

日粮钼、铜水平对肉牛铜生物学利用率和需要量的影响

杨在宾¹ 贾志海² 李淑青¹ 杨维仁¹ 姜淑贞¹

(1. 山东农业大学 动物科技学院, 山东 泰安 271018; 2. 中国农业大学 动物科技学院, 北京 100094)

摘要 以利木赞 × 鲁西黄牛杂交一代公牛为研究对象,应用永久性瘤胃瘘管和颈静脉插管技术,研究了日粮钼、铜水平对肉牛营养物质代谢、铜的生物学利用率和需要量的影响。试验根据 2 个日粮钼水平(0.225 和 5.225 mg/kg)分 2 阶段进行,每个日粮钼水平设 3 个铜水平(11.71、26.71 和 51.71 mg/kg),采用拉丁方试验设计。研究结果表明:提高日粮钼水平能显著降低肉牛血铜水平、血清铜蓝蛋白和 SOD 活性($P < 0.01$);提高日粮铜水平可提高肉牛血铜质量比、血清铜蓝蛋白和 SOD 活性、ADF 瘤胃消失率($P < 0.01$)。5.225 mg/kg 日粮钼能降低铜的生物学利用率,日粮中补充铜能提高铜的生物学利用率($P < 0.05$)。肉牛日粮钼质量比为 0.225 和 5.225 mg/kg 时,相应日粮铜的适宜供给量为 11.71 和 26.71 mg/kg。

关键词 肉牛; 钼; 铜; 血铜; 血清铜蓝蛋白; SOD; 需要量

中图分类号 S 816.72; S 823.92

文章编号 1007-4333(2007)02-0045-05

文献标识码 A

Study on bioavailability and requirement of copper under different levels of molybdenum and copper in beef cattle

Yang Zaibin¹, Jia Zhihai², Li Shuqing¹, Yang Weiren¹, Jiang Shuzhen¹

(1. College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China;

2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Crossbred (Limousin × Lu-xi) beef cattle, fitted with permanent cannulas in rumen, and intubation in jugular vein, was used in the study. The experiments were divided into two stages according to two levels of molybdenum (0.225 and 5.225 mg/kg), each level had three concentrations of dietary copper (11.71, 26.71 and 51.7 mg/kg). A Latin square design was used to determine the effects of dietary copper or molybdenum on the metabolism of nutrients, bioavailability and requirement of copper in beef cattle. The results indicated that plasma copper concentration and activities of Cp or SOD reduced ($P < 0.01$) with increasing dietary molybdenum. Copper supplemented cattle had greater ($P < 0.01$) plasma copper concentration, activities of Cp or SOD, and disappearance rate of ADF in rumen. Supplement of 5 mg/kg of Mo in diet decreased ($P < 0.05$) the bioavailability of copper. Copper supplementation increased ($P < 0.05$) the bioavailability of copper. It was suggested that the optimal requirements for copper were 11.71 mg/kg and 26.71 mg/kg for cattle fed diets supplemented with 0.225 and 5.225 mg/kg of Mo.

Key words beef cattle; molybdenum; copper; plasma copper; ceruloplasmin; SOD; requirement

铜的缺乏会导致动物食欲不振、贫血、腹泻,铜中毒则会出现血尿、黄疸及组织坏死等症状^[1]。这些铜营养失调导致的动物生产能力降低,会给养殖业带来损失。高铜会导致钼的缺乏,反之亦然,高钼也会降低铜的生物利用率,导致铜缺乏^[2-3]。饲料中的钼含量可以明显影响铜的吸收以及铜在体内的

利用^[4]。关于铜的需要量研究方法很多,但是,对于不同钼水平下肉牛铜的生物学利用率和需要量研究尚未见详细报道。本研究以利木赞 × 鲁西黄牛杂交一代肉牛为试验对象,主要通过血铜水平的检测、血清铜蓝蛋白和血浆过氧化物歧化酶的测定、钼铜水平对瘤胃纤维素降解率的影响 4 个方面,研究不

收稿日期: 2006-07-06

基金项目: “十五”国家科技攻关计划资助项目(2002BA514A-2-1)

作者简介: 杨在宾,教授,博士生导师,主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: yangzb@sdau.edu.cn

同钼水平下肉牛铜的生物学利用率和需要量。

1 材料与方法

1.1 试验动物

选择体况良好、体重相近(340 ±10) kg, 安装永久性瘤胃瘘管和颈静脉插管的利木赞 × 鲁西黄牛杂交一代去势公牛 3 头作为试验牛, 试验地点在山东农业大学动物营养试验牛场。

1.2 饲养管理

试牛单舍饲喂, 每日 7:00 和 18:00 喂粗料, 中午 12:00 喂精料, 铜和钼添加在精料中。早晚自由饮水 2 次。正式试验期间每天收集试牛的剩料, 称重记录试验结果。在正式试验的开始和结束时, 连续 2 d 分别在早饲前空腹称重, 取其平均数作为试牛体重, 计算其日增重。

1.3 试验日粮组成及营养水平

试验基础日粮由甘薯蔓、玉米和大豆粕等组成(表 1)。日粮能量、蛋白质、钙、磷等营养指标参照国家肉牛饲养标准(2000 年)供给。

表 1 试验日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of the tested diets

日粮组成	质量分数/ %	营养水平	质量分数/ %
甘薯蔓	80.0	代谢能/ (MJ/ kg)	5.38
玉米	10.0	粗蛋白质	10.30
豆粕	4.0	钙	0.48
麸皮	5.0	磷	0.36
磷酸氢钙	0.3		
食盐	0.5		
预混料*	0.2		

注: *预混料微量元素含量: 铁 25 g/ kg, 锰 20 g/ kg, 锌 15 g/ kg, 碘 0.25 g/ kg, 钴 0.05 g/ kg。

1.4 试验设计

试验分为 2 个钼水平阶段, 采用拉丁方设计。第 1 阶段的钼水平为基础日粮的实测值 0.225 mg/ kg。第 2 阶段在基础日粮钼水平的基础上添加 5.000 mg/ kg, 以钼酸钠为钼源, 使日粮钼水平为 5.225 mg/ kg。利用溶解度的测定和铜生物学利用率, 对氧化铜、硫酸铜、碱式氯化铜、碱式碳酸铜进行筛选, 结果证明, 牛的最适铜添加剂为碱式氯化铜; 所以, 本实验铜源选择碱式氯化铜。基础日粮铜测定值为 1.71 mg/ kg, 每个钼水平分 3 个时期, 采用拉丁方设计, 分别在日粮中添加铜 10、25 和 50 mg/ kg。

使日粮铜水平分别为 11.71、26.71 和 51.71 mg/ kg。每期预试期 15 d, 正式试验期 3 d。

1.5 样本的采集

正式试验期间, 在试牛采食精料后 0、1、2、4、6、12 和 20 h, 通过颈静脉插管采血 20 mL。5 mL 37 °C 水浴凝固分离血清, 用于测定血清铜蓝蛋白活性; 5 mL 加入抗凝剂分离血浆, 测定 SOD; 其余 10 mL 加入抗凝剂低温(-20 °C)保存, 用于测定血铜。

1.6 饲料中中性洗涤纤维(NDF)降解率测定

用尼龙袋法测定 NDF 降解率, 尼龙袋孔径为 300 目, 内面积为 12 cm × 8 cm。正式试验期开始后, 于早饲后 2 h 从瘘管投入盛有甘薯蔓 2 g 的尼龙袋, 在瘤胃中放置 6、12、24、36、48 和 72 h 取出, 用自来水冲洗至水清, 65 °C 烘干, 测定甘薯蔓 NDF 的降解率。

1.7 样本测定方法

血清铜蓝蛋白测定采用免疫浊度法, 试剂盒由福州生物工程公司生产。

血液铜测定采用原子吸收分光光度法。

血清 Cu-Zn-SOD 活性测定采用黄嘌呤氧化酶法, 试剂盒由南京建成生物工程研究所生产。

1.8 数据处理

利用 SPSS 软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同钼、铜水平对肉牛血铜质量比的影响

不同钼、铜水平下肉牛血铜质量比的比较分析见表 2。方差分析和多重比较结果证明, 钼和铜对血铜均有极显著影响($P < 0.01$)。钼水平为 0.225 mg/ kg 时, 不同铜水平组之间肉牛血铜质量比差异不显著($P > 0.05$); 钼水平为 5.225 mg/ kg 时, 10 mg/ kg 铜水平组, 血铜含量显著低于 25 和 50 mg/ kg 铜组($P < 0.05$)。在同一铜水平时, 0.225 mg/ kg 钼水平组肉牛血铜高于 5.225 mg/ kg 钼组, 其中铜水平为 10 mg/ kg 时, 二者差异显著($P < 0.05$)。

血铜可以广泛地用于动物铜的营养监测^[5-6], 血铜含量 0.8 ~ 1.2 mg/ kg 时, 铜的吸收、利用、储存、排泄形成良性循环, 此时最有利于牛的生产^[7-8], 0.8 mg/ kg 是牛血铜含量的低临界水平^[9]。本试验结果表明: 钼为 0.225 mg/ kg 时, 日粮 3 种铜水平组之间肉牛血铜含量变化不显著, 说明没有钼的拮抗作用时, 添加 10 mg/ kg 日粮铜可满足肉牛的需要。日粮钼为 5.225 mg/ kg 时, 添加 10 mg/ kg

表 2 日粮不同水平的钼、铜对试牛血铜质量比的影响

Table 2 Effects of copper and molybdenum supplemental levels on blood copper content of the tested cattle mg/kg

日粮钼含量/(mg/kg)	添加量/(mg/kg)			平均值	显著性
	10	25	50		
0.225	1.031 a ±0.04	1.181 a ±0.02	0.971 a ±0.02	1.061 ±0.08	$F(\text{Cu})^{**}$
5.225	0.731 b ±0.07	0.916 a ±0.07	1.021 a ±0.17	0.886 ±0.18	$F(\text{Mo})^{**}$
平均值	0.881 ±0.13	1.048 ±0.11	0.996 ±0.12	0.975 ±0.08	

注:同行标有不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

铜,肉牛血铜为 0.731 mg/kg,说明此添加量不足以满足牛的需要。当铜添加量达到 25 和 50 mg/kg 时,肉牛血铜分别为 0.916 和 1.021 mg/kg,显著高于添加量为 10 mg/kg 时,说明日粮钼为 5.225 mg/kg 时添加 25 mg/kg 铜可以满足肉牛铜的需要。

2.2 不同钼、铜水平对肉牛 NDF 降解率的影响

不同钼、铜水平下肉牛 NDF 降解率测定结果表明:铜对饲料 NDF 降解率影响不显著($P > 0.05$),钼有显著影响($P < 0.05$) (表 3)。在 0.225 mg/kg 钼日粮条件下,添加 10 mg/kg 铜时肉牛瘤胃 NDF 降解率高于添加 25 和 50 mg/kg 试验组($P < 0.05$),

而添加 25 和 50 mg/kg 铜组差异不显著($P > 0.05$);在 5.225 mg/kg 钼日粮条件下,添加 25 mg/kg 铜组 NDF 降解率显著高于添加 10 mg/kg 铜组($P < 0.05$),而与 50 mg/kg 铜组无明显差异($P > 0.05$)。

在日粮铜为 10 mg/kg 时,0.225 和 5.225 mg/kg 钼组之间差异不显著($P > 0.05$),日粮铜为 25 和 50 mg/kg 时,0.225 mg/kg 钼组 NDF 降解率均低于 5.225 mg/kg 钼组($P < 0.05$)。由此说明,基础日粮钼水平时,提高日粮铜水平不能提高 NDF 降解率;基础日粮中添加 5 mg/kg 钼时,日粮铜水平在 25 mg/kg 及以上有利于 NDF 降解率。

表 3 日粮不同水平钼、铜对试牛 NDF 降解率的影响

Table 3 Effects of copper and molybdenum supplemental levels on degradability of NDF of the tested cattle %

钼含量/(mg/kg)	铜添加量/(mg/kg)			平均值	显著性
	10	25	50		
0.225	42.72 ab ±8.54	39.17 c ±8.50	38.58 c ±4.20	40.16 ±2.24	$F(\text{Cu})^{\text{ns}}$
5.225	41.59 b ±9.88	44.14 a ±4.23	44.05 a ±2.31	43.28 ±1.24	$F(\text{Mo})^*$
平均值	42.15 ±0.45	41.68 ±3.50	41.32 ±3.90	41.72 ±0.40	

2.3 不同钼、铜水平对肉牛过氧化物歧化酶活性的影响

不同钼、铜水平下过氧化物歧化酶(SOD)活性见表 4。经方差分析和多重比较结果证明:钼对 SOD 的活性影响显著($P < 0.05$),铜对该酶的活性影响不显著($P > 0.05$)。在同一钼水平下,肉牛血浆中的 SOD 活性随铜添加量的增加而升高。钼为

0.225 mg/kg 时,不同铜水平之间 SOD 活性差异不显著($P > 0.05$);钼为 5.225 mg/kg 时,添加 10 mg/kg 铜组 SOD 活性显著低于 25 和 50 mg/kg 铜组($P < 0.05$),25 与 50 mg/kg 铜组之间差异不显著($P > 0.05$);同一铜水平时,0.225 mg/kg 钼组 SOD 活性高于 5.225 mg/kg 钼组,但差异不显著($P > 0.05$)。

表 4 日粮不同水平的钼、铜对试牛过氧化物歧化酶活性的影响

Table 4 Effects of copper and molybdenum supplemental levels on activity of SOD of the tested cattle U/mL

钼含量/(mg/kg)	铜添加量/(mg/kg)			平均值	显著性
	10	25	50		
0.225	126.6 ab ±11.1	149.8 a ±3.70	163.5 a ±40.1	146.8 ±11.2	$F(\text{Cu})^{\text{ns}}$
5.225	99.2 c ±0.4	110.8 b ±15.4	122.2 b ±12.5	110.7 ±12.3	$F(\text{Mo})^*$
平均值	112.9 ±12.65	130.3 ±17.0	142.8 ±18.5	129.7 ±16.1	

2.4 不同钼、铜水平对肉牛血清铜蓝蛋白活性的影响

不同钼、铜水平下血清铜蓝蛋白活性比较见表5。方差分析结果证明:铜对于血清铜蓝蛋白活性有显著影响($P < 0.05$),钼对于血清铜蓝蛋白活性有极显著影响($P < 0.01$)。在同一钼水平时,随日粮铜的升高,血清铜蓝蛋白活性增大。0.225 mg/kg 钼组,血清铜蓝蛋白活性虽然随着铜添加量的增加

而上升,但这种变化不显著($P > 0.05$),说明10 mg/kg 铜可满足需要;在5.225 mg/kg 钼时,10 mg/kg 铜组的血清铜蓝蛋白活性明显小于25和50 mg/kg 铜组,而25与50 mg/kg 铜组间差异不显著($P > 0.05$),说明添加25 mg/kg 铜较为适宜。在同一铜添加量下,0.225 mg/kg 钼组血清铜蓝蛋白活性高于5.225 mg/kg 钼组。

表5 日粮不同水平的钼、铜对铜蓝蛋白活性的影响*

Table 5 Effects of copper and molybdenum supplemental levels on activity of ceruloplasmin of the tested cattle

日粮钼质量比/(mg/kg)	铜添加量/(mg/kg)			平均值	显著性
	10	25	50		
0.225	0.208 ±0.03 Aa	0.238 ±0.02 Aa	0.240 ±0.02 Aa	0.215 ±0.05	$F(\text{Cu})^*$
5.225	0.088 ±0.05 Bc	0.153 ±0.02 Bb	0.167 ±0.03 Bb	0.136 ±0.04	$F(\text{Mo})^{**}$
平均值	0.128 ±0.04	0.195 ±0.04	0.204 ±0.035	0.176 ±0.04	

注:*铜蓝蛋白活性用吸光率表示。同行标有不同大写字母者表示差异极显著($P < 0.01$)。

2.5 不同钼水平下肉牛铜的需要量确定

大量研究证明,钼、铜之间存在拮抗作用,日粮钼水平高低严重影响铜的消化、吸收、利用过程和需要量。在本研究条件下,通过4种途径确定不同钼水平下肉牛铜的适宜需要量为:基础日粮中不添加钼时,10 mg/kg 日粮铜能满足肉牛的需要;当基础日粮中添加5 mg/kg 钼时,添加25 mg/kg 铜最适宜。详细模型如下表:

表6 不同钼水平下肉牛铜的需要量

Table 6 Suitable copper allowance of beef with different molybdenum diets

指标	钼/(mg/kg)	铜/(mg/kg)		
		10	25	50
血铜浓度	0.225	*		
	5.225		*	
NDF降解率	0.225	*		
	5.225		*	
过氧化物歧化酶	0.225	*		
	5.225		*	
血清铜蓝蛋白	0.225	*		
	5.225		*	

注:*为不同日粮钼水平下适宜的铜需要量。

3 讨论

3.1 过氧化物歧化酶活性与肉牛铜的需要量

过氧化物歧化酶(SOD)是广泛存在于生物体内的含铜、锌、锰、铁的金属酶,其作用是清除体内多余

的超氧阴离子。超氧阴离子虽是机体代谢所必需,但同时又具有强氧化剂的作用,会引起蛋白质和核酸变性、多糖降解及过氧化脂质的生成,对生物体造成损伤,降低机体免疫力。Cu-Zn-SOD中的铜是该酶催化中心的组成成分。因此SOD与铜有密切的关系。

本研究结果证明,日粮钼为0.225 mg/kg时,添加10、25和50 mg/kg的铜,牛体内的SOD活性是逐渐增加的,但差异不显著($P > 0.05$),说明添加10 mg/kg 铜可满足需要;日粮钼为5.225 mg/kg时,SOD的活性随着铜添加量的加大而升高,其中铜为25和50 mg/kg时,SOD的活性相差不大($P > 0.05$),而添加10 mg/kg 铜的肉牛其SOD活性远小于其他2组,说明日粮钼5.225 mg/kg时添加25 mg/kg 以上的铜才可以满足牛的需要。

3.2 血清铜蓝蛋白活性与肉牛铜的需要量

血清铜蓝蛋白为含铜蛋白,其活性可以作为衡量反刍动物铜营养状况的指标^[10]。它还是家畜肝脏中的一种急性反应蛋白,因此,在应激状态或炎症反应时,活性会增强^[11]。铜蓝蛋白的浓度在有炎症刺激时可增加50%,在试验期间,应密切注意,切勿使牛感染疾病或手术刀口处发炎,否则会影响试验结果。本研究证明,日粮钼为0.225 mg/kg时,添加10、25和50 mg/kg的铜,血清铜蓝蛋白活性没有显著变化($P > 0.05$),这说明血清铜蓝蛋白的活性受添加铜的影响很小,日粮中添加10 mg/kg 铜即可以

满足肉牛需要量。日粮钼为 5.225 mg/kg 时,添加 25 与 50 mg/kg 的铜,血清铜蓝蛋白活性差异很小 ($P > 0.05$),但是,与铜添加量为 10 mg/kg 的相比,肉牛血清铜蓝蛋白的活性明显提高 ($P < 0.05$),说明日粮钼为 5.225 mg/kg 时,由于钼、铜的拮抗作用,影响了铜的利用率,添加 10 mg/kg 的日粮铜已不能满足肉牛的需要,25 mg/kg 日粮铜比较适宜。

4 结 论

1) 在同一钼水平下,随着日粮铜的提高,牛体内血铜含量逐渐提高 ($P < 0.01$);日粮铜一定时,提高日粮钼,可以显著降低肉牛血铜水平 ($P < 0.01$)。

2) 基础日粮钼为 0.225 mg/kg 时,不同铜水平未影响 NDF 降解率。日粮钼为 5.225 mg/kg 条件下,提高铜添加量可显著影响 NDF 的降解率 ($P < 0.05$)。高铜日粮中,提高钼水平可提高 NDF 降解率 ($P < 0.05$)。

3) 血清铜蓝蛋白和过氧化物歧化酶的活性随铜添加量的增加而提高 ($P < 0.05$),随着钼水平的提高而降低 ($P < 0.05$)。

4) 通过血铜浓度、纤维素降解率、SOD 活性和血清铜蓝蛋白活性等 4 种途径,确定不同钼水平下肉牛铜的适宜需要量为:

基础日粮钼为 0.225 mg/kg 时,日粮铜为 10 mg/kg;

基础日粮添加 5.000 mg/kg 钼(钼为 5.225 mg/kg)时,日粮铜为 25 mg/kg

参 考 文 献

[1] Jerry W S. Trace mineral bioavailability in ruminants

[J]. J Nutr, 2003, 133: 1506~1509

[2] Gengelbach G P, Spears J W. Effects of dietary copper and molybdenum on copper status cytokine production, and humoral immune response of calves[J]. Journal of Dairy Science, 1998, 81(12): 3286~3292

[3] Spears J W. Trace mineral bioavailability in ruminants [J]. J Nutr, 2003, 133: 1506~1509

[4] Kincaid R L, Blauwiel R M, Cronrath J D. Supplementation of copper as copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum [J]. Journal of Dairy Science, 1986, 69(1): 426~432

[5] Ledoux D R, Henry P R, Ammerman C B. Response to high dietary copper and duration of feeding time on tissue copper concentration of sheep [J]. Nutr-res, 1996, 16(1): 69~78

[6] Ward J D, Spears J W, Kegley E B. Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulfate in cattle[J]. J Dairy Sci, 1996, 79(1): 127~132

[7] Comb D K. Hair analysis as an indicator of mineral status of livestock[J]. J of Anim Sci, 1982, 54: 391

[8] Mills C F. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalte and zinc[J]. J of Anim Sci, 1987, 65: 1702~1711

[9] Puls R. Mineral levels in animal health: diagnostic data [M]. Clearbrook: Sherpa International, 1988: 240

[10] Balkey B R, Hamilton D L. Ceruloplasmin as an indicator of copper status in cattle and sheep[J]. Canadian Journal of Comparative Medicine, 1985, 40: 405~408

[11] Arthington J D, Corah L R, Blecha F, et al. Effect of copper depletion and repletion on lymphocyte blastogenesis and neutrophil bactericidal function in beef heifers[J]. J of Anim Sci, 1995, 73(7): 2079~2085