

УДК 636.085.1:631.82'862.1

## СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОРМОВЫХ КУЛЬТУРАХ, ВЫРАЩЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАВОЗА И ВЫСОКИХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. А. БОЕВ, С. В. СТЕНОВСКИЙ, В. В. СТЕПАНОВ

(Кафедра кормления с.-х. животных)

Приводятся данные о содержании калия, кальция, фосфора, меди и цинка в кормовых культурах, выращиваемых при внесении навоза и минеральных удобрений. Применение органических и минеральных удобрений приводило не только к повышению урожайности кормовых культур, но и к изменению минерального состава растений, причем действие сравниваемых форм удобрений на содержание макро- и микроэлементов было неоднозначным.

В условиях интенсификации кормопроизводства применение удобрений, особенно азотных, способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур и содержанию протеина и каротина в растениях [3, 4, 7]. Наряду с положительным действием на урожай удобрения в определенных условиях могут вызывать накопление в различных органах растений химических элементов, в том числе тяжелых металлов, что может стать причиной отравления животных и человека [1, 2, 5, 6].

Необходимость применения повышенных норм органических удобрений под кормовые культуры тесно связана с проблемой утилизации навоза на крупных промышленных комплексах. В связи с этим задачей наших исследований, которые проводили в 1985—1987 гг. в совхозе имени 60-летия Союза ССР Подольского района Московской области, было изучение влияния разных видов и норм удобрений на содержание минеральных веществ в кормовых культурах. Система удобрения в полевом опыте (табл. 1) составлена согласно установленным потребностям растений в питательных веществах с учетом имеющегося в почве запаса. Удобрения под кормовые культуры вносили в минеральной и органической форме.

Почва опытных участков дерново-слабоподзолистая, среднесуглинистая на покровном суглинке, окультуренная, мощность пахотного слоя — 25—27 см, рН почвы — 6,8. Содержание в почве (0—20 см) легкогидролизуемого азота — 6,0—8,8 мг, подвижного фосфора — 20,8—32,2, обменного калия — 15,8—21,2 мг/100 г, гумуса — 1,5—2,0 %, цинка — 1,3 и меди — 3,7 мг на 1 кг воздушно-сухой почвы.

Таблица 1

Система удобрения в полевом опыте

Культура	Вариант опыта							
	II—минеральные удобрения, кг д. в. на 1 га			III—бесподстиличный навоз, т/га	IV—бесподстиличный навоз (т/га) + минеральные удобрения, кг д. в. на 1 га			
	азот	фосфор	калий		навоз	азот	фосфор	калий
Клеверотимофеечная смесь	90	60	35	35	35	45	30	30
Кукуруза	320	180	470	160	80	170	30	200
Свекла кормовая	400	50	530	200	100	200	—	220
Оз. пшеница	150	60	1507	80	40	140	—	—
Ячмень	200	35	80	160	50	130	—	—

Примечание. Прочерк означает, что удобрения не вносили; I вариант—контроль (без удобрений).

Содержание минеральных элементов в кормовых культурах определяли рентгенофлуоресцентным методом, основанным на анализе вторичных спектров характеристического рентгеновского излучения.

## Результаты

Клеверотимофеечная смесь. Содержание минеральных веществ в зеленой массе определяли в фазы кушения, колошения и цветения злаков. В результате внесения удобрений урожай клеверотимофеечной смеси в фазу начала цветения злаков повысился во всех вариантах. Так, во II варианте он составил 450 ц/га, в III — 495, IV — 488 ц/га, в то время как в контроле — 320 ц/га. При математической обработке экспериментальных данных не установлено существенных различий в урожаях клеверотимофеечной смеси между разными расчетными системами удобрения — минеральной, органической и органо-минеральной. Это указывает на то, что в условиях хозяйств, где имеются большие запасы жидкого навоза, возможно получение одинаковых планируемых урожаев кормовых культур при внесении разных видов удобрений на поля, удаленные от животноводческого комплекса на различные расстояния (на близко расположенные к комплексу — жидкий навоз, среднеудаленные — жидкий навоз совместно с минеральными удобрениями, далеко расположенные — минеральные удобрения).

Таблица 2

Содержание минеральных веществ в сухом веществе клеверотимофеечной смеси

Вариант опыта	Калий	Кальций	Фосфор	Медь	Цинк
	%			мг/кг	
Кушение					
I	1,24	0,71	0,33	3,12	28,1
II	3,34	0,64	0,29	2,95	34,8*
III	3,90*	0,71	0,32	3,01	36,7*
IV	3,73	0,72	0,32	2,69	25,9
Колошение					
I	2,09	0,92	0,35	2,42	29,0
II	3,44	0,67	0,30	3,55*	34,3
III	3,36	0,87	0,32	3,06	27,6
IV	3,40	0,84	0,34	2,56	25,9
Цветение					
I	1,93	0,82	0,29	3,02	25,1
II	3,16	0,73	0,28	3,12	24,7
III	3,50	0,84	0,31	2,75	23,6
IV	2,94	0,66	0,26	3,04	26,0

Примечание. В этой и последующих таблицах одной звездочкой обозначена достоверность разности по отношению к контролю при  $P \geq 0,95$ .

Так, в период кушения тимофеевки концентрация калия в растениях, выращенных на удобренных участках, была на 11—30 % выше рекомендуемых норм (2,5—3,0 %). Минимальное количество калия (1,24 %) отмечено в контрольном варианте. Не выявлено существенной разницы по содержанию калия в травах, под которые вносили минеральные удобрения и жидкий навоз.

Концентрация кальция в сухом веществе клеверотимофеечной смеси мало изменялась в течение вегетационного периода и не зависела от вида удобрения. До фазы колошения злаков содержание этого макроэлемента в растениях увеличилось на 15—25 %, затем оно несколько снизилось. Подобная тенденция наблюдалась при изменении количества фосфора. Отношение кальция к фосфору во все фазы вегетации было удовлетворительным и находилось в пределах 2,2:1—2,8:1.

Содержание меди в клеверотимофеечной смеси практически не изменялось по фазам вегетации и составляло 2,4—3,5 мг на 1 кг сухого вещества, что соответствовало нижней границе нормы (3—12 мг/кг). Дефицит меди следует устранять за счет подкормки растений микро-

удобрениями, в частности медными. Наибольшее влияние на накопление этого элемента в травостое оказали минеральные удобрения, которые вносили из расчета 90 кг азота и по 60 кг фосфора и калия на 1 га. Так, в стадию колошения тимофеевки содержание меди в образцах II варианта было на 48 % больше, чем в контроле. В остальных вариантах разность по отношению к контролю оказалась недостоверна.

Содержание цинка в растениях в фазу кущения при раздельном внесении аммиачной селитры и жидкого навоза увеличилось по сравнению с контролем соответственно на 23,8 и 30,6 %, а при совместном применении — уменьшилось на 8,5 %. В фазу колошения злаков по сравнению с предыдущей фазой вегетации содержание цинка при внесении жидкого навоза снизилось на 33 %. В фазу цветения злаков концентрация цинка в растениях уменьшилась во всех вариантах опыта и была на уровне 23,6—26,0 мг на 1 кг сухого вещества.

Оптимальным содержанием меди в пастбищных травах считается 3—12 мг и выше, цинка — 20—40, кобальта — 0,25—1,0 мг на 1 кг сухого вещества.

**Кукуруза.** В Московской области кукуруза — одна из перспективных высокоурожайных кормовых культур — отзывчива на внесение удобрений и орошение. В последнее десятилетие в качестве удобрения под кормовые культуры, в том числе и под кукурузу, стали использовать жидкий навоз. Внесение такого удобрения под кормовые культуры благоприятно сказывается на их химическом составе (увеличивается содержание сырого протеина и каротина). Данные о содержании микроэлементов в кукурузе при использовании жидкого навоза практически отсутствуют.

В нашем опыте навоз, фосфорные и калийные удобрения вносили под вспашку, азотные — под культивацию. Содержание минеральных веществ в растениях определяли в фазу молочно-восковой спелости зерна, при оценке полноценности зеленого корма учитывали содержание нитратов. Урожайность зеленой массы кукурузы сорта Днепровский 247 МВ при внесении удобрений резко увеличилась и составила во II варианте 901 ц/га, в III — 749, в IV — 886, в то время как в контроле — 384 ц/га. Содержание макро- и микроэлементов в кукурузе значительно колебалось в зависимости от вида удобрения, в разных частях растений оно было различным (табл. 3). Применение минеральных и органических удобрений привело к повышению содержания калия в сухом веществе стебля кукурузы. Не отмечено существенной разницы между вариантами опыта по концентрации этого элемента в початках. Ни в одном из отобранных образцов количество калия не превышало рекомендуемой нормы (2,5—3,0 %).

При внесении под кукурузу 160 т жидкого навоза на 1 га содержание кальция во всех частях растений снизилось в 1,5—2,0 раза, что, видимо, следует объяснить недостаточным его количеством в почве. Максимум фосфора содержался в листьях кукурузы (0,46—0,63 %), а минимум — в стебле и початках кукурузы (соответственно 0,10—0,14 и 0,06—0,12 %). Наивысшая кон-

Таблица 3

Содержание минеральных веществ в сухом веществе кукурузы

Вариант опыта	Калий	Кальций	Фосфор	Медь	Цинк
	%			мг/кг	
	Стебель				
I	1,72	0,24	0,14	2,31	16,3
II	2,74	0,17	0,12	2,18	18,1
III	2,00	0,15	0,10	4,94	12,0
IV	2,42	0,17	0,12	2,48	16,0
	Листья				
I	2,42	0,87	0,51	3,01	21,0
II	2,49	1,34	0,63	2,94	26,4
III	2,59	0,72	0,46	2,98	25,8
IV	2,58	0,76	0,49	2,67	24,8
	Початки				
I	1,37	0,12	0,10	3,66	25,9
II	1,32	0,08	0,07	3,83	17,5
III	1,32	0,06	0,06	3,40	20,4
IV	1,24	0,20	0,12	3,05	24,8

Таблица 4

Содержание минеральных веществ  
в сухом веществе кормовой свеклы

Вариант опыта	Калий	Кальций	Фосфор	Медь	Цинк
	%			мг/кг	
Корни					
I	2,28	0,16	0,22	6,07	15,2
II	3,18	0,18	0,26	2,74*	21,7*
III	2,54	0,11	0,21	6,42	20,8
IV	3,62	0,43	0,33	2,82	24,4
Ботва					
I	2,82	1,41	1,50	3,09	13,9
II	3,52	1,14	1,25	3,04	21,6*
III	3,46	0,98	1,09	2,93	41,9*
IV	3,49	2,08	2,27	3,00	29,9*

ли согласно потребности культуры в питательных веществах с учетом имеющегося в почве запаса (табл. 1).

Максимальная урожайность кормовой свеклы в период уборки была в IV варианте — 680 ц/га, что достоверно выше, чем в остальных опытных вариантах. При раздельном внесении минерального удобрения и жидкого навоза урожай кормовой свеклы увеличился соответственно до 575 и 497 ц/га против 218 ц/га в контроле.

Содержание минеральных веществ в разных вегетативных органах кормовой свеклы было неодинаковым, этот показатель зависел от вида удобрения (табл. 4).

Минимальное количество калия содержалось в контроле в период образования трех пар листьев — 1,75 %, в то же время во II, III и IV вариантах его содержание в сухом веществе было соответственно на уровне 4,61; 3,93; 5,32 %, что превышало норму, допускаемую для животных (2,5—3,0 %). Не отмечено существенной разницы между вариантами в указанный период по количеству кальция, фосфора и меди в растениях. Максимум цинка содержался в контроле и во II варианте — соответственно 44,3 и 41,3 мг/кг. По-видимому, этот элемент быстрее усваивался из минеральных удобрений и медленнее из жидкого навоза и его смеси с минеральными удобрениями (III и IV варианты).

В период максимального роста корнеплодов содержание калия было минимальным как в корнях, так и в ботве свеклы, выращенной без удобрений, а в опытных вариантах достоверно выше (в корнях — 2,66—3,26, ботве — 3,62—4,59 %). При совместном внесении жидкого навоза и аммиачной селитры как в корнях, так и в ботве увеличилось содержание кальция. То же можно сказать и о фосфоре.

Содержание меди во всех вариантах опыта было в пределах 2,74—6,07 мг на 1 кг сухого вещества, существенных различий между вариантами по этому показателю не наблюдалось. Лишь при использовании комбинированной формы удобрения по сравнению с I, II и III вариантами количество меди в ботве достоверно возросло.

По содержанию цинка в корнях свеклы III и IV вариантов по отношению к контролю и II варианту разность была достоверной. Максимум цинка содержался в ботве свеклы III варианта опыта. По мере формирования корнеплодов к моменту уборки количество калия в корнях и ботве свеклы несколько снижалось, а кальция и фосфора — увеличивалось. В этот период содержание меди в ботве свеклы во II и IV вариантах практически не изменилось. Концентрация цинка снизилась в корнях свеклы во всех вариантах опыта к моменту уборки и увеличилась в ботве III и IV вариантов.

центрация меди обнаружена в початках и стебле кукурузы (соответственно 3,83 и 4,94 мг на 1 кг сухого вещества в вариантах II и III).

При внесении 320N180P470K содержание цинка повысилось на 11 % в стебле и на 30 % в листьях кукурузы по сравнению с контрольным вариантом и резко снизилось количество цинка в початках (табл. 3).

Кормовая свекла. Кормовая свекла — один из важнейших компонентов рационов для сельскохозяйственных животных, поэтому при использовании высоких норм удобрений при выращивании этой культуры на корм животным необходимо контролировать качество урожая. В опытах удобрения вноси-

Озимая пшеница. Количество минеральных веществ в озимой пшенице колебалось в зависимости от вида удобрения и фазы вегетации (табл. 5). Концентрация калия в фазу кушения в растениях опытных вариантов была достоверно выше, чем в контроле. Между вариантами опыта существенных различий по содержанию этого макроэлемента в сухом веществе не отмечено. Количество калия было наибольшим в III варианте — 5,65 %.

По концентрации кальция, фосфора и меди в фазу кушения различия между вариантами оказались незначительными. Содержание цинка в озимой пшенице испытываемых вариантов колебалось в пределах 27—30 мг на 1 кг сухого вещества.

В фазу колошения количество калия в контроле было достоверно ниже, чем в опытных вариантах, а во II варианте достоверно выше, чем в I, III и IV. Концентрация фосфора в озимой пшенице несколько снизилась при использовании жидкого навоза и была ниже рекомендуемых зоотехнических норм (0,3—0,4 %).

По содержанию меди существенных различий между вариантами не обнаружено. Этот показатель был ниже физиологических норм для животных (3,0—10,0 мг на 1 кг сухого вещества), а в отдельных случаях находился на уровне нижней их границы.

Содержание цинка в озимой пшенице в фазу колошения при внесении удобрений достоверно снизилось по сравнению с контролем. В фазу цветения концентрация минеральных веществ в сухом веществе озимой пшеницы практически не изменилась и находилась на том же уровне, что и в предыдущую стадию развития. Это, вероятно, связано с непродолжительным периодом вегетации и недостаточным использованием растениями питательных веществ удобрений.

## Выводы

1. При внесении разных видов азотных удобрений содержание калия в клеверотимофеечной смеси во все фазы вегетации увеличилось и было выше нормы, рекомендуемой для животных, содержание в сухом веществе растений кальция и фосфора существенно не изменилось. Наибольшее влияние на накопление меди в травостое оказала аммиачная селитра (90 кг азота на 1 га) в фазу колошения злаков; ее содержание в клеверотимофеечной смеси на 48 % превысило контроль. В остальных вариантах опыта разница в концентрации меди была недостоверна, а ее уровень находился в пределах 2,42—3,12 мг на 1 кг сухого вещества растений. При использовании под травосмесь аммиачной селитры и жидкого навоза содержание цинка в фазу кушения увеличилось соответственно на 24 и 30 % по сравнению с контролем. В фазу цветения злаков количество цинка в травах уменьшилось и составило 24—26 мг на 1 кг сухого вещества.

2. В результате применения минеральных (320 кг азота на 1 га) и органических (160 т жидкого навоза на 1 га) удобрений содержание калия в стеблях кукурузы повысилось по сравнению с контролем. Од-

Таблица 5

Содержание минеральных веществ в сухом веществе озимой пшеницы

Вариант опыта	Калий	Кальций	Фосфор	Медь	Цинк
	%			мг/кг	
Кушение					
I	2,48	0,30	0,34	3,33	28,6
II	5,17*	0,32	0,36	2,80	29,8
III	5,65*	0,34	0,38	2,93	26,7
IV	4,85*	0,45*	0,42	3,20	27,0
Колошение					
I	1,95	0,34	0,32	3,06	27,0
II	3,43*	0,45*	0,42	3,18	19,5*
III	3,45*	0,24	0,27	2,67	20,6*
IV	3,99*	0,22	0,28	2,92	27,7
Цветение					
I	1,80	0,36	0,38	2,88	28,8
II	3,08*	0,36	0,40	2,72	20,4
III	2,68*	0,24	0,41	3,05	19,0
IV	2,66*	0,36	0,39	3,14	22,5*

нако его количество во всех вегетативных органах растений не превышало рекомендуемую для животных норму (3,0 %). Содержание кальция во всех частях растений при внесении жидкого навоза снизилось в 1,5—2 раза. По содержанию фосфора в растениях существенных различий между опытными вариантами не отмечено. Максимальное количество меди обнаружено в початках кукурузы всех вариантов опыта (около 4,0 мг на 1 кг сухого вещества) и в стеблях при использовании жидкого навоза (4,94 мг/кг). При внесении азотных удобрений (320 кг азота на 1 га) содержание цинка в стеблях и листьях кукурузы повысилось по сравнению с контролем соответственно на 11 и 30 %.

3. Содержание калия в корнях и ботве кормовой свеклы в процессе вегетации в опытных вариантах было достоверно выше, чем в контроле. К моменту уборки оно несколько снизилось, а в контроле увеличилось. Содержание кальция и фосфора в кормовой свекле имело тенденцию к увеличению от начала развития до момента уборки. Максимальное количество меди (6,07—6,42 мг на 1 кг сухого вещества) отмечено в корнях кормовой свеклы III и контрольного вариантов в период уборки. Содержание цинка в корнях кормовой свеклы опытных вариантов было ниже, в ботве выше, чем в контроле.

4. Внесение минеральных и органических удобрений привело к достоверному увеличению содержания калия и кальция в озимой пшенице во все фазы вегетации и снижению количества цинка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. — М.: Колос, 1979. — 2. Добровольский Г. В. Повышать уровень почвенных и агрохимических исследований в соответствии с продовольственной программой СССР. — Вестн. МГУ, 1982, № 4, с. 3. — 3. Менькин В. К. Влияние кормов, выращенных при внесении азотных удобрений, на организм и качество продукции животных. — Автореф. докт. дис. М., 1982. — 4. Мостовой М. И., Пастушенко А. И. Влияние систематического применения удобрений на урожай и химический состав многолетних трав. — Интенсификация степного земледелия в Сибири и Зауралье. Новосибирск: Труд, 1984, с. 12—21. — 5. Овсищев Б. Р., Боев В. А. Содержание минеральных веществ в двукисточнике тростниковом, выращенном на разном агрофоне. — Докл. ВАСХНИЛ, 1985, № 10, с. 21—23. — 6. Рубенчик Б. Л., Хмельницкий Г. А., Тиктин Л. А. и др. Канцерогены и экзосистемы. — Тез. докл. I Всесоюз. симп. по экологической онкологии. Киев: Медиздат, 1986, с. 48—50. — 7. Третьяков Н. Н., Осипов В. Н., Боев В. А. Изменение содержания каротина в злаковых травах под действием разных форм азотных удобрений. — Докл. ВАСХНИЛ, 1984, № 3, с. 9—10.

*Статья поступила 17 июля 1988 г.*

#### SUMMARY

The data on the amount of potassium, calcium, phosphorus, copper, and zinc in fodder crops grown with application of manure and mineral fertilizers are presented. Application of organic and mineral fertilizers resulted not only in higher yields of fodder crops but also in changes in mineral composition of plants, the effect of compared fertilizer forms on the amount of macro- and microelements being not significant.