

文章编号: 1001— 411X (2002) 03— 0063— 04

赖氨酸铜对仔猪生产性能及十二指肠、 胰脏脂肪酶活性的影响

余 斌, 傅伟龙

(华南 农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 试验选用 21 日龄纯种大白仔猪 70 头, 分为 A、B、C、D、E 5 组, A 组饲喂基础日粮(含铜 15 mg/kg), B、C、D 组在基础日粮中添加 50、100、200 mg/kg 赖氨酸铜来源的 Cu, E 组在基础日粮中添加 200 mg/kg 硫酸铜来源的 Cu, 试验期 42 d. 结果表明: 日粮添加不同水平的 Cu 可提高仔猪的日增质量, 其中 C、E 两组与 A 组差异显著($P < 0.05$), C 组与 D、E 组差异不显著($P > 0.05$). 与 A 组比较, E 组十二指肠内容物脂肪酶活性显著提高($P < 0.05$). B、C、D 组十二指肠、胰脏脂肪酶活性有提高趋势, 但差异不显著($P > 0.05$).

关键词: 赖氨酸铜; 仔猪; 脂肪酶; 十二指肠; 胰脏
中图分类号: S816.72 文献标识码: A

在猪饲料中添加高剂量的矿物元素——铜能提高其采食量、促进生长^[1,2]、增强消化道酶活性^[3,4]等作用. 目前最常用的铜源是硫酸铜, 高剂量无机铜在促生长的同时也带来了环境污染等问题, 因此寻求高效铜源已引起人们的广泛重视. 赖氨酸铜是通过赖氨酸的氨基、羧基与铜离子以配位键结合而成的螯合物, 具有化学稳定性好, 生物利用率高等特点. 本试验在断奶仔猪日粮中添加不同来源及水平的铜, 研究其对仔猪生产性能及脂肪酶活性的影响.

1 材料与方法

1.1 主要试剂

赖氨酸铜: 广州天科公司产品, 含铜 8%(w). 试验用赖氨酸铜经与双硫脲氯仿显色反应应呈绿色, 证明铜离子是以螯合物形式存在(若铜离子以游离形式存在, 则显色反应呈红色).

硫酸铜: 由华南农业大学饲料添加剂厂购入, 为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 含铜 25.2%(w).

脂肪酶标准品: Lipase (Sigma 公司产品), 含酶活 10 000 U/g.

1.2 动物分组、日粮配制及饲养

21 日龄断奶的纯种大白仔猪 70 头, 根据体质量、性别比例相近的原则, 将同胞仔猪均分成 5 组, 每组 14 头. A 组饲喂基础日粮, B、C、D 组在基础日

粮中添加 50、100、200 mg/kg 赖氨酸铜来源的 Cu, E 组在基础日粮中添加 200 mg/kg 硫酸铜来源的 Cu, 调整赖氨酸的添加量, 使各组日粮除铜源及水平不同外, 其余均一致. 仔猪采用三阶段饲养法: 21~30、31~41、42~63 日龄分别饲喂第 I、第 II、第 III 期饲料. 3 个阶段的基础日粮配方及营养成分见表 1.

表 1 基础日粮配方及营养成分
Tab. 1 Percentage composition and nutrient levels in basal diets

原料 ingredient	I 期料	II 期料	III 期料
	1 st period	2 nd period	3 rd period
玉米 corn	49	58	61
豆粕 soybean meal	16	18	29
鱼粉 fish meal	5	6	3
乳制品 milk product	20	10	0
油 oil	3	3	3
预混料 premix	7	5	4
营养成分 nutrient			
DE/(MJ·kg ⁻¹)	14.11	13.94	13.84
w(CP)/%	21.3	21.4	19.6
w(Lys)/%	1.45	1.35	1.10
w(Ca)/%	0.90	0.90	0.90
w(P)/%	0.70	0.70	0.70

仔猪按常规免疫, 自由采食和饮水. 于 21、42、63 日龄早晨空腹称个体质量. 63 日龄试验结束时, 从各组选 4 头最接近平均体质量的阉猪屠宰, 肝、肾、

单侧背最长肌、胰脏称质量并取样. 结扎十二指肠与胃、小肠的连接处, 剪下十二指肠, 取其中内容物及肠粘膜装入样品袋. 所有样品放入液氮速冻, 之后转移到-70℃冰箱保存.

1.3 脂肪酶活性的测定

脂肪酶活性测定方法参照参考文献^[5]: 以橄榄油为底物, 与阿拉伯树胶、牛磺胆酸钠、Tris 缓冲液配成底物反应液. 样品酶活性通过与 Sigma 公司的标准脂肪酶 Lipase 比较后得出. 在 pH7.7, 温度 37℃, 每小时水解甘油三酯产生 1 μmol 脂肪酸的酶量记为 1 个酶活性单位用 U 表示.

1.3.1 测试样品处理 样品称质量, 加 4℃双蒸水 [按胰脏质量(g):水体积(mL)=1:4, 十二指肠内容物质量(g):水体积(mL)=1:3], 冰水浴中匀浆. 匀浆液于低温离心机离心(12 000 r/min, 15 min), 取上清液, -20℃保存.

1.3.2 十二指肠内容物蛋白质含量测定 参照 Forlin 酚法, 测定样品内容物中蛋白质的含量(g/mL).

1.3.3 脂肪酶标准曲线的制作 准确称取 400 mg 脂肪酶标准品, 用双蒸水定容至 200 mL, 配成 20 U/mL 的酶标准液. 标准曲线设 6 个标准点: 取烧杯 6 个, 分别加 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 的上述酶标准液, 加双蒸水至各管体积均为 2.5 mL. 在 37℃, pH 为 9.18 的条件下与 27.5 mL 的底物反应液准确反应 10 min, 反应期间边摇动边用 0.02 mol/L 的 NaOH 滴定, 记录滴定量. 根据 NaOH 的滴定用量及标准反应液的酶浓度建立回归方程:

$$y=0.32x-0.08\ (r=0.993),$$

y 为反应液的酶浓度 (U/mL), x 为反应滴定用的

NaOH 量(mL).

1.3.4 样品脂肪酶活性的测定 取胰腺样品液 0.1 mL, 加双蒸水 2.4 mL (或取十二指肠内容物 0.5 mL 加双蒸水 2.0 mL)与 27.5 mL 的底物反应液在 37℃, pH 为 9.18 的条件下准确反应 10 min, 记录 NaOH 的滴定用量. 根据回归方程及 NaOH 的滴定用量计算样品反应液的酶浓度, 从而计算样品的酶活性.

胰脏脂酶活性(U/g)=胰脏样品反应液的酶浓度×5×30÷0.1.

十二指肠内容物蛋白质脂酶活性(U/g)=内容物样品反应液酶浓度×4×30÷0.5÷十二指肠内容物中蛋白的含量(g/mL).

1.4 数据统计

数据以平均值±标准误($\bar{X} \pm SE$)表示. 日增质量、背最长肌相对质量、脂肪酶活性等数据用 SPSS (10.0 版本)软件的邓肯氏新复极差法进行差异显著性检验.

2 结果

2.1 铜对仔猪生产性能的影响

表 2 数据表明, 试验开始时各组仔猪体质量差异不显著, 到试验末期 C、E 两组仔猪体质量与 A 组差异显著($P<0.05$). C、E 两组仔猪各阶段日增质量均显著高于 A 组($P<0.05$). 采食量以 C 组最高, 全期平均比 A 组高 16.1%. 试验前期各试验组饲料报酬均优于 A 组, 但后期 B、E 两组却低于 A 组, 全期饲料报酬 E 组最好. 可见日粮中添加 100、200 mg/kg 赖氨酸铜来源的 Cu 或 200 mg/kg 硫酸铜来源的 Cu 可促进仔猪生长.

表 2 饲料中添加不同水平 Cu 对仔猪生产性能的影响¹⁾

Tab. 2 Effect of dietary supplementation of various Cu on piglets performance

组别 group	平均体质量 body mass/kg			日增质量 average daily gain/(g·d ⁻¹)			采食量 feed intake/(g·d ⁻¹)			饲料报酬 feed efficiency		
	21 d	42 d	63 d	21~42 d	42~63 d	21~63 d	21~42 d	42~63 d	21~63 d			
A 组 Group A	5.40±0.24 ^a	9.85±0.39 ^a	18.01±0.56 ^a	206.4±12.2 ^a	388.5±20.0 ^a	297.0±10.4 ^a	359.2	620.9	490.0	0.575	0.626	0.607
B 组 Group B	5.36±0.28 ^a	10.41±0.47 ^a	19.64±0.72 ^{ab}	234.6±12.4 ^{ab}	439.4±18.6 ^{ab}	337.05±13.5 ^{ab}	387.5	712.4	550.0	0.606	0.617	0.613
C 组 Group	5.42±0.23 ^a	11.00±0.35 ^a	20.51±0.59 ^b	261.5±13.5 ^b	453.1±19.2 ^b	357.3±12.5 ^b	418.3	719.0	568.7	0.625	0.630	0.628
D 组 Group D	5.37±0.27	10.56±0.47	19.77±0.81 ^{ab}	247.3±17.9 ^{ab}	429.9±24.3 ^{ab}	340.7±16.9 ^{ab}	395.3	690.0	557.8	0.626	0.623	0.624
E 组 Group E	5.48±0.18 ^a	10.82±0.47 ^a	20.33±0.81 ^b	254.6±21.3 ^b	452.9±22.9 ^b	353.0±20.3 ^b	409.9	711.6	560.7	0.621	0.636	0.631

1) 同列数据后字母相同者差异不显著 ($P>0.05$), 字母不同者差异显著 ($P<0.05$).
©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 铜对仔猪脏器及背最长肌相对质量的影响

表 3 显示, 仔猪于 63 日龄屠宰时各组的肝脏、肾脏相对质量均无差异. 添加赖氨酸铜的 B、C、D 组胰脏相对质量均高于 A、E 组, 其中 B、D 组显著高于 E

组($P<0.05$). 添加 Cu 的 B、C、D、E 4 个试验组背最长肌相对质量均比 A 组有所提高, 其中 C 组最高, 比 A 组提高 4.1%, 但各组间差异均不显著($P>0.05$).

表 3 饲料中添加不同水平 Cu 的各组仔猪脏器及背最长肌相对质量¹⁾

Tab. 3 Effect of dietary supplementation of various Cu on organ relative mass						g/kg
组织器官	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组	
tissue organ	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	
肝脏 liver	23.82±2.14	24.82±1.29	22.98±0.84	24.30±0.37	22.22±0.39	
肾脏 kidney	4.32±0.12	4.40±0.11	4.70±0.43	4.61±0.31	4.22±0.29	
胰脏 pancreas	1.59±0.09 ^{ab}	1.83±0.16 ^a	1.68±0.06 ^{ab}	1.80±0.15 ^{ab}	1.40±0.06 ^b	
背肌 loin	17.15±0.67	17.76±1.28	17.84±0.96	17.21±0.38	17.53±0.27	

1) 同一行数据后字母相同或不标者差异不显著($P>0.05$), 字母不同者差异显著($P<0.05$)

2.3 铜对仔猪消化道酶活性的影响

图 1 结果显示, 添加不同水平的 Cu, 仔猪十二指肠内容物酶活性均有不同程度的提高, 其中 E 组显著高于 A 组($P<0.05$). 胰脏脂肪酶活性各组间差异均不显著($P>0.05$). 表明日粮中添加 Cu 可提高仔猪十二指肠内容物脂肪酶活性, 但对胰脏脂肪酶活性无影响.

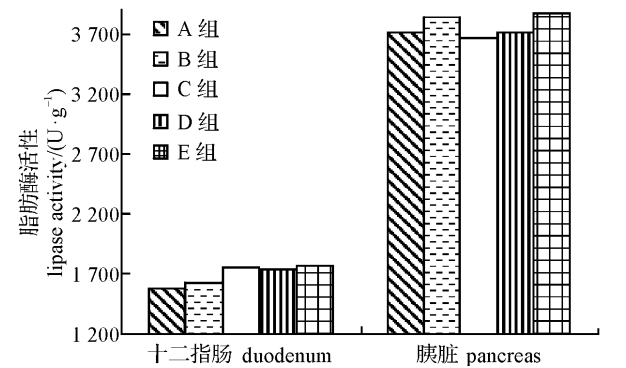


图 1 铜对仔猪十二指肠、胰脏脂肪酶活性影响
Fig. 1 Effect of copper on lipase activity of pancreas and duodenum

3 讨论

自从 Braude 等 1945 年报道在猪日粮中添加高剂量铜可促进生长以来, 国内外大多数试验结果均表明高铜可提高日增质量和采食量, 对饲料报酬也有一定的改善. 本试验中添加不同水平 Cu 的各试验组仔猪日增质量、采食量及背最长肌的相对质量均高于对照组, 与前人的研究结果相同. 高铜在促进生长的同时也带来了环境污染等问题, 寻求高效铜源已引起人们的广泛关注. 赖氨酸铜是 Cu²⁺ 与赖氨酸分子通过配位键形成的螯合物, 其分子总电荷数为零, 这样的分子结构化学性质稳定, 并且在肠道内它

可借助肽或氨基酸的吸收途径被吸收, 易通过小肠绒毛刷状缘, 有较高的生物学价值. Zhou 等^[2] 报道, 对于断奶仔猪赖氨酸铜的促生长效果优于硫酸铜. Ward 等^[6] 报道, 100 mg/kg 赖氨酸铜来源的 Cu²⁺ 对断奶仔猪的促生长效果与 200 mg/kg 硫酸铜来源的 Cu²⁺ 等效. Coffey^[7] 共进行了 8 次赖氨酸铜与硫酸铜饲养效果对比试验, 结果表明赖氨酸铜的促生长效果优于硫酸铜. 但也有试验报导氨基酸螯合铜促生长作用与硫酸铜等效或低于硫酸铜^[8]. 在本次试验中, 添加 100 mg/kg 赖氨酸铜来源的 Cu²⁺ 组和添加 200 mg/kg 硫酸铜来源的 Cu²⁺ 组的日增质量均显著高于对照组, 表明较低剂量赖氨酸铜来源的 Cu²⁺ 可起到较高剂量硫酸铜来源的 Cu²⁺ 的促生长作用, 这与 Ward 等^[6] 的试验结果一致. 赖氨酸铜分子中的 Cu²⁺ 进入体内后可促进仔猪采食, 增强消化道脂肪酶活性, 促进垂体分泌 GH, 从而促进生长^[3].

由胰腺合成和分泌的脂肪酶在胆盐的协同作用下使脂肪分解, 提高脂肪的利用率. 有试验报道饲料中添加硫酸铜可显著提高仔猪十二指肠内容物脂肪酶活性^[3,4]. 在本试验中观察到添加硫酸铜组其十二指肠内容物脂肪酶活性显著高于对照组($P<0.05$), 而添加不同水平赖氨酸铜组与对照组比虽有不同程度提高, 但差异不显著($P>0.05$). 铜是机体中多种酶不可缺少的组成部分和许多酶的辅助因子, 如 Δ^9 去饱和脂肪酶、细胞色素和细胞色素氧化酶等. 前者的作用是将长链饱和脂肪酸去饱和, 有助于脂肪的消化, 后者能促进磷脂的合成, 而磷脂是脂肪吸收过程中不可缺少的物质. 本次试验中高剂量的铜提高脂肪酶的活性, 可能与铜是脂肪酶的组成部分或是其辅助成分有关, 但有待于进一步研究.

综合本试验结果表明,赖氨酸铜是一种效价较高的铜源. 较低剂量赖氨酸铜来源的 Cu^{2+} 可达到较高剂量硫酸铜来源的 Cu^{2+} 的促生长效果,铜的促生长可能与其提高肠道脂肪酶活性有关.

参考文献:

[1] BURNELL T W, CROMWELL G L, STABLY T S. Effect of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs[J] . J Anim Sci, 1988, 66: 1 100.

[2] ZHOU W, KORNEGAY E T, LINDEMAN M D N. The role of feed efficiency in copper—stimulated growth[J] . J Anim Sci, 1994, 72: 2 385.

[3] LOU X G, DOVE C R. Effect of dietary copper and fat on nutrition utilization, digestive enzyme activity and tissue mineral in weaning pigs[J] . J Anim Sci, 1996, 74: 1 888—1 896.

[4] 冷向军. 高铜对早期断奶仔猪消化酶活性、营养物质消化率和肠道微生物的影响[J] . 饲料研究, 2001, (4): 28—29.

[5] 施尔马赫. 酶的活性测定[M] . 北京: 中国轻工业出版社, 1992. 216—219.

[6] WARD T L. Organic trace mineral examined in starter diets [J] . Feedstuffs, 1997, (5): 13—15.

[7] COFFEY R D, CROMWELL G L, MONEGUE H J. Efficacy of a copper—lysine complex as a growth promoter for weanling pigs[J] . J Anim Sci, 1994, 72: 2 880.

[8] APGAR G A, KORNEGAY E T, LINDIMANN M D, et al. Evaluation of copper sulfate and copper lysine complex as growth promoters for weanling swine[J] . J Anim Sci, 1995, 73: 2 640.

Effect of Copper Lysine Complex on Performance, Duodenum and Pancreas Lipase Activity for Weanling Pigs

YU Bin, FU Wei-long

(College of Animal Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642 China)

Abstract: Seventy Yorkshire weanling pigs (average initial mass of 5.4 kg and age of 21 d) were randomly assigned into five groups. The diet treatments were 0(15 mg/kg of Cu in basic diet), 50, 100, 200 mg/kg of supplement Cu from Culys or 200 mg/kg of supplement Cu from copper sulfate (CuSO_4). The experiment period was 42 d. Average daily gain increased linearly ($P<0.05$) with increasing dietary level of Cu, with no difference among 100 mg/kg of supplement Cu from Culys, 200 mg/kg of supplement Cu from Culys or CuSO_4 ($P>0.05$). The addition of 200 mg/kg of supplement Cu from CuSO_4 stimulated duodenum lipase activity ($P<0.05$), but with no effect ($P>0.05$) on pancreas lipase activity. The addition of different level of supplement Cu from Culys improved duodenum lipase activity but the difference was not significant ($P>0.05$). The result showed that Culys is an excellent Cu resource, lower doses of Culys could get the same effect as higher doses of CuSO_4 .

Key words: copper lysine complex; weanling pigs; lipase; duodenum; pancreas

【责任编辑 柴 焰】