

弗荷杂交牛与荷斯坦牛热适应性、免疫功能和抗氧化性能比较研究^①

朱建营, 梅洋, 李改英, 李若玺,
胡家乐, 陈跃凤, 冯豆豆, 高腾云

河南农业大学 牧医工程学院, 郑州 450002

摘要: 为了探讨奶牛的遗传基础对耐热性和免疫机能的影响, 对弗荷杂交牛(弗莱维赫×荷斯坦 F1)与荷斯坦牛的生理生化、免疫和抗氧化指标进行了比较研究. 采用品种分组试验设计, 根据组间胎次、泌乳天数及产奶量相近的原则, 选取 18 头弗荷杂交牛和 18 头荷斯坦牛. 结果表明, 热应激期, 弗荷杂交牛的血清 T_4 , $CORT$, $IL-1$, $T-AOC$ 和 SOD 水平显著高于荷斯坦牛($P < 0.05$), IgG , $TNF-\alpha$, $CD4$ 和 $CD4/CD8$ 水平极显著高于荷斯坦牛($P < 0.01$), 直肠温度、红细胞钾和血清 MDA 水平显著低于荷斯坦牛($P < 0.05$); 非热应激期, 弗荷杂交牛的血清 IgE , IgM 和 $CD4$ 质量分数极显著高于荷斯坦牛($P < 0.01$), 血清 $IL-6$ 质量分数显著高于荷斯坦牛($P < 0.05$), 血清 MDA 质量分数显著低于荷斯坦牛($P < 0.05$), 二者的各项生理生化指标差异无统计学意义($P > 0.05$). 结果显示, 热应激期, 弗荷杂交牛的热适应性、免疫功能和抗氧化性能高于荷斯坦牛, 能较好地适应高温高湿的外界环境; 非热应激期, 弗荷杂交牛的免疫功能高于荷斯坦牛, 机体的健康状况良好.

关键词: 弗荷杂交牛; 荷斯坦牛; 热适应性; 免疫功能; 抗氧化性能

中图分类号: S823

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)04-0038-07

夏季高温应激导致荷斯坦奶牛产奶量下降、繁殖性能降低、机体抗病能力减弱和淘汰率增加等, 严重影响牧场的经济效益. 为此, 养牛者期望改变奶牛的遗传类型, 增强牛的热适应性和免疫功能, 从而获得高产性能奶牛. 利用弗莱维赫牛与荷斯坦牛杂交则是其中一种途径, 其杂交后代既拥有良好的乳用性能又有良好的肉用性能. 弗莱维赫牛是源于德国的著名乳肉兼用型品种, 是由瑞士西门塔尔和德系红荷斯坦牛进行杂交, 并引入部分其他品种牛的血缘进行长期选育而成, 母牛泌乳期产奶量约 6 000 kg 以上, 平均乳蛋白率为 3.5%, 平均乳脂率为 4%, 体细胞数为 18.5 万个/mL, 屠宰率为 59.27%, 胴体出肉率为 71.98%^[1]. 但这一技术途径是否切实可行, 目前的研究报道还比较少.

因此, 本研究选择弗莱维赫与荷斯坦杂交牛(弗荷杂交牛)和荷斯坦牛, 通过比较其热适应性、免疫功能和抗氧化性能, 来探索奶牛的遗传基础对耐热性和免疫机能的影响, 以期为培育耐热与适应性强的奶牛群体以及夏季炎热地区饲养奶牛提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在洛阳生生乳业第一牧场进行. 采用品种分组试验设计, 根据组间胎次、泌乳天数及组内产奶量

^① 收稿日期: 2016-06-04

基金项目: 国家现代奶牛产业技术体系建设专项资金项目(CARS-37).

作者简介: 朱建营(1989-), 男, 河南太康人, 硕士, 主要从事奶牛集约化生产的研究.

通信作者: 高腾云, 教授, 博士研究生导师.

相近的原则, 选取 18 头弗荷杂交牛和 18 头荷斯坦牛. 试验包含两个试验期: 热应激期(2015 年 8 月中旬)和非热应激期(2015 年 10 月中旬), 每个试验期测定 7 d. 试验期间连续测定牛场的环境温度和相对湿度, 从第 5 d 开始每天中午 12:00—14:00 测定奶牛直肠温度和呼吸频率, 在第 7 d 利用 5 mL 肝素钠抗凝真空采血管进行尾静脉采血, 4 °C 保存, 用于测定血清生化、免疫和抗氧化指标.

1.2 试验动物的选择及饲养管理

试验动物根据荷斯坦牛与弗荷杂交牛组间胎次、泌乳天数及产奶量相近的原则进行选择; 同时, 按照配对的思想选留供试牛, 使两组间形成基本上相互匹配的对子.

具体情况如表 1.

表 1 荷斯坦牛和弗荷杂交牛基础数据

弗荷杂交牛(F1)				荷斯坦牛			
牛号	胎次	泌乳天数/d	产奶量/(kg·d ⁻¹)	牛号	胎次	泌乳天数/d	产奶量/(kg·d ⁻¹)
140316	2	131	27.8	20405	2	123	27.6
20219	2	136	26.9	20409	2	150	27.2
20505	2	168	25.6	11213	2	159	25.6
20522	2	86	28.5	20810	2	90	28.9
20602	2	117	28.8	20928	2	108	28.6
20702	2	111	26.7	10814	2	102	26.9
20705	2	163	25.3	30112	2	162	25.5
20709	2	163	25.2	20816	2	167	24.3
20807	2	116	26.6	20805	2	114	26.7
20808	2	101	27.6	01240	2	103	27.6
20814	2	166	23.4	20926	2	172	23.5
20902	2	129	24.5	21005	2	125	24.8
20908	2	79	29.2	10837	2	85	29.2
20606	3	169	23.8	10402	3	168	23.9
20701	3	122	24.9	11030	3	130	24.0
20703	3	118	25.9	10907	3	107	25.8
20704	3	143	26.6	01137	3	143	26.5
140308	3	153	25.8	11237	3	159	25.5

试验动物在试验期间饲养于同一开放式牛舍, 散栏式饲养, 舍内配有风机和间歇式喷淋设施, 运动场有遮阴棚并配有卧床. 试验动物的日粮结构、营养水平和生活环境相同. 牛场采用全混合日粮(Total mixed ration, TMR)饲喂方式, 每日饲喂 3 次, 自由饮水, 机械挤奶.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 温湿指数

利用自动温湿度记录仪(L92-1+, 杭州路格科技有限公司)测定牛场的环境温度和相对湿度, 利用 Dikmen 等^[2]报道的公式计算牛场温湿指数: $THI = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26)]$, 其中 T 为环境温度(°C), RH 为相对湿度(%).

1.3.2 生理生化指标

利用兽用体温计测定奶牛直肠温度, 测定时间为 5 min;

利用秒表计时 1 min, 在 1 min 内奶牛腹部鼓动次数即为该奶牛的呼吸频率, 每头牛重复测定 3 次, 取平均值;

利用日立 Z-2000 型原子吸收分光光度计测定红细胞钾;

由南京市建成生物工程研究所利用酶联免疫吸附法(ELISA)测定血清 T₃, T₄ 和皮质醇(Cortisol, CORT).

1.3.3 免疫指标

由北京冬歌生物科技有限公司利用 ELISA 方法测定.

1.3.4 抗氧化指标

由南京市建成生物工程研究所利用 ELISA 方法测定。

1.4 数据分析

先用 Excel 工作表对试验数据进行初步处理, 然后再利用 SPSS 19.0 中的 T 检验进行显著性检验, 结果以平均值 \pm 标准差($M\pm SD$)表示。

2 结果与分析

2.1 温湿指数

热应激期 THI 结果如图 1, 试验期间 THI 均大于 72, 表明奶牛处于热应激环境, 符合试验要求, 可进行下一步试验。

非热应激期 THI 结果如图 2, 试验期间 THI 均小于 72, 表明奶牛未处于热应激环境, 符合试验要求, 可进行下一步试验。

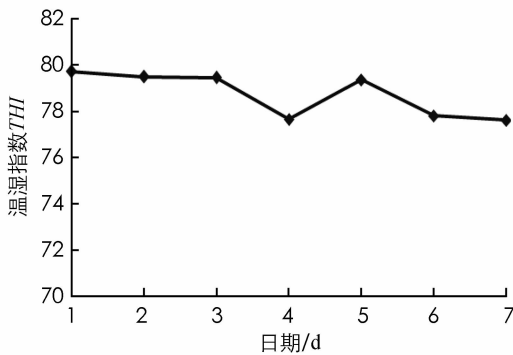


图 1 热应激期温湿指数

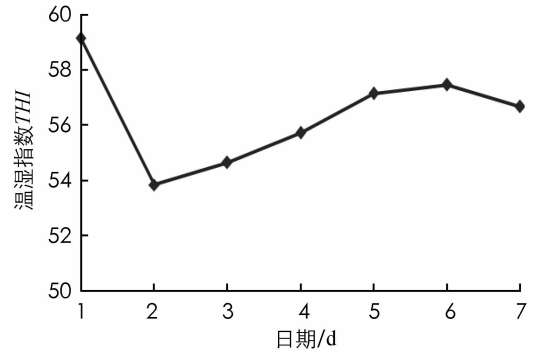


图 2 非热应激期温湿指数

2.2 生理生化指标

表 2 显示了热应激期和非热应激期荷斯坦牛与弗荷杂交牛生理生化指标的比较结果。从表 2 中可以看出, 热应激期间, 荷斯坦牛和弗荷杂交牛的呼吸频率差异不大; 荷斯坦牛的直肠温度比弗荷杂交牛的高了 $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并达到了显著水平($P<0.05$); 荷斯坦牛的红细胞钾质量分数显著高于弗荷杂交牛($P<0.05$); 荷斯坦牛的 $T4$ 和 $CORT$ 水平比弗荷杂交牛低, 且差异有统计学意义($P<0.05$), $T3$ 质量分数较弗荷杂交牛低, 但差异无统计学意义($P>0.05$)。非热应激期间, 荷斯坦牛和弗荷杂交牛的各项生理生化指标的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表 2 荷斯坦牛和弗荷杂交牛生理生化指标

项目	热应激期		非热应激期	
	荷斯坦牛	弗荷杂交牛	荷斯坦牛	弗荷杂交牛
呼吸频率/(次 \cdot min $^{-1}$)	77.17 \pm 14.36	74.67 \pm 8.69	38.11 \pm 5.38	37.67 \pm 6.62
直肠温度/ $^{\circ}\text{C}$	39.51 \pm 0.49a	39.18 \pm 0.36b	38.85 \pm 0.37	38.84 \pm 0.32
红细胞钾/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	724.72 \pm 104.19a	642.10 \pm 92.24b	538.88 \pm 108.87	524.58 \pm 88.19
$T3$ /(ng \cdot mL $^{-1}$)	4.15 \pm 1.53	4.52 \pm 1.23	5.23 \pm 1.58	5.44 \pm 1.38
$T4$ /(ng \cdot mL $^{-1}$)	46.05 \pm 16.73a	55.53 \pm 13.53b	51.38 \pm 18.32	58.70 \pm 13.34
$CORT$ /(ng \cdot mL $^{-1}$)	7.65 \pm 1.77a	8.13 \pm 1.13b	8.61 \pm 1.15	8.51 \pm 1.22

注: 小写字母不同表示差异有统计学意义($P<0.05$), 未标注表示差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.3 免疫指标

热应激期和非热应激期荷斯坦牛与弗荷杂交牛免疫指标的比较结果如表 2。在热应激条件下, 弗荷杂交牛的 IgG 质量分数比荷斯坦牛高 26.7%, 差异有统计学意义($P<0.01$), IgA, IgE 和 IgM 水平均高于荷斯坦牛, 但差异无统计学意义($P>0.05$); 弗荷杂交牛的 $IL-1$ 质量分数比荷斯坦牛高 19.0%, 差异有统计学意义($P<0.05$), $TNF-\alpha$ 质量分数比荷斯坦牛高了 27.9%, 差异有统计学意义($P<0.01$); 弗荷杂交牛

的 CD4 水平比荷斯坦牛高 29.8%, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$), CD4/CD8 极显著高于荷斯坦牛 ($P < 0.01$), CD8 质量分数低于荷斯坦牛, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$). 在非热应激期, 弗荷杂交牛的 IgE 和 IgM 质量分数比荷斯坦牛分别高了 46.0% 和 25.3%, 且差异有统计学意义 ($P < 0.01$); 弗荷杂交牛的 IL-6 水平比荷斯坦牛显著高了 26.1% ($P < 0.05$), CD4 质量分数也极显著高于荷斯坦牛 ($P < 0.01$); 弗荷杂交牛的 TNF- α , CD8 和 CD4/CD8 水平高于荷斯坦牛, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$).

表 3 荷斯坦牛和弗荷杂交牛免疫指标

项目	热应激期		非热应激期	
	荷斯坦牛	弗荷杂交牛	荷斯坦牛	弗荷杂交牛
IgA/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	60.35 \pm 14.33	63.46 \pm 16.81	64.80 \pm 18.85	59.37 \pm 19.65
IgG/($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	1.46 \pm 0.28A	1.85 \pm 0.28B	2.05 \pm 0.66	1.92 \pm 0.69
IgE/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	146.98 \pm 31.44	160.34 \pm 35.81	151.59 \pm 20.42A	221.30 \pm 36.65B
IgM/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	125.50 \pm 33.49	132.50 \pm 33.07	111.41 \pm 21.75A	139.60 \pm 27.30B
IL-1/($\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$)	71.50 \pm 19.83a	85.05 \pm 29.53b	93.61 \pm 27.06	93.22 \pm 32.08
IL-2/($\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	1 042.63 \pm 336.57	906.97 \pm 288.12	1 238 \pm 335.19	1 207.6 \pm 402.81
IL-6/($\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$)	35.42 \pm 8.40	35.12 \pm 6.98	32.65 \pm 6.75a	41.15 \pm 7.32b
TNF- α /($\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$)	186.75 \pm 56.70A	238.78 \pm 58.20B	252.73 \pm 61.54	282.28 \pm 64.70
CD4/($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	8.05 \pm 2.49A	10.45 \pm 2.06B	8.85 \pm 1.91A	11.60 \pm 2.38B
CD8/($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	6.47 \pm 1.67	6.02 \pm 1.72	5.43 \pm 2.91	5.89 \pm 3.25
CD4/CD8	1.83 \pm 1.40A	1.98 \pm 1.07B	2.02 \pm 1.82	2.11 \pm 1.87

注: 大写字母不同表示差异有统计学意义 ($P < 0.01$), 小写字母不同表示差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 未标注表示差异无统计学意义 ($P > 0.05$).

2.4 抗氧化指标

由表 3 可知热应激期和非热应激期荷斯坦牛和弗荷杂交牛抗氧化指标的比较结果. 在热应激期间, 弗荷杂交牛的 T-AOC 和 SOD 质量分数显著高于荷斯坦牛 ($P < 0.05$), MDA 水平显著低于荷斯坦牛 ($P < 0.05$), GSH-PX 的差异无统计学意义. 非热应激期, 弗荷杂交牛血清 T-AOC, SOD 和 GSH-PX 的质量分数略高于荷斯坦牛, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 而 MDA 水平显著低于荷斯坦牛 ($P < 0.05$).

表 4 荷斯坦牛和弗荷杂交牛抗氧化指标

项目	热应激期		非热应激期	
	荷斯坦牛	弗荷杂交牛	荷斯坦牛	弗荷杂交牛
T-AOC/($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	3.41 \pm 0.75a	3.83 \pm 0.63b	4.45 \pm 0.73	4.58 \pm 0.91
SOD/($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	137.03 \pm 19.78a	147.05 \pm 19.13b	151.41 \pm 24.03	159.67 \pm 15.79
MDA/($\text{nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$)	4.98 \pm 1.96a	3.93 \pm 1.02b	3.82 \pm 1.01a	3.16 \pm 1.05b
GSH-PX/($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	133.50 \pm 27.23	131.93 \pm 32.09	152.27 \pm 26.29	159.33 \pm 19.06

注: 小写字母不同表示差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 未标注表示差异无统计学意义 ($P > 0.05$).

3 讨 论

3.1 热应激与生理生化指标

本试验结果显示, 热应激期, 荷斯坦牛的直肠温度显著高于弗荷杂交牛 ($P < 0.05$), 表明不同遗传类型牛对热应激的耐受性不同, 在高温高湿的外界环境下, 弗荷杂交牛的体温调节能力更强, 热适应性能更好. 因此, 可采用奶牛的直肠温度来作为选择耐热性奶牛品种时的指标, 通过杂交改良的途径可以获得耐热性较好的杂交后代^[3]. 另外, 本研究结果还发现, 在非热应激期, 荷斯坦牛和弗荷杂交牛的直肠温度和呼吸频率差异均无统计学意义 ($P > 0.05$). 产生此结果的原因可能是, 在非热应激期, 荷斯坦牛和弗荷杂交牛都能够通过自身的各种调节机制来维持机体生理机能的稳态, 其直肠温度和呼吸频率都处于正常范围.

Evans^[4]于 1963 年发现了耐热性最强的南非瘤牛和婆罗门牛的红细胞钾质量分数最低. 之后, 很多学者对奶牛红细胞钾进行了研究, 发现奶牛红细胞钾具有一定的遗传力, 能够稳定遗传, 作为奶牛耐热性指

标是可靠的^[5-7]。夏东等^[8]把荷斯坦奶牛产奶量下降率低于 10% 的作为耐热组,下降率高于 40% 的作为不耐热组,分别在春、夏两季测定奶牛红细胞钾质量分数,发现红细胞钾质量分数相对较低的奶牛比较耐热。本试验结果表明,热应激期,弗荷杂交牛的红细胞钾质量分数显著低于荷斯坦牛($P < 0.05$),说明弗荷杂交牛更耐热。

T3 和 T4 能够加速糖和脂肪代谢,特别是促进许多组织的糖、脂肪及蛋白质的分解氧化过程,从而增加机体的耗氧量和产热量。CORT 是肾上腺皮质分泌的,热应激时,奶牛血清中 CORT 水平下降,降低对糖类的代谢,从而减少产热量。热应激期,荷斯坦牛血清中 T4 和 CORT 水平显著低于弗荷杂交牛($P < 0.05$),说明弗荷杂交牛代谢能力强,机体体温调节能力强,其甲状腺功能和应对热应激的能力更好。

3.2 热应激与免疫指标

热应激会导致奶牛免疫力下降^[9],表现在淋巴细胞转化率降低,IL-2 等细胞因子减少,白细胞降低,免疫失败等,以致机体对病原微生物的抵抗力降低^[10]。胡艳欣等^[11]认为,热应激会使动物机体的代谢紊乱,减少抑制性 T 细胞质量分数,降低 NK 细胞和淋巴细胞活性,从而影响机体的免疫功能。热应激导致机体自由基生成量增加,引起细胞的凋亡,动物机体正常发挥免疫功能需依赖免疫细胞的完整结构^[12-13],而淋巴细胞缺少过氧化物酶,容易被氧化而受损伤^[14]。Siegel 等^[15]和 Gross 等^[16]指出,应激原是通过机体的下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴增加促肾上腺皮质激素和糖皮质激素的分泌,进而对机体体液免疫和细胞免疫产生抑制作用。

本试验研究发现,在热应激期,弗荷杂交牛的 IgG,IL-1,TNF- α ,CD4 和 CD4/CD8 水平均显著高于荷斯坦牛($P < 0.05$);在非热应激期,弗荷杂交牛的 IgE,IgM,IL-6 和 CD4 质量分数显著高于荷斯坦牛($P < 0.05$)。表明在热应激期和非热应激期,弗荷杂交牛的免疫功能均比荷斯坦牛强,抗病能力更好。Pinard 等^[17]认为,对机体 CD4⁺ 和 CD8⁺ T 分子水平进行有效的监测,可以作为在生产实践中开展抗病育种的一种有效途径。

3.3 热应激与抗氧化指标

在正常情况下,机体内自由基的产生、利用和清除这三者之间处于动态平衡的状态^[18]。自由基参与体内信号转导等众多活动,抵御机体内各种有害物质的侵袭,是机体很好的防御系统^[19]。但是,当动物受到热应激时,机体的代谢机能将会发生紊乱,其交感—肾上腺系统的反应增强,导致肾上腺髓质分泌大量的儿茶酚胺类激素和多巴胺激素,以致自由基的产生量增加^[20-22]。若产生的自由基不能及时被清除,会导致自由基在机体内积累,引起脂质过氧化作用,从而破坏生物膜的结构^[23]。脂质过氧化会生成 MDA,它是自由基攻击生物膜引起机体脂质过氧化作用的最终产物^[24],是极活跃的交联剂,能够与蛋白、类脂形成交联物,破坏酶的结构和功能,引起抗氧化酶的活性降低,造成细胞变性、坏死^[25]。因此,机体内 MDA 质量分数能够反映机体的脂质过氧化程度,间接地反映出组织细胞所受到的损伤^[26]。刘吉生等^[27]研究证明,机体 T-AOC 活性越高,对自由基的清除能力就越强,机体发生氧化损伤的机率就越低。

本试验研究发现,热应激期,弗荷杂交牛的 T-AOC 和 SOD 质量分数显著高于荷斯坦牛($P < 0.05$),MDA 水平显著低于荷斯坦牛($P < 0.05$),说明弗荷杂交牛机体对自由基的清除能力强,表明其抗氧化能力在热应激期高于荷斯坦牛;非热应激期,弗荷杂交牛的 MDA 水平显著低于荷斯坦牛($P < 0.05$),表明弗荷杂交牛在非热应激期体内的氧自由基质量分数低,机体氧化损伤低,细胞受损程度弱。

4 结 论

热应激期,弗荷杂交牛的热适应能力较强,免疫功能和抗氧化能力较高,能较好地适应高温高湿的气候环境;非热应激期,弗荷杂交牛的免疫功能高于荷斯坦牛,其体内的氧自由基质量分数较低,细胞受损程度弱,机体的健康状况良好。

参考文献:

- [1] 邢震全,郭光成.德国弗莱维赫牛对荷斯坦奶牛的改良应用[J].黑龙江动物繁殖,2010,18(2):46-47.

- [2] DIKMEN S, HANSEN P J. Is the Temperature-humidity Index the Best Indicator of Heat Stress in Lactating Dairy Cows in a Subtropical Environment [J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(1): 109–116.
- [3] NARDONE A, VAIENTAN A, GUESSOUS F, et al. The Genetic Improvement of Dairy Cows in Warm Climates. Proceedings of the Joint ANPAEAAAP-CIHEAM – FAO Symposium on Livestock Production Climatic Uncertainty in the Mediterranean [M]. Agadir Morocco; EAAP Publication, 2000.
- [4] EVANS J V. Changes in the Concentration of Potassium in the Erythrocytes and in Haemoglobin Type in Merino Sheen under a Severe Anaemic Stress [J]. *Nature*, 1963, 200: 1215–1216.
- [5] 史彬林, 李如治, 黄昌澍, 等. 红细胞钾作为乳牛耐热性选择指标的遗传可靠性研究 [J]. *南京农业大学学报*, 1993, 16(3): 64–68.
- [6] 刘玉庆, 夏 东, 李如治, 等. 荷斯坦牛红细胞钾含量分布的研究 [J]. *南京农业大学学报*, 1997, 20(1): 55–59.
- [7] 夏 东, 李如治, 王 冉, 等. 中国黑白花奶牛红细胞钾含量遗传性的研究 [J]. *中国奶牛*, 2000(2): 17–19.
- [8] 夏 东, 杨淑晶, 刘铁铮. 季节性变化对荷斯坦奶牛红细胞钾含量及红细胞膜钠钾 ATPase 活性的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2009, 30(2): 55–58.
- [9] 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]. *Journal of Animal Science*, 1991, 69(5): 2050–2056.
- [10] DUBOIS P R, WILLIAMS D J. Increased Incidence of Retained Placenta Associated with Heat Stress in Dairy Cows [J]. *Theriogenology*, 1980, 13(2): 115–121.
- [11] 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.
- [12] 蔡亚非, 李 莲, 刘庆华, 等. 热应激奶牛外周血淋巴细胞凋亡和 bax-a 基因表达 [J]. *南京农业大学学报*, 2005, 28(1): 66–70.
- [13] TAPANK B. Antioxidants in Human Health and Disease [M]. London; CABI Publish, 1999: 114–118.
- [14] OGAWA Y, KOBAYASHI T, NISHIOKA A. Reactive Oxygen Species-producing Site in Hydrogen Peroxide²induced Apoptosis of Human Peripheral T cells; Involvement of Lysosomal Membrane Destabilization [J]. *International Journal of Molecular Medicine*, 2004, 13(1): 69–73.
- [15] SIEGEL H S, LAMTIMER J W. Interaction of High Temperature and Salmonella Pullorum Antigen Concentration on Serum Agglutinin and Corticosteroid Response in White Rock Chickens [J]. *Poultry Science*, 1984, 63(12): 2483–2491.
- [16] GROSS W B, SIEGEL P B. Effect of Social Stress and Steroids on Antibody Production [J]. *Avian Disease*, 1973, 17(4): 807–815.
- [17] PINARD M H, JANSS L L, et al. Effect of Divergent Selection for Immune Responsivenss and of Major Histocompatibility Complex on Resistance to Mareks Disease in Chickens [J]. *Poultry Science*, 1993, 72(3): 391–402.
- [18] KINNULA V L, CRAPO J D, RAIVIO K O. Generation and Disposal of Reactive Oxygen Metabolites in Lung [J]. *Laboratory Investigation*, 1995, 73(1): 3–19.
- [19] DROGE W. Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function [J]. *Physiological Reviews*, 2002, 82(1): 47–95.
- [20] SAHIN E, GUMUSLU S. Alterations in Brain Antioxidant Status, Protein Oxidation and Lipid Peroxidation in Response to Different Stress Models [J]. *Behavioural Brain Research*, 2004, 155(2): 241–248.
- [21] VENARUCCI D, VENARUCCI V, VALLESE A, et al. Free Radicals: Important Cause of Pathologies Refer to Ageing [J]. *Panminerva Medica*, 1999, 41(4): 335–339.
- [22] ZHAO Q L, FUJIWARA Y, KONDO T. Mechanism of Cell Death Induction by Nitroxide and Hyperthermia [J]. *Free Radical Biology & Medicine*, 2006, 40(7): 1131–1143.
- [23] 胡文琴, 王 恬, 孟庆利. 动物中活性氧的产生及清除机制 [J]. *家畜生态*, 2004, 25(3): 64–67.
- [24] 赵洪进, 郭定宗. 硒和维生素 E 在热应激猪自由基代谢中的作用 [J]. *中国兽医学报*, 2005, 25(1): 78–80.
- [25] 高云英, 李浩波, 姜艳芬, 等. 高热应激模型下 CLA 对蛋鸡免疫功能的影响 II. 细胞因子、激素水平、抗氧化能力的变化 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2006, 34(10): 1–5, 10.

- [26] 范石军, 韩友文, 李德发, 等. 雏鸡高温应激与超氧化处理对其肝脏丙二醛和谷胱甘肽过氧化物酶含量及活性的影响 [J]. 中国饲料, 2001, 1(10): 11-13.
- [27] 刘吉生, 张丽敏. 血清总抗氧化活性的测定 [J]. 老年学杂志, 1991, 11(3): 171-173.

A Comparative Study on Thermal Adaptability, Immune Function and Oxidation Resistance of Fleckvieh × Holstein and Holstein Cows

ZHU Jian-ying, MEI Yang, LI Gai-ying, LI Ruo-xi,
HU Jia-le, CHEN Yue-feng, FENG Dou-dou, GAO Teng-yun

College of Animal and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

Abstract: In order to explore the heat resistance of hybrid offspring of Holstein cows, the physiological and biochemical, immune and antioxidant indexes of Fleckvieh × Holstein and Holstein cows has been compared in this test, in which 18 Fleckvieh × Holstein cows and 18 Holstein cows have been selected, according to the similar principle of inter-group parity, lactation days and milk yield. The results showed that, during heat stress period, the *T4*, *CORT*, *IL-1*, *T-AOC* and *SOD* levels of Fleckvieh × Holstein cows are significantly higher than Holstein cows ($P < 0.05$); The *IgG*, *TNF- α* , *CD4* and *CD4/CD8* levels of Fleckvieh × Holstein cows are extremely significantly higher than Holstein cows ($P < 0.01$); The rectal temperature, erythrocyte *K* and *MDA* levels of Fleckvieh × Holstein cows are significantly lower than Holstein cows ($P < 0.05$). During non-heat stress period, the *IgE*, *IgM* and *CD4* content of Fleckvieh × Holstein cows are extremely significantly higher than Holstein cows ($P < 0.01$); the *IL-6* content of Fleckvieh × Holstein cows were significantly higher than Holstein cows ($P < 0.05$); the *MDA* content of Fleckvieh × Holstein cows are significantly lower than Holstein cows ($P < 0.05$); the physiological and biochemical indexes have no significant differences between Holstein cows and Fleckvieh × Holstein cows ($P > 0.05$). The above results meant that, during heat stress period, the thermal adaptability, immune function and oxidation resistance of Fleckvieh × Holstein cows are higher than Holstein cows, and Fleckvieh × Holstein cows could better adapt to the environment of high temperature and humidity. During non-heat stress period, the immune function of Fleckvieh × Holstein cows are higher than Holstein cows.

Key words: Fleckvieh × Holstein cows; Holstein cows; heat stress; immune function; Oxidation resistance

责任编辑 周仁惠