

饲料中添加胍基乙酸对羔羊生长性能、屠宰性能和肉品质的影响

刘笑梅¹ 郝小燕¹ 张宏祥² 杨立彬³ 项斌伟⁴ 张文佳⁴ 张春香¹ 张建新^{1*}

(1.山西农业大学动物科学学院,太谷 030801;2.山西祥和岭上农牧开发有限公司,右玉 037200;3.北京君德同创生物技术股份有限公司,北京 100085;4.山西省右玉县畜牧兽医中心,右玉 037200)

摘要: 本试验旨在研究饲料中添加胍基乙酸(GAA)对羔羊生长性能、屠宰性能和肉品质的影响。试验选取48只4月龄、体重[(24.8±1.3) kg]相近的杜泊×小尾寒羊杂交一代公羔,随机分为4组,每组12只羊。各组分别在基础饲料中添加0(对照组)、300(300GAA组)、600(600GAA组)和900 mg/kg(900GAA组)的GAA。预试期15 d,正试期70 d。结果表明:1)900GAA组羔羊的末重、平均日增重显著高于对照组、300GAA组和600GAA组($P<0.05$),料重比显著低于对照组、300GAA组和600GAA组($P<0.05$)。2)900GAA组的胴体重、净肉重显著高于对照组($P<0.05$),300GAA组、600GAA组和900GAA组的净肉率和眼肌面积显著高于对照组($P<0.05$)。各组之间各器官指数均无显著差异($P>0.05$)。3)300GAA组、600GAA组和900GAA组的回肠长度显著高于对照组($P<0.05$),900GAA组的回肠重量显著高于对照组、300GAA组和600GAA组($P<0.05$)。4)300GAA组、600GAA组和900GAA组的宰后24 h的背最长肌pH显著高于对照组($P<0.05$),600GAA组的宰后24 h的背最长肌亮度(L^*)值显著高于对照组和300GAA组($P<0.05$),300GAA组、600GAA组和900GAA组的背最长肌系水力显著高于对照组($P<0.05$),600GAA组和900GAA组的背最长肌粗蛋白质含量显著高于对照组($P<0.05$)。综上所述,饲料中添加适宜水平的GAA能提高羔羊的生长性能、屠宰性能,并改善羊肉品质。本试验中,饲料中GAA的适宜添加水平为900 mg/kg。

关键词: 胍基乙酸;羔羊;生长性能;屠宰性能;肉品质

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)03-1565-11

当今的养殖者追求健康、高效养殖,开发高效、绿色饲料添加剂成为近些年研究的热点,目前,胍基乙酸(guanidineacetic acid, GAA)作为一种新型的添加剂,受到动物营养学家们的广泛关注。GAA又名胍乙酸,通常呈白色粉末或片状晶体,是合成肌酸的唯一前体物^[1]。动物体内GAA由L-精氨酸和甘氨酸合成,随后经血液循环到达肝脏,在S-腺苷蛋氨酸-胍基乙酸-N-甲基转移酶(GAMT)的催化作用下与腺苷蛋氨酸(SAM)形成

肌酸。肌酸可在肌酸激酶的作用下合成磷酸化肌酸,参与三磷酸腺苷循环,对动物的能量代谢和生长发育起着非常重要的作用^[2]。此外,肌酸也是动物体内的一种半必需氨基酸,既能通过动物自身合成,也可外源补充。但是动物自身合成肌酸仅占机体所需肌酸的66%~75%,无法满足需求^[3],且肌酸自身的不稳定性导致其无法直接添加于饲料中,而GAA具有稳定性、价格适宜的特点,可以作为饲料添加剂应用于动物生产中。

收稿日期:2020-07-24

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0502104);国家肉羊产业技术体系专项(CARS-38);山西省1331工程建设项目(J201911301);山西省科技成果转化引导专项(201904D131026)

作者简介:刘笑梅(1995—),女,山西吕梁人,硕士研究生,从事饲料资源开发和利用的研究。E-mail: 1070230305@qq.com

*通信作者:张建新,教授,博士生导师,E-mail: ypzjx@126.com

目前研究证实, GAA 比肌酸更能有效提高肌细胞肌酸的含量^[4]。GAA 在单胃动物上的研究表明, 饲料中添加 GAA 可以合成大量肌酸, 提高猪和肉鸡的饲料转化效率, 提高生长性能^[5-6], 提高机体抗氧化能力^[7]; GAA 可降低建鲤肌肉能量代谢关键酶活性, 进而改善其能量代谢, 提高饲料转化率^[8]; 近几年, 也有少数关于 GAA 在反刍动物上的研究, 晁雅琳等^[9]研究表明, 饲料中添加 GAA 可以改善舍饲滩羊生长性能、屠宰性能以及脂肪沉积, 提高肌肉脂肪含量和大理石花纹。GAA 作为合成肌酸的唯一前体物, 其生物学功能受到广泛关注。目前, 有关 GAA 作为营养性饲料添加剂对反刍动物生长性能、屠宰性能和肉品质方面的影响鲜有报道。因此, 本试验在已有的研究基础上, 深入研究了 GAA 对羔羊生长性能、屠宰性能和肉品质的影响, 为 GAA 在反刍动物生产中的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

本试验于 2019 年在山西祥和岭上农牧开发有限公司完成。试验选取 48 只 4 月龄、体重 $[24.8 \pm 1.3]$ kg 相近的杜泊×小尾寒羊杂交一代公羔, 采用完全随机分组试验设计分为 4 组, 每组 12 只羊。各组分别在基础饲料中添加 0 (对照组, CON 组)、300 (300GAA 组)、600 (600GAA 组)、900 mg/kg (900GAA 组) 的 GAA。每只羊采取单栏饲养, 预试期 15 d, 正试期 70 d。

试验所用饲料参考 NRC (2007) 营养需要量进行配制, 基础饲料组成及营养水平见表 1。GAA 由北京某农牧科技股份有限公司提供, 其有效成分含量 $\geq 95\%$ 。

1.2 饲养管理

于试验开始前 1 周对试验羊舍消毒, 给试验羊注射羊痘、小反刍兽疫和口蹄疫疫苗。预试期对所有试验羊分组、编号、驱虫。在正试期, 每天 08:00 和 17:30 各饲喂 1 次, 自由饮水, 每天饲喂量根据前 1 天采食情况进行调整, 为了使试验羊达到增重和饱食的效果, 应该保证有剩料, 但剩料不能超过 5%, 记录每天的采食量。

1.3 测定指标与测定方法

1.3.1 饲料常规营养成分含量的测定

饲料干物质 (DM)、粗灰分 (Ash)、粗脂肪

(EE)、粗蛋白质 (CP) 含量参照 AOAC (2012)^[11] 方法测定, 中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 含量参照 Van Soest 等^[12] 的方法测定, 钙 (Ca) 含量采用原子吸收法^[13] 测定, 磷 (P) 含量采用钒钼黄比色法^[14] 测定。

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 | 25.00 |
| 豆粕 Soybean meal | 7.00 |
| 棉籽粕 Cottonseed meal | 8.50 |
| 玉米胚芽粕 Corn germ meal | 10.50 |
| 米糠 Rice bran | 14.00 |
| 葵花皮 Sunflower leather powder | 5.00 |
| 花生皮 Peanut coat | 8.00 |
| 玉米秸秆 Corn straw | 17.00 |
| 预混料 Premix ¹⁾ | 5.00 |
| 合计 Total | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels ²⁾ | |
| 干物质 DM | 96.15 |
| 粗蛋白质 CP | 14.68 |
| 粗脂肪 EE | 3.34 |
| 粗灰分 Ash | 7.42 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 34.41 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 15.28 |
| 钙 Ca | 0.62 |
| 磷 P | 0.48 |
| 代谢能 ME/(MJ/kg) | 9.62 |

1) 每千克预混料中含有 One kilogram of premix contained the following: Cu 15 mg, Fe 55 mg, Zn 25 mg, Mn 40 mg, Se 0.3 mg, I 0.5 mg, Co 0.2 mg, VA 20 000 IU, VD 4 000 IU, VE 40 IU。

2) 代谢能为计算值^[10], 其余为实测值。ME was a calculated value^[10], while the others were measured values.

1.3.2 生长性能指标的测定

试验羊共称 3 次重, 在正试期第 1 天晨饲前对所有羊空腹称重, 作为初始体重, 在第 30 天进行第 2 次称重, 在试验结束当日晨饲前进行第 3 次称重。根据每只羊的采食量计算平均日采食量 (ADFI), 根据初始体重和结束体重计算平均日增重 (ADG), 最后计算料重比 (F/G)。

1.3.3 屠宰性能指标的测定

正试期结束当天, 各组随机选取 6 只健康且体重相近的试验羊进行屠宰, 宰前禁食 16 h, 宰前

2 h 禁水, 次日 07:00 屠宰, 记录宰前活体重。试验羊屠宰放血, 去头、蹄、内脏、剥皮, 称量各器官和头、蹄的重量。将胴体进行骨肉分离, 称量骨重。用电子秤称量十二指肠、空肠、回肠的净重, 用皮尺测定各小肠在自然状态下的长度。屠宰性能指标计算公式如下:

胴体重 (kg) = 宰前活重 - 头、蹄、皮、

内脏 (除肾脏及肾周脂) 重;

屠宰率 (%) = (胴体重 / 宰前活重) × 100;

净肉重 (kg) = 胴体重 - 全骨重 - 肾脏重;

净肉率 (%) = (净肉重 / 宰前活重) × 100;

骨肉比 (%) = (全骨重 / 净肉重) × 100;

器官指数 (g/kg) = 器官重 / 宰前活重。

1.3.4 肉品质指标的测定

屠宰后立即取试验羊左侧背最长肌, 测定 pH、肉色、系水力、熟肉率、剪切力以及肌肉常规营养成分。

pH: 采用 TESTO-205 酸碱度/温度 pH 测定仪测定背最长肌 pH。将 pH 计探头插入背最长肌中段横切面, 分别统计屠宰后 1 h 背最长肌的 pH ($\text{pH}_{1\text{h}}$) 和 24 h (4 °C 保存) 后的 pH ($\text{pH}_{24\text{h}}$), 各测定 3 次, 取平均值。

肉色: 用 CM-5 分光测色仪测定屠宰后 1 和 24 h 背最长肌的亮度 (L^*)、红度 (a^*) 和黄度 (b^*) 值, 各测定 3 次, 取平均值。

熟肉率: 取 3 块 50 g 左右的背最长肌长方体状肉段, 去除白肉和筋膜, 称重 (m_1), 用曲别针固定防水标签。把样品铺在干净的蒸屉上, 沸水锅盖上盖子蒸 30 min。待加热停止后将肉取出, 冷却至室温, 用吸水纸将肉样吸干, 去掉曲别针和标签纸, 称重 (m_2), 计算熟肉率, 公式如下:

熟肉率 = $(m_1 - m_2) / m_1$ 。

剪切力: 从背最长肌切取 2.54 cm 厚的肌肉, 在 177 °C 的烤箱中烘烤。当中心温度达到 70 °C 后, 取出样品, 冷却至室温, 在 1 °C 下冷却 24 h。使用 TMS-PRO 质构仪测量每块样品的 6 个圆柱形核心 (直径 = 1.27 cm) 的剪切力。

系水力: 使用 TMS-PRO 质构仪进行测定, 选择 35 kg 肉块压力试验的数据库, 运行程序, 设置位移零点。用分析天平称量 1 g 左右的肉样品 (m_1), 放在测试平台上, 在样品上方放置 16 层滤纸, 样品下方放置 18 层滤纸, 回程的距离设置为 35 mm。测定结束后取出肉样品, 称重 (m_2)。每

个样品测定 3 次, 公式如下:

系水力 = $(m_1 - m_2) / m_1$ 。

常规营养成分: 参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》测定肌肉中水分含量, 参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》测定肌肉中粗蛋白质含量, 参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》测定肌肉中粗脂肪含量; 参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》测定肌肉中粗灰分含量。

1.4 数据统计分析

利用 Excel 2010 软件初步整理数据, 应用 SPSS 22.0 统计软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA), 差异显著时用 Duncan 氏法进行多重比较, 并采用正交多项式进行线性和二次方效应分析。P < 0.05 表示差异显著, 0.05 ≤ P < 0.10 表示有趋势。

2 结果

2.1 饲料中添加 GAA 对羔羊生长性能的影响

由表 2 可知, 900GAA 组羔羊的末重和平均日增重显著高于对照组、300GAA 组和 600GAA 组 (P < 0.05), 300GAA 组、600GAA 组和对照组之间无显著差异 (P > 0.05)。各组之间羔羊的平均日采食量无显著差异 (P > 0.05)。900GAA 组羔羊的料重比显著低于对照组、300GAA 组和 600GAA 组 (P < 0.05), 300GAA 组、600GAA 组和对照组之间无显著差异 (P > 0.05)。

2.2 饲料中添加 GAA 对羔羊屠宰性能的影响

由表 3 可知, 饲料中添加 GAA 后胴体重线性提高 (P = 0.035), 300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的胴体重较对照组分别提高了 4.30%、5.40%、13.40%, 其中, 900GAA 组的胴体重显著高于对照组 (P < 0.05)。饲料中添加 GAA 后屠宰率有线性升高的趋势 (P = 0.075), 但各组之间差异不显著 (P > 0.05)。900GAA 组的净肉重显著高于对照组 (P < 0.05), 但与 300GAA 组、600GAA 组无显著差异 (P > 0.05)。300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的净肉率均显著高于对照组 (P < 0.05), 分别提高了 7.55%、7.60% 和 6.78%。300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的眼肌面积均显著高于对照组 (P < 0.05), 分别提高了 10.26%、13.26%、14.65%。

表 2 饲料中添加 GAA 对羔羊生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary GAA on growth performance of lambs ($n=12$)

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 初重 IBW/kg | 24.76 | 24.86 | 24.80 | 24.81 | 0.75 | 0.999 | 0.959 | 0.992 |
| 末重 FBW/kg | 40.64 ^b | 40.02 ^b | 39.45 ^b | 44.18 ^a | 1.66 | 0.042 | 0.057 | 0.044 |
| 平均日增重 ADG/(g/d) | 226.52 ^b | 222.64 ^b | 210.17 ^b | 280.52 ^a | 25.12 | 0.047 | 0.073 | 0.042 |
| 平均日采食量 ADFL/(g/d) | 1 507.01 | 1 498.79 | 1 410.75 | 1 638.83 | 98.35 | 0.191 | 0.302 | 0.215 |
| 料重比 F/G | 6.41 ^b | 6.62 ^b | 6.51 ^b | 5.67 ^a | 0.34 | 0.049 | 0.021 | 0.034 |

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

表 3 饲料中添加 GAA 对羔羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary GAA on slaughter performance of lambs ($n=6$)

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|---|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 胴体重 Carcass weight/kg | 20.00 ^b | 20.86 ^{ab} | 21.08 ^{ab} | 22.68 ^a | 0.85 | 0.042 | 0.035 | 0.017 |
| 屠宰率 Dressing percentage/% | 51.63 | 52.21 | 53.65 | 53.45 | 0.94 | 0.136 | 0.075 | 0.207 |
| 净肉重 Net meat weight/kg | 13.64 ^b | 15.15 ^{ab} | 14.89 ^{ab} | 16.11 ^a | 0.71 | 0.023 | 0.135 | 0.016 |
| 净肉率 Net meat percentage/% | 35.25 ^b | 37.91 ^a | 37.93 ^a | 37.64 ^a | 0.81 | 0.011 | 0.584 | 0.239 |
| 眼肌面积 Eye muscle area/cm ² | 14.33 ^b | 15.80 ^a | 16.23 ^a | 16.43 ^a | 0.62 | 0.022 | 0.150 | 0.116 |

2.3 饲料中添加 GAA 对羔羊器官指数的影响 数均无显著影响 ($P>0.05$)。

由表 4 可知, 饲料中添加 GAA 对羔羊器官指

表 4 饲料中添加 GAA 对羔羊器官指数的影响

Table 4 Effects of dietary GAA on organ indexes of lambs ($n=6$)

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 心脏 Heart | 3.81 | 4.12 | 4.19 | 4.25 | 0.24 | 0.306 | 0.342 | 0.378 |
| 肝脏 Liver | 17.23 | 16.92 | 15.98 | 17.45 | 0.81 | 0.315 | 0.902 | 0.630 |
| 脾脏 Spleen | 1.36 | 1.33 | 1.57 | 1.35 | 0.22 | 0.681 | 0.679 | 0.664 |
| 肾脏 Kidney | 2.62 | 2.68 | 2.53 | 2.55 | 0.18 | 0.840 | 0.389 | 0.669 |
| 肺脏 Lungs | 11.21 | 10.09 | 11.93 | 11.43 | 0.93 | 0.289 | 0.122 | 0.147 |
| 睾丸 Testis | 7.58 | 7.77 | 7.40 | 8.38 | 0.76 | 0.610 | 0.496 | 0.437 |
| 附睾 Epididymis | 1.00 | 0.95 | 1.02 | 0.98 | 0.15 | 0.973 | 0.816 | 0.891 |
| 瘤胃 Rumen | 17.09 | 18.00 | 20.53 | 21.80 | 2.43 | 0.224 | 0.063 | 0.152 |
| 网胃 Reticulum | 2.55 | 2.27 | 2.73 | 2.21 | 0.31 | 0.318 | 0.994 | 0.198 |
| 瓣胃 Omasum | 2.75 | 2.70 | 2.44 | 2.82 | 0.47 | 0.866 | 0.978 | 0.882 |
| 皱胃 Abomasum | 2.88 | 3.34 | 2.99 | 3.39 | 0.23 | 0.108 | 0.751 | 0.047 |

2.4 饲料中添加 GAA 对羔羊小肠发育的影响

由表 5 可知, 饲料中添加 GAA 对羔羊十二指肠、空肠的长度、重量均没有显著影响 ($P>0.05$)。300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的回肠长度

均显著高于对照组 ($P<0.05$), 分别提高了 32.63%、20.13%、22.21%。饲料中添加 GAA 后回肠重量线性提高 ($P=0.022$), 且 900GAA 组回肠重量显著高于其他各组 ($P<0.05$)。

表 5 饲料中添加 GAA 对羔羊小肠发育的影响

Table 5 Effects of dietary GAA on small intestine development of lambs ($n=6$)

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 长度 Length/cm | | | | | | | | |
| 十二指肠 Duodenum | 60.60 | 53.80 | 59.80 | 53.20 | 3.70 | 0.127 | 0.845 | 0.053 |
| 空肠 Jejunum | 37.71 | 38.46 | 37.46 | 37.63 | 2.07 | 0.964 | 0.665 | 0.867 |
| 回肠 Ileum | 24.00 ^b | 31.83 ^a | 28.83 ^a | 29.33 ^a | 2.19 | 0.015 | 0.757 | 0.072 |
| 重量 Weight/g | | | | | | | | |
| 十二指肠 Duodenum | 33.50 | 33.00 | 31.17 | 30.00 | 3.52 | 0.737 | 0.300 | 0.559 |
| 空肠 Jejunum | 638.67 | 662.67 | 621.33 | 673.83 | 67.18 | 0.862 | 0.938 | 0.714 |
| 回肠 Ileum | 18.75 ^b | 22.00 ^b | 20.75 ^b | 29.25 ^a | 2.02 | 0.001 | 0.022 | <0.001 |

2.5 饲料中添加 GAA 对羔羊肉品质的影响

由表 6 可知, 宰后 1 h, 各组之间背最长肌 pH 无显著差异 ($P>0.05$); 宰后 24 h, 300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的背最长肌 pH 均显著高于对照组 ($P<0.05$), 且 300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。宰后 1 h, 各组之间背最长肌 L*、a*、b* 值无显著差异 ($P>0.05$); 宰后 24h, 600GAA 组的背最长肌 L*

值显著高于对照组和 300GAA 组 ($P<0.05$), 但与 900GAA 组无显著差异 ($P>0.05$); 各组之间背最长肌 a*、b* 值无显著差异 ($P>0.05$)。300GAA 组、600GAA 组和 900GAA 组的背最长肌系水力均显著高于对照组 ($P<0.05$), 分别提高了 6.43%、4.79%、6.33%。各组之间背最长肌熟肉率与剪切力均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 6 饲料中添加 GAA 对羔羊肉品质的影响

Table 6 Effects of dietary GAA on meat quality of lambs ($n=6$)

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| pH _{1h} | 6.68 | 6.87 | 6.57 | 6.62 | 0.12 | 0.139 | 0.047 | 0.055 |
| pH _{24h} | 5.49 ^b | 5.72 ^a | 5.65 ^a | 5.70 ^a | 0.07 | 0.038 | 0.761 | 0.120 |
| 亮度 L* (1 h) | 27.85 | 29.39 | 30.72 | 27.95 | 1.20 | 0.092 | 0.742 | 0.786 |
| 红度 a* (1 h) | 11.74 | 11.65 | 11.39 | 11.10 | 0.39 | 0.380 | 0.108 | 0.224 |
| 黄度 b* (1 h) | 9.49 | 9.19 | 9.92 | 9.57 | 0.51 | 0.585 | 0.343 | 0.431 |
| 亮度 L* (24 h) | 31.39 ^b | 30.37 ^b | 34.75 ^a | 32.82 ^{ab} | 1.14 | 0.008 | 0.019 | 0.019 |
| 红度 a* (24 h) | 15.84 | 16.71 | 15.40 | 15.83 | 2.19 | 0.942 | 0.642 | 0.820 |
| 黄度 b* (24 h) | 12.48 | 11.69 | 10.03 | 12.69 | 1.02 | 0.760 | 0.416 | 0.722 |
| 系水力 Water holding capacity/% | 48.81 ^b | 51.95 ^a | 51.15 ^a | 51.90 ^a | 1.06 | 0.031 | 0.606 | 0.081 |
| 熟肉率 Cooked meat rate/% | 42.95 | 42.25 | 43.22 | 42.33 | 1.06 | 0.757 | 0.880 | 0.558 |
| 剪切力 Shear force/N | 41.06 | 41.73 | 40.88 | 41.32 | 2.20 | 0.982 | 0.832 | 0.914 |

2.6 饲粮中添加 GAA 对羔羊背最长肌肌肉常规营养成分的影响

由表 7 可知,饲粮中添加 GAA 对羔羊背最长肌水分、粗脂肪和粗灰分含量没有显著影响 ($P>$

0.05)。600GAA 组、900GAA 组的背最长肌粗蛋白质含量显著高于对照组 ($P<0.05$),分别提高了 5.30% 和 3.98%,但 600GAA 组与 900GAA 组之间没有显著差异 ($P>0.05$)。

表 7 饲粮中添加 GAA 对羔羊背最长肌常规营养成分的影响

Table 7 Effects of dietary GAA on *longissimus dorsi* routine nutritional composition of lambs ($n=6$) %

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | SEM | P 值 P-value | | |
|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------|-----------------|--------------|-----------------|
| | CON | 300GAA | 600GAA | 900GAA | | 处理 Treatment | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 水分 Moisture | 74.46 | 74.26 | 73.99 | 74.23 | 0.56 | 0.870 | 0.750 | 0.950 |
| 粗蛋白质 CP | 19.62 ^b | 20.25 ^{ab} | 20.66 ^a | 20.40 ^a | 0.32 | 0.027 | 0.223 | 0.382 |
| 粗脂肪 EE | 10.31 | 10.56 | 10.34 | 10.90 | 1.48 | 0.977 | 0.821 | 0.901 |
| 粗灰分 Ash | 6.04 | 6.27 | 5.92 | 6.29 | 0.34 | 0.269 | 0.794 | 0.233 |

3 讨论

3.1 饲粮中添加 GAA 对羔羊生长性能的影响

GAA 是机体合成肌酸的唯一前体物,饲粮中添加 GAA 能提高机体内肌酸的含量,从而提高了磷酸肌酸/ATP 的比值,提高能量的利用率,进而促进动物生长,提高饲料利用率^[3]。Michiels 等^[15]研究认为,饲粮中添加 600 mg/kg GAA 可提高罗斯肉仔鸡的平均日增重和饲料利用率。潘宝海等^[16]研究表明,在育肥猪饲粮中添加 300~600 mg/kg GAA 可显著提高育肥猪的平均日增重和饲料转化率,但对平均日采食量无显著影响。晁雅琳等^[9]研究表明,饲粮中添加 800 和 1 200 mg/kg GAA 可显著提高舍饲滩羊平均日增重和饲料转化效率,这与本试验研究结果一致。本试验结果表明,饲粮中添加 900 mg/kg GAA 可显著提高羔羊的平均日增重,显著降低料重比。一方面原因可能是动物机体在体内合成 GAA 时需要精氨酸与甘氨酸的参与,而外源添加 GAA 可有效减少体内精氨酸与甘氨酸的消耗量,这就为精氨酸与甘氨酸参与机体内氨基酸与蛋白质的合成提供了有利条件,从而促进动物生长^[17];另一方面原因可能是饲粮中补充 GAA 后,促进了机体类胰岛素生长因子-I 和胰岛素的分泌,进而促进动物生长^[15]。

3.2 饲粮中添加 GAA 对羔羊屠宰性能的影响

屠宰性能可以用于判断动物从饲粮中获取营养物质的情况,体现动物的经济价值,胴体重和屠

宰率是衡量肉羊生产水平的重要依据^[18]。肉羊的屠宰性能与饲养管理条件、饲粮营养水平以及品种特征相关^[19]。眼肌面积大小与家畜产肉性能有强相关关系^[20]。潘宝海等^[16]研究发现,在育肥猪饲粮中添加 500 mg/kg GAA 可提高屠宰率和眼肌面积。本试验中,饲粮中添加 GAA 后各试验组眼肌面积均显著高于对照组,这说明饲粮添加不同水平的 GAA 有提高羔羊产肉性能的作用。江涛^[21]研究结果也表明,饲粮中添加 GAA 可以显著提高育肥猪瘦肉率和屠宰率。本试验中,饲粮中添加 900 mg/kg GAA 显著提高了羔羊的胴体重,这与前人研究结果一致。

动物机体的机能状态在一定程度上可以通过内脏器官的重量和器官指数来说明,对于理论研究和生产实践都具有重要意义。动物内脏器官的重量受到饲粮营养水平的影响,肝脏和胃肠消化道尤为明显^[22]。内脏器官对动物的生命活动有极其重要的作用,内脏器官的重量是其相应功能作用的体现,内脏器官指数反映动物的营养状况和生理功能状态,动物的内脏器官重量一般与生长发育相协调^[23]。本试验结果表明,饲粮中添加 GAA 对各器官指数无显著影响,表明这些器官的发育与羔羊生长相协调。

3.3 饲粮中添加 GAA 对羔羊小肠发育的影响

小肠作为机体营养物质消化代谢的主要场所,肠道发育与畜禽的生长性能密切联系。小肠长度、重量的改变,会使小肠对营养物质的吸收改变,最终影响动物的生长性能^[24]。随着饲粮纤维

水平的升高,消化器官的重量和长度均会适应性增大,相应地其容积也就加大。有研究表明,随着饲料纤维水平的升高,消化器官绝对重量差异极显著,而相对重量随着饲料纤维水平的提高呈上升趋势^[25]。本试验结果表明,饲料中添加 GAA 显著影响了羔羊回肠的重量,推测饲料中添加 GAA 后提高了羔羊的采食量,进而提高了饲料中纤维含量,致使回肠重量发生变化,但是具体机制还有待进一步研究。

3.4 饲料中添加 GAA 对羔羊肉品质和常规营养成分的影响

感官特征、理化特征、营养成分是肉品质评定的重要指标,在一定程度上反映肉品质^[26]。肌肉 pH 可以反映肌肉酸度,直接反映肌肉糖酵解的情况,对肌肉系水力和嫩度有一定影响^[27]。畜禽屠宰后,肌肉中的糖原会快速分解,产生乳酸,进而导致肌肉 pH 下降。本试验结果表明,饲料中添加 GAA 显著影响了羔羊宰后 24 h 的背最长肌 pH,这与刘洋等^[28]的研究结果较一致。原因可能是饲料中添加 GAA 后,羔羊肌肉中的肌酸含量增多,延缓了糖酵解的发生,减少了乳酸的积累,最终使肌肉 pH 提高。肌红蛋白和血红蛋白可以形成肉色,肌肉的系水力和抗氧化能力直接影响着肉色^[29]。本试验结果表明,饲料中添加 GAA 后对羊肉的肉色有改善作用,饲料中添加 600 mg/kg GAA 可使羔羊宰后 24 h 的背最长肌 L* 值显著提高。Michiels 等^[15]研究也发现,饲料中添加 GAA 后可以显著提高宰后鸡胸肉 L* 值,这可能是因为饲料中添加 GAA 后,肌肉中的 ATP 和磷酸肌酸含量都有所增加,延缓了糖酵解的发生,从而也改善了肉色。系水力是指肌肉保持原有水分的能力,用来反映羊肉感官品质,影响着肉质的色泽、嫩度及其营养成分等。熟肉率主要是用来判断肌肉在蒸煮过程中的损失情况,熟肉率越高,羊品质越好^[30]。本试验中,饲料中添加 GAA 后各试验组背最长肌系水力均显著高于对照组,主要原因是肌肉的系水力直接受到 pH 的影响,pH 可以减少肌蛋白变性,使肌原纤维蛋白质偏离其等电点,蛋白质的静电负电荷增多,使蛋白质与水的相互作用增强,蛋白质与蛋白质之间的相互作用减弱,从而提高肌肉系水力。剪切力可以直接反映肉的质地,是肌肉中结缔组织含量与性质、肌原纤维蛋白化学结构状态的综合反映^[31],此外,有研究表明,

肌肉粗脂肪含量增加能降低肌肉剪切力^[32]。本试验中,饲料中添加 GAA 后各试验组背最长肌粗脂肪含量未发生显著变化,进而导致各组剪切力没有发生显著变化,这与前人研究结果有些出入,原因可能是本试验是在右玉试验基地完成,气温较低,昼夜温差较大,对试验结果产生一定影响。有研究表明,冷应激不仅影响动物机体的生物化学代谢,也影响动物脂肪沉积^[33]。

水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分是评价肉质营养价值及品质的重要指标。肌肉中水分含量的多少直接影响肉的嫩度与口感。脂肪决定着肉的多汁性,肌肉中粗脂肪含量过低肉质会明显粗糙,过高又会有油腻感^[34]。粗灰分可以反映肉质中矿物质和维生素的含量,肌肉中蛋白质含量是肉质营养的重要指标^[25]。本试验结果表明,饲料中添加 600、900 mg/kg GAA 显著提高了背最长肌粗蛋白质含量,使其营养价值提高。这些结果表明,GAA 能促进机体蛋白质的合成,让机体吸收更多的营养物质在肌肉组织而非脂肪组织中^[35],此外,饲料中添加 GAA 可能改变了肌肉中某些氨基酸的含量,具体机制还有待研究。晁雅琳等^[9]的研究结果表明,饲料中添加 GAA 可以改善滩羊的脂肪沉积及提高肌内脂肪含量,与本试验结果有些出入,这可能与试验环境不同有直接关系,有待于进一步深入研究。

4 结 论

饲料中添加适宜水平的 GAA 能够提高羔羊的平均日增重,降低料重比,提高羔羊胴体重、净肉率、眼肌面积和背最长肌中粗蛋白质含量,提高宰后 24 h 的背最长肌 pH。因此,GAA 作为一种新型的饲料添加剂,可以在育肥羊生产中开发利用。本试验条件下,饲料中 GAA 的适宜添加水平为 900 mg/kg。

参考文献:

- [1] 张德福,田耀耀,马佳,等.胍基乙酸对 AA 肉仔鸡生长性能和经济效益的影响[J].饲料研究,2016(17):32-35.
ZHANG D F, TIAN Y Y, MA J, et al. Effects of guanidine acetic acid on growth performance and economic benefit of AA broilers[J]. Feed Research, 2016(17): 32-35. (in Chinese)

- [2] 王誉杰,张进威,王讯,等.胍基乙酸及代谢产物肌酸的研究进展[J].畜牧兽医学报,2018,49(8):1577-1584.
WANG Y J, ZHANG J W, WANG X, et al. The research progress of guanidinoacetic acid and creatine [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2018, 49 (8): 1577-1584. (in Chinese)
- [3] 张俊玲,张德福,石风云,等.胍基乙酸在动物生产上的研究进展[J].中国畜牧杂志,2016,52(4):63-66.
ZHANG J Z, ZHANG D F, SHI F Y, et al. Research process for guanidino acetic acid in animal production [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016, 52 (4): 63-66. (in Chinese)
- [4] SCHEFFLER T L, KASTEN S C, ENGLAND E M, et al. Contribution of the phosphagen system to postmortem muscle metabolism in AMP-activated protein kinase γ 3 R200Q pig *longissimus* muscle[J]. Meat Science, 2014, 96(2): 876-883.
- [5] LEMME A, RINGEL J, STERK A, et al. Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers[C]//Proceedings of the 16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg France: [s. n.], 2007.
- [6] MOUSAVI S N, AFSAR A, LOTFOLLAHIAN H. Effects of guanidinoacetic acid supplementation to broiler diets with varying energy contents[J]. Journal of Applied Poultry Research, 2013, 22(1): 47-54.
- [7] WANG L S, SHI B M, SHAN A S, et al. Effects of guanidinoacetic acid on growth performance, meat quality and antioxidation in growing-finishing pigs [J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2012, 11(5): 631-636.
- [8] 洪琴,乔丽红,唐志刚,等.胍基乙酸对建鲤生产性能、体成分及肌肉能量代谢关键酶的影响[J].中国粮油学报,2015,30(3):85-89.
FU Q, QIAO L H, TANG Z G, et al. Effects of guanidinoacetic acid on growth performance, body composition and key enzymes of energy metabolism of muscle in Jian Carp[J]. Journal of The Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(3): 85-89. (in Chinese)
- [9] 晁雅琳,刘博,寇启芳,等.胍基乙酸对舍饲滩羊生长性能、屠宰性能、脂肪沉积及肌肉营养成分的影响[J].动物营养学报,2019,31(1):388-394.
CHAO Y L, LIU B, KOU Q F, et al. Effects of guanidino acetic acid on growth performance, slaughter performance, fat deposition and nutritional components in muscle of stabling Tan Sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(1): 388-394. (in Chinese)
- [10] 刘洁.肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2012.
LIU J. Prediction of metabolizable energy and metabolizable protein in feeds for meat sheep [D]. Ph.D. Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012. (in Chinese)
- [11] AOAC. Official methods of analysis of AOAC international [S]. 19th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012.
- [12] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [13] 朱宇旌,郑兰宇,张勇,等.饲料中钙含量测定方法的比较[J].畜牧与兽医,2009,41(9):51-53.
ZHU Y J, ZHENG L Y, ZHANG Y, et al. Comparison of determination methods of calcium content in feeds [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2009, 41(9): 51-53. (in Chinese)
- [14] 李会娟.2种植物磷含量的检测方法比较研究[J].现代农业科技,2012(11):16-17.
LI H J. Comparative study on determination of phosphorus content in two kinds of plants [J]. Modern Agricultural Sciences, 2012, (11): 16-17. (in Chinese)
- [15] MICHIELS J, MAERTENS L, BUYSE J, et al. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets; effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism [J]. Journal of Poultry Science, 2012, 91(2): 402-412.
- [16] 潘宝海,孙冬岩,田耀耀.胍基乙酸对育肥猪生长性能、胴体品质及肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2016,52(19):38-41.
PAN B H, SUN D Y, TIAN Y Y. Effects of guanidinoacetic acid on growth performance, carcass traits and meat quality in finishing pigs [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016, 52(19): 38-41. (in Chinese)
- [17] EMAMI N K, GOLIAN A, RHOADS D D, et al. Interactive effects of temperature and dietary supplementation of arginine or guanidinoacetic acid on nutritional and physiological responses in male broiler chickens

- [J]. *British Poultry Science*, 2017, 58(1): 87-94.
- [18] 万凡, 马涛, 马晨, 等. 不同饲养标准对杜寒杂交肉用绵羊生产和屠宰性能的影响[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(11): 3483-3492.
- WAN F, MA T, MA C, et al. Effects of different feeding standards on growth and slaughter performance of Dorper×Thin-Tailed *Han* crossbred meat lambs[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(11): 3483-3492. (in Chinese)
- [19] 常庆玲, 崔亚利, 敦伟涛, 等. 寒泊羊与小尾寒羊育肥效果及肉品质比较研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2014, 50(5): 75-79.
- CHANG Q L, CUI Y L, DUN W T, et al. Difference of fattening effect and meat quality between Hanper sheep and small-tail sheep[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2014, 50(5): 75-79. (in Chinese)
- [20] 肖玉琪, 张有法, 杨若飞, 等. 绵羊眼肌面积近似计算公式法初探[J]. *中国草食动物*, 2003(增刊1): 117-118.
- XIAO Y Q, ZHANG Y F, YANG R F, et al. A preliminary study on the approximate formula of sheep eye muscle area[J]. *China Herbivores*, 2003(Suppl. 1): 117-118. (in Chinese)
- [21] 江涛. 胍基乙酸的合成及其对肉鸡生长性能和血液理化指标的影响[D]. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学, 2012.
- JIANG T. The synthesis of guanidine acetic acid and the influence of broiler growth performance and blood biochemical indexes[D]. Master's Thesis. Hefei: Anhui Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [22] 赵艳兵, 任有蛇, 张春香, 等. 日粮中添加荞麦秸秆对绵羊屠宰性能、器官指数、肉品质及血液生化指标的影响[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 37(12): 872-878.
- ZHAO Y B, REN Y S, ZHANG C X, et al. Effects of adding buckwheat straw to the diet on slaughter performance, organ index, meat quality and blood biochemical indexes of sheep[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Nature Science Edition)*, 2017, 37(12): 872-878. (in Chinese)
- [23] 官丽辉, 刘海斌, 张立永, 等. 日粮不同能量水平对育成鸡体增质量、血液生化指标及内脏器官发育的影响[J]. *中国兽医学报*, 2014, 34(2): 350-356.
- GUAN L H, LIU H B, ZHANG L Y, et al. Effect of different metabolic energy in diet on daily weight gain, serum [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2014, 34(2): 350-356. (in Chinese)
- [24] 常银莲. 支链氨基酸对肉鸡小肠发育及 TOR 通路相关基因表达的影响[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- CHANG Y L. Effects of BCAAs on small intestinal development and relative genes expression of TOR pathway in broilers[D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016. (in Chinese)
- [25] 周世霞. 日粮粗纤维水平对朗德鹅生长性能、血清生化指标和胃肠道发育的影响[D]. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- ZHOU S X. Effect of crude fiber level diets on growth performance, serum biochemical parameters and gastrointestinal development in Landes geese[D]. Master's Thesis. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [26] 谷英, 孙海洲, 桑丹, 等. 肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J]. *中国畜牧兽医*, 2013, 40(7): 100-106.
- GU Y, SUN H Z, SANG D, et al. Research progress on evaluation indices and influencing factors of meat quality[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2013, 40(7): 100-106. (in Chinese)
- [27] 杨文军, 牟春堂, 王鹏举, 等. 饲料中添加葡萄籽原花青素对羔羊生长性能、屠宰性能、肉品质及血清抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2020, 32(6): 2755-2764.
- YANG W J, MU C T, WANG P J, et al. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidins on growth performance, slaughter performance, meat quality and serum antioxidant indexes of lambs[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(6): 2755-2764. (in Chinese)
- [28] 刘洋, 李蛟龙, 张林, 等. 胍基乙酸和甜菜碱对育肥猪肌肉能量代谢和肉品质的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(9): 1557-1563.
- LIU Y, LI J L, ZHANG L, et al. Effects of dietary supplementation of guanidinoacetic acid and combination of guanidinoacetic acid and betaine on muscle energy metabolism, meat quality in finishing pigs[J]. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science*, 2015, 46(9): 1557-1563. (in Chinese)
- [29] 刘瑞生, 王珂, 徐建峰, 等. 中草药添加剂改善羊肉品质的研究进展[J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(7): 42-46.
- LIU R S, WANG K, XU J F, et al. Research progress on Chinese herbal medicine additives improving mut-

- ton quality [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(7): 42-46. (in Chinese)
- [30] 李光全, 邓位喜, 李佳剑, 等. 务川黑牛不同杂交组合屠宰性能及肉质研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(7): 63-66.
LI G Q, DENG W X, LI J J, et al. Study on meat yield and meat quality of different hybrid combinations *Wuchuan* black cattle [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2019, 55(7): 63-66. (in Chinese)
- [31] 曹忻, 张丽, 张文涛, 等. 不同尾型绵羊生产性能、屠宰性能、肉品质和脂肪酸组成的比较 [J]. 西北农业学报, 2020, 29(1): 1-10.
CAO X, ZHANG L, ZHANG W T, et al. Growth and slaughter performance, meat quality, and fatty acid of sheep with distinct tail types [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2020, 29(1): 1-10. (in Chinese)
- [32] 张美琦, 李妍, 李树静, 等. 饲料能量水平对 13~18 月龄荷斯坦阉牛生产性能和屠宰指标的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2020, 51(6): 1295-1305.
ZHANG M Q, LI Y, LI S J, et al. Effects of dietary energy level on production performance and slaughter indicators of 13 to 18 months old Holstein Steers [J]. Chinese Journal of Animal and Veterinary Science, 2020, 51(6): 1295-1305. (in Chinese)
- [33] 汪骁轩, 高静雯, 魏殿华, 等. 强冷应激对阿勒泰及杂交种羔羊脂质代谢相关基因 mRNA 表达量及脂肪沉积的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(3): 51-56.
WANG X X, GAO J W, WEI D H, et al. Effects of strong cold stress on mRNA expression of lipid metabolism related genes and fat changes in Altay and hybrid sheep [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(3): 51-56. (in Chinese)
- [34] 周光宏. 肉品学 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
ZHOU G H. Meat science [M]. Beijing: Agriculture and Science Press, 1999. (in Chinese)
- [35] 赵元, 许迟, 吴仙花, 等. 不同浓度水平胍基乙酸对育肥猪肉品质影响的研究 [J]. 中国饲料, 2018(17): 27-31.
ZHAO Y, XU C, WU X H, et al. Study on effects of dietary supplementation guanidinoacetic acid (GAA) on fattening pork quality [J]. China Feed, 2018(17): 27-31. (in Chinese)

Effects of Dietary Guanidineacetic Acid on Growth Performance, Slaughter Performance and Meat Quality of Lambs

LIU Xiaomei¹ HAO Xiaoyan¹ ZHANG Hongxiang² YANG Libin³ XIANG Binwei⁴
ZHANG Wenjia⁴ ZHANG Chunxiang¹ ZHANG Jianxin^{1*}

(1. College of Animal Science, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 2. Shanxi Xianghe Lingshang Agriculture and Animal Husbandry Development Co., Ltd., Youyu 037200, China; 3. Gendone Biotechnology Co., Ltd., Beijing 100085, China; 4. Animal Husbandry Bureau of Youyu County, Youyu 037200, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary guanidineacetic acid (GAA) on growth performance, slaughter performance and meat quality of lambs. Forty-eight 4-months-old Dorper×thin-tailed Han F₁ hybrid ram lambs with similar body weight of (24.8±1.3) kg were randomly divided into 4 groups with 12 sheep in each group. Lambs in four groups were fed basal diets supplemented with 0 (control group), 300 (300GAA group), 600 (600GAA group) and 900 mg/kg (900GAA group) GAA, respectively. The first 15 days were for adaption, and the experimental period lasted for 70 days. The results showed as follows: 1) the final body weight, average daily gain of lambs of 900GAA group were significantly higher than those of control group, 300GAA group and 600GAA group ($P<0.05$), and the feed to gain ratio of lambs of 900GAA group was significantly lower than that of control group, 300GAA group and 600GAA group ($P<0.05$). 2) The carcass weight and net meat weight of 900GAA group were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$), and the net meat percentage and eye muscle area of 300GAA group, 600GAA group and 900GAA group were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). There were no significant differences in organ indexes among all groups ($P>0.05$). 3) The ileum length of 300GAA group, 600GAA group and 900GAA group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), and the ileum weight of 900GAA group was significantly higher than of control group, 300GAA group, 600GAA group ($P<0.05$). 4) The *longissimus dorsi* pH after slaughter 24 h of 300GAA group, 600GAA group and 900GAA group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), the *longissimus dorsi* brightness (L^*) value after slaughter 24 h of 600GAA group was significantly higher than that of control group and 300GAA group ($P<0.05$), the *longissimus dorsi* water holding capacity of 300GAA group, 600GAA group and 900GAA group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), and the *longissimus dorsi* crude protein content of 600GAA group and 900GAA group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). In conclusion, dietary appropriate supplementation of GAA can improve the growth performance, slaughter performance of lambs, and improve the meat quality. In this experiment, the dietary optimal GAA supplemental level is 900 mg/kg. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(3): 1565-1575]

Key words: guanidineacetic acid; lambs; growth performance; slaughter performance; meat quality