

## ОБМЕН МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЦИОНА

Н. С. ШЕВЕЛЕВ, Э. Г. СИМОНЬЯНЦ, А. А. ИВАНОВ, А. М. БОРОВСКИХ,  
А. И. КАРПУХИН

(Кафедра физиологии и биохимии с.-х. животных)

Изучались минеральный состав почв, кормовых культур севооборотов и кормов, а также переваримость и питательная ценность рационов при зимнем и летнем содержании коров. Выявлена недостаточная обеспеченность организма высокоудойных коров цинком и кобальтом. При введении в рацион премикса, содержащего эти элементы, их баланс в организме животных восстанавливался. Концентрация микроэлементов в цельной крови коров в летний период несколько повышалась, молочная продуктивность за лактацию увеличилась на 498 кг.

В условиях производства молока на промышленной основе важное значение имеет правильно сбалансированное минеральное питание высокопродуктивного скота. Особого внимания заслуживает обеспеченность животных микроэлементами. Входя в состав ферментов, гормонов и витаминов, микроэлементы принимают участие в регуляции метаболизма, способствуют улучшению усвоения животными питательных веществ рационов и качества продукции, повышению иммунобиологической реактивности и резистентности организма [1—7].

Недостаток микроэлементов в организме высокопродуктивных коров может привести к нарушению воспроизводительных функций, рождению слабого потомства, заболеванию и высокой смертности телят, снижению продуктивности и сроков хозяйственно полезной эксплуатации животных (до 1,0—2,0 лакта-

ции), преждевременной их выбраковке [2, 4].

Учитывая актуальность проблемы, мы изучали возможность совершенствования системы минерального питания высокопродуктивного голштино-фризского скота. Эксперименты проводили в 1986—1987 гг. в ГПЗ «Зыбино» Тульской области. Цель исследований — повышение продуктивности животных и сроков их хозяйственно полезной эксплуатации. Предстояло определить содержание основных биоэлементов в почвах ГПЗ «Зыбино», в кормовых культурах и кормах, заготавливаемых в хозяйствах; изучить обеспеченность животных микроэлементами за счет основных кормовых ингредиентов зимних и летних рационов; разработать пути и способы оптимизации микроминерального питания высокопродуктивного молочного скота (уровень продуктивности 5000—7000 кг молока за лактацию).

## Методика

В образцах, взятых с полей севооборота (из пахотных горизонтов, определяли содержание подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО ОСТ 46-49—76, подвижных форм микроэлементов — при использовании вытяжки ацетатных буферов (рН 4,8), цинка — с помощью дитизона, марганца — формальдоксина, меди — диэтилдитиокарбоната, кобальта — путем применения нитрозо-Р-соли.

Средние пробы кормовых культур и кормов отбирали согласно перечню ГОСТа (1983).

Для проведения физиологических опытов было сформировано 2 группы лактирующих коров с разным уровнем продуктивности (по 3 гол. в каждой): I — 4,5—5 тыс. кг, II — 5,5—6 тыс. кг молока за лактацию. В группы подбирали клинически здоровых животных — аналогов по возрасту (2-я лактация), живой массе (550—600 кг), срокам отела (середина лактации).

Опыты проводили в условиях фермы, содержание коров стойлово-выгульное, кормление и доение трехразовые.

Схема опытов приведена в табл. 1. В 1-м опыте коровы получали зимний рацион, во 2-м — летний без добавок микроэлементов, в 3-м — в летний

рацион высокопродуктивных коров опытной группы добавляли недостающие биоэлементы, коровы (аналоги по продуктивности) контрольной группы этих добавок не получали.

В процессе балансовых опытов учитывали суточные удои, животных, количество съеденных кормов, выделенных кала и мочи. Средние пробы молока отбирали пропорционально удоям, кала и мочи — 0,5 % к выделенному количеству. Кровь брали из яремной вены за 1 ч до утреннего кормления.

В пробах кормов и биологических сред определяли содержание железа, марганца, цинка, меди и кобальта методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Зоотехнический анализ кормов осуществляли по общепринятым методикам. Полученные в ходе эксперимента данные обрабатывали методом вариационной статистики по Е. К. Меркурьевой и Н. А. Плохинскому.

## Результаты

Агрохимический анализ почв позволил установить содержание микроэлементов на отдельных полях севооборота ГПЗ «Зыбино». В среднем серые лесные почвы ГПЗ «Зыбино» характеризуются достаточным содержанием подвижных форм микроэлементов, но отдельные поля севооборотов недостаточно обеспечены подвижными формами цинка и кобальта. Так, в образцах II поля II севооборота (многолетние травы), III и V полей этого же севооборота (кукуруза на силос) содержание цинка (1,0—1,6 мг/га) находилось на границе обеспеченности для почвы этого типа. Бедны подвижными формами кобальта (1,8 мг/га) были почвы V поля II севооборота (кукуруза на силос), что, вероятно, обуславливает низкое содержание цинка в кукурузном силосе — 18,2 мг на 1 кг сухого вещества.

Таблица 1

Схема опытов

Группа коров	Молочная продуктивность, тыс. кг молока за лактацию	Период проведения опыта	Рацион
1-й опыт			
I	4,5—5,0	Зима	ОР
II	5,5—6,0	»	
2-й опыт			
I	4,5—5,0	Лето	ОР
II	5,5—6,0	»	
3-й опыт			
K*	5,5—6,0	Лето	ОР
O*	5,5—6,0	»	ОР+511 мг цинка и 4,37 мг кобальта на 1 гол. в сутки

\* K — контрольная группа, O — опытная группа.

Таблица 2

## Содержание микроэлементов в почве и кормах ГПЗ «Зыбино»

Показатель	Содержание сухих веществ, %	Cu	Mn	Zn	Fe	Co
		мг на 1 кг сухого вещества				
Почва (подвижные формы)	—	5,6—7,7	117—177	1,0—3,8	127—538	1,8—3,7
Зеленая масса:						
люцерна	16,5	6,92	95,3	28,3	372	0,62
горох+овес	12,9	4,67	58,7	30,9	269	0,69
Свекла	12,9	7,15	35,2	28,0	132	0,35
Силос кукурузный	19,0	4,42	40,9	18,2	328	0,38
Сенаж мн. злаковых трав	27,9	5,56	16,0	16,5	118	0,41
Сено мн. злаковых трав	85,3	4,59	124	18,1	294	0,79
Травяные гранулы	89,9	5,41	57,1	20,9	449	0,57
Патока	50,3	2,58	11,5	7,95	164	0,89
Шрот подсолнечниковый	86,9	12,7	50,3	42,9	338	1,07
Комбикорм	87,2	9,47	85,5	6,63	157	0,49

Таблица 3

## Состав и питательная ценность рационов животных в разных опытах (по фактической поедаемости и пительности кормов)

Показатель	1-й		2-й		3-й	
	Группа коров					
	I	II	I	II	K	O
Состав рациона, кг:						
комбикорм	4,65	6,80	3,0	4,8	5,97	5,57
шрот подсолнечниковый	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0
силос кукурузный	20,1	23,0	—	—	—	—
сенаж	5,8	6,5	—	—	—	—
сено	2,4	2,8	—	—	1,58	1,63
свекла	13,0	13,0	—	—	—	—
зеленая масса люцерны	—	—	32,2	30,4	—	—
зеленая масса гороха и овса	—	—	32,2	30,4	50,93	47,37
травяные гранулы	—	—	1,0	1,0	1,0	1,0
патока	2,0	2,0	—	—	1,0	1,0
соль поваренная	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
преципитат	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Содержание в рационе:						
сухих веществ, кг	17,08	20,33	13,64	14,76	19,77	18,71
корм. ед., кг	14,68	17,53	10,43	11,77	15,64	14,82
переваримого протеина, г	1605	1903	1673	1839	1729	1655
сырого жира, г	358	421	1652	1646	414	390
сырой клетчатки, г	3608	4186	299	323	4345	4095
сахара, г	1830	1947	3195	3121	1476	1421
БЭВ, г	9684	11295	6201	6974	9416	8861
Ca, г	130,5	148,6	172	178,8	115,5	110,5
P, г	85,2	98,7	93,6	99,6	90,3	86,3
Mg, г	33,8	41,0	33,1	36,6	34,2	32,5
K, г	208	230	324,6	330,9	257,3	245,2
Na, г	99,1	114,2	101,1	125,9	147,0	140,3
Fe, мг	3135	3714	3956	4016	2897	2874
Cu, мг	103,8	127,1	63,0	76,5	120,9	115
Mn, г	996	1226	1730	1792	2196	2065
Zn, мг	600	636	498,8	592,5	743	1031
Co, мг	6,31	7,61	11,63	12,65	12,45	15,42
I, мг	3,98	4,43	3,02	3,11	5,61	15,35
каротина, мг	296	337	1043	993	1116	1080

Нами выявлен ряд нарушений норм кормления высокопродуктивного скота, в том числе дефицит цинка и кобальта в рационах. Это объясняется тем, что рационы в хозяйстве составлялись на основании справочных данных, которые далеко не всегда соответствуют фактической питательности кормов в конкретных условиях хозяйств, в данном случае ГПЗ «Зыбино» (табл. 2).

Как видно из табл. 3, на фоне общего и особенно белкового перекорма (содержание переваримого протеина составляло 160—164 г на 1 корм. ед.) жи-

вотные получали избыток кальция — в 1,7—2 раза больше нормы, фосфора — в 1,4—1,7 раза больше и недополучали цинка и кобальта — дефицит составил соответственно 13—24 и 18—24 %.

Результаты проведенных нами балансовых опытов позволили судить об абсорбции и использовании микроэлементов на образование продукции, выведение их из организма коров и обеспеченности ими животных. Более высокопродуктивные коровы в зимний период потребляли больше микроэлементов соответственно большему количеству

Таблица 4

Обмен микроэлементами у средне- и высокоудойных коров (соответственно числитель и знаменатель), получавших зимний рацион

Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu
Потреблено, мг	$3135 \pm 87$	$996 \pm 37$	$499,9 \pm 27,0$	$103,8 \pm 4,4$
	$3714 \pm 90^{**}$	$1226 \pm 33^{**}$	$635,9 \pm 20,0$	$127,1 \pm 3,6$
Выделено, мг	$2805 \pm 90$	$834,9 \pm 17,0$	$287,0 \pm 11,0$	$70,7 \pm 12,0$
	$3167 \pm 62^*$	$1067,5 \pm 25,0$	$356,6 \pm 34,0$	$77,7 \pm 8,8$
В т. ч.:				
с калом	$2776 \pm 104$	$832,8 \pm 16,0$	$252,6 \pm 12,0$	$60,0 \pm 10,0$
	$3129 \pm 67^*$	$1063 \pm 25,0^{**}$	$292,6 \pm 30,0$	$62,0 \pm 8,6$
с мочой	$20,1 \pm 6,8$	$2,1 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,6$	$9,6 \pm 2,1$
	$24,1 \pm 6,1$	$2,7 \pm 0,3^*$	$5,0 \pm 0,8$	$14,2 \pm 1,5$
с молоком	$9,0 \pm 1,5$	$1,0 \pm 0,1$	$32,0 \pm 2,7$	$1,1 \pm 0,2$
	$13,6 \pm 0,7$	$1,8 \pm 0,2^*$	$59,0 \pm 6,5^*$	$1,5 \pm 0,2$
Переварилось:				
мг	$359 \pm 120$	$163,2 \pm 30,0$	$247,3 \pm 39,0$	$43,8 \pm 10,0$
	$585 \pm 130$	$163,0 \pm 35,0$	$343,3 \pm 43,0$	$65,1 \pm 9,0$
% к потребленному	$11,45$	$16,38$	$49,46$	$42,19$
	$15,76$	$13,29$	$53,98$	$51,21$
Ретенция:				
мг	$330 \pm 120$	$160,1 \pm 30,0$	$212,9 \pm 36,0$	$33,1 \pm 12,0$
	$547 \pm 130$	$158,5 \pm 35,0$	$279,3 \pm 45,0$	$49,4 \pm 7,7$
% к потребленному	$10,52$	$16,07$	$42,58$	$31,88$
	$14,72$	$12,92$	$43,92$	$38,86$

Примечание. Здесь и в последующих таблицах одной звездочкой обозначена достоверность разницы по сравнению с I группой при  $P < 0,05$ ; двумя — при  $P < 0,01$ , тремя — при  $P < 0,001$ .

Обмен микроэлементов у средне- и высокоудойных коров (соответственно числитель и знаменатель), получавших летний рацион

Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu	Co
Потреблено, мг	4710±59	1730±20	499±39	89,1±0,7	5,82±0,30
	4761±150	1792±61	593±19	101,5±3,3	6,33±0,19
Выделено, мг	4012	1239	321,0	60,6	5,75
	4072	1346	383,3	70,4	6,09
В т. ч.:					
с калом	3956±120	1235±89	274±61	47,2±0,4	3,76±0,18
	4016±290	1342±45	327±47	52,5±4,2	3,96±0,11
с мочой	42,3±13,0	2,88±0,80	12,1±4,2	12,0±2,6	0,51±0,03
	32,7±14,0	2,66±0,60	11,4±2,6	15,6±1,3	0,47±0,05
с молоком	13,8±0,1	1,04±0,13	3,46±6,2	1,38±0,01	0,48±0,03
	23,3±3,3	1,23±0,07	45,1±4,6	2,24±0,36	0,66±0,15
Переварилось:					
мг	754±170	495,0±67,0	225,5±57,0	47,9±6,9	2,06±0,47
	745±150	450,0±41,0	265,7±41,0	49,0±7,3	2,37±1,10
% к потребленному	16,00	28,61	45,00	47,03	35,38
	15,64	25,11	44,84	48,28	31,44
Ретенция:					
мг	698±47	491±67	178±47	428,5±5,1	0,07±0,01
	698±14	446±42	209±43	31,2±8,2	0,24±0,05
% к потребленному	14,84	28,38	35,64	32,01	3,20
	14,48	24,88	35,30	30,64	3,79

съеденных кормов. Увеличилась и валовая абсорбция в желудочно-кишечном тракте: железа всосалось на 226 мг больше, цинка — на 96, меди — 21,3 мг, коэффициент переваримости был примерно одинаковый у высокопродуктивных и менее удойных коров. С молоком у первых выводилось в 1,4—1,8 раза больше элементов, чем у среднепродуктивных (табл. 4).

Достоверных различий по переваримости микроэлементов в организме высокопродуктивных и среднепродуктивных коров в летний период не установлено. Это, вероятно, объясняется небольшими различиями в коли-

честве потребляемых кормов (табл. 5).

Различия в доступности железа, цинка и меди из зимнего и летнего рационов были незначительные. Условия абсорбции микроэлементов в желудочно-кишечном тракте и ретенция в организме обусловлены в первую очередь их количеством и соотношением в рационе, а также доступностью, что наглядно подтверждается данными о содержании железа и марганца в зимнем и летнем рационах, их переваримости и отложении в организме.

При летнем типе кормления концентрация железа, цинка,

марганца и меди в крови более продуктивных коров несколько увеличивается (табл. 6).

Концентрация микроэлементов в молоке и моче мало зависела от продуктивности животных и типа рациона. Расчеты показали, что количество выделяемых молочной железой и почками железа, цинка, марганца, меди и кобальта у коров с различными удоями больше зависит от объемов молока и мочи, чем от содержания этих элементов в рационах (табл. 4 и 5).

Положительный баланс микроэлементов в организме животных обеспечивается за счет высокого их содержания в концентрированных покупных и заготавливаемых в хозяйствах кормах. Доля микроэлементов в структуре рациона по питательности составляет более 50 %. Уменьшение в рационе удельного веса концентратов до 40—43 % приводит к дефициту цинка и кобальта в организме животных, поскольку содержание этих элементов в почвах и кормах ГПЗ «Зыбино», как уже отмечалось, низкое.

Баланс микроэлементов у коров с различным уровнем продуктивности при зимнем и летнем рационах оказался поло-

жительным, хотя баланс кобальта находился на критическом уровне. В этой связи нами был проведен физиологический опыт на коровах, получавших летний рацион, с целью изучения эффективности добавок смеси сернокислых солей цинка и кобальта. В пересчете на чистый элемент (с учетом фактической поедаемости корма) количество цинка в рационе составляло 511 мг, кобальта — 4,37 мг на 1 гол. в сутки (опытная группа — II). Животные контрольной группы (I) получали основной рацион без добавок этих микроэлементов (табл. 3).

Результаты исследований показали, что при положительном балансе изучаемых элементов у коров обеих групп дополнительное введение цинка и кобальта повысило валовую их абсорбцию, но снизило относительные показатели их использования (табл.7). Ретенция цинка и кобальта в организме коров опытной группы по сравнению с контролем возросла и составила соответственно 396 и 1,41 мг против 286,0 и 0,08 мг.

Обогащение рациона дефицитными микроэлементами в летний период не повлияло на обмен железа, меди, марганца; показатели переваримости и ре-

Таблица 6

Концентрация микроэлементов (мг/л) в цельной крови коров при разном уровне кормления (числитель — I группа, знаменатель — II группа)

Рацион	Fe	Mn	Zn	Cu
Зимний	272±3	0,10±0,01	1,66±0,15	0,92±0,10
	274±2	0,14±0,03	2,18±0,14	0,87±0,12
Летний	479±67	0,26±0,03	2,60±0,21	1,55±0,20
	453±51	0,17±0,01	2,76±0,29	1,86±0,19

Таблица 7

Обмен микроэлементов у высокопродуктивных коров (числитель — I группа, знаменатель — II группа) при разном содержании цинка и кобальта в летнем рационе (мг)

Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu	Co
Потреблено	2897 ± 120	2196 ± 130	743 ± 36	121 ± 5	6,23 ± 0,32
	2819 ± 29	2065 ± 54	1081 ± 10	115 ± 2	10,63 ± 0,18
Выделено	2452,7	1635,3	456,2	66,5	6,15
	2446,0	1594,9	684,5	65,3	9,23
В т. ч.:					
с калом	9,0 ± 0,0	2,7 ± 0,5	6,5 ± 0,7	1,09 ± 0,15	2,23 ± 0,10
	13,0 ± 0,4	6,2 ± 2,4	8,08 ± 1,40	2,04 ± 1,00	2,33 ± 0,55
	22,7 ± 4,2	1,6 ± 0,2	55,7 ± 0,9	2,69 ± 0,31	0,99 ± 0,12
с молоком	22,0 ± 0,9	1,7 ± 0,2	61,4 ± 3,0	2,62 ± 0,16	1,57 ± 0,29
	476 ± 105	565 ± 45	349 ± 40	58,2 ± 4,3	3,30 ± 0,23
Переварилось	408 ± 27	478 ± 33	466 ± 12	54,4 ± 2,1	5,30 ± 0,48
	16,43	25,73	46,93	48,16	52,96
% к потребленному	14,47	23,14	43,08	47,33	49,85
	444 ± 100	561 ± 45	286 ± 40	54,4 ± 3,8	0,08 ± 0,01
Ретенция	373 ± 96	470 ± 31	396 ± 14	49,8 ± 3,3	1,40 ± 0,60
	15,33	25,50	38,56	45,04	0,96
% к потребленному	13,23	22,76	36,67	43,28	13,17

Таблица 8

## Биохимические показатели сыворотки крови коров

Группа коров	Общий белок, г %	Щелочной резерв	Сахар	Кальций	Неорганический фосфор	Каротин	Витамин А, мкг %
I	8,1	482	55,1	11,5	5,36	0,96	45,2
II	7,8	493	58,4	12,10	5,48	0,99	47,3

тенция указанных элементов остались прежними. Кроме того, это позволило оптимизировать соотношение биоэлементов и нормализовать обменные процессы, о чем косвенно можно судить по биохимическим показателям сыворотки крови (табл. 8).

Одновременно с балансовым нами проводился хозяйственный опыт, в котором изучали влияние добавок цинка и кобальта на молочную продуктивность коров. В контрольной группе (без

добавок микроэлементов, п-35) за 305 дней лактации получено в среднем по 5056 кг молока (4074—6479 кг) жирностью 3,85 % (3,61—4,28 %), а в опытной (с добавками, п-42) — 5554 кг молока (3929—7993 кг) жирностью 3,86 % (3,28—4,38 %).

Обогащение рационов микроэлементами позволило увеличить срок эксплуатации коров с 1,87 (1985 г.) до 2,1 (1987 г.) лактации.

## Выводы

1. Почвы ГПЗ «Зыбино» отличаются низким уровнем подвижных форм цинка (1,0—1,6 мг/кг) и кобальта (1,8 мг/кг), что обусловило невысокое содержание их в кормовых культурах и кормах, а в итоге дефицит в основных рационах высокопродуктивных лактирующих коров (цинка — 13—24 %, кобальта — 8—24 %).

2. Несмотря на низкий (по последним нормам) уровень цинка и кобальта (а также и меди) в рационе высокопродуктивных коров, баланс микроэлементов у них оставался положительным как при летнем, так и при зимнем рационе.

3. Содержание изучаемых микроэлементов в крови коров в летний период было выше, чем в зимний (у средне- и высокопродуктивных железа — соответственно на 56,8 и 60,5 %, цинка — на 56,6 и 26,6, марганца — на 60,0 и 70,0, меди — на 68,5 и 113,8 %), что, по-видимому, зависело не только от их уровня в рационе, но и от сезона года (более благоприятные условия внешней среды).

4. Обогащение летнего рациона цинком и кобальтом при-

вело к повышению молочной продуктивности за лактацию (на 498 кг) и увеличению срока эксплуатации животных (с 1,87 до 2,1 лактации).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко Э. Н., Горячев И. И. Премикс для ремонтных телок.— Животноводство, 1987, № 10, с. 34—36.— 2. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин Т. В. Минеральное питание животных.— М.: Колос, 1979.— 3. Зимнович И. А., Хлюстов Е. А., Казимиров Е. И. Кормление коров при разных технологиях содержания.— Животноводство, 1987, № 2, с. 37—39.— 4. Кальницкий Б. Д. Минеральное питание нетелей.— Молочное и мясное скотоводство, 1987, № 2, с. 42—43.— 5. Кириллов М. П., Фантин В. М., Дуксин Ю. П. и др. Кормление стельных сухостойных коров.— Животноводство, 1987, № 7, с. 33—34.— 6. Кондратенко Ф. М. Эффективность обогащения рационов коров минеральными веществами.— Животноводство, 1987, № 9, с. 35—38.— 7. Шевелев Н. С., Иванов А. А., Георгиевский В. И. и др. Влияние добавок цинка и кобальта на переваримость питательных веществ рациона в организме высокоудойных коров.— Биохимия с.-х. животных и прод. программа. Тез. докл. на Всесоюзном симпозиуме. Киев: УСХА, 1989, с. 214—215.

*Статья поступила 12 июля 1989 г.*

## SUMMARY

Mineral composition of soils, of fodder crops in crop rotations and of feeds, as well as digestibility and nutritional value of rations for cows in winter and in summer were studied. It has been found that the body of high-producing cows is not sufficiently provided with zinc and cobalt. After supplementing the ration with premix containing these elements their balance in animals' body was restored. Concentration of microelements in cows' whole blood was somewhat higher in summer, milk productivity increased by 498 kg for lactation.