



ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Д.А. Гирис, кандидат ветеринарных наук

О.П. Позывайло, аспирантка

Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского НАН Беларуси

УДК 636:39.087.7

Влияние меди на физиологическое состояние животных при различных уровнях суточного потребления в рационе

Излагаются материалы научно-экспериментального обоснования параметров биологического влияния и токсичности меди в рационе коров, а также биохимические критерии контроля полноценности рациона и организма коров по содержанию меди.

On the basis of the scientific experiment the article provides the materials of the justification of the parameters of biological influence and toxicity of copper in the ration of dairy cows as well as biochemical criteria of controlling the sufficiency of the copper in the cows' rations and organisms.

В тканях и жидкостях организма животного и растений содержится более 60 макро- и микроэлементов. Из микроэлементов для жизни животных крайне необходимы семь: медь, кобальт, цинк, йод, марганец, железо и селен (1). Избыток элементов выводится из организма с продуктами обмена (калом, мочой, потом), а также с молоком (2,3).

Так как Беларусь принадлежит к зоне биогеохимических провинций, где ощущается дефицит в рационе животных меди, цинка, марганца, селена, йода, то возникает необходимость изучения содержания микроэлементов в кормах, крови, покровном волосе, молоке животных и степени влияния их на обмен веществ, клинический статус, морфологический и биохимический состав крови (3).

Нормы потребности меди в рационе молочных коров, в зависимости от продуктивности, составляют 82-125 мг (8), нормальное содержание меди в сухом веществе корма – 6-12 мг/кг (9).

Согласно принятым Министерством здравоохранения Республики Беларусь "Гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов" содержание меди в молоке не должно превышать 1,0 мг/кг (6). Поэтому для получения молока, отвечающего санитарным нормам, важнейшее значение имеет качество и безопасность кормов по содержанию в них меди. В

связи с этим мы поставили задачу изучить ее влияние на физиологическое состояние животных, накопление в организме и выделение с молоком при различных уровнях суточного потребления в рационе.

Материалы и методы исследований

Работа выполнялась на молочнотоварной ферме "Вязь" колхоза "Авангард" Осиповичского района. Для этого по принципу аналогов было подобрано три группы коров (по 8 голов в каждой) черно-пестрой породы средней упитанности в возрасте 4-6 лет продуктивностью 3500-4000 кг молока в год и живой массой 450-500 кг. Коровы содержались в одинаковых санитарно-гигиенических условиях. Рацион для всех групп был одинаковый и состоял из местных кормов: сенажа, соломы, силоса, пастбищной травы, концентратов и подкормки (зеленой массы). Схема опыта отражена в таблице 1.

Животные контрольной группы получали рацион с естественным содержанием минеральных веществ в кормах. Животным первой опытной группы скармливали сернокислую медь в дозе 1,06 г на голову в сутки, а второй опытной группы – 2,12 г.

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Группы	Среднесуточное потребление меди в рационе и пределы колебаний		Рацион
	мг	мг/кг сухого вещества	
Контроль	92,33 (36-185)	6,53 (2,62-14,38)	Основной рацион (ОР)
1 группа	342,33 (286-435)	24,13 (18,49-33,82)	ОР + 1,06 г сернокислой меди на голову в сутки
2 группа	592,33 (536-685)	40,15 (33,74-53,26)	ОР + 2,12 г сернокислой меди на голову в сутки

В процессе эксперимента имели место колебания в концентрации меди в используемых кормах. вследствие чего содержание её в рационе колебалось от 36 до 185 мг. В связи с этим общее содержание этого элемента в рационе опытных групп также было подвержено колебаниям. Из данных, представленных в таблице 1, видно, что среднесуточное потребление меди в рационе контрольных животных за период опыта составило 92,3 мг. или 6,53 мг/кг сухого вещества рациона, первой опытной группы – 342,3 мг (24,1 мг/кг сухого вещества рациона), второй опытной группы – 592,3 мг (40,1 мг/кг сухого вещества рациона).

До начала исследований, а также в течение опытного периода осуществляли контроль фактического содержания в кормах и рационе меди, цинка, марганца и кальция.

Для устранения недостающего в рационе количества кальция, цинка и марганца до рекомендуемых норм (7) животным первой и второй опытных групп скармливали кормовой мел, сернистый оксид цинка и марганца. Смесь микроэлементов давали коровам утром с концентратами. Опыт продолжался шесть месяцев.

Контроль физиологического состояния животных осуществлялся по клиническому статусу (температура, пульс, дыхание), гематологическим и биохимическим показателям до начала исследований, а также через 30, 70, 120 и 180 дней. Количество эритроцитов, гемоглобина определяли на эритрометре, лейкоцитов – в счётной камере Горяева, глюкозу, белок, аспартат-аминотрансферазу (АсАТ), аланин-аминотрансферазу (АлАТ), фруктозо-дифосфатацетилазу – с использованием стандартных тест-наборов, мочевины, гамма-глутаминтрансферазу (ГГТ), общий билирубин – с использованием лабораторной тест-системы "Доктор-Ланге", бактерицидную активность крови (БАС) – по методу О.В. Смирновой и Т.А. Кузьминой (1966), титр нег. мальных агглютининов (реакция агглютинации) – по утвержденной методике, фагоцитарное число и фагоцитарный индекс – по методу Стенко и Кост.

Для изучения накопления и выделения меди определяли её концентрацию в крови, покровном волосе, молоке, кале, моче атомно-абсорбционным методом по ГОСТ (5) в те же сроки, что гематологические и биохимические показатели.

Результаты исследований

Данные по концентрации меди в крови, покровном волосе, кале и моче коров, получавших в течение шести месяцев рацион с различным уровнем меди, представлены в таблице 2.

Концентрация меди в крови в начале исследований в контрольной и опытных группах составляла в среднем 0,78-0,82 мг/кг. На протяжении опыта у контрольных животных концентрация меди колебалась в пределах 0,72-1,07 мг/кг, что соответствует физиологической норме. У опытных коров первой группы она колебалась в пределах 1,02-1,29 мг/кг, что соответствует верхнему уровню физиологической нормы. У коров второй опытной группы концентрация меди в крови составляла 1,14-1,47 мг/кг и была выше физиологической нормы. Длительное ежедневное её потребление в дозе выше рекомендованных норм привело к тому, что между количе-

ством вновь поступающей в организм меди и выведением её из организма устанавливается равновесие. В наших исследованиях через 30 дней опыта кратность накопления меди по отношению к уровню контрольных животных составила у коров первой опытной группы 1,4 раза, второй группы 1,6 раза. В дальнейшем кратность накопления незначительно снизилась и к концу опыта составила у коров первой опытной группы 1,3, второй – 1,4 раза.

До начала опыта концентрация меди в покровном волосе у животных всех групп была на одинаковом уровне и составляла в среднем 7,55 мг/кг у контрольных коров, 7,71 мг/кг у опытных коров первой группы и 7,69 мг/кг у коров второй опытной группы. На протяжении всего срока исследований её концентрация в покровном волосе контрольных коров колебалась в соответствии с изменениями содержания в рационе и составляла 5,71-8,17 мг/кг. Через 30 дней опыта концентрация меди в покровном волосе опытных коров первой группы составляла 9,96 мг/кг. Кратность накопления по отношению к уровню меди у контрольных коров составила 1,74 раза. В последующие сроки исследований концентрация меди в покровном волосе коров первой опытной группы увеличивалась, однако относительно уровня контрольных коров составляла 1,52-1,59 раза. У коров второй опытной группы концентрация меди в покровном волосе увеличивалась, достигая своего максимума к 120 дням, и была на уровне 15,26 мг/кг, что составляет 2,1 раза к уровню контрольных коров. В дальнейшем увеличения концентрации меди у коров второй опытной группы относительно уровня контрольных животных не наблюдалось, что свидетельствует об установлении равновесия между отложением меди в волосе и выведением из организма. Проведенные исследования показали, что покровный волос является накопителем меди и её концентрация здесь отражает уровень потребления этого элемента в рационе. При полноценном обеспечении рациона медью уровень её в покровном волосе составляет 8,1 мг/кг и более. У коров, потреблявших рацион с содержанием меди 342 мг (24,1 мг/кг сухого вещества) уровень её в волосе увеличивается до 13 мг/кг. Более высокая концентрация меди в покровном волосе свидетельствует об избыточном её потреблении с рационом.

Уровень перехода меди из корма рациона в молоко варьирует со среднесуточным её потреблением. Так, у животных контрольной группы с суточным потреблением 50,3 мг/кг меди концентрация её в молоке составила 0,10 мг/кг, а с потреблением в дозе 86,5 мг её концентрация в молоке возросла до 0,16 мг/кг. У коров с суточным потреблением меди 147,6 мг концентрация её в молоке была на уровне 0,21-0,22 мг/л. У животных опытной группы с суточным потреблением меди 342,3 мг (24,1 мг/кг сухого вещества рациона) концентрация меди в получаемом молоке колебалась в пределах 0,25-0,33 мг/л. У опытных коров, потреблявших в течение опыта рацион с содержанием меди 592,3 мг (40,1 мг/кг сухого вещества), секреция её с молоком варьировала в среднем в пределах 0,47-0,63 мг/л. При этом максимальная концентрация в молоке у коров этой группы составляла 0,72-0,77 мг/л, что является потенциально опасным уровнем с точки зрения санитарных норм. Показатель концентрации меди в молоке коров может быть использован при опре-

делении уровня обеспеченности рациона медью. Так, при полноценном обеспечении молочных коров медью концентрация её в молоке находится на уровне 0,16–0,40 мг/кг. Более высокий уровень этого элемента в молоке свидетельствует об избыточном потреблении его с кормами рациона.

Фоновые уровни содержания меди в кале у коров всех групп составили 1,33–1,40 мг/кг. У животных контрольной группы концентрация ее на протяжении опыта колебалась в пределах 1,01–1,89 мг/кг, что соответствовало изменениям суточного потребления. У коров первой опытной группы концентрация меди в кале через 30 дней составила 2,52 мг/кг. В дальнейшем содержание ее в кале коров этой группы возрастает и устанавливается через 120 дней опыта на уровень 10,1 мг/кг, а через 180 дней – 11,2 мг/кг, что в 7,8 раза выше, чем у контрольных животных. У коров второй опытной группы высокая концентрация меди в кале (20,5 мг/кг) устанавливается через 70 дней опыта. В дальнейшем колебания концентрации меди незначительны и уровень её в кале превышает уровень у контрольных коров в 14,6 раза.

Полученные данные показывают, что наряду с накоплением меди в организме происходит постоянное выделение избыточного количества ее с калом. Так, у коров второй опытной группы через 70 дней опыта наступает равновесие между потреблением меди из кормов рациона и выведением её избытка с калом. У коров первой опытной группы равновесие между потреблением меди из кормов рациона и выведением её с калом наступает после 120 дней опыта.

Фоновые уровни содержания меди в моче коров всех групп составили 0,82–0,84 мг/кг. В течение опыта концентрация её в моче контрольных коров колебалась в пределах 0,68–0,78 мг/кг, через 30 дней опыта у животных первой опытной группы она увеличивалась до 0,094 мг/мг, второй – 0,102 мг/кг.

В дальнейшем колебания концентрации меди в моче опытных коров обеих групп были незначительны. Кратность увеличения ее концентрации в моче коров первой опытной группы составила 1,3, второй группы – 1,4 раза по отношению к контрольным животным. Полученные данные показывают, что с увеличением суточного потребления меди у опытных животных происходит более интенсивное выделение её с мочой. Однако степень увеличения выделения меди с мочой незначительная и основной путь выведения этого элемента из организма – через пищеварительный тракт с калом.

В течение опытного периода у контрольных и опытных коров не отмечено клинических признаков интоксикации. Частота пульса, дыхания, руминации и температура тела не выходили за пределы физиологической нормы, межгрупповые различия были недостоверными. Анализ определяемых нами показателей функционального состояния организма коров первой опытной группы показал отсутствие достоверных различий от таковых у контрольных (табл. 3). Вместе с тем у животных второй группы через 70 дней опыта отмечено снижение фагоцитарного индекса в 1,2 раза, которое в последующем нарастало, и к концу опыта было в 1,7 раза ниже, чем у контрольных коров. Через 120 дней опыта у животных этой группы отмечено достоверное снижение фагоцитарного числа в 1,3 раза и концу опыта – в 1,6 раза. В этот период у коров второй группы отмечено достоверное уве-

Таблица 2. Концентрация меди в крови, покровном волосе, молоке, кале и моче коров

Срок исследования, сутки	Содержание меди в крови, мг/кг				Содержание меди в покровном волосе, мг/кг				Содержание меди в молоке, мг/кг				Содержание меди в кале, мг/кг				Содержание меди в моче, мг/кг			
	первая		вторая		первая		вторая		первая		вторая		первая		вторая		первая		вторая	
0	0,78±0,007	0,80±0,006	0,82±0,010	0,84±0,010	7,55±0,21	7,71±0,16	7,69±0,26	7,69±0,26	0,207±0,006	0,219±0,007	0,220±0,009	0,220±0,009	1,35±0,03	1,40±0,05	1,40±0,05	1,40±0,05	0,082±0,0005	0,083±0,0007	0,082±0,0005	0,083±0,0007
30	0,72±0,025	1,02±0,038*	1,14±0,088*	1,14±0,088*	5,71±0,25	9,96±0,25*	11,05±0,41*	11,05±0,41*	0,253±0,006*	0,072±0,001	0,477±0,022*	0,477±0,022*	2,52±0,16*	3,52±0,25*	3,52±0,25*	3,52±0,25*	0,094±0,0018*	0,102±0,0027*	0,094±0,0018*	0,102±0,0027*
70	0,92±0,018	1,29±0,062*	1,41±0,074*	1,41±0,074*	6,67±0,62	10,14±0,21*	12,81±0,35*	12,81±0,35*	0,277±0,010*	0,102±0,004	0,466±0,010*	0,466±0,010*	5,56±0,42*	20,5±2,23*	20,5±2,23*	20,5±2,23*	0,095±0,0011*	0,105±0,0019*	0,095±0,0011*	0,105±0,0019*
120	1,07±0,051	1,25±0,062*	1,47±0,050*	1,47±0,050*	7,25±0,26	11,27±0,17*	15,26±0,73*	15,26±0,73*	0,325±0,010*	0,217±0,007	0,631±0,028*	0,631±0,028*	10,1±0,62*	22,06±0,53*	22,06±0,53*	22,06±0,53*	0,098±0,0005*	0,106±0,0012*	0,098±0,0005*	0,106±0,0012*
180	0,98±0,020	1,27±0,062*	1,40±0,050*	1,40±0,050*	8,17±0,53	13,05±0,65*	15,80±1,24*	15,80±1,24*	0,309±0,007*	0,160±0,007	0,572±0,030*	0,572±0,030*	11,21±0,25*	21,0±0,39*	21,0±0,39*	21,0±0,39*	0,097±0,0004*	0,104±0,0007*	0,097±0,0004*	0,104±0,0007*

Примечание. * – здесь и далее достоверные отличия от контроля при $P=0,05$

Таблица 3. Гематологически и биохимически показатели крови коров

Показатели	0			30			70			120			180		
	Группы														
	контроль- ная	первая	вторая	контроль- ная	первая	вторая	контроль- ная	первая	вторая	контроль- ная	первая	вторая	контроль- ная	первая	вторая
Гемоглобин, г/л	97,1+ 2,36	97,1+ 2,72	97,9+ 2,0	95,4+ 2,6	94,0+ 2,72	95,5+ 1,98	97,4+ 3,35	96,5+ 2,36	97,7+ 2,73	96,6+ 3,34	96,6+ 1,6	96,75+ 1,86	97,25+ 2,11	97,75+ 2,23	97,4+ 1,86
Эритроциты, 10 ¹² /л	4,67+ 0,13	4,67+ 0,20	4,65+ 0,09	4,70+ 0,12	4,76+ 0,15	4,68+ 0,09	4,70+ 0,11	4,69+ 0,20	4,66+ 0,07	4,76+ 0,15	4,71+ 0,11	4,75+ 0,20	4,77+ 0,16	4,74+ 0,16	4,77+ 0,09
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	7,50+ 0,17	7,53+ 0,28	7,51+ 0,21	7,56+ 0,26	7,56+ 0,15	7,53+ 0,30	7,55+ 0,20	7,51+ 0,42	7,51+ 0,22	7,51+ 0,15	7,55+ 0,25	7,56+ 0,21	7,52+ 0,30	7,53+ 0,21	7,54+ 0,25
Глюкоза, ммоль/л	2,47+ 0,054	2,45+ 0,092	2,48+ 0,068	2,66+ 0,10	2,63+ 0,15	2,67+ 0,14	2,52+ 0,078	2,52+ 0,091	2,50+ 0,068	2,50+ 0,053	2,51+ 0,053	2,52+ 0,047	2,51+ 0,062	2,52+ 0,068	2,53+ 0,041
Белок, г/л	72,41+ 0,81	72,14+ 1,05	72,22+ 1,36	73,1+ 1,74	73,43+ 1,49	73,09+ 2,23	74,49+ 1,74	73,55+ 1,09	79,91+ 1,61	73,09+ 2,23	73,49+ 1,74	72,76+ 1,11	73,43+ 1,49	73,31+ 1,11	73,49+ 1,74
Мочевина, мг/дл	10,39+ 0,15	10,54+ 0,22	10,34+ 0,16	10,57+ 0,37	10,31+ 0,23	10,45+ 0,28	10,54+ 0,22	10,65+ 0,45	10,90+ 0,32	10,12+ 0,12	10,20+ 0,10	10,21+ 0,11	10,45+ 0,28	10,49+ 0,30	10,47+ 0,32
АсАТ, ммоль/л	0,29+ 0,010	0,29+ 0,014	0,30+ 0,012	0,30+ 0,021	0,31+ 0,023	0,30+ 0,011	0,30+ 0,007	0,30+ 0,019	0,31+ 0,035	0,30+ 0,011	0,29+ 0,014	0,29+ 0,017	0,31+ 0,031	0,30+ 0,026	0,31+ 0,024
АлАТ, ммоль/л	0,24+ 0,021	0,23+ 0,021	0,24+ 0,019	0,24+ 0,019	0,24+ 0,024	0,25+ 0,039	0,23+ 0,015	0,22+ 0,015	0,23+ 0,020	0,23+ 0,009	0,23+ 0,007	0,24+ 0,019	0,24+ 0,015	0,24+ 0,020	0,23+ 0,025
Гамма ГТ, усл	0,027+ 0,010	0,027+ 0,011	0,028+ 0,004	0,029+ 0,009	0,029+ 0,011	0,028+ 0,007	0,028+ 0,015	0,027+ 0,010	0,029+ 0,007	0,027+ 0,012	0,028+ 0,005	0,027+ 0,011	0,028+ 0,010	0,028+ 0,004	0,029+ 0,007
БАС, %	55,0+ 2,48	54,99+ 1,61	54,71+ 1,86	56,25+ 2,48	55,31+ 2,10	57,0+ 2,36	55,49+ 2,36	55,49+ 2,1	55,50+ 2,4	54,37+ 2,11	54,69+ 1,49	53,44+ 2,48	54,63+ 1,49	54,69+ 2,36	52,63+ 1,74
Альдолаза, ммоль/л	0,32+ 0,037	0,34+ 0,049	0,34+ 0,025	0,35+ 0,025	0,37+ 0,041	0,35+ 0,033	0,34+ 0,012	0,35+ 0,017	0,38+ 0,025	0,35+ 0,037	0,34+ 0,037	0,36+ 0,050	0,39+ 0,041	0,36+ 0,021	0,39+ 0,031
Билирубин, мг/л	3,24+ 0,40	3,23+ 0,12	3,22+ 0,24	3,28+ 0,26	3,26+ 0,25	3,30+ 0,30	3,16+ 0,20	3,15+ 0,14	3,18+ 0,19	3,24+ 0,28	3,25+ 0,30	3,23+ 0,31	3,23+ 0,12	3,27+ 0,41	5,02+ 0,14
Фагоцитарное число, %	53,4+ 1,9	52,6+ 1,9	55,2+ 2,0	48,6+ 1,7	49,1+ 2,8	47,1+ 2,5	49,5+ 3,3	48,5+ 2,3	49,25+ 2,1	51,25+ 1,3	53,4+ 2,2	38,9+ 2,7*	52,0+ 3,0	53,9+ 2,2	32,6+ 1,98*
Фагоцитарный индекс	7,69+ 0,19	7,3+ 0,22	7,38+ 0,25	6,84+ 0,24	7,08+ 1,09	6,72+ 0,32	7,04+ 0,22	6,96+ 0,18	5,98+ 0,52*	7,28+ 0,28	6,97+ 0,37	5,0+ 0,12*	7,63+ 0,32	7,2+ 0,25	4,50+ 0,20*

личение концентрации билирубина в крови в 1,55 раза.

Эти данные показывают, что у коров со среднесуточным потреблением меди в рационе 592 мг (40,15 мг/кг сухого вещества) наступает выраженное снижение фагоцитоза и нарушение функционального состояния, проявляющегося в увеличении концентрации билирубина в крови.

Выводы

1. У молочных коров со среднесуточным потреблением меди 24,1 мг/кг сухого вещества рациона не наступает изменений клинико-физиологических показателей функционального состояния организма, накопления меди в крови выше физиологических величин и экскреции её с молоком выше санитарных норм. Дозу меди в рационе 24,1 мг/кг сухого вещества рациона можно считать недействующей.

2. У молочных коров со среднесуточным потреблением меди 40,1 мг/кг сухого вещества рациона, несмотря на отсутствие клинических признаков интоксикации, наступает выраженное снижение фагоцитоза и нарушение функционального состояния организма, проявляющееся в увеличении концентрации билирубина в крови, накоплении меди в крови выше физиологических норм и увеличении экскреции её с молоком до потенциально опасного уровня для здоровья потребителя. Дозу меди для молочных коров 40,1 мг/кг сухого вещества рациона следует считать пороговой.

3. Покровный волос коров является одним из депо меди и ее концентрация здесь в количестве 8,1–13,0 мг/кг свидетельствует о достаточном уровне этого элемента в рационе, свыше 13,0 мг/кг – об избыточном.

4. Экскреция меди с молоком коров в количестве 0,16–0,40 мг/л свидетельствует о достаточном её уровне в рационе, свыше 0,40 мг/кг – об избыточном.

5. Показатели концентрации меди в покровном волосе и молоке можно использовать для контроля полноценности рационов и организма коров по содержанию меди.

6. Избыток меди, поступающей в организм из кормов, выводится главным образом через пищеварительный тракт с калом.

Литература

1. Венедиктов А. М., Ионас А. А. Химические кормовые добавки в животноводстве: Справочная книга. – Москва: Колос, 1979 – 460 с.

2. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. – Москва: Колос, 1979. – 471 с.

3. Клиценко Г. Т. Минеральное питание сельскохозяйственных животных. – Москва: Урожай, 1975. – 184 с.

4. Влияние микроэлементов и витаминов на обмен веществ и продуктивность коров // Ветеринарная наука – производству: Межведомственный сборник. Минск: Ураджай. – 1987. – Вып. 25.

5. Сырье и продукты пищевые. Атомно - абсорбционный метод определения токсических элементов: ГОСТ 30178-96.

6. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов/ санитарные правила СанПин 1163РБ98.

7. Плященко С. И., Волков Г. К., Сидоров В. Т. Определение естественной резистентности организма сельскохозяйственных животных: Метод. рекомендации. – Западное отделение ВАСХНИЛ, 1985.

8. Производство экологически безопасного для здоровья потребителей молока. Отраслевой регламент ОР МСХП РБ 0215 – 96. Минск. 1996.

9. Методические указания по диагностике, лечению, профилактике отравлений сельскохозяйственных животных соединениями меди. – Москва, 1982.