

## **АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Гузова, Л. Н. Гук,  
В. А. Муковозчик, Ю. А. Артюх**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Оптимизация процесса питания микроэлементными соединениями сопровождается повышением их содержания в основной и побочной продукции, усиленным поступлением в растения азота удобрений и почв, снижением содержания нитратов в продукции, и в целом ростом урожайности культур при сохранении и увеличении хозяйственно важных веществ в них (белков, сахаров, витаминов и т. д.) [1, 2]. При адекватном подборе форм и концентраций хелаты микроэлементов являются более эффективными средствами регуляции продукционного процесса сельскохозяйственных культур, особенно при применении их наиболее экономичным способом – при проведении некорневых подкормок в период вегетации [3, 4]. При этом должное место занимают односторонние микроудобрения в водорастворимой форме в виде органических соединений. Эффективное применение микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур возможно лишь с учетом содержания соответствующих микроэлементов в почвах. Особенно это актуально для высоко окультуренных почв, которые отличаются оптимальной кислотностью, высоким содержанием гумуса, фосфора и калия. На таких почвах потребность растений в микроэлементах и роль сбалансированности минерального питания возрастает при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Например, применение меди и бора улучшает поступление в растения азота. Цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния.

Цель исследований заключалась в определении влияния некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим на урожайность и качество кукурузы, возделываемой на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве в производственных условиях.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Производственный опыт с кукурузой Катарзис NEW (ФАО 210) проводился в ОАО «Городея» Несвижского района Минской области на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы производственного участка:  $pH_{KCl}$  6,07, гумус – 2,69 %,

$P_2O_5$  – 400 мг/кг почвы,  $K_2O$  – 501, В – 0,66, Cu – 3,95, Zn – 5,51, Mn – 3,3 мг/кг почвы.

Схема производственного опыта с кукурузой включала варианты с цинковыми, борными и медными удобрениями на фоне внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений:

- фон 1 – дробное внесение азотных удобрений в дозе  $N_{150(104+46)}$ ;
- фон 2 – внесение азотных удобрений в дозе  $N_{150(104+46)}$ , фосфорных –  $P_{35}$  и калийных –  $K_{70}$ .

Микроэлементы вносились в виде некорневой подкормки в форме жидких микроудобрений: МикроСтим-Цинк, МикроСтим-Бор, МикроСтим-Цинк,Бор и МикроСтим-Цинк,Медь в дозах 0,1 кг/га д.в. Некорневая подкормка кукурузы микроудобрениями МикроСтим проведена в фазе 6–8 листьев.

Площадь производственного опыта 100 га. Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Норма высева кукурузы – 1 п.ед./га. Исследования с кукурузой проводили на двух фонах внесения минеральных удобрений в дозах  $N_{150(104+46)}$  и  $N_{150(104+46)}P_{35}K_{70}$ . Минеральные удобрения в виде суперфосфата аммонизированного и хлористого калия внесены в основное внесение под предпосевную культивацию. Азотное удобрение карбамид в дозе  $N_{104}$  внесено под предпосевную культивацию и  $N_{46}$  в подкормку кукурузы в фазе 4–6 листа (ДК 14–16). На посевах кукурузы применяли смесь гербицидов Дублон Супер (1,5 кг/га) и Эгида (0,3 л/га).

Рабочий раствор готовился непосредственно перед проведением некорневой подкормки растений путем разведения концентрата микроудобрения водой. Расход рабочего раствора 200 л/га. Закладка и проведение производственных опытов проводилась в соответствии с методикой полевых опытов. Статистическая обработка полученных результатов выполнена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5] с использованием соответствующих программ компьютера. Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Экономическая эффективность применения микроудобрений рассчитывалась по методике, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве в производственных условиях на фоне внесения только азотных удобрений в дозе  $N_{150}$  урожайность зеленой массы составила 406 ц/га, зерна – 82,7 ц/га. Применение минеральных удобрений под кукурузу в дозе  $N_{150}P_{35}K_{70}$  обеспечивало урожайность зеленой массы 414 ц/га, зерна – 90,7 ц/га (табл. 1). Внесение микроудобрений МикроСтим-Цинк,Бор и МикроСтим-Цинк,Медь в некорневую подкормку кукурузы на фоне азотных удобрений ( $N_{150}$ ) повышало урожайность зеленой массы на 48 и 44 ц/га соответственно. Применение этих микроудобрений на фоне внесения минеральных удобрений ( $N_{150}P_{35}K_{75}$ ) увеличивало урожайность зеленой массы на 52 и 50 ц/га соответственно.

При возделывании кукурузы в производственных условиях применение микроудобрений МикроСтим способствует повышению урожайности. При внесении

азотных удобрений в подкормку кукурузы в дозе  $N_{150}$  (фон 1) урожайность зеленой массы составила 406 ц/га, зерна – 82,7 ц/га (табл. 1). Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{150}P_{35}K_{70}$  (фон 2) обеспечило урожай зеленой массы 414 ц/га, зерна – 90,7 ц/га. Некорневая подкормка в фазе 6-8 листьев кукурузы различными марками микроудобрений МикроСтим способствовала повышению продуктивности зеленой массы и зерна соответственно до 436–454 и 89,4–92,2 ц/га (фон 1) и до 457–466 и 97,2–101,3 ц/га (фон 2). Более высокие прибавки урожая зеленой массы и зерна кукурузы отмечаются при внесении двухкомпонентных микроудобрений МикроСтим, содержащих цинк, медь или цинк, бор. Так, на фоне внесения азотных удобрений наибольшие прибавки зеленой массы и зерна получены от МикроСтим-Цинк,Бор (48 и 8,6 ц/га) и МикроСтим-Цинк,Медь (44 и 9,5 ц/га), на фоне минеральных удобрений  $N_{150}P_{35}K_{70}$  – 52 и 9,3 ц/га и 50 и 10,6 ц/га соответственно. Применение других однокомпонентных марок микроудобрений на фоне 1 способствовало получению прибавок урожая зеленой массы только 30–32 ц/га и зерна – 6,7–7,2 ц/га, на фоне 2 – 43–46 ц/га и 7,2–7,9 ц/га соответственно.

Таблица 1

**Влияние некорневой подкормки микроудобрениями МикроСтим на урожайность кукурузы, ц/га**

Вариант опыта	Зеленая масса		Зерно	
	урожайность	прибавка к фону	урожайность	прибавка к фону
1. $N_{150}$ – фон 1	406	–	82,7	–
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	436	30	89,4	6,7
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Бор	454	48	91,3	8,6
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	438	32	89,9	7,2
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Медь	450	44	92,2	9,5
6. $N_{150}P_{35}K_{70}$ – фон 2	414	–	90,7	–
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	460	46	97,9	7,2
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Бор	466	52	100,0	9,3
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	457	43	98,6	7,9
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Медь	464	50	101,3	10,6
$HCP_{05}$	29,4		5,7	

Проведенные исследования показали, что применение жидких микроудобрений МикроСтим на посевах кукурузы способствует повышению содержания сырого белка в зеленой массе на двух фонах минерального питания (табл. 2). Некорневая подкормка кукурузы исследуемыми микроудобрениями обеспечивала более высокое содержание сырого белка на фоне с внесением только азотных удобрений в дозе  $N_{150}$ . При этом наибольшее повышение содержания сырого белка отмечается на варианте с внесением микроудобрения МикроСтим-Цинк (на 2,1 %). Содержание нитратов в зеленой массе кукурузы по всем вариантам опыта на двух уровнях минерального питания не превышало предельно допустимую концентрацию 500 мг/кг. При возделывании кукурузы на зерно на двух фонах минерального питания применение микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку увеличивало содержание сырого белка на 0,6–1,6 % и выход сырого

белка на 1,1–1,8 ц/га в сравнении с фоновым вариантом. Следует отметить, что внесение микроудобрений не оказало существенного влияния на содержание крахмала и жира в зерне.

Таблица 2

**Влияние некорневой подкормки микроудобрениями МикроСтим на качество зеленой массы и зерна кукурузы**

Вариант опыта	Зеленая масса			Зерно			
	содержание		выход сырого белка, ц/га	содержание			выход сырого белка, ц/га
	нитраты, мг/кг	сырой белок, %		крахмал	жир	сырой белок, %	
				% сухой массы			
1. N <sub>150</sub> – фон 1	291	9,7	11,8	71,8	5,5	9,0	6,4
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	476	11,8	15,4	73,1	5,5	10,1	7,7
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк, Бор	416	10,1	13,8	71,4	5,8	10,1	7,9
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	229	10,3	13,5	71,5	6,2	10,1	7,8
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк, Медь	291	10,5	14,2	72,6	5,9	9,6	7,6
6. N <sub>150</sub> P <sub>35</sub> K <sub>70</sub> – фон 2	425	8,1	10,1	70,1	5,0	6,8	5,3
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	251	9,3	12,8	69,9	5,2	7,6	6,4
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк, Бор	431	8,7	12,1	69,7	4,9	7,9	6,8
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	441	9,2	12,6	70,0	4,9	8,4	7,1
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк, Медь	461	8,4	11,7	69,4	4,8	8,1	7,0

Внесение в некорневую подкормку кукурузы медных, цинковых и борных удобрений на фоне азотного питания N<sub>150(104+46)</sub> (фон 1) и минеральных удобрений N<sub>150</sub>P<sub>35</sub>K<sub>70</sub> (фон 2) способствовало повышению содержания цинка и меди в зеленой массе и зерне, но их концентрация не достигала нижней границы допустимого содержания их в кормах (табл. 3). В сравнении с фоновым вариантом содержание цинка в зеленой массе было выше на 0,7–3,2 мг/кг, зерне – на 3,8–4,8 мг/кг, меди – на 1,7–2,2 мг/кг и на 1,3 мг/кг сухой массы соответственно. Данные по содержанию цинка в зеленой массе и зерне показывают, что наибольшее его количество отмечено на фоне 1. Содержание меди в зеленой массе было выше на фоне азотного питания. При внесении жидких микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку кукурузы отмечается тенденция повышения содержания макроэлементов в урожае по сравнению с фоновым вариантом.

Таблица 3

**Влияние некорневой подкормки микроудобрениями МикроСтим на содержание макро- и микроэлементов в урожае кукурузы**

Вариант опыта	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn
	% сухой массы			мг/кг сухой массы	
Зеленая масса					
1. N <sub>150</sub> – фон 1	1,55	0,98	1,42	3,1	8,8
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	1,89	1,03	2,04	–	9,9
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк, Бор	1,61	1,10	2,04	–	9,5

Вариант опыта	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn
	% сухой массы			мг/кг сухой массы	
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	1,64	1,07	1,57	–	–
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Медь	1,68	0,94	1,70	5,3	12,0
6. N <sub>150</sub> P <sub>35</sub> K <sub>70</sub> – фон 2	1,29	0,61	1,72	2,2	8,2
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	1,49	0,62	1,74	–	9,4
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Бор	1,39	0,86	1,98	–	9,3
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	1,47	0,96	1,57	–	–
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Медь	1,35	0,74	1,73	3,9	10,6
Зерно					
1. N <sub>150</sub> – фон 1	1,44	0,78	0,36	1,2	10,0
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	1,61	1,06	0,59	–	14,8
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Бор	1,61	1,09	0,60	–	9,8
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	1,61	0,91	0,46	–	–
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Медь	1,54	0,92	0,48	1,3	14,3
6. N <sub>150</sub> P <sub>35</sub> K <sub>70</sub> – фон 2	1,09	0,95	0,35	1,1	7,1
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	1,22	1,00	0,53	–	9,6
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Бор	1,26	0,94	0,52	–	9,2
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	1,34	0,99	0,48	–	–
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Медь	1,29	0,99	0,50	2,4	10,9

При возделывании кукурузы в производственном опыте некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим была экономически оправданным приемом на двух фонах минерального питания (табл. 4). Так, на фоне азотных удобрений N<sub>150</sub> более эффективно было применение в некорневую подкормку кукурузы на зеленую массу микроудобрения МикроСтим-Цинк,Бор, где получен чистый доход 43,8 USD/га при рентабельности 103 %, МикроСтим-Цинк,Медь – 38,4 USD/га и 94 % и МикроСтим-Цинк – 23,8 USD/га и 79 % соответственно. На фоне минеральных удобрений N<sub>150</sub>P<sub>35</sub>K<sub>70</sub> наибольший чистый доход обеспечивали: МикроСтим-Цинк,Бор – 48,4 USD/га при рентабельности 107 %, МикроСтим-Цинк – 42,5 USD/га и 10106 % и МикроСтим-Цинк,Медь – 45,4 USD/га и 102 % соответственно. При возделывании кукурузы на зерно эффективность этих микроудобрений была выше. На фоне внесения азотных удобрений в дозе N<sub>150</sub> некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим-Цинк,Медь обеспечила чистый доход 69,6 USD/га при рентабельности 158 %, МикроСтим-Цинк,Бор – 62,4 USD/га и 153 %, МикроСтим-Цинк – 47,0 USD/га и 141 % соответственно. На фоне внесения минеральных удобрений в дозе N<sub>150</sub>P<sub>35</sub>K<sub>70</sub> наибольший чистый доход обеспечивало применение в некорневую подкормку МикроСтим-Цинк,Бор – 68,5 USD/га (рентабельность 159 %), МикроСтим-Цинк – 51,3 USD/га (146 %) и МикроСтим-Цинк,Медь – 79,1 USD/га (164 %). Следует отметить, что более высокая экономическая эффективность получена при внесении в некорневую подкормку кукурузы микроудобрения МикроСтим-Бор на двух фонах минерального питания, чистый доход составил 59,1–81,8 USD/га (зеленая масса) и 74,9–82,9 USD/га (зерно) при рентабельности 216–238 % и 242–249 % соответственно.

Таблица 4

**Экономическая эффективность применения в некорневую подкормку  
микроудобрений МикроСтим при возделывании кукурузы  
в производственном опыте**

Вариант опыта	Прибавка урожая, ц/га	Стои- мость прибавки	Общие затраты*	Условно чистый доход	Рента- бель- ность, %
Зеленая масса					
1. N <sub>150</sub> – фон 1	–	–	–	–	–
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	30	54,0	30,2	23,8	79
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Бор	48	86,4	42,6	43,8	103
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	32	57,6	27,3	30,3	111
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Медь	44	79,2	40,8	38,4	94
6. N <sub>150</sub> P <sub>35</sub> K <sub>70</sub> – фон 2	–	–	–	–	–
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	46	82,8	40,3	42,5	106
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Бор	52	93,6	45,2	48,4	107
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	43	77,4	34,3	43,1	126
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Медь	50	90,0	44,6	45,4	102
Зерно					
1. N <sub>150</sub> – фон 1	–	–	–	–	–
2. Фон 1 + МикроСтим-Цинк	6,7	80,4	33,4	47,0	141
3. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Бор	8,6	103,2	40,8	62,4	153
4. Фон 1 + МикроСтим-Бор	7,2	86,4	30,9	55,5	180
5. Фон 1 + МикроСтим-Цинк,Медь	9,5	114,0	44,4	69,6	158
6. N <sub>150</sub> P <sub>35</sub> K <sub>70</sub> – фон 2	–	–	–	–	–
7. Фон 2 + МикроСтим-Цинк	7,2	86,4	35,1	51,3	146
8. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Бор	9,3	111,6	43,1	68,5	159
9. Фон 2 + МикроСтим-Бор	7,9	94,8	33,2	61,6	185
10. Фон 2 + МикроСтим-Цинк,Медь	10,6	127,2	48,1	79,1	164

\* **Общие затраты:** стоимость микроудобрений; затраты на внесение микроудобрений; затраты на уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученного за счет применения микроудобрений.

## ВЫВОДЫ

На дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве некорневая подкормка кукурузы в фазе 6–8 листьев микроудобрениями МикроСтим-Цинк,Бор и МикроСтим-Цинк,Медь на фоне азотных удобрений (N<sub>150</sub>) повышает урожайность зеленой массы на 48 и 44 ц/га, зерна – на 8,6 и 9,5 ц/га при рентабельности 103 и 94 %, 153 и 158 % соответственно. На фоне минеральных удобрений (N<sub>150</sub>P<sub>35</sub>K<sub>70</sub>) внесение микроудобрений МикроСтим-Цинк,Бор и МикроСтим-Цинк,Медь в некорневую подкормку кукурузы увеличивает урожайность зеленой массы на 52 и 50 ц/га, зерна – на 9,3 и 10,6 ц/га при рентабельности 107 и 102 %, 159 и 164 % соответственно.

Некорневая подкормка кукурузы микроудобрениями МикроСтим способствовала повышению содержания цинка и меди в зеленой массе и зерне, но их концентрация не достигала нижней границы оптимального содержания в кормах. В сравнении с фоновым вариантом содержание цинка в зеленой массе было выше на 3,2–4,8 мг/кг, меди – на 1,7–2,2 мг/кг сухой массы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – М.: Наука, 1974. – 324 с.
2. Сычев, В. Г. Цинк в агроэкосистемах России. Миниторинг и эффективность применения / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, Т. А. Яковлева. – М.: ВНИИА, 2015. – 204 с.
3. Душкин, А. Н. Комплексоны микроэлементов и регуляторы роста в интенсивных технологиях / А. Н. Душкин, Н. С. Беспалова // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 6. – С. 68–71.
4. Интенсификация продукционного процесса растений. Приемы управления / В. Г. Сычев [и др.]. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

## AGROECONOMIC EFFICIENCY OF MICROFERTILIZERS IN CULTIVATION OF CORN UNDER PRODUCTION CONDITIONS ON SODDY-PODZOLY HIGHLY CULTURED LIGHT-LAY SOIL

M. V. Rak, E. N. Pukalova, N. S. Guzova, L. N. Guk,  
V. A. Mukovozchik, Yu. A. Artyukh

### Summary

The article presents the results of studies on the effectiveness of the use of liquid micro-fertilizers MicroStim in the cultivation of corn under production conditions on sod-podzolic highly cultivated light loamy soil. It has been established that foliar feeding of corn with MicroStim micronutrient fertilizers in the phase of 6–8 leaves increases the yield of green mass by 48–52 c/he, grain – by 9,5–10,6 c/he, zinc content by 3,2–4,8 mg/he kg, copper – by 1,7–2,2 mg/kg dry weight.

*Поступила 12.05.21*