

饲料添加氨基酸锌对育肥羊屠宰性能、肉品质及血液和组织中微量元素含量的影响

侯鹏霞¹ 李毓华² 王建东¹ 马吉锋¹ 于洋¹ 张守荣³ 梁小军^{1*}

(1.宁夏农林科学院动物科学研究所,银川 750002;2.固原市畜牧技术推广服务中心,固原 756000;

3.宁夏荣华牧业控股有限公司,同心 751300)

摘要: 本试验旨在研究氨基酸锌对育肥羊屠宰性能、肉品质及血液和组织中微量元素含量的影响。选择4月龄、体重为(29.00±0.61) kg的健康滩湖杂F1代公羊48只,随机分为4组,每组12只。对照组饲料锌含量为52.80 mg/kg(硫酸锌),其中不含硫酸锌的锌含量为18.02 mg/kg,试验Ⅰ组、试验Ⅱ组、试验Ⅲ组试验饲料锌含量分别为对照组饲料的1/2、1和2倍(氨基酸锌),预试期7 d,正试期60 d。结果表明:饲料添加氨基酸锌显著提高了育肥羊平均日增重($P<0.05$),以试验Ⅱ组平均日增重最高,达到283.59 g/d。饲料添加氨基酸锌对育肥羊屠宰性能、肉质理化性状无显著影响($P>0.05$),但随着饲料氨基酸锌添加量增加,试验组肉骨比、背膘厚、眼肌面积先升高后降低,GR值、肌内脂肪含量升高,剪切力降低;试验组血液锌含量均高于对照组,在同等锌添加量条件下,试验Ⅱ组血清锌含量极显著高于对照组($P<0.01$);各组间背最长肌、肾脏、心脏、肝脏及肺脏组织的锌含量差异不显著($P>0.05$),但氨基酸锌添加量过高会影响肌肉、肾脏、心脏、肺脏中铁沉积及肝脏中铜沉积。综上所述,饲料添加氨基酸锌可促进育肥羊生长,改善肉品质;在锌含量为18.02 mg/kg的基础饲料中添加52.80 mg/kg锌(氨基酸锌)效果最佳。

关键词: 氨基酸锌;育肥羊;肉品质;微量元素

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)01-0563-09

微量元素是机体的重要组成部分,在动物组织器官中含量很少,但对维持动物正常的理化功能、参与正常的新陈代谢、促进动物快速的健康发育有重要的作用^[1]。锌是动物体生长发育及生命活动必需的微量元素之一,广泛分布于肝脏、骨骼、肾脏、肌肉、胰腺、性腺、皮肤和被毛中,参与了一系列的生理活动,是酶系统的活化剂或有机化合物的组成成分^[2]。锌摄入过量、缺乏或不平衡都会不同程度地引起机体生理异常或发生疾病。张晶等^[3]研究表明,随着饲料蛋氨酸锌的含量升高,吉戎兔各组织器官对铜和铁的吸收呈增加趋

势。El Hendy等^[4]研究发现,缺锌会使大鼠血清铁和铜含量显著降低。索宝^[5]研究报道,随着内蒙古白绒山羊锌采食量的增加,粪便排出锌量明显增加。锌主要通过粪便形式排出体外,高锌会对环境造成一定影响,同时与铜、铁发生拮抗作用影响吸收^[6]。我国《饲料添加剂使用规范》(2017年修订版)规定,配合饲料或全混合日粮中锌[蛋氨酸锌(螯)络合物]含量最高限量:仔猪(≤ 25 kg) 110 mg/kg,母猪 110 mg/kg,犊牛 180 mg/kg,水产动物 150 mg/kg,宠物 200 mg/kg,其他动物为 120 mg/kg。

收稿日期:2020-06-19

基金项目:宁夏回族自治区农业育种专项(2018NYYZ04);宁夏农林科学院“十三五”重大专项(YES-16-02);科技创新领军人才专项(KJT2015012)

作者简介:侯鹏霞(1987—),女,宁夏盐池人,助理研究员,硕士,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: houpengxia@163.com

* 通信作者:梁小军,研究员,E-mail: 1092295523@qq.com

动物产品中微量元素含量主要与地理环境及饲料类型相关^[7]。现行饲料行业主要以无机盐形式添加锌,生物学效价较低,开发绿色、高效的有机微量元素添加剂非常必要。氨基酸锌是由氨基酸与微量元素锌通过化学方法螯合而成的,具有改善锌离子在体内的吸收和利用、改善机体免疫功能的作用^[8]。郝丽媛^[9]研究报道,饲料添加锌(蛋氨酸锌形式)每头每天 80 mg 能显著提高犊牛日增重;郑梦莉等^[10]研究发现,湘东黑山羊妊娠母羊饲料中添加蛋氨酸螯合锌和甘氨酸螯合锌均显著提高了总增重及平均日增重;成廷水^[11]研究表明,饲料添加 30、60、90 或 120 mg/kg 氨基酸锌显著提高了肉仔鸡血清和胫骨锌含量。目前对氨基酸锌在绵羊生产中的应用研究主要集中在生长性能、免疫及抗氧化抗指标方面,对绵羊肉及组织中微量元素沉积的影响鲜有报道。因此,本研究以育肥羊为研究对象,研究饲料中添加氨基酸锌对肉质及血液和组织中微量元素沉积的影响,为探讨氨基酸锌在育肥羊生产中的应用提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

氨基酸锌的锌含量为 12%,总氨基酸含量 $\geq 21\%$ 。

1.2 试验设计

选择 4 月龄、平均体重为(29.00 \pm 0.61) kg 的健康育肥羊(滩湖杂 F1 代公羊)48 只,采用完全随机试验设计分为 4 组,每组 12 只,分圈群饲,组间体重差异不显著($P>0.05$)。根据试验需求不同组别设置不同锌添加量,对照组饲料锌含量为 52.80 mg/kg(硫酸锌形式添加),试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组试验饲料锌含量分别为对照组饲料的 1/2、1 和 2 倍(氨基酸锌形式添加)。基础饲料锌含量为 18.02 mg/kg(原料本身含有的锌)。基础饲料组成及营养水平见表 1。

1.3 饲养管理

试验前确保羊只做好防疫,试验羊每组 12 只分圈群饲,统一管理。饲料制成全价颗粒饲料,保持各组间饲喂量一致[试验开始饲喂量为 1.2 kg/(只·d),之后随着体重增大逐渐增加至 1.6 kg/(只·d)],每天饲喂 2 次(06:30 和 17:00),自由饮水。试验预试期 7 d,正试期 60 d。

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	%
玉米 Corn	30.29
棉籽蛋白 Cottonseed protein	8.00
豆粕 Soybean meal	5.00
玉米皮喷浆 Corn husk spray	6.20
小麦面粉 Wheat meal	3.00
苜蓿草粉 Alfalfa meal	24.00
玉米秸秆 Maize straw	18.00
大豆油 Soybean oil	1.12
预混料 Premix ¹⁾	4.39
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
代谢能 ME/(MJ/kg)	8.83
粗蛋白质 CP	15.39
钙 Ca	0.85
磷 P	0.66

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 10 175.28 IU, VD₃ 3 391.76 IU, VE 176.37 IU, Fe 73.60 mg, Cu 11.41 mg, Mn 38.26 mg, Se 0.49 mg, I 0.83 mg。

2) 代谢能为计算值,其余为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能

试验开始(正试期开始第 1 天)、结束时分别对羊只进行空腹称重,计算平均日增重。每天准确记录羊只采食量,计算料重比。

料重比=平均日采食量/平均日增重。

1.4.2 屠宰性能及肉品质

试验结束,每组选取体重接近平均体重的 5 只进行屠宰,宰前 24 h 停止喂料,宰前 2 h 停水,测定屠宰性能及肉品质(取背最长肌测定)。

胴体重:屠宰放血后,剥去毛皮、去头、去内脏及前肢膝关节和后肢耻关节以下的部分后,整个躯体(包括肾脏及其周围脂肪)静置后称的重量。

屠宰率:屠宰后胴体重占宰前活重的百分比。

骨肉比:胴体骨重/胴体净肉重。

GR 值:用游标卡尺量取胴体第 12~13 肋骨间,距背脊中线 11 cm 处的组织厚度。

背膘厚:第 12 肋骨上的脂肪层厚度,从靠近

脊柱的一端开始,在第 12~13 胸肋间的眼肌横切面眼肌长度的 1/3 处,用游标卡尺垂直于外表面测量背膘厚度,以 cm 为单位。

眼肌面积:测量倒数第 1~2 肋骨间脊椎上眼肌(背最长肌)的横切面积,它与产肉量呈高度正相关。用硫酸纸描绘出眼肌横切面的轮廓,用求积仪算出面积。

系水力:采用压力测定法,取腰椎后背最长肌肉样一段,采用双片刀垂直于肌纤维方向切取厚的肉片,平置在洁净的橡皮片上,将中心部分眼肌样品用直径为 2.523 cm 的锋利圆形取样器切取 1 块。立即将上述取得的样品用感应量为 0.000 1 g 的天平称重,称重后将样品置于上、下各垫 18 层定性中速滤纸的 2 层纱布间,放置在 35 kg 的压力下加压 5 min,称重。

$$\text{肉品失水率}(\%) = (\text{压前重量} - \text{压后重量}) / \text{压前重量} \times 100。$$

熟肉率:取一侧腰大肌中段 100~200 g,将表面附着的脂肪去除,装入自封袋内,置于冰箱冷藏熟化 24 h,参照 NY/T 1333—2007 方法测定。

剪切力:取背最长肌,将表面附着的脂肪去除,装入自封袋内,置于冰箱冷藏熟化 24 h,参照 NY/T 1180—2006 的方法用剪切力仪进行测定。

常规营养成分:初水分含量采用高温干燥法(GB/T 6435—2014)测定;粗蛋白质含量采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5—2010)测定;粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB/T 5009.6—2003)测定;粗灰分含量采用高温灼烧法(GB 5009.4—2016)测定。

1.4.3 微量元素含量

血液微量元素:试验结束,早晨空腹对羊只进行颈静脉采血 5 mL,装入肝素钠抗凝管,用离子定量检测试剂盒,采用原子吸收法测定(检测仪器:全血多元素分析仪;仪器厂家:北京博辉;仪器型号: BH5100T)。

组织微量元素:试验羊屠宰后采集背最长肌、心脏、肝脏、肺脏及肾脏各 200 g,严格按照铁(货号 JM-00539B1)、铜(货号 JM-00526B1)、锌(货号 JM-00537B1)、硒(货号 JM-00513B1)含量检测试剂盒说明书操作[试剂盒厂家:南京建成生物工程研究所;检测仪器:分光光度计;仪器厂家:屹谱仪器制造(上海)有限公司;仪器型号: V-T3 分光光度计]。

1.5 数据统计及分析

用 Excel 2007 进行数据处理,使用 SAS 8.2 软件中的 one-way ANOVA 程序进行方差分析和 LSD 多重比较,结果以“平均值±标准差”表示, $P < 0.05$ 为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 饲料添加氨基酸锌对育肥羔羊生长性能的影响

由表 2 可知,各组间试验羊始重差异不显著($P > 0.05$),试验组末重、平均日增重均高于对照组,平均日增重以试验 II 组最高,显著高于对照组、试验 III 组($P < 0.05$),较对照组提高 27.66%,但随着饲料氨基酸锌添加量增加,试验组平均日增重呈先升高后降低的趋势。料重比以试验 II 组最低,极显著低于其他各组($P < 0.01$)。

表 2 添加氨基酸锌对育肥羔羊生长性能的影响

Table 2 Effects of adding amino acid zinc on growth performance of fattening lambs ($n=12$)

组别 Groups	始重 Initial weight/kg	末重 Final weight/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/kg	料重比 F/G
对照组 Control group	29.00±1.69	42.13±2.40 ^b	222.15±39.04 ^b	1.40	6.30 ^{Aa}
试验 I 组 Test group I	29.00±1.70	44.08±3.17 ^{ab}	251.22±41.74 ^{ab}	1.40	5.57 ^{Bb}
试验 II 组 Test group II	29.00±1.66	46.02±5.29 ^a	283.59±92.65 ^a	1.40	4.94 ^{Cc}
试验 III 组 Test group III	29.00±1.60	42.68±3.16 ^b	227.89±44.60 ^b	1.40	6.14 ^{Aa}

同列数据肩标不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),无字母或相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。表 3、表 4、表 5 同。

In the same column, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$), and with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), while with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as Table 3, Table 4 and Table 5.

2.2 饲料添加氨基酸锌对育肥羔羊屠宰性能的影响

由表3可知,试验组宰前活重均高于对照组,试验Ⅱ组与对照组差异极显著($P<0.01$),较对照

组提高8.41%。各组间其他屠宰性能指标差异均不显著($P>0.05$),但试验组肉骨比均高于对照组,随着饲料氨基酸锌添加量增加,试验组骨肉比、背膘厚、眼肌面积均先升高后降低,GR值升高。

表3 添加氨基酸锌对育肥羔羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of adding amino acid zinc on slaughter performance of fattening lambs ($n=5$)

组别 Groups	宰前活重 Live weight before slaughtering/kg	胴体重 Carcass weight/kg	肉骨比 Meat to bone ratio	GR值 GR value/cm	背膘厚 Thickness of backfat/cm	眼肌面积 Eye muscle area/cm ²
对照组 Control group	42.83±1.00 ^{Bbc}	22.37±1.19	4.74±0.62	8.83±0.84	0.46±0.02	14.70±0.99
试验Ⅰ组 Test group I	44.50±0.72 ^{ABb}	22.83±0.80	4.80±0.28	8.56±0.96	0.43±0.04	14.92±0.24
试验Ⅱ组 Test group II	46.43±1.15 ^{Aa}	24.05±0.55	5.31±0.78	9.17±0.47	0.51±0.01	15.78±0.92
试验Ⅲ组 Test group III	42.53±0.68 ^{Bc}	22.47±0.86	4.93±0.60	9.47±0.79	0.42±0.04	14.62±0.77

2.3 饲料添加氨基酸锌对育肥羔背最长肌理化指标的影响

由表4可知,除失水率,各组间肉质其他理化性状指标差异均不显著($P>0.05$),但试验组剪切力均低于对照组,且随着饲料氨基酸锌添加量增

加而降低,以试验Ⅲ组剪切力最低;试验Ⅰ组、试验Ⅱ组及对照组间失水率差异不显著($P>0.05$),但试验Ⅲ组显著高于对照组($P<0.05$),较对照组提高17.00%。

表4 添加氨基酸锌对育肥羔背最长肌理化指标的影响

Table 4 Effects of adding amino acid zinc on physicochemical indexes of *longissimus dorsi* of fattening lambs ($n=5$)

组别 Groups	初水分 Initial water/%	失水率 Water loss rate/%	熟肉率 Cooked meat rate/%	剪切力 Shear force/N
对照组 Control group	76.02±1.02	28.94±3.21 ^b	51.89±0.72	49.93±3.45
试验Ⅰ组 Test group I	76.43±0.73	32.12±3.61 ^{ab}	52.21±0.54	49.00±2.62
试验Ⅱ组 Test group II	75.87±0.85	31.76±1.92 ^{ab}	51.74±0.91	46.37±1.57
试验Ⅲ组 Test group III	76.66±1.76	33.86±3.41 ^a	51.97±0.48	31.64±1.74

2.4 饲料添加氨基酸锌对育肥羔羊肉质化学成分的影响

由表5可知,各组间肉质干物质、粗蛋白质及肌肉脂肪含量差异均不显著($P>0.05$),其中肌肉

脂肪含量随饲料氨基酸锌添加量增加呈升高趋势。试验Ⅰ组、试验Ⅱ组及对照组间粗灰分含量差异不显著($P>0.05$),但均极显著高于试验Ⅲ组($P<0.01$)。

表5 添加氨基酸锌对育肥羔羊肉质化学成分的影响

Table 5 Effects of adding amino acid zinc on chemical composition of mutton of fattening lambs ($n=5$) %

组别 Groups	干物质 Dry matter	粗蛋白质 Crude protein	肌肉脂肪 Intramuscular fat	粗灰分 Crude ash
对照组 Control group	23.33±0.98	19.33±0.52	2.58±0.54	1.52±0.14 ^{Aa}
试验Ⅰ组 Test group I	23.11±0.71	19.71±0.45	2.54±0.42	1.63±0.09 ^{Aa}
试验Ⅱ组 Test group II	23.66±0.88	19.41±0.63	3.21±0.43	1.59±0.15 ^{Aa}
试验Ⅲ组 Test group III	22.75±0.72	18.40±0.48	3.42±0.72	0.91±0.21 ^{Bb}

2.5 饲料添加氨基酸锌对育肥羔羊血液及组织中微量元素含量的影响

由表 6 可知,各组间育肥羔羊血液锌、铁、铜、硒含量差异均不显著($P>0.05$)。组织锌沉积规律为肝脏>肾脏>心脏>肺脏>背最长肌。对于铁元素含量,背最长肌中试验组均高于对照组,其中试验 II 组极显著高于对照组、试验 III 组($P<0.01$),显著高于试验 I 组($P<0.05$),试验 II 组较对照组提高了 55.48%;肾脏、心脏中试验 I 组、试验 II 组及对照组间差异不显著($P>0.05$),但均显著高于试验 III 组($P<0.05$);肝脏中试验组间差异不显著($P>$

0.05),但均极显著高于对照组($P<0.01$),试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组分别较对照组提高 15.31%、12.81%、17.57%;组织铁沉积规律为肝脏>肾脏>心脏>肺脏>背最长肌。对于铜元素含量,肾脏、肺脏中各组间差异不显著($P>0.05$);同等锌添加量时试验 II 组与对照组差异不显著($P>0.05$);肝脏中对照组、试验 I 组、试验 II 组间差异不显著($P>0.05$),但均显著高于试验 III 组($P<0.05$),组织铜沉积规律为肝脏>肾脏>肺脏>心脏>背最长肌。

表 6 添加氨基酸锌对育肥羔羊血液及组织中微量元素含量的影响

Table 6 Effects of adding amino acid zinc on trace element contents in blood and tissues of fattening lambs

项目 Items	血液及组织 Blood and tissue	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III
Zinc	血液 Blood/($\mu\text{mol/L}$)	74.56 \pm 5.80	71.12 \pm 7.34	72.03 \pm 7.82	70.68 \pm 6.44
	背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i> /(mg/kg)	11.86 \pm 0.73	11.70 \pm 0.98	10.95 \pm 0.27	11.39 \pm 1.64
	肾脏 Kidney/(mg/kg)	18.33 \pm 0.15	19.49 \pm 1.29	18.37 \pm 1.07	19.48 \pm 0.34
	心脏 Heart/(mg/kg)	13.02 \pm 0.87	12.06 \pm 0.21	13.14 \pm 0.96	12.86 \pm 0.99
	肝脏 Liver/(mg/kg)	21.89 \pm 0.88	22.07 \pm 0.55	20.76 \pm 1.51	21.90 \pm 1.22
Iron	肺脏 Lungs/(mg/kg)	11.49 \pm 0.08	12.64 \pm 0.24	12.60 \pm 0.83	12.62 \pm 0.88
	血液 Blood/(mmol/L)	8.09 \pm 0.27	7.81 \pm 0.52	7.73 \pm 0.51	8.00 \pm 0.42
	背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i> /(mg/kg)	7.21 \pm 0.12 ^{Bb}	8.52 \pm 0.72 ^{ABb}	11.21 \pm 0.50 ^{Aa}	7.27 \pm 0.14 ^{Bb}
	肾脏 Kidney/(mg/kg)	26.14 \pm 0.39 ^a	26.21 \pm 1.09 ^a	26.32 \pm 0.43 ^a	25.56 \pm 0.74 ^b
	心脏 Heart/(mg/kg)	14.80 \pm 1.23 ^{Aa}	14.86 \pm 1.42 ^{Aa}	14.87 \pm 0.21 ^{Aa}	10.80 \pm 1.29 ^{ABb}
Copper	肝脏 Liver/(mg/kg)	24.82 \pm 0.50 ^{Bb}	28.62 \pm 1.30 ^{Aa}	28.70 \pm 1.55 ^{Aa}	29.18 \pm 0.69 ^{Aa}
	肺脏 Lungs/(mg/kg)	12.68 \pm 0.53	12.45 \pm 2.01	12.99 \pm 2.41	12.74 \pm 1.74
	血液 Blood/($\mu\text{mol/L}$)	12.96 \pm 1.89	12.13 \pm 2.56	11.39 \pm 2.38	11.59 \pm 1.28
	背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i> /(mg/kg)	6.69 \pm 0.69 ^{BCbc}	5.44 \pm 0.34 ^{Cc}	7.67 \pm 0.42 ^{ABab}	8.88 \pm 0.17 ^{Aa}
	肾脏 Kidney/(mg/kg)	12.66 \pm 0.35	13.43 \pm 1.21	13.94 \pm 0.24	14.19 \pm 1.14
Copper	心脏 Heart/(mg/kg)	8.72 \pm 0.77 ^{ABa}	6.73 \pm 0.22 ^{Bb}	9.26 \pm 0.29 ^{Aa}	9.40 \pm 0.73 ^{Aa}
	肝脏 Liver/(mg/kg)	16.96 \pm 0.29 ^a	17.37 \pm 0.08 ^a	17.05 \pm 1.57 ^a	15.09 \pm 0.80 ^b
	肺脏 Lungs/(mg/kg)	9.74 \pm 0.18	9.56 \pm 0.16	9.50 \pm 0.73	9.43 \pm 0.96

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),无字母或相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)。血液样本 $n=12$,组织样本 $n=5$ 。

In the same row, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P<0.01$), and with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). Blood sample $n=12$, and tissue sample $n=5$.

3 讨论

3.1 饲料添加氨基酸锌对育肥羊生长性能的影响

锌是动物生长不可缺少的矿物质元素,在促进动物生长方面起着重要作用。增重和饲料报酬是生长性能最直观的体现指标。Aliarabi 等^[12]研究表明,添加锌可提高羔羊平均日增重和饲料转

化率。蔡秋等^[13]报道,犍牛饲料添加锌 200 mg/d,平均日增重提高 12.50%。氨基酸螯合锌较无机硫酸锌稳定性更好、生物学利用率更高^[14]。本研究在锌含量为 18.02 mg/kg 的基础饲料中添加氨基酸锌提高了育肥羊平均日增重,促进了生长,但随着饲料氨基酸锌添加量增加,试验组平均日增重呈先升高后降低的趋势,以试验 II

组锌添加量 52.80 mg/kg (氨基酸锌) 平均日增重最大 (283.59 g/d), 这与张博^[15] 在杜寒杂种公羊基础饲料 (锌含量 25.68 mg/kg) 中添加氨基酸锌, 结果锌添加量 50 mg/kg 饲喂效果优于 25 和 75 mg/kg 的结果一致, 即锌在育肥羊饲料中有最适添加量。料重比是衡量动物生长性能高低的重要标志, 能实际反映畜禽对饲料的消化利用能力。本研究中料重比以试验 II 组最低, 即在锌含量为 18.02 mg/kg 的育肥羊基础饲料中添加 52.80 mg/kg 锌 (氨基酸锌) 饲料转化效率较高。

3.2 饲料添加氨基酸锌对育肥羊屠宰性能及肉品质的影响

屠宰性能在一定程度上反映了动物对饲料的转化效率。王燕燕等^[16] 研究了补硒对肉羊血清硒含量、产肉性能和肉品质的影响, 结果表明各组羔羊净肉重、屠宰率、净肉率、骨肉比及眼肌面积均无显著差异。许贵善等^[17] 报道不同饲喂水平会显著影响杜寒杂交公羔净增重、平均日增重及干物质采食量, 但屠宰率、净肉率和胴体净肉率无显著差异。张博^[15] 以杜寒杂公羊为试验对象, 饲料添加氨基酸锌, 发现各加锌组间绵羊屠宰率、胴体产肉率、净肉率、骨肉比等指标差异均不显著, 但屠宰率较对照组有一定的提高。本研究结果表明, 饲料添加氨基酸锌会促进育肥羊生长, 所以试验组宰前活重高于对照组, 试验 II 组与对照组间差异极显著, 但屠宰率、骨肉比、GR 值、背膘厚及眼肌面积差异均不显著; 随着饲料氨基酸锌添加量增加, 试验组骨肉比、背膘厚、眼肌面积呈先升高后降低趋势, 这和试验羊平均日增重的趋势一致; GR 值是反映胴体脂肪含量的重要指标, 值越大脂肪含量越高, 本研究中随着饲料氨基酸锌添加量增加, 试验组 GR 值升高, 说明瘦肉率降低, 脂肪含量升高。也有报道, 屠宰率与宰前活重有直接的相关性, 宰前活重越重, 屠宰率也越高^[18]。侯鹏霞^[19] 研究表明, 当滩羊育肥体重达到 40 kg, 肌肉和骨骼生长基本停止, 开始沉积脂肪。本研究中屠宰率没有随着宰前活重的变化呈现规律的变化, 这可能与体重有关, 即试验羊达到一定体重时产肉性能是比较恒定的。

肌肉嫩度是评价肉品食用品质的评价指标, 通常由剪切力衡量, 剪切力越小, 说明肌纤维越细, 肉质越嫩, 口感越佳。剪切力的大小也可反映肌肉脂肪的含量, 肌肉脂肪是脂肪组织中的一种,

肉质良好的口感、多汁性、风味、嫩度等都与肌肉脂肪的含量有一定的关系^[20]。本研究中试验组剪切力低于对照组, 且随着饲料氨基酸锌添加量增加, 剪切力降低, 肌肉脂肪含量升高。这表明肌肉脂肪含量升高会使剪切力降低, 这与上述结果中 GR 值升高的结果也相一致。

3.3 饲料添加氨基酸锌对育肥羊血液及组织中微量元素含量的影响

微量元素在动物组织器官中含量很少, 但在维持动物正常的理化功能、新陈代谢以及促进动物快速的健康发育方面有重要作用。成廷水^[11] 报道, 饲料添加氨基酸锌可显著提高肉仔鸡血清和胫骨锌含量。动物采食饲料消化后主要经肠道进行吸收, 所以肠道上皮细胞吸收的部分锌离子转运到血液发挥作用, 即血液中锌含量在一定程度上可反映饲料锌离子吸收利用情况。本研究中试验结束测定育肥羊血液锌、铁、铜、硒含量, 各组间差异均不显著, 这可能与测定时间、氨基酸锌添加量等有关, 在氨基酸锌对滩湖杂羊生长性能、血清激素含量、免疫及抗氧化功能影响的研究中发现, 随着饲料氨基酸锌添加量增加, 试验组血液锌含量呈先升高后降低趋势^[21]。

组织中的锌、铁、铜等元素具有特殊的生理功能, 并参与机体复杂的生物化学反应。锌参与多项生理活动; 铁是血红蛋白和肌红蛋白必不可少的功能基团, 并且起到维持肌肉色泽的作用; 铜能增强机体超氧化物歧化酶活性, 减少机体自由基对肉品质的影响, 从而改善肉质^[22]。饲料中影响锌吸收的因素很多, 如锌的添加水平及添加形式、矿物元素及植物中的植酸等, 其中植酸是植物中存在的一种抗营养因子, 会与铜、铁、铜等二价金属离子形成络合物, 溶解度较低, 很难被畜禽吸收^[23]。董晓慧^[24] 研究发现, 大鼠饲喂高植酸饲料时, 对有机锌吸收利用优于无机锌。王斯佳^[25] 研究表明, 用相同锌添加水平的氨基酸螯合锌和硫酸锌饲料饲喂肉仔鸡, 氨基酸螯合锌组胰脏、胫骨中锌沉积量显著高于硫酸锌组。张博^[15] 研究报道, 随着饲料锌添加量的增加, 杜寒杂羊眼肌中锌含量先升高后降低。陈娜娜等^[26] 报道, 饲料中添加 70~700 mg/kg 蛋氨酸锌可显著提高蛋黄中锌含量, 对铜及铁含量无显著影响, 但添加量达 1 400 mg/kg 时, 蛋黄中锌含量极显著提高, 铜及铁含量极显著下降。这可能是因为氨基酸螯合物

锌可以通过小肠绒毛刷状缘,以氨基酸或肽的形式被吸收,避免了肠道中诸如植酸、钙等理化因子及与其他微量元素之间的拮抗作用。本研究结果表明,各组间锌含量差异不显著,但随着饲料氨基酸锌添加量增加,铁含量在背最长肌、肾脏、心脏、肺脏组织中均呈先升高后降低趋势,铜含量在肌肉、肾脏、心脏组织中升高,在肝脏组织中降低。这表明在饲料中添加锌有适宜添加量,本研究以试验Ⅱ组添加量 52.80 mg/kg(氨基酸锌的形式添加)效果最佳,过高会形成元素间拮抗降低吸收效率。各组织微量元素沉积规律为肝脏>肾脏>心脏>肺脏>背最长肌,表明微量元素在各组织器官中代谢速度和能力存在差异,以肝脏沉积能力最强,其次是肾脏,即肝脏、肾脏可作为评价育肥羊饲料微量元素效价的优选指标。

4 结 论

饲料添加氨基酸锌与添加等量硫酸锌相比,可促进育肥羊生长,改善肉品质;本研究条件下,锌添加量以 52.80 mg/kg(氨基酸锌)效果最佳。

参考文献:

- [1] 邵长一,王展鹏,孙国君,等.昭苏牧区放牧绵羊血清 6 种常量元素分析[J].家畜生态学报,2019,40(12):46-49,54.
SHAO C Y, WANG Z P, SUN G J, et al. Analysis of 6 major elements in serum of grazing sheep in Zhaosu pastoral area[J]. Journal of Animal Ecology, 2019, 40(12):46-49, 54. (in Chinese)
- [2] 石永怀,张凤英,钟永安,等.家畜营养中的微量元素碘[J].饲料研究,1980(5):27-29.
SHI Y H, ZHANG F Y, ZHONG Y A, et al. Trace element iodine in livestock nutrition[J]. Feed Research, 1980(5):27-29. (in Chinese)
- [3] 张晶,沈景林,丁洪浩,等.蛋氨酸锌对吉戎兔体内锌、铜、铁沉积率的影响[J].东北农业大学学报,2008,39(9):66-69.
ZHANG J, SHEN J L, DING H H, et al. Effect of dietary supplementation of zinc methionine on retention rate of Zn, Cu and Fe of Jirong rabbits[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(9):66-69. (in Chinese)
- [4] EL HENDY H A, YOUSEF M I, EI-NAGA N I A. Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats [J]. Toxicology, 2001, 167(2):163-170.
- [5] 索宝.内蒙古白绒山羊生长羯羊锌需要量的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
SUO B. Study on the zinc requirement of growing inner Mongolia white cashmere goats [D]. Master's Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [6] 刘雨田,郭小权.微量元素锌的营养学研究进展[J].饲料博览,2000(5):14-15.
LIU Y T, GUO X Q. Advances in nutrition research of trace element zinc [J]. Feed Review, 2000(5):14-15. (in Chinese)
- [7] DUAN Q, TAIT JR R G, SCHNEIDER M J, et al. Sire breed effect on beef longissimus mineral concentrations and their relationships with carcass and palatability traits[J]. Meat Science, 2015, 106:25-30.
- [8] 杜刚,王华.氨基酸锌化合物的研究进展[J].氨基酸和生物资源,2008,30(2):48-50.
DU G, WANG H. Research progress of amino acid zinc compounds [J]. Amino Acids and Biological Resources, 2008, 30(2):48-50. (in Chinese)
- [9] 郝丽媛.不同锌源对新生犊牛生长性能、机体锌代谢及直肠微生物的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2018.
HAO L Y. Effects of different zinc sources on the performance, zinc metabolism and rectal microorganism of newborn calves [D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018. (in Chinese)
- [10] 郑梦莉,李四元,张佩华,等.不同锌源对湘东黑山羊生长性能及羊奶的成分、氨基酸和脂肪酸含量的影响[J].动物营养学报,2018,30(10):3976-3984.
ZHENG M L, LI S Y, ZHANG P H, et al. Effects of different zinc sources on growth performance of Xiangdong black goat and composition, amino acid and fatty acid contents of goat milk [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(10):3976-3984. (in Chinese)
- [11] 成廷水.氨基酸锌对蛋鸡免疫和抗氧化功能的调节作用及其应用研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2004.
CHENG T S. Regulation of zinc amino acid complex on the performance, immune responses and antioxidant capacity in hens [D]. Ph.D. Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2004. (in Chinese)

- [12] ALIARABI H, FADAYIFAR A, TABATABAEI M M, et al. Effect of zinc source on hematological, metabolic parameters and mineral balance in lambs [J]. *Biological Trace Element Research*, 2015, 168(1): 82-90.
- [13] 蔡秋, 张明忠, 刘康书, 等. 饲粮添加铜、铁和锌对牛组织和血液铅和镉含量的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(3): 571-576.
- CAI Q, ZAHNG M Z, LIU K S, et al. Dietary supplementation with copper, iron and zinc affects contents of lead and cadmium in tissues and blood of beef cattle [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(3): 571-576. (in Chinese)
- [14] 陈清平. 氨基酸螯合微量元素对肉羊生产性能及血液生理生化指标的影响研究 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2003.
- CHEN Q P. Effects of micro-mineral amino acid chelate supplementation on the growth performance and serum physiological biochemical parameters of goat [D]. Master's Thesis. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2003. (in Chinese)
- [15] 张博. 氨基酸锌对杜寒杂种公羊生产性能、血液理化指标及羊肉营养成分的影响 [D]. 硕士学位论文. 太谷: 山西农业大学, 2016.
- ZHANG B. Effect of supplementation of amino acid zinc in diet on productive performance, the indices of physiological and biochemical of blood and nutrition of longissimus in Dorper × small tail Han ram [D]. Master's Thesis. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [16] 王燕燕, 吴森, 陈福财, 等. 补硒对肉羊血硒水平、产肉性能和肉品质的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2013, 34(6): 21-25.
- WANG Y Y, WU S, CHEN F C, et al. Effect of injecting sodium selenite on the serum level, meat production and quality of young coats [J]. *Journal of Animal Ecology*, 2013, 34(6): 21-25. (in Chinese)
- [17] 许贵善, 刁其玉, 纪守坤, 等. 不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(5): 953-960.
- XU S G, DIAO Q Y, JI S K, et al. Effects of different feeding levels on growth performance, slaughter performance and organ indexes of mutton sheep [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(5): 953-960. (in Chinese)
- [18] DHANDA J S. Evaluation of crossbred goat and sheep production in the tyopics [M]. London: Longman Group Ltd., 2001: 38-39.
- [19] 侯鹏霞. 滩羊羔羊早期补饲以及不同体重阶段羊肉品质的研究 [D]. 硕士学位论文. 银川: 宁夏大学, 2016.
- HOU P X. Studies on the early supplement of lamb and mutton quality of different stages of weight in Tan sheep [D]. Master's Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2016. (in Chinese)
- [20] 张伟力, 曾勇庆. 猪肉肌肉脂肪测定方法及其误差分析 [J]. *猪业科学*, 2008, 25(7): 102-103.
- ZHANG W L, ZENG Y Q. Determination of intramuscular fat in pork and its error analysis [J]. *Science of Pig Industry*, 2008, 25(7): 102-103. (in Chinese)
- [21] 侯鹏霞, 李毓华, 马吉锋, 等. 氨基酸锌对滩湖杂羊生长性能、血清激素、免疫及抗氧化指标的影响 [J/OL]. *动物营养学报*: 1-9 [2020-09-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.S.20200610.1725.042.html>.
- HOU P X, LI Y H, MA J F, et al. Effects of amino acid acid on growth performance, serum hormone, immune and antioxidant indexes of Tan × Hu sheep [J/OL]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*: 1-9 [2020-09-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.S.20200610.1725.042.html>. (in Chinese)
- [22] 师帅, 巴吐尔·阿不力克木, 高维明, 等. 不同年龄新疆柯尔克孜羊宰后骨骼肌肉品质测试分析 [J]. *新疆农业科学*, 2017, 54(7): 1356-1363.
- SHI S, BATUER ABLKM, GAO W M, et al. Research on the characteristics of postmortem Kirgiz sheep skeletal muscle meat quality after slaughter at different ages [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2017, 54(7): 1356-1363. (in Chinese)
- [23] 于昱, 吕林, 张亿一, 等. 影响动物肠道锌吸收因素的研究进展 [J]. *动物营养学报*, 2007, 19(S1): 459-464.
- YU Y, LYU L, ZHANG Y Y, et al. Research advances on factors of affecting zinc intestinal absorption [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2007, 19(S1): 459-464. (in Chinese)
- [24] 董晓慧. 氨基酸螯合锌吸收、转运特点和影响因素的研究 [D]. 博士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学, 2001: 73-82.
- DONG X H. Study on zinc absorption and metabolism of zinc amino acid chelate and effecting factors [D]. Ph.D. Thesis. Harbin: Northeast Agricultural University, 2001: 73-82. (in Chinese)
- [25] 王斯佳. 氨基酸螯合锌对肉仔鸡生长代谢的影响

[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2009:45-49.

WANG S J. Effect of zinc-amino chelate on growth and metabolism of broilers [D]. Master's Thesis. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2009: 45-49. (in Chinese)

[26] 陈娜娜,侯川川,马莲香,等.蛋氨酸锌对蛋鸡消化酶活性、蛋黄微量元素沉积、抗氧化及免疫指标的影响

响[J].中国畜牧杂志,2018,54(4):55-60.

CHEN N N, HOU C C, MA L X, et al. Effects of zinc-methionine on digestive enzyme activity, yolk trace element accumulation, antioxidant capacity and serum immune indices of laying hens [J]. Chinese Journal of Animal Husbandry, 2018, 54 (4): 55 - 60. (in Chinese)

Effects of Adding Amino Acid Zinc in Diets on Slaughter Performance, Meat Quality and Trace Element Contents in Blood and Tissue of Fattening Sheep

HOU Pengxia¹ LI Yuhua² WANG Jiandong¹ MA Jifeng¹ YU Yang¹
ZHANG Shourong³ LIANG Xiaojun^{1*}

(1. Institute of Animal Science, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China; 2. Promotion Service Center of Guyuan Animal Husbandry Technology, Guyuan 756000, China; 3. Ningxia Rong Hua Animal Husbandry Holdings Limited, Tongxin 751300, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of adding amino acid zinc in diets on slaughter performance, meat quality and trace element contents in blood and tissue of fattening sheep. Forty-eight ram *Tan*×*Hu* sheep at 4 months of age, which had a good condition and (29.00±0.61) kg body weight, were randomly divided into 4 groups, and 12 sheep in each group. Zinc content of the control group diet was 52.80 mg/kg (sulfate zinc). Zinc content of the test group I, test group II and test group III was 1/2, 1 and 2 times (amino acid zinc) of the control group diet, respectively. Pretrial period was 10 d, and trial period was 60 d. The results showed as follows: adding amino acid zinc to diets significantly increased the average daily gain of fattening sheep ($P<0.05$), and the average daily gain of group II was 283.59 g/d; there was no significant effect on slaughter performance and meat physicochemical properties of fattening sheep. However, with the increase of dietary amino acid zinc content, the meat to bone ratio, backfat and eye area of the test groups increased first and then decreased, the GR value and the content of fat in muscle increased, and the shear of tenderness decreased; the content of zinc in the blood in test groups was higher than that in control group, and in the test group, and under the same amount of zinc added condition, the content of zinc in test group II was significantly higher than that in control group ($P<0.01$); zinc deposition in the *longissimus dorsi*, kidney, heart, liver and lung among the groups was not significant ($P>0.05$), however, too much amino acid could affect the deposition of iron in muscle, kidney, zinc, lung and copper in liver. It is concluded that dietary addition of amino acid zinc can promote the growth of fattening sheep, improve meat quality, with the 18.02 mg/kg of basal diet zinc content, effect of zinc addition with 52.80 mg/kg (amino acid zinc) is the best. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(1):563-571]

Key words: amino acid zinc; fattening sheep; meat quality; microelement