

胎衣不下与胎衣正常排出奶牛 血清离子水平的比较

牟瑞营¹, 秦贞福², 张洪波¹, 葛利江¹

(1 山东农业大学 动物医学院, 山东 泰安 271018; 2 山东省临朐县畜牧局, 山东 临朐 262600)

[摘要] **【目的】**分析各种微量金属离子与氧化应激的关系,从氧化应激的角度深入探讨奶牛胎衣不下的发病机理。**【方法】**分别在分娩时和分娩后12 h采集5头胎衣不下(RFM)奶牛和5头胎衣正常排出奶牛的血样,利用原子吸收光谱法测量2组奶牛2个时期血清中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Mn^{2+} 等8种金属离子的含量,同时用722可见分光光度计对2组奶牛分娩时血清中的抗氧化指标进行了检测。**【结果】**与胎衣正常排出组奶牛相比,RFM组奶牛血清中的 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Cu^{2+} 含量极显著降低($P<0.01$), Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量显著降低($P<0.05$), Fe^{2+} 含量极显著升高($P<0.01$);RFM奶牛血清中的抗氧化酶Zn-SOD、Cu-SOD及总SOD和GSH-Px的活性极显著降低($P<0.01$),而MDA与 $OH\cdot$ 含量则显著升高($P<0.05$)。**【结论】**胎衣不下奶牛血清的金属离子水平和抗氧化指标间存在相关性。

[关键词] 奶牛;胎衣不下;氧化应激;血清金属离子;抗氧化指标

[中图分类号] S858.237.2⁺1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2008)12-0014-05

Study on the comparison between the serum levels of some ions in dairy cows with and without RFM

MU Rui-ying¹, QIN Zhen-fu², ZHANG Hong-bo¹, GE Li-jiang¹

(1 College of Veterinary Medicine, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China;

2 Animal Husbandry Bureau, Linqu, Shandong 262600, China)

Abstract: **【Objective】**The research analyzed the correlation between the level of trace element ion and oxidative stress in dairy cows for studying the mechanism of retention of fetal placenta (RFM). **【Method】**The blood samples were collected in cows without ($n=5$) and with RFM ($n=5$) at parturition and 12h after parturition. The serum levels of eight element ions (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} and Mn^{2+}) at parturition and 12h after parturition were measured by atomic absorption spectrophotometry and the anti-oxidative indexes in the serum of the cows with and without RFM at parturition were determined by 722 visible spectrophotometry. **【Result】**The result indicated that the concentrations of Mn^{2+} , Zn^{2+} and Cu^{2+} ($P<0.01$), Ca^{2+} and Mg^{2+} ($P<0.05$) in dairy cows with RFM decreased significantly compared with those in the serum in normal cows, but the concentration of Fe^{2+} was significantly higher than that in the serum in normal cows ($P<0.01$). The activities of Zn-SOD, Cu-SOD and total SOD and GSH-Px in cows with RFM were significantly lower than those in normal cows ($P<0.01$) but the levels of MDA and $OH\cdot$ in cows with RFM were significantly higher than those in normal cows ($P<0.05$). **【Conclusion】**It was

* [收稿日期] 2007-12-04

[基金项目] 山东农业大学青年博士基金项目

[作者简介] 牟瑞营(1981—),男,山东潍坊人,在读硕士,主要从事家畜生殖疾病研究。E-mail: muruiyingwenzhang@163.com

[通讯作者] 葛利江(1966—),男,山东高唐人,副教授,博士,主要从事家畜生殖疾病及生殖影像学研究。

concluded that there existed correlation between concentrations of several trace elements and oxidative stress in dairy cows with RFM.

Key words: dairy cow; RFM; oxidative stress; mineral ion; antioxidative index

奶牛胎衣不下(Retention of fetal membranes, RFM)是指奶牛胎儿胎盘在产后 12 h 内不能自然完全脱落排出体外。该病的发生往往与奶牛产后各种疾病增加、泌乳量降低、生殖性能下降以及淘汰率升高有关,由于其发生率较高,故给乳品工业和畜牧业造成了很大损失。在美国此病的发生率为 9%,造成的经济损失为 100~280 美元/头,年损失达 1.5 亿美元^[1]。在我国,RFM 的发病率为 10%~25%,有些地区在炎热季节可高达 40%以上^[2-3],造成的损失更大。目前,关于奶牛胎衣不下发生机理的研究较多,方向各异,如有的从产后胶原和蛋白纤维分解上进行解释^[4],有的从分娩前后生殖内分泌失调或分娩应激方面进行阐述^[5-6],还有从矿物质代谢方面进行分析^[7-8]。总之,胎衣不下的病因是复杂多样的。目前,国内外许多研究主要侧重于某一方面或某一环节,例如在离子代谢方面,研究钙与 RFM 关系的较多,但仍不够系统。因此,笔者通过多年奶牛 RFM 流行病学的观察,怀疑 RFM 的发生可能与多种金属离子和应激有关。为了确证 RFM 与应激的关系,本研究于 1,7 月份前后采集分娩时和分娩后 12 h 发生 RFM 奶牛的血液,测定血清中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Mn^{2+} 等 8 种金属离子的含量及超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和羟自由基的活性和丙二醛(MDA)的含量,以期进一步深入分析 RFM 与应激的相关性,进而为该病发生机理的研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验动物 在山东潍坊某良种改良中心奶牛场选取待分娩的荷斯坦乳牛 100 头。该牛场奶牛平均日产奶量在 20 kg 以上,其日粮为全价精料配合玉米青贮,另加一定量的青干草,自由采食。辅料是啤酒糟及胡萝卜,根据不同生理期定量添加。

1.1.2 试剂及仪器 Ca 、 Mg 等标准溶液,国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院产品,批号:041125; SOD、GSH-Px、羟自由基活性和 MDA 测定试剂盒,南京建成生物工程有限公司生产。722 可见分光光度计,上海仪器分析总厂生产;TAS-986 原子吸收分光光度计,北京普析通用有限责任公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 样品的采集及处理 分别于分娩时和分娩后 12 h 自颈静脉无菌采取 5 头胎衣正常排出奶牛和 5 头胎衣不下奶牛的血液 2 份,每份 10 mL,加入肝素,4 ℃静置过夜,4 000 r/min 离心 10 min,分离血清和血浆。置-20 ℃冰箱保存备用。

1.2.2 奶牛血清离子含量的测定 采用原子吸收分光光度法测定血清中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 8 种金属离子含量。

1.2.3 血清 SOD、GSH-Px、羟自由基活性和 MDA 含量的测定 采用可见分光光度计法测定。

1.3 数据统计与分析

所有数据经 SPSS13.0 软件 ANOVA 方法分析后,进行方差比较。 $P<0.05$ 代表差异显著; $P<0.01$ 代表差异极显著。

2 结果与分析

2.1 胎衣不下对奶牛血清离子的影响

从表 1 可以看出,RFM 病牛在分娩时和分娩后 12 h,其血清中的微量元素 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Mn^{2+} 含量较同一时期胎衣正常排出组奶牛极显著降低($P<0.01$),而微量元素 Fe^{2+} 含量则极显著升高($P<0.01$)。与胎衣正常排出组相比,RFM 组奶牛血清中的常量元素 Na^+ 和 K^+ 的含量变化均不显著,但分娩后 12 h,胎衣正常排出组和 RFM 组的 Na^+ 和 K^+ 水平分别较其分娩时低;RFM 组奶牛分娩时和分娩后 12 h 时血清中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量均显著低于胎衣正常排出组($P<0.05$),并且其分娩后 12 h 时的 Ca^{2+} 含量较分娩时高,但差异不显著。

2.2 胎衣不下对奶牛血清抗氧化指标的影响

由表 2 可以看出,RFM 组奶牛血清中的抗氧化指标与胎衣正常排出组奶牛的相应指标有较大差异。与胎衣正常排出组相比,RFM 组奶牛血清中的氧化酶 SOD(总)、Cu-SOD、Zn-SOD 和 GSH-Px 含量极显著降低($P<0.01$),血清中的 MDA 与 $OH\cdot$ 含量显著升高($P<0.05$),这意味着胎衣不下奶牛体内自由基的氧化代谢率明显高于正常牛,患牛体内自由基代谢紊乱,其抗氧化酶已经不能有效地清除代谢产生的过量自由基。

表 1 胎衣不下奶牛与胎衣正常排出奶牛分娩时和分娩后 12 h 血清中的金属离子水平

Table 1 Comparson in the serum levels of some ions of dairy cows with and without RFM at parturition and 12 h after parturition

组别 Group	分娩时期 Period of parturition	金属离子/(mg·L ⁻¹) Serum ions							
		Zn ²⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
胎衣正常 排出组 Control group	分娩时 At parturition	3.03±1.75	1.02±0.23	0.05±0.018	2.29±0.78	96.96±2.17	106.01±3.20	1 333.6±49.84	176.11±6.87
	分娩后 12 h 12 h after parturition	2.79±0.92	1.02±0.255	0.079±0.014	1.58±0.48	86.99±6.14	98.80±1.36	1 253.50±75.78	184.89±3.60
胎衣不下组 RFM group	分娩时 At parturition	0.89±0.32**	0.63±0.99**	0.038±0.009**	2.76±0.91**	65.67±5.47*	97.92±0.26*	12 76.45±34.03	160.26±12.60
	分娩后 12 h 12 h after parturition	0.62±0.14**	0.70±0.85**	0.036±0.006**	2.39±0.74**	67.4±3.81*	96.27±1.92*	1 207.85±57.52	178.77±3.93

注:数据后标“*”者表示差异显著($P<0.05$);标“**”者表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note:“*”represents $P<0.05$;“**”represents $P<0.01$. The following table is same.

表 2 胎衣不下组与胎衣正常排出组奶牛分娩时血清中的抗氧化指标

Table 2 Comparison of the serum anti-oxidative indexes in dairy cows with and without RFM at parturition

组别 Group	SOD/(U·mL ⁻¹) Total SOD	Cu-SOD/ (U·mL ⁻¹)	Zn-SOD/ (U·mL ⁻¹)	谷胱甘肽过氧 化酶/U GSH-Px	丙二醛/ (ng·mL ⁻¹) MDA	羟自由基/ (U·mL ⁻¹) OH·
胎衣正常排出组 Control group	281.80±15.15	81.99±9.48	7.54±3.09	41.01±2.82	12.8±0.29	106.08±46.08
胎衣不下组 RFM group	96.50±1.11**	45.03±10.38**	34.12±4.20**	20.88±3.71**	16.28±1.40*	367.31±64.95*

3 讨 论

Zn 是 Cu/Zn-SOD 的辅助因子,能够维持细胞内膜的稳定性,具备清除自由基的作用,且能终止自由基引发的脂质过氧化链式反应;缺 Zn 可增加肝脏的脂质过氧化,而且会显著降低血液和肝脏中的 GSH-Px 和 SOD 活性,增加 MDA 的产量^[9]。Fe 能够催化酮体产生氧自由基,并通过 Haber-Weiss 反应生成 OH·而加强氧自由基的毒性,诱发脂质过氧化链式反应。Zn 可与 Fe 竞争膜表面的配位体,可使铁复合物减少,从而减少通过 Haber-Weiss 反应产生的 OH·,使脂类转变为活性氧的链式反应被抑制;同时,Zn 还能够减少 Fe²⁺进入细胞并抵制其在产生羟自由基引发的链式反应中的催化作用^[10]。因此,低锌可导致自由基蓄积,使机体处于一种氧化应激状态中,过多的自由基可以攻击各种生物膜上的蛋白质结构,而使其结构功能受损。同时,过多的自由基还可以在 Fe 的催化作用下使膜上的磷脂发生脂质过氧化链式反应,从而影响膜结构的完整性和流动性^[11]。本研究表明,RFM 病牛血清中的 Zn 含量均显著低于正常牛的 Zn 含量($P<0.01$),此试验结果与马衡等^[12]的研究结果一致,但与张朝崑等^[13]的研究结论有差异;与胎衣正常排出的奶牛相

比,胎衣不下奶牛血清中的超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性极显著降低($P<0.01$);血清中的丙二醛(MDA)和羟自由基(OH·)含量显著升高($P<0.05$)。可见对于 RFM 牛来说,低 Zn 和高 Fe 使机体清除自由基的能力下降,脂质过氧化加强而引起血清中的 SOD 和 GSH 活性降低,MDA 及 OH·含量增加,这与 Michiels 等^[14]的报道一致。RFM 奶牛由于子叶、肉阜细胞受到过度氧自由基的攻击,导致细胞膜受到损伤,使子叶、肉阜之间粘连,子叶上的微绒毛难以从肉阜的陷窝中脱出,从而增加了胎衣排出的难度。

Cu 是 Cu/Zn-SOD 的辅助因子和调节因子,Cu/Zn-SOD 主要存在于细胞浆中,消除超氧阴离子的毒性。Cu²⁺含量的降低,势必降低了 Cu/Zn-SOD 的活力,不能有效地清除生物氧化产生的超氧阴离子,而过多的超氧阴离子会使 GSH-Px 的活性有所丧失,最终使机体抗氧化能力降低,从而导致 H₂O₂的蓄积,进一步破坏 SOD,使体内蓄积有大量自由基,引发脂质过氧化,氧自由基的清除能力减弱,导致血液流变性异常,即血液粘度升高,血栓形成加剧和血小板粘附、聚集性增强^[15-17]。本试验结果显示,与胎衣正常排出的奶牛相比,胎衣不下奶牛血清中的 Cu²⁺含量极显著降低($P<0.01$),Cu²⁺含量的降

低进一步引起血清中 SOD 和 GSH-Px 活性的降低,从而导致血清中的丙二醛(MDA)和羟自由基($\text{OH}^\cdot$)含量升高($P<0.05$),使胎盘突中的微循环血液粘稠,易造成淤血,导致纤毛难以从陷窝中脱出。

Mn^{2+} 是体内多种酶的组成成分,也是 SOD 的重要组成成分; Mn -SOD 多存在于线粒体基质中,是体内自由基的清除剂,主要保护线粒体膜免受自由基的损害。缺 Mn 会使 SOD 活性减弱,抗氧化能力下降,不能抑制脂质过氧化物 MDA 的产生,进而会对机体内的组织细胞造成损害。本试验结果表明,与胎衣正常排出奶牛相比,RFM 奶牛血清的 Mn^{2+} 含量显著降低,从而使胎衣不下奶牛胎盘组织的抗氧化能力下降,胎盘上皮细胞线粒体受到自由基的攻击而有一定程度的损伤,进而有可能引发炎症而导致胎衣不下的发生。

有研究表明,体内脂质氧化反应的增强,会导致氧自由基清除能力减弱,造成体内自由基反应紊乱和微循环障碍,进而出现能量不足^[18],在这种情况下极易发生胎衣不下。陈文为^[19]认为,从能量代谢方面而论,细胞内 ATP 的合成是胎衣排出的能量基础,ATP 合成率降低与自由基代谢有密切联系。这主要是由于致病因素引起机体清除自由基的能力下降,过剩的自由基使线粒体内外膜脂肪酸发生脂质过氧化,膜脂层结构与功能遭受破坏,导致 ATP 合成障碍,维持正常生命活动的能源不足,造成子宫收缩无力和胎衣排出困难。

本试验结果表明,胎衣不下奶牛的血钙和血镁水平都显著低于正常分娩组。这一结果与 Bari 等^[8]以及马衡等^[12]的报道相一致。RFM 组奶牛血清钙水平下降的主要原因,是分娩前后大量血钙进入初乳以及奶牛动用骨钙能力下降造成的^[20]。对于平滑肌来讲,当 Ca^{2+} 含量升高时, Ca^{2+} 与钙调蛋白结合使肌球蛋白轻链激酶活化,最终使轻链丝氨酸-19 磷酸化,肌肉收缩;当 Ca^{2+} 浓度降低时,调节轻链磷酸酯酶使磷酸化轻链去磷酸化,肌肉舒张^[21]。当奶牛血液中的这些离子减少时,就会影响到子宫平滑肌的收缩力量。 Mg^{2+} 缺乏的动物对体内氧化应激的敏感性升高^[22]。Minnich 等^[23]认为,GSH 的合成需要 2 种酶,即谷氨酰半胱氨酸合成酶和谷胱甘肽合成酶。李宗付等^[24]发现,需要 Mg^{2+} 催化或激活的酶促反应有 321 种,其生理作用涉及脂肪、蛋白质和核酸的合成及能量代谢、膜的结构和膜离子转运系统等多个方面。因此可以肯定,镁影

响脂质过氧化的作用机制不可能是某一个机制或途径起作用,而是多个机制或途径共同作用的结果。胎衣不下奶牛由于 Mg^{2+} 水平的降低,加重了氧化应激对细胞膜的损伤^[25]。如果缺乏 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 两种元素,会导致母体和胎儿胎盘的收缩产生惰性,胎盘突中的毛细血管处于充盈状态,子叶绒毛就难以从肉阜陷窝中脱出。因此这两种元素水平的下降,也容易导致胎衣不下。

4 结 论

RFM 奶牛血清中的 Zn^{2+} 含量与 Zn -SOD、 Cu^{2+} 含量与 Cu -SOD、总 SOD 和 GSH-Px 的活性呈正相关,与 MDA 和 $\text{OH}^\cdot$ 的含量呈负相关。血清中的 Fe^{2+} 含量和上述抗氧化酶活性呈负相关,但与 MDA 和 $\text{OH}^\cdot$ 的含量呈正相关。胎衣不下奶牛血清中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 水平低于胎衣正常排出组。总之,胎衣不下奶牛的某些血清金属离子水平和抗氧化指标之间存在相关性。

[参考文献]

- [1] Weiss W. P Antioxidant Nutrients, Cow Health, and Milk Quality [M]//Department of Dairy and Animal Science. 2005 Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. Penn State; Grantville PA, 2005;11-18.
- [2] 石传林. 奶牛胎衣不下的发生及防治 [J]. 中国奶牛, 2003(4): 44.
Shi C L. The incidence and prevention and treatment for RFM of dairy cattle [J]. China Dairy Cattle, 2003(4): 44. (in Chinese)
- [3] 陈玉豪, 黄国种, 陈氏文. 奶牛胎衣脱落时间的观察及预防胎衣不下的方法 [J]. 甘肃畜牧兽医, 1990(5): 15-16.
Chen Y H, Huang G Z, and Chen S W. The duration of expulsion of the fetal membrane and the prevention method for RFM in dairy cows [J]. Gansu Animal Husbandry and Veterinary Science, 1990(5): 15-16. (in Chinese)
- [4] Sharpe K, Eiler H, Hopkins F. Changes in the proportion of Type I and Type III collagen in the developing and retained bovine placenta [J]. Biology of Reproduction, 1990, 43: 229-235.
- [5] Kaczmarowski M, Malinowski E, Markiewicz H. Some hormonal and biochemical blood indices in cows with retained placenta and puerperal metritis [J]. Bull Vet Inst Pulawy, 2006, 50: 89-92.
- [6] Horta A E, Chassagne M, Brochart M. Prostaglandin F2 alpha and prostacyclin imbalance in cows with placental retention: new findings [J]. Ann Rech Vet, 1986, 17(4): 395-400.
- [7] Melendez P, Donovan G A, Risco C A, et al. Plasma mineral and energy metabolite concentrations in dairy cows fed an anionic

- pартurium diet that did or did not have retained fetal membranes after parturition [J]. Am J Vet Res, 2004, 65(8): 1071-1076.
- [8] Bari M Z, Saeed M A, Bashir I N, et al. Comparative study on serum levels of calcium, magnesium and phosphorus in cows with and without retention of placenta [J]. Indian J Anim Nutr, 1996, 13: 63-66.
- [9] 成廷水, 芮于明. 氨基酸锌对产蛋鸡性能及免疫反应的影响 [J]. 饲料研究, 2004(4): 1-5.
- Cheng T S, Rui Y M. Effect of zinc-amino acid on performance and immune response in laying-egg hens [J]. Feed Research, 2004(4): 1-5. (in Chinese)
- [10] 崔红梅, 杨月欣, 刘建宇. 锌对 $\text{OH}^\cdot$ 、 $\text{O}_2^\cdot$ 所致红细胞膜氧化损伤的保护作用研究 [J]. 营养学报, 1999, 21(2): 186-190.
- Cui H M, Yang Y X, Liu J Y. Study on protection of zinc against the erythrocyte membrane oxidative damage caused by $\text{OH}^\cdot$, $\text{O}_2^\cdot$ [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 1999, 21(2): 186-190. (in Chinese)
- [11] 王 澎. 体内铁离子库与自由基损伤 [J]. 国外医学: 生理病理科学与临床分册, 1994, 14(3): 165-167.
- Wang P. In vivo iron ion and free radical damage [J]. Foreign Medical Sciences: pathophysiology and clinical medicine, 1994, 14(3): 165-167. (in Chinese)
- [12] 马 衡, 李 聪, 张明时, 等. 奶牛胎衣不下病与微量元素的关系(II) [J]. 云南大学学报, 1993, 15(2): 56-58.
- Ma H, Li C, Zhang M S, et al. The Relations of the disease of cow afterbirth not falling and the trace elements (II) [J]. Journal of Yunnan University, 1993, 15(2): 56-58. (in Chinese)
- [13] 张朝崑, 叶近培, 陈建华, 等. 胎衣不下乳牛干乳期间和产犊前后血清矿物质元素含量的变化 [J]. 中国兽医杂志, 1992, 18(10): 10-11.
- Zhang Z K, Ye J P, Chen J H, et al. The change of serum mineral elements in dairy cows with RFM during dry period and periparturient period [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 1992, 18(10): 10-11. (in Chinese)
- [14] Michiels C, Raes M, Toussaint O, et al. Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress [J]. Free Radic Biol Med, 1994, 17(3): 235-248.
- [15] Grossman A, Wendel A. Non-reactivity of the selenoenzyme glutathione peroxidase with enzymatically hydro-peroxidized phospholipids [J]. Eur J Biochem, 1983, 135: 549-552.
- [16] 董 维, 王芝云, 张 伟, 等. 血瘀证大鼠血液流变性改变与脂质过氧化作用 [J]. 中国医学物理学杂志, 1996, 13(3): 142-143.
- Dong W, Wang Z Y, Zhang W, et al. Changes of hemorrheological parameters and action of lipid peroxidation in rats with blood stasis syndrome [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 1996, 13(3): 142-143. (in Chinese)
- [17] 柴春彦, 刘国艳, 石发庆. 铜缺乏对乳牛血液抗氧化功能的影响 [J]. 动物科学与动物医学, 2002, 19(4): 26-29.
- Chai C Y, Liu G Y, Shi F Q. The effect of copper deficiency on the function of anti-oxidation of the blood in dairy cattle [J]. Animal Science and Veterinary Medicine, 2002, 19(4): 26-29. (in Chinese)
- [18] 戴顺龄. 微循环与活性氧及自由基 [J]. 微循环学杂志, 1995, 5(2): 40-42.
- Dai S L. Microcirculation and active oxygen and free radicals [J]. Chinese Journal of Microcirculation, 1995, 5(2): 40-42. (in Chinese)
- [19] 陈文为. 老年性气虚证与自由基反应 [J]. 现代中西医结合杂志, 1987, 7(5): 302-304.
- Chen W W. Senile-qi deficiency and free radical reactions [J]. Modern Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 1987, 7(5): 302-304. (in Chinese)
- [20] 刘德义, 江汪洋, 方必春, 等. 血清钙、磷和葡萄糖水平对奶牛胎衣不下的影响 [J]. 中国奶牛, 2005(1): 42-44.
- Liu D Y, Jiang W Y, Fang B C, et al. Effect of serum levels of calcium, phosphorus and glucose on RFM in cows [J]. China Dairy Cattle, 2005(1): 42-44. (in Chinese)
- [21] 陈 明, 李爱媛. 肌肉肌球蛋白、粗肌丝和 Ca^{2+} 调节机制的多样性 [J]. 生理科学进展, 1993, 24(1): 8-11.
- Chen M, Li A Y. The regulatory diversity of Ca^{2+} in myosin and myosin filament [J]. Progress in physiological Science, 1993, 24(1): 8-11. (in Chinese)
- [22] 王淑彩, 田 锦, 徐铨荣. 镁的生物学功能 [J]. 中国饲料, 2003(19): 18-19.
- Wang S C, Tian J, Xu X R. The biological function of Magnesium [J]. China Feed, 2003(19): 18-19. (in Chinese)
- [23] Minnich V, Smith M B. Glutathione biosynthesis in human erythrocytes I Identification of the enzymes of glutathione synthesis in hemolysates [J]. J Clin Invest, 1971, 50: 507-513.
- [24] 李宗付, 陈代文, 余 冰. 镁的抗氧化功能及作用机制 [J]. 饲料工业, 2006, 27(6): 46-50.
- Li Z F, Chen D W, Yu B. Magnesium antioxidant function and mechanism [J]. Feed Industry, 2006, 27(6): 46-50. (in Chinese)
- [25] 樊 华, 樊 丽, 王 峰, 等. 热应激对泌乳奶牛血液生化指标的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(4): 45-46.
- Fan H, Fan L, Wang F, et al. The influence of heat stress on blood biochemical indices in dairy cattle [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2007, 34(4): 45-46. (in Chinese)