

竹叶提取物对热应激奶牛泌乳性能及血清生化、抗氧化和免疫指标的影响

李 义 童津津 栗明月 韩思雨 赵璐宇 方洛云* 蒋林树*

(北京农学院动物科学技术学院,奶牛营养学北京市重点实验室,北京 102206)

摘要: 本试验旨在研究竹叶提取物对热应激奶牛泌乳性能及血清生化、抗氧化和免疫指标的影响。试验于2019年7—8月进行,试验期间日平均温湿度指数为75.87,奶牛处于自然热应激状态。选取24头体重[(559.2±37.4) kg]、泌乳天数[(185.7±16.9) d]、胎次[(3.3±0.3)胎]和产奶量[(37.6±0.8) kg/d]相近的荷斯坦奶牛,随机分为2组,每组12头。对照组饲喂全混合日粮(TMR),试验组在TMR基础上添加1.3 g/kg DM的竹叶提取物。预试期14 d,正试期21 d。分别于正试期第1、11、21天测量奶牛呼吸频率、直肠温度并采集血样和奶样,测定泌乳性能及血清生化、抗氧化和免疫指标。结果表明:1) 试验组热应激奶牛的呼吸频率极显著低于对照组($P<0.01$),直肠温度与对照组相比有降低的趋势($P=0.09$)。2) 试验组热应激奶牛的产奶量和乳脂率极显著高于对照组($P<0.01$),乳中体细胞数与对照组相比有降低的趋势($P=0.09$),但干物质采食量、乳蛋白率和乳糖率与对照组无显著差异($P>0.05$)。3) 试验组热应激奶牛的血清肾上腺素含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清前列腺素-2含量显著高于对照组($P<0.05$),血清游离脂肪酸含量与对照组相比有升高的趋势($P=0.06$),但血清糖皮质激素、三碘甲状腺原氨酸、甲状腺素、葡萄糖含量及乳酸脱氢酶活性与对照组无显著差异($P>0.05$)。4) 试验组热应激奶牛的血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性极显著高于对照组($P<0.01$),血清丙二醛含量极显著低于对照组($P<0.01$)。5) 试验组热应激奶牛的血清肿瘤坏死因子- α 和白细胞介素-2含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清白细胞介素-1和白细胞介素-1 β 含量极显著低于对照组($P<0.01$),血清免疫球蛋白A含量显著高于对照组($P<0.05$),血清免疫球蛋白G含量与对照组相比有升高的趋势($P=0.08$),但血清干扰素- γ 、白细胞介素-6和免疫球蛋白M含量与对照组无显著差异($P>0.05$)。综上所述,饲粮中添加1.3 g/kg DM竹叶提取物降低了热应激奶牛的呼吸频率和直肠温度,提高了泌乳性能,缓解了机体的代谢紊乱,增强了机体的抗氧化能力,改善了机体的免疫功能。

关键词: 竹叶提取物;奶牛;热应激;生化指标;抗氧化指标;免疫指标

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)02-0900-13

近年来,全球变暖日益严重,极端高温天气频发,由此产生的气候特征表现为气温超过长期的平均水平、高温天气出现的频率增加以及高温天气持续时间增长^[1]。因高温高湿天气引发的动物

热应激对畜牧业危害巨大。奶牛是一种耐寒畏热的动物,因其被毛密度大,散热能力差,在高温高湿环境下代谢产热超过自身的散热能力就会造成奶牛热应激^[2]。热应激奶牛通过降低采食量来降

收稿日期:2020-10-22

基金项目:北京市农业科技示范推广项目(20200130);国家“十三五”重点研发计划(2016YFD0700201);北京农学院学位与研究生教育改革与发展项目(5076516017/026)

作者简介:李 义(1997—),男,山东临沂人,硕士研究生,从事奶牛营养与免疫研究。E-mail: liyi_123_321@163.com

* 通信作者:方洛云,副教授,E-mail: fangly@bac.edu.cn;蒋林树,教授,博士生导师,E-mail: jls@bac.edu.cn

低机体产热,而采食量的降低和机体代谢途径的改变造成奶牛泌乳性能降低^[3]。热应激还会造成机体的氧化应激、炎症反应,严重损害奶牛健康^[4-5]。当前评估奶牛热应激常用的指标是温湿度指数(temperature-humidity index, THI), $72 < \text{THI} \leq 77$ 为轻度热应激, $77 < \text{THI} \leq 89$ 为中度热应激, $\text{THI} > 89$ 为重度热应激^[6]。

我国作为竹子的原产地,自古以来就有饮竹叶茶生津解暑的传统^[7]。竹叶提取物(bamboo leaf extract, BLE)是萃取淡竹叶得到的一种淡黄色粉末,主要活性物质是碳苷类黄酮化合物,具有显著的抑菌效果,并能提高动物机体的抗氧化能力和免疫功能^[8]。张金枝等^[9]研究发现,与对照组相比,饲料添加 0.01% 的竹叶黄酮可使断奶仔猪平均日增重提高 26.2%, 饲料利用率提高 17.7%, 腹泻率降低 35.9%, 经济效益提高 36.5%, 证明了竹叶黄酮对仔猪生产性能有明显的促进作用。热应激爱拔益加(AA)肉仔鸡每天补饲 1.6 g/kg 的竹叶提取物降低了肌肉失水率,提高了肉品质^[10]。侯昆等^[11]研究发现,竹叶提取物提高了患隐性乳房炎奶牛的生产性能,增强了机体抗氧化能力和免疫功能,降低了乳中体细胞数(SCC)。本实验室前期的研究发现,在全混合日粮(TMR)中添加 1.3 g/kg DM 的竹叶提取物显著提高了非热应激奶牛的泌乳性能、抗氧化能力和免疫功能^[12]。然而,竹叶提取物对热应激奶牛泌乳性能及血清相关指标影响的研究还未见报道。因此,本试验旨在探究竹叶提取物对热应激奶牛泌乳性能及血清生化、抗氧化和免疫指标的影响,为竹叶提取物用于缓解奶牛热应激提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验动物及饲养管理

试验选取 24 头胎次[(3.3±0.3)胎]、体重[(559.2±37.4) kg]、产奶量[(37.6±0.8) kg/d]、泌乳天数[(185.7±16.9) d]相近的健康荷斯坦奶牛。每天 07:00、13:00 和 18:00 对奶牛进行投料,自由采食,充足饮水。牛棚内每隔 5 m 装有 1 台悬挂式风扇(青州市开发区润江温控设备厂)。在试验期间,当环境温度高于 20 ℃ 时,风扇以 2 m/s 的速度开始运转。在奶牛挤奶前的 20 min,奶牛被统一赶到挤奶厅进行喷淋降温。使用精准饲喂设备(Insentec 公司,荷兰)对每头试验牛进行

单槽饲喂,通过试验牛对应的耳标号控制饲槽开关,从而避免试验组奶牛和对照组奶牛错误采食。记录试验牛每天的采食量。使用阿菲金自动挤奶设备(90° 并排平行畜栏结构,阿菲金公司,以色列)对试验牛每天早、中、晚挤奶 3 次并记录每天的产奶量。

1.2 试验材料

试验所用竹叶提取物购自陕西某天然制品有限公司,其组分包括总黄酮(41.2%)、粗灰分(20.5%)、粗蛋白质(CP, 13.2%)、水溶性多糖(15.4%)和其他成分(9.7%)。

1.3 试验设计

试验时间为 2019 年 7—8 月,在北京周边某牛场进行。试验阶段环境温度和相对湿度较高,日平均环境温度为(28.3±0.1) ℃,日平均环境相对湿度为(48.8±0.3)%,日平均 THI 为 75.9±0.5,奶牛在自然条件下处于热应激状态。通过测定每天多个时间点的环境温度和相对湿度并计算日平均 THI,分析奶牛的热应激程度及变化趋势。试验牛被随机分为 2 组,每组 12 头。对照组饲喂 TMR,试验组在 TMR 基础上添加 1.3 g/kg DM 的竹叶提取物。TMR 组成及营养水平见表 1。试验期 35 d,其中预试期 14 d,正试期 21 d。

表 1 TMR 组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the

TMR (DM basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
玉米青贮 Corn silage	24.62	
苜蓿 Alfalfa	15.41	
豆粕 Soybean meal	7.21	
压片玉米 Flaked corn	29.62	
棉籽粕 Cottonseed meal	7.12	
甜菜粕 Beet meal	5.39	
干酒糟及其可溶物 DDGS	7.02	
预混料 Premix ¹⁾	3.61	
合计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
产奶净能 NE _L /(MJ/kg)	1.53	
粗脂肪 EE	4.56	
粗蛋白质 CP	16.40	
酸性洗涤纤维 ADF	23.33	
中性洗涤纤维 NDF	34.39	

续表 1

项目 Items	含量 Content
钙 Ca	0.75
磷 P	0.32

1) 每千克预混料含有 One kg of premix contained the following: Cu 1 250 mg, Zn 4 900 mg, Mn 1 760 mg, I 50 mg, Se 61 mg, VA 240 000 IU, VD 338 000 IU, VE 1 000 IU。

2) 产奶净能根据 NRC(2001) 计算得出, 其他营养水平为实测值。NE_L was estimated according to NRC (2001), while the other nutrient levels were measured values.

1.4 样品采集与指标测定

1.4.1 TMR 的采集与分析

在整个试验阶段, 每周采集 2 次 TMR, -20 °C 保存。在试验结束后, 将所有 TMR 样品混合均匀, 分别取样测定 DM、粗脂肪 (EE)、CP、酸性洗涤纤维 (ADF)、中性洗涤纤维 (NDF)、粗灰分、钙 (Ca) 和磷 (P) 含量。使用 WPL-125BE 型电热恒温干燥箱 (吴江台德烘箱电炉制造有限公司) 将样品烘至恒重, 测定 DM 含量 (方法编号: 930.15, AOAC)^[13]。使用 SER 148/6 型脂肪测定仪 (香港嘉盛科技有限公司) 测定 EE 含量 (方法编号: 945.16, AOAC)^[13]。使用 KDY-9830 型凯氏定氮仪 (深圳市科拓电子有限公司) 测定 CP 含量 (方法编号: 945.16, AOAC)^[13]。使用 2000i 型脂肪分析仪 (安康科技有限公司, 美国) 测定 ADF 和 NDF 含量。使用 SX2-2.5-12A 型马弗炉 (上海柏欣仪器设备厂) 测定粗灰分含量 (方法编号: 942.05, AOAC)^[13]。使用 UV752N 型分光光度计 (上海佑科仪器仪表有限公司), 采用比色法测定 P 含量。使用 PinAAcle500 型原子吸收光谱分析仪 (珀金埃尔默有限公司, 美国) 测定 Ca 含量。

1.4.2 牛舍 THI 的测定

使用 ST-172 型温湿度记录仪 (创立科技环球有限公司, 美国) 在 24 h 内, 每隔 15 min 记录 1 次环境温度和相对湿度, 并计算日平均 THI。THI 的计算公式^[6]为:

$$THI = 0.81T_d + (0.99T_d - 14.37)RH + 46.3。$$

式中: T_d 为环境温度 (°C); RH 为环境相对湿度 (%)。

1.4.3 奶牛直肠温度和呼吸频率的测定

在正试期第 1、11、21 天, 使用兽用直肠体温

计 (郑州豪润齐电子科技有限公司) 测定奶牛 06:00、14:00、22:00 的直肠温度, 并计算日平均值。在测定直肠温度后, 使用秒表和计数器测定 1 min 时间内奶牛的腹部和胸廓起伏次数作为呼吸频率, 测定 2 次并取平均值。

1.4.4 奶样的采集与处理

在正试期第 1、11、21 天, 采集每头试验牛早、中、晚的奶样。挤奶前擦干净乳房, 弃去头 3 把奶, 使用 DHI 奶样瓶采集奶样。将早、中、晚的奶样按照 4:3:3 的比例混合, 得到 50 mL 的待测奶样, 加入 2-溴-2-硝基-1,3-丙二醇作为防腐剂, 进行乳成分分析。使用 FTA 型乳成分分析仪 (Delta 公司, 荷兰) 对奶样中乳蛋白率、乳脂率、乳糖率及 SCC 进行分析。

1.4.5 血样的采集与处理

在正试期第 1、11、21 天, 奶牛晨饲前 30 min 采集奶牛血样。通过尾静脉采血法将血样采集到规格为 10 mL 的血清分离胶真空采血管 (上海康德莱有限公司) 中。使用 Sorvall MTX 150 型台式离心机 (赛默飞世尔科技有限公司, 美国) 将采集到的血样在 4 °C 下 3 000×g 离心 15 min 得到血清样本。将血清分装到 2 mL 的冻存管中 -80 °C 保存备用。

1.4.6 血清生化指标的测定

按照试剂盒 (南京建成生物工程研究所) 操作步骤, 采用放射免疫分析法测定血清三碘甲状腺原氨酸 (T₃) 和甲状腺素 (T₄) 含量; 使用 GF-D200 型全自动生化分析仪 (山东彩虹分析仪器有限公司) 测定血清乳酸脱氢酶 (LDH) 活性及葡萄糖 (GLU)、游离脂肪酸 (NEFA) 含量; 按照试剂盒 (南京建成生物工程研究所) 操作步骤, 采用酶联免疫吸附法 (ELISA) 测定血清糖皮质激素 (GC)、肾上腺素 (EPI) 和前列腺素-2 (PGE-2) 含量。

1.4.7 血清抗氧化指标的测定

按照试剂盒 (南京建成生物工程研究所) 操作步骤, 对血清丙二醛 (MDA) 含量及超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性进行检测。

1.4.8 血清免疫指标的测定

按照试剂盒 (南京建成生物工程研究所) 操作步骤, 采用 ELISA 对血清干扰素-γ (IFN-γ)、肿瘤坏死因子-α (TNF-α)、白细胞介素-1 (IL-1)、白细胞介素-1β (IL-1β)、白细胞介素-2 (IL-2)、白

细胞素-6(IL-6)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)和免疫球蛋白 M(IgM)含量进行检测。

1.5 数据统计分析

使用 SPSS 23.0 软件对奶牛呼吸频率、直肠温度、干物质采食量、泌乳性能和血清指标进行交叉分组的双因素方差分析,采用 Duncan 氏法进行多重比较。试验数据用平均值和均值标准误(SEM)表示, $P<0.05$ 表示差异显著, $P<0.01$ 表示差异极

显著, $0.05<P<0.10$ 表示有显著趋势。

2 结 果

2.1 试验期日平均 THI 的变化趋势

如图 1 所示,从预试期第 7 天开始,日平均 THI 均大于 72,即奶牛进入热应激状态。在正试期第 5 天到第 19 天奶牛处于中度热应激状态,且日平均 THI 表现为先增后减的变化趋势,正试期第 11 天日平均 THI 最高(86.5)。

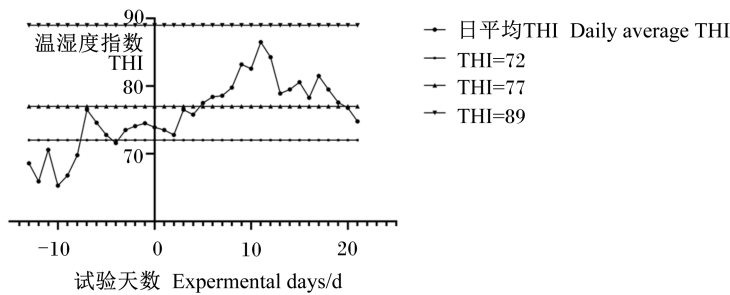


图 1 牛舍日平均 THI 变化曲线

Fig.1 Daily average THI curve of cow barn

2.2 竹叶提取物对热应激奶牛呼吸频率和直肠温度的影响

由表 2 可知,试验组热应激奶牛的呼吸频率极显著低于对照组($P<0.01$),直肠温度与对照组相比有降低的趋势($P=0.09$)。

随着奶牛热应激状态的持续,第 11 天(THI=86.5)的呼吸频率极显著高于第 1(THI=73.5)、21 天(THI=74.8)($P<0.01$);而第 1、11、21 天的直肠温度无显著差异($P>0.05$)。

表 2 竹叶提取物对热应激奶牛呼吸频率和直肠温度的影响

Table 2 Effects of bamboo leaf extract on respiratory rate and rectal temperature of dairy cows during heat stress

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第 1 天 Day 1	第 11 天 Day 11	第 21 天 Day 21		组别 Group	时间 Time
呼吸频率 Respiratory rate/(次/min)	73.47 ^A	65.69 ^B	61.38 ^C	77.17 ^A	70.21 ^B	1.06	<0.01	<0.01
直肠温度 Rectal temperature/°C	38.78	38.58	38.65	38.74	38.64	0.04	0.09	0.50

同行同项目数据肩标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($P<0.01$),相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

In the same row and item, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.3 竹叶提取物对热应激奶牛干物质采食量和泌乳性能的影响

由表 3 可知,试验组热应激奶牛的产奶量和

乳脂率极显著高于对照组($P<0.01$),乳中 SCC 与对照组相比有降低的趋势($P=0.09$),但干物质采食量、乳蛋白率和乳糖率与对照组无显著差异($P>$

0.05)。

随着奶牛热应激状态的持续,干物质采食量极显著降低后又极显著升高($P<0.01$);第 11、21 天的产奶量极显著低于第 1 天($P<0.01$);第 11 天

的乳脂率显著高于第 1 天($P<0.05$);第 1、11、21 天的乳蛋白率、乳糖率和乳中 SCC 差异不显著($P>0.05$)。

表 3 竹叶提取物对热应激奶牛干物质采食量和泌乳性能的影响

Table 3 Effects of bamboo leaf extract on dry matter intake and lactation performance of dairy cows during heat stress

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第 1 天 Day 1	第 11 天 Day 11	第 21 天 Day 21		组别 Group	时间 Time
干物质采食量 DMI/(kg/d)	20.58	20.86	22.75 ^A	19.36 ^C	19.95 ^B	0.25	0.27	<0.01
产奶量 Milk yield/(kg/d)	34.89 ^B	35.96 ^A	36.30 ^{Aa}	34.94 ^{Bb}	35.04 ^{Bb}	0.20	<0.01	<0.01
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.35 ^B	3.59 ^A	3.30 ^b	3.59 ^a	3.52 ^{ab}	0.05	0.01	0.03
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	3.17	3.09	3.10	3.14	3.15	0.02	0.11	0.59
乳糖率 Lactose percentage/%	5.21	5.18	5.19	5.19	5.21	0.01	0.31	0.71
体细胞数 SCC/($\times 10^4$ 个/mL)	22.97	18.36	17.38	23.75	20.88	1.45	0.09	0.16

2.4 竹叶提取物对热应激奶牛血清生化指标的影响

由表 4 可知,试验组热应激奶牛的血清肾上腺素含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清前列腺素-2 含量显著高于对照组($P<0.05$),血清游离脂肪酸含量与对照组相比有升高的趋势($P=0.06$),但血清糖皮质激素、三碘甲状腺原氨酸、甲状腺素、葡萄糖含量及乳酸脱氢酶活性与对照组

无显著差异($P>0.05$)。

随着奶牛热应激状态的持续,血清三碘甲状腺原氨酸含量极显著升高($P<0.01$),血清甲状腺素含量极显著降低($P<0.01$);第 11、21 天的血清乳酸脱氢酶活性极显著高于第 1 天($P<0.01$);第 11、21 天的血清葡萄糖含量极显著低于第 1 天($P<0.01$);第 1、11、21 天的血清糖皮质激素、肾上腺素和游离脂肪酸含量差异不显著($P>0.05$)。

表 4 竹叶提取物对热应激奶牛血清生化指标的影响

Table 4 Effects of bamboo leaf extract on serum biochemical indexes of dairy cows during heat stress

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第 1 天 Day 1	第 11 天 Day 11	第 21 天 Day 21		组别 Group	时间 Time
糖皮质激素 GC/(pg/mL)	43.11	46.78	44.98	44.21	45.64	1.37	0.20	0.92
肾上腺素 EPI/(ng/L)	206.57 ^B	272.02 ^A	233.93	235.03	248.93	9.11	<0.01	0.72
前列腺素-2 PGE-2/(pg/mL)	117.44 ^b	142.56 ^a	127.76	136.66	125.57	5.76	0.03	0.71
三碘甲状腺原氨酸 T ₃ /(ng/mL)	4.63	4.67	3.92 ^C	4.45 ^B	5.59 ^A	0.11	0.79	<0.01
甲状腺素 T ₄ /(ng/mL)	165.74	165.71	186.44 ^A	169.60 ^B	141.14 ^C	3.53	1.00	<0.01

续表 4

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第 1 天 Day 1	第 11 天 Day 11	第 21 天 Day 21		组别 Group	时间 Time
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	640.53	612.47	547.96 ^{Bb}	662.21 ^{Aa}	669.33 ^{Aa}	16.17	0.36	<0.01
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.38	5.42	5.85 ^{Aa}	5.11 ^{Bb}	5.24 ^{Bb}	0.10	0.83	<0.01
游离脂肪酸 NEFA/(μ mol/L)	60.40	65.19	64.24	62.29	61.85	1.25	0.06	0.71

2.5 竹叶提取物对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知,试验组热应激奶牛的血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性极显著高于对照组($P<0.01$),血清丙二醛含量极显著低于对照组($P<0.01$)。

随着奶牛热应激状态的持续,血清丙二醛含量极显著升高后又极显著降低($P<0.01$);第 11 天的血清超氧化物歧化酶活性极显著低于第 1 天($P<0.01$);第 11、21 天的血清谷胱甘肽过氧化氢酶活性极显著低于第 1 天($P<0.01$)。

表 5 竹叶提取物对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of bamboo leaf extract on serum antioxidant indexes of dairy cows during heat stress

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第 1 天 Day 1	第 11 天 Day 11	第 21 天 Day 21		组别 Group	时间 Time
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	2.45 ^A	1.98 ^B	1.69 ^C	2.80 ^A	2.12 ^B	0.09	<0.01	<0.01
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	9.20 ^B	11.46 ^A	11.47 ^{Aa}	9.26 ^{Bb}	10.19 ^{ABab}	0.35	<0.01	<0.01
谷胱甘肽过氧化氢酶 GSH-Px/(μ mol/L)	679.39 ^B	788.20 ^A	866.03 ^{Aa}	631.75 ^{Bb}	673.40 ^{Bb}	20.05	<0.01	<0.01

2.6 竹叶提取物对热应激奶牛血清免疫指标的影响

由表 6 可知,试验组热应激奶牛的血清 TNF- α 和 IL-2 含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清 IL-1 和 IL-1 β 含量极显著低于对照组($P<0.01$),血清 IgA 含量显著高于对照组($P<0.05$),血清 IgG 含量与对照组相比有升高的趋势($P=0.08$),但血清 IFN- γ 、IL-6 和 IgM 含量与对照组无显著差异($P>0.05$)。

随着奶牛热应激状态的持续,血清 IFN- γ 含量极显著升高($P<0.01$),血清 TNF- α ($P=0.06$)、IL-1 β ($P=0.09$) 和 IgG 含量($P=0.09$) 有降低的趋势;第 11、21 天的血清 IL-6 含量极显著高于第 1 天($P<0.01$);第 21 天的血清 IL-2 含量极显著低于第 1 天($P<0.01$);第 11 天的血清 IL-1 含量显

著高于第 1 天($P<0.01$);第 21 天的血清 IgA 含量显著高于第 1 天($P<0.05$);第 1、11、21 天的血清 IgM 含量无显著差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 竹叶提取物对热应激奶牛生理指标、泌乳性能及血清生化指标的影响

3.1.1 竹叶提取物对热应激奶牛呼吸频率和直肠温度的影响

本研究发现,饲料添加竹叶提取物显著降低了热应激奶牛的呼吸频率,有降低热应激奶牛直肠温度的趋势,缓解了因热应激引起的机体稳态失衡。呼吸频率和直肠温度是反映奶牛热应激最直观的生理指标^[14]。奶牛处于热应激时,首先通过增加呼吸频率来增加散热;当奶牛无法通过呼

吸散失体内多余热量时,就会导致奶牛体温升高,诱发炎症反应并造成机体代谢紊乱^[15]。刘德义等^[16]研究发现,热应激奶牛补饲大豆黄酮可以降低呼吸频率和直肠温度,并改善奶牛机体代谢。此外,竹叶提取物可以增加大鼠血清中甘油三酯、高密度脂蛋白含量,促进血管扩张和机体散热,增强心肌收缩能力,从而调节呼吸频率^[17]。然而,竹叶提取物在反刍动物中的研究报道较少。本研究

中,饲料添加竹叶提取物降低了奶牛的呼吸频率和直肠温度,可能是竹叶提取物通过改善奶牛代谢水平,增强了机体散热能力。研究表明,肾上腺素通过兴奋支气管平滑肌 β_2 受体舒张支气管从而改善通气功能^[18]。在本研究中,饲料添加竹叶提取物显著提高了热应激奶牛血清肾上腺素含量,对缓解热应激奶牛呼吸频率的升高起到积极作用。

表6 竹叶提取物对热应激奶牛血清免疫指标的影响

Table 6 Effects of bamboo leaf extract on serum immune indexes of dairy cows during heat stress

项目 Items	组别 Groups		时间 Time			均值 标准误 SEM	P 值 P-value	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	第1天 Day 1	第11天 Day 11	第21天 Day 21		组别 Group	时间 Time
干扰素- γ IFN- γ /(pg/mL)	200.09	194.15	175.48 ^C	204.36 ^B	225.90 ^A	3.62	0.46	<0.01
肿瘤坏死因子- α TNF- α /(ng/L)	44.62 ^B	47.95 ^A	47.73	45.33	45.29	0.54	<0.01	0.06
白细胞介素-1 IL-1/(ng/L)	30.20 ^A	27.28 ^B	27.54 ^b	29.97 ^a	28.69 ^{ab}	0.49	<0.01	0.03
白细胞介素-1 β IL-1 β /(pg/mL)	4.23 ^A	3.58 ^B	4.14	3.84	3.56	0.11	<0.01	0.09
白细胞介素-2 IL-2/(ng/L)	25.25 ^B	27.63 ^A	27.52 ^{Aa}	27.12 ^{ABab}	22.91 ^{Bb}	0.46	<0.01	<0.01
白细胞介素-6 IL-6/(ng/L)	0.93	0.96	0.80 ^{Bb}	1.05 ^{Aa}	1.02 ^{Aa}	0.02	0.80	<0.01
免疫球蛋白 G IgG/(μ g/mL)	3.48	3.70	3.62	3.67	3.36	0.05	0.08	0.09
免疫球蛋白 A IgA/(ng/mL)	6.88 ^b	7.15 ^a	6.76 ^b	7.10 ^{ab}	7.35 ^a	0.08	0.04	0.02
免疫球蛋白 M IgM/(ng/mL)	27.87	29.65	28.01	28.93	29.94	0.51	0.11	0.38

3.1.2 竹叶提取物对热应激奶牛干物质采食量和泌乳性能的影响

本研究中,饲料添加竹叶提取物在不影响干物质采食量的情况下,极显著提高了热应激奶牛的产奶量和乳脂率,并有降低乳中 SCC 的趋势,缓解了因热应激造成的奶牛泌乳性能下降。研究表明,热应激刺激奶牛的厌食中枢,通过降低采食量降低自身代谢产热;热应激奶牛增加了饮水量和呼吸频率,这对采食量和采食时间同样产生不利影响^[3]。然而,因采食量降低造成的热应激奶牛能量负平衡以及热应激奶牛机体对营养物质的重分配造成了奶牛泌乳性能的降低^[19]。本研究使用的竹叶提取物主要活性成分是黄酮类化合物,大

量研究表明,黄酮类化合物能够提高奶牛生产性能。例如,Zhan 等^[20]对奶牛补饲苜蓿黄酮,提高了奶牛的抗氧化能力和机体免疫力,并提高了奶牛的泌乳性能。奶牛饲喂富含黄酮类化合物的葡萄提取物降低了肝脏炎症反应和内质网应激,并不影响干物质采食量的情况下提高了产奶量^[21]。侯昆等^[11]对患有隐性乳房炎的奶牛补饲竹叶黄酮,提高了奶牛的产奶性能,增强了机体的抗氧化能力和免疫功能。本研究中,饲料添加竹叶提取物在不影响干物质采食量的情况下极显著提高了热应激奶牛的产奶量和乳脂率,有降低乳中 SCC 的趋势,这与前人的研究结果基本一致。值得注意的是,尽管饲料添加竹叶提取物显著提

高了热应激奶牛的产奶量,但是,与试验初期奶牛的平均产奶量相比,饲料添加竹叶提取物无法完全消除因热应激造成的产奶量下降。本研究发现,随着奶牛热应激状态的持续,干物质采食量先下降后升高,产奶量变化趋势与干物质采食量一致,它们与整个试验阶段 THI 的变化趋势呈负相关关系。尽管饲料添加竹叶提取物提高了热应激奶牛的产奶量和乳品质,但无法完全消除因热应激造成的泌乳性能下降。

3.1.3 竹叶提取物对热应激奶牛血清生化指标的影响

本研究发现,饲料添加竹叶提取物通过提高肾上腺素含量促进葡萄糖和游离脂肪酸的合成,并被大量用于牛奶和乳脂的合成,从而提高了热应激奶牛的泌乳性能。有研究表明,热应激信号促进丘脑-垂体-肾上腺皮质轴(hypothalamic-pituitary-adrenal axis, HPA 轴)的激活,使下丘脑合成促肾上腺皮质激素释放激素(CRH),进一步刺激垂体前叶释放促肾上腺皮质激素(ACTH)^[22]。ACTH 激活肾上腺皮质细胞,合成并释放糖皮质激素来增强靶器官的功能,缓解奶牛热应激^[23]。然而,当奶牛在长期热应激状态下,HPA 轴受损,其功能减弱,肾上腺功能处于抑制状态,肾上腺素分泌减少,奶牛血清中的促肾上腺皮质激素和皮质醇含量就会降低^[24]。本研究中,饲料添加竹叶提取物增加了血清糖皮质激素含量,但差异不显著;值得注意的是,饲料添加竹叶提取物显著增加了血清肾上腺素含量,这表明竹叶提取物缓解了奶牛在长期热应激状态下对 HPA 轴的损伤。肾上腺素作为肾上腺髓质的主要激素,能促进热应激奶牛的心肌收缩,改善心肌血清供应,提高机体代谢和耗氧量,提高血清葡萄糖含量,并激活甘油三酯酶,加速脂肪分解,使血清中游离脂肪酸含量升高,进而促进乳脂合成^[25]。本研究中,饲料添加竹叶提取物有提高血清游离脂肪酸含量的趋势;提高了血清葡萄糖含量,但差异不显著。结合本研究中竹叶提取物对泌乳性能的影响,我们推测,尽管饲料添加竹叶提取物显著提高了血清肾上腺素含量,并促进了血清葡萄糖和游离脂肪酸的产生,但血清葡萄糖和游离脂肪酸作为乳合成的前体物质被大量用于牛奶和乳脂的合成,提高了热应激奶牛的泌乳性能。因此,本研究结果表明,饲料添加竹叶提取物可以通过调节热应激奶牛血清激素

含量,改善热应激奶牛的机体代谢失衡,进而缓解因热应激造成的奶牛泌乳性能下降。

本研究发现,随着奶牛热应激状态的持续,血清三碘甲状腺原氨酸含量极显著升高,血清甲状腺素含量极显著下降,这体现了奶牛在持续热应激状态下的一种减少机体代谢产热的自我调控机制。研究表明,当奶牛处于热应激状态时,刺激机体代谢加快,三碘甲状腺原氨酸需求量及甲状腺素转化为三碘甲状腺原氨酸的效率升高,糖皮质激素分泌活动增强,同时,甲状腺素的下降限制了热应激奶牛代谢产热^[26]。此外,热应激条件下,由于奶牛碳水化合物代谢的改变,降低了奶牛的血清葡萄糖含量,而葡萄糖作为牛奶合成的前体物,其含量的降低是导致热应激奶牛产奶量下降的原因之一^[27]。本研究中,随着持续热应激的发生,奶牛血清葡萄糖含量和产奶量都降低了,而血清葡萄糖含量的降低可能与血清乳酸脱氢酶活性的极显著升高有关。有研究表明,乳酸脱氢酶是糖酵解中无氧酵解的关键酶,热应激奶牛为了保证中枢神经、心脏等重要器官的供氧,致使其他组织采取无氧酵解的方式供能^[28]。热应激奶牛在通过乳酸脱氢酶进行糖酵解的过程中消耗大量葡萄糖,但只产生少量 ATP,使机体不过度产热;此外,乳酸脱氢酶将葡萄糖或者糖原分解为乳酸,增加了糖异生的底物,从而促进了机体的糖异生^[29]。此外,乳酸脱氢酶活性增加又会造成动物机体肝功能障碍,对机体健康产生负面影响^[30]。而本研究中,饲料添加竹叶提取物降低了血清乳酸脱氢酶活性,但差异不显著。

3.2 竹叶提取物对热应激奶牛血清抗氧化和免疫指标的影响

3.2.1 竹叶提取物对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

奶牛氧化应激是指奶牛机体氧化作用超过抗氧化作用,导致自由基动态稳衡失衡并造成炎症细胞浸润,产生大量的氧化中间产物^[31]。研究表明,丙二醛是膜脂过氧化最重要的产物之一,热应激奶牛血清中丙二醛含量的上升造成了奶牛的膜系统损伤^[32]。超氧化物歧化酶是奶牛体内抗氧化酶系的重要组成成员,它能催化超氧阴离子自由基歧化生成氧和过氧化氢,提高机体的抗氧化能力,而谷胱甘肽过氧化氢酶是一种重要的过氧化物分解酶,它能催化还原型谷胱甘肽(GSH)变为

氧化型谷胱甘肽(GSSG),使有毒的过氧化物还原成无毒的羟基化合物,从而保护细胞膜的结构及功能不受损害,热应激造成了奶牛体内超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性的降低,使得机体清除自由基的能力下降,过氧化物大量沉积,损伤细胞膜结构^[4-5]。本研究中,随着奶牛热应激状态的持续,血清丙二醛含量极显著升高后又极显著降低,表明丙二醛与 THI 有明显的正相关性且反应较为敏感。第 11 天的血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性极显著低于第 1 天,表明热应激导致奶牛持续性的抗氧化能力降低。

本研究结果表明,饲粮添加竹叶提取物降低了热应激奶牛血清中丙二醛含量,提高了血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性,提高了热应激奶牛的抗氧化能力,起到了缓解奶牛热应激的作用。竹叶黄酮作为竹叶提取物的主要活性成分,其苯环上具有羟基且支链包含碳碳双键,具有明显的还原性,可以有效分解动物机体因热应激产生的氧化产物,并提高抗氧化酶活性^[33]。Yu 等^[34]研究表明,通过细胞试验,竹叶提取物能够干预叉头框转录因子 O(FoxO)信号通路启动,从而缓解 HepG2 细胞氧化应激。栗明月等^[12]在饲粮中添加竹叶提取物显著降低了奶牛血清丙二醛含量,并显著提高了血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性。本研究结果显示,饲粮添加竹叶提取物极显著提高了血清超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化氢酶活性,并极显著降低了血清丙二醛含量,表明竹叶提取物能提高热应激奶牛的抗氧化能力,进而缓解奶牛热应激。

3.2.2 竹叶提取物对热应激奶牛血清免疫指标的影响

本研究中,随着奶牛热应激状态的持续,血清 IFN- γ 含量极显著升高,而 IFN- γ 具有调节 T 细胞辅助细胞分化的作用,与抗炎因子白细胞介素-4(IL-4)相互拮抗^[35],IFN- γ 的表达上调会增强机体的炎症反应,损害奶牛健康。Baldassarre 等^[36]研究发现,热应激肉牛血清 IFN- γ 含量显著升高并诱发了机体的炎症反应。奶牛热应激状态下血清 IL-1 和 IL-1 β 含量显著增加,并作用于神经递质,诱发厌食反应,抑制瘤胃蠕动,进而降低奶牛产奶量^[37]。本研究结果表明,随着奶牛热应激状态的持续,血清 IL-1 含量升高,但血清 IL-1 β 含量有降低的趋势。Zhan 等^[20]研究发现,苜蓿黄酮能

够显著降低热应激奶牛的血清 IL-1 和 IL-1 β 含量,并提高产奶量。本研究中,饲粮添加竹叶提取物同样极降低了热应激奶牛血清 IL-1 和 IL-1 β 含量,降低了热应激奶牛机体的炎症反应,并提高了泌乳性能。

IL-2 可以刺激 T 细胞分裂,增强 T 细胞的杀伤活性,促进 NK 细胞增殖,促进细胞分泌 TNF- α ^[38]。在本研究中,随着奶牛热应激状态的持续,血清 IL-2 含量降低,这可能会抑制免疫细胞的增殖,降低热应激奶牛的免疫功能。而本研究中,饲粮添加竹叶提取物极显著提高了热应激奶牛血清 IL-2 含量,缓解了热应激造成的奶牛免疫能力下降;饲粮添加叶提取物极显著提高了热应激奶牛血清 TNF- α 含量,这可能与 IL-2 含量的增加有关。研究表明,TNF- α 可以作用于中枢神经系统,促进 HPA 轴的激活,有利于动员能量和保持内环境稳定^[39]。Strong 等^[40]研究发现,热应激提高了犊牛 TNF- α 的 mRNA 表达水平,促进了 HPA 轴的激活,进而缓解了热应激引起的代谢紊乱。B 淋巴细胞增殖分化产生特异性免疫球蛋白参与免疫反应,从而提高机体的抗菌、抗病毒能力,而 IgA 是血清中含量仅次于 IgG 的一种免疫球蛋白,它能与 Fc 受体相互作用引起巨噬细胞和中心粒细胞的吞噬作用。本研究结果表明,饲粮添加竹叶提取物显著提高了热应激奶牛血清 IgA 含量,从而提高了热应激奶牛的抗炎能力。研究表明,奶牛饲喂大豆黄酮同样能显著增加血清和乳汁中 IgA 含量,提高机体免疫力和乳品质^[41]。综上所述,饲粮添加竹叶提取物能通过提高血清 TNF- α 含量促进 HPA 轴的激活,缓解代谢紊乱,并通过降低炎症因子含量和增加免疫球蛋白含量,提高机体免疫功能。

4 结 论

饲粮中添加 1.3 g/kg DM 的竹叶提取物可以降低热应激奶牛呼吸频率和直肠温度,提高热应激奶牛的产奶量和乳脂率,缓解热应激奶牛机体的代谢紊乱,提高机体的抗氧化能力,改善机体的免疫功能。

致谢:

感谢北京奶牛中心延庆基地良种场对试验提供的重要帮助。

参考文献:

- [1] YORK L, HEFFERNAN C, RYMER C, et al. A deterministic evaluation of heat stress mitigation and feed cost under climate change within the smallholder dairy sector[J]. *Animal*, 2017, 11(5): 900-909.
- [2] GERNAND E, KONIG S, KIPP C. Influence of on-farm measurements for heat stress indicators on dairy cow productivity, female fertility and health[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(7): 6660-6671.
- [3] PERDOMO M C, MARSOLA R S, FAVORETO M G, et al. Effects of feeding live yeast at 2 dosages on performance and feeding behavior of dairy cows under heat stress[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103(1): 325-339.
- [4] SAMMAD A, UMER S, SHI R, et al. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(4): 978-986.
- [5] CHEN K L, WANG H L, JIANG L Z, et al. Heat stress induces apoptosis through disruption of dynamic mitochondrial networks in dairy cow mammary epithelial cells[J]. *In Vitro Cellular and Developmental Biology Animal*, 2020, 56(4): 322-331.
- [6] LEE J S, KANG S, KIM M J, et al. Dietary supplementation with combined extracts from garlic (*Allium sativum*), brown seaweed (*Undaria pinnatifida*), and pinecone (*Pinus koraiensis*) improves milk production in Holstein cows under heat stress conditions[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2020, 33(1): 111-119.
- [7] QING G, HANGQING L, PENGTAO W, et al. Investigation of physicochemical properties and antioxidant activity of ultrafine bamboo leaf powder prepared by ball milling[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(7): 175-184.
- [8] WANG J, TANG F, YUE Y, et al. Development and validation of an HPTLC method for simultaneous quantitation of isoorientin, isovitexin, orientin, and vitexin in bamboo-leaf flavonoids[J]. *Journal of AOAC International*, 2010, 93(5): 1376-1383.
- [9] 张金枝, 邵庆均, 吴晓琴, 等. 竹叶黄酮对断奶仔猪生产性能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2003(1): 25-29.
- ZHANG J Z, SHAO Q J, WU X Q, et al. Effect of bamboo leaf flavone on the performance of weaned piglets[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2003(1): 25-29. (in Chinese)
- [10] 杨奇, 杨宇生, 曾妮, 等. 竹叶黄酮对持续高温状态下肉鸡生长性能和屠宰性能的影响[J]. *饲料工业*, 2014, 35(8): 6-8.
- YANG Q, YANG Y S, ZENG N, et al. Effects of bamboo flavones on growth performance and slaughtering performance of broiler chickens under continuous high temperature[J]. *Feed Industry Magazine*, 2014, 35(8): 6-8. (in Chinese)
- [11] 侯昆, 童津津, 楚康康, 等. 竹叶黄酮与青蒿提取物对患隐性乳房炎奶牛产奶性能、乳中体细胞数及血清免疫和抗氧化相关指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(9): 4286-4295.
- HOU K, TONG J J, CHU K K, et al. Effects of bamboo leaf flavonoids and artemisia annua extract on milk performance, milk somatic cell count and serum immune and antioxidant related indexes of dairy cows with subclinical mastitis[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(9): 4286-4295. (in Chinese)
- [12] 栗明月, 方洛云, 苏汉书, 等. 竹叶提取物对奶牛泌乳性能、血液常规指标、免疫和抗氧化性能的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(7): 3302-3309.
- LI M Y, FANG L Y, SUN H S, et al. Effects of bamboo leaf extracts on lactation performance, blood routine indexes and immune and antioxidant ability of dairy cows[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(7): 3302-3309. (in Chinese)
- [13] AOAC. Official methods of analysis[S]. 15th ed. Arlington VA: AOAC International Press, 2011.
- [14] SONG X, LUO J, FU D, et al. Traditional Chinese medicine prescriptions enhance growth performance of heat stressed beef cattle by relieving heat stress responses and increasing apparent nutrient digestibility[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2014, 27(10): 1513-1520.
- [15] OTTO P I, GUIMARAES S, VERARDO L L, et al. Genome-wide association studies for heat stress response in *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbred cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(9): 8148-8158.
- [16] 刘德义, 贺绍君, 刘世清, 等. 大豆黄酮对热应激奶牛血细胞数和生理常数的影响[J]. *中国奶牛*, 2013(1): 23-26.
- LIU D Y, HE S J, LIU S Q, et al. Effects of soy flavones on blood cell count and physiological constants in cows under heat stress[J]. *China Dairy Cattle*, 2013(1): 23-26. (in Chinese)
- [17] ZHANG L, MAO Y, PAN J, et al. Bamboo leaf extract ameliorates cardiac fibrosis possibly via alleviating in-

- flammation, oxidative stress and apoptosis [J]. *Bio-medicine & Pharmacotherapy*, 2017, 95 (21) : 808 - 817.
- [18] XUN Q, HU C, LI X, et al. GLCCII rs37973 is associated with the response of adrenal hormone to inhaled corticosteroids in asthma [J]. *World Allergy Organization Journal*, 2019, 12 (3) : 100017.
- [19] SAFA S, KARGAR S, MOGHADDAM G A, et al. Heat stress abatement during the postpartum period: effects on whole lactation milk yield, indicators of metabolic status, inflammatory cytokines, and biomarkers of the oxidative stress [J]. *Journal of Animal Science*, 2019, 97 (1) : 122-132.
- [20] ZHAN J, LIU M, SU X, et al. Effects of alfalfa flavonoids on the production performance, immune system, and ruminal fermentation of dairy cows [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2017, 30 (10) : 1416-1424.
- [21] GESSNER D K, KOCH C, ROMBERG F J, et al. The effect of grape seed and grape marc meal extract on milk performance and the expression of genes of endoplasmic reticulum stress and inflammation in the liver of dairy cows in early lactation [J]. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98 (12) : 8856-8868.
- [22] GJERSTAD J K, LIGHTMAN S L, SPIGA F. Role of glucocorticoid negative feedback in the regulation of HPA axis pulsatility [J]. *Stress-The International Journal on The Biology of Stress*, 2018, 21 (5) : 403-416.
- [23] SCHWINN A C, SAUER F J, GERBER V, et al. Free and bound cortisol in plasma and saliva during ACTH challenge in dairy cows and horses [J]. *Journal of Animal Science*, 2018, 96 (1) : 76-84.
- [24] 刘嘉莉, 窦金焕, 胡丽蓉, 等. 热应激对奶牛生理和免疫功能的影响及其机理 [J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45 (1) : 263-270.
- LIU J L, DOU J H, HU L R, et al. Effects of Heat stress on physiological and immune function of dairy cows and its mechanism [J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2018, 45 (1) : 263-270. (in Chinese)
- [25] MARETT L C, AULDIST M J, WALES W J, et al. Responses to metabolic challenges in dairy cows with high or low milk yield during an extended lactation [J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102 (5) : 4590-4605.
- [26] LEITE D S W, POEHLAND R, CARVALHO D O C, et al. Shading effect on physiological parameters and *in vitro* embryo production of tropical adapted Nellore heifers in integrated crop-livestock-forest systems [J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2020, 52 (5) : 2273-2281.
- [27] LH B, JB W, SR S, et al. Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94 (11) : 5620-5633.
- [28] 宋小珍, 付戴波, 瞿明仁, 等. 热应激对肉牛血清内分泌激素含量、抗氧化酶活性及生理生化指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24 (12) : 2485-2490.
- SONG X Z, FU D B, QU M R, et al. Effects of heat stress on serum endocrine hormone content, antioxidant enzyme activity and physiological and biochemical indexes of beef cattle [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24 (12) : 2485-2490. (in Chinese)
- [29] COLLIER R J, STIENING C M, POLLARD B C, et al. Use of gene expression microarrays for evaluating environmental stress tolerance at the cellular level in cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84 (7) : 123-135.
- [30] AMER H A, AWAD E T, EL-BATRAWI A M. Effect of aflatoxin B₁ on alkaline phosphatase and lactic dehydrogenase levels in liver and serum of broiler chicks [J]. *Archiv fur Experimentelle Veterinarmedizin*, 1988, 42 (4) : 595-602.
- [31] REICHMANN D, VOTH W, JAKOB U. Maintaining a healthy proteome during oxidative stress [J]. *Molecular Cell*, 2018, 69 (2) : 203-213.
- [32] SURAI P F, KOCHISH I I, FISININ V I, et al. Revisiting oxidative stress and the use of organic selenium in dairy cow nutrition [J]. *Animals*, 2019, 9 (7) : 104-114.
- [33] GONG J, XIA D, HUANG J, et al. Functional components of bamboo shavings and bamboo leaf extracts and their antioxidant activities *in vitro* [J]. *Journal of Medicinal Food*, 2015, 18 (4) : 453-459.
- [34] YU Y, LI Z, CAO G, et al. Bamboo leaf flavonoids extracts alleviate oxidative stress in Hepg2 cells via naturally modulating reactive oxygen species production and Nrf2-MEDiated antioxidant defense responses [J]. *Journal of Food Science*, 2019, 84 (6) : 1609-1620.
- [35] LU L L, SMITH M T, YU K, et al. IFN-gamma-independent immune markers of *Mycobacterium tuberculosis* exposure [J]. *Nature Medicine*, 2019, 25 (6) : 977-

- 987.
- [36] BALDASSARRE M, NALDI M, DOMENICALI M, et al. Simple and rapid LC-MS method for the determination of circulating albumin microheterogeneity in veal calves exposed to heat stress [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2017, 144(11): 263–268.
- [37] SHAN C H, GUO J, SUN X, et al. Effects of fermented Chinese herbal medicines on milk performance and immune function in late-lactation cows under heat stress conditions [J]. *Journal of Animal Science*, 2018, 96(10): 4444–4457.
- [38] MA F T, SHAN Q, JIN Y H, et al. Effect of *Lonicera japonica* extract on lactation performance, antioxidant status, and endocrine and immune function in heat-stressed mid-lactation dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2020(5): 417–428.
- [39] 李留安, 杨晓静, 杜改梅, 等. HPA 轴应激应答反应产生的中枢调节机制 [J]. *中国兽医杂志*, 2010(6): 65–66.
- LI L A, YANG X J, DU G M, et al. The central regulatory mechanism of HPA axis stress response [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2010(6): 65–66. (in Chinese)
- [40] STRONG R A, SILVA E B, CHENG H W, et al. Acute brief heat stress in late gestation alters neonatal calf innate immune functions [J]. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(11): 7771–7783.
- [41] YAGHOUBI S M, GHORBANI G R, RAHMANI H R, et al. Growth, weaning performance and blood indicators of humoral immunity in Holstein calves fed supplemental flavonoids [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2008, 92(4): 456–462.

Effects of Bamboo Leaf Extract on Lactation Performance and Indexes of Biochemical, Antioxidant and Immune in Serum of Dairy Cows during Heat Stress

LI Yi TONG Jinjin LI Mingyue HAN Siyu ZHAO Luyu FANG Luoyun* JIANG Linshu*
(Beijing Key Laboratory for Dairy Cow Nutrition, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of bamboo leaf extract on lactation performance and indexes of biochemical, antioxidant and immune in serum of dairy cows during heat stress. The experiment was conducted from July to August in 2019, the daily average temperature-humidity index was 75.87 during the experiment, and the dairy cows were in a state of natural heat stress. Twenty-four Holstein cows with similar body weight [(559.2±37.4) kg], days of lactation [(185.7±16.9) d], parity [(3.3±0.3) parities] and milk yield [(37.6±0.8) kg/d] were randomly divided into 2 groups with 12 cows per group. Cows in the control group were fed a total mixed ration (TMR), and others in the experimental group were fed the TMR supplemented with 1.3 g/kg DM bamboo leaf extract. The pre-experimental period lasted for 14 days, and the experimental period lasted for 21 days. On days 1, 11 and 21 of experimental period, the respiratory rate and rectal temperature were measured, and the milk samples and blood samples were collected to determine the lactation performance and indexes of biochemical, antioxidant and immune in serum. The results showed as follows: 1) the respiratory rate of dairy cows during heat stress in the experimental group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.01$), and the rectal temperature had a decreasing trend compared with the control group ($P = 0.09$). 2) The milk yield and milk fat percentage of dairy cows during heat stress in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.01$), the milk somatic cell count had a decreasing trend compared with the control group ($P = 0.09$), but the dry matter intake, milk

protein percentage and lactose percentage had no significant differences compared with the control group ($P > 0.05$). 3) The serum adrenaline content of dairy cows during heat stress in the experimental group was significantly higher than that in the control group ($P < 0.01$), the serum prostaglandin-2 content was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$), the serum free fatty acid content had a increasing trend compared with the control group ($P = 0.06$), but the contents of glucocorticoid, triiodothyronine, thyroxine, glucose and activity of lactate dehydrogenase in serum had no significant differences compared with the control group ($P > 0.05$). 4) The activities of superoxide dismutase and glutathione catalase in serum of dairy cows during heat stress in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.01$), and the serum malondialdehyde content was significantly lower than that in the control group ($P < 0.01$). 5) The contents of tumor necrosis factor- α and interleukin-2 in serum of dairy cows during heat stress in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.01$), the contents of interleukin-1 and interleukin-1 β in serum were significantly lower than those in the control group ($P < 0.01$), the serum immunoglobulin A content was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$), the serum immunoglobulin G content had a increasing trend compared with the control group ($P = 0.08$), but the contents of interferon- γ , interleukin-6 and immunoglobulin M in serum had no significant differences compared with the control group ($P > 0.05$). It is concluded that dietary supplemented with 1.3 g/kg DM bamboo leaf extract can reduce the respiratory rate and rectal temperature of dairy cows during heat stress, improve the lactation performance, alleviate the body metabolic disorders and enhance antioxidant capacity and immune function. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2):900-912]

Key words: bamboo leaf extract; dairy cows; heat stress; biochemical indexes; antioxidant indexes; immune indexes