

DOI: 10.11686/cyxb2019574

http://cyxb.magtech.com.cn

赵娟娟, 张伟涛, 郭伟婷, 等. 饮水温度对冬季育肥羊生产性能、血液理化指标及瘤胃显微结构的影响. 草业学报, 2020, 29(11): 57-66.

Zhao J J, Zhang W T, Guo W T, et al. Effect of drinking water temperature on production performance, blood biochemical parameters and rumen microstructure of fattening sheep in winter. Acta Prataculturae Sinica, 2020, 29(11): 57-66.

饮水温度对冬季育肥羊生产性能、血液理化指标及瘤胃显微结构的影响

赵娟娟^{1**}, 张伟涛^{2**}, 郭伟婷³, 孙新胜⁴, 王超¹, 赵寿培¹, 车大璐¹, 高玉红^{1*}

(1. 河北农业大学动物科技学院, 河北保定 071001; 2. 河北省畜牧总站, 河北石家庄 050035; 3. 石家庄市畜牧技术推广站, 河北石家庄 050035; 4. 河北农业大学信息与技术学院, 河北保定 071001)

摘要: 本试验旨在研究冬季不同饮水温度对育肥羊生产性能、血液理化指标和养分表观消化率的影响, 并通过瘤胃组织的显微观察研究不同饮水温度下瘤胃结构的变化, 筛选冬季适宜的育肥羊饮水温度。选择 135 只体重相近的健康育肥后期羊, 随机分成 3 组: 2 °C 水温组、8 °C 水温组和 20 °C 水温组, 每组设 3 个重复, 每个重复 15 只羊。试验期为 28 d。结果表明: 1) 与 2 °C 水温组比较, 饮用 8 和 20 °C 水可使羊的日饮水量显著增加 ($P < 0.05$); 虽然不同水温组羊的日采食量和日增重均未表现出显著性差异 ($P > 0.05$), 但饮用 20 °C 温水相比 2 °C 水显著提高了羊的饲料利用率 ($P < 0.05$)。2) 从血清理化指标看, 血清葡萄糖 (GLU) 含量各组间差异达到极显著水平 ($P < 0.01$), 与 2 °C 水温组比较, 饮用 8 和 20 °C 水显著提高了血清 GLU 含量, 分别比 2 °C 组增加了 1.39 和 1.14 倍, 且 20 °C 水显著降低了血清胆固醇含量 ($P < 0.05$), 血清尿素氮、总蛋白和血清 3 种内分泌激素 (三碘甲状腺原氨酸、甲状腺素和生长激素) 含量各组间均未表现出显著性差异 ($P > 0.05$)。3) 从瘤胃的显微结构可看出, 与 2 和 8 °C 水温组比较, 饮用 20 °C 水显著提高了羊瘤胃乳头长度、宽度及其表面积 ($P < 0.05$), 且 20 °C 水显著降低了瘤胃肌层厚度 ($P < 0.05$), 提高了黏膜下层厚度 ($P < 0.05$), 但各组间瘤胃黏膜上皮厚度未表现出显著性差异 ($P > 0.05$)。4) 随着饮水温度增加, 粗脂肪 (EE)、中性洗涤纤维 (NDF) 和磷 (P) 的表观消化率显著增加 ($P < 0.05$), 尤其是 P 和 NDF, 其他养分表观消化率差异不显著 ($P > 0.05$)。可见, 育肥羊冬季饮用温水有助于提高其饲料利用率, 改善瘤胃功能, 并促进营养物质的消化和吸收。

关键词: 育肥羊; 饮水温度; 生产性能; 血液理化指标; 瘤胃结构; 表观消化率

Effect of drinking water temperature on production performance, blood biochemical parameters and rumen microstructure of fattening sheep in winter

ZHAO Juan-juan^{1**}, ZHANG Wei-tao^{2**}, GUO Wei-ting³, SUN Xin-sheng⁴, WANG Chao¹, ZHAO Shou-pei¹, CHE Da-lu¹, GAO Yu-hong^{1*}

1. College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Animal Husbandry Station of Hebei, Shijiazhuang 050035, China; 3. Animal Husbandry Technology Extension Station of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050035, China; 4. College of Information Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China

收稿日期: 2019-12-30; 改回日期: 2020-04-28

基金项目: 河北省重点研发计划项目 (20326612D), 河北省现代农业产业技术体系羊产业创新团队建设专项 (HBCT2018140205) 和国家重点研发计划项目 (2018YFD0502100) 资助。

作者简介: 赵娟娟 (1995-), 女, 河北沧州人, 在读硕士。E-mail: 2980234925@qq.com; 张伟涛 (1980-), 男, 河北石家庄人, 高级兽医师, 本科。E-mail: 403981914@qq.com。* * 共同第一作者 These authors contributed equally to this work.

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: gyhsxs0209@126.com

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects drinking water temperature on production performance, apparent digestibility of nutrients and blood biochemical parameters in fattening sheep in winter, and rumen structure was also observed using a microscope. Information on the ideal temperature of drinking water for fattening sheep might well lead to improved production efficiencies through mechanisms such as alleviation of cold stress. A flock of 135 healthy fattening sheep with similar weight were randomly assigned into three groups, with drinking water supplied at 2, 8 and 20 °C for the respective groups. Each treatment contained three pens (15 sheep · pen⁻¹). The experiment duration was 28 days. It was found that: 1) Compared with the 2 °C group, the 8 and 20 °C groups had increased daily water consumption ($P < 0.05$). Although there was no statistical difference ($P > 0.05$) in daily feed intake and daily gain between any of the groups, the feed conversion efficiency in the 20 °C group was higher than that in 2 °C group ($P < 0.05$). 2) There was a difference ($P < 0.01$) between groups in the serum glucose (GLU) contents. The GLU content in 8 and 20 °C groups was 1.39 and 1.14 times higher, respectively, than that in the 2 °C group, and the 20 °C group had decreased the serum cholesterol ($P < 0.05$). The serum urea nitrogen, total protein and serum hormone (triiodothyronine, thyroxine and growth hormone) contents did not differ between groups ($P > 0.05$). 3) The length, width, and surface area of rumen papilla in the 20 °C group were increased ($P < 0.05$) compared with the 2 and 8 °C groups. The group drinking water at 20 °C had reduced rumen muscle layer thickness ($P < 0.05$) and increased submucosal thickness ($P < 0.05$). However, there was no difference ($P > 0.05$) in thickness of mucosal epithelium among groups. 4) With increase in drinking water temperature, the apparent digestibility of crude fat, neutral detergent fiber (NDF) and phosphorus (P) increased ($P < 0.05$), especially P and NDF, while the digestibility of other nutrients did not differ between treatment groups ($P > 0.05$). The results showed that drinking warm water improved the feed conversion efficiency of fattening sheep. In addition, drinking warm water may improve rumen function and promote the digestion and absorption of nutrients.

Key words: fattening sheep; drinking temperature; performance; blood biochemical parameter; rumen structure; apparent digestibility

冬季气候的寒冷是影响羊健康和生产性能的制约因素,这已经引起国内外学者的重视,相关研究多集中于环境温湿度的调控^[1-2]。寒冷气候条件下,饮用低温冷水也是影响羊健康和生长的重要因素,但往往被人们所忽视。饮用冷水容易刺激胃肠道,使肠道的绒毛高度降低,隐窝深度升高,从而使肠道形态发育受损,出现机体免疫力下降、腹泻等症状,导致饮水摄入量和生长性能降低^[3]。近几年有关家畜冬季恒温饮水的研究越来越多,但多集中于仔猪^[3]、奶牛^[4-5]和肉牛^[6]的研究。由于羊的集约化养殖起步较晚,关于羊饮水方面的研究并不多见^[7-8]。据研究^[9-10]报道,冬季饮用温水可提高断奶仔猪的日增重和饲料利用率,同时降低仔猪腹泻率。相比单胃家畜,反刍家畜的消化系统较为复杂,瘤胃对于整个消化系统意义重大,而饮水温度直接影响瘤胃内容物的温度,这可能对瘤胃发酵产生重要影响。一般情况下,反刍动物瘤胃内容物的正常温度为38~41 °C。赵广永等^[11]采用人工瘤胃模拟饮水温度的研究认为,反刍家畜饮用40~45 °C的温水可改善瘤胃的发酵性能,提高饲料利用率。虽然已有关于饮用温水显著提高肉牛产肉性能^[6]和奶牛泌乳性能^[4-5]的文献报道,但也有研究认为,冬季饮水温度并非越高效果越好,这取决于动物品种、年龄、饲养管理以及当地气候等因素。据报道,奶牛饮用8.5 °C水比饮用1.5 °C水产奶量提高8.7%,但饮用24 °C温水时产奶量却低于17 °C温水^[12]。范凌霄^[13]关于奶山羊的研究认为,饮用22 °C温水时产奶性能好于16和28 °C温水。本试验根据实际生产需求和文献报道,选择3种饮水温度(自然条件下水槽的水温2 °C、地下水温8 °C和高温水20 °C),研究不同饮水温度对育肥绵羊生产性能、养分表观消化率和血液理化指标的影响,并通过显微切片的制作观察不同饮水温度下瘤胃结构的变化,以期为规模化羊场的健康、高效、安全养殖提供依据。

1 材料与方法

1.1 育肥羊舍的选择

选择河北省石家庄晋州具代表性的规模化育肥羊场,羊舍建筑形式为敞棚舍,檐高 3.05 m,跨度 3.6 m,该舍地面为高床水泥漏缝地板,漏缝地板距地面高度 0.8 m。该舍建筑的剖面结构如图 1 所示。

1.2 试验动物与试验设计

本试验于 2019 年 1 月 6 日—2 月 11 日在河北省石家庄市某规模化育肥羊场进行。选择品种(小尾寒羊×内蒙古细毛羊)、日龄 $[(170 \pm 10) \text{ d}]$ 、体重 $[(47.7 \pm 1.5) \text{ kg}]$ 一致的健康育肥后期羊 135 只,采用单因素随机设计,随机分成 3 组,每组 3 个重复,每个重复(栏)15 只,每只羊占栏面积 1.0 m²。各组羊的饮水温度分别设置为 2(低温)、8(中温)和 20 °C(高温)。3 种水温设定的依据为:2 °C 为存放于室外水槽内的水温;8 °C 相当于地下水的温度;20 °C 是根据文献报道选择对家畜产生显著影响的水温^[4,14-16]。8 和 20 °C 水均采用恒温自动上水设备(JSQ24-A,广东)供给,该设备配有温度感应器以保持试验所需的饮水温度,每栏上方设置精确水表。

试验预饲期 7 d,正式期 28 d,全程采用温湿度记录仪(KTH-350-1,法国)连续检测舍内漏缝地板附近(据漏缝地板 1 cm 处)和舍内(漏缝地板上 1.7 m 垂直空间处)的环境温度和相对湿度,每 0.5 h 自动记录一次,温度记录仪悬挂的位置如图 1 所示。

1.3 试验日粮与饲养管理

整个试验期各组羊的日粮和饲养管理完全一致,日粮组成及营养成分如表 1 所示。全混合日粮(total mixed ration, TMR)每天饲喂 2 次,投料时间为 8:00 和 16:00,自由采食,投喂量根据前一天采食量进行调整,确保料槽内剩余约 10% 的饲料;自由饮水,每天 8:00 之前准确读取水表,记录各栏羊的饮水量。育肥羊出栏后漏缝地板下的粪便以人工清粪方式一次性清除。

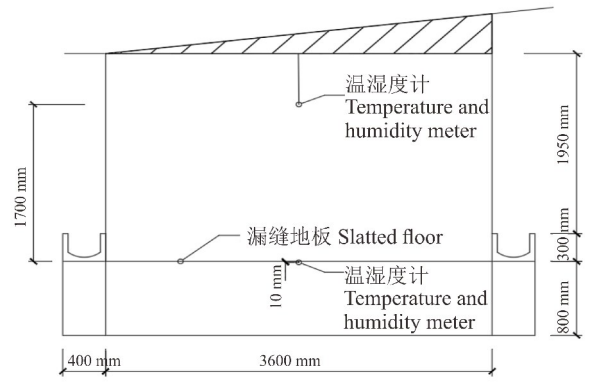


图 1 育肥羊舍的剖面结构

Fig. 1 Cross section of the fattening sheep shed

表 1 基础日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrients level of the basal diet (dry matter basis)

原料 Material	含量 Content	营养水平 Nutrient levels	含量 Content
玉米 Corn (%)	54.5	代谢能 Metabolizable energy (ME, MJ · kg ⁻¹)	9.75
豆粕 Soybean meal (%)	10.0	粗蛋白 Crude protein (CP, %)	10.60
花生秧 Peanut seedling (%)	30.0	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF, %)	20.09
小苏打 Baking soda (%)	1.0	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF, %)	15.61
盐 NaCl (%)	0.5	粗脂肪 Ether extract (EE, %)	2.33
预混料 Premix ¹⁾ (%)	4.0	钙 Calcium (Ca, %)	0.64
合计 Total (%)	100.0	磷 Phosphorus (P, %)	0.31

¹⁾ 每千克预混料中含有 One kilogram of premix contained the following: I 40 mg, Fe 600 mg, Cu 260 mg, Mn 750 mg, Zn 680 mg, Se 15 mg, Co 10 mg, V_A 117000 IU, V_E 180 IU.

1.4 样品采集与处理

饲料和粪样:试验第 26~28 天连续 3 d 收集饲料样品和粪样。将精、粗料混合均匀后采用四分法收集饲料样品。粪便收集采用点收粪法,每栏随机收集 5 只羊刚刚排出的新鲜粪便,每只羊收集 300 g,分装两份,一份加 10% 盐酸(每 100 g 粪样+10 mL 10% 盐酸)以备测 CP 含量;另一份不加酸以备测干物质(dry matter, DM)、EE、

粗灰分(crude ash, Ash)、Ca、P、NDF 和 ADF 等养分含量,上述样品均于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。

样品检测时,将所有的粪样和料样置于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱烘 48 h,回潮 24 h,粉碎,100 g 粉碎样品过 2 mm 筛后,放入封口袋常温保存,用于检测 NDF 和 ADF 含量,剩余粉碎样品过 0.45 mm 筛后以备测 DM、CP、EE、Ash、Ca 和 P 等养分含量。

血清样品:试验第 28 天早晨空腹采血,每组选取 6 只羊(每栏 2 只),前腔静脉采血 10 mL, $3000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 15 min,取上层血清于 1.5 mL 离心管中, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存待测血液理化指标。

瘤胃组织样品:试验第 28 天早晨每个试验组选取 4 只羊进行屠宰,屠宰后迅速在羊的瘤胃腹囊中间部分取样品,样品尺寸为 2 cm 长 \times 2 cm 宽 \times 2 cm 厚,然后将各组织块周围的食糜用生理盐水冲洗干净,放入 4%多聚甲醛溶液浸泡,保存于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱以备瘤胃组织切片的制作。

1.5 检测指标与方法

1.5.1 环境温湿度检测 实验结束后将温湿度记录仪的数据导出,计算试验期每天各时刻的平均环境温度和相对湿度,绘制每天舍内和漏缝地板附近的环境温度和湿度的时刻连续变化曲线。

1.5.2 羊生长性能测定 试验初和试验末对各栏羊进行空腹称重,并记录每天各栏羊的饲喂量、剩余料量和饮水量,计算试验期羊的平均日增重(average daily gain, ADG)、平均日采食量(average daily feed intake, ADFI)、料重比(ratio of feed to gain, F/G)和平均日饮水量(average daily water consumption, ADW)。

$$\text{ADG} = (\text{每栏羊试验末重} - \text{每栏羊试验初重}) / \text{试验天数} / \text{每栏羊数}$$

$$\text{ADFI} = (\text{每栏羊给料总量} - \text{每栏羊剩料总量}) / \text{试验天数} / \text{每栏羊数}$$

$$\text{F/G} = \text{ADFI} / \text{ADG}$$

$$\text{ADW} = \text{每栏羊饮水总量} / \text{试验天数} / \text{每栏羊数}$$

1.5.3 养分表观消化率测定 各养分表观消化率测定采用内源指示剂方法,采用酸不溶灰分(acid-insoluble ash, AIA)作为指示剂,将样品总灰分经盐酸处理后,过滤、灰化、称量,测定料样和粪样的 AIA 含量以及饲料和粪样的各养分含量,计算各养分的表观消化率,计算公式如下:

$$\text{某养分表观消化率} = 100\% - (\text{饲料 AIA 含量} / \text{粪 AIA 含量}) \times (\text{粪中该养分含量} / \text{饲料中该养分含量}) \times 100\%$$

饲料和粪样的 DM、CP、EE、Ca、P、NDF 和 ADF 参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[17]中的方法进行测定。料样和粪样的 DM 含量测定采用烘干恒重法;CP 含量测定应用半自动凯氏定氮仪(Kjeltec 8400, FOSS, 丹麦)采用凯氏定氮法;EE 含量测定采用索氏提取法;Ca 含量测定采用高锰酸钾法;P 含量测定采用钼黄分光光度法;NDF 和 ADF 含量应用半自动纤维仪(ANK-OM A2000i, ANKOM, 美国)采用范氏法测定。

1.5.4 血清理化指标测定 三碘甲状腺原氨酸(triiodothyronine, T_3)、甲状腺素(thyroxine, T_4)和生长激素(growth hormone, GH)的检测采用 BFM-96 型多管放射免疫计数器(安徽合肥)进行;葡萄糖(glucose, GLU)、尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、总蛋白(total protein, TP)和胆固醇(total cholesterol, TC)等指标采用 GF-D200 型半自动生化分析仪(山东)进行测定。

1.5.5 瘤胃组织切片制作及显微观察 瘤胃组织切片制作采用 HE 染色法。将固定的样品组织块按照常规组织学方法,经水洗、70%、85%、95%、100%的乙醇逐级脱水,然后二甲苯透明、软蜡浸蜡、硬蜡浸蜡、硬蜡包埋等处理后,在室温下切成 4~6 μm 厚的切片,然后于 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温箱中烘片过夜。染色时先经二甲苯脱蜡 10 min,再用二甲苯酒精溶液脱蜡 3 min,然后于各梯度乙醇(100%、95%、90%、85%、80%、70%)中依次浸泡 5 min。脱蜡后的组织块放于苏木精溶液中染色 15 min,冲洗 6 min 后,放于 0.5%盐酸酒精溶液中快速分化 30 s,再放于 0.5%的氨水复蓝 30 s,经梯度乙醇(70%、85%、95%)依次洗脱 3 min 后,置于 0.5%伊红酒精液染色 5 min,再依次浸入 95%乙醇(1 min)、100%乙醇(3 min)、100%乙醇(3 min),经二甲苯两次透明各 7 min,最后采用中性树胶封片,自然风干或烘箱烘干,光学显微镜(4×10 倍)下观察拍照,并通过 Image J 软件对瘤胃乳头、肌层和黏膜下层进行测量。

1.6 数据处理与统计分析

试验数据先用 Excel 进行初步处理,然后采用 SPSS 19.0 软件对各项试验数据进行单因素方差分析,差异显

著性采用 Duncan 氏法进行组间多重比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著,数据均以平均值 ± 标准误(SE)表示。

2 结果与分析

2.1 育肥羊舍环境温湿度变化

育肥羊舍的漏缝地板附近和舍内温湿度变化如图 2 所示。漏缝地板附近(漏缝地板下方 1 cm)和舍内(漏缝地板上方 1.7 m)的温度范围分别为 $-5.8 \sim -0.3$ °C(平均 -3.3 °C)和 $-4.7 \sim 2.1$ °C(平均 -1.4 °C),舍内上下温差范围为 $1.1 \sim 3.1$ °C,白天舍内上下温差较大,最高可达 2.1 °C。从舍内上下的相对湿度可看出,漏缝地板附近和舍内平均湿度分别为 51.7% 和 63.2% ,舍内上下湿差范围为 $1.5\% \sim 22.5\%$,白天 $7:00 \sim 21:00$ 湿差较大。

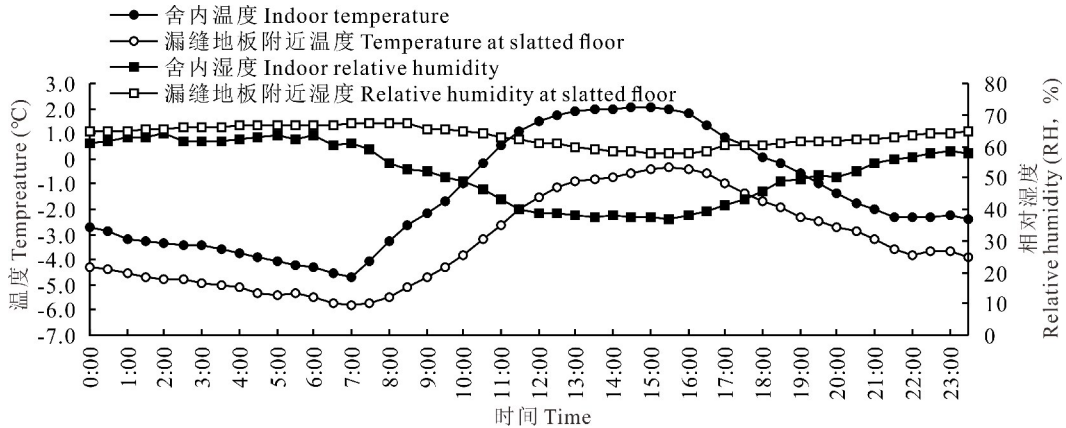


图 2 羊舍的环境温湿度变化曲线

Fig. 2 Ambient temperature and relative humidity curve in sheep shed

2.2 饮水温度对育肥羊生产性能的影响

饮水温度对育肥羊的生长性能影响结果如表 2 所示。从饮水量来看,8 和 20 °C 组羊的 ADW 显著高于 2 °C 组($P=0.023$; $P=0.043$),两组羊的 ADW 分别比 2 °C 组多 0.51 和 0.43 L。虽然不同饮水温度组 ADG 和 ADFI 无显著性差异($P > 0.05$),但 20 °C 组的 ADG 表现出高于 2 和 8 °C 组的趋势,分别比 2 和 8 °C 组高 18.15 和 13.53 g,而且 20 °C 组的 F/G 显著低于 2 °C 组($P=0.039$)。

表 2 饮水温度对育肥羊生产性能的影响

Table 2 Effect of drinking water temperature on production performance of fattening sheep

项目 Items	2 °C	8 °C	20 °C
日均饮水量 ADW (L)	3.47 ± 0.05b	3.98 ± 0.16a	3.90 ± 0.11a
日均采食量 ADFI (kg)	2.91 ± 0.03	2.92 ± 0.05	2.86 ± 0.06
日增重 ADG (g)	301.76 ± 4.34	306.38 ± 7.40	319.91 ± 11.38
料重比 F/G	9.65 ± 0.23a	9.52 ± 0.06ab	8.95 ± 0.15b

注:同行数据不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: The different lowercase letters in the same row means significant difference among treatments ($P < 0.05$). The same below.

2.3 饮水温度对育肥羊血清生理生化指标的影响

饮水温度对育肥羊血清各项理化指标的影响结果如表 3 所示。血清中 T_3 、 T_4 和 GH 含量各组间差异不显著($P > 0.05$),但 8 和 20 °C 组的含量略高于 2 °C 组。GLU 含量各组间达极显著性差异($P=0.002$; $P=0.015$),8 和 20 °C 组的 GLU 含量分别是 2 °C 组的 1.39 和 1.14 倍。从表 3 也可看出,TC 和 BUN 与其他理化指标表现的趋势不同,其随着饮水温度升高呈现降低趋势,20 °C 组的 TC 含量显著低于 2 °C 组($P=0.012$)。

表 3 饮水温度对育肥羊血清理化指标的影响

Table 3 Effect of drinking water temperature on serum biochemical parameters of fattening sheep

项目 Items	2 °C	8 °C	20 °C
三碘甲状腺原氨酸 T ₃ (ng · mL ⁻¹)	27.55 ± 2.47	32.34 ± 2.58	32.64 ± 1.98
甲状腺素 T ₄ (ng · mL ⁻¹)	806.07 ± 18.27	812.07 ± 42.82	818.80 ± 10.43
生长激素 GH (ng · mL ⁻¹)	1.27 ± 0.09	1.35 ± 0.08	1.36 ± 0.23
葡萄糖 GLU (mmol · L ⁻¹)	2.14 ± 0.04B	2.97 ± 0.15A	2.43 ± 0.12B
胆固醇 TC (mmol · L ⁻¹)	2.00 ± 0.25a	1.51 ± 0.01ab	1.21 ± 0.09b
尿素氮 BUN (mmol · L ⁻¹)	5.15 ± 0.54	4.53 ± 0.19	4.18 ± 0.13
总蛋白 TP (g · L ⁻¹)	62.00 ± 1.53	63.67 ± 1.20	64.33 ± 2.19

注:同行数据不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

Note: The different uppercase letters in the same row means very significant difference among treatments ($P < 0.01$). The same below.

表 4 饮水温度对育肥羊瘤胃组织结构的影响

Table 4 Effects of drinking water temperature on rumen tissue structure of fattening sheep

项目 Items	2 °C	8 °C	20 °C
乳头长度 Papilla length (μm)	2055.05 ± 134.75Bb	2163.24 ± 103.70ABb	2551.58 ± 65.28Aa
乳头宽度 Papilla width (μm)	400.39 ± 8.48Bb	406.52 ± 4.41ABb	439.40 ± 12.44Aa
乳头表面积 Papilla superficial area (μm^2)	746885.33 ± 27952.63b	778576.52 ± 40611.87b	914660.18 ± 50617.74a
肌层厚度 Muscle layers thickness (μm)	1860.02 ± 30.97a	1837.92 ± 33.59a	1687.36 ± 67.04b
黏膜下层厚度 Submucosal thickness (μm)	363.19 ± 26.91b	408.59 ± 7.38ab	460.83 ± 24.79a
黏膜上皮厚度 Epithelial thickness (μm)	127.23 ± 16.17	117.07 ± 10.77	96.23 ± 7.46

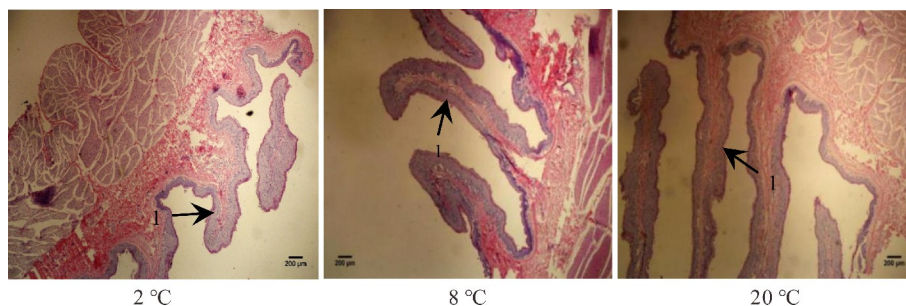


图 3 不同饮水温度下育肥羊瘤胃乳头结构的显微变化

Fig. 3 Microscopic changes of rumen papilla structure of fattened sheep at different drinking water temperatures (4×10 times)

1. 瘤胃乳头 Rumen papilla.

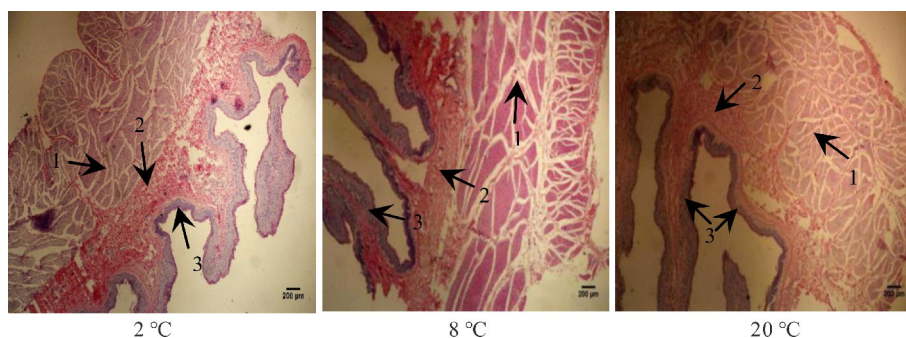


图 4 不同饮水温度下育肥羊瘤胃肌层及黏膜组织结构的显微变化

Fig. 4 Microstructure of rumen muscle layer and mucosa of fattened sheep at different drinking water temperatures (4×10 times)

1. 瘤胃肌层 Rumen muscularis; 2. 黏膜下层 Submucosa layer; 3. 黏膜上皮 Epithelium mucosae.

2.4 饮水温度对育肥羊瘤胃显微结构的影响

瘤胃组织的显微结构如图 3 和图 4 所示。由表 4 可知,20 °C 组羊的瘤胃乳头长度 ($P=0.006$; $P=0.028$)、宽度 ($P=0.009$; $P=0.021$) 和表面积 ($P=0.033$; $P=0.045$) 均显著高于 2 和 8 °C 组,但 2 和 8 °C 组间上述 3 个指标均未达到显著性水平 ($P>0.05$)。20 °C 组的瘤胃肌层厚度显著低于 2 和 8 °C 组 ($P=0.018$; $P=0.029$),而瘤胃黏膜下层却显著高于 2 °C 组 ($P=0.011$),各组间黏膜上皮厚度差异不显著 ($P=0.386$)。

2.5 饮水温度对育肥羊养分表观消化率的影响

饮水温度对育肥羊养分表观消化率的影响结果如图 5 所示。从所测的 8 项养分表观消化率结果可以看出,P、NDF 和 EE 的表观消化率各组间差异均达显著水平 ($P=0.027$; $P=0.004$; $P=0.042$),尤其是 P 和 NDF,8 和 20 °C 组的 P 表观消化率较 2 °C 组分别提高了 44.7% 和 69.5%,而 NDF 表观消化率 8 和 20 °C 组较 2 °C 组均提高了 9.0%。其他养分的表观消化率各组间差异不显著 ($P>0.05$),但随着饮水温度的升高,各项养分消化率呈现提高趋势。

3 讨论

3.1 饮水温度对育肥羊生产性能的影响

冬季低温环境往往造成家畜的冷应激反应,引起家畜生产性能和健康程度的下降^[18]。本研究中育肥羊舍为高床漏缝地板的敞篷舍,漏缝地板是羊躺卧和生活的地方,漏缝地板温度的高低直接影响羊的生长和健康,而漏缝地板附近的环境平均温度仅为 -3.3 °C,甚至最低达到 -5.8 °C(早上 7:00),舍内上部空间的平均温度也仅有 -1.4 °C,这种低温的养殖环境势必会对羊的育肥性能产生不良影响。已有研究证明,冬季提高饮水温度可以缓解低温对家畜的不利影响,提高其生产和繁殖性能。Nienaber 等^[19]关于断奶仔猪饮用温水的试验认为,5 °C 环境温度条件下给仔猪饮用 30 °C 温水,仔猪增重显著提高。李泽强等^[3]近期研究也表明,仔猪饮用 30 °C 温水其 ADG 和 F/G 均高于 13 °C 温水,且腹泻发生率大大降低。本研究中育肥羊饮用温水虽然没有显著性提高 ADG 和 ADFI,但显著改善了饲料利用率,降低了料重比,尤其是 20 °C 饮用温水,与 2 °C 比较,料重比降低了 7.3%,这与赵广永等^[11]和 Young^[18]的研究结果基本一致。赵广永等^[11]通过体外法研究 12~50 °C 饮水温度对瘤胃发酵的影响发现,随着饮水温度升高,瘤胃发酵效率显著提高,明显改善了饲料利用效率。

另外,本研究中饮用 8~20 °C 温水显著提高了羊的饮水量,这与李亮等^[8]的研究结果基本一致,该研究认为,饮雪水(-13.9 °C)的羊仅饮维持生命的水量,饮用井水(1.6 °C)的羊饮水量消耗了代谢热能,而饮温水(14.1 °C)的羊饮水量最多,消耗代谢热能最少,而且饮用温水羊的体重下降率、羔羊成活率及产毛量均有所提高。Huuskonen 等^[5]关于犊牛饮水的研究也表明,犊牛断奶前将饮水温度从 6~8 °C 提高到 16~18 °C 时,犊牛的饮水量明显增加。

3.2 饮水温度对育肥羊血清理化指标的影响

血液生理生化指标在某种程度上反映动物机体代谢及生理机能状况。正常代谢条件下,机体中糖、脂肪、蛋白质处于平衡状态。当家畜受到冷刺激或长期处于寒冷环境中,家畜需提高产热量以维持体热平衡。通常情况下,GLU 可供给机体能量,当 GLU 的供能速度无法满足机体需求时会动员体内的蛋白质和脂肪进行分解,导致血液中 TP 含量的变化,BUN 和 TC 作为蛋白质和脂肪的代谢产物也会发生相应变化^[20]。本研究中育肥羊饮用

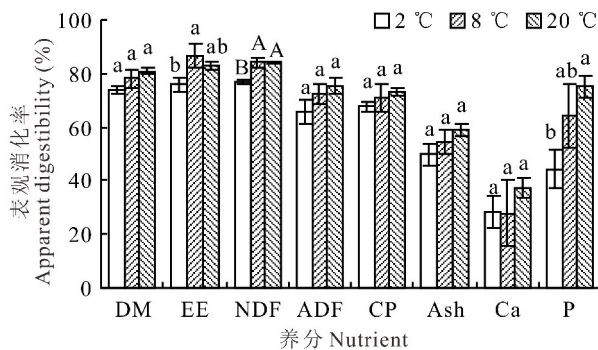


图 5 饮水温度对育肥羊养分表观消化率的影响

Fig. 5 Effect of drinking water temperature on nutrient apparent digestibility of fattening sheep

同一养分数据间不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$),相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$). The different lowercase letters in the same nutrient means significant difference among treatments ($P<0.05$), different uppercase letters means very significant difference among treatments ($P<0.01$), and same lowercase letters means no significant difference among treatments ($P>0.05$).

不同温度水时各项血清理化指标发生了不同程度的变化,饮水温度为 8 和 20 °C 时血清 GLU 和 TP 含量均高于 2 °C,说明饮水温度的增加减少了家畜因抵御寒冷而造成的能量损失,可为家畜的生长提供更多的营养和能量,TP 含量的增加从某种程度上说明了饮用温水可改善机体的营养状况,增强免疫力^[20-21],有利于羊的健康和生长。本研究也指出,随着饮水温度的升高,BUN 和 TC 含量呈现下降趋势,BUN 和 TC 分别作为蛋白质和脂肪分解代谢的产物,其含量高低反映了蛋白和脂肪的分解和利用效率。梁鸿雁等^[22]研究发现,冷应激条件下,糖和脂肪代谢率下降,促使蛋白质和氨基酸分解代谢而产生大量尿素,导致血清 BUN 含量增加。可见,育肥羊饮用温水可以促进机体对营养物质的吸收和利用,缓解低温对羊的不利影响。

T_3 和 T_4 作为物质和能量代谢的主要内分泌调节激素,对促进机体的生长发育和组织分化起着重要作用,并参与神经系统和免疫系统的调节,其含量增加可以促进糖原异生和肝糖原的合成,增加体热的产生,以提高机体对寒冷环境的适应^[21]。GH 主要促进骨骼、肌肉和器官的生长,对于畜禽的生长发育起着关键性作用。本研究结果表明,饮用 8~20 °C 的温水可促进育肥羊血清中 T_3 、 T_4 和 GH 的分泌,说明饮用温水可以加强羊对寒冷环境的抵抗程度,有助于羊的生长和健康,这和本研究其他结果相吻合。

3.3 饮水温度对育肥羊瘤胃结构和消化性能的影响

瘤胃是反刍动物重要的消化器官,瘤胃壁密集的乳头可增加瘤胃壁与内容物的接触面积,促进营养物质的消化和吸收^[23]。瘤胃乳头的长度、宽度、表面积、肌层厚度和上皮厚度是评价反刍动物瘤胃发育程度的重要指标^[24]。家畜的饲料和饮水是影响瘤胃发育的直接因素,近几年饲料刺激瘤胃乳头发育的研究较多^[25-27],而关于饮水温度影响瘤胃结构的研究较少。Rozsa 等^[28]和 El Ouazzani 等^[29]的研究表明,动物胃肠道中存在温度受体,因此,胃肠道对温度较为敏感,饮水温度直接影响胃肠道的发育和功能。本研究结果表明,育肥羊饮用 20 °C 温水显著增加了瘤胃乳头的长度、宽度和表面积,这表明 20 °C 温水改善了瘤胃的形态结构,有利于羊对营养物质的消化和吸收,这与本研究中饮用 20 °C 水有助于提高羊生长性能和消化性能的结果相一致。瘤胃肌层和黏膜上皮也是影响反刍家畜消化吸收的重要组织结构,其厚度的变化直接影响家畜的机械和生物学消化过程。本研究中饮用 2 °C 冷水的育肥羊瘤胃肌层厚度和黏膜上皮厚度均高于 20 °C 温水,可能是因为瘤胃肌层受冷水的刺激,强烈收缩,使瘤胃肌层加厚,这也是羊对冷环境的一种代偿性反应。

本研究中关于饮用温水影响育肥羊消化性能的结果表明,20 °C 温水对各种养分的表观消化率均有不同程度的提高,尤其是 NDF 和 P 表观消化率的提高更为显著,这与 20 °C 温水条件下瘤胃乳头长度、宽度和表面积的增加以及瘤胃肌层加厚均有密切关系,也与本研究中 20 °C 饮水提高羊饲料利用率的结果相吻合,这些均利于羊生产性能的提高。饮用温水改善家畜消化性能的研究在仔猪上也有相关报道^[3,9-10]。李泽强等^[3]的研究表明,断奶仔猪饮用 30 °C 温水有助于缓解冷应激程度,使胃更加舒张,减缓胃的排空,有利于养分在胃肠道中有充足的时间被消化吸收,从而改善仔猪对 CP、EE 和 Ash 的表观消化率。

4 结论

- 1) 饮用 8~20 °C 水提高了育肥羊的饲料利用率,尤其是 20 °C 温水,显著提高了羊的饲料利用率。
- 2) 饮用 8~20 °C 水改善了育肥羊的血液理化性能,提高了血清 GLU 含量,降低了血清胆固醇含量。
- 3) 饮用温水可改变瘤胃的显微组织结构,增加瘤胃的消化吸收功能。20 °C 温水显著增加了瘤胃乳头长度、宽度及其表面积,并增加了瘤胃黏膜下层厚度。
- 4) 随着饮水温度增加,EE、NDF 和 P 的表观消化率显著增加,尤其是 P 和 NDF。

综上所述,育肥羊冬季饮用温水有助于缓解低温对羊的不利影响,提高羊的饲料利用率,改善瘤胃功能,促进营养物质的消化和吸收。

参考文献 References:

- [1] Wang G J. Effects of temperature and humidity factors on physiological indexes and expression of heat shock protein in goat. Yangling: Northwest A & F University, 2018.

- 王国军. 温湿环境因子对肉羊生理指标及热休克蛋白表达的影响研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [2] Jin Y M, Zhang X Q, Badgery B W, *et al.* Effects of winter and spring housing on growth performance and blood metabolites of Pengbo semi-wool sheep in Tibet. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, 2019, 32(10): 1630–1639.
- [3] Li Z Q, Zhao H, Chen X L, *et al.* Effects of winter drinking water temperature and flow rate on stress, growth performance and nutrient apparent digestibility in weaned piglets. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(3): 1081–1090.
李泽强, 赵华, 陈小玲, 等. 冬季饮水温度和流速对断奶仔猪应激, 生长性能及养分表观消化率的影响. *动物营养学报*, 2019, 31(3): 1081–1090.
- [4] Li J F. Effects of drinking water temperature on performance of lactating dairy cows. Yangling: Northwest A & F University, 2008.
李军峰. 饮水温度对奶牛生产性能的影响. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [5] Huuskonen A, Tuomisto L, Kauppinen R. Effect of drinking water temperature on water intake and performance of dairy calves. *American Dairy Science Association*, 2011, 94(5): 2475–2480.
- [6] Diao X N, Wang M Z, Chen Z H, *et al.* Effects of thermostatic apparatus for drinking water and roof-lighting system on improvement of growth rate of beef cattle in winter. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 28(24): 164–172.
刁小南, 王美芝, 陈昭辉, 等. 冬季恒温饮水装置和屋顶采光对提高肉牛生长速率的影响. *农业工程学报*, 2013, 28(24): 164–172.
- [7] Savage D B, Nolan J V, Godwin I R, *et al.* Water and feed intake responses of sheep to drinking water temperature in hot conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2008, 48(6/7): 1044–1047.
- [8] Li L, Wang L F, Wu Y Z, *et al.* Study on the effect of drinking water temperature on sheep on natural pastures in Inner Mongolia in winter. *Heilongjiang Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2015, (8): 10–12.
李亮, 王力飞, 吴永忠, 等. 内蒙古天然牧场冬季饮水温度对羊的影响研究. *黑龙江畜牧兽医*, 2015, (8): 10–12.
- [9] He R G, Qin X R, Zeng Q H, *et al.* Effects of warm water on the performance of weaned piglets in winter. *Chinese Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2008, 35(3): 141–142.
何若钢, 覃小荣, 曾其恒, 等. 冬季饮用温水对断奶仔猪生产性能的影响. *中国畜牧兽医*, 2008, 35(3): 141–142.
- [10] Tan L. Effects of drinking water temperature and environmental enrichment on performance, nutrient utilization, welfare and behavior of weaned piglets in winter. Chongqing: Southwest University, 2009.
谭磊. 冬季饮水温度和环境富集对断奶仔猪生产性能, 营养素利用, 福利及行为的影响. 重庆: 西南大学, 2009.
- [11] Zhao G Y, Feng Y L. Effects of drinking water temperature on rumen fermentation in reverse rumen of animals by short-term artificial rumen fermentation. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 1996, 32(5): 8–10, 86.
赵广永, 冯仰廉. 用短期人工瘤胃发酵法研究饮水温度对反刍动物瘤胃发酵的影响. *中国畜牧杂志*, 1996, 32(5): 8–10, 86.
- [12] Jia N E. Several ways to increase milk production in cows. *Xinjiang Animal Husbandry*, 2006, (4): 31.
加娜尔. 提高奶牛产奶量的几种方法. *新疆畜牧业*, 2006, (4): 31.
- [13] Fan L X. Effect of drinking water temperature, sunlight duration and music on the milk performance of laoshan dairy goats. Qingdao: Qingdao Agricultural University, 2014.
范凌霞. 饮水温度、光照、音乐对崂山奶山羊产奶性能的影响. 青岛: 青岛农业大学, 2014.
- [14] Song T Z, Chen X Y, Ma J Y, *et al.* Effects of drinking water temperature and soybean milk on fattening of North Tibet female sheep and female goats. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2016, 37(9): 50–53.
宋天增, 陈晓英, 马金英, 等. 饮水温度和豆浆对育肥藏北母绵羊和藏北母山羊效果的影响. *畜牧与饲料科学*, 2016, 37(9): 50–53.
- [15] Wu Q F. Effects of drinking water temperature on production performance and digestibility of goats in winter. *Sichuan Animal & Veterinary Sciences*, 2019, 46(10): 22–25.
武启繁. 冬季饮水温度对山羊生产性能和消化性能的影响. *四川畜牧兽医*, 2019, 46(10): 22–25.
- [16] Xing Q M. Study on application of solar water heating systems engineering for intensive dairy farm in cold region. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013.
邢启明. 太阳能热水工程在寒区规模化奶牛场应用效果的研究. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [17] Zhang L Y. Analysis of feed and feed quality inspection technology. Beijing: China Agricultural University Press, 2007.
张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [18] Young B A. Ruminant cold stress: Effect on production. *Journal of Animal Science*, 1983, 57: 1601–1607.
- [19] Nienaber J A, Hahn G L. Effects of water flow restriction and environmental factors on performance of nursery-age pigs. *Journal of Animal Science*, 1984, 59(6): 1423–1429.

- [20] Jia D X. Effects of different temperature on behavior and blood physiological and biochemical indexes of qinchuan cattle. Yan-gling: Northwest A & F University, 2019.
贾鼎铎. 不同温度对秦川牛行为及血液生理生化指标的影响. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [21] Bai D D. Effects of different seasons on blood biochemical indexes and related genes expression of cold and heat stress in san-he cattle. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017.
白丹丹. 不同季节对三河牛血液生化指标及冷热应激相关基因表达的影响. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [22] Liang H Y, Jia Y Q, Miao S J, *et al.* Effect of chronic cold stress on biochemical indicators and enzyme in whey in Holstein lactating cows. Chinese Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2011, 38(5): 45–47.
梁鸿雁, 贾永全, 苗树君, 等. 慢性冷应激对奶牛乳清生化指标及酶活性的影响. 中国畜牧兽医, 2011, 38(5): 45–47.
- [23] Lü X K, Xie B, Huang W Q, *et al.* Effects of early feeding on rumen and small intestine morphology of goat kids. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2019, 50(5): 1006–1015.
吕小康, 解彪, 黄文琴, 等. 早期饲喂对山羊羔羊瘤胃和小肠组织形态的影响. 畜牧兽医学报, 2019, 50(5): 1006–1015.
- [24] Lesmeister K E, Tozer P R, Heinrichs A J. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. Journal Dairy Science, 2004, 87(5): 1336–1344.
- [25] Wang W M, Li C, Li F D, *et al.* Effects of early feeding on the host rumen transcriptome and bacterial diversity in lambs. Scientific Reports, 2016, 6(1): 32479.
- [26] Lane M A, Baldwin R L, Jesse B W. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. Journal of Animal Science, 2000, 78(7): 1990–1996.
- [27] Shen Z, Seyfert H M, Löhrke B, *et al.* An energy-rich diet causes rumen papillae proliferation associated with more IGF type 1 receptors and increased plasma IGF-1 concentrations in young goats. The Journal of Nutrition, 2004, 134(1): 11–17.
- [28] Rozsa Z, Mattila J, Jacobson E D. Substance P mediates a gastrointestinal thermoreflex in rats. Gastroenterology, 1988, 95(2): 265–276.
- [29] El Ouazzani T, Mei N. Electrophysiologic properties and role of the vagal thermoreceptors of lower esophagus and stomach of cat. Gastroenterology, 1982, 83(5): 995–1001.