

# 丙酸镁对泌乳早期奶牛体况、泌乳性能和代谢参数的影响

李红玉<sup>1</sup>, 刘强<sup>1</sup>, 王聪<sup>1</sup>, 杨效民<sup>2</sup>, 贺东昌<sup>2</sup>, 郭刚<sup>1</sup>

(1. 山西农业大学动物科技学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西省农业科学院畜牧兽医研究所, 山西 太原 030032)

**摘要:** 选用 36 头经产奶牛, 根据泌乳期、上一泌乳期 305 d 产奶量和预产期, 采用随机区组设计分为 4 组, 对照组饲喂基础日粮, 处理 1, 2 和 3 组分别在基础日粮基础上添加丙酸镁 50, 100 和 150 g/d, 研究丙酸镁对泌乳早期奶牛采食量、泌乳性能、血液代谢参数和尿酮浓度的影响。结果表明, 添加丙酸镁对奶牛的采食量、乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和乳干物质率无显著影响, 添加丙酸镁 100 和 150 g/d 对产乳量、饲料转化效率、体况及代谢参数有改善, 该二处理组产奶量、饲料转化效率、体况评分、能量平衡、血浆葡萄糖和胰岛素浓度均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 而血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 尿酮浓度 (除 100 g/d 组产后 7 d 测定值与 50 g/d 组无显著差异外) 显著低于对照组和 50 g/d 组 ( $P < 0.05$ )。根据试验结果, 丙酸镁适宜添加量为 100 g/d。

**关键词:** 丙酸镁; 泌乳性能; 代谢产物; 泌乳早期; 荷斯坦奶牛

**中图分类号:** S823.9<sup>+</sup>1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-5759(2009)04-0187-08

\* 高产奶牛在泌乳早期常处于能量负平衡状态<sup>[1]</sup>, 往往易引发代谢疾病。丙酸盐是重要的葡萄糖异生物质<sup>[2]</sup>, 可以满足葡萄糖需要的 32%~70%<sup>[3]</sup>。早在 19 世纪 50 年代, 有研究表明补充丙酸盐能提高血液葡萄糖浓度<sup>[4,5]</sup>, 降低  $\beta$ -羟丁酸浓度<sup>[4~6]</sup>。近期研究也表明饲喂葡萄糖前体物质可显著提高血浆葡萄糖和胰岛素浓度, 降低游离脂肪酸浓度<sup>[7]</sup>。丙酸盐对泌乳性能的影响由于试验日粮不同结果各异, Hayirli 等<sup>[8]</sup>与 Overton 和 Waldron<sup>[9]</sup>报道日粮添加丙酸钙能改善泌乳性能, 而 DeFrain 等<sup>[10]</sup>研究发现添加丙酸盐对产奶量无显著影响, 乳蛋白率和乳脂产量显著提高。McNamara 和 Valdez<sup>[11]</sup>研究发现添加丙酸盐产奶量显著提高, 而乳脂率降低。而且镁是动物的必需元素, 镁作为许多酶的辅助因子, 参与蛋白质和核酸的合成、细胞周期的调控、维持细胞和线粒体结构的完整及物质与浆膜的结合, 具有稳定和保护生物膜的作用。目前, 国内尚未检索到丙酸镁对奶牛泌乳性能和血液代谢产物影响的研究报道。因此, 本试验旨在研究在我国目前奶牛实践中仍以玉米秸秆为主要粗饲料饲养条件下, 日粮添加不同水平的丙酸镁对泌乳早期奶牛干物质采食量、泌乳性能、血液代谢产物和尿酮浓度的影响, 从而为我国奶牛生产实践提供技术指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物与试验设计

试验于 2007 年 4—8 月在山西大同市国营农作物原种场奶牛场进行。选用 36 头经产奶牛, 根据泌乳期、上一泌乳期 305 d 产奶量和预产期, 采用随机区组设计分为 4 组, 每组 9 头牛。奶牛分组情况见表 1。对照组饲喂基础日粮, 处理 1, 2 和 3 组分别在基础日粮基础上添加丙酸镁 50, 100 和 150 g/d。丙酸镁由德国埃克尔博士有限公司提供, 纯度 98.5%, 含镁 11%。将丙酸镁混合于 1/3 的混合精料中饲喂奶牛, 待采食完之后再喂其余混合精料与粗饲料。

表 1 荷斯坦奶牛分组情况

Table 1 Allocation for Holstein dairy cows to treatments

项目 Item	丙酸镁添加量 Supplemental magnesium propionate (g/d)			
	0	50	100	150
奶牛头数 Dairy cows number	9	9	9	9
胎次 Parity number	2.6	2.5	2.7	2.5
305 d 产奶量 305 d mature-equivalent production (kg)	7 315	7 308	7 289	7 321

\* 收稿日期: 2008-10-06; 改回日期: 2008-11-17

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAD56B04)资助。

作者简介: 李红玉(1973-), 女, 山西祁县人, 实验师, 硕士。E-mail: lihongyu289@126.com

## 1.2 试验日粮与饲养管理

基础日粮按照中国奶牛饲养标准<sup>[12]</sup>配制,由混合精料、玉米秸秆、玉米青贮和苜蓿干草组成,其组成及营养水平见表2。奶牛产后当天从产圈转到试验圈舍,集中统一饲养管理。奶牛单槽饲喂,自由采食,自由饮水。每天于6:00,14:00和21:00挤奶。

表2 基础日粮组成及营养水平

Table 2 Ingredient and chemical composition of the basal diet (DM)

日粮组成 Ingredients	含量 Content (%)	营养水平 Nutrient levels <sup>2</sup>	含量 Content
玉米秸秆 Corn stalk	33.00	泌乳净能 Net energy for lactation( $NE_L$ , MJ/kg)	6.75
玉米青贮 Corn silage	16.00	有机物质 Organic matter (%)	93.46
苜蓿干草 Alfalfa hay	2.00	粗蛋白质 Crude protein (%)	16.14
玉米 Corn grain	22.80	中性洗涤纤维 Neutral detergent fibre (%)	41.52
麸皮 Wheat bran	6.00	酸性洗涤纤维 Acid detergent fibre (%)	27.83
豆粕 Soybean meal	8.60	钙 Calcium (%)	1.18
棉籽饼 Cottonseed cake	6.80	磷 Phosphorus (%)	0.73
菜籽饼 Rapeseed cake	4.00		
碳酸钙 Calcium carbonate	0.50		
食盐 Salt	0.40		
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	0.35		
矿维添加剂 Premix <sup>1</sup>	0.55		

注:1)每千克日粮干物质含:维生素A 3 800 IU;维生素D<sub>3</sub> 1 200 IU;维生素E 30 IU;铁 50 mg;铜 10 mg;锌 40 mg;锰 40 mg;碘 0.5 mg;硒 0.3 mg;钴 0.1 mg; 2)泌乳净能根据原料组成计算所得,其余为实测值。

Note: 1) Provided per kilogram of diet: Vitamin A 3 800 IU; Vitamin D<sub>3</sub> 1 200 IU; Vitamin E 30 IU; Fe 50 mg; Cu 10 mg; Zn 40 mg; Mn 40 mg; I 0.5 mg; Se 0.3 mg; Co 0.1 mg; 2)  $NE_L$  is calculated value, other nutrient levels are measured values.

## 1.3 试验测定和样品采集与分析

**1.3.1 采食量的测定** 逐日记录每头奶牛采食的饲料量和剩料量,每周采集并测定1次饲料和剩料的干物质含量,根据每天每头奶牛的采食量分别计算每头奶牛的日平均干物质采食量。饲料和剩料干物质、粗蛋白质、钙和磷含量按照杨胜<sup>[13]</sup>的方法分析,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维按照 Van Soest 等<sup>[14]</sup>的方法测定。

**1.3.2 产奶量的测定和乳样采集与分析** 逐日测定并记录每头奶牛早、中、晚产奶量,计算平均日产奶量。于奶牛产后每7 d连续3 d按比例采集每头牛早、中、晚乳样,然后按每天每头牛混合后立即用丹麦 MK-120 型乳品红外扫描仪测定乳糖、乳脂、乳蛋白和乳干物质含量<sup>[15]</sup>。

**1.3.3 奶牛体重的测定和体况评分** 在奶牛产后第1,21,42和63天连续2 d于晨饲前按照奶牛体况评分标准<sup>[16]</sup>对奶牛进行体况评分,称量并记录各组奶牛体重,计算体重变化。

**1.3.4 血液样品采集与分析** 在奶牛产后第7,14和21天于早晨饲喂前尾静脉采血。用含草酸钾和4%氟化钠的7 mL真空采血管采集的血样用于分析血浆葡萄糖和胰岛素浓度。用含肝素钠的10 mL真空采血管采集的血样用于分析血浆游离脂肪酸和 $\beta$ -羟丁酸浓度。采集血样后将采血管置于冰块上送到兽医室,于4℃ 3 000 r/min离心15 min分离血浆,-20℃冷冻保存。血浆葡萄糖浓度采用Sigma葡萄糖氧化酶试剂盒按照 Trinder<sup>[17]</sup>的方法进行测定。游离脂肪酸采用南京建成生物工程研究所的游离脂肪酸试剂盒按照 Johnson 和 Peters<sup>[18]</sup>的方法测定, $\beta$ -羟丁酸采用Sigma试剂盒 310-A 按照 Williamson 等<sup>[19]</sup>的方法测定。所用仪器为UV-2100型紫外-可见分光光度计。采用放射免疫分析方法用GC-911  $\gamma$ -计数器测定胰岛素,试剂盒由北京科美东雅生物技术有限公司提供。

**1.3.5 尿样采集与分析** 在奶牛产后第7,14和21天收集尿液,并按比例采样,然后在-20℃冷冻保存。采用

Bayer CL IN ITEK 500 型尿液分析仪及配套试纸、半定量法测定尿酮浓度<sup>[20]</sup>。

#### 1.4 数据处理与统计分析

饲料转化效率=产奶量/耗料量。根据公式:采食净能( $NE_I$ , MJ/d)=饲料干物质采食量×饲料泌乳净能含量+丙酸镁能量×丙酸镁添加量;维持净能需要量( $NE_M$ , MJ/d)= $0.356 BW^{0.75}$  计算每头奶牛每天采食净能和维持净能需要量。式中, $BW^{0.75}$  为代谢体重。根据公式:泌乳净能需要量( $NE_L$ , MJ/d)=产奶量(kg)× $[(0.0929 \times \text{乳脂}\%) + (0.0563 \times \text{乳蛋白}\%) + (0.0395 \times \text{乳糖}\%)] \times 4.184$  计算每头奶牛泌乳净能需要量<sup>[21]</sup>。用满足能量需要的差值( $NE_I - NE_M - NE_L$ )表示每头奶牛能量平衡状况。饲料干物质采食量、产奶量、乳成分和代谢产物等数据应用 SPSS 10.0 统计分析软件中随机区组设计得两因素方差分析模型进行方差分析和应用 Duncan 氏的新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 丙酸镁对奶牛采食量、产奶量和饲料转化效率的影响

随着丙酸镁水平的增加,饲料干物质采食量差异不显著( $P > 0.05$ )(表 3)。丙酸镁对奶牛产奶量和饲料转化效率影响显著( $P < 0.05$ ),100 和 150 g/d 组显著高于对照组( $P < 0.05$ ),但丙酸镁处理组间差异不显著( $P > 0.05$ )。随着泌乳期的推进,奶牛饲料干物质采食量和产奶量显著增加,饲料转化效率显著下降( $P < 0.05$ )。

### 2.2 丙酸镁对奶牛乳成分的影响

随着日粮添加丙酸镁水平的增加,乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和乳干物质率差异均不显著( $P > 0.05$ )(表 4)。随着泌乳期的推进,7~9 周与 1~3 周相比,乳脂率和乳蛋白率显著降低( $P < 0.05$ );乳糖率和乳干物质率差异均不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.3 丙酸镁对奶牛体况评分、体重及体重变化的影响

随着丙酸镁添加量的增加,100 和 150 g/d 组体况评分显著高于对照组( $P < 0.05$ ),但丙酸镁处理组间差异不显著( $P > 0.05$ )(表 5);随着泌乳期推进奶牛产后 42 d 以前体况评分显著降低,产后第 63 天又显著高于产后第 42 天。产后 1~3 周 100 和 150 g/d 组奶牛体重降低幅度显著低于对照和 50 g/d 组( $P < 0.05$ );产后 4~6 周

表 3 丙酸镁对泌乳早期奶牛采食量、产奶量和饲料转化效率的影响

Table 3 Effects of magnesium propionate on dry matter intake, milk yield, and efficiency of converting feed into milk in early lactation dairy cows

项目 Item	泌乳期 Lactation time	丙酸镁添加量 Supplemental magnesium propionate (g/d)			
		0	50	100	150
干物质采食量 Dry matter intake (kg/d)	1~3 周 1-3 weeks	14.66±0.54 aC	14.77±0.67 aC	14.93±0.76 aC	14.87±0.58 aC
	4~6 周 4-6 weeks	16.31±0.65 aB	16.36±0.71 aB	16.60±0.64 aB	16.60±0.49 aB
	7~9 周 7-9 weeks	18.19±0.58 aA	18.30±0.74 aA	18.47±0.74 aA	18.52±0.64 aA
	平均 Average	16.39±0.59 a	16.48±0.70 a	16.67±0.68 a	16.70±0.57 a
产奶量 Milk yield (kg/d)	1~3 周 1-3 weeks	25.75±1.37 bC	26.15±1.32 abC	26.64±1.45 aC	26.84±1.62 aC
	4~6 周 4-6 weeks	27.51±1.45 bB	28.24±1.52 abB	28.95±1.61 aB	29.15±1.47 aB
	7~9 周 7-9 weeks	30.06±1.53 bA	30.64±1.36 abA	31.12±1.47 aA	31.28±1.72 aA
	平均 Average	27.77±1.47 b	28.34±1.41 ab	28.90±1.52 a	29.09±1.61 a
饲料转化效率 Feed efficiency	1~3 周 1-3 weeks	1.76±0.05 bA	1.77±0.09 abA	1.78±0.04 aA	1.79±0.06 aA
	4~6 周 4-6 weeks	1.69±0.07 bAB	1.73±0.06 abAB	1.74±0.08 aAB	1.76±0.08 aAB
	7~9 周 7-9 weeks	1.65±0.06 bB	1.67±0.09 abB	1.68±0.05 aB	1.69±0.09 aB
	平均 Average	1.70±0.06 b	1.72±0.09 ab	1.74±0.05 a	1.75±0.07 a

注:同行不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),同列不同大写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: In the same row, values with different small letter mean significant difference ( $P < 0.05$ ); In the same column, values with different capital letter mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same below.

表 4 丙酸镁对泌乳早期奶牛乳成分的影响

Table 4 Effects of magnesium propionate on percentage of milk components in early lactation dairy cows

%

项目 Item	泌乳期 Lactation time	丙酸镁添加量 Supplemental magnesium propionate (g/d)			
		0	50	100	150
乳脂率 Milk fat percentage	1~3周 1-3 weeks	3.52±0.05 aA	3.54±0.07 aA	3.54±0.08 aA	3.53±0.05 aA
	4~6周 4-6 weeks	3.48±0.06 aAB	3.49±0.08 aAB	3.50±0.07 aAB	3.44±0.08 aAB
	7~9周 7-9 weeks	3.36±0.05 aB	3.41±0.04 aB	3.43±0.07 aB	3.39±0.07 aB
	平均 Average	3.46±0.05 a	3.47±0.06 a	3.49±0.07 a	3.45±0.06 a
乳蛋白率 Milk protein percentage	1~3周 1-3 weeks	3.30±0.04 aA	3.31±0.08 aA	3.31±0.05 aA	3.32±0.04 aA
	4~6周 4-6 weeks	3.26±0.06 aAB	3.26±0.09 aAB	3.27±0.08 aAB	3.25±0.06 aAB
	7~9周 7-9 weeks	3.23±0.07 aB	3.24±0.07 aB	3.24±0.03 aB	3.22±0.05 aB
	平均 Average	3.26±0.06 a	3.26±0.08 a	3.27±0.07 a	3.25±0.05 a
乳糖率 Milk lactose percentage	1~3周 1-3 weeks	4.65±0.11 aA	4.64±0.13 aA	4.59±0.10 aA	4.61±0.10 aA
	4~6周 4-6 weeks	4.68±0.12 aA	4.69±0.10 aA	4.72±0.09 aA	4.67±0.11 aA
	7~9周 7-9 weeks	4.67±0.08 aA	4.67±0.11 aA	4.68±0.11 aA	4.65±0.09 aA
	平均 Average	4.67±0.10 a	4.67±0.12 a	4.66±0.10 a	4.64±0.10 a
乳干物质率 Milk DM percentage	1~3周 1-3 weeks	12.22±0.52 aA	12.24±0.45 aA	12.19±0.59 aA	12.20±0.47 aA
	4~6周 4-6 weeks	12.16±0.61 aA	12.19±0.57 aA	12.22±0.48 aA	12.13±0.41 aA
	7~9周 7-9 weeks	12.04±0.51 aA	12.08±0.42 aA	12.11±0.54 aA	12.05±0.52 aA
	平均 Average	12.14±0.54 a	12.17±0.48 a	12.17±0.55 a	12.13±0.46 a

表 5 丙酸镁对泌乳早期奶牛体况评分、体重变化和能量平衡的影响

Table 5 Effects of magnesium propionate supplementation on body condition score, changes in body weights and energy balance in early lactation dairy cows

项目 Item	泌乳期 Lactation time	丙酸镁添加量 Supplemental magnesium propionate (g/d)			
		0	50	100	150
体况评分 Body condition score	产犊后 After calving	3.47±0.05 bA	3.56±0.06 abA	3.63±0.05 aA	3.54±0.07 aA
	产后第 21 天 21 days of postpartum	3.12±0.04 bB	3.14±0.04 abB	3.21±0.06 aB	3.13±0.08 aB
	产后第 42 天 42 days of postpartum	2.54±0.06 bC	2.61±0.05 abC	2.69±0.04 aC	2.62±0.06 aC
	产后第 63 天 63 days of postpartum	3.05±0.05 bB	3.11±0.04 abB	3.23±0.06 aB	3.20±0.07 aB
体重 Body weight (kg)	产犊后 After calving	615.3±12.87 aA	616.4±14.52 aA	615.0±15.20 aA	613.2±12.01 aA
	产后第 21 天 21 days of postpartum	577.4±13.51 aB	579.8±10.43 aB	583.4±16.19 aB	583.0±10.52 aB
	产后第 42 天 42 days of postpartum	579.7±13.48 aB	582.4±13.36 aB	586.5±13.81 aB	586.9±11.04 aB
	产后第 63 天 63 days of postpartum	582.6±13.36 aB	586.5±13.24 aB	592.4±15.32 aB	595.2±11.37 aB
体重变化 Changes in body weight (kg)	1~3周 1-3 weeks	-37.9±4.23 aA	-36.3±3.12 aA	-31.7±2.09 bA	-30.3±1.45 bA
	4~6周 4-6 weeks	2.3±0.18 bB	2.6±0.27 abB	3.2±0.19 aC	4.0±0.25 aC
	7~9周 7-9 weeks	2.9±0.47 cB	4.1±0.51 bcB	5.9±0.42 abB	8.3±0.34 aB
	平均 Average	-10.9±1.55 a	-9.9±0.93 ab	-7.5±1.22 bc	-6.0±0.71 c
NE <sub>I</sub> -NE <sub>M</sub> -NE <sub>L</sub> (MJ/d)	1~3周 1-3 weeks	-20.60±2.23 aA	-19.20±1.63 abA	-17.30±1.75 bA	-15.42±1.67 bA
	4~6周 4-6 weeks	-13.17±3.12 aB	-13.18±2.06 abB	-11.88±2.02 bB	-9.59±2.04 bB
	7~9周 7-9 weeks	-6.80±1.97 aC	-6.25±1.85 abC	-4.91±1.43 bC	-2.48±1.36 bC
	平均 Average	-13.52±2.31 a	-12.88±2.14 ab	-11.36±1.57 b	-9.16±1.71 b

和 7~9 周 100 和 150 g/d 组奶牛体重增加幅度显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。奶牛泌乳前期平均体重降低幅度, 100 g/d 组显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 150 g/d 组显著低于 50 g/d 组 ( $P < 0.05$ )。随着日粮添加丙酸镁水平的增加, 100 和 150 g/d 组采食净能与净能需要量的差值显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 说明添加丙酸镁 100 和 150 g/d 明显改善了奶牛能量平衡。

#### 2.4 丙酸镁对奶牛血浆代谢产物和尿酮含量的影响

随着泌乳期的推进, 丙酸镁处理组血浆葡萄糖与胰岛素增加幅度、血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度及尿酮浓度降低幅度均高于对照组 (表 6)。随着日粮添加丙酸镁水平的增加, 100 和 150 g/d 组血浆葡萄糖和胰岛素浓度显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ); 100 和 150 g/d 组血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ); 100 和 150 g/d 组尿酮浓度显著低于对照组和 50 g/d 组 ( $P < 0.05$ )。

表 6 丙酸镁对泌乳早期奶牛血浆代谢产物和尿酮含量的影响

Table 6 Effects of magnesium propionate on plasma metabolites and urine ketones in early lactation dairy cows

项目 Item	泌乳期 Lactation time	丙酸镁添加量 Supplemental magnesium propionate (g/d)			
		0	50	100	150
血糖 Glucose (mg/dL)	产后第 7 天 7 days of postpartum	47.87±1.52 bB	50.53±1.43 abB	52.20±1.31 aB	52.76±1.44 aB
	产后第 14 天 14 days of postpartum	52.98±2.04 bAB	54.87±1.64 abAB	57.79±1.87 aAB	58.44±2.05 aAB
	产后第 21 天 21 days of postpartum	57.20±2.18 bA	59.42±1.56 abA	60.93±1.52 aA	61.61±1.31 aA
	平均 Average	52.68±2.07 b	54.93±1.65 ab	56.96±1.65 a	57.95±1.57 a
胰岛素 Insulin ( $\mu$ IU/mL)	产后第 7 天 7 days of postpartum	3.37±0.15 bB	3.42±0.31 abB	3.51±0.33 aB	3.64±0.41 aB
	产后第 14 天 14 days of postpartum	4.59±0.22 bAB	4.63±0.25 abAB	4.72±0.41 aAB	5.12±0.32 aAB
	产后第 21 天 21 days of postpartum	4.86±0.40 bA	4.95±0.36 abA	5.04±0.39 aA	5.20±0.49 aA
	平均 Average	4.28±0.25 b	4.33±0.33 ab	4.43±0.38 a	4.65±0.44 a
游离脂肪酸 Non-esterified fatty acids ( $\mu$ Eq/L)	产后第 7 天 7 days of postpartum	448.22±19.23 aA	436.06±18.32 abA	427.17±21.25 bA	424.12±20.62 bA
	产后第 14 天 14 days of postpartum	341.11±18.54 aB	336.29±18.65 abB	330.26±19.06 bB	323.72±21.43 bB
	产后第 21 天 21 days of postpartum	250.26±18.30 aC	242.39±18.37 aC	238.53±18.57 bC	234.29±18.63 bC
	平均 Average	346.53±18.51 a	338.25±18.43 ab	331.99±19.24 b	327.38±20.14 b
$\beta$ -羟丁酸 $\beta$ -hydroxybu- tyrate ( $\mu$ mol/L)	产后第 7 天 7 days of postpartum	858.63±49.52 aA	852.50±51.19 abA	833.74±46.13 aA	817.41±48.53 bA
	产后第 14 天 14 days of postpartum	789.47±47.51 aB	770.83±47.12 abB	752.52±52.35 aB	730.31±45.42 bB
	产后第 21 天 21 days of postpartum	702.37±36.43 aC	687.40±45.27 abC	678.53±50.43 aC	671.42±42.63 bC
	平均 Average	783.49±42.85 a	770.24±48.32 ab	754.93±50.71 a	739.71±44.74 b
尿酮 Urine ketones (mg/dL)	产后第 7 天 7 days of postpartum	15.80±1.10 aA	14.09±1.12 abA	12.58±1.27 bA	11.70±1.31 bA
	产后第 14 天 14 days of postpartum	14.99±1.33 aAB	12.51±1.07 bAB	10.69±1.15 cB	8.62±1.06 cB
	产后第 21 天 21 days of postpartum	14.32±1.05 aB	10.80±1.11 bB	7.58±1.06 cC	5.69±1.21 cC
	平均 Average	15.04±1.21 a	12.47±1.14 b	10.28±1.18 c	8.67±1.17 c

### 3 讨论

随着丙酸镁水平的增加, 奶牛饲料干物质采食量无显著变化, 与 DeFrain 等<sup>[10]</sup>的研究结果相似, 而与 McNamara 和 Valdez<sup>[11]</sup>的研究结果相反。DeFrain 等<sup>[10]</sup>研究发现添加丙酸盐 120 g/d 对干物质采食量无显著影响。McNamara 和 Valdez<sup>[11]</sup>研究发现围产期奶牛饲喂丙酸钙 125 g/d, 产前干物质采食量提高了 11%, 产后采食量提高了 13%。这是由于日粮不同造成对干物质采食量影响结果的不一致。本试验添加丙酸镁 100 和 150 g/d 显著提高了饲料转化效率, 这与 Chung 等<sup>[20]</sup>添加生糖物质的研究结果相似, 研究发现补充生糖物质的奶牛在泌乳期前 6 周饲料转化为牛奶的效率有显著提高的趋势。刘强等<sup>[22]</sup>研究表明多营养补充能显著提高饲料转化效率。

随着丙酸镁水平的增加, 100 和 150 g/d 组显著提高了奶牛产奶量, 但对乳成分无显著影响, 这与 Hayirli

等<sup>[8]</sup>, Overton 和 Waldron<sup>[9]</sup>的研究结果一致。McNamara 和 Valdez<sup>[11]</sup>研究发现添加丙酸钙显著提高了奶牛产奶量,降低了乳脂率,但对乳蛋白质、乳糖和乳干物质含量无显著影响。DeFrain 等<sup>[10]</sup>研究发现添加丙酸盐对产奶量无显著影响,乳脂产量和乳蛋白质含量显著提高。本试验添加 100 和 150 g/d 丙酸镁显著提高了奶牛产奶量,这主要是因为牛乳中的乳糖是乳腺由葡萄糖转化而来,故乳牛需较多的葡萄糖,而丙酸是异生葡萄糖的主要来源,所以产奶量会增加。

添加不同水平的丙酸镁对奶牛体重没有显著影响,这与 McNamara 和 Valdez<sup>[11]</sup>的研究结果一致,研究发现添加丙酸盐对体重无显著影响。从体重变化看,随着丙酸镁水平的增加,处理组奶牛 1~3 周体重下降幅度降低;从产后 4 周到 9 周,奶牛体重较产后 3 周略有增加,并且随着丙酸镁水平的增加,体重增加幅度提高;添加丙酸镁 100 和 150 g/d 显著降低了体重的下降幅度。

奶牛产后处于能量负平衡状态,容易引发酮病,血液酮体和游离脂肪酸浓度升高和葡萄糖浓度降低<sup>[23,24]</sup>,胰岛素的分泌减少<sup>[25,26]</sup>。本研究中添加丙酸镁 100 和 150 g/d,血浆葡萄糖和胰岛素浓度显著增加,血浆中游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度显著降低,说明葡萄糖异生作用加强,奶牛动用体内储备脂肪较少,这与早期研究结果<sup>[4~6]</sup>一致。Hamada 等<sup>[27]</sup>报道 188 g 丙酸镁显著降低了血液酮体、 $\beta$ -羟丁酸和游离脂肪酸浓度,提高了血液葡萄糖和胰岛素浓度。Oba 和 Allen<sup>[28]</sup>报道随着瘤胃灌注丙酸盐水平的增加血浆葡萄糖和胰岛素浓度逐渐增加,游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度逐渐降低。Patton 等<sup>[7]</sup>研究表明饲喂葡萄糖前体物质可显著提高血浆葡萄糖和胰岛素浓度,降低游离脂肪酸浓度。而 DeFrain 等<sup>[10]</sup>研究发现添加丙酸盐对血浆葡萄糖、胰岛素和  $\beta$ -羟丁酸浓度没有显著影响,但降低了血浆游离脂肪酸浓度。本试验中血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度没有超过临床酮病游离脂肪酸的临界值 500  $\mu$ Eq/L 和  $\beta$ -羟丁酸的临界值 1 200  $\mu$ mol/L<sup>[29]</sup>。添加丙酸镁后尿酮浓度降低,这与 Chung 等<sup>[20]</sup>的研究结果相似,研究发现添加丙三醇在奶牛产后 3 周内平均尿酮浓度没有显著变化,但在产后第 4 和 14 天显著降低。尿酮浓度降低是由于血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度降低的结果。

本试验中添加丙酸镁 100 和 150 g/d,从各项指标比较差异不显著,再加之考虑到经济效益,所以确定其适宜添加量为 100 g/d。

## 4 结论

**4.1** 在经产奶牛泌乳早期日粮中添加丙酸镁,对奶牛饲料干物质采食量和乳成分没有显著影响,添加丙酸镁 100 和 150 g/d 显著提高了奶牛产奶量和饲料转化效率。

**4.2** 添加丙酸镁 100 和 150 g/d,血浆葡萄糖和胰岛素浓度显著升高,血浆游离脂肪酸和  $\beta$ -羟丁酸浓度显著降低,尿酮浓度显著降低。

**4.3** 添加丙酸镁 100 和 150 g/d 显著提高了满足奶牛净能需要的百分数和降低了奶牛体重下降程度,奶牛能量平衡和体况得到改善。

**4.4** 根据本试验结果,丙酸镁适宜添加量为 100 g/d。

## 参考文献:

- [1] Bertics S J, Grummer R R, Cadorniga-Valino C, *et al.* Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration in early lactation[J]. *Journal of Dairy Science*, 1992, 75(7): 1914-1922.
- [2] Drackley J K, Overton T R, Douglas G N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period[J]. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84(E. Suppl.): 100-112.
- [3] Seal C J, Reynolds C K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants[J]. *Nutrition Research Review*, 1993, 6(1): 185-208.
- [4] Schmidt G H, Schultz L H. Effect of feeding sodium propionate on milk and fat production, roughage consumption, blood sugar and blood ketones of dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1958, 41(1): 169-175.
- [5] Schultz L H. Use of sodium propionate in the prevention of ketosis in dairy cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 1958, 41(1): 160-167.

- [6] Goff J P, Horst R L, Jardon P W, *et al.* Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1996, 79(3): 378-383.
- [7] Patton R S, Sorenson C E, Hippen A R. Effects of dietary glucogenic precursors and fat on feed intake and carbohydrate status of transition dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(7): 2122-2129.
- [8] Hayirli A, Bremmer D R, Bertics S J, *et al.* Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83(5):1218-1230.
- [9] Overton T R, Waldron M R. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(E. Suppl.): 105-119.
- [10] DeFrain J M, Hippen A R, Kalscheur K F, *et al.* Effects of feeding propionate and calcium salts of long-chain fatty acids on transition dairy cow performance[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88(3): 983-993.
- [11] McNamara J P, Valdez F. Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate and chromium propionate[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88(7): 2498-2507.
- [12] 冯仰廉,莫放,陆治年,等. 奶牛营养需要和饲养标准[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000. 14-15.
- [13] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1996. 16-35.
- [14] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(6): 3583-3597.
- [15] 张石蕊, 易学武, 贺喜, 等. 不同精粗比全混合日粮饲养技术对南方奶牛采食行为、产奶性能和血清游离氨基酸的影响[J]. *草业学报*, 2008, 19(3):23-30.
- [16] Wildman E E, Jones G M, Wagner P E, *et al.* A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics[J]. *Journal of Dairy Science*, 1982, 65:495-501.
- [17] Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor[J]. *Annals of Clinical Biochemistry*, 1969, 6(1): 24-27.
- [18] Johnson M M, Peters J P. Technical note: An improved method to quantify non-esterified fatty acids in bovine plasma[J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71(3): 753-756.
- [19] Williamson D H, Mellanby J, Krebs H A. Enzymic determination of D- $\beta$ -hydroxybutyric acid and acetoacetic acid in blood [J]. *Biochemical Journal*, 1962, 82(1): 90-96.
- [20] Chung Y H, Rico D E, Martinez C M, *et al.* Effects of feeding dry glycerin to early postpartum holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles[J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90(12): 5682-5691.
- [21] National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (Seventh Revised Edition)[M]. Washington, District of Columbia: National Academy Press, 2001.
- [22] 刘强,黄应祥,苗朝华,等. 日粮添加赛乐硒对西门塔尔牛瘤胃发酵和尿嘌呤衍生物含量的影响[J]. *草业学报*, 2007,16(3): 101-107.
- [23] Bach S J, Hibbitt K G. Biochemical aspects of bovine ketosis[J]. *Biochemical Journal*, 1959, 72(1): 87-92.
- [24] Yamadagni S, Scultz L H. Fatty acid composition of blood plasma lipids of normal and ketotic cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1970, 53(8): 1046-1050.
- [25] Schwalm J W, Schultz L H. Relationship of insulin concentration to blood metabolites in the dairy cow[J]. *Journal of Dairy Science*, 1976, 59(2): 255-261.
- [26] Hove K. Insulin secretion in lactating cows; Responses to glucose infused intravenously in normal, ketonemic, and starved animals[J]. *Journal of Dairy Science*, 1978, 61(10): 1407-1413.
- [27] Hamada T, Ishii T, Taguchi S. Blood changes of spontaneously ketotic cows before and four hours after administration of glucose, xylitol, 1,2-propanediol, or magnesium propionate[J]. *Journal of Dairy Science*, 1982, 65(8): 1509-1513.
- [28] Oba M, Allen M S. Dose-response effects of intrauminal infusion of propionate on feeding behavior of lactating cows in early or midlactation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(9): 2922-2931.
- [29] LeBlanc S J, Leslie K E, Duffield T F. Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88(1): 159-170.

**Effects of magnesium propionate supplementation on body condition, lactation performance and metabolic parameters in early lactation Holstein dairy cows**

LI Hong-yu<sup>1</sup>, LIU Qiang<sup>1</sup>, WANG Cong<sup>1</sup>, YANG Xiao-min<sup>2</sup>, HE Dong-chang<sup>2</sup>, GUO Gang<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** The effects of magnesium propionate on lactation performance and metabolic parameters in early lactation Holstein dairy cows were evaluated using thirty-six multiparous Holstein dairy cows. They were blocked by lactation number, corrected milk yield in last lactation, and expected calving date, then designated into four treatments (0, 50, 100, and 150 g/d) of magnesium propionate supplement in a randomized block experiment. Average feed intake, milk fat percentage, milk protein percentage, milk lactose percentage and milk dry matter percentage were not affected by magnesium propionate supplementation ( $P > 0.05$ ). Milk yield, feed efficiency, body condition and metabolic parameters of cows supplemented with magnesium propionate at 100 and 150 g/d were significantly ( $P < 0.05$ ) better than the controls as were energy balance and concentrations of glucose and insulin in the cow's plasma. With magnesium propionate supplements of 100 and 150 g/d, the concentrations of non-esterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate in plasma of cows were lower than those of the controls ( $P < 0.05$ ). The concentrations of urine ketones were significantly ( $P < 0.05$ ) lower than in cows with a magnesium propionate supplement of 50 g/d and of the controls. The optimum dose of magnesium propionate supplementation was 100 g/d.

**Key words:** magnesium propionate; lactation performance; metabolites; early lactation; Holstein dairy cows