

DOI:10.11686/cyxb2021128

http://cyxb.magtech.com.cn

赵娟娟, 车大璐, 郭玮婷, 等. 复方中药对热应激条件下杂交小尾寒羊生产性能、生理参数和血液理化指标的影响. 草业学报, 2022, 31(5): 178—189.

ZHAO Juan-juan, CHE Da-lu, GUO Wei-ting, *et al.* Effect of a Chinese medicine formula on the performance and physiological and blood biochemical parameters of hybrid Small-Tail Han sheep under heat stress. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(5): 178—189.

复方中药对热应激条件下杂交小尾寒羊生产性能、生理参数和血液理化指标的影响

赵娟娟¹, 车大璐¹, 郭玮婷², 张伟涛³, 刘连超⁴, 赵俐辰¹, 高玉红^{1*}, 孙新胜^{5*}, 李雪梅^{1*}, 王媛⁶

(1. 河北农业大学动物科技学院, 河北保定 071001; 2. 石家庄市畜牧技术推广站, 河北石家庄 050035; 3. 河北省畜牧总站, 河北石家庄 050035; 4. 河北农业大学动物医学院, 河北保定 071001; 5. 河北农业大学信息与技术学院, 河北保定 071001; 6. 河北省肉羊产业技术研究院, 河北衡水 053000)

摘要:针对目前生产中绵羊遭受热应激的现状,研究了热应激条件下复方中药对杂交羊(小尾寒羊×内蒙古细毛羊)生产性能、生理参数和血液理化指标的影响。选择4味中草药(香薷、大黄、厚朴和黄芩),按3:3:2:2进行组方。选择240只、体重(36.61±0.73) kg相近的育肥后期杂交绵羊,随机分为4组,各组羊分别饲喂含干物质含量的0(对照组)、0.5%、1.0%和1.5%的复方中药,每组60只羊。试验期为28 d,试验期间羊舍温湿指数平均达79.68。结果表明:1)从生理指标上,日粮中添加不同剂量的中药可显著降低羊的呼吸频率($P<0.05$),并提高了羊的躺卧比例,尤其是下午12:00—16:00,较对照组提高了13.38%~19.15%。2)从生产性能上,饲喂中药显著提高了羊的平均日采食量(ADFI)和平均日增重(ADG)($P<0.05$),不同中药组的ADFI较对照组提高了1.05%~7.21%($P<0.05$),ADG和料重比(F/G)以0.5%组效果最好,ADG较对照组提高了12.12%($P<0.05$),F/G降低了14.68%($P<0.05$)。3)从血液理化指标上,饲喂中药组的血清甲状腺素(T_4)和皮质醇(COR)含量分别表现出增加和降低趋势($P<0.05$),尤其0.5%组, T_4 含量较对照组提高了13.97%($P<0.05$),而COR含量降低了33.15%($P<0.05$)。从血清常规代谢营养指标看,各组间尿素氮(BUN)和葡萄糖(GLU)含量均表现出显著性差异($P<0.05$),0.5%组GLU含量较对照组极显著提高($P<0.01$),而BUN含量显著下降($P<0.05$)。4)从经济效益分析,饲喂0.5%~1.5%中药可使增重效益提高了7.50%~13.91%,0.5%组净收益最高(4.85元·d⁻¹·只⁻¹)。可见,该复方中药可以有效缓解杂交小尾寒羊的热应激,添加日粮干物质的0.5%最佳。

关键词:中药;热应激;育肥羊;生产性能;生理指标;血液理化指标

Effect of a Chinese medicine formula on the performance and physiological and blood biochemical parameters of hybrid Small-Tail Han sheep under heat stress

ZHAO Juan-juan¹, CHE Da-lu¹, GUO Wei-ting², ZHANG Wei-tao³, LIU Lian-chao⁴, ZHAO Li-chen¹, GAO Yu-hong^{1*}, SUN Xin-sheng^{5*}, LI Xue-mei^{1*}, WANG Yuan⁶

1. College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Animal Husbandry Technology Extension Station of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050035, China; 3. Animal Husbandry Station of Hebei, Shijiazhuang 050035, China; 4. College of Veterinary Medicine, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 5. College of

收稿日期:2021-04-07;改回日期:2021-05-17

基金项目:河北省重点研发计划项目(20326612D),河北省高等学校科学技术研究项目(ZD2021323)和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)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

*通信作者 Corresponding author. E-mail: gyhsxs0209@126.com, 2002444908@sohu.com, meinyli@126.com

Information Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 6. Hebei Mutton Sheep Industry Technology Research Institute, Hengshui 053000, China

Abstract: Fattening sheep often suffer from heat stress. The objective of this study was to investigate the effects of a traditional Chinese medicine formula on the production performance, physiological parameters, and blood biochemical parameters of hybrid sheep (Small-Tail Han sheep×Inner Mongolian Fine Wool sheep) under heat stress. Four Chinese herbal medicines: *Elsholtzia ciliata*, *Rheum palmatum*, *Magnolia officinalis*, and *Scutellaria baicalensis*, were mixed at a ratio of 3:3:2:2. The experiment included 240 hybrid late-sheep (average weight, 36.6 ± 0.73 kg), which were randomly assigned to four groups: the control (no formula) and three formula-fed groups (diets containing 0.5%, 1.0%, or 1.5% of the formula on a dry matter basis). Each treatment group consisted of 60 sheep. The experiment lasted for 28 days, during which the temperature and humidity index in the shed averaged 79.68. The main results were as follows: 1) Compared with the control group, the formula-fed groups showed a significantly lower respiratory rate ($P<0.05$) and more time lying, particularly in the period from 12:00 to 16:00. The proportion of time lying was 13.38% to 19.15% higher in the formula-fed groups than in the control group. 2) In terms of production performance, the average daily feed intake was 1.05% to 7.21% higher in the three formula-fed groups than in the control ($P<0.05$), and the average daily gain (ADG) was also significantly higher in the formula-fed groups than in the control ($P<0.05$). Among the three formula-fed groups, the 0.5% formula group showed the highest ADG (12.12% higher than that of the control) and lowest feed-to-weight ratio (F/G) (14.68% lower than that of the control) ($P<0.05$). 3) The sheep in the formula-fed groups showed increased thyroxine (T_4) levels and decreased cortisol (COR) levels, compared with those in the control ($P<0.05$). In the 0.5% formula group, the T_4 concentration was 13.97% higher than that in the control ($P<0.05$), and the COR concentration was 33.15% lower than that in the control ($P<0.05$). There were significant differences ($P<0.05$) in urea nitrogen (BUN) and glucose (GLU) concentrations in serum between all the groups. Compared with the control group, the 0.5% formula group showed higher GLU ($P<0.01$) and lower BUN ($P<0.05$) concentrations in serum. 4) An economic benefit analysis showed that the benefit from weight gain increased by 7.50% to 13.91% as the dietary intake of the formula increased from 0.5% to 1.5%, and the largest net benefit was in the 0.5% formula group (4.85 yuan·d⁻¹·sheep⁻¹). In summary, this Chinese medicine formula effectively alleviated heat stress in hybrid Small-Tail Han sheep, and its inclusion at 0.5% of the diet had the best results.

Key words: traditional Chinese medicine; heat stress; fattening sheep; body weight gain; biochemical parameter; blood biochemical parameter

气候变化是人类和动物在未来几十年面临的最严峻的挑战之一。据政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)预测,到2100年,全球地表温度将上升 $3.7\sim 4.8$ °C^[1],这意味着畜禽热应激的问题将会更加严重。虽然羊抗逆性较强,但热应激造成的经济损失也不容小觑,此问题已经成为养殖场/户的关注焦点。持续热应激条件下,绵羊会表现出不同程度的采食量和消化率下降,甚至会由于内分泌紊乱和免疫力下降导致死亡^[2]。内分泌系统是机体的重要调节系统,高温刺激后,肾上腺分泌的糖皮质激素(如皮质醇和皮质酮)和甲状腺分泌的甲状腺激素含量会受到影响,从而导致机体糖类、脂类和蛋白质的代谢活动减弱^[3-4]。为了减少热应激对养殖业造成的经济损失,人们也采取了很多措施来缓解热应激,如物理降温^[5]和使用各种饲料添加剂^[6-7]。但根据农业农村部发布第194号公告要求,自2020年7月1日起,退出除中药外所有促生长类药物饲料添加剂品种,开始实施最严格的禁抗、限抗、减抗和替抗政策。中药作为天然、无残留的抗生素替代品,尤其是复合中药,已经在缓解畜禽热应激的研究领域取得了一定成效^[8-11],具有广阔的应用前景。

复方中药基于中医理论,按照君臣佐使组方原则复配,通过方内各药物之间的配伍关系调整组合药力,体现其整体功效。本试验根据中兽药处方大全,结合临床实际加减,将香薷(*Elsholtzia ciliata*)、大黄(*Rheum palmatum*)、厚朴(*Magnolia officinalis*)和黄芩(*Scutellaria baicalensis*)4味中草药按一定比例配制成抗热应激的复方中药,具祛暑解表、化湿和中功效。另外,本试验选择的中药也具有促生长发育、增强体质和减少疾病发生等作用。香薷具发汗解热、抑菌、利尿、抗病毒、提高免疫力等功效,被前人称为“夏月解表之药”^[12];大黄具有泻下、抗菌、免疫调节之功效^[13];厚朴具有抗炎、抗肿瘤、抗应激的作用^[14-15];黄芩除了对免疫功能和食欲有影响外,临床上也有清热作用^[16]。相比于单一中药,复方中药能够提高药效,具有多效性和多靶点的优势^[17]。可见,复方中药添加剂的研究已经成为缓解畜禽热应激的发展方向,但中药缓解羊热应激的研究不多。

1 材料与方法

1.1 复方中药的制备

将香薷、大黄、厚朴和黄芩4味中草药按3:3:2:2的比例混合,粉碎后配制成复方中药。所用药材均在河北省安国市祁州中药饮片有限公司购买。

1.2 育肥羊舍的选择

选择河北省石家庄无极县某规模化育肥羊场,羊舍建筑形式为敞棚舍,檐高2.7 m,脊高3.5 m,跨度8 m,该舍建筑的剖面结构如图1所示。

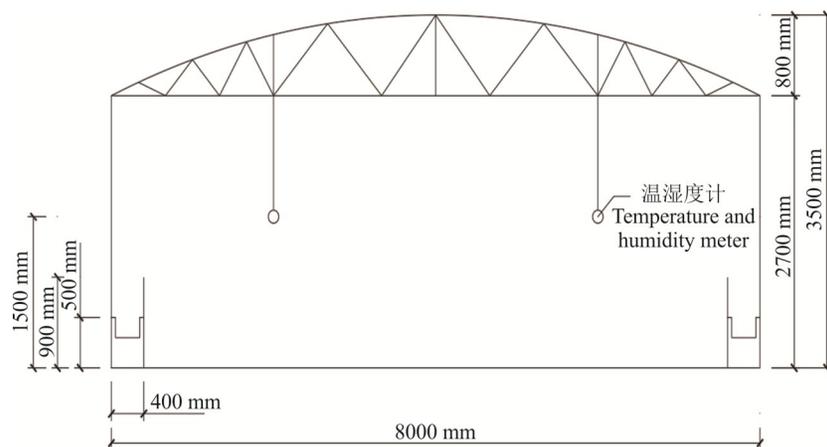


图1 育肥羊舍的剖面结构

Fig. 1 Cross section of the fattening sheep shed

1.3 试验动物与试验设计

本试验于2019年7月10日—8月14日在河北省石家庄市无极县某规模化育肥羊场进行。选择同一品种(小尾寒羊×内蒙古细毛羊),体重 $[(36.61 \pm 0.73) \text{ kg}]$ 相近的健康育肥羊240只,采用单因素随机设计,随机分为4组,每组3个重复,每个重复(栏)20只羊,每只羊占栏面积 1.1 m^2 。各组羊分别添加日粮干物质(dry matter, DM)的0(对照组)、0.5%、1.0%、1.5%的复方中药,试验预饲期7 d,正式期28 d。

1.4 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6:00和18:00,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;正式喂料之前先将少许的饲料分别与各剂量中药进行混合饲喂绵羊。自由饮水,记录各栏羊的饮水量。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 环境温度和相对湿度的测定 所测羊舍上方均匀悬挂3个电子温湿度记录仪(KTH-350-I,法国),舍外

表1 基础日粮组成及营养水平

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

原料 Material	含量 Content	营养水平 Nutrient levels	含量 Content
玉米 Corn (%)	43.0	代谢能 Metabolizable energy (ME, MJ·kg ⁻¹)	11.15
豆粕 Soybean meal (%)	5.0	粗蛋白 Crude protein (CP, %)	15.07
棉粕 Cotton meal (%)	4.6	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF, %)	27.01
花生饼 Peanut cake (%)	4.3	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF, %)	17.38
豆腐渣 Tofu (%)	10.0	粗脂肪 Ether extract (EE, %)	2.78
酒糟 Distiller (%)	10.0	钙 Calcium (Ca, %)	0.51
花生秧 Peanut seedling (%)	20.0	磷 Phosphorus (P, %)	0.25
小苏打 NaHCO ₃ (%)	0.5		
盐 NaCl (%)	0.6		
预混料 Premix ¹⁾ (%)	2.0		
合计 Total (%)	100.0		

注: ¹⁾每 kg 预混料中含有: 碘 40 mg, 铁 600 mg, 铜 260 mg, 锰 750 mg, 锌 680 mg, 硒 15 mg, 钴 10 mg, 维生素 A 117000 IU, 维生素 E 180 IU。

Note: ¹⁾ Each kilogram of premix contains: 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.

悬挂3个, 悬挂高度(探头距地面的垂直距离)均为1.5 m, 记录每天舍内外温度和相对湿度的连续变化, 每0.5 h记录一次数据(图1)。检测周期1个月, 绘制环境温度和相对湿度的昼夜连续变化曲线图。

采用国内外公认的温湿指数(temperature-humidity index, THI)对羊舍的热应激程度进行评价, 具体计算公式如下:

$$THI=0.8 \times Ta + RH/100 \times (Ta - 14.4) + 46.4$$

式中: Ta 表示环境温度(temperature, °C); RH 表示相对湿度(relative humidity, %).

1.5.2 育肥羊生理指标的测定 呼吸频率与直肠温度的测定。每组随机选取6只, 利用秒表和计数器每周测定绵羊呼吸频率(respiratory rate, RR), 分别于试验第7、14、21和28天的中午(12:00—14:00)进行测定。以胸廓起伏为标准连续测定3次, 取平均值。每次测定呼吸频率之后, 用兽用体温计测定绵羊的直肠温度(rectal temperature, RT), 测量前将体温计消毒并涂上润滑剂, 然后缓慢插入肛门, 保持3~5 min后取出并记录。

皮温的测定。各组随机选择6只育肥羊, 参照《家畜环境卫生学》^[18]中的方法进行测定, 于第7、14、21和28天中午(12:00)采用红外测温仪(FLUKE F568-2, 美国)对羊的躯干上部、躯干下部、四肢上部、四肢下部、颈部和耳部测定温度(temperature, T), 公式如下:

$$\text{平均体表温度(°C)} = 0.25T_{\text{躯干上部}} + 0.25T_{\text{躯干下部}} + 0.32T_{\text{四肢上部}} + 0.12T_{\text{四肢下部}} + 0.04T_{\text{颈部}} + 0.02T_{\text{耳}}$$

1.5.3 育肥羊行为的测定 每周对羊群进行行为观察, 记录躺卧、站立、采食和饮水的羊群比例, 每天选择7个时间点(6:00、8:00、10:00、12:00、14:00、16:00和18:00)进行统计。

1.5.4 育肥羊生产性能的测定 试验初和试验末对各栏试验羊进行空腹称重。每天早晨撒料前记录各栏羊的剩余料量和剩余水量, 并记录两次投喂料量及每天的给水量, 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, ADWI)。

1.5.5 育肥羊血清常规理化指标的测定 试验第28天晚对羊进行禁水禁食, 第29天早晨空腹采血, 每组随机选取6只羊, 前腔静脉分别采血10 mL, 3000 r·min⁻¹离心15 min, 取上层血清于-20 °C保存备测。采用BFM-96型多管放射免疫计数器(安徽合肥)测定三碘甲状腺原氨酸(triiodothyronine, T₃)、甲状腺素(thyroxine, T₄)、生长激素(growth hormone, GH)和皮质醇(cortisol, COR); 采用GF-D200型半自动生化分析仪(山东)测定葡萄糖(glucose, GLU)、尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、总蛋白(total protein, TP)、球蛋白(globulin, GLB)和白蛋白(albumin, ALB)含量。

1.6 数据统计分析

利用统计软件SPSS 19.0的重复测量模型对羊的生产性能和生理参数进行统计分析,统计模型中的固定效应为试验处理和试验周期,随机效应为羊。采用单因素方差分析对平均日采食量、平均日增重与血液理化指标进行分析,利用Duncan法进行多重比较,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(standard error, SE)表示。

2 结果与分析

2.1 育肥羊舍的环境温湿度变化

育肥羊舍的环境温湿度检测结果如图2和图3所示。羊舍每天24 h的温度和湿度分别达24.7~34.5℃(平均29.24℃)和48.9%~88.4%(平均69.78%)。从THI曲线可以看出,羊舍内各时刻的THI均超过了75,16:00时最高,达83.9。整个试验期羊群均处于热应激状态。

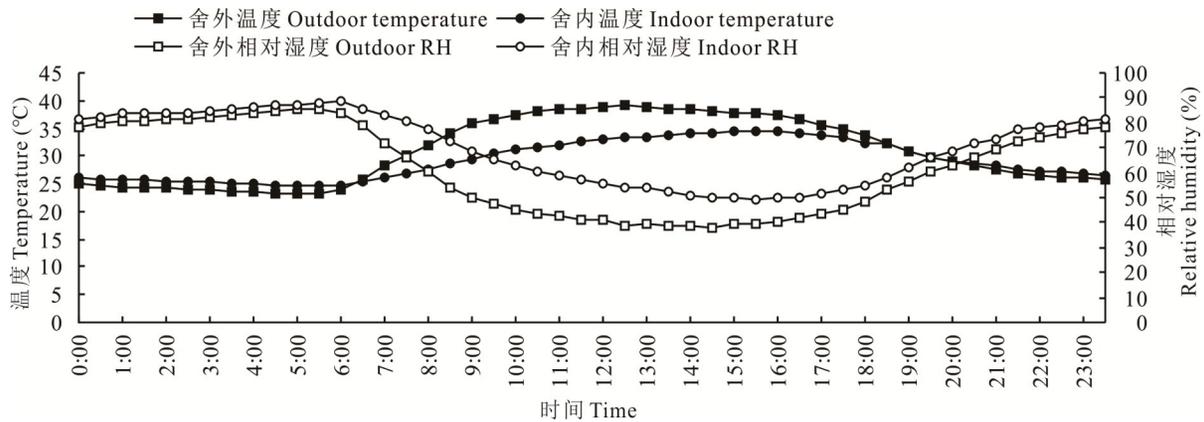


图2 育肥羊舍环境温湿度变化曲线

Fig. 2 The temperature and humidity change curve of the fattening sheep barn

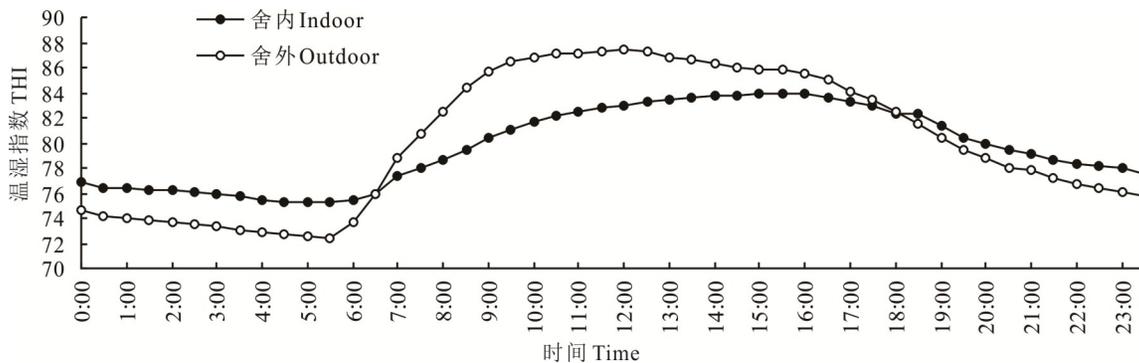


图3 育肥羊舍环境温湿指数变化曲线

Fig. 3 The THI change inside and outside the fattening sheep barn

2.2 复方中药对育肥羊生理指标的影响

热应激条件下,日粮中添加不同剂量的复方中药可显著降低育肥羊的呼吸频率($P<0.05$),与对照组相比,3个添加中药组的呼吸频率显著降低($P<0.05$);直肠温度在不同剂量间差异不显著但有降低趋势($P=0.083$),而体表温度不同剂量间差异不显著($P>0.05$)。随着添加中药时间的延长,育肥羊的呼吸频率也显著降低($P<0.05$),14和21 d的呼吸频率显著低于7 d($P<0.05$)。但上述3种生理指标均未表现出剂量与给药周期的交互效应($P>0.05$)(表2)。

2.3 不同剂量复方中药对育肥羊行为的影响

除了 6:00 和 18:00 两个给料时间点,其他 5 个时间点(8:00—16:00)3 个中药组羊的躺卧比例均高于对照组,0.5%、1.0% 和 1.5% 组的平均躺卧比例分别较对照组提高了 14.45%、10.89% 和 9.03%,尤其是下午时段(12:00—16:00),3 个中药组的平均躺卧比例较对照组分别提高了 19.15%、13.51% 和 13.38%(图 4)。

表 2 复方中药对育肥羊生理指标的影响

Table 2 The effect of compound Chinese medicine on the physiological indexes of fattening sheep

周期 Period (d)	剂量 Dose	呼吸频率 Respiratory rate (times·min ⁻¹)	直肠温度 Rectal temperature (°C)	体表温度 Skin temperature (°C)
7	0	119.09±2.81	39.33±0.09	35.81±0.30
	0.5%	108.17±4.24	39.53±0.07	35.52±0.13
	1.0%	111.33±5.99	39.60±0.06	35.34±0.33
	1.5%	109.08±3.48	39.80±0.25	35.44±0.20
14	0	115.92±3.41	39.78±0.14	35.95±0.26
	0.5%	102.13±2.45	39.53±0.08	35.30±0.22
	1.0%	103.93±4.27	39.65±0.11	35.24±0.25
	1.5%	109.80±2.52	39.75±0.10	35.30±0.06
21	0	113.71±2.42	39.80±0.23	35.61±0.13
	0.5%	105.27±2.33	39.48±0.09	35.07±0.24
	1.0%	107.47±4.30	39.70±0.15	35.27±0.42
	1.5%	106.60±4.08	39.78±0.09	35.13±0.31
28	0	112.88±3.13	39.76±0.05	35.34±0.05
	0.5%	106.31±2.34	39.36±0.06	34.96±0.33
	1.0%	107.50±3.15	39.58±0.10	34.79±0.25
	1.5%	108.88±2.91	39.44±0.09	34.99±0.43
P	剂量 Dose	0.015	0.083	0.151
	周期 Period	0.049	0.195	0.079
	剂量×周期 Dose×period	0.735	0.611	0.991

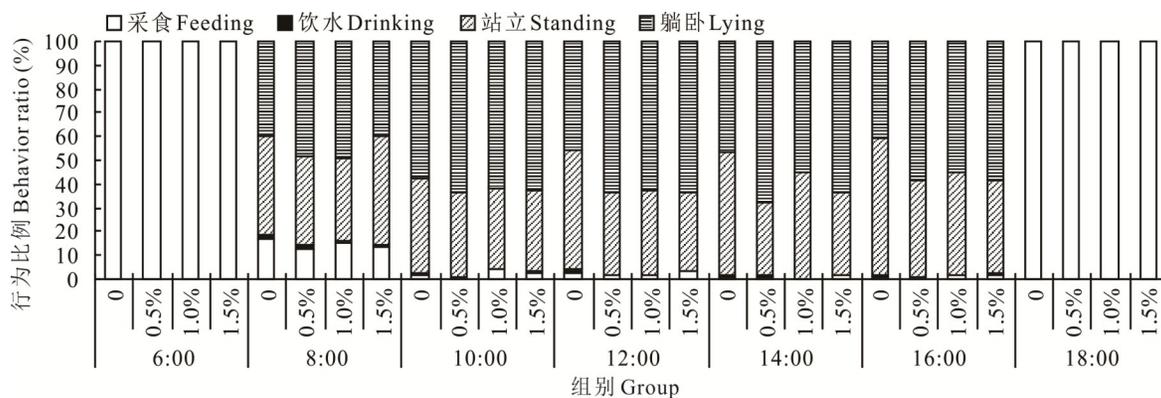


图 4 不同剂量复方中药对育肥羊行为的影响

Fig. 4 The effect of different doses of compound Chinese medicine on behavior of fattening sheep

2.4 复方中药对育肥羊生产性能的影响

通过重复测量分析,整个试验期不同剂量复方中药显著提高了育肥羊的采食量($P < 0.05$)(表 3),与对照组相比,0.5%组($P > 0.05$)、1.0%组($P < 0.01$)和 1.5%组($P = 0.084$)的 ADFI 分别提高了 1.05%、7.21% 和

3.53%(表4),但中药剂量和给药周期对ADFI没有交互作用($P>0.05$)(表3)。另外,中药剂量和给药周期对羊的饮水量均无显著影响($P>0.05$)(表3)。

表3 复方中药对育肥羊采食量和饮水量的影响

Table 3 Effect of compound Chinese medicine on feed intake and drinking water of fattening sheep

周期 Preiod (d)	剂量 Dose	采食量 Feed intake (kg)	饮水量 Drinking water (L)	周期 Preiod (d)	剂量 Dose	采食量 Feed intake (kg)	饮水量 Drinking water (L)
7	0	1.30±0.04	4.27±0.22	28	0	1.43±0.05	3.72±0.15
	0.5%	1.29±0.02	4.30±0.12		0.5%	1.46±0.04	3.89±0.24
	1.0%	1.40±0.02	4.20±0.24		1.0%	1.57±0.05	3.99±0.15
	1.5%	1.40±0.02	4.22±0.22		1.5%	1.47±0.04	3.78±0.14
14	0	1.36±0.12	4.07±0.18	<i>P</i>	剂量 Dose	0.016	0.123
	0.5%	1.38±0.03	4.27±0.13		周期 Period	0.005	0.382
	1.0%	1.42±0.08	4.36±0.22		剂量×周期 Dose×period	0.753	0.842
	1.5%	1.39±0.07	4.22±0.07				
21	0	1.41±0.08	3.98±0.17				
	0.5%	1.41±0.09	4.10±0.09				
	1.0%	1.50±0.07	4.11±0.18				
	1.5%	1.43±0.07	4.07±0.07				

由表4可知,与对照组相比,0.5%组羊的ADG显著提高了13.80%,差异显著($P<0.05$),虽1.0%组和1.5%组的ADG与对照组无显著差异($P>0.05$),但略高于对照组,分别提高了11.74%和9.96%;0.5%组的F/G比对照组降低了14.68%($P<0.05$)。

表4 不同剂量复方中药对育肥羊生产性能的影响

Table 4 The effect of different doses of compound Chinese medicine on performance of fattening sheep

项目 Items	组别 Group			
	0	0.5%	1.0%	1.5%
平均日采食量 ADFI (kg)	1.43±0.15b	1.46±0.24ab	1.57±0.15a	1.47±0.14ab
平均日增重 ADG (g)	242.59±10.35b	276.06±8.48a	271.08±10.58ab	266.75±11.31ab
料重比 F/G	6.13±0.29a	5.23±0.17b	5.79±0.25ab	5.87±0.30ab

注:同行数据相同字母表示差异不显著($P>0.05$),同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: There is no significant difference between the same letters in the peer data ($P>0.05$), the different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$). The same below.

2.5 不同剂量的复方中药对育肥羊血清理化指标的影响

与对照组相比,0.5%组 T_4 含量显著提高($P<0.05$),较对照组提高了13.97%,而COR的含量与之相反,0.5%组较对照组显著降低了33.15%;虽然 T_3 和GH的含量不同组间差异不显著($P>0.05$),但0.5%组含量略高于其他3组。血清常规代谢营养指标中,0.5%组GLU含量极显著高于对照组($P<0.01$),BUN含量显著低于对照组($P<0.05$),而血清TP、ALB和GLB的含量不同组间差异不显著($P>0.05$)(表5)。

2.6 经济效益分析

虽然0.5%组每只羊每天的饲料成本高于对照组,但增重成本最低。按试验期间育肥羊市场销售价格26.4元·kg⁻¹计算,0.5%组、1.0%组和1.5%组的增重效益分别比对照组提高了13.91%、7.50%和7.19%;0.5%组

的净收益最高, 每只每天收益为 4.85 元, 比对照组、1.0% 和 1.5% 组分别提高了 17.43%、16.59% 和 18.87%。因此, 0.5% 组的养殖收益最大(表 6)。

表 5 不同剂量复方中药对育肥羊血清理化指标的影响

Table 5 The effect of different doses of compound Chinese medicine on biochemical parameters in serum of fattening sheep

项目 Items	组别 Group			
	0	0.5%	1.0%	1.5%
三碘甲状腺原氨酸 T ₃ (ng·mL ⁻¹)	32.50±0.82a	35.64±0.79a	32.76±1.55a	34.21±1.49a
甲状腺素 T ₄ (ng·mL ⁻¹)	984.05±48.17b	1121.50±34.20a	1097.97±29.92ab	1099.82±28.80ab
生长激素 GH (ng·mL ⁻¹)	0.85±0.14a	1.38±0.04a	1.33±0.23a	1.14±0.31a
皮质醇 COR (ng·mL ⁻¹)	27.27±1.33a	18.23±1.44b	21.09±0.39ab	22.37±3.37ab
葡萄糖 GLU (mmol·L ⁻¹)	3.69±0.19B	4.65±0.16Aa	4.03±0.22Aab	3.91±0.21Ab
尿素氮 BUN (mmol·L ⁻¹)	9.47±0.37a	7.56±0.91b	8.05±0.37ab	9.00±0.40ab
总蛋白 TP (g·L ⁻¹)	76.53±1.58ab	80.72±0.97a	75.16±2.01b	77.66±0.61ab
白蛋白 ALB (g·L ⁻¹)	39.50±1.12a	40.92±0.78a	39.34±0.84a	38.61±0.71a
球蛋白 GLB (g·L ⁻¹)	35.62±1.98a	40.87±2.47a	36.29±2.50a	37.89±2.11a

注: 同行数据不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

Note: The different capital letters indicate extremely significant differences in the peer data ($P<0.01$).

表 6 经济效益分析

Table 6 Economic benefit analysis

项目 Item	组别 Group			
	0	0.5%	1.0%	1.5%
中药成本 Cost of herb (Yuan·d ⁻¹ ·piece ⁻¹)	0	0.14	0.28	0.42
饲料成本 Feed cost (Yuan·d ⁻¹ ·piece ⁻¹)	2.27	2.30	2.44	2.36
增重成本 Weight gain cost (Yuan·kg ⁻¹)	9.46	8.21	9.38	9.07
育肥羊销售价格 Sheep sale price (Yuan·kg ⁻¹)	26.40	26.40	26.40	26.40
增重效益 Weight gain income (Yuan·d ⁻¹ ·piece ⁻¹)	6.40	7.29	6.88	6.86
净收益 Net income (Yuan·d ⁻¹ ·piece ⁻¹)	4.13	4.85	4.16	4.08

3 讨论

3.1 复方中药对育肥羊生理指标和行为特性的影响

夏季高温环境引起绵羊热应激的报道已有很多^[19-21]。通常情况下, 绵羊的最适温度为-3~23℃, 等热区为 21~25℃^[22-23]。国内外评价反刍动物热应激常用的指标为 THI。Tucker 等^[24]和 Hamzaoui 等^[25]研究认为, 当 $55 \leq \text{THI} \leq 70$ 时, 无热应激; $70 < \text{THI} < 75$ 时, 轻度热应激; $75 < \text{THI} < 85$ 时, 中度热应激; $\text{THI} > 85$ 时, 重度热应激。本研究中试验羊舍每天均温高达 29.2℃, 各时刻 THI 均超过 75, 最高达 83.9, 可见, 试验羊群全天都遭受着中度热应激。

在热应激条件下, 动物机体的热平衡会被打破, 需重新建立内环境的稳态或在可接受的生理范围内进行调节^[26]。呼吸频率和体温是反映动物热应激生理特征的公认指标。据报道, 开放式羊舍环境温度为 38.2℃ 时, 鲁西黑头羊公羔呼吸次数可达 94 次·min⁻¹, 而密闭舍配置空调设施降温时, 舍均温保持 24.4℃, 羊的各项生理指标正常^[27]。当温度升高到某一临界值时, 热应激山羊可能会出现热性喘息, 呼吸频率高达 300~400 次·min⁻¹, 而低温休息时仅为 10~30 次·min⁻¹^[28]。彭丹丹^[29]的研究发现, 高 THI 环境下, 奶牛直肠温度达到 39.51℃, 显著高于低 THI 环境下的奶牛 (39.22℃), 且随着热应激程度的增加, 奶牛乳蛋白率和乳脂率显著降低。本研究中育肥羊的直肠温度为 39.3~39.8℃, 属于正常范围, 而呼吸频率为 100~120 次·min⁻¹, 已超出正常范围。日粮中添加不

同剂量的复方中药后,育肥羊的呼吸频率显著降低,尤其是添加0.5%中药,呼吸频率下降最明显,且直肠温度也有降低趋势,这与Jefferson等^[30]和Dzarnisa等^[31]的研究结果基本一致。一般而言,热平衡调节机制受下丘脑调控,其接收身体表层和深层组织温度变化的信号后,通过各种神经通路引起不同程度的内分泌和行为效应,影响家畜的采食中枢神经系统,从而降低了其干物质采食量和营养物质消化率,并影响胃肠道蠕动。Zahner等^[32]关于行为的研究认为,环境温度升高会增加奶牛站立次数,可能的原因是站立可以增加身体表面与空气的接触,使体热尽可能地散发出去且耗能较少。本研究也发现,除了6:00和18:00,8:00—16:00间5个时间点饲喂中药的羊躺卧比例均有所增加,尤其是下午时段(12:00—16:00),其3个中药组分别提高了19.15%、13.51%和13.38%。同时,根据各组羊行为的观察发现,添加0.5%中药组的采食速率均高于其他各组,且采食量和饮水量均有所增加,说明添加0.5%复方中药可以有效缓解羊的热应激,改善其生产性能。

3.2 复方中药对育肥羊生产性能的影响

胃肠道被认为是热应激影响的主要靶器官之一。热应激可降低干物质采食量和营养物质消化率,破坏胃肠道蠕动,有研究表明,羊遭受热应激时,会导致采食量和饲料利用率下降,使机体无法获得足够的营养来维持生长需要^[33-34]。中草药作为饲料添加剂可增加家畜采食量,改善消化代谢,促进其生长和增强机体免疫力等^[35]。本研究结果表明,日粮中添加中药可使羊的ADFI和ADG显著提高,F/G降低,这表明复方中药提高了羊的生产性能,某种程度上可能改善了育肥羊的营养状况。付戴波等^[36]关于肉牛饲喂中药的研究也表明,由藿香、苍术、陈皮和厚朴等组成的中药复方添加剂可提高高温条件下饲料利用率,提高肉牛生产性能。然而,也有不一致的研究报道,认为中草药对家畜并无显著影响^[37-38],这可能是由于中药种类繁多,所含成分复杂多样,不同药物组成的复方具有多种功效,且其药效还与应用对象的生理特点关系密切^[39]。Burns等^[40]和Ibrahim等^[41]的研究表明,如果两种或多种中药混合使用,会出现协同或拮抗效果,与单一中药的当量浓度相比,协同效应会增加50~2000倍。本研究将香薷、大黄、厚朴和黄芩4味中药混合饲喂,显著提高了育肥羊的生产性能和消化性能,表明该复方中药可能具有协同作用,对缓解羊的热应激有积极作用。

从经济效益分析得出,本研究中虽然每只羊每天的饲料成本和中药成本高于不给饲中药的对照组,但增重成本相对低,添加0.5%~1.5%中药组的增重效益分别比对照组提高了7.19%~13.91%,以添加0.5%中药的净收益最高,可提高17.43%,而添加1.5%中药的净收益反降低1.21%。因此,0.5%的中药复方添加量可实现养殖效益最大化。

3.3 复方中药对育肥羊血液理化指标的影响

内分泌系统是机体的重要调节系统,可维持内环境的稳定,调节机体的生长发育和物质代谢。高温刺激后内分泌系统中激素分泌紊乱,肾上腺分泌的糖皮质激素(如COR和皮质酮)和甲状腺分泌的甲状腺激素(T_3 和 T_4)含量可能会受到影响,导致机体糖类、脂类和蛋白质的代谢活动减弱^[3]。因此,血清中COR和甲状腺激素常被作为衡量家畜热应激的重要指标。本试验结果表明,日粮中添加复方中药后, T_3 和 T_4 含量表现出上升趋势,尤其是添加0.5%中药更为明显,而COR含量与之相反,呈下降趋势。这与Ribeiro等^[42]和Bozzi^[43]的研究结果基本吻合。此外,复方中药也提高了GH的含量,这说明添加复方中药可以改善热应激下羊的内分泌,增强育肥羊的抗热应激能力。血液中GLU浓度主要受胰岛素和胰高血糖素的调节,而热应激对血糖水平具有负面影响,导致胰岛素和胰高血糖素的产生受到抑制,本研究结果与Ibtisham等^[4]的结果一致。也有报道,热应激期间,GLU水平的下降是由于甲状腺素浓度的降低,这与热应激期间的能量代谢密切相关^[44]。本研究结果显示,日粮中添加中药使育肥羊的GLU水平有所改善,且添加0.5%中药效果较明显。血清中BUN、TP和ALB含量均可以反映机体蛋白质吸收和代谢的状况,BUN是蛋白质分解代谢的产物,当蛋白质代谢良好时,其含量较低。本试验结果显示,添加中药后BUN含量降低,TP、ALB和GLB含量表现出增加趋势,与Xie等^[45]的结果相吻合,这说明复方中药可以影响育肥羊对饲料养分的消化吸收。

4 结论

热应激条件下日粮中添加复方中药可改善杂交小尾寒羊的生理指标和血液理化特性,降低呼吸频率,提高躺

卧率,显著提高了绵羊的日增重和饲料利用率,说明该复方中药可有效缓解夏季高温条件下杂交绵羊遭受的热应激,以添加0.5%的剂量效果最佳。

参考文献 References:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2014.
- [2] Wang Z Q, Xu Y Q, Shi L L, *et al.* The effect of heat stress on ruminant feeding and rumen function. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(8): 3448–3455.
王哲奇,徐元庆,石璐璐,等.热应激对反刍动物采食和瘤胃功能的影响. *动物营养学报*, 2019, 31(8): 3448–3455.
- [3] Ribeiro M N, Ribeiro N L, Bozzi R, *et al.* Physiological and biochemical blood variables of goats subjected to heat stress—A review. *Journal of Applied Animal Research*, 2018, 46(1): 1036–1041.
- [4] Ibtisham F, Nawab A, Niu Y, *et al.* The effect of ginger powder and Chinese herbal medicine on production performance, serum metabolites and antioxidant status of laying hens under heat-stress condition. *Journal of Thermal Biology*, 2019, 81: 20–24.
- [5] Chen Z H, Xiong H Z, Ma Y C, *et al.* Influence of ceiling on environment and physiological property of beef in beef cattle barn using tunnel ventilation system with fan-pad evaporative cooling system. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(9): 175–184.
陈昭辉,熊浩哲,马一畅,等.吊顶对湿帘风机纵向通风牛舍环境及牛生理的影响研究. *农业工程学报*, 2019, 35(9): 175–184.
- [6] Zhu J, Xie Y, Pei M C, *et al.* Effects of capsaicin on intake, milk performance and serum biochemical indexes of heat stressed dairy cows. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(9): 4158–4165.
朱靖,谢颖,裴明财,等.辣椒碱对热应激奶牛采食量、产奶性能和血清生化指标的影响. *动物营养学报*, 2020, 32(9): 4158–4165.
- [7] Mao Y F, Yang G Q, Wang L F, *et al.* Effects of α -Lipoic acid and yeast chromium on growth performance, plasma biochemical indexes and nutrient digestion and utilization of sheep under heat stress. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(9): 4212–4221.
毛亚芳,杨改青,王林枫,等. α -硫辛酸、酵母铬对热应激绵羊生长性能、血浆生化指标及营养物质消化利用的影响. *动物营养学报*, 2020, 32(9): 4212–4221.
- [8] Zhang C G, Su X S, Liu G L, *et al.* Effects of feeding compound herbal additives on immunity status and lactation performance in holstein cows. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(11): 104–112.
张春刚,苏效双,刘光磊,等.复方中草药添加剂对荷斯坦奶牛免疫和泌乳性能的影响. *草业学报*, 2017, 26(11): 104–112.
- [9] Shan C H, Guo J J, Sun X S, *et al.* Effects of fermented Chinese herbal medicines on milk performance and immune function in late-lactation cows under heat stress conditions. *Journal of Animal Science*, 2018, 96(10): 4444–4457.
- [10] Zhang R, Chen G J, Shang Y S, *et al.* Effects of fresh feeding fagopyrum dibotrys on performance, egg quality and serum index of heat stressed laying hens. *Acta Prataculturae Sinica*, 2020, 29(9): 179–189.
张蓉,陈光吉,尚以顺,等.鲜饲金荞麦对热应激蛋鸡生产性能、蛋品质和血清指标的影响. *草业学报*, 2020, 29(9): 179–189.
- [11] Han Z Q, Yang J Y. Application of Chinese herbal compound preparation in large-scale pig production. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2019, 51(12): 130–134.
韩战强,杨继远.中草药复方制剂在规模化养猪生产中的应用. *畜牧与兽医*, 2019, 51(12): 130–134.
- [12] Wang X, Gong L, Jiang H. Study on the difference between volatile constituents of the different parts from *elsholtzia ciliata* by SHS—GC—MS. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 8(10): 625–635.
- [13] Li P, Lu Q, Jiang W, *et al.* Pharmacokinetics and pharmacodynamics of rhubarb anthraquinones extract in normal and disease rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2017, 91: 425–435.
- [14] Wang W, Liang D, Song X, *et al.* Magnolol inhibits the inflammatory response in mouse mammary epithelial cells and a mouse mastitis model. *Inflammation*, 2015, 38(1): 16–26.
- [15] Wu C L, Wang H Y, Xu J, *et al.* Magnolol inhibits tumor necrosis factor- α -induced ICAM-1 expression via suppressing NF- κ B and MAPK signaling pathways in human lung epithelial cells. *Inflammation*, 2014, 37(6): 1957–1967.

- [16] Shang X, Pan H, Li M, *et al.* Lonicera japonica thunb: Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 138(1): 1–21.
- [17] Hu Y L, Ye S L, Luo J J. Effect of Chinese herbal medicine on milk production, antioxidant capacity and immunity of dairy cows. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(1): 132–140.
胡永灵, 叶世莉, 罗佳捷. 中草药制剂对热应激奶牛泌乳性能、抗氧化能力及免疫功能的影响. *草业学报*, 2015, 24(1): 132–140.
- [18] Yan P S, Li R Z. *Animal environmental hygiene*. Beijing: Higher Education Press, 2004.
颜培实, 李如治. *家畜环境卫生学*. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [19] Zhao J J, Feng M, Sun X S, *et al.* Evaluation of heat stress of housed sheep and correlation between temperature-humidity parameter and physiological parameter of sheep in Hebei Province. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2020, 51(6): 1342–1353.
赵娟娟, 冯曼, 孙新胜, 等. 河北省舍饲绵羊的热应激评价及温湿参数与羊生理指标的相关性研究. *畜牧兽医学报*, 2020, 51(6): 1342–1353.
- [20] Shi L L, Wang Z Q, Xu Y Q, *et al.* Effects of heat stress on serum immune and antioxidative indexes and relative expression of related genes in sheep. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(11): 5275–5284.
石璐璐, 王哲奇, 徐元庆, 等. 热应激对绵羊血清免疫和抗氧化指标及相关基因相对表达量的影响. *动物营养学报*, 2020, 32(11): 5275–5284.
- [21] Peng X K, Zhao T, Huang X Y, *et al.* Effects of acute heat stress on blood biochemistry indices and expression of HSP70 family genes in blood lymphocytes in goats. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2019, 50(6): 1219–1229.
彭孝坤, 赵天, 黄晓瑜, 等. 急性热应激对山羊血液生化指标及血淋巴细胞热休克蛋白70家族基因表达的影响. *畜牧兽医学报*, 2019, 50(6): 1219–1229.
- [22] Zhao Y Z. *Sheep production*. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
赵有璋. *羊生产学*. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [23] Costa M J R P D, Silva R G D, Souza R C D. Effect of air temperature and humidity on ingestive behaviour of sheep. *International Journal of Biometeorology*, 1992, 36(4): 218–222.
- [24] Tucker C B, Rogers A R, Karin E, *et al.* Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 2008, 109(2/3/4): 141–154.
- [25] Hamzaoui S, Salama A A K, Albanell E, *et al.* Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96(10): 6355–6365.
- [26] Herbut P, Angrecka S, Dorota G, *et al.* The physiological and productivity effects of heat stress in cattle—A review. *Annals of Animal Science*, 2019, 19(3): 579–594.
- [27] Wang J W, Cui X K, Zhang G P, *et al.* Measurement and control of lamb fattening house environment in high temperature season. *Journal of Domestic Animal Ecology*, 2014, 35(5): 80–82.
王金文, 崔绪奎, 张果平, 等. 高温季节羔羊育肥舍环境参数研究. *家畜生态学报*, 2014, 35(5): 80–82.
- [28] Wang B L, Zhang J P, Chen Z S. The influence of high temperature environment on the physiological constants of romney sheep and hu sheep. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 1991(6): 356–363.
王宝理, 张江平, 陈正生. 高温环境对罗姆尼羊及湖羊生理常数的影响. *江西农业大学学报*, 1991(6): 356–363.
- [29] Peng D D. *Effects of warm environment and individual heat sensitivity on milk performance and physiological stress indicators of dairy cows*. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018.
彭丹丹. *温热环境和个体热敏感性对奶牛产奶性能及生理应激指标的影响*. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [30] Jefferson R G, Cao S T, Tiago A D, *et al.* Influence of a feed additive containing vitamin B12 and yeast extract on milk production and body temperature of grazing dairy cows under high temperature-humidity index environment. *Livestock Science*, 2019, 221: 28–32.
- [31] Dzarnisa, Rachmadi D, Azhar A, *et al.* Milk production, physiological condition and performance of etawa crossbreed goats feed by ration supplemented with mangosteen peel flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, 119(1): 012040.
- [32] Zahner M, Schrader L, Hauser R, *et al.* The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Science*, 2004, 78(1): 139–147.
- [33] Mahjoubi E, Yazdi M H, Aghaziarati N, *et al.* The effect of cyclical and severe heat stress on growth performance and

- metabolism in afshari lambs. *Journal of Animal Science*, 2015, 93(4): 1632–1640.
- [34] Ulises M C, Saavedra R, Abelardo C C, *et al.* Feedlot growth, carcass characteristics and meat quality of hair breed male lambs exposed to seasonal heat stress (winter vs. summer) in an arid climate. *Meat Science*, 2020, 169: 108202.
- [35] Fu C, Zhang Y, Jing Q, *et al.* Effect of Chinese herbal medicine on growth performance, immune organ index and antioxidant functions in broiler chickens. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2018, 20(7): 1677–1681.
- [36] Fu D B, Qu M R, Song X Z, *et al.* Effect of chinese herbal compound preparation on production performance and nutrient digestibility of heat-stressed beef cattle. *Chinese Journal of Animal Science*, 2013, 49(1): 53–56.
付戴波, 瞿明仁, 宋小珍, 等. 中药复方制剂对热应激肉牛生产性能及养分消化率的影响. *中国畜牧杂志*, 2013, 49(1): 53–56.
- [37] Botsoglou N A, Florou-Paneri P, Christaki E, *et al.* Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 2002, 43(2): 223–230.
- [38] Hwang J W, Cheong S H, Kim Y S, *et al.* Effects of dietary supplementation of oriental herbal medicine residue and methyl sulfonyl methane on the growth performance and meat quality of ducks. *Animal Production Science*, 2017, 57(5): 948–957.
- [39] Zhang X Y, Liu B, Luo J R, *et al.* Effects of chinese medicine prescriptions on production performance, physiological and biochemical indexes of beef cattle under heat stress. *Acta Veterinaria at Zootechnica Sinica*, 2018, 49(3): 620–628.
张新雨, 刘博, 罗军荣, 等. 中药复方制剂对热应激肉牛生产性能及生理生化指标的影响. *畜牧兽医学报*, 2018, 49(3): 620–628.
- [40] Burns J J, Zhao L, Taylor E W, *et al.* The influence of traditional herbal formulas on cytokine activity. *Toxicology*, 2010, 278(1): 140–159.
- [41] Ibrahim J, Waqas A, Abbas B S N. Plant-derived immunomodulators: An insight on their preclinical evaluation and clinical trials. *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6: 655.
- [42] Ribeiro N L, Costa R G, Pimenta F E C, *et al.* Effects of the dry and the rainy season on endocrine and physiologic profiles of goats in the brazilian semi-arid region. *Italian Journal of Animal Science*, 2018, 17(2): 454–461.
- [43] Bozzi R. Adaptive profile of garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters. *Small Ruminant Research*, 2016, 144: 236–241.
- [44] Soleimani A F, Zulkifli I. Effects of high ambient temperature on blood parameters in red jungle fowl, village fowl and broiler chickens. *Journal of Animal & Veterinary Advances*, 2012, 9(8): 1201–1207.
- [45] Xie Z, Zhang J, Ma S, *et al.* Effect of Chinese herbal medicine treatment on plasma lipid profile and hepatic lipid metabolism in Hetian broiler. *Poultry Science*, 2017, 96(6): 1918–1924.