

# 烟酸在反刍家畜饲养中的研究进展

王菊花<sup>1</sup>, 程茂基<sup>2</sup>, 卢德勋<sup>1</sup>

(1. 内蒙古畜牧科学院, 内蒙古 呼和浩特 010030; 2. 安徽农业大学畜牧水产学院, 安徽 合肥 230036)

**摘要:** 本文综述了烟酸的发现过程、结构、性质、代谢途径、特点及来源; 不同生产阶段、日粮因素及环境条件对烟酸在瘤胃发酵中的影响; 反刍动物对烟酸的吸收; 烟酸对反刍动物代谢作用和生产性能的影响等多方面的研究成果, 并对有待于继续研究的问题进行了探讨。

**关键词:** 烟酸; 反刍动物; 营养代谢作用

**中图分类号:** Q563. \*6; S 823

**文献标识码:** A

一般认为, 反刍动物瘤胃微生物可以合成足够量的烟酸来满足机体代谢和生产需要。但近来研究发现, 情况并不如此。随着饲养条件及各种因素的变化, 反刍动物对营养素尤其是烟酸的需求愈来愈高。一系列研究表明, 高产奶牛和采食高营养水平日粮的育肥牛、羊对烟酸的需要量增多; 日粮中某些氨基酸过量、色氨酸含量不足, 往往会导致烟酸缺乏。因此, 仅靠天然饲料来源的和瘤胃微生物合成的烟酸不能满足现代反刍动物营养需要。鉴于此, 本文综述了烟酸在反刍家畜饲养中的进展, 旨在推动相关领域的研究。

## 1 烟酸的概况

烟酸被称为尼克酸, 维生素 PP 或抗癞皮病维生素。早在 1867 年, 人们就描述了烟酸的分子结构, 1912 年~1913 年又从米糠及酵母浓缩液中提取出烟酸。1937 年维斯康新大学发现烟酸对家畜的某些疾病有治疗作用。60 年代, 一些学者们发现烟酸对小白鼠有抗脂肪降解的作用 (Carlson 和 L Oro, 1962)。之后, 开始研究烟酸对山羊、绵羊脂肪代谢的影响 (Nye 等, 1969; Thoroton 等, 1980; Schultz 等, 1986)。70 年代中后期, 体外 (In Vitro) 研究发现烟酸对瘤胃发酵具有一定的影响, 并认为烟酸是反刍动物必需补加的营养物质。近年来一些研究又表明, 烟酸对高产奶牛、生长育肥牛、羊等反刍动物具有较重要的意义 (Schultz, 1986; Schwab, 1983; Riddell 等, 1980; Horner 等, 1988a; Erickson 等, 1990; Flachowsky, 1993; Doreau 和 Ottou, 1996)。

烟酸是吡啶的衍生物, 是维生素中结构最简单的一种, 其性质稳定, 不易被酸、碱、热破坏。烟酸在动物体内可转变成烟酰胺, 进而合成辅酶  $\text{NAD}^+$  及  $\text{NADP}^+$ , 这两种辅酶是体内许多脱氢酶的辅酶, 在氧化还原反应中起传递氢的作用, 给机体提供能量。此外, 这些辅酶还参与碳水化合物、脂类和蛋白质代谢, 其中对脂类代谢的影响尤为重要。若体内烟酸缺乏, 会妨碍辅酶合成, 影响生物氧化, 使新陈代谢发生障碍, 从而引起癞皮病、角膜炎、神经和消化系统紊乱。

## 2 畜禽体内烟酸的来源

烟酸广泛分布于饲料中,动物和鱼类加工副产品、谷物、酵母和一些饼粕类中富含烟酸,饲料和大部分牧草是烟酸的一般来源。但通常谷物中烟酸利用率较低(见表1;崔立,1999)。

总之,畜禽体内的烟酸一般归纳为三个来源:天然饲料、动物消化道微生物合成(特别是反刍动物瘤胃微生物的合成)和日粮中的色氨酸的转化。

表1 各种饲料中烟酸的含量及其可利用量

Table1. Niacin content and availability in some common feedstuffs

原 料 Feedstuff	烟酸含量 Niacin content (mg/kg)	可利用量 Niacin availability v (%)
玉 米 Corn	20 ~ 30	0
豆 粕 Soybean meal	10 ~ 20	10 ~ 20
大 麦 Barley	40 ~ 60	0
苜 蓿 Alfalfa	20 ~ 51	20 ~ 50
棉籽饼 Cotton seed meal	30 ~ 40	30 ~ 40
鱼 粉 Fish meal	30 ~ 110	30 ~ 110
燕 麦 Oat	10 ~ 20	0
米 糖 Rice bran	30 ~ 400	0
高 粱 Sorghum grain	30 ~ 155	0
小 麦 Wheat	40 ~ 200	0

## 3 日粮和环境因素对烟酸在瘤胃发酵的影响

日粮中补加烟酸可提高高产奶牛和采食高营养水平日粮的育肥牛、羊的生产性能,使瘤胃微生物蛋白产量增加(Riddell等,1980;Horner等,1988a;Erickson等,1990;Flachowsky,1993;Doreau和Ottou 1996),这种正面效应可能是由于烟酸对瘤胃内微生物合成功能的影响(Harmeyer和Kollenkirchen,1989)。但到目前为止,烟酸对瘤胃功能的影响还没有得出一致的结论(Harmeyer和Kollenkirchen,1989;Flachowsky,1993),可能主要是由于日粮因素和环境因素不同所致。Zimmerman等(1992)发现,添加烟酸与日粮中粗蛋白含量、纤维含量及饲料类型有关。

### 3.1 碳水化合物对烟酸在瘤胃发酵中的影响

Doreau等(1993)与Cone等(1989)报道,在青贮玉米日粮中补加烟酸后淀粉总发酵优于干草日粮;含有干草或青贮玉米的日粮,补加烟酸后,奶牛瘤胃微生物对淀粉的降解适应性降低。Martin等(1995)发现随着日粮中淀粉含量升高,瘤胃微生物对淀粉的降解能力增强。与干草日粮相比,青贮玉米中添加烟酸后,淀粉的发酵更为完善。在一些早期的实验研究中,添加烟酸后对瘤胃发酵、微生物生长和合成效率的影响是不一致的,这主要和日粮因素有关(Harmeyer和Kollenkirchen,1989;Flachowsky,1993)。也有资料报道,补加烟酸后与基础日粮没有关系(Kung等,1980;Abdouli和Schaefer,1986;Campbell等,1994)。

### 3.2 日粮中氮源对烟酸在瘤胃发酵中的影响

Ottou 等 (1996) 表明,当给动物饲喂青贮玉米后,以豆粕为氮源的日粮比以尿素为氮源的日粮产生较少的乙酸和较多的丙酸;若粗饲料为干草时,挥发性脂肪酸的产生模式基本不变。且无论日粮氮源如何,补加烟酸都可促进淀粉的发酵和瘤胃微生物的合成。Shields 等 (1983) 体外研究表明,当日粮中能量达到一定水平时,尽管氮源不同(豆粕或  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),补加烟酸都会促进微生物蛋白的合成。结果提示,可发酵氮源和能量之间的比率可能存在临界值,在这个临界值以上,氮源不会影响发酵和微生物生长。Ottou 等 (1996)、Riddell 等 (1981) 发现,当底物包含 20 % 或 80 % 的粗饲料时,豆粕日粮与尿素日粮相比,添加烟酸后,二者都可刺激培养过程中微生物蛋白的合成,但当日粮中粗饲料含量达到 50 % 时,效果不佳。Kung 等 (1980) 报道,对于饲喂青贮玉米日粮的肉牛,以豆粕为氮源的日粮与以尿素为氮源的日粮相比,瘤胃发酵指标没有变化。在一些体外实验中,乙酸产量反而增加 (Shields 等, 1983)。这些研究结果的差异可能是由于微生物数量、培养底物和其它因素不同所致。

### 3.3 日粮中添加油脂后烟酸对瘤胃发酵的影响

一系列研究表明,日粮中补加烟酸能够补偿油脂在瘤胃发酵过程中产生的负面效应。Ottou 等 (1996) 曾报道,在奶牛日粮中添加脂肪降低了乳蛋白含量。为了避免这种趋势,可添加一些碳水化合物或其它能使血液中葡萄糖含量升高的能量饲料。Dunkley 等 (1977) 研究发现,日粮中过量脂肪会抑制瘤胃微生物对碳水化合物的利用,使微生物蛋白产量降低。Ottou 和 Doreau (1994) 在体外研究中发现,在发酵底物中添加油脂可降低气体总产量及  $\text{CO}_2$  产量,但  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  比率、FOM 及 VFA 产量不受影响。这表明在反刍动物日粮补加油脂一定程度上影响了瘤胃发酵 (Jenkins, 1993)。体外 (Bock 等, 1991) 与体内 (Doreau 等, 1993) 研究发现,动物日粮中添加油脂后,纤维消化率降低,而淀粉消化率不受影响。一般来说,烟酸对培养过程中产生的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  的产量和微生物的影响,与油脂表现为相反的作用,但结果差异不显著 (Ottou 等, 1996; Horner 等, 1988a, 1988b)。迄今为止,日粮添加脂肪同时补加烟酸后,油脂是抑制烟酸对微生物蛋白的合成的作用,还是限制烟酸对微生物活力的影响,其确切机制尚不清楚。

### 3.4 环境对烟酸作用的影响

在热应激条件下,烟酸引起血管舒张反应,对奶牛自身有益。因此,烟酸药剂常被用于舒张外周和内部血管 (Altschul, 1991),以加强热量从内脏到皮肤的转移,使热量由皮肤转向外界环境。但关于烟酸在冷、热应激条件下,对奶牛产奶量的影响,不同学者持不同意见。Muller 等 (1986) 报道,在夏季给每头奶牛饲喂烟酸 6g/d,可增加产奶量。而 Todd 等 (1989) 实验表明,在酷热和寒冷季节,给每头奶牛饲喂 12g/d 烟酸对产奶量无影响。这可能与烟酸补加量存在一个“度”值有关。

## 4 反刍动物对烟酸的吸收

大量研究证实,反刍动物瘤胃内可合成烟酸 (Porter, 1961; Rerat 等, 1959),并且烟酸的合成受到机体代谢的调控,即当日粮提供较小量烟酸时,合成量就会明显增多 (Abdouli 等, 1986; Porter, 1961)。几位学者试图探讨烟酸能否直接由瘤胃吸收而进入血液,结果不尽一致。Rerat 等 (1959) 通过结扎绵羊贲门和网瓣胃口来隔离瘤胃,并将瘤胃内容物排空后灌注等体积 14 % 的烟酸溶液,2h 后,烟酸消失;在瘤胃内灌注 20 % 和 40 % 的烟酸溶液后,瘤胃静脉血

液中烟酸量增加。对瘤胃壁的渗透性研究也证实烟酸能够从瘤胃内直接吸收进入血液。

Porter (1961) 报道, 在山羊瘤胃内放置一个装有 B 族维生素溶液的袋子, 结果发现, 烟酸的吸收随着袋子在瘤胃中放置的数量而变化。当在袋子里放入生理盐水 1h 后, 袋子里有 10 $\mu$ g 烟酸。当在袋子里放入 25 $\mu$ g 烟酸, 1h 后, 出现更多的烟酸 (约 35 $\mu$ g)。当 250 $\mu$ g 的烟酸被放在袋子里时, 会出现相反的结果, 1 小时后, 仅有 180 $\mu$ g 的烟酸在袋子里出现。

瘤胃虽能直接吸收烟酸, 但一般认为它的吸收量较少。主要由于瘤胃液的上清液中仅含有 3%~7% 的烟酸, 大多数烟酸和微生物结合在一起。Rerat (1959) 报道, 反刍动物对烟酸的吸收主要通过小肠上段, 原因是约三分之二的烟酸是在真胃、十二指肠和回肠内容物的上清液中。Erickson 等 (1990) 报道, 瘤胃对不同形式烟酸 (烟酸和烟酰胺) 的吸收速度不同, 并证实烟酰胺的吸收速度要高于烟酸。

## 5 烟酸对反刍动物代谢作用和生产性能的影响

### 5.1 烟酸对反刍动物代谢作用的影响

烟酸在人类医药上有降低血液中胆固醇、非必需脂肪酸等作用, 并有抗脂解作用 (Carlson 和 L Oro, 1962; Waterman 等, 1972; Fronk 等, 1979)。陆治年等 (1991) 研究表明, 添加烟酸后使奶牛在分娩后 1~4 周内血糖、血清中游离脂肪酸升高, 血清酮体 (尤其在分娩后 3~5 周) 显著下降, 体内能量物质供应增加, 抑制了脂肪分解, 并缓解了奶牛泌乳早期的能量应激。这与许多学者的研究结果一致。Jaster 等 (1983b) 报道, 血清葡萄糖、总蛋白、脲、游离脂肪酸、一羟基丁酸、胆固醇、肌酸、电解质中阴阳离子含量均不受补加烟酸的影响。

### 5.2 烟酸对反刍动物生产性能的影响

#### 5.2.1 烟酸对奶牛生产性能的影响

大量研究报道, 给高产奶牛饲喂添加烟酸的日粮可增加产奶量 (Fronk 和 Schultz, 1979; Riddell 等, 1981; Jaster, 1983a)、乳脂含量 (Jaster 等, 1983; Honer 等, 1986)、奶蛋白含量 (Honer 等, 1986), 影响程度最大发生在泌乳早期 (Jaster 等, 1983a)。与尿素氮源相比, 纯天然蛋白源日粮添加烟酸使奶牛瘤胃微生物蛋白合成增加 (Kung 等, 1980; Riddell 等, 1981), 产奶量和奶蛋白含量提高。但也有相反的资料报道, 认为添加烟酸不影响其乳脂率和其它乳成分含量 (Dufva 等, 1983; Muller 等, 1986; Todd 等 1989; Zimmerman 等, 1992; Campbell 等, 1994; Bernard 等, 1995)。

#### 5.2.2 烟酸在生长育肥家畜上的应用

一系列实验表明, 添加一定量烟酸可促进育肥家畜尽快适应育肥期日粮, 显著提高日增重与饲料利用率。Overfield 等 (1976) 在饲喂青贮玉米的肉牛日粮中添加 250mg/kg 烟酸, 其平均日增重和饲料利用率分别提高了 10.75% 和 7.32%。同样, Brethour (1981) 等发现, 短期内在肉牛日粮中补加烟酸可使肉牛平均日增重及饲料利用率分别提高 6.95% 和 9.37%, 若在整个饲养期内添加烟酸, 其平均日增重和饲料利用率分别提高 2.6% 和 3.0%。若给生长育肥羊喂一定量烟酸, 可提高羊的生长速度和饲料利用率, 但这方面的报道不多。

## 6 结语

目前国内外关于烟酸对反刍动物的影响主要集中于奶牛生产上,而对育肥家畜研究甚少,对最佳烟酸补加剂量报道也不一;烟酸在瘤胃内的动态降解过程的研究尚属空白,针对反刍动物烟酸营养研究的上述现状,一系列问题有待于进一步探讨。

### 参考文献

- 崔立. 1999. 烟酸在动物营养上的应用. 饲料研究, (4): 9~10
- 何剑斌等. 1995. 应用烟酸胆碱和纤维素酶对围产期奶牛脂肪肝的防治研究. 黑龙江畜牧兽医, (6): 1~4
- 陆治年等. 1991. 烟酸对奶牛一些生理参数及生产性能的影响. 中国动物营养学报, (2): 34~40
- 李义海. 1998. 烟酸在反刍家畜饲养中应用. 饲料博览, (3): 39
- 田文儒等. 1994. 烟酸和胆碱对防治奶牛围产期脂肪肝和提高繁殖力的效果. 黑龙江畜牧兽医, (9): 3~6
- Abdouli H, Schaefer D M. 1986. Effect of two dietary niacin concentrations on ruminal fluid free niacin concentration, and of supplemental niacin and source of inoculum on in vitro microbial growth, fermentative activity and nicotinamide adenine dinucleotide pool size. *J Anim. Sci.*, 62: 254~262
- Abdouli H, Schaefer D M, A L Pope. 1983. Effects of niacin supplementation on the rumen microbial population. *J Anim. Sci.*, 57(Suppl. 1): 415. (Abstr.)
- Abdouli H, Schaefer D M. 1986. Impact of niacin and length of incubation on protein synthesis, soluble to total protein ratio and fermentative activity of ruminal microorganisms. *J Dairy Sci.*, 62: 244~253
- Bartley E E, Herod E L, Bechtel R M, Sapienza D A, Brent B E. 1979. Effect of monensin or lasalocid, with or without niacin or ampicillin, on rumen fermentation and feed efficiency. *J Anim. Sci.*, 49: 1066~1075
- Bernard J K, Quigley T D III, Dowlen H H, Lamar K C. 1995. Supplemental niacin and heat-treated whole soybeans for Jersey cows during early lactation. *J Dairy Sci.*, 78: 2016~2023.
- Bock B J, Harmon D L, Brandt Jr R T, Schneider J E. 1991. Fat source and calcium level effects on finishing steer performance, digestion and metabolism. *J Anim. Sci.*, 69: 2211~2224
- Brent B E, E E Bartley. 1984. Thiamin and niacin in the rumen. *J Anim. Sci.*, 59: 813
- Brethour C E, Heard T W, Hogg. 1981. Niacin in dairy and finishing cattle nutrition. *Arch. Anim. Nutr.*, 25: 539~542
- Campbell J M, M R Murphy, R A Christensen, T R Overton. 1994. Kinetics of niacin supplements in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 77: 566~575
- Carlson I A, Oro L. 1962. The effect of nicotinic acid on plasma free fatty acids. *Acta Med Scand.*, 172: 641
- Cervantes A, T R Smith, J W Yong. 1996. Effect of nicotinamide on milk composition and production in dairy cows fed supplemental fat. *J Dairy Sci.*, 79: 105~113
- Chilliard Y, J F Ottou. 1995. Duodenal infusion of oil in midlactation cows. 7. Interaction with niacin on responses to glucose, insulin, and  $\beta$ -agonist challenges. *J Dairy Sci.*, 78: 2452~2463
- Christensen R A, T R Overton, J H Clark, J K Drackley, D R Nelson, S A Blum. 1996. Effect of dietary fat with or without nicotinic acid on nutrient flow to the duodenum of dairy cows. *J Dairy Sci.*, 79: 1410~1424
- Cone J W, Cline Theil W, Malestein A, Van't Klooster A Th. 1989. Degradation of starch by incubation of rumen fluid. A comparison of different starch sources. *J Sci. Food Agric.*, 49: 173~183
- Dennis S M, M J Arambel, E E Bartley, D O Riddell, A D Dayton. 1982. Effect of heated or unheated soybean meal with or without niacin on rumen protozoa. *J Dairy Sci.*, 65: 1643

- Doreau M , Ben Salem H , Krzeminski R. 1993. Effect of rapeseed oil supply on in vitro digestion in cows: comparison of hay and maize silage diets. *Anim. Feed Sci. Techno.*, 44: 181 - 189
- Doreau M , Ottou J F. 1996. Influence of niacin supplementation on in vivo digestibility and ruminal digestion in dairy cows. *J Dairy Sci.*, 79:2247 ~ 2254
- Driver J S , Grummer R R , Schultz L H. 1990. Effects of feeding heat - treated soybeans and niacin to high producing cows in early lactation. *J Dairy. Sci.*, 73:463 ~ 469
- Dufva G S , Bartley E E , Dayton A D , Riddell D O. 1983. Effect of niacin supplementation on milk production and ketosis of dairy cattle. *J Dairy Sci.*, 66:2329 ~ 2336
- Dunkley W L , N E Smith , A A Franke. 1977. Effects of feeding protected tallow on composition of milk and milk fat. *J Dairy Sci.*, 60:1963
- Erickson P S , Trusk A M , Murphy M R. 1990. Effects of niacin source on epinephrine stimulation of plasma nonesterified fatty acid and glucose concentrations , on diet digestibility and on rumen protozoal numbers in lactating dairy cows. *J Nutr.*, 120:1648 ~ 1653
- Erickson P S , M R Murphy , J H Clark. 1992. Supplementation of dairy cow diets with calcium salts of long - chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J Dairy Sci.*, 75:1078
- Flachowsky G. 1993. Niacin in dairy and beef cattle nutrition. *Arch. Anim. Nutr.*, 43:195 ~ 213
- Fronk T J , Schultz L H. 1979. Oral nicotinic acid as a treatment for ketosis. *J Dairy Sci.*, 62:1804 ~ 1807
- Hannah S M , Stern M D. 1985. Effect of supplemental niacin or nicotinamide and soybean source on ruminal bacterial fermentation in continuous culture. *J Anim. Sci.*, 61:1253 ~ 1263
- Harmeyer J , Kollenkivchen U. 1989. Thiamin and niacin in ruminant nutrition. *Nutr. Res. Rev.*, 2:201 ~ 225
- Horner J L , C E Coppock , G T Schelling , J M Labore , D H Nave. 1986. Influence of niacin and whole cottonseed on intake , milk yield and composition , and systemic responses of dairy cows. *J Dairy Sci.*, 69:3087
- Horner J L , Coppock C E , Moya J R , Labore J M , Lanham J K. 1988a. Effects of whole cottonseed on ruminal fermentation , protein digestibility , and nutrient digestibility. *J Dairy. Sci.*, 71:1239 ~ 1247
- Horner J L , Windle L M , Coppock C E , Labore J M , Lanham J K , Nave D H. 1988b . Effects of whole cottonseed , niacin and nicotinamide on in vitro fermentation and lactating Holstein cows. *J Dairy Sci.*, 71:3334 ~ 3344
- Jaster E H , Ward N E. 1990. Supplemental nicotinic acid or nicotinamide for lactating dairy cows . *J Dairy Sci.*, 73:2880 ~ 2887
- Jaster E H , G F Rakes , M F Hutjens. 1983a. Feeding supplemental niacin for milk production in six dairy herds. *J Dairy Sci.*, 66:1046
- Jaster E H , Bell D F , Mcperson T A. 1983b. Nicotinic acid and serum metabolite concentrations of lactating dairy cows fed supplemental niacin. *J Dairy Sci.*, 66:1039 ~ 1045
- Jenkins T C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J Dairy Sci.*, 76:3851 ~ 3863
- Johnson H P. 1987. Bioclimate effects on growth , reproduction and milk production. Page 35 in Bioclimate - tology and the Adaptation of livestock. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam The Netherlands
- Kung L J , Gubert K , Huber J T. 1980. Supplemental niacin for lactating cows fed diets of natural protein or non - protein nitrogen. *J Dairy Sci.*, 63:2020 ~ 2025
- Lanham J K , Coppock C E , Brooks K N , Wilks D L , Horner J L. 1992. Effect of whole cottonseed or niacin or both on casein synthesis by lactating Holstein cows. *J Dairy Sci.*, 75:184 ~ 192
- Martin C , Michalet - Doreau B . 1995. Variations in mass and enzyme activity of rumen microorganisms

- effect of barley and buffer supplements. *J Sci. Food Agric.*, 67:407 ~ 413
- Martinez N , Depeters E J , Bath D L . 1991. Supplemental niacin and fat effects on milk composition of lactating Holstein cows. *J Dairy Sci.*, 74:202 ~ 210
- Muller L D , Heinrichs A J , Cooper J B , Atkin Y H . 1986. Supplemental niacin for lactating cows during summer feeding. *J Dairy Sci.*, 69:1416 ~ 1420
- Minor D J , Grummer R R , Shaver R D , Trower S L . 1996. Effects of niacin and nonfiber carbohydrate on the metabolic status during the transition period and lactational performance. *J Dairy Sci.*, 79:199
- Nye E R , Buchanan H . Short Term. 1969. Effect of nicotinic acid on plasma level and turnover of free fatty acids in sheep and man. *J Lipid. Res.*, 10:193
- Ottou J F , Doreau M . 1994. Effect of supplemental lipids on in vitro fermentation capacity of rumen contents from cows receiving a diet with or without oil. *Ann. Zootch.*, 43:252 (Abstr)
- Ottou J F , Doreau M . 1996. Influence of niacin on in vitro ruminal fermentation and microbial synthesis depending on dietary factors. *Anim Feed Sci. Technol.*, 58:187 ~ 199
- Overfield J R , E E Hatfield . 1976 . Dietary niacin for steers fed corn silage diets . *J Anim. Sci.*, 43: 329 (Abstr)
- Poreau M , Ben Salem H , Krzeminski R . 1993. Effect of rapeseed oil supply on in vitro digestion in cows: comparison of hay and maize silage diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 44:181 ~ 189
- Porter J W G . 1961. Vitamin synthesis in the rumen , 226 in digestive physiology and nutrition of the ruminant . D Lewis ed. Butterworths , London England
- Rerat A , O Champigny , R Jacquot . 1959. Modalites de z'absorption vitaminique chez les ruminants forme et disponibilite des vitamines B du bol alimentaire aux differents niveaux digestifs C R Hebd *Seances Acad Sci.*, 249:1274
- Riddell D O , Bartley E E , Dayton A D . 1980. Effect of nicotinic acid on rumen fermentation in vitro and in vivo. 63:1429 ~ 1436
- Riddell D O , Bartley E E , Dayton A D . 1981. Effect of nicotinic acid on microbial protein synthesis in vitro and on dairy cattle growth and milk production. *J Dairy Sci.*, 64:782 ~ 791
- Schultz L H , Yamdagni S , Gill R . 1986. Effect of nicotinic acid on lipid metabolism in ruminants. *J Dairy Sci.*, 51:955 (Abstr.)
- Schwab C G . 1983. Supplemental niacin for lactating cows. New England Dairy Feed Conf Concord, NH.
- Shields D R , Schaefer D M , Perry T W . 1983. Influence of niacin supplementation and nitrogen source on rumen microbial fermentation. *J Anim. Sci.*, 57:1576 ~ 1583
- Thornton J H , L H Schultz . 1980. Effects of administration of nicotinic acid on glucose , insulin and glucose tolerance in ruminants. *J Dairy Sci.*, 63:262
- Todd C S , Grummer R R , Dentine M R , Stauffacher R H . 1989. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J Dairy Sci.*, 72:2028 ~ 2038
- Waterman R , Schultz L H . 1972a. Nicotinic acid treatment of bovine ketosis. II. Effects on long chain fatty acid compositions of plasma lipid fractions. *J Dairy Sci.*, 55:1454 ~ 1460
- Waterman R , Schultz L H . 1972b. Nicotinic acid loading of normal cows : Effects on blood metabolites and excretory forms. *J Dairy Sci.*, 55:1511 ~ 1513
- Waterman R , Schwalm J M , Schultz L H . 1972. Nicotinic acid treatment of bovine ketosis. I. Effects on circulatory metabolites and interrelationships. *J Dairy Sci.*, 55:1447 ~ 1453

Zimmerman C A ,Rakes A H , Daniel T E , Hopkins B A. 1992. Influence of dietary protein and supplemental niacin on lactational performance of cows fed normal and low fiber diets. *J Dairy Sci.*, 75: 1965 ~ 1978

## RECENT DEVELOPMENT OF NIACIN IN RUMINANT FEEDING

WANG Ju - hua ,CHENG Mao - ji ,LU De - xun

( Inner Mongolian Academy of Animal Science , Huhhot , 010030 , China)

### ABSTRACT

This paper reviews the development history of niacin , the composition , characteristic , metabolic pathway and source of niacin , the effect of diet and environment on niacin requirement of ruminants ,the effect of niacin on rumen fermentation ,the niacin absorption of ruminants ,the effect of niacin on metabolism and production of ruminants. It also discusses some aspects which needed further research.

**Key words:** niacin ; ruminant ; nutrient metabolism