

# 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能和血清指标的影响

扈添琴<sup>1</sup> 韩兆玉<sup>1\*</sup> 王群<sup>1</sup> 唐波<sup>1</sup> 谢文昌<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学动物科技学院, 南京 210095; 2. 青海畜牧兽医职业技术学院, 西宁 812100)

**摘要:** 本试验旨在研究酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能和血清指标的影响。选用 16 头泌乳荷斯坦奶牛, 随机分为 4 组, 每组 4 头, 按 4×4 拉丁方设计进行试验, 每期试验为 28 d, 共 4 期。在 4 组奶牛的精料补充料中分别添加 0 (对照组)、0.1% (试验 I 组)、0.2% (试验 II 组) 和 0.5% (试验 III 组) 的酶制剂和植物甾醇复合物。结果表明: 1) 与对照组相比, 试验 I 组和试验 II 组的产奶量和乳糖率提高 ( $P > 0.05$ ), 试验 III 组的产奶量降低 ( $P > 0.05$ )。3 个试验组的乳体细胞数均有所降低, 其中试验 I 组显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。2) 试验 II 组的血清葡萄糖含量高于对照组 ( $P > 0.05$ ), 显著高于试验 III 组 ( $P < 0.05$ )。试验 II 组和试验 III 组的血清谷胱甘肽过氧化物酶活性高于对照组 ( $P > 0.05$ ), 显著高于试验 I 组 ( $P < 0.05$ )。试验 I 组的血清脂蛋白脂酶活性显著高于试验 III 组 ( $P < 0.05$ ), 与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 III 组的血清免疫球蛋白 G 水平显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 极显著高于试验 I 组 ( $P < 0.01$ )。由此得出, 在本试验条件下, 在泌乳奶牛饲料中添加适量酶制剂和植物甾醇复合物有提高产奶量、乳糖率, 降低乳体细胞数, 增强机体抗氧化和免疫能力的效果。

**关键词:** 酶制剂; 植物甾醇; 复合物; 泌乳奶牛; 生产性能; 血清指标

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2014)01-0236-09

酶制剂在单胃动物和家禽生产中的应用研究较多, 研究表明酶制剂有提高单胃动物和家禽生产性能的作用<sup>[1-2]</sup>。酶制剂在反刍动物生产中的应用研究虽不如单胃动物和家禽多, 但其趋势是不断增加的。张美莉等<sup>[3]</sup>、Yang 等<sup>[4]</sup>研究证明, 酶制剂能够促进奶牛泌乳, 提高产奶量, 降低乳体细胞数, 并且还可以提高机体免疫力。在鸡和猪等单胃动物的研究中发现, 植物甾醇有增加机体抗氧化和利用蛋白质的能力, 可降低血清胆固醇和甘油三酯含量等。植物甾醇在反刍动物上的应用研究较少, 现有的研究发现植物甾醇也可以提高奶牛的产奶量, 降低乳体细胞数<sup>[5]</sup>。将酶制剂和植物甾醇配合后作为新的饲料添加剂的应用研

究较少, 而在奶牛上的应用国内外尚鲜见报道。本试验旨在通过研究酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能和血液指标的影响, 探讨酶制剂和植物甾醇复合物作为新型饲料添加剂应用于奶牛上的可行性及效果, 为酶制剂和植物甾醇复合物在奶牛上的应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验所用酶制剂和植物甾醇复合物(酶制剂和植物甾醇按 100:1 的比例混合)由江苏神力特生物科技有限公司生产, 其中总甾醇含量  $\geq 90\%$  ( $\beta$ -谷甾醇含量  $\geq 40\%$ 、菜油甾醇含量  $\geq 20\%$ 、豆

收稿日期: 2013-07-09

基金项目: “十二五”国家科技计划课题(项目编号: 2012BAD12B10)

作者简介: 扈添琴(1987—), 女, 青海西宁人, 硕士研究生, 从事饲料添加剂研究与利用的研究。E-mail: hutqdy@163.com

\* 通讯作者: 韩兆玉, 副教授, 硕士生导师, E-mail: zyhan6708@njau.edu.cn

甾醇含量 $\geq 17\%$ )、纤维素酶活性 $\geq 30\ 000\ \text{U/g}$ 、木聚糖酶活性 $15\ 000\ \text{U/g}$ 、葡聚糖酶活性 $20\ 000\ \text{U/g}$ 、甘露寡糖酶活性 $500\ \text{U/g}$ 。

## 1.2 试验设计

根据年龄、胎次、泌乳天数、产奶量相近的原则选择 16 头泌乳荷斯坦奶牛进行配对,随机分为 4 组,每组 4 头,分别为对照组、试验 I 组、试验 II 组和试验 III 组,在相同的条件下饲养,各组奶牛的

基本情况见表 1。试验采用  $4 \times 4$  拉丁方设计,将整个试验分为 4 期,每期正式试验前先经过 7 d 预饲,正试期为 21 d。预试期记录奶牛产奶量以及健康状况,预试期结束后开始正式试验。试验期内在 4 组奶牛的精料补充料中分别添加 0 (对照组)、0.1% (试验 I 组)、0.2% (试验 II 组) 和 0.5% (试验 III 组) 的酶制剂与植物甾醇复合物。

表 1 各组奶牛的基本情况

Table 1 Basic conditions of dairy cows in different groups

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
年龄 Age	4.00 $\pm$ 0.71	4.00 $\pm$ 0.41	4.00 $\pm$ 0.58	4.00 $\pm$ 0.71
胎次 Parity	2.00 $\pm$ 0.71	1.75 $\pm$ 0.25	2.00 $\pm$ 0.41	2.00 $\pm$ 0.95
泌乳天数 Lactation days/d	107.75 $\pm$ 14.17	100.75 $\pm$ 11.91	109.75 $\pm$ 10.01	106.00 $\pm$ 10.82
产奶量 Milk yield/(kg/d)	40.00 $\pm$ 1.47	40.75 $\pm$ 1.38	39.75 $\pm$ 1.32	39.00 $\pm$ 2.74

## 1.3 饲养管理

试验所选奶牛全部拴系式饲养,饲喂模式为精料补充料 + 粗料,自由饮水。酶制剂和植物甾醇复合物添加到精料补充料中饲喂,精料补充料组成及营养水平见表 2。试验奶牛按原牧场日粮配方(表 3)饲喂,饲喂方式为人工分次饲喂,每天饲喂 3 次,每天管道式挤奶。

## 1.4 样品采集与测定

### 1.4.1 奶样的采集与测定

采用管道式挤奶器挤奶,正试期每周记录 2 d 奶牛产奶量。正试期每周选 1 d 的混合奶样(早:中:晚 = 4:3:3)用来测定乳成分。乳成分指标包括:乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳总固形物含量、乳体细胞数和乳尿素氮(MUN)含量。其中,MUN 含量采用酶解-水杨酸盐光度法测定,其他乳成分指标由全自动乳成分分析仪测定。

### 1.4.2 血样的采集与测定

在正试期每个阶段最后 1 周末尾静脉采血 10 mL,酸性柠檬酸葡萄糖(ACD)抗凝,3 500 r/min 离心分离血清,并保存于  $-20\ ^\circ\text{C}$  冰箱待测血清指标。血清指标包括:葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、尿素氮(UN)、丙二醛(MDA)含量,催乳素(PRL)、免疫球蛋白 G(IgG)水平以及谷丙转氨酶(GPT)、谷草

转氨酶(GOT)、碱性磷酸酶(ALP)、脂蛋白脂酶(LPL)、肝脂酶(HL)、总脂酶(LA)、淀粉酶(AMS)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)活性。其中,GLU、ALB、TP、GLB、TG、HDL-C、LDL-C、TC、UN 含量以及 GPT、GOT、ALP 活性均由南京军区总医院采用全自动生化分析仪测定;SOD、GSH-Px、AMS、LPL、HL、LA 活性以及 MDA 含量均由试剂盒测定,试剂盒购自南京建成生物工程研究所;PRL、IgG 水平采用放射免疫法测定,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

## 1.5 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2010 统计整理后,利用 SPSS 16.0 软件进行显著性分析。各组之间的差异采用单因素方差分析(one-way ANOVA),多重比较采用最小显著差数(LSD)法,结果用平均值  $\pm$  标准误(mean  $\pm$  SE)表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能的影响

由表 3 可知,与对照组相比,试验 I 组和试验 II 组奶牛的产奶量分别提高 0.48 和 0.58 kg/d,而试验 III 组则降低 0.24 kg/d,但差异均不显著( $P > 0.05$ )。试验 III 组的乳脂率较对照组有所升高,而试验 I 组和试验 II 组则较对照组有所降低,

但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组的乳体细胞数显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )，试验 II 组和试验 III 组亦低于对照组，但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。3 个试验组的乳蛋白率、乳总固形物含量均低于对照组 ( $P > 0.05$ )，而乳糖率则均高于对照组 ( $P > 0.05$ )。与对照组相比，试验 I 组的 MUN 含量有所降低，试验 II 组和试验 III 组则有所升高，但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 精料补充料组成及营养水平 (干物质基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the concentrate supplement (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	35.33
豆皮 Bean curd	1.67
大麦 Barley	2.33
棉籽 Cottonseed	14.67
豆粕 Soybean meal	14.67
棉籽粕 Cottonseed meal	4.00
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	21.33
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	1.67
食盐 NaCl	0.67
胃乐佳 Ranolta <sup>1)</sup>	0.50
氧化镁 MgO	0.17
硫酸钾镁 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ( $\text{MgSO}_4$ )	0.33
碳酸氢钠 $\text{NaHCO}_3$	1.16
预混料 Premix <sup>2)</sup>	1.50
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>	
净能 NE/(MJ/kg)	6.89
粗蛋白质 CP	22.27
钙 Ca	0.50
总磷 TP	0.81
赖氨酸 Lys	0.93
蛋氨酸 Met	0.25

<sup>1)</sup> 奶牛专用稀释活性酵母 Especial dolution live yeast for dairy cows.

<sup>2)</sup> 每千克预混料含有 Contained the following per kg of the premix: VA  $\geq 1\ 500\ 000$  IU, VD<sub>3</sub>  $\geq 300\ 000$  IU, VE  $\geq 1\ 800\ 000$  IU, 烟酸 nicotinic acid  $\geq 2\ 500$  mg, Cu  $\geq 1\ 500$  mg, Fe  $\geq 5\ 600$  mg, Mn  $\geq 4\ 500$  mg, Zn  $\geq 9\ 600$  mg, I  $\geq 150$  mg, Se  $\geq 40$  mg, Co  $\geq 60$  mg。

<sup>3)</sup> 计算值 Calculated values.

## 2.2 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清生化指标的影响

由表 4 可知,与对照组相比,3 个试验组的血

清 TP 和 GLB 含量均有所降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组和试验 III 组的血清 ALB 含量较对照组有所升高,而试验 II 组则较对照组有所降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。与对照组相比,试验 I 组和试验 III 组的血清 GLU 含量有所降低 ( $P > 0.05$ ),而试验 II 组则有所升高 ( $P > 0.05$ );同时,试验 II 组显著高于试验 III 组 ( $P < 0.05$ )。试验 II 组的血清 TG 含量与对照组相同,试验 I 组和试验 III 组则较对照组有所降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组的血清 TC 含量与对照组相同,试验 II 组和试验 III 组则较对照组有所降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。与对照组相比,各试验组的血清 HDL-C 和 LDL-C 含量均有所升高,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组和试验 III 组的血清 UN 含量较对照组有所降低,试验 II 组则较对照组有所升高,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 日粮组成 (饲喂基础)

Table 3 Composition of the ration (as-fed basis)

原料 Ingredients	含量 Content
玉米青贮 Corn silage	16.0
苜蓿干草 Alfalfa hay	4.0
甜菜渣 Beet pulp	3.0
糖糟 Sugar-off grains	2.0
燕麦草 Oat hay	0.5
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	0.5
精料补充料 Concentrate supplement	10.8
合计 Total	36.8

## 2.3 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知,与对照组相比,试验 I 组的血清 SOD 活性有所降低,试验 II 组和试验 III 组则有所升高,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组的血清 GSH-Px 活性较对照组有所降低 ( $P > 0.05$ ),试验 II 组和试验 III 组则较对照组有所升高 ( $P > 0.05$ );同时,试验 II 组和试验 III 组显著高于试验 I 组 ( $P < 0.05$ )。3 个试验组的血清 MDA 含量均较对照组有所降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能的影响

Table 3 Effects of enzyme-phytosterol complex on performance of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
产奶量 Milk yield/(kg/d)	35.11 ± 0.96	35.59 ± 0.85	35.69 ± 1.08	34.87 ± 0.77
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.19 ± 0.10	3.16 ± 0.13	3.18 ± 0.12	3.20 ± 0.14
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	2.94 ± 0.07	2.91 ± 0.04	2.89 ± 0.03	2.92 ± 0.02
乳糖率 Lactose percentage/%	4.91 ± 0.02	4.94 ± 0.03	4.92 ± 0.02	4.92 ± 0.02
乳总固形物含量 Milk total solid content/%	12.40 ± 0.23	12.18 ± 0.14	12.18 ± 0.12	12.18 ± 0.15
乳体细胞数 Milk SCC/ × 10 <sup>4</sup> mL <sup>-1</sup>	31.08 ± 2.59 <sup>a</sup>	24.07 ± 3.00 <sup>b</sup>	28.40 ± 2.43 <sup>ab</sup>	29.82 ± 3.05 <sup>ab</sup>
乳尿素氮含量 MUN content/(mg/dL)	12.90 ± 1.57	12.76 ± 1.49	13.27 ± 1.67	13.23 ± 1.41

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 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 ( $P < 0.01$ )。下表同。

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

表 4 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清生化指标的影响

Table 4 Effects of enzyme-phytosterol complex on serum biochemical indices of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
总蛋白 TP/(g/L)	68.83 ± 1.61	64.82 ± 2.76	67.48 ± 1.72	65.96 ± 1.29
白蛋白 ALB/(g/L)	27.20 ± 0.39	27.72 ± 0.39	27.06 ± 0.50	27.63 ± 0.49
球蛋白 GLB/(g/L)	41.40 ± 1.60	37.10 ± 2.91	40.40 ± 1.73	38.30 ± 1.37
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	19.56 ± 0.53 <sup>ab</sup>	19.02 ± 0.56 <sup>ab</sup>	20.59 ± 0.90 <sup>a</sup>	18.73 ± 0.58 <sup>b</sup>
总胆固醇 TC/(mmol/L)	5.13 ± 0.25	5.13 ± 0.21	5.01 ± 0.25	4.91 ± 0.16
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.30 ± 0.01	0.28 ± 0.02	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.04
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	2.90 ± 0.10	2.92 ± 0.08	3.00 ± 0.11	2.95 ± 0.06
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	0.45 ± 0.03	0.45 ± 0.04	0.48 ± 0.04	0.47 ± 0.03
尿素氮 UN/(mg/dL)	13.33 ± 0.69	12.79 ± 0.77	13.66 ± 0.89	12.56 ± 0.77

表 5 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of enzyme-phytosterol complex on serum antioxidant indices of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	88.83 ± 2.89	88.66 ± 1.13	90.11 ± 1.08	90.87 ± 1.57
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	109.90 ± 13.73 <sup>ab</sup>	92.86 ± 11.57 <sup>a</sup>	123.07 ± 10.67 <sup>b</sup>	121.73 ± 14.43 <sup>b</sup>
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	1.53 ± 0.25	1.28 ± 0.16	1.19 ± 0.29	1.26 ± 0.18

## 2.4 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清酶活性的影响

由表 6 可知,与对照组相比,试验 II 组和试验 III 组的血清 LPL 活性有所降低 ( $P > 0.05$ ),而试验 I 组则有所升高 ( $P > 0.05$ );同时,试验 I 组显著高于试验 III 组 ( $P < 0.05$ )。试验 I 组的血清 HL

活性低于对照组,试验 II 组和试验 III 组则均高于对照组,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I 组和试验 II 组的血清 LA 活性均高于对照组,试验 III 组则低于对照组,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。与对照组相比,试验 I 组的血清 GPT 和 GOP 活性均升高,试验 II 组的血清 GPT 和 GOP 活性均降低,试

验Ⅲ组的血清 GOP 活性升高而 GPT 活性降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。3 个试验组的血清

ALP 和 AMS 活性均较对照组有所降低 ( $P > 0.05$ )。

表 6 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清酶活性的影响

Table 6 Effects of enzyme-phytosterol complex on serum enzyme activities of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
脂蛋白脂酶 LPL/(U/mL)	0.62 ± 0.08 <sup>ab</sup>	0.82 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.46 ± 0.04 <sup>b</sup>
肝脂酶 HL/(U/mL)	0.56 ± 0.05	0.55 ± 0.11	0.70 ± 0.09	0.58 ± 0.06
总脂酶 LA/(U/mL)	1.18 ± 0.11	1.38 ± 0.11	1.31 ± 0.13	1.04 ± 0.09
谷丙转氨酶 GPT/(U/L)	24.47 ± 1.07	26.67 ± 1.01	24.44 ± 0.94	24.62 ± 0.92
谷草转氨酶 GOT/(U/L)	83.73 ± 2.79	85.13 ± 5.86	76.83 ± 3.29	80.50 ± 4.19
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	32.07 ± 3.41	31.67 ± 3.36	30.88 ± 3.45	29.31 ± 2.22
淀粉酶 AMS/(U/dL)	68.40 ± 0.13	68.12 ± 0.19	68.33 ± 0.09	68.33 ± 0.14

## 2.5 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清 PRL 和 IgG 水平的影响

由表 7 可知,试验 I 组和试验 III 组的血清 PRL 水平较对照组有所升高,试验 II 组则较对照组略有降低,但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 I

组的血清 IgG 水平较对照组有所降低 ( $P > 0.05$ ),试验 II 组较对照组有所升高 ( $P > 0.05$ ),试验 III 组则显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),并极显著高于试验 I 组 ( $P < 0.01$ )。

表 7 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清 PRL 和 IgG 水平的影响

Table 7 Effects of enzyme-phytosterol complex on serum PRL and IgG levels of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III
催乳素 PRL/(g/L)	10.79 ± 0.59	11.64 ± 0.53	10.71 ± 0.52	11.40 ± 0.62
免疫球蛋白 G IgG/(g/mL)	94.28 ± 9.99 <sup>ABa</sup>	86.25 ± 9.29 <sup>ABab</sup>	120.94 ± 14.81 <sup>ABab</sup>	148.31 ± 22.39 <sup>Bb</sup>

## 3 讨论

### 3.1 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能的影响

奶牛饲料中粗饲料占绝大部分,且多以植物籽实类为主,其在瘤胃中能够迅速发酵,降低瘤胃液 pH,而瘤胃微生物分解纤维的 pH 一般在 6.2 以上才能达到最佳效果,且这些粗饲料富含细胞壁,而细胞壁的主要成分是非淀粉多糖(NSP),这是一种抗营养因子,能够阻碍营养物质的消化吸收。因此,在奶牛因饲喂高精饲料而引起瘤胃内 pH 低于 6.0 时,添加酶制剂不仅可以提高其对纤维的降解,刺激瘤胃消化酶活性,还能打破细胞壁的屏障作用,有利于细胞内容物中淀粉、蛋白质和脂肪等养分从细胞中释放出来,更好地与内源消化酶作用,从而提高饲料利用率。本试验中,与对

照组相比,试验 I 组和试验 II 组的产奶量有所提高,试验 III 组的产奶量有所降低,可能是由于添加适量的酶制剂和植物甾醇复合物提高了奶牛对饲料的利用率,从而提高了产奶量。McAllister 等<sup>[6]</sup>试验证实,外源酶能够提高反刍动物的饲料利用率和生产性能。Beauchemin 等<sup>[7]</sup>报道,用添加纤维素酶和木聚糖酶的饲料饲喂奶牛增加了奶牛整个消化道内营养物质和微生物氮的消化率。吕润全等<sup>[8]</sup>研究发现,在泌乳前期奶牛饲料中添加植物甾醇能够提高奶牛的产奶量,这与本试验结果相似。本试验结果说明,奶牛饲料中添加酶制剂和植物甾醇复合物有提高产奶量的作用,但与添加量有关。

本试验中,添加酶制剂和植物甾醇复合物的试验组乳体细胞数均比对照组低,尤其是添加量为 0.1% 的组,更是显著低于对照组。这说明饲料中添加酶制剂与植物甾醇复合物有降低乳体细胞

数的作用,同时也表明能够提高奶牛机体的免疫力,从而改善其健康状况。这可能是由于酶制剂和植物甾醇复合物提高了奶牛对营养物质的消化吸收率,从而使其免疫力提高,因为营养是机体产生免疫力的重要决定因素。Frailep 等<sup>[9]</sup>报道, $\beta$ -谷甾醇可以提高猪的免疫调节能力;Alappat 等<sup>[10]</sup>也发现, $\beta$ -谷甾醇可以增加维生素 D<sub>3</sub> 对机体巨噬细胞免疫功能的调节作用,从而提高机体免疫力。

### 3.2 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清生化指标的影响

血清中蛋白质的作用在于维持血浆渗透压、参与营养物质的转运和保持组织蛋白质的动态平衡等。本试验结果显示,试验 II 组的血清 ALB 含量较对照组略有降低,试验 I 组和试验 III 组则较对照组有所升高,说明适量添加酶制剂和植物甾醇复合物能提高奶牛血清 ALB 含量。李伟等<sup>[11]</sup>也发现,植物甾醇可以提高断奶仔猪血清球蛋白含量。酶制剂和植物甾醇复合物有提高血清 ALB 含量的效果可能是由于植物甾醇有改善肝功能和提高机体免疫的功能,而 ALB 主要由肝脏合成。

血液中的 GLU 是由肠道对饲料中 GLU 的吸收和肝糖元的分解而来的,是动物机体主要的能量来源,而饲料营养水平对血清 GLU 含量有明显影响,因此血清 GLU 含量可反映肠道对饲料营养物质吸收能力的强弱。本试验中,与对照组相比,试验 II 组血清 GLU 含量升高,而试验 I 组和试验 III 组却有所降低,且试验 II 组显著高于试验 I 组,说明酶制剂和植物甾醇复合物对奶牛血清 GLU 含量的影响与添加量有关,添加 0.2% 酶制剂和植物甾醇复合物可以提高奶牛对饲料营养物质的吸收能力。

本试验发现,在奶牛饲料中添加酶制剂和植物甾醇复合物使血清 TG 和 TC 含量降低,并有提高血清 HDL-C 和 LDL-C 含量的趋势。研究表明,补充植物甾醇能显著降低血液中 TC 和低密度脂蛋白(LDL)含量,而对高密度脂蛋白(HDL)和 TG 含量无显著影响<sup>[11-14]</sup>。然而,温超等<sup>[15]</sup>研究发现,在 30 周龄产蛋鸡饲料中添加不同类型植物甾醇,第 4 周时血清 TG、TC、HDL-C 和 LDL-C 含量均较对照组有所下降。出现上述不同的试验结果可能与动物种类不同有关。饲料添加酶制剂和植物甾醇复合物对奶牛血清 TG 和 TC 含量有降

低作用可能是由于植物甾醇降低了奶牛肠道中 TG 和胆固醇(CHOL)的消化吸收,因为植物甾醇与 TG 和 CHOL 一样被包裹在胆汁酸微胶粒中被肠绒毛吸收,通过竞争作用使一部分 TG 和 CHOL 无法与胆汁酸微胶粒结合而排出体外。

血清中的 UN 主要来源于饲料中蛋白质的消化吸收和体蛋白质的分解,其含量高低在一定程度上反映了饲料中蛋白质的代谢情况和氨基酸的平衡情况。本试验中发现试验 II 组的血清 UN 含量较对照组有所升高,其他 2 个试验组则较对照组有所降低,说明酶制剂和植物甾醇复合物对奶牛血清 UN 含量的影响与添加量有关,添加 0.1% 和 0.5% 酶制剂和植物甾醇复合物可以提高奶牛机体对蛋白质和氨基酸的利用率,促进氮沉积。夏枚生<sup>[16]</sup>也报道,饲喂添加含 30 mg/kg 复合酶制剂的高麦麸饲料可极显著降低仔猪血清 UN 含量。酶制剂和植物甾醇复合物可以降低奶牛血清 UN 含量可能是因为植物甾醇、植物生长激素可与能在水中形成分子膜的脂质结合,结合成的植物甾醇核糖核蛋白复合体具有促进动物蛋白质合成的功能,从而减少血清 UN 含量。

### 3.3 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清抗氧化指标的影响

抗氧化酶活性的高低反映了机体清除自由基的能力。动物体内参与抗氧化作用的酶主要有 SOD、GSH-Px 等,当自由基攻击生物膜中的多不饱和脂肪酸发生脂质过氧化作用时,会将脂质过氧化物最终分解为 MDA,MDA 含量的高低反映了机体脂质过氧化反应的速率或强度。本试验结果显示,酶制剂和植物甾醇复合物可以提高血清 SOD 和 GSH-Px 活性,降低血清 MDA 含量,说明酶制剂和植物甾醇复合物能在一定程度上提高泌乳奶牛的抗氧化能力。在家禽和猪上的研究均表明植物甾醇可以提高动物的抗氧化能力<sup>[17-18]</sup>。金志红<sup>[5]</sup>研究发现,在奶牛基础饲料中添 200 和 800 mg/d 植物甾醇均可显著提高血清 SOD 和 GSH-Px 活性,减少脂质过氧化产物 MDA 的产生,与本试验结果类似。

### 3.4 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清酶活性的影响

转氨酶在肝脏中的作用主要是催化氨基酸脱氨基反应,转氨酶活性的降低表明机体利用蛋白质的能力提高。本试验中,与对照组相比,试验 II

组的血清 GPT 和 GOP 活性均有所降低, 试验 I 组的血清 GPT 和 GOP 活性均有所升高, 试验 III 组的血清 GOP 活性降低而 GPT 活性升高, 说明饲料中添加 0.2% 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛可以起到保肝护肝的作用。金志红<sup>[5]</sup>在研究中也发现, 在奶牛基础饲料中添加 200 或 800 mg 植物甾醇均可以降低奶牛血清中 GPT 活性。在泌乳奶牛饲料中添加 0.2% 的酶制剂和植物甾醇复合物可以降低血清转氨酶活性可能是由于 0.2% 的酶制剂和植物甾醇复合物提高了机体利用蛋白质的能力。

温超等<sup>[15]</sup>研究发现, 在蛋鸡饲料中添加植物甾醇可使第 4 周血清 HL 和 LA 活性有所提高。本试验结果显示, 与对照组相比, 试验 I 组的血清 LPL 和 LA 活性升高, 试验 II 组的血清 LA 和 HL 活性升高, 试验 III 组的血清 HL 活性升高。这可能是血清中 TC 和 TG 含量降低的原因之一, 因为 LPL 和 HL 是血浆脂蛋白代谢中的关键酶, LPL 是 TG 代谢的限速酶, 主要催化乳糜微粒和极低密度脂蛋白(VLDL)中的 TG 水解, 而 HL 在 LDL 和 HDL 的代谢中起重要作用。

### 3.5 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛血清 PRL 和 IgG 水平的影响

本试验结果显示, 饲料添加 0.1% 和 0.5% 的酶制剂与植物甾醇复合物后血清 PRL 水平均有所升高。王龙昌等<sup>[19]</sup>研究发现, 在 520 日龄伊沙褐商品蛋鸡饲料中添加 5 和 40 mg 植物甾醇均能够提高产蛋鸡前期血清 PRL 水平, 与本次研究结果类似。酶制剂和植物甾醇复合物可以提高奶牛的泌乳水平, 是由于酶制剂和植物甾醇复合物提高了机体摄取营养物质的能力, 因为动物泌乳是通过乳腺腺泡上皮细胞从血液中摄取营养物质生成乳汁。

IgG 是血液和胞外液中的主要抗体成分, 具有重要免疫学效应。本试验结果显示, 试验 I 组的血清 IgG 水平较对照组有所降低, 其他 2 个试验组则均有升高趋势, 并且试验 III 组还显著高于对照组, 说明饲料添加适量酶制剂和植物甾醇复合物有增强奶牛机体免疫能力的作用, 这可能是由于酶制剂和植物甾醇复合物提高了奶牛对饲料中营养物质的消化吸收能力。吕秋凤等<sup>[20]</sup>研究证实, 饲料中添加复合酶制剂可以提高仔猪后期血

清免疫球蛋白 A(IgA)水平, 而对血清 IgG 水平没有影响, 这可能与试验动物种类和生理阶段、添加量及饲料组成有关。由于酶制剂和植物甾醇复合物在奶牛生产中的研究较少, 其最佳添加量还有待于进一步研究。

## 4 结 论

在本试验条件下, 在泌乳奶牛饲料中添加适量酶制剂和植物甾醇复合物有提高产奶量、乳糖率, 降低乳体细胞数, 增强机体抗氧化和免疫能力的效果。

### 参考文献:

- [1] 颜瑞, 庄苏, 任美琦, 等. 杂粕型饲料添加复合酶制剂对樱桃谷肉鸭生产性能、消化酶活性及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(2): 285 - 292.
- [2] 高峰, 周光宏, 韩正康. 小麦米糠日粮添加粗酶制剂和寡果糖对雏鸡生产性能、免疫和内分泌的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2002, 33(1): 14 - 17.
- [3] 张美莉, 郭睿. 复合酶制剂对奶牛产奶性能的影响[J]. 现代农业科技, 2007(6): 114 - 115.
- [4] YANG W Z, BEAUCHEMIN K A, RODE L M. Effects of an enzyme feed additives on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(2): 391 - 403.
- [5] 金志红. 植物甾醇在奶牛上的应用及其机理初探[D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学硕士论文, 2010.
- [6] MCALLISTER T A, OOSTING S J, POPP J D. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle[J]. Canadian Journal of Animal Science, 1999, 79(3): 353 - 360.
- [7] BEAUCHEMIN K A, YANG W Z, RODE L M. Effects of grain source and enzyme additive on site and extent of nutrient digestion in dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(2): 378 - 390.
- [8] 吕润全, 周国波, 陈昊, 等. 植物甾醇对泌乳前期奶牛产奶量及乳成分的影响[J]. 畜牧与兽医, 2010, 42(12): 13 - 16.
- [9] FRAILEP L, CRISCI E, CORDOBA L, et al. Immunomodulatory properties of beta-sitosterol in pig immune responses[J]. International Immunopharmacolo-

- gy,2012,13(3):316-321.
- [10] ALAPPAT L, VALERIO M, AWAD A B. Effect of vitamin D and  $\beta$ -sitosterol on immune function of macrophages[J]. *International Immunopharmacology*, 2010,10(11):1390-1396.
- [11] 李伟,钟翔,王恬,等. 植物甾醇对断奶仔猪生产性能和血液生化指标的影响[J]. *家禽生态学报*, 2010,31(2):58-63.
- [12] GILMAN C I, LEUSCH F D L, CARL B W, et al. Effects of phytosterol mixture on male fish plasma lipoprotein fractions and testis P450vsce activity[J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2003, 130(2):172-185.
- [13] ST JEOR S T, SCHAEFER E J, MEIJER G W. Efficacy and dietary implications for the use of plant sterol-enriched foods to lower total and low-density lipoprotein cholesterol levels[J]. *Topics in Clinical Nutrition*, 2000,15(4):57-73.
- [14] LAW M. Plant sterol and stanol margarines and health[J]. *British Medicine Journal*, 2000, 320(7238):861-864.
- [15] 温超,吴萍,杨卫兵,等. 不同类型植物甾醇对蛋鸡脂类代谢的影响[J]. *中国粮油学报*, 2012,27(9):85-88.
- [16] 夏枚生. 高麸饲料中添加复合酶制剂对仔猪血液中几种激素水平的影响[J]. *浙江农业科学*, 2000(6):300-303.
- [17] 李博,李满,杨雪. 植物甾醇的生理功能及在动物生产中的应用[J]. *饲料博览*, 2011(1):42-44.
- [18] 顾菀婷,王恬,沈益新,等. 植物甾醇对肉鸭胆固醇代谢和抗氧化性能的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2008, 40(1):13-17.
- [19] 王龙昌,顾菀婷,周岩民,等. 植物甾醇对蛋鸡产蛋后期生产性能、鸡蛋胆固醇含量及血清生殖激素水平的影响[J]. *中国粮油学报*, 2008,23(6):166-171.
- [20] 吕秋凤,李世宏,吴高峰,等. 非淀粉多糖复合酶制剂对断奶仔猪血液指标的影响[J]. *饲料工业*, 2011,32(17):33-35.



## Effects of Enzyme-Phytosterol Complex on Performance and Serum Indices of Lactating Dairy Cows

HU Tianqin<sup>1</sup> HAN Zhaoyu<sup>1\*</sup> WANG Qun<sup>1</sup> TANG Bo<sup>1</sup> XIE Wenchang<sup>2</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

3. Qinghai Animal Husbandry and Veterinary College, Xining 812100, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of enzyme-phytosterol complex on performance and serum indices of lactating dairy cows. In a 4 × 4 Latin square experiment design, sixteen lactating Holstein dairy cows were randomly allocated into four groups with four cows per group. There were four periods in the experiment and each period lasted for 28 d. The concentrate supplements of cows in the four groups were supplemented with 0 (control group), 0.1% (trial group I), 0.2% (trial group II) and 0.5% (trial group III) enzyme-phytosterol complex, respectively. The results showed as follows: compared with the control group, the milk yield and lactose percentage in trial groups I and II were increased ( $P > 0.05$ ), while the milk yield was decreased in trial group III ( $P > 0.05$ ). The milk somatic cell count was decreased in three trial groups, and the difference was significant between trial group I and control group ( $P < 0.05$ ). Serum glucose content in trial group II was higher than that in control group ( $P > 0.05$ ), and significantly higher than that in trial group III ( $P < 0.05$ ). Serum glutathione peroxidase activity in trial groups II and III was higher than that in control group ( $P > 0.05$ ), and significantly higher than that in trial group I ( $P < 0.05$ ). Serum lipoprotein lipase activity in trial group I was significantly higher than that in trial group III ( $P < 0.05$ ), but no significant difference was found in that between trial group I and control group ( $P > 0.05$ ). Serum immunoglobulin G level in trial group III was significantly higher than that in control group ( $P < 0.05$ ), and extremely significantly higher than that in trial group I ( $P < 0.01$ ). The results indicate that the enzyme-phytosterol complex supplemented into the diet has an effect to improve the milk yield and lactose percentage, reduce the milk somatic cell count, and improve the body oxidation and immune capacity of lactating dairy cows under this experiment conditions. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(1):236-244]

**Key words:** enzyme; phytosterol; complex; lactating dairy cows; performance; serum indices

\* Corresponding author, associate professor, E-mail: zyhan6708@njau.edu.cn