

# 日粮阴阳离子间隙和日粮类型 对奶牛乳热症的影响<sup>①</sup>

毛雪梅

重庆市农业广播电视学校, 重庆 400020

**摘要:** 乳热症是奶牛的一种严重代谢性疾病, 是现代养牛业常见病、多发病。目前, 对于该病的发病机理尚没有完全搞清楚, 现在多采用发病后大量补钙来进行治疗, 但是在发病时, 病情已十分严重, 因此临床疗效常常不佳。当前预防奶牛乳热症的方法主要是通过平衡干奶牛日粮离子, 日粮阴阳离子间隙(DCAD)便应运而生, 它作为定量分析碱性日粮中的有害成分和饲喂阴离子日粮的有利作用的指标。通过平衡日粮离子, 获得适宜的离子间隙, 可以极大的改善奶牛的生产性能, 有效防止乳热症, 提高饲料摄入, 增加奶产量, 降低跛行、难产、乳房炎的发病率。

**关键词:** 阴阳离子平衡; 乳热症; 奶牛

**中图分类号:** S85

**文献标识码:** A

乳热症又叫生产瘫痪, 是母畜分娩前后突然发生的一种严重代谢性疾病。其特征是缺钙导致的知觉丧失及四肢瘫痪。50 a 前 Craige 和 Stoll 提出乳热症是碱中毒的一种表现<sup>[1]</sup>; 患病牛血钙明显低于正常奶牛, 因此引发该病的部分原因可能是由于低血钙造成的。传统观念认为, 引起低血钙的原因主要有: (1) 分娩前后大量血钙进入初乳且动用骨钙的能力降低, 引起血钙浓度急剧下降; (2) 在分娩过程中, 大脑皮过度兴奋, 其后即转为抑制状态, 分娩后腹内压突然下降, 腹腔被动性充血, 血液进入乳房, 引起暂时性脑缺血, 抑制了大脑皮质, 从而影响了甲状旁腺的分泌功能。(3) 分娩前后从肠吸收的钙量减少。近年来, Goff 认为产后低血钙是由高日粮钾而非钙引起的<sup>[2]</sup>。

大约 30 年前, Ender 和 Dishington 提出可以用日粮阴阳离子间隙(dietary cation anion difference, DCAD)作为评定奶牛乳热症的一种因素<sup>[3]</sup>, 它是指单位日粮干物质(kg)中所有阴阳离子的毫当量差。通常的计算公式是  $DCAD = [Na^+ + K^+] - [Cl^- + S^{4-}]$ , 与评价体液治疗的阴离子间隙(AG)公式相类似。不同的是 AG 用于评价血浆, 而 DCAD 用于评价日粮干物质。

## 1 日粮阴阳离子间隙与乳热症

### 1.1 DCAD 对体内酸碱平衡的影响

DCAD 决定了日粮的 pH 值和酸、碱状况, 进而影响奶牛的体内的酸碱平衡状态, 是一种控制血液缓冲容量和奶牛血中酸度的有效方法。日粮中的阳离子能增加血液的 pH 值, 而阴离子的作用则相反。通过平衡日粮, 能够获得适宜的 DCAD 水平, 从而可以控制血液 pH 值, 增加了日粮的酸碱缓冲能力, 维持体

① 收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 毛雪梅(1968-), 女, 重庆北碚人, 畜牧兽医师, 主要从事畜牧兽医的教学和研究。

内酸碱平衡稳态.

## 1.2 体内酸碱平衡与乳热症

DCAD 控制乳热症的发生, 主要是通过影响血液 pH 值介导的. 饲喂含高阳离子日粮的奶牛, 机体处于代谢性碱中毒的状态, 从而降低了组织对 PTH 的效应, 降低了奶牛维持细胞间隙  $\text{Ca}^{2+}$  稳态的能力, 增加了乳热症的发病率. 增加日粮中的阴离子能诱导机体内环境代谢性酸化, 增强靶组织对 PTH 的反应性, 增加了从骨中动员钙的能力, 恢复机体维持  $\text{Ca}^{2+}$  稳定的能力, 使奶牛适应泌乳时对钙应激, 降低高阳离子日粮的负作用.

Vagg 发现饲喂高阴离子日粮的奶牛比饲喂高阳离子日粮的奶牛骨组织释放钙更多(大约多 5~6 克)<sup>[4]</sup>. 日粮的 DCAD 还能够影响  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  的产生, 从而影响分娩时缺钙的严重程度.

Ender 和 Dishington 报道贮存在日粮中矿物酸可以防止挪威红白花牛产后瘫痪<sup>[1]</sup>. 在日粮中添加盐酸, 硫酸, 硫酸铵, 氯化钙和硫酸镁等能够防止产后瘫痪.

## 1.3 酸碱内环境、内分泌因素与乳热症的关系

对鼠和犬的研究表明, 机体处于碱性状态时, 抑制了 PTH 的作用, 在代性酸性环境中, PTH 的作用增强. 通过对小鼠胚胎骨组织进行的离体研究后发现酸性环境直接提高了骨钙的动员<sup>[5]</sup>. 对饲喂阴阳离子间隙差大的山羊<sup>[6]</sup>或绵羊<sup>[7]</sup>, 进行放射标记钙的动力学试验表明从骨组织中动员的钙没有明显的增加. 患产后瘫痪的奶牛并没有降低组织对 PTH 和  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  反应性<sup>[8]</sup>.

Goff 检测了 47 头产前饲喂高阳离子日粮(+978mEq/kg)和高阴离子(-228mEq/kg)日粮娟姗牛血浆 PTH 和  $1, 25(\text{OH})_2\text{D}$  水平后发现, 产后低血钙奶牛都有血浆 PTH 升高的过程, 表明甲状旁腺在两组中均对血钙降低敏感<sup>[9]</sup>. PTH 有刺激  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  生成的作用, 饲喂高阳离子日粮血浆时  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  则明显降低, 故推测肾脏对 PTH 的作用处于抑制状态, 骨组织对 PTH 的刺激也处于抑制状态. 日粮中添加阴离子能恢复组织对 PTH 的反应能力. Block 的研究也表明: 饲喂阴离子日粮的奶牛血浆羧脯氨酸氧化酶明显升高<sup>[10]</sup>(它主要与维生素 D 的生成有关), 从而防止了产后低血钙.

Goff, J. P 的研究发现, 在亚临床乳热症病例中,  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  根本不产生或推迟产生<sup>[9]</sup>. 所有资料都表明乳热症的潜在原因是奶牛肾组织不能对足量的 PTH 产生反应, 从而引起  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  产生量降低, 减弱了骨组织对钙的动员. 可能是与代谢性碱环境抑制了 PTH 对靶组织的整合作用有关.

## 1.4 使用尿 pH 对体内酸碱状态的评价

Jardon 认为尿液 pH 值是评价产后低血钙和 DCAD 调节作用的一个良好指标<sup>[11]</sup>. 尿液是体内代谢产物排泄的重要途径, 是稳定体内酸碱平衡的重要通路之一, 尿液 pH 值的变化可间接反应体内的酸碱状况. 钾和  $\text{HCO}_3^-$  被排出体外时碱化了尿液. 阴离子日粮对尿液具有酸化作用, 提高了钾和钙的排泄, 使用除  $\text{Cl}^-$  外的阴离子日粮在钾较低时, 作用相反. 氯和体内钾的排泄导致典型的酸性尿和代谢性碱中毒<sup>[12]</sup>. HCl 对尿液的酸化作用是  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的 4 倍, 当  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  和阴离子盐一起添加时, 具有很小的碱化尿液的作用, 而且这类多价离子在体内往往与蛋白质结合成络合物, 降低从体外的吸收, 因此 DCAD 中经常忽略这两种离子的作用. 阴离子的酸化作用排列依次为 HCl,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , S. 磷可能是一种有效的酸化剂, 但它对 VitD 的代谢有直接的影响, 实际上诱导了乳热症的发病.

Oetzel 等的研究表明,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$  对尿液酸性和钙排除有不同的影响<sup>[13]</sup>.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  对尿 pH 值影响最大,  $\text{MgSO}_4$  对尿酸排泄没有影响, 但它能降低尿钙的排泄<sup>[14]</sup>, 钙镁同时添加, 比单独添加更有利于奶牛健康.

# 2 常见几种日粮对乳热症的影响

## 2.1 高钙日粮与乳热症

钙是机体维持细胞兴奋性的必需元素, 干奶牛每天饲喂大于 100 g 的钙会增加乳热症的发病率<sup>[15]</sup>, 体

重 500 kg 的奶牛在怀孕后期仅需约 31 g 的钙, 就可以满足胎儿和母体对钙的维持需要量. 产前饲喂高钙日粮(100 g/d), 通过被动转运能完全满足机体对钙的日需要量. 钙的主动转运和骨钙吸取机制则受到抑制<sup>[16,17]</sup>, 分娩时, 母牛不能及时利用骨钙和肠钙吸取机制, 因而易患乳热症或低血钙症. 怀孕后期饲喂低钙日粮(<20 g/d)产后饲喂高钙日粮, 可以明显降低乳热症的发病<sup>[18]</sup>. 饲喂低钙日粮可以使牛体处于钙负平衡状态, 从而刺激 PTH 和  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  的生成, 使牛只能够有效地利用日粮钙和动用骨钙以维持钙的需要量.

对饲喂低阴离子日粮的奶牛代谢进行的研究表明: 血钙升高与肾酸碱平衡调节功能、代偿性酸度升高相一致的. 血钙升高是 DCAD 对肾脏直接作用或其它影响因素的继发作用还不得而知. 在诱发钙吸收和动用骨钙的日粮中钙的变化并不影响尿中钙的排泄<sup>[19]</sup>, 提高分娩前尿钙的清除水平可能为以后泌乳对钙的需求提供一种有效的刺激.

## 2.2 高磷日粮与乳热症

早期的研究表明日粮中有效磷缺乏是乳热症的先决因素<sup>[20]</sup>. 但是产前高磷日粮  $\text{PO}_4^{3-}$  (80 g/d) 会增加乳热症的发病率. 高水平的磷抑制了  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  合成酶的活性<sup>[21]</sup>, 降低了  $1, 25(\text{OH})_2\text{VitD}$  的生成, 减弱了产前机体对肠钙的吸收能力.

## 2.3 钠、钾与乳热症

分娩前饲喂高 K 和 Na 日粮的奶牛血浆  $1, 25(\text{OH})_2\text{D}$  浓度比饲喂高  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$  日粮的奶牛低. 高阳离子日粮(尤其是含  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) 趋向于增加乳热症的发病, 而阴离子(主要是  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{4-}$  日粮)能够防止乳热症的发病率.

# 3 阴阳离子间隙对奶牛生产性能的影响

Block 和 Beede 发现产前在日粮添加阴离子的奶牛一个泌乳周期的产奶量分别增加 484.89 kg/头<sup>[22]</sup>, 326.13 kg/头. Tucker 发现不论增加的阴离子是什么, 泌乳量均随 DCAD 的增加而直线上升, 食量也增加<sup>[23]</sup>. Xanchez 发现泌乳奶牛饲喂 +20mEq/100g 的日粮比饲喂 -10.0 阴离子日粮的奶牛产乳更多<sup>[24]</sup>. 但 Seymour 发现, 多胎奶牛饲喂阴离子日粮对产乳量没有影响, 对于首次怀孕的奶牛阴离子日粮对空怀天数和产乳量有较大影响. 与对照组相比, 空怀天数少 29 天, 奶产量增加 3.58 kg/天<sup>[25]</sup>. Beede 发现饲喂高阴离子日粮, 能够改善奶牛怀孕率, 减少胎衣不下的发病率. Waterman 发现 DCAD 在 +10~+157mEq/kg 范围增加时, 乳脂率也增加<sup>[26]</sup>. Sanchez 和 Beede 发现在 DCAD 接近 +225mEq/kg 时, 能够获得泌乳高峰和干物质高峰, 此时的  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$  的浓度分别是 0.4% 和 0.58%. 超过 +450mEq/kg 的日粮对奶产量和采食量均不利. DCAD 还能够降低关节炎, 难产, 酮病的发病率.

# 4 小 结

日粮的 DCAD 有效控制奶牛乳热症正显示出巨大的潜力, 通常在奶牛分娩前 3~4 周将 DCAD 值降低至 -100mEq/KgDM 可以降低分娩时乳热症、乳房水肿的发生, 也降低胎衣不下比例. 分娩结束后调整到 +35~+400mEq/KgDM 可以改善奶牛的摄食, 增加奶产量而不会改变脂肪和蛋白质的百分率. 在阴阳离子平衡中主要考虑的离子是  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{4-}$ , 阴离子日粮降低了饲料的适口性, 因此在应用是谨慎使用, 含  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  高的日粮应考虑多添加  $\text{S}^{4-}$ ,  $\text{Cl}^-$  以便使 DCAD 呈负值. 由于大量硫会干扰硒的代谢, 降低动物的生产表现, 一般  $\text{S}^{4-}$  推荐使用量不超过 0.4%.

## 参考文献:

- [1] Craige A H, Stoll I V. Milk fever(parturient paresis)as a manifestation of alkalosis[J]. Vet. Res., 1947, 8: 168-172.
- [2] Goff J P, Horst R L. Dietary potassium, but not calcium(Ca), induces milk fever in dairy cows[J]. Dairy Sci, 1995, 78:

185.

- [3] Ender F , Dishington IW. Etology and prevention of paresis puerperalis in dairy cows, In: Parturient Hypocalcemia, edited by Anderson J B[M]. New York: Acad. Press , 1970: 71 - 79.
- [4] Vagg M J , Payne J M. the effect of ammonium chloride induced acidosis on calcium metabolism in ruminants[J]. British Veterinary, 1970, 126: 531.
- [5] Raisz L G. Bone resorption in tissue culture. Factors influencing the response to parathyroid hormone[J]. Clin. Invest., 1965, 44: 03 - 121.
- [6] Gaynor P J , Mueller F J , Miller J K, et al. Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed alfalfa haylage based diets with different cation to anion ratios[J]. Dairy Sci, 1989, 72: 2525 - 2531.
- [7] Goff J P , Horst R L , Mueller F J, et al. Addition of chloride to a prepartal diet high hypocalcemia preventing milk fever[J]. Dairy Sci, 1991 , 74: 3863 - 3871.
- [8] Horst R L , Jorgenson N A , Deluca H F. Plasma 1, 25-dihydroxy vitamin D3 and parathyroid hormone levels in parturient dairy cows[J]. Physiol, 1978, 235: E634 - 637.
- [9] Goff J P , Horst R L , Mueller F J, et al. Addition of chloride to a prepartal diet in cations increases 1, 25 - dihydroxyvitamin d response to hypocalcemia preventing milk fever[J]. Dairy Sci, 1991, 74: 3863 - 3871.
- [10] Block E. Manipulating dietary anions and cation for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever[J]. Dairy Sci, 1984 , 67: 2939 - 2948.
- [11] Jardon P W. Using urine pH to monitor anionic salt programs[J]. Compend, Cont. Ed. Pract. Vet. , 1995, 17: 860 - 862.
- [12] Rose B D. Clinical physiology of acid base and electrolyte disorders[M]. 2nd Ed. McGraw Hill, NY, 1984: 5 - 459.
- [13] Oetzel G R , Fettman MJ , Hamar DW , Olson J D. Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status and urinary calcium excretion in dairy cows[J]. Dairy Sci, 1991, 74: 965 - 971.
- [14] Wang C , Beede D K. Effects of diet magnesium on acid-base status and calcium metabolism of dry cows fed acidogenic salts[J]. Dairy science, 1992, 75: 829 - 836.
- [15] Boda J M , Cole H H. Calcium metabolism with special references to parturient paresis (milk fever) in dairy cattle[J]. Dairy science, 1956, 39: 1027.
- [16] Mayer G P. A rational basis for the prevention of parturient paresis, Okla[J]. Vet. Med. Assoc. , 1972, 14: 2.
- [17] Ramberg C F , Johnson E K , Fargo R D , et al. Calcium Homeostasis In Cows With Special Reference To Parturient Hypocalcemia[J]. Physiol, 1984, 246: 698.
- [18] Green H B , Johnson E K , Fargo R D , Kromfeld D F. Calcium homeostasis in cows with special reference to parturient hypocalcemia[J]. Am. Physiol, 1984, 246: R698.
- [19] Ramberg C F , Mayer G P , Kromfeld D S, et al. Dietary calcium , calcium kinetics and parathyroid hormone concentration in cows[J]. Nutrition, 1976, 106: 671 - 679.
- [20] Bronner F. Intestinal calcium absorption: mechanism and applications[J]. Nutrition, 1987, 17: 1347.
- [21] Tanaka Y , Deluca H F. the control of 25-hydroxyvitamin d metabolism by inorganic phosphorus[J]. Arch. bioche. biophys, 1973, 154: 566.
- [22] Block E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever[J]. dairy science, 1984, 67: 2939.
- [23] Tucker B , Hogue J F , Waterman D F , et al. Role of sulfur and chloride in the dairy cation-anion balance equation for lactating dairy cattle[J]. Animal Science , 1991, 69: 1205.
- [24] Sanchez W K , Beede D K , Delorenzo M. A Modeling the effects of macrominerals on lactational performance of dairy cattle[J]. Animal Science , 1992: 1 - 32.
- [25] Seymour W M , Nocek J E. Effect of feeding an anionic diet prepartum on blood, health, reproductive and productive parameters in Holstein cows[J]. Dairy Science. 1992, 75: 297.

[26] Waterman D F , Swenson T J , Tucker W Bet al. Role of magnesium in the dietary cation— anion balance equation for ruminants[J]. Dairy Science, 1991, 74: 1866.

## Influence of Dietary DCAD and It's Type on Milk Fever of Milk Cow

MAO Xue-mei

*Chongqing Agricultural Broadcasting and TV School , Chongqing 400020 , China*

**Abstract:** Milk fever is a serious metabolizing sickness. It's a common and frequent sickness in cattle industry. Now, the mechanism why the illness will take place is not clear, and, the means of supplying calcium deficiently to cure after taking the illness is often applied. But during the sick period, the states of the illness have been very bad, so the clinical curative effect isn't good usually. Presently, the method of preventing milk fever is balancing the ion of dietary, so dietary cation anion difference (DCAD) comes into being. DCAD is looked as efficiency index to the quantitative analysis of the bad ingredient in the alkalescency source dietary, and to feeding the anion dietary. Through balancing ion in dietary to gain the proprieties ion distance, the producing ability of milk cow can be improved greatly, and milk fever can be prevented efficiently . It also can prove feed intake , and increase milk quantity, and debase the probability of limping , dystocia and breast tumefaction.

**Key words:** dietary cation-anio balance; milk fever; milk cow

责任编辑 汤振金