

烟酰胺对热应激奶牛血液中激素、抗氧化能力及免疫功能的影响

孙先枝^{1,2} 郑楠² 卜登攀³ 潘龙³ 秦俊杰⁴ 王秀敏⁴ 张幸开⁵ 袁耀明⁵ 程建波^{1,2*}

(1. 安徽农业大学 动物科学技术学院, 合肥 230036;

2. 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所/农业部奶产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100193;

3. 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所/动物营养学国家重点实验室, 北京 100193;

4. 北京市中兽药工程技术研究中心, 北京 102206;

5. 上海光明荷斯坦牧业有限公司, 上海 200443)

摘要 为研究饲料中添加烟酰胺对热应激奶牛血液中激素水平、抗氧化能力和免疫功能的影响, 采用完全随机区组试验设计, 根据产奶量、泌乳时间、胎次将 20 头健康的泌乳早期荷斯坦奶牛随机分为对照组和烟酰胺处理组。对照组饲喂基础日粮, 烟酰胺处理组饲喂基础日粮+8 g/d 烟酰胺, 试验期 10 周。结果表明: 1) 日粮中添加烟酰胺能显著提高 ($P < 0.05$) 热应激奶牛血清中胰岛素 (0.34 vs 0.37 ng/mL)、皮质醇 (49.86 vs 71.94 ng/mL) 和瘦素 (2.25 vs 2.74 ng/mL) 的含量, 有提高甲状腺素、热休克蛋白 70 含量的趋势 ($P \leq 0.1$), 而对血清中生长激素、催乳素和神经肽 Y 等的含量没有显著影响 ($P > 0.05$); 2) 日粮中添加烟酰胺有提高热应激奶牛血清中超氧化物歧化酶活性的趋势 ($P = 0.07$), 但对血清中谷胱甘肽过氧化物酶活性、总抗氧化能力和丙二醛的含量无显著影响; 3) 日粮中添加烟酰胺显著提高了 ($P < 0.05$) 血清中免疫球蛋白 A (160.38 vs 238.83 $\mu\text{g/mL}$) 和免疫球蛋白 G (21.54 vs 34.90 mg/mL) 及白细胞介素-4 (77.19 vs 91.23 pg/mL) 和白细胞介素-6 (97.79 vs 138.81 pg/mL) 的含量, 对 $\text{CD4}^+/\text{CD8}^+$ 的比值有增加的趋势 ($P = 0.10$), 但是对肿瘤坏死因子- α 、淋巴细胞数量的含量、 CD4^+ 和 CD8^+ 的含量等无显著影响 ($P > 0.05$)。因此, 补饲 8 g/d 烟酰胺有助于缓解热应激奶牛机体代谢紊乱、提高抗氧化能力和改善奶牛的免疫机能。

关键词 奶牛; 烟酰胺; 热应激; 激素; 抗氧化能力; 免疫功能

中图分类号 S 816

文章编号 1007-4333(2014)05-0101-09

文献标志码 A

Effects of nicotinamide on the blood hormone levels, antioxidant status and immune function of cows in heat stress

SUN Xian-zhi^{1,2}, ZHENG Nan², BU Deng-pan³, PAN Long³, QIN Jun-jie⁴, WANG Xiu-min⁴,
ZHANG Xing-kai⁵, YUAN Yao-ming⁵, CHENG Jian-bo^{1,2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Institute of Animal Sciences/Ministry of Agriculture-Milk Risk Assessment Laboratory,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

3. Institute of Animal Sciences/State Key Laboratory of Animal Nutrition, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

4. Beijing Engineering Research Center for Veterinary Drugs, Beijing 102206, China;

5. Shanghai Bright Holstein Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

Abstract The experiment was to study the effects of nicotinamide on the blood hormone levels, immune function and antioxidant status of heat-stressed cows. 20 healthy early lactation holstein cows were randomly arranged to the control

收稿日期: 2013-11-27

基金项目: 动物营养学国家重点实验室开放课题(2004DA125184F1102); 中国博士后科学基金特别资助项目(2013T60202); 现代农业产业技术体系专项资金(nycytx-04-01)

第一作者: 孙先枝, 硕士研究生, E-mail: knowingrnl@163.com

通讯作者: 程建波, 副教授, 主要从事反刍动物营养的研究, E-mail: chengjianbofcy@163.com

and the nicotinamide supplementation groups with random grouping based on DIM, the milk yield and parity. Cows were fed basic diet in the control group and basic diet plus 8 g/d nicotinamide in the nicotinamide group for a 10-week experimental period. The results showed from the following aspects. 1) Compared with cows of the control group, cows fed nicotinamide had higher ($P < 0.05$) contents of insulin and leptin and had the tendency ($P \leq 0.1$) to increase the thyroxine, and had heat shock protein 70, but supplementation of nicotinamide had no effect ($P > 0.05$) on the contents of glucagon, insulin-like growth factor-1, growth hormone, prolactin and neuropeptide in blood. 2) Cows fed nicotinamide had the tendency ($P = 0.07$) to elevate the activity of superoxide dismutase, but supplementation of nicotinamide had no effect on the activity of glutathione peroxidase and the levels of total antioxidant capacity and malondialdehyde. 3) The contents of immunoglobulin (Ig) A, IgG interleukin-4 (IL-4) and IL-6 were increased ($P < 0.05$) and the ratio of $CD4^+ / CD8^+$ was higher tendency in cows fed 8 g/d nicotinamide than in cows of the control group, while the levels of IgM, tumor necrosis factor- α , lymphocytes and the proportion of $CD4^+$ and $CD8^+$ T lymphocytes were no difference ($P > 0.05$) compared with the control group. In conclusion, it was found that supplementation of nicotinamide was helpful to alleviate hormone secretion being out of balance, improve antioxidant activity and enhance the immune function in heat-stressed cows.

Key words cow; nicotinamide; heat stress; hormone level; antioxidant status; immune function

荷斯坦奶牛体型大,单位体重的散热面积小,具有耐寒怕热的特性,其适宜泌乳温度为 $5 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[1]。我国夏季高温,持续时间较长,易导致奶牛的热应激,造成生产性能下降^[2]、激素代谢改变^[3]、产生过多的氧自由基^[4]和免疫能力下降^[5]等现象,给养牛业造成巨大的经济损失。因此,如何缓解奶牛热应激已成为人们关注的热点问题。

烟酰胺是一种结构简单、理化性质稳定的B族维生素,在动物体内与核糖、磷酸、腺嘌呤形成辅酶I和辅酶II而参与体内脂类、碳水化合物和蛋白质的代谢^[6]。烟酸是烟酰胺的直接前体,在小肠粘膜中可转变成烟酰胺而挥发作用。有研究表明^[7-9],补饲烟酸可引起热应激奶牛血管舒张,体温降低,增加热休克蛋白70的表达量,从而缓解热应激。目前多数研究集中在烟酸对热应激条件下泌乳中期奶牛上^[10-11],而关于烟酰胺对热应激条件下泌乳早期荷斯坦奶牛的作用效果研究较少。因此,本试验综合比较前人在烟酸上的研究结果^[12-13],选择饲料中添加8 g/d的烟酰胺来研究其对热应激条件下泌乳早期荷斯坦奶牛血液中激素水平和抗氧化、免疫指标的影响,旨在为烟酰胺在奶牛生产中的推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物、饲料及试验设计

本试验于2012-07-15—09-23在上海光明荷斯坦奶牛有限公司胡桥奶牛场进行。选择产奶量

(37.16 ± 1.46) kg/d、泌乳时间(80 ± 10) d、胎次相同(1.9 ± 0.4)健康的中国荷斯坦奶牛20头,随机分成对照组和烟酰胺处理组,每组10头。对照组饲喂基础日粮,烟酰胺组饲喂基础日粮+8 g/d烟酰胺。试验预饲期1周,正式期9周。试验所用烟酰胺购自浙江新赛科药业有限公司。基础日粮根据我国奶牛饲料标准^[14]设计,日粮组成及营养水平见表1。

1.2 饲养管理

奶牛栓系饲养于同一栋牛舍,采用先精后粗的饲喂方式,每天饲喂3次(06:00、13:30和20:00),自由饮水。烟酰胺分早晚2次添加到精料中。试验期间,采用喷淋和风扇结合的方式给奶牛防暑降温。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 牛舍温湿度测定

在牛舍的中间和两端距地面1.5 m处挂置温湿度仪,于每天06:00、14:00和22:00测量3次牛舍温度和湿度,并根据公式计算牛舍的温湿度指数(THI) = $(1.8 \times T + 32) - 0.55 \times (1 - RH) \times (1.8 \times T - 26)$,其中:T和RH分别代表温度, $^\circ\text{C}$ 和相对湿度,%。

1.3.2 样品采集

试验期的第0、21、42和63天于晨饲前对奶牛进行尾静脉采血2份(10 mL/份),一份加入乙二胺四乙酸(EDTA)抗凝剂用于检测血液中淋巴细胞数量(Lymphocytes, LYMPH)、 $CD4^+$ 和 $CD8^+$ 百分含量;一份不加抗凝剂,4 $^\circ\text{C}$ 静置1 h后3 000 r/min离心10 min分离血清,-40 $^\circ\text{C}$ 保存待测。

表 1 奶牛日粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of daily basal diet of dairy cows (DM basis)

饲料成分 Ingredient	w/%	化学成分 Chemical composition	含量
苜蓿干草 Alfalfa hay	14.00	w(干物质)/% DM	56.70
羊草 Chinese wildrye	8.70	产奶净能/(MJ/kg) (DM)NE _L ^②	7.01
玉米青贮 Corn silage	16.70	w(粗蛋白)/% CP	16.90
玉米 Corn	23.00	w(中性洗涤纤维)/% NDF	39.10
大麦 Barley	9.40	w(酸性洗涤纤维)/% ADF	22.50
大豆粉 Soybean meal	7.40	w(钙)/% Ca	1.07
棉籽粕 Cottonseed meal	3.40	w(磷)/% P	0.48
酒糟 Dry distillers grains	3.70		
菜籽粕 Rapeseed meal	3.40		
棉籽 Cottonseed	8.30		
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	0.54		
食盐 Salt	0.49		
碳酸氢钠 Sodium bicarbonate	0.64		
预混料 ^① Vitamin-mineral premix	0.33		

注：①每 kg 预混料中含有 VA 2 000 kIU;VD 450 kIU;VE 10 kIU;Cu (as copper sulfate) 4 560 mg;Mn 4 590 mg;Zn (as zinc sulfate) 12 100 mg;Se 200 mg;I 270 mg;Co 60 mg。②泌乳净能根据各原料能量计算所得，其余为实测值。

Note: ①Provided per kg of premix:VA 2 000 kIU;VD 450 kIU;VE 10 kIU;Cu (as copper sulfate) 4 560 mg;Mn 4 590 mg;Zn (as zinc sulfate) 12 100 mg;Se 200 mg;I 270 mg;Co 60 mg。②NE_L is calculated value according to ingredients energy, while others are measured values.

1.3.3 血液中激素、免疫及抗氧化指标的测定

血清中生长激素(GH)、瘦素(LEP)、催乳素(PRL)和胰高血糖素(GLU)采用放射性免疫检测法检测;皮质醇(COR)、三碘甲腺原氨酸(T₃)、甲状腺素(T₄)、类胰岛素生长因子-1(IGF-1)、胰岛素(INS)、热休克蛋白 70(HSP70)、神经肽-Y(NPY)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 M(IgM)、免疫球蛋白 G(IgG)、白细胞介素-2(IL-2)、IL-4、IL-6 和肿瘤坏死因子-α(TNF-α)的含量用酶联免疫法测定,其中 COR、T₃、T₄ 和 IGF-1 试剂盒购自 CUSABIO 公司(中国),INS 试剂盒购自 ALPCO 公司(美国),HSP70 试剂盒购自 Bio-Swamp 公司(中国),NPY 试剂盒购自 Bachem 公司(德国),IgA、IgM 和 IgG 试剂盒购自 Bethyl 公司(美国),IL-2、IL-4、IL-6 和 TNF-α 试剂盒购自 Groundwork Biotechnology Diagnosticate 公司(美国)。血清中超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性、总抗氧化能力(T-AOC)和丙二醛(MDA)含量采用

南京建成试剂盒比色法测定;血液中 CD4⁺、CD8⁺ T 淋巴细胞百分含量用 Quanta™ SC 流式细胞仪检测(Beckman coulter,fullerton,CA,USA),试剂盒购自 AbDserotec 公司(英国)。

1.4 统计分析

血清激素、抗氧化指标及 IgA、IgM、IgG、IL-2、IL-4、IL-6 和 TNF-α 免疫指标数据采用 SAS 9.2 软件中的 MIXED 模型进行分析,采用 Duncan's 检验法进行多重比较。CD4⁺、CD8⁺ T 淋巴细胞的百分含量及 CD4⁺/CD8⁺ 比值数据采用 SAS 9.2 软件中 GLM 模型进行分析。P≤0.05 表示差异显著,P≤0.01 表示差异极显著,P≤0.1 表示有显著变化的趋势。

2 结果与分析

2.1 牛舍的温湿度指数

试验期间牛舍的温湿度指数(THI)如图 1 所示。试验期早(6:00)、中(12:00)、晚(22:00)牛舍平

均 THI 分别为 78.3(73.9~80.8)、79.7(74.7~83.3)和 78.2(72.3~81.7),整个试验期奶牛处于持续热应激状态。

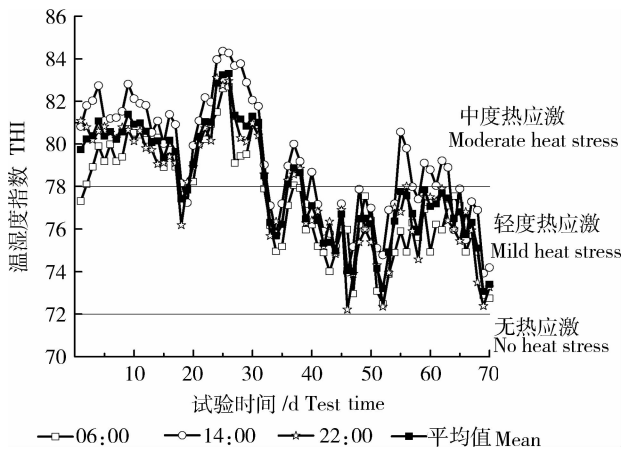


图1 试验期不同时间牛舍温湿度指数

Fig. 1 Temperature and humidity indices in barns during the experimental period

2.2 烟酰胺对热应激奶牛血清激素浓度的影响

烟酰胺对热应激奶牛血清激素浓度的影响见表2。添加烟酰胺后血清中 T_3 、INS、LEP 和 COR 的含量显著升高($P < 0.05$), T_4 和 HSP70 的含量有增高的趋势($P \leq 0.10$),但是,添加烟酰胺对热应激奶牛血清中 PRL、NPY、GLU、IGF-1 和 GH 的含量没有显著影响($P > 0.05$)。随着饲喂时间的延长,热应激奶牛血清中 T_3 和 T_4 的含量显著升高($P < 0.05$),而 HSP70 的含量显著降低($P = 0.05$)。

2.3 烟酰胺对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

烟酰胺对热应激奶牛血清抗氧化水平的影响见表3。日粮中补饲 8 g/d 烟酰胺有提高热应激奶牛血清中 SOD 的趋势($P = 0.07$),但对血清中 GSH-Px 的活性、T-AOC 和 MDA 含量均无显著影响($P > 0.05$)。

2.4 烟酰胺对热应激奶牛血清免疫指标的影响

日粮中添加烟酰胺显著提高了($P < 0.05$)血清中 IgA、IgG、IL-4 和 IL-6 的含量(表4),有提高 $CD4^+ / CD8^+$ 比值的趋势($P = 0.10$)(表5),但是对血清中 IgM、IL-2、TNF- α 和淋巴细胞的含量及 $CD4^+$ 、 $CD8^+$ T 淋巴细胞的比例无显著影响($P > 0.05$)。随着饲喂时间的延长,热应激奶牛血清中 IgA、IgM 和 TNF- α 的含量均显著降低($P < 0.05$),IL-2 的含量呈现下降的趋势($P = 0.09$)。

3 讨论

3.1 烟酰胺对热应激奶牛血清激素浓度的影响

甲状腺与机体代谢产热及热调节有关。持续高温时,动物体内的甲状腺活性降低,导致甲状腺激素(T_3 、 T_4)分泌量显著降低,产热量减少,但 T_3 、 T_4 分泌量的减少也降低了肠道的运动和食糜通过率,对能量代谢产生消极影响^[15]。本试验结果显示,添加烟酰胺可显著提高奶牛血清中 T_3 浓度,有增加 T_4 浓度的趋势,可能是因为添加烟酰胺加强了奶牛热量的散发,增强了机体抗热应激能力,缓解了热应激对奶牛的影响^[13]。随着烟酰胺饲喂时间的延长,奶牛体内的 T_3 、 T_4 显著上升,说明烟酰胺对奶牛热应激的缓解作用呈现累积效应,所以 T_3 在处理和时间交互上也呈现出显著增加的作用,这与李新建等^[16]试验结果一致。

胰岛素是由胰岛 B 细胞分泌的蛋白质激素,它能促进合成代谢,维持血糖相对稳定。有报道称营养限制期间会降低肉牛血液中 INS 含量^[17],而恢复营养后 INS 浓度升高^[18]。Hethein 等^[19]认为热应激会降低血液 INS 的浓度,这可能是干物质采食量和挥发性脂肪酸产量下降的结果,而这两者通常是促进反刍动物胰岛素分泌的刺激物^[20]。本研究结果表明,添加烟酰胺显著提高了热应激奶牛血液中胰岛素含量,这可能是因为添加烟酰胺提高了奶牛采食量和干物质消化率(数据另文发表)。进而改善了热应激奶牛营养状况,这与陆治年等^[21]的研究结果一致。但也有报道^[22],烟酸对临产奶牛的胰岛素含量无显著影响,这可能是由于试验奶牛处于生理阶段和试验条件不同导致的。

皮质醇是评定热应激条件下奶牛内分泌的重要指标。关于热应激状态下动物血液中的 COR 浓度变化的报道不一致^[16,23]。李建国等^[24]报道热应激能改变荷斯坦奶牛内分泌模式,通过与冬季对比表明夏季热应激使血清中 T_3 和皮质醇水平下降。宋代军等^[25]报道与非热应激期相比,热应激期奶牛血清中皮质醇极显著降低。目前,普遍认为在急性热应激时,血液 COR 水平呈上升趋势,而在经历持续热应激时则呈下降趋势^[26]。本试验结果显示,日粮中添加 8 g/d 的烟酰胺显著升高了奶牛血清中 COR 浓度,这与陈志伟等^[27]的报道结果一致。说明补饲烟酰胺缓解了由持续热应激引起的皮质醇浓度下降,恢复奶牛正常代谢,减缓热应激对奶牛的影响。

表2 烟酰胺对热应激奶牛血清激素指标的影响

Table 2 Effects of nicotinamide on concentrations of serum hormone in heat-stressed cows

指标 Index	处理 Treatments		时间/d Time			标准误 SEM	处理 T _{Trt}	时间 Time	交互 Interaction	P 值 P value
	对照组 Control	烟酰胺组 Nicotinamide	21	42	63					
三碘甲状腺氨酸/(ng/mL) T3	1.27 b	1.43 a	1.36 AB	1.00 B	1.69 A	0.12	0.03	<0.01	<0.01	
甲状腺素/(ng/mL) T4	27.57	29.02	27.30 B	26.52 B	31.07 A	0.96	0.08	<0.01	0.08	
胰岛素/(ng/mL) INS	0.34 b	0.37 a	0.35	0.34	0.37	0.01	0.03	0.26	0.88	
皮质醇/(ng/mL) COR	49.86 b	71.94 a	54.57	61.40	68.63	5.33	0.03	0.13	0.57	
胰高血糖素/(pg/mL) GLU	118.26	106.72	115.66	114.59	108.85	3.77	0.14	0.94	0.09	
类胰岛素生长因子-1/(ng/mL) IGF-1	1.99	2.09	1.91	2.10	2.12	0.07	0.42	0.11	0.02	
生长激素/(ng/mL) GH	1.56	1.65	1.67	1.73	1.58	0.12	0.75	0.60	0.85	
催乳素/(μIU/mL) PRL	188.19	188.08	192.59	192.29	179.54	9.49	0.99	0.54	0.20	
瘦素/(ng/mL) LEP	2.25 b	2.74 a	2.33	2.58	2.61	0.11	0.02	0.24	0.99	
神经肽 Y/(ng/mL) NPY	1.30	1.16	1.07	1.26	1.37	0.13	0.57	0.26	0.35	
热休克蛋白 70/(ng/mL) HSP70	2.29	3.06	3.15a	2.74ab	2.16b	0.28	0.10	0.05	0.09	

注: 同行数据不同小写字母表示差异显著 ($P \leq 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P \leq 0.01$), 无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 下表同。

Note: In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P \leq 0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P \leq 0.01$), while with no letter superscript means no significant different ($P > 0.05$). The same as below.

表3 烟酰胺对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of nicotinamide on serum antioxidant indices in heat-stressed cows

指标 Index	处理 Treatments		时间/d Time		标准误 SEM	P 值 P value		
	对照组 Control	烟酰胺组 Nicotinamide	21	42		63	处理 Trt	时间 Time
超氧化物歧化酶/(U/mL) SOD	9.63	10.29	10.26	9.70	9.61	0.07	0.45	0.08
总抗氧化能力/(U/mL) T-AOC	4.44	5.03	4.98	4.35	4.77	0.44	0.70	0.47
谷胱甘肽过氧化物酶/(U/mL) GSH-Px	115.85	111.41	125.46	109.41	108.37	0.77	0.33	0.65
丙二醛/(mmol/mL) MDA	6.52	5.64	6.47	6.13	5.52	0.27	0.19	0.45

表4 烟酰胺对热应激奶牛血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of nicotinamide on serum immune indices in heat-stressed cows

指标 Index	处理 Treatments		时间/d Time		标准误 SEM	P 值 P value		
	对照组 Control	烟酰胺组 Nicotinamide	21	42		63	处理 Trt	时间 Time
淋巴细胞数量/(10^9 /L) LYMPH	8.78	9.31	7.99	9.23	9.26	0.45	0.11	0.31
免疫球蛋白 A /(μ g/mL) IgA	160.38 B	238.83 A	290.39 A	176.71 B	137.38 B	0.01	<0.01	0.47
免疫球蛋白 M/(mg/mL) IgM	2.65	2.71	2.72 a	2.72 a	2.61 b	0.33	0.05	0.37
免疫球蛋白 G/(mg/mL) IgG	21.54 b	34.90 a	26.70	29.27	27.95	0.03	0.81	0.04
白细胞介素-2/(ng/mL) IL-2	8.81	8.70	9.41	9.02	7.85	0.88	0.09	0.41
白细胞介素-4/(pg/mL) IL-4	77.19 b	91.23 a	85.54	84.55	82.54	0.04	0.59	0.36
白细胞介素-6/(pg/mL) IL-6	97.79 B	138.81 A	115.14	119.40	120.37	0.01	0.76	0.91
肿瘤坏死因子- α /(fmol/mL) TNF- α	52.49	49.30	54.93 a	51.34 ab	45.10 b	0.45	0.02	0.30

表5 烟酰胺对热应激奶牛T淋巴细胞亚群指标的影响

Table 5 Effects of nicotinamide on subsets of T-lymphocyte indices in heat-stressed cows

指标 Index	处理 Treatments		标准误 SEM	P 值 P value
	对照组 Control	烟酰胺组 Nicotinamide		
CD4 ⁺ / % *	8.60	9.24	0.56	0.60
CD8 ⁺ / % *	6.02	5.75	0.51	0.81
CD4 ⁺ / CD8 ⁺	1.16	1.47	0.11	0.10

注: * 为占T淋巴细胞的百分数。

Note: * Means the percentage of T lymphocytes.

瘦素是一种由脂肪组织分泌的激素,进入血液循环后会参与糖、脂肪及能量代谢的调节^[28]。近年来研究发现瘦素还可以作为一种信号连接能量调节系统和繁殖系统^[29]。宋代军等^[25]研究发现与非热应激期相比,奶牛在热应激期血清瘦素浓度有下降的趋势,本试验结果表明,烟酰胺能提高热应激奶牛血清瘦素水平,可能改善了热应激奶牛能量代谢调节,参与调控热应激奶牛的繁殖系统,提高动物的繁殖性能。

HSP70 是热休克蛋白家族中最保守和最重要的一族,在大多数生物中表达量最多,在细胞应激后生成最显著,家族成员也最多,是监测热应激的良好指标。它具有提高细胞的热耐力、促进细胞增殖等作用^[30-31],其表达量与 THI 呈强度正相关^[9]。梁学武等^[9]报道,热应激能显著提高血液淋巴细胞 HSP70 的表达量,增加机体的耐热能力。本试验结果表明,添加烟酰胺对牛血清中 HSP70 含量有增加的趋势,说明烟酰胺能诱导 HSP70 表达,增强奶牛对热的耐受能力。

3.2 烟酰胺对热应激奶牛血清抗氧化指标的影响

自由基在免疫和信号转导过程中起着重要的作用。但热应激条件下,动物机体代谢过程紊乱,氧自由基的产生量增加,抗氧化活性下降,导致机体不能有效利用抗氧化酶及时清除自由基而出现积累现象,致使机体发生脂质过氧化反应^[32]。机体要消耗大量的抗氧化酶来清除过多的自由基,导致超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性及总抗氧化能力含量降低^[33]、丙二醛产量增加^[34]。蒋亚军^[35]发现 3 g/d 的烟酸极显著降低非热应激奶牛硫代巴比妥酸含量,但对 T-SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 和 MDA 均无显著影响;Yuan 等^[36]研究表明,饲喂

烟酸对围产期奶牛血液中 SOD 的水平无显著影响。而关于烟酰胺对热应激奶牛抗氧化功能影响的研究鲜见报道。本试验结果发现,8 g/d 的烟酰胺有提高热应激奶牛血清中 SOD 活力的趋势,提高 T-AOC、降低 MDA 含量,这可能是由于本试验中直接添加了适量的烟酰胺和奶牛所处的生理条件不同造成的。梁先才等^[37]研究表明,矽尘人员服用 200 mg/d 的烟酸片 12 个月后能够显著提高体内 SOD 活力,增强机体抗氧化能力,降低体内 MDA 含量,减轻脂质过氧化对机体造成的损伤,这与本试验的结果一致。

3.3 烟酰胺对热应激奶牛血清免疫指标的影响

热应激会使动物机体代谢紊乱、降低淋巴细胞、NK 细胞活性、减少抑制性 T 细胞百分含量等,从而影响机体的免疫功能^[38]。蒋亚军^[35]研究发现,给奶牛饲喂 3 g/d 的烟酸有增加奶牛血液中红细胞、中性粒细胞和免疫球蛋白含量的趋势,改善奶牛机体体液免疫功能。本试验中,添加烟酰胺也使奶牛血清中免疫球蛋白 IgA 和 IgG 含量显著提高。这表明,烟酰胺可以促进奶牛血清中免疫球蛋白分泌,提高热应激奶牛的免疫功能。随着饲喂时间的延长,奶牛血清中 IgA 和 IgM 的含量显著降低,可能是由于奶牛泌乳阶段变化造成的^[39]。

CD4⁺ 和 CD8⁺ 是 T 淋巴细胞的表面标记,二者均有细胞免疫功能和细胞毒性作用。CD4⁺ T 细胞能识别 MHC II 型分子呈递的抗原,其主要作用是分泌细胞因子,增强细胞免疫功能;CD8⁺ T 细胞能识别 MHC I 型分子呈递的抗原,其主要功能是细胞毒性作用^[40]。正常情况下,CD4⁺ / CD8⁺ T 细胞比值为 2 : 1,如果偏离此值甚至倒置,说明机体的免疫机能严重失调^[41]。本试验中,添加烟酰胺有提

高 CD4⁺/CD8⁺ T 比值的趋势,说明烟酰胺有调节热应激奶牛免疫功能的作用。根据分泌的细胞因子种类的不同可以将 CD4⁺ T 细胞亚群分成 Th1 和 Th2 型。IL-2 和 TNF- α 主要由 Th1 型细胞分泌, IL-4、IL-6 由 Th2 细胞分泌,主要参与体液免疫,促进 B 淋巴细胞增殖分化,并刺激抗体产生^[42]。Th1 和 Th2 型细胞是 2 种敌对的细胞类型,它们通过阻止彼此新一代的细胞产生和阻断彼此的功能来起到对抗的作用。高浓度 IL-4 和 IL-6 的存在可以减少 T 淋巴细胞向 Th1 型细胞转化^[43],而降低 IL-2 和 TNF- α 浓度。同时,补饲烟酰胺提高了 HSP70 的表达量,可以提高热应激奶牛对内毒素的耐受力,进而导致血浆中 TNF- α 的减少^[44]。本试验在日粮中添加烟酰胺能够提高热应激奶牛血液中 CD4⁺ T 淋巴细胞百分数,显著提高血清中 IL-4 和 IL-6 的浓度,降低 IL-2 和 TNF- α 的浓度,从而增强热应激奶牛的免疫功能。

4 结 论

1) 补饲 8 g/d 的烟酰胺有助于维持热应激奶牛的能量平衡,增加奶牛对热的耐受能力。

2) 补饲 8 g/d 烟酰胺能改善热应激奶牛的抗氧化水平、提高免疫功能。

参 考 文 献

- [1] McDowell R E. Improvement of Livestock Production in Warm Climates[M]. San Francisco: Freeman WAand Co,1972
- [2] Loven D P. A role for reduced oxygen species in heat induced cell killing and the induction of thermotolerance[J]. Medical Hypotheses,1988,26:1216-1231
- [3] Elvinger F, Natzke R P, Hansen P J. Interactions of heat stress and bovine somatotropin affecting physiology and immunology of lactating cows[J]. J Dairy Sci,1992,75(2):449-462
- [4] West j W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle [J]. J Dairy Sci,2003,86(6):2131-2144
- [5] Mccuire M A, Beede D K, Collier R J. Effects of thermal stress and amount of feed intake on concentrations of somatotropin, insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-II, and thyroid hormones in plasma of lactating Holstein cows[J]. J Anim Sci, 1991,69:2050-2056
- [6] 韩永利,李秋凤,李建国. 烟酸对奶牛的营养作用[J]. 饲料博览,2002(3):33-34
- [7] Belibasakisay NG, Tsiegogiannib D. Effects of niacin on milk yield,milk composition, and blood components of dairy cows in hot weather[J]. Anim Feed Sci Technol,1996,64:53-59
- [8] Nazamk K, Neelam K. Niacin supplementation for lactating cows under heat stress conditions: A review [J]. Agric Reviews,2012,33(2):143-149
- [9] 梁学武,杨毅,刘庆华,等. 奶牛 HSP70 表达量与温湿指数的相关性研究[J]. 中国农学通报,2009,25(23):27-30
- [10] Zimbelman R B, Baumgard L H, Collier R J. Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows[J]. J Dairy Sci,2009,93:2387-2394
- [11] Zimbelman R B, Collier R J, Bilby T R. Effects of utilizing rumen protected niacin on core body temperature as well as milk production and composition in lactating dairy cows during heat stress[J]. Anim Feed Sci Technol,2013,180:26-33
- [12] 杨耐德,高振华,黄晓亮,等. 烟酸对热应激条件下奶牛生产性能、血清离子浓度的影响[J]. 中国畜牧兽医,2010,37(7):21-23
- [13] 杨耐德,黄晓亮,高振华,等. 烟酸对热应激奶牛营养物质表观消化率及血清生化指标的影响[J]. 中国饲料,2010,12:20-23
- [14] 中华人民共和国农业部. NY/T 34-2004 中华人民共和国农业行业标准:奶牛饲养标准[S]. 北京:中国农业出版社,2004
- [15] Beede D K, Collier R J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress [J]. J Anim Sci,1986,62:543-554
- [16] 李新建,高腾云,常智留,等. 烟酸和烟酸铬对热应激奶牛产奶性能和血液激素水平的影响[J]. 华中农业大学学报,2006,25(4):411-415
- [17] Yambayamba E S, Price M A, Foxcroft G R. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth[J]. J Anim Sci,1996,74(1):57-69
- [18] Blum J W, Schnyder W, Kunz P L, et al. Reduced and compensatory growth: endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers [J]. J Nutr, 1985, 115(4):417-424
- [19] Hethein J H, Aiello R J, Eckler L I, et al. Glucagons, insulin, growth hormone, and glucose concentrations in blood plasma of lactating dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1985, 68(2):320-325
- [20] 黎智峰,段柳艳,傅彤,等. 日粮中添加烟酸铬和酵母铬对干乳期奶牛热应激的影响[J]. 江西农业大学学报,2010,32(6):1230-1235
- [21] 陆治年,金立志. 烟酸对奶牛某些生理参数及生产性能的影响 [J]. 中国动物营养学报,1991,3(2):34-40
- [22] Dufva G S, Bartley E E, Dayton A D, et al. Effect of niacin supplementation on milk production and ketosis of dairy cattle [J]. J Dairy Sci,1983,66(11):2329-2336
- [23] Collier R J, Beede D K, Thatcher W W, et al. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production [J]. J Dairy Sci,1982,65(11):2213-2227
- [24] 李建国,安永福. 热应激对奶牛生理常值、血液生化指标、繁殖及泌乳性能的影响[J]. 河北农业大学学报,1998,21(4):69-75
- [25] 宋代军,何钦,姚焰础. 热应激对不同泌乳阶段奶牛生产性能和

- 血清激素浓度的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(10): 2294-2302
- [26] Alvares E Z, Johnson H D. Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamine and glucocorticoids[J]. J Dairy Sci, 1973, 56(2): 189-194
- [27] 陈志伟, 丁忠锋, 孙振令, 等. 日粮蛋白水平和烟酸对热应激奶牛的影响[J]. 中国奶牛, 2004, (2): 14-17
- [28] Sullivan T M, Micke G C, Perkins N. Dietary protein during gestation affects maternal insulin-like growth factor insulin-like growth factor binding protein, leptin concentrations, and fetal growth in heifers[J]. J Anim Sci, 2009, 87: 3304-3316
- [29] 康坤, 王之盛, 万江虹, 等. 日粮能量来源对热应激下育成母牛生产性能和繁殖性能及血液指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(1): 38-42
- [30] 王峰, 赵法波, 高俊生. HSP70 高表达对 K562 细胞耐热力的影响[J]. 中国公共卫生, 2000, 6(7): 687-688
- [31] Bemardini C, Fantinati P, Zannoni A. Expression of HSP70/HSC70 in swine blastocysts: Effects of oxidative and thermal stress[J]. Molecular Reprod Develop, 2004, 69(3): 303-307
- [32] Arnaud C, Joyeux M, Garrel C, et al. Free-radical production triggered by hyperthermia contributes to heat stress-induced cardioprotection in isolated rat hearts[J]. British J Pharmacol, 2002, 135(7): 1776-1782
- [33] Kurata M, Suzuki M, Agar NS. Antioxidant systems and erythrocyte life-span in mammals[J]. Comp Biochem Physiol, 1993, 106: 477-487
- [34] Ibrahim WH, Habib HM, Chow CK, et al. Isoflavone-rich soy isolate reduces lipid peroxidation in mouse liver[J]. Internati Vitam Nutr Res, 2008, 78: 217-222
- [35] 蒋亚军. 烟酸、核黄素对奶牛生产性能、抗氧化能力和免疫力的影响[D]. 新疆: 石河子大学, 2011
- [36] Yuan K, Shaver R D, Bertics S J, et al. Effect of rumen-protected niacin on lipid metabolism, oxidative stress, and performance of transition dairy cows [J]. J Dairy Sci, 2012, 95(5): 2673-2679
- [37] 梁先才, 王世鑫, 赵素英, 等. 烟酸对接触矽尘人员血液超氧化物歧化酶及丙二醛的影响[J]. 职业卫生与病伤, 2012, 1(27): 56-57
- [38] 胡艳欣, 余锐萍, 张洪玉, 等. 热应激后猪血清中 IL-2、IFN- γ 及 TNF- α 水平的动态变化[J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(5): 496-499
- [39] Guidry A J, Butler J E, Pearson R E, et al. IgA, IgG₁, IgG₂, IgM, and BSA in serum and mammary secretion throughout lactation[J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1980, 1(4): 329-341
- [40] 张永英, 石玉祥, 王雪敏, 等. 中药复方对热应激下肉鸡免疫功能的影响[J]. 中国家禽, 2008, 30(7): 22-24
- [41] 杨汉春. 动物免疫学[M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 80-81
- [42] Carter L L, Dutton R W. Type 1 and Type 2: A fundamental dichotomy for all T-cell subsets[J]. Curr Opin Immunol, 1996, 8(3): 336-342
- [43] Lafaille J J. The role of helper T cell subsets in autoimmune diseases[J]. Cytokine Growth Factor Rev, 1998, 9(2): 139-151
- [44] Kluger M J, Rudolph K, Soszynski D. Effect of heat stress on LPS-induced fever and tumor necrosis factor [J]. Physiol Regulatory Integrtative Comp Physiol, 1997, 273(3): 858-863

责任编辑: 苏燕