

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ ЦИНКОМ, ЙОДОМ И СЕЛЕНОМ НА УРОЖАЙНОСТЬ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЗЕЛЁНОЙ МАССЫ И ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Ю.В. Кляусова, М.В. Рак

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза – одна из важнейших кормовых культур. Высокая потенциальная урожайность и сравнительно небольшие затраты при производстве обуславливают её широкое распространение. Важным условием в получении высоких и устойчивых урожаев кукурузы, является дифференцированное обеспечение её всеми необходимыми макро- и микроэлементами в зависимости от условий возделывания. Внесение микроудобрений в процессе роста и развития кукурузы необходимо для сбалансированного питания культуры, повышения урожайности и улучшения качества, получаемой продукции [1].

В настоящее время особенно острой проблемой является дефицит йода и селена в сельскохозяйственной продукции, идущей как на продовольственные, так и на кормовые цели.

В организм человека йод поступает с продуктами растительного и животного происхождения. Потребность человека в йоде составляет 100-200 мкг/сутки [2]. Оптимальное содержание йода в корме для животных в зависимости от вида и возраста колеблется от 0,4 до 1,5 мг/кг сухой массы. Антисептические свойства йода губительно действуют на вирусы и бактерии, поэтому при добавлении в пищу животным йодсодержащих препаратов у них снижается заболеваемость и увеличивается продуктивность [3].

В результате исследований, связанных с недостатком йода в окружающей среде, была признана его значительная роль не только для человека и животных, но и для растений. Под влиянием йода в растениях усиливается интенсивность протекания синтетических процессов, что в конечном итоге приводит к увеличению урожая и улучшению его качественного состава. Йод ускоряет передвижение образующихся в процессе фотосинтеза первичных углеводов к месту образования запасных полисахаридов и усиливает их биосинтез. Среднее содержание йода в сухом веществе растений составляет 0,30-0,42 мг/кг, при обычных колебаниях 0,01-2,5 мг/кг [3].

Актуальность научных исследований с селеном в последние годы обусловлена дефицитом селена в продуктах питания и низкой суточной нормой потребления этого элемента человеком и животными, а также практически повсеместным распространением в республике селендефицитного заболевания молодняка животных – беломышечной болезни. Дефицит селена в продуктах питания приводит к возникновению у человека кардиомиопатии, поражения печени и других заболеваний. Среднестатистический житель Республики Беларусь не дополучает около 80% селена в сутки [2].

Маршрутное обследование сельскохозяйственных земель Беларуси показало, что содержание валового селена в основных типах почв очень низкое (6,5 – 265,4 мкг/кг) [4].

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности высокопродуктивных коров требуется от 0,1 до 0,5 мг селена на 1 кг сухого вещества рациона [5, 6]. Однако, содержание в корме селена 7-10 мг/кг сухой массы вызывает острую интоксикацию, которая может привести к летальному исходу. Поэтому, в связи с высокой токсичностью селена, система применения селеновых удобрений должна быть строго регламентирована в зависимости от свойств почв и биологических особенностей культур [7].

Особенно важен для полноценного роста и развития кукурузы цинк, так как она очень чувствительна к его недостатку. Данный элемент принимает непосредственное участие в синтезе хлорофилла и оказывает влияние на фотосинтез и углеводный обмен в растении. Цинк является необходимым микроэлементом для человека и животных. Он входит в состав инсулина, а также обнаружен в половых железах. При его недостатке у молодых животных наблюдается замедление роста, развитие кожных болезней [8]. Недостаток цинка проявляется у животных при содержании его в корме менее 20 мг/кг, а избыток – выше 60 мг/кг [9].

Известно, что растительная пища является основным поставщиком микроэлементов. Одним из путей преодоления дефицита йода и селена в растениеводческой продукции является повышение их содержания в растениях агрохимическим путём. Поэтому, целью наших исследований являлось определение эффективности проведения некорневой подкормки цинком, йодом и селеном для повышения урожайности и оптимизации содержания данных микроэлементов в зелёной массе и зерне кукурузы.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2007-2008 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связных водно-ледниковых супесях, подстилаемых с глубины 0,85 м лёгким моренным суглинком. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН в КСl – 6,0-6,2; гумус 2,42-2,65%; P_2O_5 и K_2O в 0,2 н НСl 210-220 и 215 – 230 мг/кг почвы. Содержание подвижного цинка 2,0-2,2 мг/кг почвы; общего йода и селена 0,22-0,28 мг/кг и 30-35 мкг/кг соответственно.

Общая площадь делянки – 25 м². Предшественник – люпин узколистый. Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, весеннюю культивацию и предпосевную обработку.

Посев кукурузы с нормой высева 120 тыс. шт./га проводился в 2007 г. во второй декаде мая (18.05) и в 2008 г. в первой декаде мая (07.05). Для посева использовался гибрид Дельфин RM 020 – французской селекции, раннеспелый (ФАО 180).

Согласно схеме опыта некорневые подкормки кукурузы цинком, йодом и селеном проводились на двух уровнях органоминерального питания (Фон 1 – 50 т/га навоза + $N_{120} P_{60} K_{120}$, Фон 2 – 50 т/га навоза + $N_{180} P_{90} K_{180}$). Микроэлементы в дозах – Zn – 150 г/га д.в., I – 60, 120, 180 г/га д.в. и Se – 30, 60, 90 г/га д.в. вносились в фазу 6-8 листьев. В качестве микроудобрений использовались минеральные соли (сульфат цинка, йодистый калий, селенит натрия). Макроудобрения – КАС, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий вносились согласно схеме опыта в основное внесение.

В фазе 4-5 листьев на втором уровне минерального питания ($N_{180} P_{90} K_{180}$ кг/га) была проведена подкормка кукурузы карбамидом в дозе 30 кг/га д.в.

Уход за посевами включал обработку гербицидом Примэкстра Голд с нормой расхода 4 л/га до появления всходов кукурузы.

Уборка зелёной массы кукурузы проводилась в фазу восковой спелости. Данные урожайности приводились к 70% влажности. На зерно кукурузу убирали при наступлении фазы полной спелости зерна. Данные приводились к стандартной влажности (14%).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях, в среднем за два года, применение только органоминеральной системы удобрения позволило получить урожайность зелёной массы 508 ц/га на первом фоне и 566 ц/га на втором (табл. 1).

Таблица 1

Влияние микроудобрений на урожайность и содержание цинка и йода в зелёной массе кукурузы (среднее за 2007-2008гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание йода мг/кг сухой массы				Содержание цинка мг/кг сухой массы			
			Початок	Стебель	Лист	З/М	Початок	Стебель	Лист	З/М
Фон 1	508	–	0,22	0,17	0,29	0,19	16,1	15,4	19,5	16,9
$I_{60} Zn_{150}$	575	67	0,42	0,32	0,59	0,41	22,3	22,0	27,6	23,2
$I_{120} Zn_{150}$	580	72	0,55	0,52	0,90	0,61	23,7	23,2	27,7	24,3
$I_{180} Zn_{150}$	558	50	0,69	0,58	1,05	0,72	19,3	19,2	22,5	20,2
Фон 2	566	–	0,21	0,17	0,29	0,21	17,2	16,1	18,9	16,7
$I_{60} Zn_{150}$	646	80	0,40	0,30	0,60	0,40	21,4	22,0	27,0	22,6
$I_{120} Zn_{150}$	644	78	0,57	0,45	0,84	0,58	23,5	23,2	29,5	23,9
$I_{180} Zn_{150}$	627	61	0,66	0,53	0,99	0,68	18,8	17,5	23,4	20,0
НСР _{0,5}	18,4					0,09				3,8

* – Фон 1 – 50 т/га навоза + $N_{120} P_{60} K_{120}$, Фон 2 – 50 т/га навоза + $N_{180} P_{90} K_{180}$

Применение некорневой подкормки $I_{60} Zn_{150}$ приводило к увеличению урожайности зелёной массы на 67 ц/га на первом уровне минерального питания и на 80 ц/га на втором. Наибольшая прибавка урожая зелёной массы кукурузы 72 ц/га (фон 1) была обеспечена сочетанием $I_{120} Zn_{150}$.

Внесение йодида калия в дозе 180 г/га д.в. совместно с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д.в. на первом фоне приводило к снижению урожайности зелёной массы на 22 ц/га, а на втором на 17 ц/га по сравнению с вариантом I₁₂₀ Zn₁₅₀.

Содержание йода в зелёной массе кукурузы в среднем за 2007-2008 гг. в фоновых вариантах низкое – 0,19 мг/кг сухой массы (фон 1) и 0,21 мг/кг (фон 2). На первом уровне питания накопление происходило с 0,19 мг/кг в фоновом варианте до 0,72 мг/кг в варианте I₁₈₀ Zn₁₅₀, а на втором с 0,21 мг/кг до 0,68 мг/кг сухой массы соответственно.

По результатам исследований определение содержания йода в початке, стебле и листе кукурузы показало, что наибольшее его количество находится в листе и составляет 0,29-1,05 мг/кг сухой массы на первом фоне, и 0,29-0,99 мг/кг на втором, а наименьшее в стебле 0,17-0,58 мг/кг сухой массы и 0,17-0,53 мг/кг соответственно. Початок занимает промежуточное место между листом и стеблем, содержание в нём йода находится в пределах 0,22-0,69 мг/кг сухой массы на первом уровне минерального питания и 0,21-0,66 мг/кг на втором.

При внесении йодида калия в некорневую подкормку существенно увеличивается содержание йода в зелёной массе в 1,9-3,8 раз, а также в отдельных её частях по сравнению с фоновыми вариантами, тем самым, обеспечивая оптимальное содержание йода в зелёной массе кукурузы (0,4-1,5 мг/кг сухой массы).

При изучении сочетания возрастающих доз йодида калия 60, 120, 180 г/га д.в. с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д.в. на обоих уровнях минерального питания было установлено, что данные сочетания обеспечивают увеличение содержания цинка в зелёной массе кукурузы до оптимальных значений (20-60 мг/кг сухой массы). Содержание варьирует от 20,2 до 24,3 мг/кг сухой массы на первом уровне питания и от 20,0 до 23,9 мг/кг на втором. Однако, сочетание максимальной дозы йодида калия 180 г/га д.в. с сульфатом цинка приводило не только к снижению урожайности кукурузы, но также к уменьшению содержания цинка в зелёной массе кукурузы на 4,1 мг/кг сухой массы на первом фоне и на 3,9 мг/кг на втором по сравнению с вариантом I₁₂₀ Zn₁₅₀.

Изучая, накопление цинка в частях кукурузы, было определено, что наибольшее его количество находится в листьях и составляет 19,5-27,7 мг/кг (фон 1) и 18,9-29,5 мг/кг (фон 2), а в початке и стебле оно находится в пределах 15,4-23,5 мг/кг сухой массы.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение органоминерального питания обеспечивает урожайность зерна кукурузы 79,6 ц/га на первом уровне минерального питания и 91,7 ц/га на втором (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микроудобрений на урожайность и содержание цинка и йода в зерне кукурузы (среднее за 2007-2008гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание йода мг/кг сухой массы	Содержание цинка мг/кг сухой массы
Фон 1	79,6	–	0,19	19,3
I ₆₀ Zn ₁₅₀	89,2	9,6	0,21	23,5
I ₁₂₀ Zn ₁₅₀	89,6	10,0	0,27	24,5
I ₁₈₀ Zn ₁₅₀	87,8	8,2	0,33	21,0
Фон 2	91,7	–	0,17	18,6
I ₆₀ Zn ₁₅₀	103,3	11,6	0,21	22,8
I ₁₂₀ Zn ₁₅₀	104,0	12,3	0,25	23,6
I ₁₈₀ Zn ₁₅₀	100,9	9,2	0,33	21,2
НСР _{0.5}	2,7		0,06	2,8

*– фон 1 – 50 т/га навоза + N₁₂₀ P₆₀ K₁₂₀, фон 2 – 50 т/га навоза + N₁₈₀ P₉₀ K₁₈₀

Максимальные прибавки урожая зерна кукурузы были получены в вариантах I₆₀ Zn₁₅₀ и I₁₂₀ Zn₁₅₀ и составили 9,6-10,0 ц/га на первом фоне и 11,6-12,3 ц/га на втором. Применение варианта I₁₈₀ Zn₁₅₀ на первом уровне питания приводило к снижению урожайности зерна кукурузы на 2,5% и на втором на 3,1% по сравнению с вариантом I₁₂₀ Zn₁₅₀.

Внесение возрастающих доз йодида калия 60, 120, 180 г/га д.в. в сочетании с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д. в. обеспечивало существенное увеличение содержание йода в зерне кукурузы, но не достигало оптимума.

Изучение применения возрастающих доз йодида калия в сочетании с одинаковой дозой сульфата цинка показало, что данные сочетания обеспечивают увеличение содержания цинка в зерне кукурузы до оптимальных показателей и колеблются от 21,0 до 24,5 мг/кг сухой массы на первом уровне минерального питания и от 21,2 до 23,6 на втором, но необходимо отметить, что максимальная доза йода 180 г/га д.в. в сочетании с цинком в дозе 150 г/га д.в. приводила к снижению накопления цинка зерном кукурузы на первом фоне на 3,5 мг/кг сухой массы или на 14,3 % и на втором на 2,4 мг/кг или на 10,2%.

Результаты наших исследований показывают, что при внесении селена в некорневую подкормку кукурузы отмечается лишь тенденция роста урожайности зелёной массы (табл. 3).

Таблица 3

Влияние селена на урожайность и содержание элемента в зелёной массе кукурузы (среднее за 2007-2008гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание селена мкг/кг сухой массы			
			Початок	Стебель	Лист	З/М
Фон 1	508	–	52	10	58	36
Se ₃₀	524	16	130	71	71	94
Se ₆₀	526	18	253	128	186	187
Se ₉₀	526	18	388	173	392	295
Фон 2	566	–	87	22	48	53
Se ₃₀	583	17	153	78	70	107
Se ₆₀	583	17	217	157	218	191
Se ₉₀	581	15	393	184	374	301
НСП _{0,5}	18,4					42

*– фон 1 – 50 т/га навоза + N₁₂₀ P₆₀ K₁₂₀, фон 2 – 50 т/га навоза + N₁₈₀ P₉₀ K₁₈₀

Содержание селена в зелёной массе кукурузы в среднем за два года на фоновых вариантах было низкое и составило 36 мкг/кг на первом фоне и 53 мкг/кг сухой массы на втором, что объясняется невысокой обеспеченностью почвы данным элементом. При последовательном увеличении доз вносимого селена 30, 60, 90 г/га д.в. происходило увеличение его накопления в зелёной массе до 8,2 раз на первом фоне и до 5,7 на втором. При этом его содержание в растениях соответствовало оптимальной для кормов концентрации (100-500 мкг/кг сухой массы).

Определение содержания селена в отдельных частях растения кукурузы показало, что наибольшее его количество на обоих уровнях минерального питания находится в початке 52-388 мкг/кг на первом фоне и 87-393 мкг/кг сухой массы на втором, а также в листе 58-392 мкг/кг и 48-374 мкг/кг соответственно. Наименьшее содержание селена в стебле 10-173 мкг/кг сухой массы на первом уровне минерального питания и 22-184 мкг/кг на втором.

Применение селена в некорневую подкормку кукурузы не приводит к достоверному увеличению урожайности зерна кукурузы (табл. 4).

Внесение возрастающих доз селена 30, 60, 90 г/га д.в. обеспечивало увеличение содержания данного элемента в зерне кукурузы в пределах оптимальной концентрации. Так, на первом уровне минерального питания накопление селена возрастало с 26 мкг/кг в фоновом варианте до 380 мкг/кг в варианте с дозой внесения селена 90 г/га д.в., а на втором содержание составило 42-360 мкг/кг соответственно.

Некорневая подкормка кукурузы селеном значительно увеличивает содержание элемента в зерне в 4,5-14,6 раз и в зелёной массе 2,0-8,2 раза по сравнению с фоновыми вариантами, что способствует оптимизации содержания селена в урожае кукурузы. При этом содержание селена в зерне от некорневой подкормки селеновым удобрением увеличивалось более значительно с 26-42 до 360-380 мкг/кг сухой массы, чем в зелёной массе с 36-53 до 295-301 мкг/кг.

**Влияние селена на урожайность и содержание элемента в зерне кукурузы
(среднее за 2007-2008гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание селена мкг/кг сухой массы
Фон 1	79,6	–	26
Se ₃₀	82,1	2,5	224
Se ₆₀	81,7	2,1	247
Se ₉₀	81,4	1,8	380
Фон 2	91,7	–	42
Se ₃₀	94,2	2,5	191
Se ₆₀	93,9	2,2	230
Se ₉₀	93,6	1,9	360
НСР _{0,5}	2,7		36

*– фон 1 – 50 т/га навоза + N₁₂₀ P₆₀ K₁₂₀, фон 2 – 50 т/га навоза + N₁₈₀ P₉₀ K₁₈₀

ВЫВОДЫ

1. Некорневая подкормка кукурузы йодидом калия в дозе 60 г/га д.в. в сочетании с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д.в. на обоих уровнях минерального питания обеспечивала увеличение урожайности зелёной массы на 67-80 ц/га и зерна на 9,6-11,6 ц/га. Повышение дозы йода в некорневую подкормку до 120 и 180 г/га д.в. не приводило к увеличению урожайности зелёной массы и зерна кукурузы.

2. Внесение йодида калия в дозах 60, 120, 180 г/га д.в. в сочетании с цинком в дозе 150 г/га д.в. приводило к увеличению содержания йода в зелёной массе кукурузы до 0,41-0,72 мг/кг сухой массы. Влияние этих же доз на накопление йода зерном кукурузы было существенным, но не достигало оптимальных показателей (0,4-1,5 мг/кг сухой массы). Содержание цинка в зелёной массе и зерне кукурузы соответствовало нижнему уровню оптимальных значений и варьировало от 20,0 до 24,3 мг/кг в зелёной массе и от 21,0 до 24,5 мг/кг в зерне.

3. Внесение селена в некорневую подкормку в дозах 30, 60, 90 г/га д.в. не приводило к достоверному увеличению урожайности зеленой массы и зерна кукурузы на обоих уровнях минерального питания. Некорневая подкормка кукурузы селенитом натрия способствовала накоплению селена в зелёной массе 107-301 мкг/кг сухой массы и зерне 191-380 мкг/кг, соответствующая оптимальной для кормов концентрации (100-500 мкг/кг сухой массы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлапунов, В. Важнейшие вопросы эффективного выращивания кукурузы в Беларуси / Шлапунов В., Щербаков В., Шпаар Д. // Земледелие и растениеводство – 1999. – № 3 – С. 15-20.
2. Авцын, А.П. Микроэлементы человека /А.П. Авцын [и др]. – М.: Медицина, 1991. - 496 с.
3. Кашин, В.К. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода / В.К. Кашин. – Л.: Наука, 1987. – 240 с.
4. Головатый, С.Е. Содержание селена в почвах и растениях Беларуси / С.Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – Минск. – 2005. – С. 89-93.
5. Майсеенок, А.Г. Селен, селеноаминокислоты, селенопротеины: биодоступность, биосинтез, биохимические функции / А.Г. Майсеенок, Е.В. Пестюк, Е.А. Майсеенок // Питание и обмен веществ: сб. науч. тр. – Гродно, 2002. – С. 70-98.
6. Надаринская, М.А. Эффективность использования разных уровней селена в кормлении высокопродуктивных коров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / М.А. Надаринская. – Жодино, 2004. – 18с.
7. Персон, Б. Биологическая функция селена / Б. Персон. – Кишинёв, 1983. – 215 с.
8. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – М.: Наука, 1974. – 324 с.
9. Ковальский, В. В. Микроэлементы в растениях и кормах / В. В. Ковальский. – М.: Колос,-1971. – 235 с.

INFLUENCE OF OUTSIDE ROOT TOP-DRESSING IODINE AND SELENIUM ON PRODUCTIVITY GREEN MASS AND GRAIN CORN AND MICROELEMENT COMPOSITION

Yu. V. Klausova, M.V. Rak

Summary

Outside root top-dressing of corn by iodine in dozes 60 g/ha reactant with zinc in doze 150 g/ha reactant on different rates of mineral nutrition (50 t/ha manure+N₁₂₀ P₆₀ K₁₂₀-rate 1 и 50 t/ha manure +N₁₈₀ P₉₀ K₁₈₀-rate 2) gives increase productivity green mass on 67-80 c/ha and grain on 4,6-5,8 c/ha. Entering of iodine in dozes 60, 120, 180 g/ha reactant with zinc in doze 150 g/ha reactant increase contain iodine until optimal level in green mass corn. Influence above mentioned dozes on contain iodine in grain corn was evidence, but fall short optimal level (0,4-1,5 mg/kg dray mass). Contain zinc in green mass was 20,0-24,3 mg/kg and grain corn was 21,0-24,5 mg/kg.

Use selenium in dozes 30, 60, 90 g/ha reactant on different rates of mineral nutrition does not to really increase yield corn, but increase selenium content in green mass and grain corn until optimal level (100-500 mkg/kg dray mass).

Поступила 22 апреля 2009 г.