

Documentos 119

Novos Microelementos Minerais e Minerais Quelatados na Nutrição de Bovinos

Sheila da Silva Moraes

Campo Grande, MS
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte

Rodovia BR 262, km 4, CEP 79002-970 Campo Grande, MS
Caixa Postal 154
Fone: (67) 368 2064
Fax: (67) 368 2180
<http://www.cnpgc.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpgc.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Cacilda Borges do Valle*
Secretário-Executivo: *Osni Corrêa de Souza*
Membros: *Ecila Carolina Nunes Zampieri Lima, Ezequiel Rodrigues do Valle, José Raul Valério, Manuel Cláudio Motta Macedo, Maria Antonia Martins de Ulhôa Cintra, Tênisson Waldow de Souza, Valéria Pacheco Batista Euclides*

Supervisor editorial: *Ecila Carolina Nunes Zampieri Lima*
Revisor de texto: *Lúcia Helena Paula do Canto*
Normalização bibliográfica: *Maria Antonia M. de Ulhôa Cintra*
Tratamento de ilustrações: *Paulo Roberto Duarte Paes*
Capa: *Paulo Roberto Duarte Paes*
Editoração eletrônica: *Ecila Carolina Nunes Zampieri Lima*

1ª edição

1ª impressão (2001): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).
CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Gado de Corte.

Moraes, Sheila da Silva

Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos / Sheila da Silva Moraes. -- Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.

22 p. ; 21 cm. -- (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1517-3747 ; 119)

ISBN 85-297-0119-4

1. Bovino de corte - Mineral. 2. Nutrição animal - Microelemento. 3. Quelato. I. Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS). II. Título. III. Série.

CDD 636.085 (21. ed.)

© Embrapa 2001

Autores

Sheila da Silva Moraes

Médica-Veterinária, Ph.D., CRMV-MS Nº 1.038,
Embrapa Gado de Corte, Rodovia BR 262 km 4, Caixa
Postal 154, CEP 79002-970 Campo Grande, MS.
Endereço eletrônico: sheila@cnpqg.embrapa.br

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Aspectos gerais	10
Novos microelementos	10
Cromo	10
Níquel	12
Arsênio	13
Elementos essenciais quelatados	13
Formação de compostos orgânicos sintéticos "quelatos"	14
Biodisponibilidade dos quelatos	15
Absorção dos quelatos	16
Resposta à utilização de minerais quelatados	16
Conclusões	18
Referências bibliográficas	19

Novos Microelementos Minerais e Minerais Quelutados na Nutrição de Bovinos

Sheila da Silva Moraes

Resumo

Com o avanço da produção de bovinos de corte, as exigências nutricionais aumentaram e novos microelementos minerais e formas de suplementação entraram no cenário da produção de bovinos de corte. Elementos minerais, como cromo e níquel, vêm sendo estudados. O efeito da suplementação de cromo para bovinos tem se destacado nos últimos tempos, como eficiente em situações de estresse. O níquel mostrou-se eficiente em dietas com baixo teor de proteínas. Estudos experimentais destacaram o arsênio como essencial para caprinos. Elementos minerais quelutados são aqueles fixados com moléculas orgânicas de baixo peso molecular, cuja absorção é mais efetiva. Embora alguns resultados experimentais mostraram-se promissores, o uso onera o custo do sal mineral. Estudos comparativos com formas inorgânicas demonstraram que a resposta não foi diferente, como no caso do Zn, quando se aumentou a disponibilidade do mineral nas formas inorgânicas.

Palavras-chave: bovino de corte, estresse, cromo, níquel, arsênio, minerais orgânicos.

News Trace Elements and Chelates Mineral in Mineral Beef Cattle Nutrition

Abstract

With the advance of beef cattle production, nutritional requirements increased and novel minerals and supplementation forms have appeared. Mineral elements, such as chromium and nickel, have been studied more intensively. Chromium supplementation for beef cattle gave good results during periods of increased stress. Nickel has been shown to be promisor for cattle on diets deficient in protein. Arsenium has been shown in experimental studies to be essential for goats. Complexed mineral elements are mineral linked to organic molecules of low molecular weight. Its absorption seems to be more effective than that of the inorganic source. Although they show good experimental results, its use increased the cost of the mineral mixtures. Comparative studies of inorganic and organic mineral sources indicate that the responses are not different, as shown for zinc, when the amount of the inorganic form of the mineral is increased.

Key-words: beef cattle, stress, chromium, nickel, arsenium, organic minerals.

Aspectos gerais

A produtividade determina em parte os níveis dos minerais exigidos pelos animais. Nesta última década, ficou evidente não só a necessidade de suplementar minerais, como também a de suplementar proteína e/ou energia. Melhores práticas de manejo resultam em maiores taxas de natalidade e de crescimento dos bezerros, exigindo mais atenção quanto à nutrição mineral. As exigências dos bezerros de sobreano em relação a cálcio e fósforo, por exemplo, podem ser duplicadas ou triplicadas quando se passa da manutenção para ganhos de 0,8 a 1 kg/dia.

Sabe-se que pelo menos são 15 elementos minerais reconhecidos como essenciais para a vida dos animais superiores: cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cloro, enxofre, iodo, manganês, ferro, cobre, cobalto, molibdênio, selênio e flúor. Com o avanço da produtividade da pecuária, as exigências nutricionais aumentaram e novos microelementos minerais, como também, formas de suplementação, entraram no cenário da produção de bovinos de corte.

Microelementos minerais (ou elementos traços, a 10^{-9} µg/g), tais como cromo e níquel, vêm sendo estudados por sua participação no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas e o arsênio como essencial, principalmente para caprinos. Ainda, com função não muito clara e específica para bovinos, tem-se o vanádio (como cofator de enzimas), silício (importante na formação do tecido conjuntivo) e estanho (participa do tecido ósseo). Com o aumento do estresse e manipulação mais intensiva da dieta, a suplementação de alguns desses novos microelementos pode trazer benefícios em condições específicas.

Recentemente, um aspecto bastante comentado sobre suplementação mineral diz respeito ao uso de minerais quelatados, que têm a absorção semelhante aos minerais presentes na dieta orgânica, como uma forma mais adequada para garantir a absorção de alguns microelementos minerais, como zinco, cobre e selênio.

Novos microelementos

Cromo

O cromo (Cr) é um dos mais importantes dos novos elementos minerais para bovinos. Na década de 1990, foi reconhecido o potencial do Cr na nutrição de

bovinos e suínos (Chang & Mowat, 1992). Nos últimos cinco anos, trabalhos científicos têm mostrado a importância do Cr em bovinos, quando há estresse emocional, físico e metabólico, resultante da intensificação das práticas produtivas, que propicia uma maior susceptibilidade às doenças e alterações metabólicas (Burton, 1995; Mowat, 1997).

O Cr funciona como componente integral e biologicamente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF) que potencializa a ação da insulina na célula. O átomo de Cr, do GTF, facilita a interação entre a insulina e os receptores dos tecidos musculares e gordurosos (Mertz, 1987). Assim, o GTF com o Cr^{+3} é um mensageiro químico que se liga a receptores na superfície das células dos tecidos, estimulando sua capacidade de usar a glicose como combustível metabólico, ou armazenar sob a forma de glicogênio (Anderson, 1987). O GTF é importante não só para o metabolismo dos carboidratos, como também para os de proteínas e lipídeos, e os hormônios do crescimento (Burton, 1995). Ele é requerido para o funcionamento normal das células β , secretoras de insulina no pâncreas, prevenindo uma super-resposta da secreção de insulina mediante ao estímulo da glicose (Striffler, 1995). A insulina é um hormônio que promove o processo anabólico e inibe o catabólico nos músculos, fígado e tecido adiposo, para tal, é dependente do GTF.

Em condições de estresse (período pré e pós-parto, no transporte, em alta lotação e variação extrema de temperatura) há aumento dos níveis sanguíneos de glicose e, simultaneamente, do hormônio cortisol, provocando mobilização das reservas de Cr nos tecidos. O cortisol é antagônico à insulina e, nessa situação, o Cr mobilizado, para ação da insulina, é eliminado pela urina (Mertz, 1992). O cortisol tem também efeito imunossupressor do sistema imunológico (resposta imune humoral, células imunomediadoras). Quando o Cr é insuficiente, a ação da insulina é prejudicada, e há alteração nos metabolismos dos carboidratos, aminoácidos e lipídeos (Burton, 1995; Mowat, 1997), que se soma ao efeito supressor do sistema imunológico (resposta imuno-humoral, células imunomediadoras) mediado pelo cortisol (Mertz, 1992).

Nas plantas, o cromo encontra-se, naturalmente, na forma orgânica, em concentração aproximada de 30 a 50 ppb (10^{-9}). Ele pode, também, estar presente como contaminante, nas forragens, rações e suplementos minerais (Yang et al., 1996). A análise de cromo na dieta é limitada e exige equipamento com alto

grau de especificação. Mowat (1997) relata que altos níveis de ferro (Fe) e zinco (Zn), na dieta, interferem na biodisponibilidade do Cr para bovinos.

As exigências de Cr não são conhecidas. No entanto, a suplementação de Cr é recomendada em situação de alta produção e para animais sob estresse: dieta com baixo teor de proteína, alto fornecimento de silagem; dietas com teores baixos em fibras (0,5 mg/kg da fonte orgânica de Cr); antes do confinamento e três semanas antes do abate (0,2 a 0,3 mg/kg da fonte orgânica); na desmama precoce; no pré e pós-parto. Uma concentração de 4 a 5 mg/cab./dia da fonte orgânica de Cr, durante as três últimas semanas do pré-parto, e 5 a 6 mg/cab./dia, durante as três semanas do pós-parto (Chang & Mowat, 1992; Yang et al., 1996). As fontes de Cr recomendadas para suplementação são a levedura, o picolinato de cromo ou nicotinato de cromo (Mowat, 1994, 1996).

Níquel

O níquel (Ni) encontra-se em baixas concentrações em todos os tecidos e fluidos do animal. A função do Ni ainda não está firmemente estabelecida, mas relatos de Spers (1984) demonstram ser essencial para ovinos e caprinos, principalmente nos processos microbiológicos do rúmen. A uréase de bactérias ureogênicas, o fator F_{430} de bactérias metanogênicas e a atividade das hidrogenases bacterianas são enzimas Ni-dependentes. O requerimento de Ni parece ser mais alto em ruminantes do que em outras espécies. O teor de proteína bruta e o nível de uréia são dois fatores que influenciam a resposta dos ruminantes a microelementos. As maiores respostas têm sido observadas nos ruminantes alimentados com dietas pobres em proteínas (Spears, 1984; Spears et al., 1986).

O níquel pode interagir e influenciar o metabolismo de alguns minerais, como o Zn, Cu e Fe (Spears et al., 1986). Nielsen (1987) relata o Ni como fator biológico facilitador da absorção intestinal do íon férrico (Fe^{+3}) e que altas concentrações de Ni na dieta de ruminantes podem causar deficiência de Fe, Cu e Zn.

Os sinais da deficiência de Ni foram observados em bovinos alimentados, experimentalmente, com baixos ou marginais teores de proteína. Os sintomas incluem a queda dos níveis de uréase ruminal, uréia e nitrogênio no soro (Spears & Hatfield, 1980). Os animais deficientes em Ni foram alimentados com dietas contendo 310 a 400 ng/g de Ni. O grupo controle suplementa 500 ng/g de Ni.

Arsênio

A essencialidade do arsênio (As) vem sendo estudada pela avaliação da quantidade dele no ar, solo, alimentação animal e humana, sendo encontrada uma ampla margem de variação (Anke, 1987). É um contaminante natural em rações e pastagens, geralmente em concentrações maiores a 0,03 µg/g e, raramente, excede a 1 µg/g. Sem um sítio de ação específica comprovada, verificou-se em experimento com dieta controlada, ser um elemento essencial para caprinos e aves, em concentrações < 25 µg/kg (Mertz, 1987).

Essa essencialidade para caprinos vem sendo, sistematicamente, estudada desde 1973. A influência do As, sobre o peso ao nascimento de caprinos, foi identificada em experimento após a depleção intra-uterina. Em média, os caprinos, mantidos sob dieta deficiente em As, tiveram o peso corporal 20% menor do que o grupo controle. Foi observado, também, que cabras gestantes, ainda em crescimento e lactação, mantidas com dieta deficiente em As, reduzem o consumo de alimentos, ocorrendo alta taxa de abortos (Nielsen, citado por Mertz, 1987). A toxicidade desse elemento é mais estudada em função de casos registrados em humanos, e em experimentos em bovinos, para verificar os níveis no leite. Estudos feitos com vacas leiteiras mostraram existir uma barreira na glândula mamária para a passagem do As em níveis tóxicos. O equilíbrio homeostático controla essa barreira. Observou-se que os níveis no leite permaneceram constantes, independente da concentração da dieta (Anke, 1987).

Elementos essenciais quelatados

Bovinos criados em pasto estão sujeitos a deficiências minerais. Para corrigir ou amenizar tais efeitos, a suplementação mineral é uma prática necessária, para atender às exigências dos animais, garantindo-lhes um suprimento adequado e desenvolvimento saudável.

Na avaliação dos alimentos e suplementos nutritivos devem-se considerar a concentração e a biodisponibilidade do elemento. Essa biodisponibilidade diz respeito às formas como os minerais podem ser absorvidos no intestino e usados pelas células e tecidos animais (Underwood, 1981). A presença do mineral na planta forrageira, usada como alimento, não garante a absorção dele, pelo organismo animal.

Muitos fatores afetam a maneira como os nutrientes são utilizados pelos animais. Entre os principais fatores estão o clima, o tipo de solo, a espécie forrageira, o manejo, a composição química das plantas forrageiras (entre outros), que podem afetar a composição físico-química das plantas forrageiras, além dos fatores inerentes ao animal, como a idade, o pH dos conteúdos nos compartimentos do trato digestivo, a presença em excesso ou ausência de alguns minerais (sinergismo/antagonismo), o conteúdo de nutrientes orgânicos (proteínas, carboidratos, vitaminas), aspectos sanitários, entre outros.

Normalmente, os minerais envolvidos em vários processos metabólicos têm maior facilidade de se inter-relacionarem do que aqueles que estão envolvidos numa simples ou única função (Dyer, 1969; Suttle, 1975). Entre eles se destacam o cobre, o ferro, o zinco e o selênio por serem íons polivalentes.

Formação de compostos orgânicos sintéticos “quelatos”

Estudos com minerais orgânicos ou quelatados têm sido desenvolvidos com a finalidade de garantir a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica (pressão iônica da mucosa intestinal), normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais.

São denominados quelatos, compostos formados por íons metálicos seqüestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade. A palavra “quelatos” vem do grego “*chele*” que significa “*garra*”, um termo adequado para descrever a maneira na qual íons metálicos polivalentes são ligados a compostos orgânicos ou sintéticos (Mellor, 1964).

Para a formação dos quelatos pode-se lançar mão de numerosas moléculas como ligantes que têm função específica no metabolismo. Elas são de baixo peso molecular e a capacidade oxidativa ou “ligante” depende do tamanho da molécula e da presença de radicais carboxílicos. As principais são os ácidos aminado, ascórbico, cítrico, glucônico e etilenodiaminotetracético (EDTA). Normalmente, um cátion polivalente (mineral) pode fazer a ligação com uma, duas ou várias dessas moléculas, para formar um “composto mineral organicamente ligado” ou quelato, podendo assim ser vendido como fonte de mineral.

A “Association of American Feed Control Officials” – AAFCO (1997) define esses produtos minerais orgânicos da seguinte forma:

- Quelato metal-aminoácido é um produto resultante da reação de um sal metálico solúvel com aminoácidos na proporção molar, isto é, um mol do metal para um a três moles (preferencialmente dois) de aminoácidos na forma de ligação covalente coordenada. O peso molecular médio dos aminoácidos hidrolisados pode ser, aproximadamente, de 150 dáltons e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder a 800 dáltons.
- Complexo aminoácido-metal é um produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácido(s).
- Metal proteinado é o produto resultante da quelação de um sal solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada.
- Complexo metal-polissacarídeo é o produto resultante da complexação de um sal solúvel com polissacarídeo.

Em geral, elementos minerais quelatados mostraram biodisponibilidade maior ou igual àqueles na forma de sulfato ou óxido (Ammerman & Henry, 1994). Para a utilização mais efetiva desse produto, são necessárias mais informações a respeito de sua composição, absorção e metabolismo no tecido que define sua disponibilidade biológica.

Biodisponibilidade dos quelatos

Disponibilidade biológica pode ser considerada como a medida da habilidade de um suplemento sustentar os processos biológicos nos animais (McGilliray, 1978). A biodisponibilidade de um nutriente é um termo relativo, sempre se referindo ao valor, de outro produto usado como padrão (Rosa, 1985). Trabalhos de Fox et al. (1981) e O'Dell (1984) têm enfatizado estudos da utilização de nutrientes dentro do processo metabólico normal do animal. Daí estudos recentes têm desenvolvido compostos orgânicos semelhantes àquelas moléculas transportadoras de minerais no organismo animal (metalotioneína, ferritina, ceruloplasmina e outras), de maneira a garantir sua eficiência em suprir deficiências. Assim, a disponibilidade biológica do metal na forma quelatada é dependente de três condições básicas na estrutura do composto:

- Da forma de ligação com o metal - Nos quelatos formados com dois ou três aminoácidos, o íon metálico fica inerte na molécula, entrando com facilidade nas vias metabólicas, pois assume a característica da molécula orgânica.
- Do peso molecular da forma quelatada - O baixo peso molecular é a chave para a absorção como uma molécula intacta. Se o peso molecular de um quelato for maior do que 800 dáltons, certamente sofrerá prévia hidrólise

na luz do trato digestivo e a absorção pela mucosa não será garantida (AAFCO, 1997).

- Da constante de estabilização do quelato - Deve ser constituído de dois ou três anéis de aminoácidos quelantes para serem estáveis. Se a constante de estabilização dos aminoácidos é grande, estes irão resistir à ação de peptidases que quebram as ligações peptídicas internas, liberando o átomo de metal na molécula (Ashmead, 1993).

Absorção dos quelatos

Trabalhos "in vivo" têm demonstrado que minerais sob a forma de sais inorgânicos são geralmente ionizados no estômago e absorvidos no duodeno, onde o pH ácido determina a solubilidade. Daí são ligados a proteínas e incorporados pela membrana das células da mucosa intestinal (Ashmead, 1993). O transporte para o interior das células dá-se pela difusão passiva ou pelo transporte ativo. Nessas condições é que podem ocorrer perdas pela reação com compostos, como colóides insolúveis (Herrick, 1993), ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção.

No caso de aminoácidos quelatados, o elemento mineral metálico na molécula é quimicamente inerte, por causa da forma de ligação. Então não é afetado pelos diferentes anions como os íons metálicos livres. Os minerais quelatados são absorvidos no jejuno, atravessam as células da mucosa e passam diretamente para o plasma. A separação do aminoácido quelante dá-se no local onde o elemento mineral metálico é utilizado (Ashmead, 1993).

Resposta à utilização de minerais quelatados

Alguns estudos têm demonstrado resposta positiva de quelatos quando comparados com fontes inorgânicas (McDowell, 1996).

Spears, citado por McDowell (1996), concluiu em seus estudos que certos complexos orgânicos na dieta de ruminantes aumentam o desempenho (crescimento e produção de leite), a qualidade de carcaça e resposta imune, e decresce a contagem de células epiteliais no leite comparada aos animais suplementados com as formas inorgânicas.

Nos casos em que existem altas concentrações dietéticas de minerais, como o molibdênio (Mo), formas orgânicas de cobre (Cu) seriam vantajosas. Desta

forma, pode-se evitar, por exemplo, a formação de complexo tiomolibdato de cobre (Cu-Mo-S) no sistema digestivo (Nelson, citado por McDowell, 1996).

Spears (1989) não encontrou nenhuma diferença no crescimento de novilhos recebendo óxido de zinco (ZnO) e o quelato de zinco com metionina, embora houvesse tendência a melhor resposta nesse último tratamento. Analisando os resultados, o autor observou que, nas condições experimentais, tanto o Zn presente, sob forma de óxido, como quelatado foram absorvidos num grau semelhante. Após a absorção, entretanto, parece que foram metabolizados de formas diferentes: houve tendência à menor excreção urinária e menor taxa de declínio no plasma do zinco nos animais suplementados com a forma quelatada.

O zinco e o cobre complexados com proteínas ou aminoácidos, tais como a metionina ou lisina, tendem a ter vantagem com relação as suas formas inorgânicas quando são administrados a animais estressados. Por um lado, o peso na desmama foi mais alto para bezerros suplementados com Zn-Mn-metionina comparados com o controle e os que recebiam óxido de zinco (Spears & Kegley, 1991). Por outro lado, pesquisa em andamento, que avalia os efeitos da comparação de diferentes concentrações de zinco na mistura mineral de vacas em reprodução, sobre a incidência de doenças em bezerros e resposta imune, demonstrou que os tratamentos T1 (mistura mineral sem Zn) e T3 (mistura mineral para consumo de 30 mg/kg de Zn, na matéria seca, na forma inorgânica/dia) tiveram maiores incidências de doenças decorrentes (22% e 18,5%, respectivamente) quando comparadas aos tratamentos T2 = 3% (mistura mineral para consumo de 30 mg/kg de Zn, na matéria seca, na forma orgânica/dia) e T4 = 3% (mistura mineral para consumo de 60 mg/kg, na matéria seca, de Zn na forma inorgânica/dia). Os resultados, até então encontrados para resposta imune, dosagem de IgG e IgM e contagem de leucócitos, não foram estatisticamente significativos entre os tratamentos (Moraes et al., 2001).

Kropp (1993) avaliou a fertilidade de fêmeas de diferentes raças (Angus, Hereford, Brangus e Simental) que tiveram acesso a sal mineral contendo zinco, manganês, cobre e cobalto quelatados com aminoácidos comparados à fórmula contendo sais inorgânicos, por um ano. O autor verificou que 77,4% das fêmeas que recebiam os quelatados apresentaram estro em relação a 42,1% das que recebiam sais inorgânicos. Destas, as que conceberam no primeiro serviço foram 71,4% das suplementadas com quelatos e 25% das com sal inorgânico.

O autor concluiu que a suplementação de microelementos minerais quelatados, particularmente o cobre, teve influência positiva na melhoria do cio e taxa de concepção.

Experimentos conduzidos por Engle et al. (1997) com novilhos Hereford x Angus, na primeira fase de depleção de Zn, constaram de quatro tratamentos, cujas concentrações foram de 40 mg/kg $ZnSO_4$ no grupo controle e sem Zn nos demais grupos. A fase de repleção, feita com outros animais, constituiu, também, de um grupo controle e os outros três grupos foram suplementados. A dieta do controle continha 17 mg/kg de Zn e a dos outros grupos foi complementada, para 40 mg/kg, com 23 mg/kg de Zn-lisina, Zn-metionina e $ZnSO_4$. Depois foram aplicados na pele (intradérmica) dos animais de cada grupo, dos dois ensaios, 75 µg de "phitoemagglutinin" (PHA), medindo-se, a cada intervalo de 8, 12, 24 e 48 horas, o processo inflamatório (inchaço). Assim foi avaliada a resposta das células imunomediadoras (CMI) do sistema imunológico. Na fase da depleção, 8 horas após a injeção de PHA, os bezerros suplementados com Zn-Lys apresentaram resposta mais baixa ($P < 0,05$) do que os bezerros do grupo controle ou do suplementado com Zn-Met. Na fase de repleção, 12 e 48 horas após a injeção, a resposta de CMI teve valores semelhantes, e 24 horas após a injeção, o grupo de bezerros controle foi significativamente mais baixo ($P < 0,05$) do que aqueles alimentados com Zn-Met e Zn-Lys.

Há necessidade de estudar melhor a seletividade dos agentes quelantes em relação aos minerais, à espécie e à quantidade mais efetiva, seu modo de ação e seu comportamento em diferentes espécies animais e interação com diferentes dietas. Os requerimentos dietéticos para minerais podem ser bem reduzidos pela adição de agentes quelantes à dieta animal, mas a relação custo-benefício precisa ser mais bem estabelecida.

Conclusões

- **Novos microelementos**

O cromo é um elemento mineral essencial no metabolismo energético. Em condições de estresse há aumento dos níveis sanguíneos do hormônio cortisol, que antagoniza, desvia o Cr mobilizado, fazendo com que seja eliminado pela urina, e tem efeito imunossupressor do sistema imunológico. Nessa situação altera o metabolismo energético. Assim, o Cr deve ser utilizado para bovinos, em períodos estratégicos, isto é, nas principais situações de estresse.

O níquel é um elemento essencial para algumas bactérias do rúmen. Dietas de proteínas influenciam a resposta de ruminantes à suplementação de Ni. O arsênio vem sendo estudado como contaminante ambiental e concentra-se em algumas espécies marinhas (crustáceos e moluscos). Em estudos experimentais com ruminantes, destacou-se como elemento essencial para caprinos.

- **Minerais quelatados**

Os micronutrientes orgânicos, embora alguns resultados têm se mostrado promissores, oneram o custo do sal mineral e, muitas vezes, não apresentam resposta diferente, quando se fornece, em maior concentração, o elemento mineral deficiente, nas formas inorgânicas (Ex.: dobrar os requisitos recomendados pelo NRC (1996), para o Zn em rebanho de cria). Já existe recomendação para que os elementos quelatados sejam usados de formas mais estratégicas para aumentar a produtividade da pecuária de corte.

Referências bibliográficas

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 1997.

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J. (Ed.). **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. New York: Academic Press, 1995. 237 p.

AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R. **Role of minerals in animal production: newer developments**. Livestock production for the 21st century: priorities and research needs. University of Saskatchewan, p. 251-266, 1994.

ANDERSON, R. A. Chromium. In: MERTZ, W. **Trace elements in human and animal nutrition**. New York: Academic Press, 1987. p. 225-240.

ANKE, M. Arsenic. In: MERTZ, W. **Trace elements in human and animal nutrition**. New York: Academic Press, 1987. p. 347-371.

ASHMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metals salts. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 47-51.

BURTON, J. L. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 3, p. 117-133, 1995.

CHANG, X.; MOWAT, D. N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 559, 1992.

DYER, I. Mineral requirements. In: HAFEZ, E.; DYER, I. (Ed.). **Animal growth and nutrition**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. p. 313.

ENGLE, T. E.; NOCKELS, C. V.; KIMBERLING, D. L.; WEABER, D. L.; JOHNSON, A. B. Zinc repletion with organic or inorganic forms of Zinc and protein turnover in marginally Zinc-deficient calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 11, p. 3074-3081, 1997.

FOX, M. R. S.; JACOBS, R. M.; JONES, A. O. L.; FRY JUNIOR, B. E.; RAKOWSKA, M.; HAMILTON, R. P.; HARLAND, B. F.; STONE, C. L.; TAO, S. H. Animal models for assessing bioavailability of essential and toxic elements. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 58, p. 6-11, 1981.

HERRICK, J. B. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 3-9.

KROPP, J. R. The role of copper in beef cattle fertility. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 154-169.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 60, n. 3/4, p. 247-271, 1996.

McGILLIRRAY, J. J. Biological availability of phosphorus sources. In: ANNUAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, 1., 1978, Petersburg Beach. **Anais...** St. Petersburg Beach: IMC, 1978, p. 104-150.

MELLOR, D. Historical background and fundamental concepts "of chelation". In: DWYER, F.; MELLOR, D. (Ed.). **Chelating agents and metal chelates**. New York: Academic Press, 1964. p. 1.

MERTZ, W. **Trace elements in human and animal nutrition**, London: Academic Press, 1987. v. 1, p. 355-356.

MERTZ, W. Chromium: history and nutritional importance. **Biological Trace Elements Research**, Totowa, v. 32, n. 2, p. 3, 1992.

MORAES, S. S.; NICODEMO, M. L. F.; VAZ, E. C.; PIRES, P. P.; CATANANTE, M. C.; S. THIAGO, L. R. L. de; VIEIRA, J. M.; FONSECA, E. M. **Avaliação da deficiência subclínica de zinco em vacas de cria e a relação com a higidez de seus bezerros**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 7 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 65).

MOWAT, D. N. Organic chromium in animal nutrition. **Proceeding Asia-Pacific Lecture Tour**. Nicholasville: Alltech, 1994. p. 31.

MOWAT, D. N. Feed organic chromium in receiving and preslaugter diests. **Proceeding Purina Cattle Conference, Verona Agriculture Fair**. Verona, Italy, 1996.

MOWAT, D. N. Supplemental organicchromium for beef and dairy cattle. **Proceeding in Ruminant Nutrition**. Guelph: University of Guelph, 1997. p. 1-21.

NIELSEN, F. H. Nickel. In: MERTZ, W. **Trace elements in human and animal nutrition**. London: Academic Press, 1987. v. 1, p. 245-273.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. Minerals, 7. rev. ed., Washington: National Academic Press, 1996. p. 54-69.

O'DELL, B. L. Bioavailability of trace elements. **Nutrition Reviews**, New York, v. 42, p. 301-308, 1984.

ROSA, I. V. Técnicas de avaliação de suplementos minerais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 1985, Piracicaba. **Minerais para ruminantes**. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1985. p. 99-112.

SPEARS, J. W. Nickel as a "newer trace element" in the nutrition of domestic animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 3, p. 823-835, 1984.

SPEARS, J. W. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of Zn in labs and effects of growth and performance of growing heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 3, p. 835-843, 1989.

SPEARS, J. W.; HARVEY, W.; SAMSELL, L. J. Effects of dietary nickel and protein on growth, nitrogen metabolism and tissue concentrations of nickel, iron, zinc, manganese and copper in calves. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 116, p. 1873-1883, 1986.

SPEARS, J. W.; HATFIELD, E. E. Role of nickel in ruminant nutrition. In: ANKE, M.; SCHNEIDER, H. J.; BRUCKNER, C. (Ed.). **Spurenelement-Symposium, Nickel**, 3., Jena: Friedrich-Schiller-Universitat, 1980. p. 47-53.

SPEARS, J. W.; KEGLEY, E. B. Effect of Zn and Mn-methionine on performance of beef cows and calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, suppl. 1, p. 59, 1991.

STRIFFLER, J. S.; LAW, J. S.; POLANSKY, M. M.; BHATHENA, S. J.; ANDERSON, S. A. Chromium improves insulin response to glucose in rats. **Metabolism, Clinical and Experimental**, Philadelphia, v. 44, n. 10, p. 1303-1307, 1995.

SUTTLE, N. Trace element interactions in animal. In: NICHOLAS, D.; EGAN, A. (Ed.). **Trace elements in soil-plant-animal systems**. New York: Academic Press, 1975. p. 217-242.

UNDERWOOD, E. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic Press, 1981. p. 15.

YANG, W. Z.; MOWAT, A.; SUBIYATNO, A.; LIPTRAP, R. M. Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 76, 1996, p. 221.