

不同铜源和水平对肥育绵羊胴体性状、肉品质和脂肪酸组成的影响

程建波¹ 范彩云² 张微³ 张子军¹ 贾志海³ 朱晓萍^{3*}

(1. 安徽农业大学 动物科技学院,合肥 230036; 2. 河南科技学院,河南 新乡 453003;
3. 中国农业大学 动物科学技术学院/动物营养国家重点实验室,北京 100193)

摘要 为改善和提高绵羊肉的品质,研究不同铜源和水平对肥育绵羊胴体性状、肉品质和脂肪酸组成的影响,本试验选用 50 只体重相近(23.8 ± 1.6 kg)、3 月龄左右的杜泊 × 蒙古羊杂交一代羯羊,随机分为 5 组,分别饲喂 5 种日粮:1)基础日粮(不加铜);2)基础日粮+10 mg/kg (DM)赖氨酸铜;3)基础日粮+20 mg/kg (DM)赖氨酸铜;4)基础日粮+10 mg/kg (DM)碱式氯化铜;5)基础日粮+20 mg/kg (DM)碱式氯化铜。结果表明,日粮中添加铜显著降低了肥育绵羊背膘厚和肾脂率($P < 0.01$),但对热胴体重、屠宰率和眼肌面积影响差异不显著($P > 0.05$);日粮中添加铜对肥育绵羊肉品质没有影响($P > 0.05$),对血浆、肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成也无影响($P > 0.05$)。赖氨酸铜和碱式氯化铜 2 种铜源以及 10 和 20 mg/kg (DM) 2 种铜水平对肥育绵羊胴体性状、肉品质和脂肪酸组成的影响是相同的,因此,本研究建议绵羊日粮的适宜铜源为碱式氯化铜,适宜铜水平为 16.74 mg/kg (DM)。

关键词 绵羊; 铜; 胴体性状; 肉品质; 脂肪酸组成

中图分类号 S 826; S 816.72

文章编号 1007-4333(2010)06-0071-07

文献标志码 A

Effects of different dietary copper sources and levels on carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition in sheep

CHENG Jian-bo¹, FAN Cai-yun², ZHANG Wei³, ZHANG Zi-jun¹, JIA Zhi-hai³, ZHU Xiao-ping^{3*}

(1. College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;

3. State Key Laboratory of Animal Nutrition/College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract The effects of different dietary copper (Cu) sources and levels on carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of sheep were studied to determine the optimum copper source and level in diet in order to improve the meat quality of sheep. Fifty Dorper × Mongolia wether lambs (approximately 3 months of age; average BW = 23.8 ± 1.6 kg) were randomly assigned to one of five treatments. Treatments consisted of 1) control (no supplemental Cu), 2) 10 mg/kg (DM) from Cu-lysine, 3) 20 mg/kg (DM) from Cu-lysine, 4) 10 mg/kg (DM) from tribasic copper chloride (TBCC), 5) 20 mg/kg (DM) from TBCC. Cu supplementation, regardless of sources and levels, significantly reduced ($P < 0.01$) backfat and kidney fat in lambs, however there is no difference observed in hot carcass weight, dressing percentage, longissimus muscle area, meat quality, fatty acid composition of plasma, longissimus muscle and backfat ($P > 0.05$). The TBCC copper supplement at 16.74 mg/kg (DM) was recommended in sheep diet, because there is no difference observed between supplemental Cu-lysine and TBCC at level of 10 and 20 mg/kg (DM) in carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition.

Key words sheep; copper; carcass characteristics; meat quality; fatty acid composition

收稿日期: 2010-08-04

基金项目: 动物营养国家重点实验室自主研究课题(2004DA125184 (团) 0803); 安徽省自然科学基金资助项目(090411019)

第一作者: 程建波, 讲师, 博士, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究, E-mail: chengjianbofcy@163.com

通讯作者: 朱晓萍, 副教授, 主要从事反刍动物营养与养羊科学研究, E-mail: zhuxp@cau.edu.cn

铜是动物必需的矿物质元素,还是动物体内一些重要酶的组成成分或与酶的活性有关,具有参与血红蛋白合成、影响脂类和蛋白质代谢及维持心血管结构完整等功能^[1],在动物体内起重要作用。有研究表明,添加铜能够降低肉牛^[2-3]和山羊^[4]背部脂肪厚度,增加肌肉中多不饱和脂肪酸含量^[5]。但是,Engle等^[6]给西门塔尔牛添加铜对背部脂肪厚度和胴体品质均无影响。有学者给肉牛添加铜对牛肉的大理石花纹无显著影响^[7-9]。但是,Solaiman等^[3]给山羊添加铜显著增加了背最长肌水分含量、降低了肌内脂肪含量。由此可见,铜对牛和山羊胴体性状和肉品质的影响结果并不一致,这有待于进一步研究。据报道^[10],动物不同的品种尤其反刍动物品种之间对矿物质代谢存在着显著差异,那么,铜对绵羊胴体性状和肉品质的影响就有可能和牛、山羊不同。

当前畜牧生产中的铜添加剂主要为硫酸铜和氧化铜,具有易吸潮、生物学利用率低等缺点,过量的添加就会造成环境污染、动物中毒、营养物质浪费等问题。碱式氯化铜作为新近开发的无机铜源,具有含铜量高、稳定性好、不易吸潮、生物利用率高、对环境污染小等优点^[11]。赖氨酸铜是一种重要的有机铜源,具有良好的瘤胃稳定性,可以避免与瘤胃内铜、硫发生拮抗作用,生物学利用率高。郭宝林等^[12-13]研究认为碱式氯化铜和赖氨酸铜分别是绵羊比较理想的无机铜源和有机铜源,但这2种铜源在绵羊生产中的应用效果以及适宜添加量的研究目前还未见报道。因此,本试验研究不同水平的赖氨酸铜和碱式氯化铜对肥育绵羊胴体性状、肉品质和脂肪酸组成的影响,旨在为合理有效的利用铜添加剂,生产品质更好的功能性羊肉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲养管理

选择50只健康、体重相近(23.8±1.6)kg,3月龄左右的杜泊×蒙古羊杂交一代羯羊作为试验用羊。试验羊单栏饲养,每天分别在7:00和17:00饲喂,先喂粗料,后喂精料,自由饮水。

1.2 试验设计

按随机分组设计将50只羊平均分为5组,每组10只,分别饲喂5种不同的日粮。预饲期20d,正试期60d。试验结束时将所有羊只屠宰。

1.3 试验日粮

参考NRC(1985)^[14]绵羊营养需要配制试验日

粮,5种日粮处理如下:1)基础日粮(对照,不添加铜);2)基础日粮+10 mg/kg(DM)赖氨酸铜(饲料级,含铜15%(质量分数));3)基础日粮+20 mg/kg(DM)赖氨酸铜;4)基础日粮+10 mg/kg(DM)碱式氯化铜(饲料级,含铜58%(质量分数));5)基础日粮+20 mg/kg(DM)碱式氯化铜。基础日粮组成及营养水平见表1。

表1 基础日粮组成(风干基础)和营养成分(DM基础)

Table 1 Ingredient composition (air-dry basis) and nutrient levels (DM basis) of diets

| 日粮组成 | 质量分数 $w/\%$ | 营养成分 ^② | 水平 |
|------------------|-------------|-----------------------|-------|
| 燕麦干草 | 16.00 | $w(\text{粗蛋白})/\%$ | 14.70 |
| 苜蓿干草 | 20.00 | $w(\text{中性洗涤纤维})/\%$ | 29.90 |
| 玉米 | 46.80 | $w(\text{酸性洗涤纤维})/\%$ | 18.20 |
| 豆粕 | 8.00 | $w(\text{钙})/\%$ | 0.61 |
| 小麦麸 | 6.00 | $w(\text{磷})/\%$ | 0.39 |
| 石粉 | 0.60 | $w(\text{硫})/\%$ | 0.26 |
| 磷酸氢钙 | 0.10 | 铜/(mg/kg) | 6.74 |
| 食盐 | 0.50 | 钼/(mg/kg) | 1.20 |
| 预混料 ^① | 2.00 | 代谢能/(MJ/kg) | 11.3 |
| 合计 | 100 | | |

注:①每kg日粮中含:锌30mg;锰20mg;碘0.5mg;钴0.1mg;硒0.1mg;VA1500IU;VD250IU;VE16IU。②代谢能为计算值,其他营养水平均为实测值。

1.4 样品采集

在正试期的第60天于早饲前颈静脉采血10mL于含抗凝剂(1%肝素钠(质量分数))的离心管中,3500 r/min离心10min,将分离的血浆置于-30℃的冰柜中保存,用于测定脂肪酸组成。试验羊屠宰后,在左侧胴体最后肋骨处取100g背最长肌;在第10肋骨处取约50g背部脂肪,将样品放在密封袋中置于-30℃的冰柜中保存,用于测定脂肪酸组成。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 胴体性状及肉品质指标测定

试验羊屠宰后,去除头、蹄、尾及内脏(肾脏除外)称量胴体重,计算屠宰率;取肾周脂肪称重,计算肾脂率。胴体经纵向分离后,用硫酸纸描绘左半胴体中末胸椎与第1腰椎接合处背最长肌横截面,利用求积仪计算其面积,并用游标卡尺测量第12肋

骨背部脂肪的厚度。肌肉样品经冷冻干燥并粉碎后,利用索氏浸提法测定肌内脂肪含量。pH值测定是选取背最长肌的胸腰椎结合处为测定位点,用MP-120酸度计(瑞士Mettler Toledo公司)测定屠宰后45~60 min的pH(pH1)和屠宰后4℃冷藏24 h的pH(pH24)。肉色采用肉色比色板(美制NPPC比色板)测定;大理石花纹等级采用目测法,对照大理石纹等级图片经感官评定。

1.5.2 脂肪酸组成的测定

取血浆1 mL以及冻干的肌肉0.2 g、脂肪0.04 g,参照Zhang等^[15]的方法进行脂肪酸的提取及甲酯化。脂肪酸甲酯测定采用气相色谱HP6890(Hewlett-Packard, Avondale, PA, USA)。

1.6 统计分析

利用SAS 8.2软件包中的GLM过程进行最小二乘方差分析,多重比较采用最小二乘均数法。当处理之间差异显著时($P < 0.05$),采用单一自由度正交比较分析。比较处理如下:1)对照组和铜添加组(对照组和添加2种铜源的其他4组相比较);2)10 mg/kg(DM)处理组和20 mg/kg(DM)处理组(添加赖氨酸铜和碱式氯化铜的两两相互比较);3)

10 mg/kg(DM)赖氨酸铜组和10 mg/kg(DM)碱式氯化铜组;4)20 mg/kg(DM)赖氨酸铜组和20 mg/kg(DM)碱式氯化铜组。

2 结果与分析

2.1 不同铜源和水平对肥育绵羊胴体性状及肉品质的影响

由表2可见,日粮中添加铜不影响肥育绵羊热胴体重、屠宰率和眼肌面积($P > 0.05$),但极显著降低了背膘厚和肾脂率($P < 0.01$);不同铜源及铜水平间对胴体重、屠宰率、眼肌面积、背膘厚和肾脂率等胴体性状均无显著影响($P > 0.05$)。日粮中添加铜有使绵羊背最长肌pH降低的趋势,但差异不显著($P = 0.07$);添加铜对背最长肌pH 24、大理石花纹、肉色、失水率、含水率和肌内脂肪含量均无显著影响($P > 0.05$);不同铜源及铜水平间对背最长肌pH、大理石花纹、肉色、失水率、含水率和肌内脂肪含量均无显著影响($P > 0.05$)。

本试验在日粮中添加铜可显著降低绵羊背膘厚和肾脂率,使绵羊肉质得到改善,但在铜的添加量和铜源间无显著差异。由此可见,绵羊日粮中铜的适

表2 不同铜源和水平对肥育绵羊胴体性状和肉品质的影响

Table 2 Effects of copper source and level on carcass characteristics and longissimus muscle quality of finishing sheep

| 项目 | 处理 | | | | | SEM | 显著性比较 (P) | | | |
|----------------------|---------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| | 对照 0 | 基础日粮+ 10 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 10 mg/kg 碱式氯化铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 碱式氯化铜 | | 对照 与铜 | 10与20 mg/kg* | 10 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 | 20 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 |
| 胴体重/kg | 22.99 | 23.04 | 22.76 | 23.09 | 22.64 | 0.48 | 0.937 | 0.762 | 0.983 | 0.943 |
| 屠宰率/% | 52.41 | 52.07 | 52.16 | 52.00 | 52.10 | 0.24 | 0.629 | 0.870 | 0.934 | 0.943 |
| 肾脂率/% | 1.53 | 0.96 | 1.16 | 0.94 | 1.11 | 0.08 | 0.006 | 0.221 | 0.932 | 0.830 |
| 背膘厚/cm | 0.64 | 0.36 | 0.34 | 0.30 | 0.37 | 0.05 | 0.009 | 0.816 | 0.633 | 0.816 |
| 眼肌面积/cm ² | 15.69 | 15.32 | 15.22 | 16.64 | 16.26 | 0.45 | 0.890 | 0.828 | 0.402 | 0.510 |
| pH 1 | 6.67 | 6.41 | 6.33 | 6.61 | 6.39 | 0.05 | 0.070 | 0.203 | 0.214 | 0.703 |
| pH 24 | 6.01 | 5.80 | 5.88 | 6.07 | 5.96 | 0.05 | 0.557 | 0.914 | 0.120 | 0.626 |
| 大理石花纹 | 3.50 | 3.75 | 4.00 | 3.50 | 3.75 | 0.18 | 0.617 | 0.576 | 6.92 | 0.692 |
| 肉色评分 | 5.00 | 5.25 | 5.25 | 5.00 | 5.25 | 0.08 | 0.400 | 0.528 | 0.376 | 1.000 |
| 失水率/% | 38.16 | 38.74 | 37.16 | 37.74 | 38.36 | 0.61 | 0.924 | 0.752 | 0.642 | 0.580 |
| 含水率/% | 73.71 | 73.77 | 72.53 | 72.59 | 73.43 | 0.31 | 0.438 | 0.782 | 0.256 | 0.389 |
| ω (肌内脂肪)/% | 12.59 | 12.45 | 11.96 | 12.40 | 11.68 | 0.30 | 0.571 | 0.416 | 0.960 | 0.785 |

注:SEM为标准误。 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。*为添加赖氨酸铜和碱式氯化铜10和20 mg/kg处理组的两两相互比较。下表同。

宜添加量为 10 mg/kg (DM), 即日粮铜含量为 16.74 mg/kg (DM), 这一结果低于绒山羊日粮铜的适宜水平 (27.46 mg/kg (DM))^[16]。

2.2 不同铜源和水平对肥育绵羊血浆、肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成的影响

由表 3~5 可知, 在日粮中添加铜对肥育绵羊血浆、肌肉和脂肪组织中各种脂肪酸组成均无显著

影响 ($P > 0.05$)。其中, 添加铜使肌肉中 C16:0 含量呈增加的趋势 ($P = 0.12$), 使 C20:5 含量呈降低的趋势 ($P = 0.11$) (表 4), 使背部脂肪组织中 C16:0 含量呈降低的趋势 ($P = 0.08$) (表 5), 但均未达到差异显著的程度。不同铜源及铜水平间对绵羊血浆、肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成均无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 3 不同铜源和水平对肥育绵羊血浆脂肪酸组成的影响

Table 3 Effects of copper sources and levels on fatty acid composition of plasma of finishing sheep

| ω (脂肪酸)/ (g/dg) | 处 理 | | | | | SEM | 显著性比较 (P) | | | |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------|---------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 对照 0 | 基础日粮+ 10 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 10 mg/kg 碱式氯化铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 碱式氯化铜 | | 对照 与铜 | 10 与 20 mg/kg | 10 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 | 20 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 |
| C14:0 | 0.82 | 0.89 | 0.87 | 0.84 | 0.86 | 0.03 | 0.545 | 0.976 | 0.609 | 0.846 |
| C14:1 | 0.24 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.29 | 0.01 | 0.336 | 0.687 | 0.732 | 0.490 |
| C16:0 | 18.58 | 18.14 | 18.19 | 18.00 | 17.74 | 0.17 | 0.240 | 0.798 | 0.807 | 0.447 |
| C16:1 | 0.88 | 0.85 | 0.96 | 0.93 | 0.91 | 0.05 | 0.824 | 0.730 | 0.680 | 0.775 |
| C18:0 | 24.46 | 24.08 | 23.16 | 22.96 | 23.22 | 0.42 | 0.337 | 0.745 | 0.441 | 0.969 |
| C18:1 | 17.29 | 17.67 | 17.63 | 17.34 | 17.70 | 0.31 | 0.742 | 0.838 | 0.768 | 0.951 |
| C18:2 | 18.91 | 18.70 | 18.44 | 19.04 | 18.43 | 0.24 | 0.706 | 0.469 | 0.695 | 0.990 |
| CLA | 0.90 | 0.93 | 0.91 | 0.96 | 0.95 | 0.08 | 0.872 | 0.970 | 0.925 | 0.890 |
| C18:3 | 1.18 | 1.25 | 1.14 | 1.10 | 1.08 | 0.05 | 0.733 | 0.522 | 0.323 | 0.699 |
| C20:3 | 0.50 | 0.45 | 0.37 | 0.47 | 0.46 | 0.02 | 0.277 | 0.395 | 0.770 | 0.242 |
| C20:4 | 2.87 | 2.16 | 2.23 | 2.60 | 2.42 | 0.14 | 0.161 | 0.866 | 0.330 | 0.675 |
| C20:5 | 0.52 | 0.43 | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.02 | 0.278 | 0.884 | 0.599 | 0.872 |
| SFA | 43.85 | 43.12 | 42.23 | 41.81 | 41.82 | 0.41 | 0.136 | 0.639 | 0.327 | 0.754 |
| MUFA | 18.41 | 18.79 | 18.85 | 18.52 | 18.90 | 0.34 | 0.715 | 0.801 | 0.827 | 0.972 |
| PUFA | 24.88 | 23.92 | 23.55 | 24.64 | 23.79 | 0.35 | 0.348 | 0.479 | 0.556 | 0.847 |
| USFA | 43.29 | 42.71 | 42.41 | 43.16 | 42.68 | 0.48 | 0.684 | 0.748 | 0.796 | 0.872 |
| USFA : SFA | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 0.02 | 0.539 | 0.946 | 0.453 | 0.773 |

注:CLA 为共轭亚油酸;SFA 为饱和脂肪酸;MUFA 为单不饱和脂肪酸;PUFA 为多不饱和脂肪酸;USFA 为不饱和脂肪酸。下表同。

表 4 不同铜源和水平对肥育绵羊背最长肌脂肪酸组成的影响

Table 4 Effects of copper sources and levels on fatty acid composition of longissimus muscle of sheep

| ω (脂肪酸)/ (g/dg) | 处 理 | | | | | SEM | 显著性比较 (P) | | | |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------|---------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 对照 0 | 基础日粮+ 10 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮+ 10 mg/kg 碱式氯化铜 | 基础日粮+ 20 mg/kg 碱式氯化铜 | | 对照 与铜 | 10 与 20 mg/kg | 10 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 | 20 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 |
| C14:0 | 2.12 | 2.11 | 2.51 | 2.01 | 2.02 | 0.10 | 0.863 | 0.365 | 0.729 | 0.135 |
| C14:1 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.08 | 0.09 | 0.01 | 0.793 | 0.099 | 0.769 | 0.153 |
| C16:0 | 22.77 | 23.43 | 24.93 | 24.01 | 24.51 | 0.36 | 0.116 | 0.218 | 0.611 | 0.711 |
| C16:1 | 1.41 | 1.45 | 1.71 | 1.39 | 1.52 | 0.05 | 0.427 | 0.106 | 0.723 | 0.254 |

续表

| ω(脂肪酸)/ (g/dg) | 处 理 | | | | | SEM | 显著性比较 (P) | | | |
|-------------------|---------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|-----------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 对照 0 | 基础日粮 + 10 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮 + 20 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮 + 10 mg/kg 碱式氯化铜 | 基础日粮 + 20 mg/kg 碱式氯化铜 | | 对照 与铜 | 10 与 20 mg/kg | 10 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 | 20 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 |
| C18:0 | 16.18 | 16.62 | 15.35 | 16.37 | 15.26 | 0.35 | 0.764 | 0.163 | 0.829 | 0.937 |
| C18:1 | 40.07 | 41.36 | 41.82 | 40.69 | 40.75 | 0.36 | 0.268 | 0.765 | 0.582 | 0.386 |
| C18:2 | 6.00 | 5.73 | 5.71 | 5.90 | 5.91 | 0.12 | 0.570 | 0.985 | 0.694 | 0.645 |
| CLA | 1.15 | 1.13 | 1.06 | 1.04 | 0.99 | 0.04 | 0.414 | 0.592 | 0.556 | 0.627 |
| C18:3 | 0.62 | 0.61 | 0.59 | 0.60 | 0.59 | 0.01 | 0.168 | 0.452 | 0.649 | 0.823 |
| C20:3 | 0.42 | 0.41 | 0.33 | 0.36 | 0.35 | 0.02 | 0.161 | 0.243 | 0.266 | 0.602 |
| C20:4 | 2.29 | 2.16 | 1.89 | 2.03 | 2.15 | 0.08 | 0.248 | 0.686 | 0.604 | 0.322 |
| C20:5 | 0.37 | 0.26 | 0.27 | 0.26 | 0.37 | 0.02 | 0.114 | 0.186 | 0.998 | 0.165 |
| SFA | 41.07 | 42.17 | 42.04 | 42.38 | 41.79 | 0.35 | 0.293 | 0.678 | 0.861 | 0.837 |
| MUFA | 41.58 | 42.90 | 43.64 | 42.16 | 42.36 | 0.39 | 0.250 | 0.601 | 0.567 | 0.323 |
| PUFA | 10.87 | 10.30 | 9.85 | 10.17 | 10.36 | 0.21 | 0.213 | 0.789 | 0.861 | 0.469 |
| USFA | 52.45 | 53.19 | 53.50 | 52.34 | 52.72 | 0.32 | 0.572 | 0.655 | 0.435 | 0.477 |
| USFA : SFA | 1.28 | 1.26 | 1.28 | 1.24 | 1.26 | 0.02 | 0.691 | 0.621 | 0.658 | 0.809 |

表 5 不同铜源和水平对肥育绵羊背部脂肪组织脂肪酸组成的影响

Table 5 Effects of copper sources and levels on fatty acid composition of backfat of finishing sheep

| ω(脂肪酸)/ (g/dg) | 处 理 | | | | | SEM | 显著性比较 (P) | | | |
|-------------------|---------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|-----------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 对照 0 | 基础日粮 + 10 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮 + 20 mg/kg 赖氨酸铜 | 基础日粮 + 10 mg/kg 碱式氯化铜 | 基础日粮 + 20 mg/kg 碱式氯化铜 | | 对照 与铜 | 10 与 20 mg/kg | 10 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 | 20 mg/kg 赖氨酸铜与 碱式氯化铜 |
| C14:0 | 3.28 | 3.11 | 3.43 | 2.89 | 2.98 | 0.09 | 0.440 | 0.315 | 0.445 | 0.126 |
| C14:1 | 0.22 | 0.22 | 0.28 | 0.19 | 0.20 | 0.03 | 0.978 | 0.608 | 0.736 | 0.389 |
| C16:0 | 25.06 | 23.83 | 23.35 | 23.62 | 22.52 | 0.38 | 0.080 | 0.354 | 0.861 | 0.484 |
| C16:1 | 2.81 | 2.79 | 2.87 | 2.69 | 2.23 | 0.22 | 0.791 | 0.731 | 0.900 | 0.418 |
| C18:0 | 15.44 | 15.14 | 14.22 | 14.75 | 15.28 | 0.76 | 0.784 | 0.917 | 0.886 | 0.698 |
| C18:1 | 38.86 | 38.29 | 39.98 | 41.27 | 41.64 | 0.59 | 0.330 | 0.429 | 0.118 | 0.368 |
| C18:2 | 2.09 | 2.15 | 2.37 | 2.39 | 2.55 | 0.13 | 0.453 | 0.564 | 0.610 | 0.705 |
| CLA | 0.99 | 1.02 | 1.20 | 1.16 | 1.08 | 0.06 | 0.386 | 0.702 | 0.436 | 0.520 |
| C18:3 | 0.33 | 0.34 | 0.36 | 0.35 | 0.39 | 0.02 | 0.714 | 0.606 | 0.942 | 0.715 |
| C20:3 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.775 | 0.605 | 0.923 | 0.276 |
| C20:4 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | 0.01 | 0.459 | 0.639 | 0.679 | 0.667 |
| C20:5 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| SFA | 43.77 | 42.08 | 41.01 | 41.26 | 40.77 | 0.90 | 0.324 | 0.726 | 0.794 | 0.940 |
| MUFA | 41.89 | 41.29 | 43.12 | 44.14 | 44.06 | 0.68 | 0.486 | 0.588 | 0.221 | 0.678 |
| PUFA | 3.53 | 3.63 | 4.04 | 4.02 | 4.12 | 0.17 | 0.373 | 0.539 | 0.507 | 0.899 |
| USFA | 45.42 | 44.92 | 47.16 | 48.16 | 48.18 | 0.64 | 0.296 | 0.428 | 0.120 | 0.611 |
| USFA : SFA | 1.05 | 1.09 | 1.15 | 1.19 | 1.19 | 0.03 | 0.242 | 0.719 | 0.399 | 0.769 |

注：ND 为未检测到。

3 讨论

3.1 日粮中添加铜对绵羊胴体特征和肉品质的影响

本试验给肥育绵羊添加铜对热胴体重、屠宰率和眼肌面积没有影响,这和 Engle 和 Spears^[3,8] 在肉牛上的研究结果一致。但是,Engle 等^[2,5] 给肉牛添加铜降低了热胴体重,而对屠宰率和眼肌面积没有影响。Solaiman 等^[4] 给山羊添加铜增加了屠宰率,但对热胴体重、眼肌面积和肾周脂肪含量无显著影响。杨正德^[9] 给西门塔尔牛杂种阉牛添加铜增加了眼肌面积。本试验给绵羊添加铜显著降低了背部脂肪厚度,原因可能是添加铜增加了脂肪组织的脂解率^[7],这与许多学者在肉牛^[2-3,9] 和山羊^[4] 上的研究结果一致。但是,Engle 和 Spears^[8] 给西门塔尔阉牛添加铜并没有降低背部脂肪厚度。造成结果不一致的原因可能是动物品种不同、铜添加的水平和试验日粮不同造成的^[17]。

本研究结果表明,添加铜对绵羊大理石花纹没有影响,这和一些学者在肉牛上的研究结果一致^[2,5,7-9]。但是,赵剑^[18] 给南疆黄羊添加氨基酸螯合铜降低了肌肉失水率,Solaiman 等^[4] 在高精料日粮中给山羊每天添加 100 和 200 mg 高铜,显著增加了背最长肌水分含量、降低了肌内脂肪含量,和本试验结果不同,原因可能是由于铜添加的剂量不同或者动物品种不同造成的,有待于进一步研究。目前造成结果不一致的确切原因还不清楚,除了铜的添加量和动物品种不同外,还可能和动物不同生长阶段、试验环境有关。铜在动物体内能影响一些酶的活性,进而影响到脂肪代谢,但是造成的结果不同,也正是有必要开展本试验研究的目的之一。现行绵羊铜的添加水平仍沿用 NRC(1985)标准^[14],动物的生产水平、饲养方式以及对产品的要求已发生很大变化,其营养需求也随之改变,但是最适宜的添加量目前没有一个权威的结论,这也是本研究的另一目的。

3.2 日粮中添加铜后绵羊组织中脂肪酸组成的变化

本试验研究了日粮铜对绵羊血浆和组织中脂肪酸组成的影响,已有学者在肉牛上进行了类似研究,得到的结果却不尽一致;还有学者给西门塔尔阉牛^[8] 和安格斯阉牛^[7] 添加铜对肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成均无显著影响,这与本试验研究结果相一致。添加铜对肌肉脂肪酸含量没有影响的原因可能是铜没有改变肌肉组织中去饱和酶活性^[19],相反,

有学者给肉牛添加铜增加了肌肉多不饱和脂肪酸(C18:2 和 C18:3)含量,倾向于降低饱和脂肪酸含量^[3,5]。造成研究结果不一致的原因可能是动物品种、铜源和添加水平以及日粮组成不同造成的。目前,有关铜对其他动物血浆脂肪酸组成的影响还未见报道。

4 结论

在日粮中添加 10 和 20 mg/kg(DM)赖氨酸铜或碱式氯化铜均能显著降低肥育绵羊背膘厚和肾脂率,但不影响热胴体重、屠宰率和眼肌面积等其他胴体性状,不影响绵羊肉品质以及血浆、肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成。

鉴于目前市场上碱式氯化铜价格明显低于赖氨酸铜,因此,建议以碱式氯化铜作为绵羊日粮的适宜铜源,绵羊日粮中铜的适宜添加量为 10 mg/kg(DM)。

参 考 文 献

- [1] 姜云霞. 微量元素铜的研究进展及其对动物健康的影响[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(5): 58-61
- [2] Engle T E, Spears J W, Xi L, et al. Dietary copper effects on lipid metabolism and circulating catecholamine concentrations in finishing steers[J]. J Anim Sci, 2000, 78(10): 2737-2744
- [3] Engle T E, Spears J W. Dietary copper effects on lipid metabolism, performance, and ruminal fermentation in finishing steers[J]. J Anim Sci, 2000, 78(9): 2452-2458
- [4] Solaiman S G, Shoemaker C E, Jones W R, et al. The effects of high levels of supplemental copper on the serum lipid profile, carcass traits, and carcass composition of goat kids[J]. J Anim Sci, 2006, 84(1): 171-177
- [5] Engle T E, Spears J W, Armstrong T A, et al. Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers[J]. J Anim Sci, 2000, 78(4): 1053-1059
- [6] Engle T E, Fellner V, Spears J W. Copper status, serum cholesterol, and milk fatty acid profile in Holstein cows fed varying concentrations of copper[J]. J Dairy Sci, 2001, 84(10): 2308-2313
- [7] Johnson L R, Engle T E. The effect of copper source and concentration on lipid metabolism in growing and finishing Angus steers[J]. Asian-Aust J Anim Sci,

- 2003,16(8):1131-1136
- [8] Engle T E, Spears J W. Performance, carcass characteristics, and lipid metabolism in growing and finishing Simmental steers fed varying concentrations of copper [J]. *J Anim Sci*, 2001, 79(11):2920-2925
- [9] 杨正德. 不同铜添加水平对肉牛铜代谢及肥育性能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2000, 36(3):14-16
- [10] Arnold W, Anke M, Groppe B. Die Artspezifitaet des Spurenelementgehaltes von Tier und Mensch [M]. Anke Ed M, Guertler H. Verlag Media Touristik, Gersdorf, Germany: Mineralstoffe und Spurenelemente in der Ernaehrung, 1993:196-210
- [11] 郭荣富, 陈克麟, 张曦. 动物营养中高效铜源及其生物利用率[J]. *饲料工业*, 1999, 20(7):11-12
- [12] 郭宝林, 朱晓萍, 张玉枝, 等. 高铅条件下日粮不同铜水平对绵羊铜代谢及粗料消化能力的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2004, 9(3):31-35
- [13] 郭宝林, 贾志海, 孔祥浩, 等. 高铅条件下日粮添加赖氨酸铜对绵羊铜代谢及粗饲料消化能力的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2005, 41(9):17-20
- [14] NRC. Nutrient Requirements of Sheep [M]. Washington D C: National Academy Press, 1985:10-47
- [15] Zhang Yu-zhi, Kong Xiang-hao, Zhu Xiao-ping, et al. Effect of forage to concentrate ratio and monensin supplementation on cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid and trans-11 octadecenoic acid concentrations of ruminal contents and plasma in sheep [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2006, 19(5):699-704
- [16] 张微, 朱晓萍, 卢德勋, 等. 内蒙古白绒山羊生绒期日粮适宜铜水平研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2004, 9(3):36-40
- [17] Mullis L A, Spears J W, McCraw R L. Estimated copper requirements of Angus and Simmental heifers [J]. *J Anim Sci*, 2003, 81(4):865-873
- [18] 赵剑. 氨基酸螯合微量元素对新疆黄羊生产性能、胴体形状和肉品品质影响的研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2004
- [19] Lee S H, Engle T E, Hossner K L. Effects of dietary copper on the expression of lipogenic genes and metabolic hormones in steers [J]. *J Anim Sci*, 2002, 80(7):1999-2005