в фазе 6–8 листьев на 4 см, в фазе вымётывания – на 33,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 30,5 см. Внесение навоза в сочетании с МикроСтим Цинк (75 г/га Zn) на фоне $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ повышало высоту растений в фазе 6–8 листьев на 4 см, в фазе вымётывания – на 39,5 см и в фазе молочно-восковой спелости – на 36 см. В этом варианте была максимальная высота растений кукурузы 280 см в 2018 году и 300 см в 2019 году, а также в среднем за 2 года (290 см), что, по-видимому, обеспечивало большее накопление биомассы и получение более высокой урожайности зерна в опыте. Применение комплексного АФК удобрения с бором и цинком по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{70}K_{120}$) применялись карбамид (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 % P_2O_5 , 9 % N); хлористый калий (60 % K_2O), увеличивало урожайность зерна кукурузы на 4,7 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность зерна кукурузы

Вариант		Урожайность, ц/га		Среднее	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
		2018	2019				
1	Контроль	48,0	50,0	49,0	–	–	–
2	$N_{60}P_{60}K_{90}$	59,3	57,0	58,2	9,2	–	4,4
3	$N_{90}P_{70}K_{120}$	69,3	63,0	66,2	17,2	–	6,1
4	АФК (ЭКВ.В 3)	75,8	66,0	70,9	21,9	–	7,8
5	$N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ – ФОН	83,8	73,0	78,4	29,4	–	9,5
6	$N_{120}/P_{80}/K_{130} +$ МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	96,8	80,0	88,4	39,4	10,0	11,9
7	Фон + МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	91,0	79,0	85,0	36,0	6,6	11,6
8	Фон + АДОБ цинк (75 г/га Zn)	91,3	80,0	86,7	37,7	8,3	12,2
9	Фон + МикроСтим Цинк, Медь (75 г/га Zn + (75 г/га Cu)	91,3	84,0	86,0	37,0	7,6	11,9
10	Фон + Кристалон	97,3	95,0	96,2	47,2	17,8	15,2
11	Фон + Экосил	90,8	80,0	85,4	36,4	7,0	11,7
12	Фон + МикроСтим Цинк, Бор (1,65 л/га Zn)	91,8	90,0	90,9	41,9	12,5	13,5
13	Навоз 60 т/га + $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$	107,8	96,0	101,9	52,9	23,5	–
14	Навоз 60 т/га + $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30} +$ МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	108,5	99,0	103,8	54,8	25,4	–
	НCP ₀₅	5,4	5,4	3,7	–	–	–

Некорневые подкормки на фоне $N_{90}+30P_{70}K_{120}$ Адоб Zn, МикроСтим Zn, МикроСтим Zn,Cu и МикроСтим Zn,B повышали урожайность зерна кукурузы на 8,3, 6,6, 7,6 и 12,5 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 12,2, 11,6, 11,9 и 13,5 кг зерна соответственно. Применение регулятора роста Экосил увели-

чивало урожайность зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом ($N_{90+30}P_{70}/K_{120}$) на 7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 11,7 кг зерна. Урожайность зерна кукурузы в варианте с применением Фон + Кристалон составила 96,2 ц/га, что на 17,8 ц/га больше фонового варианта. В этом варианте опыта отмечена максимальная окупаемость 1 кг НРК кг зерна (15,2 кг). Внесение 60 т/га навоза увеличивало урожайность зерна по сравнению с фоном на 23,5 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 11,7 кг зерна. Средняя урожайность за 2 года в данном варианте составила 101,9 ц/га. Максимальная урожайность зерна была получена в варианте с применением навоза на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ с некорневой подкормкой МикроСтим Цинк 75 г/га и составила 103,9 ц/га, что на 25,4 ц/га больше по сравнению с фоновым вариантом.

Важным показателем качества зерна является масса 1000 семян.

Применение $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{70}K_{120}$ повышало массу 1000 семян кукурузы по сравнению с неудобренным контролем в среднем за 2 года на 18 и 28,5 г соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Влияние навоза макро-, микроудобрений и регулятора роста на массу 1000 семян растений кукурузы в среднем за 2018 и 2019 г.

		Масса 1000 семян, г		
		2018 г.	2019 г.	Среднее за 2018–2019 г.
1	Контроль	220	175	197,5
2	$N_{60}P_{60}K_{90}$	232	199	215,5
3	$N_{90}P_{70}K_{120}$	236	216	226,0
4	АФК (ЭКВ.В 3)	240	225	232,5
5	$N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$ – ФОН	250	225	237,5
6	$N_{120}/P_{80}/K_{130} +$ МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	270	250	260,0
7	Фон + МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	260	232	246,0
8	Фон + АДОБ цинк (75 г/га Zn)	263	233	248,0
9	Фон + МикроСтим Цинк, Медь (75 г/га Zn + (75 г/га Cu)	264	249	256,5
10	Фон + Кристалон	266	283	274,5
11	Фон+экосил	258	233	245,5
12	Фон+ МикроСтим Цинк, Бор (1,65 л/га Zn)	270	266	268,0
13	Навоз+ $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30}$	275	284	279,5
14	Навоз + $N_{90}/P_{70}/K_{120} + N_{30} +$ МикроСтим Цинк (75 г/га Zn)	280	300	290,0
	НСР ₀₅	3,7	5,9	3,4

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 массу 1000 семян кукурузы на 35 г. Некорневые подкормки на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ Адоб Zn, МикроСтим Zn, МикроСтим Zn,Cu и МикроСтим В,Zn способствовали возрастанию массы 1000 семян кукурузы на 10,5, 8,5, 19 и 30,5 г соответственно. Подкормка комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды) на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ увеличивала массу 1000 семян на 37 г.

Масса 1000 семян в вариантах с применением МикроСтим Zn на фоне $N_{120+30}P_{80}K_{130}$ была выше на 22,5 г по сравнению с фоновым вариантом ($N_{90+30}P_{70}K_{120}$). Обработка посевов кукурузы регулятором роста Экосил на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ повышала массу 1000 семян на 8 г. Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечивало самую высокую массу 1000 семян кукурузы. Внесение 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим Zn повышало массу 1000 семян на 42 и 52,5 г соответственно. В варианте Навоз + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим Цинк отмечена максимальная масса 1000 семян кукурузы, что и способствовало формированию наиболее высокой урожайности зерна в опыте.

Закключение

1. Применение навоза, макро-, микроудобрений и регулятора роста существенно увеличивало линейный рост кукурузы. Максимальная высота растений кукурузы (295,0 и 300,0 см) в фазе молочно-восковой спелости отмечена в вариантах с применением навоза 60 т/га + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим Zn.

2. Комплексное АФК удобрение с В и Zn по сравнению с внесением карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия в эквивалентной по НРК дозе ($N_{90}P_{70}K_{120}$) способствовало увеличению урожайности зерна кукурузы на 4,7 ц/га.

3. Некорневая подкормка на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ МикроСтим Цинком, Адоб Цинком, МикроСтим Цинк, Медь, МикроСтим Цинк, Бор и Кристалоном повышала урожайность зерна кукурузы на 6,6: 8,3: 7,6: 12,5 и 17,8 ц/га соответственно. Обработка посевов регулятором роста Экосил увеличивала урожайность зерна кукурузы на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ на 7,0 ц/га. В варианте $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + Кристалон была отмечена максимальная окупаемость 1 кг НРК кг зерна (15,2 кг).

4. Максимальная урожайность зерна кукурузы (101,9 и 103,8 ц/га) отмечена в вариантах с внесением 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и 60 т/га навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим Zn соответственно. В этих вариантах опыта была и максимальная масса 1000 семян кукурузы (279,5 и 290,0 г).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкая, Н. М. Интенсификация возделывания кукурузы на зерно / Н. М. Вербицкая. – М., 1988. – 49 с.
2. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: Метод. рек. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 72 с.
3. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / Вильдфлуш, И. Р. [и др.]. – Минск: Технопринт, 2005. – 276 с.
4. Булдыкова, И. А. Потребление элементов питания растениями кукурузы при некорневой подкормке микроэлементами / И. А. Булдыкова // Науч. Обеспечение агропром. комплекса: материалы 4-й Всерос. науч.-практ. конф. / КубГАУ. – Краснодар, 2010. – С. 7–9.
5. Булдыкова, И. А. Роль микроэлементов в повышении урожайности и качества зерна кукурузы / И. А. Булдыкова // Энтузиасты аграр. науки. – Краснодар, 2010. – Вып. №12. – С. 84–86.
6. Булдыкова, И. А. Динамика содержания азота, фосфора и калия в растениях кукурузы при некорневой подкормке микроудобрениями микроэлементов в повышении урожайности и качества зерна кукурузы / И. А. Булдыкова // Энтузиасты аграр. науки. – Краснодар, 2011. – Вып. № 13. – С. 163–166.
7. Мальцева, В. Ф. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России / В. Ф. Мальцева, М. К. Каюмова // М.: Ро-синфмагротех. – 2002. – Ч. II – С. 527–549.
8. Дроздова, В. В. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы / В. В. Дроздова // Энтузиасты аграрной науки. Вып.14. – Краснодар: КубГАУ, 2012. С. 93–99.