

预防围产期奶牛酮病的营养策略

乔国华 李锦华 周学辉 杨晓 张茜 王春梅

(中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 草业饲料研究室, 兰州 730050)

摘要: 本文综述了围产期奶牛的脂肪代谢变化特点, 对处在围产期奶牛酮病预防的营养调控策略进行了总结, 以期能为奶牛生产提供理论基础和实践参考。

关键词: 围产期; 奶牛; 酮病; 营养策略

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)06-0924-06

围产期是奶牛饲养管理的关键时期, 采用合理而科学的营养调控方法可以很大程度上避免常见代谢疾病(酮病、肝脏水肿、产后瘫痪等)的发病率。围产期奶牛饲喂管理不当会影响奶牛整个泌乳期的生产性能, 加之代谢疾病的治疗费用, 给奶牛养殖业带来了很大的经济损失。一些国家在过渡期使用莫能菌素来预防奶牛酮病的发生, 取得了较好的效果。但是, 鉴于饲料安全等方面的考虑, 中国禁止饲喂莫能菌素。一些乳业发达国家已经将过渡期列为奶牛饲养的关键时期, 在围产期奶牛酮病预防方面, 通过饲料的配制和饲料添加剂的使用获得了较大的成功。本文旨在综述过渡期奶牛酮病预防的营养管理策略, 为中国奶牛健康养殖提供必要的理论基础和实践参考。

1 围产期奶牛脂肪代谢特点

在泌乳高峰期的奶牛处于能量负平衡状态, 干物质采食量不足, 奶牛机体肾上腺素和去甲肾上腺素水平升高, 开始进行较大幅度上的脂肪动员(fat mobilization), 脂肪组织的甘油三酯转化为非酯化脂肪酸(NEFA), 血液中的NEFA浓度升高。据 Pullen 等^[1]和 Reynold 等^[2]报道, 干物质采食量和 NEFA 浓度通常呈现负相关的关系。但是, 肝脏并没有完全承载 NEFA 的能力, 因其不能将 NEFA 通过异化代谢的方式产生能量, 或者经

肝脏排出进入血液, 而是在肝细胞线粒体内进行不完全氧化, 生成酮体(β -羟丁酸, BHBA)进入血液循环。Emery 等^[3]报道当机体进行脂肪动员时, 来自于脂肪组织的 NEFA 大部分是以甘油三酯的方式在肝脏微粒体内储存, 小部分直接进入乳房用于乳脂肪的合成(图1)。

通常奶牛进入围产期的产后几周阶段, 在肝脏内都要储存大量的甘油三酯。这时, 过多的甘油三酯对肝脏的其他合成过程有很大的抑制作用。如: Piepenbrink 等^[4]的报道, 肝脏利用丙酸合成葡萄糖的能力被削弱; Strang 等^[5]的报道, 肝脏利用氨态氮合成尿素的能力也会受到抑制; Zhu 等^[6]报道, 处在产后第2天的奶牛, 肝脏甘油三酯浓度升高, 四周组织的氨态氮浓度提高了1倍。Overton 等^[7]通过体外培养表明, 氨态氮显著抑制肝脏利用丙酸合成葡萄糖的能力。因此, 肝脏内积累甘油三酯势必会抑制肝脏利用丙酸合成葡萄糖的过程。很有可能, 是由于氨态氮可以调控肝脏合成葡萄糖的过程。但是, 氨态氮调控肝脏代谢过程的机理有待于进一步试验来确定。

2 围产期奶牛的营养调控策略

2.1 满足葡萄糖需要来降低 NEFA

奶牛产后, 葡萄糖需要提高到了产前的2倍左右。为了适应奶牛产后对葡萄糖的需要, 一些

收稿日期: 2011-01-21

基金项目: 中央公益性科研院所基本科研业务费专项(BRF100203)

作者简介: 乔国华(1980—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 助理研究员, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: qiaoguohua_1980@hotmail.com

关于碳水化合物营养的试验主要集中在非纤维性碳水化合物 (NFC) 的水平上。有学者认为,在干奶期提高奶牛饲料 NFC 水平,可促进瘤胃发酵

产生丙酸,使瘤胃微生物尽早适应产犊后的高 NFC 饲料^[8]。

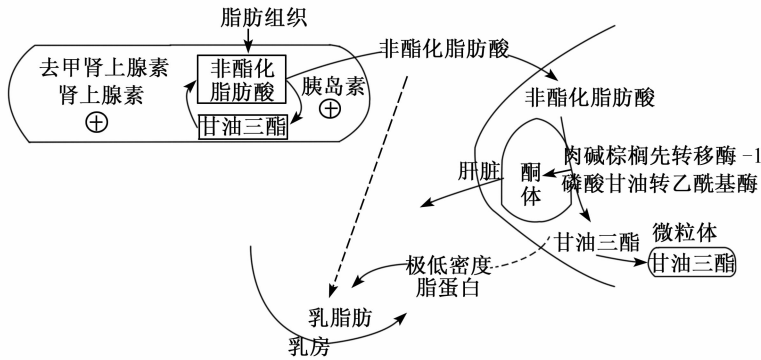


图 1 过渡期奶牛肝脏脂肪代谢通路

Fig. 1 Pathway of fat metabolism in the liver of dairy cows during transition period

由表 1 中的结果可知,在干奶期奶牛饲料中添加较高水平的 NFC 可以提高干奶期奶牛产前的干物质采食量。在饲料 NFC 水平对产前和产后的瘤胃发酵影响方面也有了一些报道,Dann 等^[15]报道,用蒸汽压片玉米替代粉碎的玉米,以加强淀粉在瘤胃内的发酵,不仅提高了产前干物质采食量,而且提高了产后的泌乳性能和血浆胰岛素的水平,这个作用一直持续到了泌乳中期。瘤胃可发

酵碳水化合物的提高也降低了产前血浆 NEFA 的水平。Ordway 等^[16]报道,在过渡期奶牛饲料中直接添加蔗糖 2.7% (干物质基础),其并没有改变产前血浆葡萄糖的水平,也没有改变产后血浆非酯化脂肪酸的水平。Penner 等^[17]报道,用蔗糖替代过渡期奶牛饲料 8.4% 的 NFC 并没有改变瘤胃液丙酸的浓度,对血浆 NEFA 和甘油三酯均没有影响,只是提高了干物质采食量。

表 1 饲料 NFC 水平对围产期分娩前奶牛代谢和生产性能的影响

Table 1 Effects of dietary NFC level on metabolism and performance of dairy cows in peripartum during perinatal period

参考文献 Reference	非纤维性碳水化合物(干物质基础) NFC(DM basis)/%		饲料高 NFC 水平的效果 Effect of dietary high NFC level
	低	高	
Rabelo 等 ^[8]	38	45	↑ 产前干物质采食量; ↑ 产后(1~20 d)干物质采食量
Grum 等 ^[9]	18	28	↑ 产前干物质采食量; ↑ 产前胰岛素
Minor 等 ^[10]	24	44	↑ 产前干物质采食量; ↑ 产奶量
Mashek 等 ^[11]	35	38	↓ 产前 β-羟丁酸; ↑ 产前胰岛素; ↑ 产奶量
Keady 等 ^[12]	13	28	↑ 产前干物质采食量
Holcomb 等 ^[13]	25	30	↑ 产前干物质采食量; ↓ 过渡期 NEFA
Doepel 等 ^[14]	24	30	↑ 产后干物质采食量; ↓ 过渡期 NEFA; ↓ 甘油三酯

↑ 表示该指标提高, ↓ 表示该指标降低。

↑ mean the index was increased, ↓ mean the index was decreased.

Smith 等^[18]报道,用甜菜渣、大豆皮等加工副产品替代部分来源于粗饲料的纤维,试验中的处理为 2 种不同 NFC 水平的饲料,高 NFC 饲料泌乳净能 1.59 Mcal/kg (1 cal = 4.18 J)、NFC 40% 和淀粉 28%, 高非粗饲料纤维饲料泌乳净能

1.54 Mcal/kg、NFC 34% 和淀粉 18%。结果表明,2 种饲料对奶牛产前和产后干物质采食量没有影响,对产后的生产性能也没有影响,对血液葡萄糖水平也没有影响。由于甜菜渣和大豆皮中的纤维成分在瘤胃内的降解程度较高,提高了瘤胃液内

丙酸的浓度。虽然饲料淀粉水平比较低,但是奶牛血糖浓度并没有降低。这项研究结果说明,产前的饲料 NFC 水平对血糖浓度没有影响,瘤胃内可发酵的碳水化合物的水平是影响血糖浓度的关键因素。

2.2 直接添加生糖前体物质

2.2.1 直接添加丙二醇

丙二醇是生成葡萄糖的前体物质,一直以来都被用来治疗奶牛的酮病。丙二醇通常在奶牛产后第 2~3 天以丸剂的形式添加。据 Stokes 等^[19]和 Pickett 等^[20]报道,奶牛饲喂丙二醇后,血浆非酯化脂肪酸的浓度和 β -羟丁酸浓度都下降。

2.2.2 直接添加丙酸

丙酸是奶牛肝脏用以合成血糖的主要前体物质,在饲料中添加丙酸从理论上讲可以提高血浆葡萄糖的水平,丙酸通常以其钙盐的形式添加,或者是其他的离子盐。但是,Burhans 等^[21]报道,在奶牛饲料中添加 300 g/d 的丙酸钙并没有改变奶牛血浆非酯化脂肪酸的水平,也并没有提高奶牛的产奶量。Mandevu 等^[22]报道,产后奶牛添加 110 g/d 丙酸钙虽然没有提高产奶量,但是降低了血浆非酯化脂肪酸和尿液中酮体的水平。添加丙酸钙为什么没有提高奶牛的产奶量?为什么没有改变血浆非酯化脂肪酸的水平?目前还不清楚。需要进一步的试验研究来确定。

2.3 围产期饲料添加脂肪

Kronfeld^[23]报道,在干奶期奶牛饲料中添加脂肪可以降低血液非酯化脂肪酸的水平和酮体的水平(β -羟丁酸)。饲料长链脂肪酸被直接吸收进入淋巴系统,并不会进入肝脏。这种脂肪可以为四周组织和乳腺提供能量。Kronfeld 提出了一个假说,这种长链的脂肪酸可以降低机体的脂肪动员,降低非酯化脂肪酸的水平。但是,Douglas 等^[24]和 Bertics 等^[25]报道,添加长链脂肪酸并没有降低血液酮体和非酯化脂肪酸的水平,但为了防止奶牛酮病所引发的经济损失,这种添加剂在很多奶牛养殖厂得到了较广的应用。Grum 等^[26]报道,整个干奶期奶牛饲料添加 6.7% 脂肪降低了肝脏中甘油三酯的水平,但是,也降低了奶牛的干物质采食量。之后,Douglas 等^[24]经过分析后报道,肝脏甘油三酯的降低完全是由于干物质采食量降低了造成的。Doepel 等^[27]报道,在奶牛干奶期采用高能量饲料(高 NFC 水平)可以降低围产期奶牛的 NEFA 的水平和肝脏甘油三酯的水平。从以

上结果来看,是饲料的 NFC 水平而不是饲料的脂肪水平在起作用。

2.4 特定脂肪酸对 NEFA 供给的影响

过去的研究主要集中在特定的脂肪酸对奶牛代谢的作用上。在过渡期奶牛上主要是 2 个方面:1)反-10,顺-12 共轭亚油酸(CLA)是一种可以明显降低乳脂肪合成量的脂肪酸^[28-29]。这种脂肪酸的添加会因其降低了乳脂肪的产出而节约能量,从而,缓解奶牛泌乳高峰期的能量负平衡。Giesy 等^[30]报道,从产后第 13~80 天饲喂奶牛共轭亚油酸的钙盐,并没有改变第 14~28 天的产乳性能(产奶量,乳成分)。但是,第 35~80 天的乳产量提高了,乳脂率和乳脂产量都降低了。在这 2 个时间段内的能量平衡状况并没有得到改善。Bernal-Santos 等^[31]报道,给产后第 14~140 天的奶牛饲喂共轭亚油酸的同分异构体混合物,乳脂率和乳脂肪的产量都显著降低了。然而,给奶牛饲喂过瘤胃保护的共轭亚油酸却提高了奶牛的产奶量,奶牛的能量平衡状况并没有受到任何的影响。2)Selberg 等^[32]报道,饲喂给过渡期和泌乳高峰期奶牛反式十八碳烯酸降低了肝脏甘油三酯的浓度。相比而言,Bernal-Santos 等^[31]报道,共轭亚油酸(CLA)并不能降低奶牛肝脏甘油三酯的浓度。这 2 种脂肪酸对肝脏脂类代谢有不同影响作用,需要进一步的试验来确定其具体的对肝脏脂类代谢的影响作用。

2.5 降低肝脏中 NEFA 积累的营养策略

降低血液循环中的 NEFA 水平,从而降低进入肝脏中的 NEFA 的水平。这种营养策略旨在减少 NEFA 在肝脏内合成甘油三酯。NEFA 在肝脏内可以在过氧化物酶体内发生 β 氧化,也可以合成甘油三酯以极低密度脂蛋白的形式进入血液。但是,Grummer^[33]报道,后者的程度与单胃动物(猪和鸡)比较起来程度很有限。

2.5.1 胆碱

胆碱是一种类维生素,在哺乳动物代谢上有很广泛的代谢功能。是细胞膜磷酸卵磷脂的组成部分,是神经递质——乙酰胆碱的构成成分。也是甜菜碱甲基代谢的前体物质。在过渡期奶牛上,胆碱的研究主要集中在其对肝脏脂类代谢的影响上,胆碱是磷酸卵磷脂的主要成分,肝脏利用磷酸卵磷脂进一步合成极低密度脂蛋白(VLDL),然后分泌进入血液。Yao 等^[34]报道,胆碱缺乏的

大鼠肝脏甘油三酯含量提高了 6 倍,用体外研究方法研究胆碱缺乏大鼠的肝细胞,在胆碱和蛋氨酸浓度提高时,极低密度脂蛋白的合成与分泌也增加了。据 Piepenbrink 等^[4]和 Zahra 等^[36]报道,在过渡期奶牛上使用过瘤胃保护胆碱趋于降低脂肪酯化的产物,这个研究结果说明,极低密度脂蛋白的输出与胆碱的供给量呈正相关。Hartwell 等^[35]、Scheer 等^[37]、Piepenbrink 等^[4]和 Pinotti 等^[38]报道,在过渡期奶牛饲料中添加过瘤胃保护胆碱可以提高乳和乳脂肪的产量,说明饲料添加过瘤胃保护胆碱所引起的奶牛肝脏脂肪酸代谢变化可以提高泌乳早期奶牛生产性能。

2.5.2 油酸和亚油酸

油酸和亚油酸是生物机体不可或缺的营养素,亚油酸是合成二十二碳六烯酸和二十碳五烯酸的前体物质,是合成极低密度脂蛋白 B100 的重要物质^[39]。体外奶牛肝细胞培养研究表明,亚油酸对细胞甘油三酯积累的减少有作用^[40]。Piepenbrink 等^[4]报道,产后奶牛肝组织切片与油酸和亚油酸混合物共培养发现,其可以降低脂肪酸的酯化作用。这些研究的结果可能有 2 种解释,油酸可以作用在极低密度脂蛋白在肝脏内的合成与分泌上,也有可能作用在线粒体或者过氧化物酶体的 β 氧化上,或者是二者皆有。需要进一步的试验研究来证实。

3 小 结

① 奶牛产前饲料高 NFC 含量对肝脏酮体的生成没有作用。关键是要提高瘤胃的发酵过程中丙酸的生成量来提供机体所需能量。

② 饲料直接添加蔗糖并不能提高血糖的供给,不能改变机体能量负平衡的状况。

③ 奶牛产后饲料添加生糖前体物质(丙二醇和丙酸盐)可以降低血液 NEFA 和酮体的浓度。

④ 添加过瘤胃保护胆碱,是提高肝脏利用甘油三酯合成和分泌极低密度脂蛋白的有效途径。

参考文献:

[1] PULLEN D L, PALMQUIST D L, EMERY R S. Effect of days of lactation and methionine hydroxy analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides[J]. Journal of Dairy Science, 1989, 72 (1):49-58.

[2] REYNOLDS C K, AIKMAN P C, LUPOLI B, et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation [J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(4):1201-1217.

[3] EMERY R S, LIESMAN J S, HERDT T H. Metabolism of long-chain fatty acids by ruminant liver[J]. Journal of Nutrition, 1992, 122(3):832-837.

[4] PIEPENBRINK M S, OVERON T R. Hepatic palmitate metabolism of periparturient dairy cows as affected by nutrients supplied *in vitro* [J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(Suppl. 1):220.

[5] STRANG B D, BERTICS S J, GRUMMER R R, et al. Effect of long-chain fatty acids on triglyceride accumulation, gluconeogenesis, and ureagenesis in bovine hepatocytes [J]. Journal of Dairy Science, 1998, 81(3):728-739.

[6] ZHU L H, ARMENTANO L E, BREMMER D R, et al. Plasma concentration of urea, ammonia, glutamine around calving, and the relation of hepatic triglyceride, to plasma ammonia removal and blood acid-base balance [J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83(4):734-740.

[7] OVERTON T R, DRACKLEY J K, OTTEMANN-ABBAMONTE C J, et al. Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants[J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(7):1940-1951.

[8] RABELO E, REZENDE R L, BERTICS S J, et al. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows [J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(3):916-925.

[9] GRUM D E, DRACKLEY J K, YOUNKER R S, et al. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows [J]. Journal of Dairy Science, 1996, 79(10):1850-1864.

[10] MINOR D J, TROWER S L, STRANG B D, et al. Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows [J]. Journal of Dairy Science, 1998, 81(1):189-200.

[11] MASHEK D G, BEEDE D K. Peripartum responses of dairy cows to partial substitution of corn silage with corn grain in diets fed during the late dry period [J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83(10):2310-2318.

- [12] KEADY T W J, MAYNE C S, FITZPATRICK D A, et al. Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84(6):1468-1479.
- [13] HOLCOMB C S, VAN HORN H H, HEAD H H, et al. Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 84(9):2051-2058.
- [14] DOEPEL L, LAPIERRE H, KENNELLY J J. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9):2315-2334.
- [15] DANN H M, VARGA G A, PUTNAM D E. Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82(8):1765-1778.
- [16] ORDWAY R S, ISHLER V A, VARGA G A. Effects of sucrose supplementation on dry matter intake, milk yield, and blood metabolites of periparturient Holstein dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(4):879-888.
- [17] PENNER G B, OBA M. Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period [J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(7):3341-3353.
- [18] SMITH K L, WALDRON M R, OVERTON T R, et al. Performance of dairy cows as affected by prepartum carbohydrate source and supplementation with chromium throughout the periparturient period [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(Suppl. 1):23.
- [19] STOKES S R, GOFF J P. Evaluation of calcium propionate and propylene glycol administered into the esophagus at calving [J]. *Professional Animal Science*, 2001, 17(3):115-122.
- [20] PICKETT M M, CASSIDY T W, TOZER P R, et al. Effect of prepartum dietary carbohydrate source and monensin on dry matter intake, milk production and blood metabolites of transition dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(Suppl. 1):10.
- [21] BURHANS W S, BELL A W, NADEAU R, et al. Factors associated with transition cow ketosis incidence in selected New England herds [J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(Suppl. 1):247.
- [22] MANDEBVU P, BALLARD C S, SNIFFEN C J, et al. Effect of feeding an energy supplement prepartum and postpartum on milk yield and composition, and incidence of ketosis in dairy cows [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2003, 105(8):81-93.
- [23] KRONFELD D S. Major metabolic determinants of milk volume, mammary efficiency, and spontaneous ketosis in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 1982, 65(11):2204-2212.
- [24] DOUGLAS G N, DRACKLEY J K, OVERTON T R, et al. Lipid metabolism and production by Holstein cows fed control or high fat diets at restricted or ad libitum intakes during the dry period [J]. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81(Suppl. 1):295.
- [25] BERTICS S J, GRUMMER R R. Effects of fat and methionine hydroxy analog on prevention or alleviation of fatty liver induced by feed restriction [J]. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82(12):2731-2736.
- [26] GRUM D E, DRACKLEY J K, YOUNKER R S, et al. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 1996, 79(10):1850-1864.
- [27] DOEPEL L, LAPIERRE H, KENNELLY J J. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9):2315-2334.
- [28] BAUMGARD L H, SANGSTER J K, BAUMAN D E. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA) [J]. *The Journal of Nutrition*, 2001, 131(10):1764-1769.
- [29] BAUMAN D E, GRIINARI J M. Nutritional regulation of milk fat synthesis [J]. *Annual Review of Nutrition*, 2003, 23(2):203-227.
- [30] GIESY J G, VISWANADHA S, HANSON T W, et al. Effects of calcium salts of conjugated linoleic acid (CLA) on estimated energy balance in Holstein cows early in lactation [J]. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82(Suppl. 1):74.
- [31] BERNAL-SANTOS G, PERFIELD J W, BARBANO D M, et al. Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation [J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(10):3218-3228.

- [32] SELBERG K T, STAPLES C R, BADINGA L. Production and metabolic responses to dietary conjugated linoleic acid (CLA) and *trans*-octadecenoic acid isomers in periparturient dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(Suppl. 1):19.
- [33] GRUMMER R R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1993, 76(12):3882-3896.
- [34] YAO Z M, VANCE D E. Reduction in VLDL, but not HDL, in plasma of rats deficient in choline[J]. *Biochemistry and Cell Biology-biochimie et Biologie Cellulaire*, 1990, 68(2):552-558.
- [35] HARTWELL J R, CECAVA J, DONKIN S S. Impact of dietary rumen undegradable protein and rumen-protected choline on intake, peripartum liver triacylglyceride, plasma metabolites, and milk production in transition dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83(12):2907-2917.
- [36] ZAHRA L C, DUFFIELD T F, LESLIE K E, et al. Effects of rumen protected choline and monensin on milk production and metabolism of periparturient dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(12):4808-4818.
- [37] SCHEER W A, LUCY M C, KERLEY M S, et al. Effects of feeding soybeans and rumen-protected choline during late gestation and early lactation on performance of dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(Suppl. 1):276.
- [38] PINOTTI L, BALDI A, POLITIS I, et al. Rumen-protected choline administration to transition cows: effects on milk production and vitamin E status[J]. *Journal of Veterinarian Medicine*, 2003, 50(1):18-21.
- [39] WU X, SHANG A, JIANG H, et al. Demonstration of biphasic effects of docosahexaenoic acid on apolipoprotein B secretion in HepG2 cells[J]. *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology*, 1997, 17(11):3347-3355.
- [40] MASHEK D G, BERTICSS J, GRUMMER R R. Metabolic fate of long-chain unsaturated fatty acids and their effects on palmitic acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9):2283-2289.

Nutritional Strategies for Prevention of Ketosis of Dairy Cows during Perinatal Period

QIAO Guohua LI Jinhua ZHOU Xuehui YANG Xiao ZHANG Qian WANG Chunmei

(Department of Prataculture & Fodder, Lanzhou Institute of Animal & Pharmaceutics Science,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730050, China)

Abstract: To provide theory background and practical reference for production of dairy cows, the article reviewed the characteristics of fat metabolism changes of dairy cows in transition period, and summarized nutritional strategies for prevention of ketosis of dairy cows during perinatal period. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(6):924-929]

Key words: perinatal period; dairy cows; ketosis; nutritional strategies