

# Медь жвачным необходима

**Николай РАЗУМОВСКИЙ**, кандидат биологических наук  
*Витебская ГАВМ*

DOI: 10.25701/ZZR.2023.06.06.009

**К биологически активным веществам, от которых во многом зависят функционирование организма крупного рогатого скота и уровень его продуктивности, относят макро- и микроэлементы. Они не служат источниками энергии, но играют важную роль в минеральном питании жвачных животных (участвуют в обмене веществ, улучшают здоровье и воспроизводительную способность). В группу эссенциальных (незаменимых) микроэлементов наряду с железом, йодом, цинком, кобальтом, хромом, молибденом, серой и марганцем входит медь.**

Для крупного рогатого скота медь жизненно необходима, несмотря на то, что потребность в ней невелика. Медь входит в состав различных белков и ферментов. Так, на 100 кг живой массы коров приходится примерно 100–120 мг меди, причем половина ее объема содержится в мышцах. Довольно много меди находится в крови, почках, мозге (1,5–2 мг на 1 кг обезжиренной массы тела), а также в печени.

Как и цинк, медь является компонентом супероксиддисмутазы (один из основных ферментов антиоксидантной системы организма), защищающей клетки от токсического воздействия активных форм кислорода. Медь поддерживает функцию фагоцитов и тем самым предотвращает разви-

тие инфекционных заболеваний. Этот микроэлемент обеспечивает нормальный минеральный и углеводный обмен. От концентрации меди в организме зависит пигментация волосяного покрова.

Медь участвует во многих физиологических процессах — кроветворении, воспроизводстве и др. Ионы меди влияют на интенсивность жирового и белкового метаболизма. При недостатке этого микроэлемента нарушается биосинтез фосфолипидов и фосфатидов в печени, головном и спинном мозге.

В организме медь ускоряет окисление глюкозы и задерживает распад гликогена, благодаря чему он накапливается в печени. Медь необходима для синтеза йодированных соединений щитовидной железы. Многие

медьсодержащие белки обладают ферментативными свойствами и играют важную роль в окислительно-восстановительных процессах, катализируя отдельные циклы тканевого дыхания.

При дефиците меди уменьшается число эритроцитов и ухудшается функция иммунной системы. Ионы меди способствуют улучшению использования в организме коров азота, кальция, фосфора и железа, оказывают влияние на биосинтез аскорбиновой кислоты и содержание в органах и тканях витаминов А, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub> и В<sub>12</sub>.

Степень усвояемости и использования меди животными напрямую зависит от различных факторов. В их числе — уровень поступления в организм других минералов. Например, медь улучшает усвояемость железа из кишечника (этот микроэлемент участвует в синтезе молекул гемоглобина и в формировании эритроцитов). На клеточном уровне медь минимизирует действие свободных радикалов, способствует образованию коллагена сухожилий, миелиновых волокон нервной системы и меланина (пигмент, содержащийся в коже и шерсти животных).

Медь оптимизирует отложение кальциевых и фосфорных солей, участвует в образовании половых гормонов, регулировании углеводного, минерального, водного и газоэнергетического обмена, способствует поступлению железа в костный мозг и усиливает детоксикационную функцию печени. Медь нужна для нормального формирования костей, поскольку она стимулирует синтез оссеина.

В организме крупного рогатого скота медь всасывается в тонком кишечнике, депонируется в печени, а затем с током крови доставляется к органам и тканям. Данные лабораторных анализов показывают, что в сыворотке крови жвачных животных содержание меди варьирует от 1 до 2 мг/л. Потребность коров в меди можно удовлетворить пу-



тем скармливания кормосмесей, в которых концентрация этого микроэлемента составляет 8–10 мг в 1 кг сухого вещества (СВ).

При дефиците меди в рационах в крови коров и телят появляются незрелые формы эритроцитов, вследствие чего у животных развивается анемия. Медь также необходима для нормального формирования скелета. При недостатке меди в кормах у коров диагностируют остеопороз, а у телят — рахит.

В организме крупного рогатого скота медь выполняет следующие биологические функции:

- входит в состав многих ферментов, характеризующихся окислительно-восстановительной активностью;
  - участвует в обмене железа и образовании гемоглобина, ускоряет созревание эритроцитов, обеспечивает насыщение тканей кислородом;
  - усиливает обменные процессы, повышая усвояемость белков, жиров и углеводов;
  - активизирует формирование соединительной ткани;
  - поддерживает структуру костей, хрящей, сухожилий;
  - улучшает эластичность стенок кровеносных сосудов, альвеол и кожи;
- Доказаны противовоспалительные свойства меди.

Клинические признаки дефицита меди в организме крупного рогатого скота, как правило, неспецифичны. Например, снижается скорость роста и сохранность молодняка, увеличивается число заболеваний и ухудшается воспроизводительная способность ко-

ров. Недостаток меди часто приводит к депигментации волосяного покрова или к выпадению волос. При нехватке меди в рационе возникает диарея, однако такая патология может быть обусловлена и другими причинами.

Хрупкость костей, остеопороз, остеопороз, сердечную недостаточность также регистрируют при дефиците меди в корме. Из-за ее недостатка снижается защитная функция фагоцитарных клеток и нарушается работа иммунной системы. Данные исследований свидетельствуют о том, что у коров, получавших дефицитные по меди рационы, мастит и эндометрит протекали в более тяжелой форме, чем у коров, потреблявших кормосмесь с оптимальным содержанием этого минерала.

Анемия и истощение — результат недостатка меди в организме телят. Их рост замедляется, шерсть становится грубой и блеклой. У молодняка ухудшается аппетит, появляется склонность к лизанию. При медном голодании у скота деформируются суставы и кости конечностей, у коров всегда снижается молочная продуктивность.

В некоторых случаях нарушение обменных процессов в организме и нехватка меди в кормах служат причиной резкого уменьшения ее содержания в печени. Из-за этого животные заболевают энзоотической атаксией (поражение центральной нервной системы, приводящее к парезу, а затем к параличу конечностей). На уровень использования меди в организме жвачных животных влияют молибден, цинк, марганец и сульфаты (соли серной кислоты).

Последствия дефицита меди в организме крупного рогатого скота:

- нарушение всасывания железа и, как следствие, развитие анемии;
- уменьшение количества лейкоцитов и эритроцитов в крови;
- нарушение работы сердечно-сосудистой системы (аневризма, поражения сердечной мышцы и стенок капилляров);
- ухудшение минерализации костей (остеопороз, остеопороз);
- снижение иммунитета;
- повышение риска возникновения заболеваний как инфекционной, так и неинфекционной этиологии;
- развитие зубной болезни (эндемический зуб);
- изменение пигментации кожи и волосяного покрова;
- задержка полового созревания.

Всасывание меди в организме крупного рогатого скота зависит от многих факторов. В их числе — возраст животных, химическая форма источника меди, наличие в корме антагонистов и др. Например, установлено, что при потреблении кормов с низким содержанием меди усвояемость этого микроэлемента в организме коров повышается, а при скармливании им кормосмесей с избытком меди — снижается (Lonnerdal, 2008). В организме телят в возрасте 3–14 недель (в этот период у молодняка поджелудочная железа развивается недостаточно) коэффициент всасывания меди может достигать 70%. Исследователи И. Бремнер и А. Далгарно (1973) отмечают, что 50–60% поступающей с кормом меди депонируется в печени телят.





Когда рубец полностью сформирован, уровень поглощения меди существенно снижается. Так, в организме взрослых жвачных животных усваивается около 5% этого микроэлемента. Сера, а также молибден в сочетании с серой и железом препятствуют всасыванию меди в организме коров. Антагонизм цинка и меди проявляется в случаях, когда концентрация цинка в рационе в десять раз превышает норму (Miller et al., 1989). Антагонизм меди и железа может возникать при включении в кормосмесь препаратов железа в концентрациях, превышающих норму в 3–4 раза. Антагонизм меди и других микроэлементов усиливается, если животным скармливают перекисленный силос (Хансен и Снурс, 2009). Необходимо учитывать, что йодистый калий снижает доступность меди. Это обусловлено тем, что в организме жвачных животных соединения йода с медью не усваиваются.

В рационы для коров медь обычно включают в виде солей — оксида меди (характеризуется очень низкой биодоступностью), сульфата меди, а также в форме аминокислотных хелатных соединений и протеината (отличаются высокой биодоступностью). Соли меди, в избытке поступающие в организм, ядовиты и могут вызвать отравление.

Результаты экспериментов показали, что при скармливании кормов и выпаивании воды с повышенной концентрацией серы усвояемость меди в организме крупного рогатого скота заметно ухудшалась (Pogge et al., 2014). Антагонизм возникал из-за образования сульфидов меди в рубце. При выпойке воды, в которой содержалась сера в форме сульфата в количестве 500 мг/л, концентрация меди в печени телок мясных пород существенно снижалась (Paim и др., 2000). Молибден, взаимодействуя с серой, усугубляет антагонизм. Так, в рубце жвачных животных сера и молибден могут образовывать тиомолибдаты и связывать растворимую медь. Эти соединения попадают в кровь и связывают соединения меди в тканях (Gould and Kendall, 2011).

Последствия избытка меди в рационах:

- диспепсия, тахикардия, затрудненное дыхание;
- гемолитическая анемия, гематурия;
- желудочно-кишечные кровотечения;

- печеночная и почечная недостаточность;
- «медная лихорадка» (повышение температуры тела, озноб, потоотделение, судороги);
- депонирование меди в мозге, коже, печени и поджелудочной железе;
- обесцвечивание шерсти, особенно вокруг глаз;
- извращение аппетита.

Содержание меди в кормах варьирует от 4 до 15 мг в 1 кг СВ. В рационы включают неорганическую медь в форме сульфатов, хлоридов, карбонатов или оксидов меди. Биодоступность меди, содержащейся в таких кормовых добавках, как правило, невысока (Langlands et al., 1989; Kegley and Spears, 1994), однако болюсы, в состав которых входит оксид меди, могут быть эффективными источниками этого микроэлемента (Parkins et al., 1994).

В некоторых добавках медь содержится в хелатной форме или связана с органическими веществами, например с аминокислотами или углеводами. При длительном (в течение нескольких недель или месяцев) нахождении в рубце окиси меди (болюсы) ее биодоступность увеличивается. Мелко измельченная окись меди практически не задерживается в рубце, поэтому ее всасывание ухудшается. Биодоступность меди в препаратах хлорида меди аналогична биодоступности меди в препаратах сернокислой меди (Ivan et al., 1990).

Из организма коров медь выводится преимущественно с желчью и мочой. Методом использования изотопов было установлено, что эндогенные потери меди с желчью и мочой составляют в среднем 0,0145 мг на 1 кг живой массы (Бакли, 1991). Следовательно, потребность коров в меди, необходимой для поддержания жизненно важных процессов в организме, не превышает 0,0145 мг на 1 кг живой массы. Потребность телят в меди гораздо выше — около 2 мг на 1 кг живой массы.

Концентрация меди в молоке достигает 0,04 мг/кг, значит, потребность лактирующих коров в этом микроэlemente увеличивается до 0,04 мг на 1 кг произведенного молока. В период стельности (с 190-го дня до отела) корова должна получать 0,0023 мг меди на 1 кг живой массы.

Вводить в рацион медьсодержащие добавки нужно осторожно, чтобы не

вызвать отравления животных. Токсикоз может возникнуть у коров, получающих корма, загрязненные соединениями меди. Этот микроэлемент аккумулируется в печени и поражает ее. Стресс приводит к внезапному выбросу большого количества меди из печени в кровь (гемолитический криз). Такая патология сопровождается гемолизом (разрушение эритроцитов), генерализованной желтухой, метгемоглобинемией (увеличение уровня гемоглобина, содержащего окисленное железо — метгемоглобин — в эритроцитах), гемоглобинурией (состояние, при котором белок переноса кислорода гемоглобин обнаруживается в моче), некрозом и приводит к гибели животных (Steffen et al., 1997; Underwood and Suttle, 1999; Johnston et al., 2014).

Содержание меди в растительных кормах зависит от многих факторов — химического состава почвы, вида трав, обеспеченности их доступными источниками меди, а также от фазы вегетации культур. В растениях почти вся содержащаяся в листьях медь сосредоточена в хлоропластах. Она участвует в фотосинтезе — стабилизирует хлорофилл и предохраняет его от разрушения. Медь входит в состав медьпротеида, способствует образованию в растениях железосодержащих ферментов.

Внесение меди в почву имеет важное значение, так как этот микроэлемент положительно влияет на синтез белков, обеспечивающих водоудерживающую способность растительных клеток. В результате повышается засухоустойчивость и морозостойкость культур, а также улучшается их защита от бактериальных заболеваний. Медь участвует в процессе фиксации азота растениями, усиливает их устойчивость к полеганию.

Ученые установили, что общее содержание меди в почве составляет около 0,002%, причем на долю растворимой части приходится только 1% от этого количества. Усвояемость растениями меди различается в зависимости от формы микроэлемента (водорастворимая медь; обменная медь, поглощенная органическими и минеральными веществами; труднорастворимая медь; медьсодержащие минералы; комплексные металлоорганические соединения меди).



В 1971 г. профессор В. Ковальский определил пороговые концентрации валовой формы меди в почвах: дефицит — 6–15 мг/кг (из-за этого злаковые культуры полегают и плохо вызревают), оптимальное количество — 16–60 мг/кг, избыток — более 60 мг/кг.

Содержание меди в кормах зависит не только от вида культур, но и от гранулометрического состава почв. Так, в кормах, заготовленных из растений, выращенных на минеральных почвах, концентрация меди выше, чем в кормах, приготовленных из культур, произрастающих на песчаных и суглинистых почвах. Содержание валовой меди в почвах не является критерием обеспеченности растений этим микроэлементом.

Главный показатель, характеризующий уровень миграции и степень накопления меди в растениях, — форма самого минерала в почве. Доступность меди для растений определяется наличием ее легкоподвижных форм. При известковании почв, связывании меди в виде органических соединений и закреплении их почвенным гумусом подвижность меди и уровень ее поступления в растения снижаются. Важную роль в фиксации меди играют почвенные микроорганизмы.

Часть меди, содержащейся в почве, прочно связана с кислотами, образовавшимися при перегнивании пожнивных остатков, и в такой форме микроэлемент становится неусвояемым для растений. Дефицит меди зарегистрирован в песчаных и торфяных почвах. Доступность меди для растений, произрастающих на кислых почвах, выше, чем для растений, произрастающих на нейтральных и щелочных почвах. Поэтому при обработке известкованных почв рекомендовано применять удобрения — медный купорос, суперфосфат с медью, пиритные огарки, шлаки цинкоэлектролитных и медеплавильных заводов и низкопроцентные окисленные медные руды.

Для диагностики обеспеченности сельскохозяйственных земель медью определяют содержание в них подвижной формы минерала, поскольку установлена тесная зависимость между содержанием подвижной меди в почвах и уровнем ее накопления в растениях.

Основные признаки острого дефицита меди: окрашивание кончиков листьев в белый цвет, слабое развитие ко-

лоса, излишняя кустистость (особенно овса, ячменя, свеклы, и бобовых трав). При недостатке меди подсыхают кончики листьев, поздно формируются репродуктивные органы. Заболевшие растения сильно кустятся и, не переходя в фазу стеблевания, погибают. Болезнь, вызванную нехваткой меди, выявляют преимущественно у культур, ареалом обитания которых служат торфяники, болотистые и мелиорированные почвы.

Произрастающие на торфяных почвах злаки полегают в фазу молочной спелости зерна. Симптомы проявления острого недостатка меди встречаются редко, а голодание (скрытый недостаток) различных культур происходит уже при содержании меди 0,5–5 мг/кг сухой массы растения. Если концентрация меди в сельскохозяйственных растениях ниже чем 5 мг/кг сухой массы, их развитие замедляется. Значения 10–20 мг/кг — пороговые.

Чувствительность растений к недостатку меди различается. Медные удобрения необходимо вносить в минеральные почвы (содержание в них подвижной меди — менее 3 мг/кг) и торфяные (менее 5 мг/кг) с учетом биологических особенностей выращиваемых кормовых культур. Данные исследований показывают, что на внесение медных удобрений весьма отзывчивы зерновые (пшеница, тритикале, ячмень), клевер луговой, люцерна, а также кукуруза, морковь и свекла, используемые в кормлении крупного рогатого скота.

Коэффициент биологического поглощения меди из почвы зерновыми и клевером очень низкий. Это свидетельствует о наличии физиологического барьера, препятствующего всасыванию этого микроэлемента из почвы. Многочисленные исследования, проведенные в разных регионах Республики Беларусь, показали, что опрыскивание растений медьсодержащими растворами и предпосевная обработка семян препаратами меди — наиболее эффективные способы подкормки.

Внекорневую подкормку можно проводить на любой стадии роста и развития культур, поскольку продолжительность физиологического действия препарата составляет десять дней. При внесении меди в почву в дозе 2–5 кг/га действующего вещества период последствия удобрения варьи-

рует от 6 до 8 лет. При применении медьсодержащих удобрений и пестицидов концентрация меди в растениях увеличивается в 2–4 раза.

Предпосевная обработка семян злаковых культур препаратами меди (50–100 г на 1 т семян) — обязательный агротехнический прием, обеспечивающий прирост урожайности зерна на 3–5 ц/га. Внекорневая подкормка заключается в опрыскивании растений (концентрация меди в растворе — 0,01–0,1%, расход — 10–100 г на 100 л воды) многократно в период вегетации с интервалом в 10–14 дней. Период поглощения микроэлемента растениями после опрыскивания может колебаться от нескольких часов до нескольких дней.

При внесении в почву разовая доза меди составляет 50 г действующего вещества на 1 га, расход рабочего раствора — 200 л/га. Для профилактики ожогов растений внекорневую подкормку препаратами меди лучше проводить утром или вечером в солнечную погоду либо в пасмурный, но не дождливый день. Прирост урожайности при применении медного удобрения достигает в среднем 10%, а иногда 50%.

Оптимальный срок внекорневой подкормки посевов озимых зерновых культур — стадия первого узла кущения. Потребность высокопродуктивных посевов в меди выше (50 ц/га зерна и более), поэтому их обрабатывают двукратно — в начале фазы активной вегетации весной (стадия первого узла кущения) и в фазу появления последнего (флагового) листа — в начале колошения. В рабочий раствор можно добавлять мочевины из расчета 10–15 кг/га. Яровые зерновые культуры лучше удобрять на стадии первого узла, кукурузу — в фазу появления 6–8 листьев, многолетние злаковые травы — в фазу трубкования.

Таким образом, установлено, что медь в рационах для крупного рогатого скота — один из наиболее важных минералов, во многом определяющий состояние здоровья коров и уровень их продуктивности. Чтобы удовлетворить потребность жвачных животных в меди, нужно вовремя вносить медные удобрения в почву и проводить внекорневую обработку кормовых культур. **ЖР**

Республика Беларусь

Фото предоставлены ООО «Русский сыр» и ООО СХП «Мокрое»