

# 氨基酸螯合钙口服液对产后奶牛健康 状况及乳品质的影响

王建发, 武 瑞\*, 林玉才, 张 敏, 林云成

(黑龙江八一农垦大学动物科技学院, 大庆 163319)

**摘 要:** 本研究旨在探讨氨基酸螯合钙口服液及复方氨基酸螯合钙口服液对产后奶牛健康状况和乳品质的影响。选取某大型牧场产后奶牛, 按照分娩顺序交替指定为对照组、试验 I 组和试验 II 组, 对照组饲喂常规日粮, 试验 I 组灌服氨基酸螯合钙口服液, 试验 II 组灌服复方氨基酸螯合钙口服液, 定时采集血样和乳样, 用于分析血浆生化指标及乳品质, 同时观察产后奶牛的健康状况。结果表明: 与对照组相比, 试验 I 组产后奶牛血浆钙含量及乳汁中乳蛋白含量升高, 血浆甲状旁腺素含量、亚临床型低钙血症、胎衣不下的发病率显著降低; 试验 II 组产后奶牛血浆钙、镁含量和乳汁中乳蛋白含量升高, 亚临床型低钙血症、胎衣不下的发病率及乳汁中体细胞数显著降低, 在产后第 7 天极显著提高血浆中降钙素含量, 极显著降低低镁血症的发病率。结果提示, 氨基酸螯合钙口服液及其复方口服液, 对控制奶牛产后疾病、提高乳品质量具有较好的效果, 且复方口服液的效果更理想。

**关键词:** 氨基酸螯合钙; 产后奶牛; 低钙血症; 低镁血症; 乳品质

中图分类号: S823.91; S856.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2010)07-0891-06

## Effects of Calcium Amino Acid Chelate Oral Solution on Health Status and Milk Quality in Postpartum Dairy Cows

WANG Jian-fa, WU Rui\*, LIN Yu-cai, ZHANG Min, LIN Yun-cheng

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Heilongjiang

Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** This study was conducted to test the efficacy of calcium amino acid chelate as an additive on health status and milk quality in postpartum dairy cows. Forty-five postpartum dairy cows were alternately assigned to three groups based on calving date. Cows in control group were fed conventional diet, calcium amino acid chelate solution was given to dairy cows in the second group based on conventional diet, calcium amino acid chelate with magnesium hypophosphate oral solution was given to the third group based on conventional diet. Blood samples were collected after calving. Plasma samples and milk samples were collected to analyze related parameters. Compared with the control, the concentration of plasma total calcium in the second group were increased, the concentration of plasma PTH were decreased. Incidence of subclinical hypocalcemia and retained placenta in the second group were lower than that in control group, and the second group had higher milk protein than control group. The concentration of plasma total calcium, plasma magnesium and the milk protein content in the third group were increased than that in control group. Incidence of subclinical hypocalcemia and retained placenta in the third group were lower than that in control group. The concentration of plasma CT in the third group were increased at 7 d postpartum very significantly than that in control group, and the incidence of hypo-

收稿日期: 2010-02-18

基金项目: 黑龙江省研究生创新科研资金项目(YJSCX2009-133HLJ)

作者简介: 王建发(1983-), 男, 河北宁晋人, 硕士生, 主要从事动物营养代谢病的研究, E-mail: wjflw@sina.com

\* 通讯作者: 武 瑞, Tel: 0459-6819191, E-mail: fuhewu@163.net

magnesaemia was very significant lower than that in control group. Hence, calcium amino acid chelate oral solution treatment was beneficial in improving the health status and milk quality in postpartum dairy cows, especially the oral solution which was added magnesium hypophosphate.

**Key words:** calcium amino acid chelate; postpartum dairy cows; hypocalcemia; hypomagnesaemia; milk quality

低钙血症(hypocalcemia)是围产期奶牛经常发生的营养代谢性疾病<sup>[1]</sup>。该病以血钙降低、平滑肌收缩力减弱为主要特征,严重时奶牛卧地不起、昏迷乃至死亡<sup>[2]</sup>。许多大型奶牛场低钙血症发病率为40%以上<sup>[3]</sup>,2006年美国临床型低钙血症(乳热)的发病率为4.9%<sup>[4]</sup>。低钙血症可以提高乳房炎、酮病、胎衣不下、真胃变位的发病率<sup>[5]</sup>,据报道每头奶牛因低钙血症导致的经济损失可达334美元<sup>[6]</sup>。

20世纪20年代,人们才逐步认识到奶牛生产瘫痪与血钙降低及甲状旁腺功能异常的联系,并在此基础上建立了静脉补钙<sup>[7]</sup>、产前肌注维生素D<sup>[8]</sup>、皮下埋植甲状旁腺素<sup>[9]</sup>、产前补钙<sup>[10]</sup>等防治方法。目前广泛应用的防治方法还包括围产期饲喂阴离子盐、产后灌服钙盐凝胶、产前饲喂低钙日粮、缩短干奶期及降低产后初期泌乳量等<sup>[11]</sup>。但是这些方法都存在一定的缺点,例如阴离子盐日粮因为适口性差降低了干物质的采食量;灌服大剂量高浓度的钙盐会引起食道黏膜损伤,造成吞咽障碍<sup>[12]</sup>;饲喂低钙日粮对甲状旁腺素的诱导效果不明显<sup>[13]</sup>。诸多研究证明氨基酸螯合微量元素的生物利用度高于无机态的微量元素<sup>[14-17]</sup>,关于氨基酸螯合钙用于围产期奶牛低钙血症至今未见报道。本试验研究了氨基酸螯合钙口服液及其与次磷酸镁组成的复方口服液对产后奶牛健康状况、血液相关指标和乳品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 氨基酸螯合钙口服液的制备

氨基酸螯合钙口服液:将氨基酸螯合钙粉(成都螯合生物技术有限公司)均匀混合到水中,使每500 mL溶液中含钙25 g、氨基酸80 g,加入口味改良剂(葡萄糖)、防腐剂(苯甲酸钠)、pH调节剂(乳酸),使pH保持在5.00左右,去除不溶性杂质后除菌。

复方氨基酸螯合钙口服液:在每升氨基酸螯合钙口服液中加入适量次磷酸镁(湖北弘景化工有限公司),使每500 mL溶液中含镁4.5 g以上。

### 1.2 试验动物分组及样品采集

选取黑龙江省大庆市某牧场产后奶牛45头,胎次均为3~4胎,按照分娩顺序交替指定分为对照组、试验I组和试验II组(每组15头),对照组饲喂常规日粮,试验I组在饲喂常规日粮基础上灌服氨基酸螯合钙口服液,试验II组在饲喂常规日粮基础上灌服复方氨基酸螯合钙口服液,首次灌服时间在产后2 h以内,以后每天2次,每次500 mL,连用7 d观察奶牛采食行为。分别于产后2 h、1 d、3 d、7 d和10 d尾静脉采血,加入肝素,3 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min分离血浆后,置-20℃冰箱冷冻保存,全部工作须在1 h内完成。采取产后第10天乳样40 mL,加入装有重铬酸钾的奶样采集管,置4℃冰箱保存,并于3 d内送检。

### 1.3 样品检测指标及方法

血浆钙、磷、镁含量及碱性磷酸酶(AP)含量的检测用半自动生化分析仪完成(Eppendorf BIO-CHEM F-6124);应用放射免疫法检测血浆中甲状旁腺素(PTH)、降钙素(CT)和骨钙素(OC)的含量(GC2010 γ-放射免疫计数器,科大创新股份有限公司);应用丹麦全乳分析仪检测乳样中乳蛋白、乳脂率、乳糖、尿素氮和体细胞数的含量(Fossomat 4000,丹麦福斯公司)。

### 1.4 围产期疾病的判定标准

血浆钙含量 $\leq 2.0$  mmol·L<sup>-1</sup>判定为亚临床低钙血症;血浆钙含量 $\leq 1.4$  mmol·L<sup>-1</sup>且伴有奶牛卧地不起症状则判定为临床型低钙血症;血浆镁含量 $\leq 0.65$  mmol·L<sup>-1</sup>判定为低镁血症;奶牛乳汁体细胞数大于50万个·mL<sup>-1</sup>且无明显临床症状判定为隐性乳房炎;奶牛乳汁出现凝块且乳房有红、肿、热、痛的判定为临床型乳房炎;分娩后12 h内仍不能排出胎衣的判定为胎衣不下;改良酮粉法检测乳样呈阳性的判定为酮病。

### 1.5 数据处理

应用SPSS13.00软件对试验数据进行分析处理。

## 2 结果

### 2.1 2种口服液对奶牛采食行为的影响

灌服2种口服液后未发现奶牛出现吞咽障碍等明显的异常行为,采食量也未出现明显下降。多数奶牛在用塑胶瓶灌服3~4次以后逐步开始适应整个过程。

### 2.2 2种口服液对血产后奶牛血液指标的影响

由表1可知,试验I组血钙水平在产后第1、3和7天显著高于对照组( $P<0.05$ );试验II组血钙水平在产后第3、7和10天显著高于对照组( $P<0.05$ )。试验II组血磷含量除在产后第7天与对照组相比显著升高( $P<0.05$ )外,2试验组间及其与对

照组相比在各时间点血磷含量差异均不显著( $P>0.05$ )。试验I组血镁含量与对照组相比有升高的趋势,但差异均不显著( $P>0.05$ );试验II组镁含量在产后第1、3、7和10天显著高于对照组( $P<0.05$ ),在产后第7天显著高于试验I组( $P<0.05$ )。各组碱性磷酸酶在各时间点差异不显著( $P>0.05$ ),但均呈现下降趋势。试验I组血浆甲状旁腺素在产后第1、3、7和10天显著低于对照组( $P<0.05$ )。试验I组血浆中降钙素在产后第7天显著高于对照组( $P<0.05$ );试验II组血浆中降钙素在产后第7天极显著高于对照组( $P<0.01$ ),在产后第10天显著高于对照组( $P<0.05$ )。各组血浆骨钙素含量在产后均呈现下降趋势,但差异不显著( $P>0.05$ )。

表1 氨基酸螯合钙口服液及其复方对产后奶牛血液相关指标的影响

Table 1 Effects of calcium amino acid chelate solution and it with magnesium hypophosphate on related index in postpartum cows

指标 Blood index	对照组 Control group	试验I组 Treatment I	试验II组 Treatment II	
Ca/(mmol·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	2.04±0.26	2.02±0.11	2.01±0.20
	产后1 d	1.96±0.14 <sup>a</sup>	2.09±0.24 <sup>b</sup>	2.05±0.13
	产后3 d	2.07±0.07 <sup>a</sup>	2.18±0.17 <sup>b</sup>	2.21±0.32 <sup>b</sup>
	产后7 d	2.19±0.22 <sup>a</sup>	2.31±0.28 <sup>b</sup>	2.35±0.24 <sup>b</sup>
	产后10 d	2.30±0.16 <sup>a</sup>	2.37±0.19	2.41±0.08 <sup>b</sup>
P/(mmol·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	1.73±0.11	1.68±0.17	1.70±0.12
	产后1 d	1.77±0.26	1.70±0.22	1.72±0.21
	产后3 d	1.70±0.09	1.73±0.08	1.75±0.12
	产后7 d	1.68±0.13 <sup>a</sup>	1.71±0.14	1.78±0.07 <sup>b</sup>
	产后10 d	1.70±0.24	1.72±0.28	1.75±0.12
Mg/(mmol·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	0.62±0.07	0.63±0.11	0.60±0.16
	产后1 d	0.56±0.09 <sup>a</sup>	0.61±0.08	0.67±0.06 <sup>b</sup>
	产后3 d	0.63±0.10 <sup>a</sup>	0.67±0.13	0.75±0.14 <sup>b</sup>
	产后7 d	0.71±0.12 <sup>a</sup>	0.76±0.17 <sup>a</sup>	0.91±0.11 <sup>b</sup>
	产后10 d	0.82±0.15 <sup>a</sup>	0.94±0.14	1.02±0.18 <sup>b</sup>
AP/(U·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	70.71±16.35	67.32±10.49	69.94±18.22
	产后1 d	68.34±14.98	65.74±11.91	63.13±15.58
	产后3 d	60.10±17.21	63.86±8.27	60.77±10.94
	产后7 d	59.34±12.62	62.25±16.53	56.36±12.20
	产后10 d	57.40±9.33	60.74±13.87	55.82±14.56
PTH/(pg·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	248.07±37.28	239.64±35.15	240.62±35.84
	产后1 d	237.94±21.76 <sup>a</sup>	218.56±32.17 <sup>b</sup>	228.28±27.31
	产后3 d	215.37±30.04 <sup>a</sup>	195.49±30.84 <sup>b</sup>	208.84±18.77
	产后7 d	188.51±24.97 <sup>a</sup>	166.10±22.08 <sup>b</sup>	176.48±20.47
	产后10 d	167.37±24.82 <sup>a</sup>	149.21±19.80 <sup>b</sup>	160.79±18.67
CT/(pg·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	50.25±11.03	47.64±8.82	48.35±9.06
	产后1 d	43.78±14.20	42.91±12.75	43.38±12.87
	产后3 d	38.69±10.77	43.39±13.67	45.71±14.60
	产后7 d	35.94±8.07 <sup>aA</sup>	46.28±11.33 <sup>b</sup>	50.63±9.87 <sup>B</sup>
	产后10 d	40.28±14.28 <sup>a</sup>	48.47±9.63 <sup>a</sup>	55.30±10.07 <sup>b</sup>
OC/(ng·L <sup>-1</sup> )	分娩当天	5.21±0.34	4.92±0.20	5.13±0.17
	产后1 d	4.87±0.19	4.79±0.26	4.84±0.25
	产后3 d	4.75±0.20	4.68±0.19	4.72±0.26
	产后7 d	4.30±0.28	4.37±0.23	4.45±0.24
	产后10 d	4.07±0.22	4.10±0.18	4.06±0.16

同行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( $P<0.01$ )。下同

In the same row, different lowercase superscripts mean significant difference at  $P<0.05$ , and capital letter superscripts mean significant difference at  $P<0.01$ . The same as below

### 2.3 2 种口服液对产后奶牛健康状况的影响

由表 2 可知,试验 I 组可显著降低亚临床型低钙血症、胎衣不下的发病率( $P < 0.05$ );试验 II 组可显著或极显著降低亚临床型低钙血症、低镁血症和

胎衣不下的发病率( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。2 组均使隐性乳房炎的发病率降低,但差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 2 氨基酸螯合钙口服液及其复方对产后奶牛健康状况的影响

Table 2 Effects of calcium amino acid chelate solution and it with magnesium hypophosphate on health status in postpartum cows

指标 Perinatal diseases	对照组 Control group	试验 I 组 Treatment I	试验 II 组 Treatment II
亚临床型低钙血症 Subclinical hypocalcemia	7/15 <sup>a</sup>	2/15 <sup>b</sup>	1/15 <sup>b</sup>
乳热 Milk fever	1/15	0/15	0/15
低镁血症 Hypomagnesaemia	9/15 <sup>A</sup>	5/15	0/15 <sup>B</sup>
胎衣不下 Retained placenta	5/15 <sup>a</sup>	0/15 <sup>b</sup>	0/15 <sup>b</sup>
隐性乳房炎 Subclinical mastitis	8/15	3/15	4/15
临床型乳房炎 Mastitis	2/15	1/15	1/15
酮病 Ketosis	1/15	1/15	0/15

### 2.4 2 种口服液对乳品质的影响

由表 3 可知,试验 I 组和试验 II 组乳蛋白含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ );试验 I 组和试验 II 组体细胞数均低于对照组,其中试验 II 组与对照组

相比差异显著( $P < 0.05$ );试验 I 组和试验 II 组尿素氮含量较对照组有升高的趋势,但差异均不显著( $P > 0.05$ )。

表 3 氨基酸螯合钙口服液及其复方对乳品质的影响

Table 3 Effects of calcium amino acid chelate solution and it with magnesium hypophosphate on milk quality in postpartum cows

指标 Milk composition	对照组 Control group	试验 I 组 Treatment I	试验 II 组 Treatment II
乳蛋白率/% Milk protein content	3.46 ± 0.41 <sup>a</sup>	3.75 ± 0.48 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.51 <sup>b</sup>
乳脂率/% Milk fat percentage	4.72 ± 0.37	4.68 ± 0.43	4.75 ± 0.40
乳糖/% Lactose content	4.83 ± 0.54	4.88 ± 0.41	4.81 ± 0.51
尿素氮/(mg · dL <sup>-1</sup> ) MUN	10.67 ± 1.34	11.04 ± 1.83	11.26 ± 1.65
体细胞数/(10 <sup>3</sup> 个 · mL <sup>-1</sup> ) SCC	194.80 ± 31.78 <sup>a</sup>	177.67 ± 40.17 <sup>a</sup>	136.94 ± 20.73 <sup>b</sup>

## 3 讨论

多种氨基酸螯合微量元素已经广泛应用于畜牧业中,并且已经被证明其吸收效率好于无机态微量元素。氨基酸螯合钙是一种新型钙源,已广泛应用于人补钙领域。该补钙剂,特别是小分子氨基酸螯合钙(甘氨酸钙等)进入人体后可在小肠部位直接以整体的形式被吸收进入血液,理论上可以近乎完全地被人体吸收。氨基酸螯合钙吸收入血后,仍然是以整体的形式存在,当血钙水平正常时会沉积到骨骼,避免出现高钙血症;而当血钙水平降低时则可分解出钙离子维持血钙平衡<sup>[18]</sup>。

本试验首次研究了氨基酸螯合钙口服液对产后奶牛健康状况及乳品质的影响,旨在探讨其应用于奶牛业的可行性。试验结果表明氨基酸螯合钙口服液可显著降低亚临床型低钙血症和胎衣不下的发病率;复方氨基酸螯合钙口服液除此之外还可以显著

降低低镁血症的发病率。低镁血症影响甲状旁腺的功能,从而导致 PTH 的合成和分泌减少,另有报道表明,甲状旁腺素受体与甲状旁腺素结合后,发挥功能需要有 Mg<sup>2+</sup> 的参与才能使腺苷酸环化酶复合物产生 cAMP 发挥生物学功能。当血液中 Mg<sup>2+</sup> 的浓度低于 0.65 mmol · L<sup>-1</sup> 时,甲状旁腺素难以激活靶细胞并使之发挥生物学功能,导致血钙平衡紊乱<sup>[1]</sup>。所以,低镁血症通过抑制 PTH 的调节功能,降低骨钙分解速度,加重低钙血症的发生。本试验选用次磷酸镁作为镁补充剂主要参照了英国诺布鲁克大药厂的相关产品。奶牛对镁的主要吸收部位是瘤胃,当奶牛瘤胃中 pH 较低时,对镁的吸收充分,当 pH 较高时会限制对镁的吸收,次磷酸镁溶液的 pH 较低,符合奶牛对镁吸收的机理<sup>[19]</sup>。

本试验通过对碱性磷酸酶、甲状旁腺素、降钙素和骨钙素 4 种钙代谢生物标记物<sup>[20]</sup> 进行检测,发现灌服氨基酸螯合钙口服液后甲状旁腺素含量呈下降趋势,降钙素水平呈升高趋势;而灌服复方氨基酸螯

合钙口服液后,甲状旁腺素的含量下降程度有所减缓,主要是由于补充的镁离子提高了甲状旁腺素的分泌量;灌服复方口服液组还极显著提高了产后第7天的降钙素水平,证明复方氨基酸螯合钙口服液补钙效果良好。

由于氨基酸螯合钙口服液中含有大量的氨基酸,并且氨基酸螯合金属元素多具有较强的过瘤胃效果<sup>[21]</sup>,所以,当氨基酸螯合钙进入小肠后以整体形式被吸收入血,既补充了钙,又补充了氨基酸,间接起到了过瘤胃蛋白的作用,这与其他学者报道的氨基酸螯合微量元素的试验结果类似<sup>[22-23]</sup>。因此灌服氨基酸螯合钙后奶牛的乳蛋白率显著提高。补充的钙进入血液循环后可提高乳导管平滑肌收缩能力,降低外界细菌感染乳房的风险<sup>[24]</sup>,血钙水平恢复至正常还可以解除低钙血症引起的免疫抑制,提高全身及乳房局部的免疫力<sup>[25]</sup>,所以2试验组奶牛乳汁体细胞数较对照组有所下降。由于氨基酸螯合钙的结构是钙离子与 $\alpha$ -氨基酸中羧基的氧原子和 $\alpha$ -氨基形成多个稳定的五元环螯合结构<sup>[26]</sup>,因此即使口服液浓度较高也不会造成食道黏膜损伤,故无明显副作用。

#### 4 结 论

复方氨基酸螯合钙口服液对控制奶牛产后疾病(低钙血症、低镁血症、胎衣不下和隐性乳房炎),提高乳品质量具有较好的效果。

#### 参 考 文 献:

[1] GOFF J P. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows[J]. *The Veterinary Journal*, 2008,176: 50-57.

[2] ROCHE J R. The incidence and control of hypocalcemia in pasture-based systems[J]. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2003,97:141-144.

[3] HORST R L, GOFF J P, REINHARDT T A, et al. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle [J]. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80: 1269-1280.

[4] USDA. Dairy 2007, Part I : Reference of Dairy Cattle Health and Management Practices in the United States, 2007[M]. USDA-APHIS-VS, CEAH. Fort Collins, CO. 2008:N480.1007.

[5] PETER J D, IAN J L. Milk fever in dairy cows: a

review of pathophysiology and control principles[J]. *The Veterinary Journal*, 2008,176:58-69.

[6] GUARD C L. Fresh cow problems are costly: Culling hurt the most[J]. *Hoards Dairyman*, 1996, 141:8.

[7] DRYERRE H, GREIG J R. Milk fever: its possible association with derangements in the internal secretions[J]. *Veterinary record*, 1925,5:225-231.

[8] BLUNT J W, DELUCA H F, SCHNOES H K. 25-Hydroxycholecalciferol: a biologically active metabolite of vitamin D<sub>3</sub> [J]. *Biochemistry*, 1968,7:3317-3332.

[9] GOFF J P, LITTLEDIKE E T, HORST R L. Effect of synthetic bovine parathyroid hormone in dairy cows: prevention of hypocalcemic parturient paresis [J]. *Journal of Dairy Science*, 1986, 69: 2278-2289.

[10] RUDE R K. Magnesium deficiency: a cause of heterogeneous disease in humans [J]. *Journal of Bone and Mineral Research*, 1998,13:749-758.

[11] THILSING H T, JQRGENSEN R J, QSTERGRD S. Milk fever control principles: a review [J]. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2002,43:1-19.

[12] WENTIK G H, TSGAM V I. Oral administration of calcium chloride containing products: Testing for deleterious side effects[J]. *Vet Quarterly*, 1992,14: 76-80.

[13] GOFF J P, HORST R L. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1997,80:176-186.

[14] FLY A D, IZQUIERDO O A, LOWRY K L, et al. Manganese bioavailability in a Mn-methionine chelate [J]. *Nutrition Research*, 1989,9:901-910.

[15] WARD J D, SPEARS J W, KEKLEY E B. Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulfate in cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 1996,79:127-132.

[16] NOCEK J E, JOHNSON A B, SOCHA M T. Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes[J]. *Journal of Dairy Science*, 2000,83:1553-1572.

[17] ASHMEAD H D, SAMFORD R A. Effects of metal amino acid chelates or inorganic minerals on three successive lactations in dairy cows[J]. *Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 2004,2: 181-188.

- [18] 张经坤,张泽民,于 傲. 人体钙吸收机理探讨 [J]. 科学通报,2000,45(10):1114-1120.
- [19] JOHANNA G D, ROGER D, JOHANNES H, et al. Effects of intravenous administration of two volumes of calcium solution on plasma ionized calcium concentration and recovery from naturally occurring hypocalcemia in lactating dairy cows [J]. *American Journal of Veterinary Research*, 2008, 69 (10): 1346-1350.
- [20] KUROSAKI N, YAMATO O, SATO J, et al. Biomarkers for the activation of calcium metabolism in dairy cows: elevation of tartrate-resistant acid phosphatase activity by lowering dietary cation-anion difference is associated with the prevention of milk fever[J]. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 2007, 69(3):265-270.
- [21] 梁建光,罗绪刚,刁其玉. 用体外瘤胃发酵法评价不同络合强度有机锌源瘤胃稳定性 [J]. 乳业科学与技术,2007,(2):86-89.
- [22] HEINRICHS A J, CONRAD H R. Rumensolubility and breakdown of metal proteinate compounds [J]. *Journal of Dairy Science*, 1983, 66 (Suppl. 1): 147.
- [23] 刁其玉. 动物氨基酸营养与饲料[M]. 北京:化学工业出版社,2007:164.
- [24] CHATTERJEE P N, KAUR H. Association of plasma calcium and antioxidant vitamins levels with occurrence of mastitis in crossbred cows [J]. *Indian Journal of Dairy Science*, 2003,56(6):372-375.
- [25] KIMURA K, REINHARDT T A, GOFF J P. Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle [J]. *Journal of Dairy Science*, 2006,89:2588-2595.
- [26] HARVEY H A, ASHMEAD. Preparation of pharmaceutical grade amino acid chelates [P]. United States patent: 4830716, 1989-05-16.

(编辑 朱绯)