

**EFFECT OF NEW FORMS OF COMPLEX FERTILIZERS
ON PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION OF ^{137}Cs IN SPRING
GRAIN CROPS ON RADIONUCLIDE CONTAMINATED SOD-PODZOIC
COHERENT LOAMY SOIL**

**S. S. Khmialeusky, H. V. Pirahouskaya, V. I. Saroka, K. V. Danilenka,
A.S. Maksimchuk, I. E. Yermalovich**

Summary

The article presents data on the influence of new forms of complex fertilizers on the productivity (main and by-products), the content of nutrients and the accumulation of ^{137}Cs in spring cereals (barley, oats) in the conditions of 2020–2021 on radionuclide-contaminated sod-podzolic cohesive sandy soil. The promising forms of complex fertilizers with modifying additives have been identified that have a positive effect on the productivity of spring grain crops, with the accumulation of radionuclides below the republican permissible levels.

Поступила 30.11.21

УДК 633.15:631.8:631.559:636.086.255

**ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА
РОСТА НА ДИНАМИКУ НАКОПЛЕНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА,
УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ И ВЫНОС
ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ С УРОЖАЕМ**

С. С. Мосур

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза – одна из важнейших кормовых культур. По потенциальной продуктивности и энергетической питательности она превосходит все зернофуражные культуры [1].

В мире кукуруза возделывается главным образом на фуражные цели. Зерно используют для кормления всех видов животных. По кормовым достоинствам оно превосходит все зерновые культуры. В 1 кг зерна кукурузы при 14 %-ной влажности содержится 90–100 г протеина, около 50 г жира, 30 г клетчатки, 10–15 г золы, 670–700 г безазотистых экстрактивных веществ, 1,34 кормовая единица.

Широкое распространение в нашей стране кукуруза получила как силосная культура. Ее питательная ценность зависит от фазы развития растения, изменяется в пределах от 13–15 до 28–30 кормовых единиц на 100 кг силосной массы.

По мере старения и цветения доля початков увеличивается, и питательная ценность зеленой массы до фазы восковой спелости зерна повышается [2, 3].

Мировой опыт земледелия показывает, что получение стабильно высокого урожая без использования удобрений невозможно, так как на долю удобрений приходится не менее трети прибавки урожая сельскохозяйственных культур [4].

Наряду с простыми микроудобрениями в сельском хозяйстве широкое применение получили органоминеральные и хелатные соединения микроэлементов [5].

Необходимо вносить в почву главные элементы питания в значительно большем количестве, чем было израсходовано для формирования урожая [6].

Значительному накоплению сухого вещества, повышению продуктивности фотосинтеза способствует применение удобрений, что в свою очередь положительно влияет на увеличение урожая кукурузы.

Однако следует учитывать, что значительные прибавки зерна можно получить лишь при наличии в почве достаточных количеств легкодоступных питательных веществ, о чем свидетельствует их вынос кукурузой при формировании высоких урожаев продукции. Установлено, что в жизни кукурузы ведущая роль принадлежит азоту [7].

Кукуруза в Государственном сортоиспытании Беларуси является наиболее продуктивной зерновой культурой [8], занимая лидирующее положение среди других зерновых и кормовых культур. Урожайность зерна кукурузы в Республике Беларусь за последние годы в среднем составила 93 ц/га, силосной массы – 7,4 тыс. к. ед. с 1 га [9]. Это побудило сельхозпроизводителей к расширению ее посевов до 1 млн га.

Кукуруза как растение класса С4 лучше ряда других культур использует солнечную энергию, благодаря чему обладает большим потенциалом продуктивности, поэтому предъявляет высокие требования к плодородию почвы и системе питания [10].

Отличительной особенностью кукурузы по сравнению с другими кормовыми культурами является то, что по мере прохождения фаз роста и развития, вплоть до восковой спелости зерна, она накапливает сухое вещество без снижения его питательной ценности [11, 12].

Определение содержания сухого вещества в растениях кукурузы имеет ряд сложностей, поскольку с одной стороны это крупное растение, масса которого может достигать 0,5–1,0 кг, а с другой – искомый показатель может вдвое различаться в зависимости от того, в каком органе он устанавливается. В початках содержится наибольшее количество сухого вещества по сравнению с другими частями растения и к моменту налива и созревания зерна постепенно увеличивается. Меньше всего сухого вещества содержится в листостебельной массе, что также связано с проводником влаги – стеблем. Поэтому в зерне в итоге в 1,9–2,0 раза больше сухого вещества, чем в листостебельной массе [13].

Цель исследований – изучить влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику накопления сухого вещества, урожайность зеленой массы кукурузы и вынос элементов питания с урожаем.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2020 г. 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, среднюю обеспеченность гумусом, низкую и высокую обеспеченность подвижными формами меди и среднюю цинком, повышенное содержание подвижных форм фосфора, повышенное (2018 г.) и высокое (2019 и 2020 г.) содержание подвижных форм калия (по методу Кирсанова) (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели пахотного горизонта опытного участка (средние по всему опытному полю)

Год исследования	рН	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Гумус, %
		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

Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний, трехлинейный. Тип зерна промежуточный. Включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2012 году. Вегетационный период 106–109 дней.

В опытах применяли удобрения:

- 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 РУП «Институте почвоведения и агрохимии»;

- органические удобрения – навоз крупного рогатого скота (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 Цинк (6,2 % Zn, 9 % N и 3 % Mg); МикроСтим-Цинк (6–8% Zn, 9–11% N), МикроСтим-Цинк, Бор (4,6 % Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л); МикроСтим-Цинк, Медь (5,0 % Zn; 5,0 % Cu; 7,5 % N; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л

- комплексное удобрение 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 %.);

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

В фазу 6–8 листьев проведена обработка растений кукурузы следующими препаратами: регулятор роста растений Экосил – 50 мл/га, микроудобрение Адоб Цинк – 1,5 л/га, комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим-Цинк, Медь – 1,5 л/га, МикроСтим Цинк, Бор – 1,65 л/га, комплексное удобрение Кристалон – 2 л/га.

Общая площадь делянки – 25,2 м², учетная – 16,8 м². Повторность – четырехкратная.

Опыт с кукурузой заложен по следующей схеме:

1. Контроль
2. N₆₀P₆₀K₉₀.
3. N₉₀P₇₀K₁₂₀ (стандартные).
4. N₉₀P₇₀K₁₂₀ (с Zn и B).
5. N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ – фон.
6. N₁₂₀P₈₀K₁₃₀ + N₃₀ + 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 (N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀).
14. Навоз 60 т/га + фон (N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀) + 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, в 2020 г. – 5 мая.

Учет урожая зеленой массы кукурузы был проведен методом учетных площадок.

Агротехника возделывания общепринятая для Беларуси [14].

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вариант с применением минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₉₀ увеличивал накопление сухого вещества по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе вымётывания на 12,3 ц/га, в фазе молочно-восковой спелости – на 18 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Динамика накопления сухого вещества растениями кукурузы при возделывании на зеленую массу (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вариант	Фаза развития растений							
	3–4 листа		6–8 листьев		вымётывание		молочно-восковая спелость	
	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю
Контроль	0,24	–	0,34	–	61,33	–	82,66	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,23	–0,01	0,35	+0,01	73,66	+12,33	100,66	+18,00
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (стандартные)	0,25	+0,01	0,43	+0,07	82,66	+21,33	118,66	+36,00
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (с B и Zn)	0,26	+0,02	0,46	+0,12	85,00	+23,67	125,33	+42,67
N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	0,28	+0,04	0,47	+0,13	90,33	+29,00	136,66	+54,00
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + МикроСтим-Цинк	0,27	+0,03	0,50	+0,16	100,66	+39,33	173,00	+90,34

Вариант	Фаза развития растений							
	3–4 листа		6–8 листьев		вымётывание		молочно-восковая спелость	
	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю
Фон + МикроСтим-Цинк	0,28	+0,04	0,48	+0,14	95,66	+34,33	157,33	+74,67
Фон + Адоб Цинк	0,29	+0,05	0,48	+0,14	96,00	+34,67	166,33	+83,67
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	0,30	+0,06	0,47	+0,13	99,33	+38,00	151,66	+69,00
Фон + Кристалон	0,30	+0,06	0,47	+0,13	96,33	+35,00	161,66	+79,00
Фон + Экосил	0,28	+0,04	0,46	+0,12	99,33	+38,00	162,00	+79,34
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	0,26	+0,02	0,44	+0,10	97,33	+36,00	143,00	+60,34
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,31	+0,07	0,51	+0,17	116,00	+54,67	179,33	+96,67
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + МикроСтим-Цинк	0,30	+0,06	0,49	+0,15	126,33	+65,00	204,66	+122,00
НСП ₀₅	0,010	–	0,013	–	5,113	–	6,682	–

Применение минеральных удобрений в дозе N₉₀P₇₀K₁₂₀ увеличивало накопление сухого вещества по сравнению с вариантом без применения удобрений во всех фазах роста. В фазе 6–8 листьев было накоплено сухого вещества на 0,09 ц/га, в фазе вымётывания – на 21,33 и в фазе молочно-восковой спелости – на 36,00 ц/га больше.

Вариант с применением комплексного удобрения в дозе эквивалентной варианту с применением N₉₀P₇₀K₁₂₀ увеличивал накопление сухого вещества по сравнению с вариантом без применения удобрений в фазе 6–8 листьев – на 12,00 ц/га, в фазе вымётывания – на 23,67 и в фазе молочно-восковой спелости – на 42,67 ц/га.

В варианте с применением минеральных удобрений в дозе N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ количество накопленного сухого вещества возросло в фазе 6–8 листьев на 0,13, в фазе вымётывания – на 29,0 ц/га и в фазе молочно-восковой спелости – на 54 ц/га по сравнению с вариантом без применения удобрений.

Применение МикроСтим-Цинк на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ в фазе вымётывания и молочно-восковой спелости увеличивало накопление сухого вещества по сравнению с фоновым вариантом на 5,33 и 20,67 ц/га соответственно.

Применение навоза на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ способствовало накоплению сухого вещества: фаза 6–8 листьев – на 0,04 ц/га, фаза вымётывания – на 25,67 ц/га, фаза молочно-восковая спелость – на 42,67 ц/га.

Максимальное количество сухого вещества получено в варианте с применением навоз + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + МикроСтим-Цинк (фаза вымётывания – 126,33 ц/га, фаза молочно-восковая спелость – 204,66 ц/га), что и обеспечило максимальную урожайность зеленой массы.

Применение N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₇₀K₁₂₀ повышало урожайность зеленой массы кукурузы по сравнению с неудобренным контролем в среднем за 3 года на 76 и 112 ц/га при окупаемости 1 кг НРК кг зеленой массы 35,9 и 40,0 кг (табл. 3).

Таблица 3

Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность зеленой массы кукурузы (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вариант	Урожайность,				± К контролю	± К фону	Окупаемость 1 кг NPK, кг зеленой массы
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средняя			
	ц/га						
Контроль	260	365	385	336	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	314	432	490	412	75	–	35,8
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (стандартные)	357	459	530	448	112	–	40,0
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (с В и Zn)	384	491	560	478	141	–	50,6
N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	410	511	595	505	168	–	60,2
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + МикроСтим-Цинк	530	729	650	636	299	131	90,8
Фон + МикроСтим-Цинк	480	564	610	551	214	46	76,6
Фон + Адоб Цинк	488	594	615	565	229	60	81,7
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	505	678	630	604	267	99	95,6
Фон + Кристалон	518	729	672	639	303	134	108,2
Фон + Экосил	458	538	625	540	203	35	72,7
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	495	656	625	592	255	86	91,2
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	626	756	710	697	360	192	–
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + МикроСтим-Цинк	696	796	720	737	400	232	–
НСП ₀₅	24,0	27,5	21,1	21,0	–	–	–

Комплексное удобрение для кукурузы с цинком и бором по сравнению с внесением в эквивалентной дозе N₉₀P₇₀K₁₂₀ увеличило урожайность зеленой массы кукурузы на 30 ц/га.

Некорневые подкормки на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ Адоб Цинк, МикроСтим-Цинк, МикроСтим-Цинк, Медь и МикроСтим-Цинк, Бор повышали урожайность зеленой массы кукурузы на 60, 46, 99 и 87 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 91,7 кг зеленой массы, 76,6, 95,6 и 91,2 кг зеленой массы соответственно. Некорневая подкормка МикроСтим-Цинк была равнозначной применению Адоб Цинк на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀. В связи с этим белорусское микроудобрение МикроСтим-Цинк можно использовать вместо польского микроудобрения Адоб Цинк для импортозамещения.

Подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ увеличивала урожайность зеленой массы по сравнению с фоновым вариантом на 134 ц/га при высокой окупаемости 1 кг NPK кг зеленой массы кукурузы – 108,2 кг. Высокая урожайность зеленой массы кукурузы при минеральной системе удобрений была также в варианте с применением МикроСтим-Цинк на фоне высоких доз минеральных удобрений N₁₂₀P₈₀K₁₃₀ + N₃₀, которая составила 636 ц/га.

Обработка посевов кукурузы регулятором роста Экосил на фоне N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ повышала урожайность зеленой массы по сравнению с фоном на 35 ц/га.

Внесении 60 т навоза + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и 60 т/га навоза + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + МикроСтим-Цинк обеспечило самую высокую урожайность зеленой массы кукурузы – соответственно 697 и 737 ц/га.

В задачи исследований входило определение содержания основных макро- (азот, фосфор, калий) и микроэлементов (медь, цинк) необходимых для роста и развития кукурузы.

Установлено, что минимальное содержание азота (1,09 %) в зеленой массе кукурузы было в контрольном варианте без применения удобрений (табл. 4). Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ не повлияло на данный показатель. Это связано с биологическим разбавлением урожая. Содержание азота в зеленой массе кукурузы возрастало с увеличением дозы азотных удобрений. В фоновом варианте ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) оно увеличилось до 1,35 %. Максимальное значение (1,79 %) было в варианте навоз + $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, что на 0,44 % больше фонового варианта.

Таблица 4

**Влияние систем удобрения на химический состав
и показатели качества зеленой массы кукурузы (в среднем за 2018–2020 гг.)**

Вариант	Химический состав и показатели качества								
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	сы- рая зола	сырой жир	сырая клет- чатка	сырой проте- ин
	%			мг/кг		%			
Контроль	1,09	0,52	1,35	2,04	5,76	5,92	1,08	23,40	6,83
$N_{60}P_{60}K_{90}$	1,10	0,90	1,52	2,56	9,51	5,53	0,78	24,23	6,92
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	1,23	0,58	1,58	2,82	10,88	5,32	1,08	23,19	7,70
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с В и Zn)	1,37	0,79	1,50	2,23	14,95	5,30	1,06	22,34	8,56
$N_{90+30}P_{70}K_{120}$ – фон	1,35	1,14	1,65	2,46	12,00	5,93	1,24	22,46	8,43
$N_{120}P_{80}K_{130}$ + Микро- Стим-Цинк	1,43	0,95	1,53	2,46	14,01	5,95	1,14	21,99	8,93
Фон + МикроСтим-Цинк	1,38	1,08	1,70	2,73	11,71	5,62	0,99	23,59	8,66
Фон + Адоб Цинк	1,44	0,80	1,65	2,54	13,81	5,64	1,16	22,87	9,03
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	1,35	0,84	1,69	4,72	25,41	5,28	1,10	22,78	8,46
Фон + Кристалон	1,46	1,07	1,94	3,77	21,09	5,92	1,22	23,32	9,12
Фон+Экосил	1,39	0,89	1,65	2,52	12,84	5,52	1,15	22,50	8,73
Фон+МикроСтим-Цинк, Бор	1,42	0,86	1,70	2,83	15,63	5,87	1,16	22,58	8,91
Навоз + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$	1,79	0,97	1,73	2,90	17,46	6,02	1,14	22,09	11,23
Навоз + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк	1,70	0,97	1,65	2,55	20,19	4,92	1,21	21,91	10,67
НСР ₀₅	0,323	0,173	0,179	0,958	9,884	1,289	0,693	2,733	1,789

Минимальное содержание фосфора в зеленой массе кукурузы (0,52 %), так же, как и по содержанию азота, выявлено в варианте без применения удобрений. Внесение $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ (фон) увеличило количество P₂O₅ до 1,14 %. В варианте с внесением нового комплексного удобрения с бором и цинком содержание фосфора в зеленой массе кукурузы выросло по сравнению с вариантом, где использовались минеральные удобрения в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{70}K_{120}$), на 0,21 %. При использовании остальных системах удобрения содержание P₂O₅ было приблизительно одинаковым.

Так же, как и по азоту и фосфору минимальное содержание калия в зеленой массе кукурузы было на контроле – 1,35 %. В зеленой массе кукурузы в фоновом варианте ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) содержалось 1,65 % калия. Максимальное накопление калия в зеленой массе (1,94 %) обеспечило применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон в дозе 2 л/га в фазе 6–8 листьев на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$.

В контрольном варианте без применения удобрений было минимальное содержание цинка в зеленой массе 5,76 мг/кг.

В фоновом варианте ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) содержание цинка в зеленой массе составило 12,00 мг/кг. Максимальное накопление цинка в зеленой массе кукурузы обеспечило применением некорневой подкормки МискроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 25,41 мг/кг, что на 13,41 мг/кг выше фонового варианта.

Содержание меди в зеленой массе среди всех систем удобрения было наибольшим в варианте с применением некорневой подкормки МискроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 4,72 мг/кг, что на 2,26 мг/кг больше фонового варианта. Так же более высокое содержание меди обеспечила некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ – 3,77 мг/кг.

Применение изучаемых минеральных макро-, микро- и органических удобрений, регулятора роста и не оказало существенного влияния на содержание сырой золы в зеленой массе кукурузы по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

Наименьшее содержание сырого жира было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ (0,78 %). В неудобренном варианте содержание сырого жира существенно не отличалось от всех других изучаемых систем удобрения и составило 1,08 %.

Содержание сырой клетчатки во всех вариантах колебалось в пределах от 21,91 % до 24,23 %.

Содержание сырого протеина находится в прямой зависимости от содержания азота в зеленой массе кукурузы. Минимальное количество, так же, как и содержание азота, отмечено в варианте без применения удобрений – 6,83 %. 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 МискроСтим-Цинк на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 11,23 и 10,67 % соответственно. Все остальные применяемые системы удобрения не существенно отличались от фонового варианта.

Судить о выносе элементов питания зеленой массой кукурузы можно по данным, приведенным в таблице 5.

Минимальный общий и удельный вынос макро- и микроэлементов был в контрольном варианте без применения удобрений.

Варианты с применением органических удобрений отличались самым высоким выносом азота от всех остальных. Максимальный общий и удельный вынос азота зеленой массой кукурузы был в варианте навоз+ $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк – 348 кг/га и 4,7 кг/10 ц соответственно. В вариантах с минеральной системой удобрения более высоким выносом азота отличалось применение $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк – 253 кг/га. Все остальные варианты практически не отличались друг от друга.

**Вынос элементов питания с зеленой массой кукурузы
(в среднем за 2018–2020 гг.)**

Вариант	Общий вынос					Удельный вынос				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
	кг/га			г/га		кг/т			г/т	
Контроль	88	33	110	16,8	48,3	2,7	1,0	3,3	2,0	5,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	111	69	154	26,2	97,9	2,7	1,8	3,9	2,5	9,5
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (стандартные)	147	56	188	33,5	130,3	3,3	1,3	4,0	2,8	10,8
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (с В и Zn)	172	78	191	28,3	189,2	3,6	1,7	4,0	2,2	14,9
N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	184	114	226	33,7	164,8	3,6	2,3	4,5	2,4	12,0
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + Микро-Стим-Цинк	253	127	268	42,3	246,7	3,9	1,9	4,2	2,4	14,0
Фон + МикроСтим-Цинк	189	105	237	39,6	175,6	3,4	1,9	4,3	2,7	11,7
Фон + Адоб Цинк	245	107	282	42,9	236,0	4,3	1,9	4,9	2,5	13,8
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	194	91	242	70,5	389,2	3,2	1,5	4,0	4,7	25,4
Фон + Кристалон	231	123	292	59,5	344,5	3,7	1,9	4,5	3,7	21,0
Фон + Экосил	223	107	265	40,5	207,4	4,2	2,0	4,9	2,5	12,8
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	185	86	219	38,0	211,3	3,1	1,5	3,7	2,8	15,6
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	315	130	307	51,4	320,4	4,5	1,8	4,4	2,9	17,4
Навоз + N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + МикроСтим-Цинк	348	150	338	53,7	411,0	4,7	2,0	4,5	2,5	20,1

Общий вынос фосфора был наибольшим в вариантах с применением органических удобрений и составил 130 и 150 кг/га.

Общий вынос калия так же, как азота и фосфора, был выше всего в вариантах с применением органических удобрений и составил 307 и 338 кг/га. Наименьший вынос калия отмечен в варианте без применения удобрений (110 кг/га). Между вариантами, где применялись микроудобрения, кроме варианта с навозом, разницы по общему выносу калия не выявлено. Среди минеральных систем удобрения наибольший вынос K₂O был в варианте Фон + Кристалон – 292 кг/га.

Минимальный общий вынос меди (16,8 кг/га) был в контрольном варианте. Наибольший общий вынос меди был в единственном варианте, где применяли медьсодержащее микроудобрение (Фон + МикроСтим-Цинк, Медь) – 70,5 г/га. Между остальными вариантами разницы не было.

Максимальный общий вынос цинка был в вариантах Навоз + N₉₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + МикроСтим-Цинк и Фон + МикроСтим-Цинк, Медь и составил 411,00 и 389,2 г/га соответственно.

Максимальный удельный вынос меди и цинка обеспечило применение некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Цинк, Медь – 4,7 и 25,4 г/10 ц соответственно. Во всех остальных удобренных вариантах разницы по удельному выносу микроэлементов (медь и цинк) не было.

ВЫВОДЫ

Максимальное количество сухого вещества получено в варианте с применением навоза + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк (фаза вымётывание – 126,33 ц/га, фаза молочно-восковая спелость – 204,66 ц/га), что и обеспечило максимальную урожайность зеленой массы. Применение навоза на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ способствовало накоплению сухого вещества по сравнению с контролем: фаза 6–8 листьев – на 0,04 ц/га, фаза вымётывание – на 25,67 ц/га, фазе молочно-восковая спелость – на 42,67 ц/га. В фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ количество накопленного сухого вещества возросло в фазе 6–8 листьев – на 0,13, в фазе вымётывания – на 29,0 ц/га и в фазе молочно-восковой спелости – на 54 ц/га по сравнению с вариантом без применения удобрений.

Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечивало самую высокую урожайность зеленой массы кукурузы. 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 получено 697 и 737 ц/га зеленой массы кукурузы. В фоновом варианте ($N_{90+30}P_{70}K_{120}$) урожайность зеленой массы составила 505 ц/га, что на 168 ц/га больше, чем на контроле. Применение комплексного удобрения Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ способствовало получению как максимальной урожайности зеленой массы кукурузы (639 ц/га), так и окупаемости 1 кг NPK (108,2 кг зеленой массы).

Максимальное содержание азота (1,79 %) и сырого протеина (11,23 %) было в варианте с применением навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} . Применение минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} способствовало наибольшему (1,14 % P_2O_5) увеличению содержанию фосфора в зеленой массе кукурузы. К максимальному увеличению содержания калия в зеленой массе (1,94 %) привело применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} . Максимальному накоплению меди и цинка в зеленой массе кукурузы способствовало применение некорневой подкормки МикроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} – 4,72 мг/кг меди и 25,41 мг/кг цинка.

Минимальный удельный вынос азота, фосфора и калия был в варианте без применения удобрений. По фосфору удельный вынос в удобряемых вариантах был довольно стабильным и колебался в незначительных пределах – 1,3–2,0 г/т. Диапазон значений удельного выноса азота несколько выше (2,7–4,7 г/т) и наиболее высоким был в вариантах навоз 60 т/га + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и навоз 60 т/га + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк) – 4,5 и 4,7 кг/10 ц. Максимальный удельный вынос меди и цинка отмечен в варианте с применением некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Цинк, Медь – 4,7 и 25,4 г/10 ц соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология возделывания и использование кукурузы в животноводстве / И. Ш. Фатыхов [и др.]. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. – 39 с
2. *Надточаев, Н. Ф.* Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.

3. *Надточаев, Н. Ф.* Определим скороспелость и продуктивность гибридов кукурузы / Н.Ф. Надточаев // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 3. – С. 24–30.
4. *Сапаров, А. С.* Плодородие почвы и продуктивность культур / А. С. Сапаров. – Алматы: Изд-во ОО «ДОИВА», 2006. – 244 с.
5. *Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы.* – Минск: Белорусская наука, 2007. – 389 с.
6. *Агафонов, Е. В.* Применение удобрений под гибриды кукурузы разного срока созревания / Е. В. Агафонов, А. А. Батаков // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 3. – С. 6–7.
7. *Акулов, А. А.* Теоретические и практические возможности возделывания кукурузы на фуражное зерно / А. А. Акулов // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 3–5.
8. *Надточаев, Н. Ф.* Кукуруза: достижения и недостатки / Н. Ф. Надточаев, А. З. Богданов, Д. А. Мочалов // Земледелие и защита растений. Наука – производству. Производство и заготовка травяных кормов. Приложение к журналу № 2. – 2019. – С. 22–26.
9. *Норма и стабильность реакции гибридов кукурузы на температуру почвы в период прорастания / А. Э. Панфилов [и др.] // Вестник ЧГАА.* 2015. – Т. 71. – С. 102–106.
10. *Дудук, А. А.* Научные исследования в агрономии: учеб. пособие / А. А. Дудук, П. И. Мозоль. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 336 с.
11. *Авраменко, П. С.* Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П. С. Авраменко, Л. М. Постовалова, Н. В. Главацкий; под ред. П. С. Авраменко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1993. – 351 с.
12. *Шпаар, Д.* Кукуруза. Выращивание, уборка, хранение и использование / Д. Шпаар. – К.: Изд. дом «Зерно», 2012. – 464 с.
13. *Надточаев, Н. Ф.* Содержание и выход сухого вещества в зависимости от сроков сева и густоты стояния разноспелых гибридов кукурузы / Н. Ф. Надточаев, Д. Н. Володькин, С. В. Абраскова // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 28–33.
14. *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.

INFLUENCE OF MACRO-, MICRONUTRIENT FERTILIZERS AND GROWTH REGULATOR ON THE DYNAMICS OF DRY MATTER ACCUMULATION, YIELD AND REMOVAL OF CORN NUTRIENTS DURING CULTIVATION ON GREEN MASS

S. S. Mosur

Summary

Corn is one of the most important agricultural crops in the world.

A significant accumulation of dry matter, an increase in the productivity of photosynthesis is facilitated by the use of fertilizers, which in turn has a positive effect on increasing the yield of corn.

The experiments also investigated the removal of nutrients by the resulting crop of green corn mass, its quality and chemical composition.

The use of an organomineral fertilizer system contributed to obtaining the highest yield of the green mass of corn, the dry matter content, as well as the highest content of nitrogen and crude protein in it among all the fertilizer systems used. When applying 60 tons of manure + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ and 60 tons/ha of manure + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + MicroStim- Zinc, the yield of green mass was 697 and 737 kg/ha. The maximum amount of dry matter was obtained in the variant using manure + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + microstim zinc (the sweeping phase is 126.33 c/ha, the milky-wax ripeness phase is 204,66 c/ha), which ensured the maximum yield of the green mass. The maximum content of nitrogen (1,79 %) and crude protein (11,23 %) was in the variant with the use of manure against the background of $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} . The specific nitrogen removal was maximal in the variants of the manure-mineral fertilizer system (Manure 60 t/ha + $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} and Manure 60 t/ha + $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} + MicroStim-Zinc (75 g/ha Zn) and amounted to 4,5 and 4,7 kg/10 c.

The specific removal of nitrogen, phosphorus and potassium was lower in the version without the use of fertilizers. For phosphorus, the specific removal in the fertilized variants was quite stable and fluctuated within insignificant limits. The maximum specific removal of copper and zinc was in the variant with the use of foliar fertilization with micro-fertilization of MicroStim-Zinc, Copper and amounted to 4,7 and 25,4 g/10 c, respectively.

Поступила 09.11.21

УДК 631.8:633.521

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНА МАСЛИЧНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Ю. С. Корнейкова, И. Р. Вильдфлуш

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Лён масличный – скороспелая яровая масличная культура, нетипичная для почвенно-климатических условий Республики Беларусь. В связи с глобальным изменением климата, благодаря высокой экологической пластичности лен масличный стал продвигаться на север, расширяя свой ареал возделывания.

Значение этой культуры огромно. Масличный лён является ценной сельскохозяйственной культурой комплексного использования, возделываемой в основном для получения масла, которое может широко использоваться как для пищевого, так и технического назначения. Анализ литературных источников показывает, что урожайность семян льна масличного при благоприятных почвенно-климатических условиях может достигать до 28 ц/га, а содержание масла в них – 42 % и выше [1].