

# 阴阳离子平衡对泌乳前期热应激 奶牛血液生化指标的影响

杨艳玲<sup>1,2</sup> 张福寿<sup>2</sup> 李改英<sup>1</sup> 高腾云<sup>1\*</sup>

(1. 河南农业大学 牧医工程学院 河南 郑州 450002; 2. 商丘职业技术学院 牧医系 河南 商丘 476000)

**摘要:** 研究不同水平日粮阴阳离子平衡对泌乳前期热应激奶牛血液生化指标的影响。随机将 32 头奶牛分为 4 组, 日粮阴阳离子平衡(DCAB) 分别为对照 185 mEq/kgDM、试验 I 组 243 mEq/kgDM、试验 II 组 317 mEq/kgDM、试验 III 组 442 mEq/kgDM。结果表明: (1) 增加 DCAB 水平可以提高血液的 pH 值及  $\text{HCO}_3^-$  浓度, 降低  $\text{CO}_2$  分压, 差异均不显著 ( $P > 0.05$ ), 唯有试验 III 组  $\text{TCO}_2$  下降显著 ( $P < 0.05$ )。 (2) 随着 DCAB 水平的增加, 血清 ALP 增加 ( $P > 0.05$ )、血清 CK 降低 ( $P > 0.05$ ); 试验 I 组血清 TALT 高于对照组, 其他试验组均低于对照组 ( $P > 0.05$ )。 (3) 试验 II 组血清  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  浓度最高,  $\text{Na}^+$  组间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 血清  $\text{Cl}^-$  浓度随着 DCAB 的增加而降低, 差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 血清  $\text{Ca}^{2+}$  呈二次曲线变化, 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。 (4) 试验组  $\text{T}_3$  含量均高于对照组, 试验组血清  $\text{COR}$ 、 $\text{T}_4$  含量均低于对照组, 试验 I、II 组血清 PRL 含量高于对照组, 而试验 III 组则降低, 差异均不显著。 (5) 试验 I、II 组血清 GLU 分别比对照组含量增加, 而试验 III 组则显著下降 ( $P < 0.05$ )。试验 I、II 组血清 BUN 含量比对照组增加显著 ( $P < 0.05$ ), 试验 III 组则低于对照组 0.78%, 其中试验 I 组血清 BUN 最高。综合 DCAB 对血液缓冲能力、激素和酶水平等方面考虑, 在泌乳前期 DCAB 为 275 meq/kgDM 时饲喂效果较好。

**关键词:** 阴阳离子平衡; 热应激; 奶牛

中图分类号: S823.9<sup>+</sup>11 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)01-0113-06

## Effects of Dietary Cation Anion Balance on Blood Biochemical Parameters of Heat Stressed Early Lactation Dairy Cows

YANG Yan-ling<sup>1,2</sup> ZHANG Fu-shou<sup>2</sup> LI Gai-ying<sup>1</sup> GAO Teng-yun<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shangqiu Vocational and Technical College, Shangqiu 476100, China)

**Abstract:** To study the effects of DCAB on blood biochemical parameters of heat stressed early lactation dairy cows 32 cows in early lactation were selected respectively, and assigned randomly into 4 groups (DCAB of the control group was 185 mEq/kgDM, that of the test group I was 243 mEq/kgDM, that of the test group II was 317 mEq/kgDM, and that of group III was 442 mEq/kgDM). The main results showed as follows: (1) increasing dietary cation - anion (DCAB) can increase blood pH levels, and  $\text{HCO}_3^-$  concentration and reduce the  $\text{CO}_2$  partial pressure, the difference was not significant ( $P > 0.05$ ),  $\text{TCO}_2$  of group III significantly decreased ( $P < 0.05$ ). (2) With the increasing in the level of DCAB levels, serum ALP increased ( $P > 0.05$ ),

收稿日期: 2011-09-13 修回日期: 2011-12-02

基金项目: 现代奶牛产业技术体系建设专项资金资助(CARS-37)

作者简介: 杨艳玲(1979—), 女, 讲师, 博士生, 主要从事奶牛集约化饲养研究, E-mail: yangyan826318@163.com; \*

通讯作者: 高腾云 教授, 博士, E-mail: dairycow@163.com。

serum CK decreased ( $P > 0.05$ ); serum TALT was higher than in group I, but lower in the other test groups than in the control group ( $P > 0.05$ ). (3) Serum  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  concentrations in test group II were the highest,  $\text{Na}^+$  concentrations were significantly different ( $P < 0.05$ ) in the group; serum  $\text{Cl}^-$  concentration decreased as DCAB increased, the difference was not significant; serum  $\text{Ca}^{2+}$  changed in a quadratic curve, the difference was not significant ( $P > 0.05$ ). (4)  $\text{T}_3$  contents in the experimental groups were higher, but serum COR,  $\text{T}_4$  levels were lower than in the control group, serum PRL levels in test group I, II were higher, but lower in group III, the differences were not significant. (5) Serum GLU in test groups I, II increased, but decrease significantly in group III ( $P < 0.05$ ). Serum BUN levels in test groups I, II significantly increased compared with the control group ( $P < 0.05$ ), that in group III was 0.78% lower than that in the control group, serum BUN was the highest in group I. Considering the blood buffering capacity, hormone and enzyme levels, DCAB at the level of 275 meq/kgDM had good effect in the early lactation stage.

**Key words:** dietary cation-anion balance; heat stress; cow

全球气温逐年升高,造成了严重的奶牛热应激,导致夏季产奶性能、繁殖性能和免疫能力降低,使奶牛业遭受巨大的经济损失,因此奶牛热应激越来越受到人们的关注<sup>[1-4]</sup>。随着营养学研究的深入,研究表明高温对奶牛血液生化指标有一定影响<sup>[5-9]</sup>,通过调节日粮阴阳离子平衡(DCAB)在一定程度上可以缓解热应激对奶牛造成的不利影响。目前关于DCAB对奶牛影响的作用机理研究甚少,本试验采用 $[(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})]$  mEq/100 g DM 计算公式,通过调节DCAB水平,探讨DCAB对泌乳前期热应激奶牛血液生化指标的影响机制,及DCAB的适宜添加水平,以便增强机体的缓冲能力,利于维持高产奶牛体内酸碱平衡、发挥其生产能力,为DCAB在实际生产中的应用提供科学的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验动物及日粮

选择32头体重质量、产奶量、产犊日期、胎次相同或相近的泌乳前期(30~60 d)荷斯坦奶牛共32头作为试验牛。试验奶牛的日粮根据NRC(2002)标准配制,并添加澳洲RCI公司生产的适可耐饲料级添加剂(含 $\text{Na}^+$  109 g/kg、 $\text{K}^+$  220 g/kg、 $\text{HCO}_3^-$  285 g/kg),以平衡日粮阴阳离子水平。精料每日饲喂3次,按3 kg/(头·d)基础量饲喂,另每产3.0 kg奶加1 kg精料,粗饲料自由采食。

表1 精料组成及营养水平(干物质基础)

Tab.1 Concentrate composition nutrient level of diets (DM basis)

原料 Ingredient	百分比/% Percentage	营养水平 Nutritive Level	
玉米 Maize	45	干物质/% DM	89.10
豆粕 Soybean meal	35	产奶净能(MJ·Kg <sup>-1</sup> )	7.04
麸皮 Wheat bran	13	粗蛋白/% CP	18.52
石粉 Stone meal	2	粗纤维/% CF	4.31
骨粉 Bone meal	3	钙/% Ca	1.82
食盐 NaCl	1	磷/% P	0.84
添加剂 Premix	1		
总值 Total	100		

### 1.2 试验设计

按照随机配对原则,将试验牛分为4组,阴阳离子(DCAB)的添加为4个水平,分别为对照组(185 meq/kgDM)、试验I组(243 meq/kgDM)、试验II组(317 meq/kgDM)、试验III组(442 meq/kgDM),阴阳离子计算公式为: $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$  mmol/kgDM。试验期为70 d,其中预试期10 d,正试期60 d。

### 1.3 样品测定和温湿度指标

试验日粮中的 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 浓度用原子吸收法进行测定, $\text{Cl}^-$ 浓度参照GB/T6439—1992标准测定,

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的浓度参照 GB/T17776—1999 标准测定; 在试验预试期、中期、后期, 分别对每头牛各采血 1 次, 制备血清, 测定碱性磷酸酶( ALP)、肌酸激酶( CK)、谷丙转氨酶( ALT)、三碘甲状腺原氨酸( T<sub>3</sub>)、甲状腺素( T<sub>4</sub>)、催乳素( PRL)、皮质醇( COR); 血糖、尿素氮、血清离子浓度等, 试验期间尾动脉采血测定血气指标、肌酸激酶( CK)。同时每天 08:00、15:00、21:00 测定并记录温度、湿度。

#### 1.4 数据处理

采用 SPSS 11.0 统计分析软件进行方差分析和多重比较, 数据以平均值 ± 标准差表示。

## 2 结果分析

### 2.1 牛舍温热环境

试验牛舍温热环境见表 2, 在每天的 3 个测定时间, 牛舍内的气温均在 25 °C 以上, 高于产奶牛可接受的温度范围 4~24 °C, 同时牛舍内的相对湿度也高, 3 个测定时间段的温度-湿度指数均值都高 75, 可以推断, 试验期的舍内温热环境对奶牛构成了热应激。

表 2 整个试验期牛舍内的平均温度与温湿度指数

Tab. 2 Temperature and DHI in cow house during the whole trial period

测定时间 Measure time	平均温度/°C Temperature	平均湿度 Humidity	平均温湿度 指数 THI
08:00	25.10	85.10	76.20
15:00	28.30	80.3	81.20
22:00	26.00	80.0	79.00

相对湿度 THI = 0.72 × ( 干球温度 + 湿球温度 ) + 40.60。THI = 0.72 × ( T<sub>d</sub> + T<sub>w</sub> ) + 40.60。

### 2.2 DCAB 对泌乳前期奶牛血气指标的影响

由表 3 可以看出, 血液 pH 值随着日粮 DCAB 水平增加而增加, PCO<sub>2</sub> 的浓度试验各组均低于对照组, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 PO<sub>2</sub> 的浓度试验组均高于对照组, 均没有显著的差异性 ( P > 0.05 ), 血液 TCO<sub>2</sub> 试验 I、试验 II 组高于对照组, 但试验 III 组突然下降, 且与其它组差异显著 ( P < 0.05 )。由此可见, 高日粮的 DCAB 水平能在一定程度上增加前期泌乳奶牛血液 pH 值、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度、PO<sub>2</sub>, 降低 PCO<sub>2</sub>, 减缓在热应激状态下奶牛机体趋于碱性的趋势, 维持机体的酸碱平衡, 但高水平 DCAB 对 TCO<sub>2</sub> 有抑制作用。

表 3 DCAB 对泌乳前期奶牛血气指标的影响

Tab. 3 The effect of DCAB on courage vigor parameters of early lactation dairy cow

项目 Item	对照组 Control group	试验 I Exp. group I	试验 II Exp. group II	试验 III Exp. group III
pH	7.37 ± 0.08a	7.39 ± 0.04a	7.40 ± 0.04a	7.46 ± 0.04a
PCO <sub>2</sub> / ( mmHg )	41.25 ± 4.40a	40.29 ± 3.34a	40.88 ± 3.64a	40.90 ± 3.07a
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / ( mmol · L <sup>-1</sup> )	25.32 ± 0.56a	25.43 ± 0.21a	25.38 ± 0.31a	25.42 ± 0.22a
PO <sub>2</sub> / ( mmHg )	90.25 ± 1.58a	107.13 ± 1.94a	93.63 ± 2.49a	93.43 ± 1.86a
TCO <sub>2</sub> / ( mmol · L <sup>-1</sup> )	57.38 ± 6.67a	62.57 ± 3.36a	58.0 ± 4.84a	55.88 ± 3.09b

同行之间字母不同表示差异显著 ( P < 0.05 )。

The different letters in the same column represent difference significantly ( P < 0.05 ) .

### 2.3 DCAB 对泌乳前期奶牛血清离子浓度的影响

由表 4 可见, 高的 DCAB 能增加血液 Na<sup>+</sup> 浓度, 对照组显著低于试验组 ( P < 0.05 ), 试验组间差异不显著 ( P > 0.05 ); K<sup>+</sup> 随着 DCAB 的增加呈二次曲线变化, 血清 Cl<sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup> 均无显著影响 ( P > 0.05 )。

### 2.4 DCAB 对泌乳前期奶牛血清酶和激素的影响

由表 5 知, 添加 DCAB 后对酶活性有一定的影响, ALP 成直线升高的趋势, CK 及 ALT 有降低的趋势, 但各组之间不同酶含量均没有显著差异性 ( P > 0.05 )。血清 T<sub>3</sub> 含量试验各组高于对照组, T<sub>4</sub> 含量、T<sub>4</sub>/T<sub>3</sub> 值、COR 均低于对照组, 差异不显著 ( P > 0.05 ), PRL 含量试验 III 组有所降低, 试验 I、II 组血清

PRL 含量分别比对照组提高了 10.53%、8.50%。血糖和尿素氮的含量试验 I 和试验 II 组均高于对照组, 试验 III 组则表现偏低, 其中尿素氮含量试验 I 和试验 II 组与对照组及试验 III 组达到了差异显著水平 ( $P < 0.05$ )。由此可见, 增加 DCAB 饲喂量, 有利于 ALP 酶活性和  $T_3$  含量的提高, 并且在一定范围内有利于 PRL、血糖和尿素氮含量的增加, 血清  $T_4$ 、COR 含量呈现降低。

表 4 DCAB 对泌乳前期血清离子浓度的影响

Tab. 4 The effect of DCAB on blood serum ion concentration of early lactation dairy cow mmol/L

项目 Item	对照组 Control group	试验 I Exp. group I	试验 II Exp. group II	试验 III Exp. group III
Na <sup>+</sup>	139.55 ± 1.50a	140.42 ± 2.07b	142.04 ± 1.44b	140.25 ± 1.80b
K <sup>+</sup>	4.86 ± 0.36a	4.90 ± 0.28a	5.12 ± 0.58a	5.01 ± 0.33a
Cl <sup>-</sup>	100.53 ± 2.08a	99.19 ± 1.98a	99.51 ± 1.52a	100.2 ± 1.84a
Ca <sup>2+</sup>	0.98 ± 0.03a	0.98 ± 0.05a	0.98 ± 0.05a	0.97 ± 0.03a

同行之间字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The different letters in the same column represent difference significantly ( $P < 0.05$ ).

表 5 DCAB 对泌乳前期奶牛血液生化指标的影响

Tab. 5 The effect of DCAB on blood biochemistry parameters of early lactation dairy cow

项目 Item	对照组 Control group	试验 I Exp. group I	试验 II Exp. group II	试验 III Exp. group III
碱性磷酸酶/(IU · L <sup>-1</sup> ) ALP	31.5 ± 11.11a	35.92 ± 12.48a	36.21 ± 13.58a	37.29 ± 12.49a
肌酸肌酶/(IU · L <sup>-1</sup> ) CK	179.30 ± 8.58a	148.17 ± 5.14a	175.51 ± 9.06a	158.55 ± 4.49a
谷丙转氨酶/(IU · L <sup>-1</sup> ) ALT	31.11 ± 7.77a	33.15 ± 4.62a	29.0 ± 2.22a	29.83 ± 7.26a
$T_3$ /(ng · mL <sup>-1</sup> )	1.78 ± 0.46a	1.97 ± 0.43a	1.87 ± 0.79a	1.94 ± 0.43a
$T_4$ /(ng · mL <sup>-1</sup> )	81.08 ± 2.15a	78.07 ± 1.93a	75.32 ± 2.047a	76.11 ± 2.89a
$T_4/T_3$	45.55	39.63	40.28	39.23
COR/(ng · mL <sup>-1</sup> )	5.06 ± 0.48a	4.59 ± 0.83a	4.49 ± 0.47a	4.02 ± 0.19a
PRL/(IU · mL <sup>-1</sup> )	217.82 ± 6.60a	243.45 ± 9.30a	238.05 ± 4.49a	188.12 ± 4.46a
血糖 GLU	2.74 ± 0.52b	2.85 ± 0.38b	2.92 ± 0.33b	2.33 ± 0.64a
尿素氮 BUN	5.15 ± 0.99a	6.05 ± 0.76b	5.29 ± 0.34b	5.11 ± 0.92a

同行之间字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The different letters in the same column represent difference significantly ( $P < 0.05$ ).

### 3 讨论与结论

#### 3.1 DCAB 对奶牛血气指标的影响

血液的酸碱平衡是指动物的体液 pH 值在一个较为稳定的范围内, 正常细胞外液的 pH 值在 7.35 ~ 7.45 内, 动物通过摄入的水和日粮中的各种无机盐类, 就能维持正常的生理功能, 并保持体液之间的动态平衡。血液 pH 值、CO<sub>2</sub> 分压、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度是衡量机体酸碱平衡的主要血气指标, 血液酸碱度保持相对恒定, 有赖于机体完善的调节机制, 它主要取决于 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> / H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 缓冲体系, 维持血液 pH 值对机体代谢非常重要, 它影响多种酶的活性, 膜的通透性和整个器官的功能。在热应激状态下, 导致 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> / H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 缓冲体系改变, 血液 pH 值下降、CO<sub>2</sub> 分压增加、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度下降, 奶牛易于发生酸中毒。

Roche<sup>[10]</sup> 报道, 血液 pH 值、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度随 DCAB 的升高而呈线性增加, 本试验结果表明, DCAB 能增加血液 pH 值和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度, 降低 CO<sub>2</sub> 分压, 这说明 DCAB 对血液酸碱平衡有直接的影响。这一结果也与李秋凤<sup>[11]</sup>、Tucker<sup>[12]</sup> 和 West 等<sup>[13]</sup> 的报道一致。血液中的 PO<sub>2</sub> 越高, 说明机体的运氧能力越强。因此, 增加 DCAB 可增加血液 pH 值和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 浓度, 从而增加血液的缓冲能力, 减缓了热应激对奶牛的

影响。在泌乳前期试验 I 组  $\text{HCO}_3^-$  浓度最高、 $\text{CO}_2$  分压最低、 $\text{PO}_2$  最高, 初步判定 DCAB 为 243 mEq/kgDM 时, 奶牛体内的酸碱平衡和抗代谢性酸中毒能力最好。

### 3.2 DCAB 对奶牛血清中矿物质的影响

血液矿物质以离子形式存在, 主要有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  参与维持动物的正常代谢和维护基本的生理机能。热应激时动物采食量降低, 离子浓度下降, 造成机体代谢紊乱。Cohen H<sup>[14]</sup> 研究表明日粮  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  浓度与 pH 值成正相关,  $\text{Cl}^-$  浓度与其呈负相关。试验血清中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  离子浓度呈现升高的趋势, 这说明通过向日粮添加缓冲剂调节 DCAB, 能使奶牛日粮  $\text{K}^+$  浓度增加, 从而补充了因高温大量饮水等造成的  $\text{K}^+$  流失, 另外, 适宜的 DCAB 可提高采食量, 使血液中的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  离子浓度增加, 为维持机体酸碱平衡起了积极的作用, 在一定程度上减缓了奶牛热应激, DCAB 过高则影响饲料的适口性,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  离子浓度有所降低, 这与孙永强<sup>[15]</sup> 结论相同。试验中  $\text{Cl}^-$  浓度随着 DCAB 的增加而呈现出降低趋势, 这可能是由于  $\text{Cl}^-$  影响了饲料适口性, 同时尿量增加  $\text{Cl}^-$  排泄量增多, DCAB 对  $\text{Ca}^{2+}$  影响不明显, Jackson<sup>[16]</sup> 研究表明 DCAB 对各泌乳期血清  $\text{Ca}^{2+}$  无显著影响, 本试验结果与此一致, 说明 DCAB 水平不影响机体对  $\text{Ca}^{2+}$  的利用。

### 3.3 DCAB 对泌乳奶牛血清中酶的影响

酶是由动物组织分泌的一种生物催化剂, 动物的新陈代谢过程和代谢调节都需要酶的参与, 影响酶活性的因素很多如温度、pH 值等, 大多数动物酶的最适 pH 值范围为 6.5~8.0, 过酸或过碱都可引起酶的失活, 出现代谢紊乱, 导致疾病甚至死亡。

肌酸磷酸激酶(CK)是一种器官特异性酶, 主要存在于骨骼肌、心肌及脑组织中, 其中以骨骼肌含量最高, 其功能是催化磷酸腺苷中的高能磷酸键转移到肌酸分子上, 生成磷酸肌酸储存能量。CK 升高是动物遭受热应激的主要指标<sup>[17-19]</sup>。本试验结果表明, 泌乳前期 DCAB 为 243 mEq/kgDM 时, 血清中 CK 下降最多, 血清 CK 下降充分说明高 DCAB 水平的日粮对奶牛热应激具有一定的缓解作用, 且泌乳前期 DCAB 为 243 mEq/kgDM 时较为适宜。

血清碱性磷酸酶(ALP)是由肝组织产生的<sup>[20]</sup>, 广泛分布于机体各组织, 尤其是肝脏、肾脏、血细胞等含量较高。随 DCAB 的增加, 血清 ALP 有增加的趋势, 但无显著差异。这说明 DCAB 对碱性磷酸酶催化的反应无显著影响。这一研究结果与李秋凤<sup>[11]</sup> 报道相一致。

谷丙转氨酶(ALT)在肝脏中含量最高。遭受热应激时, 机体可使血红蛋白分解转化为糖的能力加强, 以抵抗热应激造成的损害, 因此, 谷丙转氨酶增加。试验日粮 DCAB 为 243 mEq/kgDM 时, 谷丙转氨酶稍高于对照组, 其他试验组则低于对照组。这一结果与李秋凤<sup>[11]</sup> 报道相不一致。可能是因为试验期间经常天气突变采食量降低造成的, 采食量降低、机体能量缺乏, 这时血红蛋白转化为糖的量增加, 抵制热应激造成的损害, 具有减缓热应激的作用。

### 3.4 DCAB 对泌乳奶牛血清生化指标的影响

甲状腺分泌物主要是甲状腺素( $5\beta$ , -四碘甲腺原氨酸,  $T_4$ ) 相对无活性, 经脱碘酶的作用转化为活性强的三碘甲腺原氨酸( $T_3$ )。甲状腺激素具有生热效应, 能使细胞内氧化速度提高, 耗氧量增加, 产热增多。这种生热效应的生理意义在于使机体的能量代谢维持在一定水平, 调节体温使之恒定。另外, 它促进糖、脂肪及蛋白质的代谢, 提高机体基础代谢率, 促进动物的生长、发育及成熟, 维持神经系统的正常功能, 同时具有利尿功能。本试验结果表明, DCAB 使血清  $T_4/T_3$  减小,  $T_4$  浓度降低, 这说明  $T_4$  向  $T_3$  的转化率增加, 甲状腺分泌活性下降, 这充分说明了通过调节日粮 DCAB 减少  $T_4$  分泌, 即减少了机体自身产热, 改善三大营养物质的代谢, 对热应激奶牛具有一定的缓解作用, 高 DCAB 水平的日粮对处于热应激状态的奶牛有利。这与苗树君等<sup>[17-18]</sup> 研究结论相一致。

COR 是由肾上腺皮质束状带和网状带分泌的糖皮质激素, 主要参与糖代谢的调节, 也参与应激反应, 动物在遭遇应激时, 皮质醇分泌增加<sup>[11]</sup>。本试验随 DCAB 的增加血清 COR 含量逐渐减少, 这证明 DCAB 能降低肾上腺皮质的分泌活性, 皮质醇含量降低, 能抑制蛋白质分解为糖, 提高动物的抗应激及免疫能力, 有利于奶牛的生长发育和生产性能的发挥。

PRL 主要由腺垂体和胎盘分泌的, 具有促进乳腺组织生长、发育和维持泌乳的作用, 另外也有类似生长激素的作用。本试验结果表明, 泌乳前期血清 PRL 含量呈曲线型变化, DCAB 对 PRL 有一定影响,

能够通过调节 PRL 的分泌, 改变机体的生产性能, 与孙永强<sup>[15]</sup>报道一致。

血糖是葡萄糖在机体内的运输方式, 通过血糖浓度变化可以反映机体的生理状况, 血清尿素氮含量受日粮中的各种含氮物质在瘤胃内降解、氨的释放速度与瘤胃微生物利用氨合成菌体蛋白的速度的影响。添加 DCAB 后试验 I、II 组的血糖和尿素氮均高于对照组, 说明在适宜的 DCAB 水平时, 能促进胰高血糖素的分泌, 同时抑制胰岛素的生成, 维持了血糖浓度, 与梁威等<sup>[21]</sup>的结论相同; 血清尿素氮的增加, 可能是因为蛋白质饲料在转化过程中, 以氨基酸的形式存在于血液中, 进入三羧酸循环以供机体代谢所需的能量, 满足在高温环境下体内代谢速度加快的需要。这也说明高的 DCAB 虽然增加了采食量, 对氮的利用率降低。

热应激奶牛日粮添加 DCAB 能在一定程度上增加泌乳奶牛血液 pH 值、 $\text{HCO}_3^-$  浓度和  $\text{PO}_2$ , 降低  $\text{PCO}_2$ , 增加血液缓冲能力, 减缓在热应激状态下奶牛机体趋于碱性的趋势, 维持机体的酸碱平衡。添加 DCAB 能增加  $\text{Na}^+$  浓度, 对血清酶、激素的影响尽管不显著, 但有一定的规律性, 随 DCAB 水平的提高, 血清 ALP 增加, CK、ALT 下降, 血清  $\text{T}_3$  随 DCAB 增加而增加, 血清 COR、 $\text{T}_3/\text{T}_4$  则随之减小, PRL、GLU、BUN 的含量在一定程度上有所升高, 但随着含量升高, 效果不佳。综合分析试验奶牛血液生化指标的变化, 夏季泌乳前期奶牛 DCAB 为 275 mEq/kg DM 效果较好, 最适含量有待进一步试验。

#### 参考文献:

- [1]张居农, 林松涛, 谢鹏贵. 奶牛热应激的发生与预防[J]. 乳业科学与技术, 2007(1): 49-52.
- [2]王冉, 李如治. 热应激对家畜采食量的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1999(2): 39-41.
- [3]张建, 蒋永清, 邵涛. 奶牛热应激机理及其营养调控研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(2): 88-91.
- [4]王小芬. 缓解奶牛热应激的措施[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2009(4): 25-26.
- [5]Wise M E, Armstrong D V, Huber J et al. Hormonal alteration in the lactation dairy cow in response to thermal stress[J]. Dairy Sci, 1998, (71): 2480-2484.
- [6]李建国, 桑润滋, 张正珊, 等. 热应激对奶牛的生理常值、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.
- [7]赖登明. 动物应激与血液成分[J]. 家畜生态, 1996(2): 46-48.
- [8]穆玉云. 乳牛热应激指标的检测[J]. 安徽农业大学学报, 1993, 20(1): 66-71.
- [9]范石军, 韩友文, 李荣文, 等. 家禽热应激机理及其研究进展[J]. 饲料博览, 1996, 8(5): 14-16.
- [10]Cohen H, Herwitz S. The response of blood ionic constituents and chloride in laying fowls[J]. Poultry Sci, 1974, 53: 378-383.
- [11]李秋凤, 李建国, 韩永利. 日粮阴阳离子平衡对高温环境中奶牛生产性能和血液指标的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2004, 35(5): 498-504.
- [12]Tucker W B. Efficacy of stimulated, slow release sodium bicarbonate in stabilizing ruminal milieu and acid-base status in lactating dairy cattle[J]. J Dairy Sci, 1988, 71: 1824-1829.
- [13]West J W, Mullinix B G. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments[J]. Dairy Sci, 1991, 74: 1662.
- [14]Roche J R, Petch S, Kay J K. Manipulating the dietary cation-anion difference via drenching to early-lactation dairy cows grazing pasture[J]. Dairy Sci, 2005, 88(1): 264-276.
- [15]孙永强, 刘立成, 曹秀青, 等. 日粮离子平衡对血液生化参数的影响[J]. 营养饲料, 2008, 44(19): 41-43.
- [16]Jackson J A, Akay V. The effect of cation-anion difference on calcium requirement, feed intake, body weight gain, and blood gases and mineral concentrations of dairy calves[J]. J Dairy Sci, 2001, 84(1): 147-153.
- [17]苗树君, 韩名堂, 巩和秋. 奶牛乳中  $\text{T}_4$  和  $\text{T}_3$  浓度变化及其与日产奶量关系的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1997(6): 4-6.
- [18]苗树君, 韩名堂, 郭祥, 等. 不同产奶水平奶牛泌乳盛中后期血清  $\text{T}_3$  和  $\text{T}_4$  浓度变化的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1992(6): 1-3.
- [19]傅玉玲. 高温对产蛋鸡的血液生化反应[J]. 中国畜牧杂志, 1988(6): 11-13.
- [20]G G 吉尔鲍特. 酶法分析手册[M]. 陈石根, 等. 译. 上海科学技术出版社, 1982: 121-12.
- [21]梁威, 郝枫. 奶牛血液及乳几项生化指标与泌乳性能的关系[J]. 西北农业大学学报, 1999, 23(1): 64-67.