

日粮添加烟酸对活体外瘤胃发酵和纤维降解的影响

赵芸君^{1,2} 孟庆翔^{1,2}

(1. 动物营养学国家重点实验室, 北京 100094; 2. 中国农业大学 动物科学技术学院/ 肉牛研究中心, 北京 100094)

摘要 采用体外产气量法,研究了在高水平玉米秸(70%)底物日粮中添加烟酸(0、3和9 μg/mL)对瘤胃发酵和纤维降解的影响。结果显示:日粮添加烟酸显著提高了72 h产气量、48 h总挥发酸的浓度、发酵液的羧甲基纤维素酶和木聚糖酶的活性以及72 h干物质、中性洗涤纤维的降解率($P < 0.05$),而对发酵液的潜在产气量、产气速度、pH、氨态氮浓度、各挥发酸摩尔比、原虫和细菌的数量以及微晶纤维素酶活、酸性洗涤纤维的降解率无显著影响($P > 0.05$)。随烟酸添加水平的增加,原虫的数量($P = 0.082$)、潜在产气量($P = 0.056$)、微晶纤维素酶活($P = 0.078$)和酸性洗涤纤维的降解率($P = 0.093$)均呈上升的趋势。添加烟酸3和9 μg/mL组的乙酸生成量分别提高5.33%、7.57%,丙酸生成量分别提高5.61%、7.74%,干物质降解率分别提高3.34%、3.37%,中性洗涤纤维降解率分别提高2.69%、2.76%,酸性洗涤纤维降解率分别提高了2.33%、2.41%。体外试验表明:在高水平玉米秸(70%)底物日粮中添加烟酸促进了纤维降解。

关键词 烟酸; 瘤胃发酵; 纤维降解

中图分类号 S 816.7

文章编号 1007-4333(2006)05-0046-05

文献标识码 A

Effects of niacin on rumen fermentation and fibre degradation in vitro

Zhao Yunjun^{1,2}, Meng Qingxiang^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Animal Nutrition, Beijing 100094, China; 2. College of Animal Science and Technology/ Beef Cattle Research Center, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract An in vitro study was conducted to study the effects of niacin addition to the dietary substrates on rumen fermentation and fibre degradation. The addition of niacin significantly increased total gas production, TVFA concentration, the activity of CMCase and Xylanase, and the degradation of DM and NDF ($P < 0.05$), while did not significantly effect on the total counts of protozoa and bacteria, the potential gas production, the rate of gas production, pH, the ammonia-N concentration, the molar percentage of VFA, the ratio of acetate to propionate, the activity of Avicelase, and the degradation of ADF ($P > 0.05$). The total counts of protozoa ($P = 0.082$), the potential gas production ($P = 0.056$), the activity of Avicelase ($P = 0.078$), and the degradation of ADF ($P = 0.093$) had an increasing tendency with the increase of niacin level. The current study suggested that the addition of niacin had beneficial effects on fibre degradation when the diet (fermentation substrate) contained higher corn stalk (70%).

Key words niacin; rumen fermentation; fibre degradation

反刍动物营养理论认为,瘤胃合成的烟酸能满足其营养需要。然而,随着近年来相关试验数据的发表和反刍动物生产性能的显著提高,有学者^[1,2]对这一理论提出质疑。研究表明,烟酸可促进纤维的降解^[3]。因此,研究烟酸对瘤胃发酵和纤维降解的影响对于从烟酸营养的角度进一步提高反刍动物对

粗饲料的利用率具有重要的理论和实际意义。

瘤胃中的烟酸主要由日粮在瘤胃消化过程中释放和瘤胃微生物合成提供。由于粗饲料玉米秸中烟酸含量很低,同时提高日粮纤维比例会降低瘤胃中烟酸的合成量^[4]。因此,当日粮中含高水平玉米秸(70%)时,瘤胃中烟酸的量相对较低。瘤胃微生物

收稿日期: 2006-04-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30270944)

作者简介: 赵芸君,博士研究生, E-mail: somebody_@163.com; 孟庆翔,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事反刍动物营养研究, E-mail: qxmeng@cau.edu.cn

在生长代谢过程中需要烟酸^[5],它有助于瘤胃微生物数量的增多^[6],同时瘤胃内植物细胞壁的降解是由细菌、原虫和真菌协同完成的^[7];因此,笔者推测当日粮中含较高比例玉米秸(70%)时,添加烟酸可能会促进纤维的降解。尽管国内外在反刍动物烟酸营养方面作了很多研究工作,但有关烟酸对纤维降解的报道还很少;因此,本试验旨在研究在高水平玉米秸(70%)底物日粮中添加烟酸对瘤胃发酵和纤维降解的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

风干玉米秸和玉米(购于天津静海县)用旋风式粉碎机粉碎,过1 mm筛备用。大豆浓缩蛋白购于北京大豆生化技术公司,烟酸(生化试剂)购于北京化学试剂公司。

1.2 试验动物、日粮和试验设计

4头安装有永久性瘤胃瘘管的荷斯坦阉公牛(平均体重450 kg)作为供体牛,每天分2次饲喂。饲料精料水平为30%,日饲喂混合精料(玉米63%,豆粕16%,豆皮19%,石粉0.9%,磷酸氢钙0.5%,食盐0.5%,预混料0.1%)3 kg,干玉米秸7 kg,自由饮水。瘤胃液采集前需预饲10 d。采用单因子三水平试验设计,3个处理组发酵底物日粮中烟酸添加水平分别为0、3和9 μg/mL。发酵底物日粮组成及营养水平见表1。

表1 发酵底物日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient level of substrate

日粮组成	质量分数/ %	营养水平	质量分数/ %
玉米粉	21.9	CP	13.0
大豆浓缩蛋白	8.1	NDF	45.6
玉米秸	70.0	ADF	34.7

注:表中数值均为干物质含量

1.3 体外培养

活体外产气量的测定按Menke等^[8]方法进行。培养72 h的发酵管用于计算产气量;培养24 h的发酵液用于细菌、原虫的计数;培养48 h的发酵液用于测定pH、挥发性脂肪酸(VFA)、氨态氮(NH₃-N)和纤维素酶(羧甲基纤维素酶、木聚糖酶和微晶纤维素酶)的活性。培养72 h的2批发酵管,用于计算和测定干物质(DM)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的降解率。

1.4 测定指标及方法

发酵底物测定指标包括DM、粗蛋白质(CP)、NDF和ADF^[9-10]。发酵液测定指标包括VFA^[11]、NH₃-N^[12]、纤维素酶活^[13]和细菌^[14]、原虫^[15]的计数。

1.5 统计分析

活体外产气量数据根据动态模型 $GP = B \times (1 - \exp^{-c \times t})$ 和采用SAS^[16]软件计算。其他指标采用SAS^[16]广义线性模型(GLM)进行单因子方差分析和显著性检验,多重比较采用Duncan法。

2 结果与讨论

2.1 日粮添加烟酸对产气动态参数、发酵参数影响

由图1和表2可知,日粮添加烟酸显著提高了72 h产气量、48 h总挥发酸的浓度($P < 0.05$),而对潜在产气量、产气速度、pH、NH₃-N质量浓度、各挥发酸摩尔分数无显著影响($P > 0.05$)。随烟酸添加水平的增加,潜在产气量($P = 0.056$)呈上升趋势。从表观值上看,随烟酸添加水平的增加,pH、NH₃-N均逐渐降低,而乙、丙酸摩尔比均逐渐增加。与0 μg/mL组相比,3和9 μg/mL组的72 h产气量分别提高了5.02%和6.78%,潜在产气量分别提高了4.60%和6.69%,乙酸生成量分别提高5.33%和7.57%,丙酸生成量分别提高5.61%和7.74%。

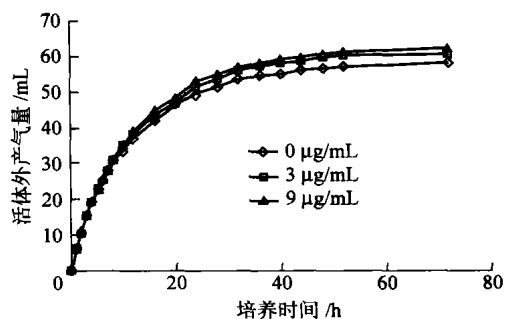


图1 日粮添加烟酸对活体外培养72 h动态产气量的影响

Fig. 1 Effects of addition of niacin on dynamic of gas produced for 72 h *in vitro*

本试验结果中日粮添加烟酸对pH的影响与Horner等^[17]的报道基本一致,而与Doreau^[18]不同。这可能与瘤胃内容物具有良好的缓冲能力、烟酸添加水平以及发酵底物不同有关。本试验结果中日粮添加烟酸对NH₃-N质量浓度的影响与陆治年^[19]报道基本一致,而与Horner报道的日粮添加烟酸有提高NH₃-N质量浓度趋势^[17]的结果不一致。这可能

与添加烟酸能提高 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的利用率^[20]有关。本试验结果表明,日粮添加烟酸提高了 TVFA 的浓度、丙酸和乙酸的生成量,此结果与 Nangia 的报道^[4]相同,而与 Doreau 等^[18]不同。原因可能与烟酸添加水平^[21]、对烟酸的适应性以及日粮等因素有关^[22]。同时本试验结果与 Piva 等^[23]报道的在高纤维底物

日粮中添加烟酸可促进乙酸浓度提高的结果相一致。由于乙酸是粗饲料的主要产物,因此乙酸生成量的增加可能暗示着日粮添加烟酸促进了纤维的降解。日粮添加烟酸增加了丙酸的生成量可能与原虫数量的增加有关。

表 2 日粮添加烟酸对产气动态和发酵参数、微生物数量、酶活及降解率的影响

Table 2 Effects of niacin on dynamic of gas produced, fermentation parameters, number of microorganism, activities of enzyme, degradation ratio *in vitro*

项 目	w(烟酸)/($\mu\text{g}/\text{mL}$)			SEM	P
	0	3	9		
产气动态参数					
72 h 产气量(DM)/(mL/0.2 g)	58.37 b	61.30 b	62.33 b	0.823	0.034
潜在产气量(DM)/(mL/0.2 g)	58.52	61.21	62.44	0.912	0.056
产气速度/h	0.060	0.061	0.062	0.001	0.298
发酵参数					
pH	6.62	6.59	6.58	0.02	0.319
$\text{NH}_3\text{-N}$ /(mg/dL)	10.97	10.45	10.40	0.40	0.573
总挥发酸/(mmol/L)	49.37 b	51.92 ab	52.91 a	0.80	0.048
乙酸摩尔分数/%	63.42	63.53	63.66	0.40	0.914
丙酸摩尔分数/%	20.93	21.01	21.03	0.19	0.910
丁酸摩尔分数/%	9.50	9.46	9.30	0.32	0.892
戊酸摩尔分数/%	1.93	1.84	1.86	0.07	0.643
异丁酸摩尔分数/%	1.42	1.43	1.41	0.10	0.931
异戊酸摩尔分数/%	2.81	2.73	2.74	0.10	0.839
乙酸/丙酸	3.03	3.02	3.03	0.03	0.828
微生物数量					
细菌数量/($\times 10^8$ 个/mL)	6.34	6.59	6.54	0.23	0.728
原虫数量/($\times 10^3$ 个/mL)	26.84	30.19	30.50	1.03	0.082
纤维素酶活/($\mu\text{mol}/(\text{mL}\cdot\text{min})$)					
羧甲基纤维素酶	90.30 b	103.18 a	106.63 a	3.37	0.031
木聚糖酶	56.96 b	64.08 b	65.73 a	1.98	0.043
微晶纤维素酶	67.78	73.41	74.64	1.82	0.078
降解率/%					
干物质(DM)	57.60 b	60.94 a	60.97 a	0.769	0.033
中性洗涤纤维(NDF)	38.70 b	41.39 a	41.46 a	0.607	0.030
酸性洗涤纤维(ADF)	32.33	34.66	34.74	0.719	0.093

注:同行相同字母者表差异不显著($P > 0.05$),不同者表差异显著($P < 0.05$);SEM为平均标准差。下同。

2.2 日粮添加烟酸对微生物数量、纤维素酶活及降解率的影响

1)由表2可知,日粮添加烟酸显著提高了发酵液中羧甲基纤维素酶、木聚糖酶的活性以及72 h日粮DM、NDF的降解率($P < 0.05$),而对发酵液中原

虫、细菌的数量以及微晶纤维素酶活、72 h ADF的降解率无显著影响($P > 0.05$)。随烟酸添加水平的增加,原虫数量($P = 0.082$)、微晶纤维素酶活($P = 0.078$)以及ADF的降解率($P = 0.093$)均呈上升趋势。与0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 组相比,3和9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 组的原虫数

量分别提高 12.5% 和 13.6%; 羧甲基纤维素酶活分别提高 12.5% 和 15.4%, 木聚糖酶活分别提高 14.3% 和 18.1%, 微晶纤维素酶活分别提高 8.31% 和 10.1%; DM 降解率分别提高 3.34% 和 3.37%, NDF 降解率分别提高 2.69% 和 2.76%, ADF 降解率分别提高 2.33% 和 2.41%。

2) 有研究表明, 瘤胃合成的烟酸能满足反刍动物的营养需要, 然而烟酸高于通常的营养水平可刺激瘤胃微生物的活力^[17]。日粮添加烟酸可提高瘤胃原虫的数量^[4, 18], 本试验结果与之相同。说明在高水平玉米秸(70%)日粮中添加烟酸提高了微生物的活力, 这可能与瘤胃原虫在生长代谢过程中需要烟酸有关。由于本试验供体牛饲喂日粮中含有高水平的玉米秸(70%), 因此瘤胃液中烟酸的含量相对较低; 同时由于发酵底物日粮中含高水平的玉米秸(70%), 因此在发酵过程瘤胃微生物合成烟酸的量也相对较低。这可能也是日粮添加烟酸提高了瘤胃原虫数量的原因。研究表明, 原虫对纤维降解具有重要意义。一方面, 体内外试验证明原虫可产生纤维素酶, 可直接参与植物细胞壁的降解^[24]。原虫存在可使瘤胃内纤维、有机物消化率提高^[25], 可以刺激纤维分解菌的活力^[26]。另一方面, 去除原虫可使日粮有机物、纤维素的消化率和瘤胃内羧甲基纤维素酶的活性降低^[27]。这些研究结果部分解释了本试验中添加烟酸提高了日粮 DM、NDF 和 ADF 的降解率。

本试验表明, 日粮添加烟酸提高了纤维素酶活和原虫的数量。Coleman^[28]报道, 大约 60% 的瘤胃纤维素酶活与原虫区系有关; 因此, 笔者推断本试验中纤维素酶活的提高可能与原虫数量的增多有关。由于本试验仅对细菌、原虫的数量进行了研究, 而未对与纤维降解相关的细菌、真菌的种类和数量进行研究, 所以还不能肯定纤维分解酶活性的提高主要缘于原虫数量的增多。研究表明, 日粮添加烟酸可提高纤维二糖酶和葡萄糖苷酶的活性^[29], 可提高干物质^[18, 23]、纤维和 NDF 的降解率^[17, 20]。本试验结果与上述报道基本一致。本试验结果中的日粮添加烟酸提高纤维素酶活与日粮添加烟酸促进 DM、NDF 即纤维的降解率相一致。

3) 目前, 关于烟酸对纤维降解的研究还很少且结果不一致。有学者认为, 其原因可能与发酵底物和烟酸添加水平有关。笔者认为体外试验结果的差异可能还与瘤胃液的烟酸本底浓度以及瘤胃微生物

的烟酸前营养状态有关。关于烟酸提高纤维降解率的确切机制尚未阐明, 有学者提出可能缘于烟酸可使分解半纤维素的细菌活力增强^[21]。由于烟酸参与碳水化合物、蛋白质和脂肪代谢, 这可能是日粮添加烟酸促进纤维降解的一个重要原因, 但具体机制还不清楚。由于瘤胃对纤维的降解是通过瘤胃微生物对纤维的附着、粘连、穿透等一系列作用, 然后通过分泌各种酶类将纤维的各组分加以水解等多种过程、因素共同作用的结果^[30]。同时瘤胃微生物的功能是多样的, 关系是复杂的, 因此烟酸促进纤维降解及其可能的机理有待通过体内试验进一步研究。

3 小结

体外试验表明, 在高水平玉米秸(70%)底物日粮中添加烟酸(3 和 9 $\mu\text{g}/\text{mL}$)促进了纤维的降解。

参 考 文 献

- [1] Girard C L. B-complex vitamins for dairy cows: a new approach[J]. *Can J Anim Sci*, 1998, 78: 71-90
- [2] Chiquette J, Girard C L, Matte J J. Effect of diet and folic acid addition on digestibility and ruminal fermentation in growing steers[J]. *J Anim Sci*, 1993, 71: 2793-2798
- [3] Nangia O P, Sharma R. Influence of niacin supplementation on rumen fermentation and microbial protein synthesis in buffaloes[J]. *Indian Vet J*, 1994, 71: 978-982
- [4] Lardinois C C, Mills R C, Elvehjem C A, et al. Rumen synthesis of the vitamin B complex as influenced by ration composition[J]. *J Dairy Sci*, 1944, 27: 579-583
- [5] Bentley O G, Latona A, De Paul P, et al. Factors affecting the digestibility of cellulose of poor quality hay [J]. *J Anim Sci*, 1951, 10: 1038-1043
- [6] Wasserman R H, Seeley H W, Loosli J K. The physiology and nutrition of a rumen lactobacillus[J]. *J Anim Sci*, 1953, 12: 935-939
- [7] 高巍, 孟庆翔. 瘤胃细菌、原虫和真菌降解植物细胞壁的相对贡献及其互作[J]. *中国农业大学学报*, 2003, 8(5): 98-104
- [8] Menke K H, Steingass H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid[J]. *Anim Res Dev*, 1988, 28: 7-55
- [9] 杨胜主编. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 19-22
- [10] Van Soest P, Robertson J J B, Lewis B A. Methods for

- dietary fiber neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. *J Dairy Sci*, 1991, 74:3583-3597
- [11] Erwin E S, Marco G J, Emery E M. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography[J]. *J Dairy Sci*, 1961, 44:1768-1771
- [12] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids isolation of rumen bacteria[J]. *Appl Microbiol*, 1980, 14:794-799
- [13] Wood T M, Mahalingeshwara K. Methods for measuring cellulase activities[J]. *Methods in Enzymology*, 1988, 160:87-130
- [14] 沈萍, 范秀容, 李广武. 微生物实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999:90-92
- [15] Williams A G, Coleman G S. The Rumen Protozoa[M]. New York: Springer-Verlag, 1992:14-41
- [16] SAS Institute. User's Guide: Statistics[M]. version 6 editions. Inc Cary N C: SAS Institute, 1996:17
- [17] Horner J L, Coppock C E, Moya J R, et al. Effects of whole cottonseed, niacin and nicotinamide on ruminal fermentation, protein digestibility, and nutrient digestibility[J]. *J Dairy Sci*, 1988, 71:1239-1247
- [18] Doreau M, Ottou J F. Influence of niacin supplementation on *in vivo* digestibility and ruminal digestion in dairy cows[J]. *J Dairy Sci*, 1996, 79:2247-2254
- [19] 陆治年. 烟酸对奶牛一些生理参数及生产性能的影响[J]. *中国动物营养学报*, 1991(2):34-40
- [20] Ottou J F, Doreau M. Influence of niacin on *in vitro* ruminal fermentation and microbial synthesis depending on dietary factors[J]. *Anim Feed Sci Technol*, 1996, 58:187-199
- [21] Horner J L, Windle L M, Coppock C E, et al. Effects of whole cottonseed, niacin and nicotinamide on *in vitro* fermentation and lactating Holstein cows[J]. *J Dairy Sci*, 1988, 71:3334-3344
- [22] Arambel M J, Bartley E E, Dennis S M, et al. Effect of toasted soybean meal with or without niacin on rumen fermentation, passage rate of duodenal digesta and digestibility of nutrients[J]. *Nutr Rep Int*, 1986, 34:1011-1020
- [23] Piva G, Litta G, Prandini A, et al. Effect of niacin and nicotinamide on ruminal fermentation[J]. *Zootecnicæ Nutrizione Animale*, 1987, 13(5):535-544
- [24] Dijkstra J, Tamminga S. Simulation of the effects of diets on the contribution of rumen protozoa to degradation of fibre in the rumen[J]. *Brit J Nutr*, 1995, 74:617-634
- [25] 高民. 瘤胃纤毛虫在反刍动物营养和代谢中作用的研究[J]. *内蒙古畜牧科学*, 1992, 2:23-26
- [26] Kurihara Y, Eadie J M, Hobson P N, et al. Relationship between bacteria and ciliate protozoa in the sheep rumen[J]. *J Gen Microbiol*, 1978, 51:267-272
- [27] Santra A, Karim S A. Influence of ciliate protozoa on biochemical changes and hydrolytic enzyme profile in the rumen ecosystem[J]. *Appl Microbiol*, 2002, 92(5):801-811
- [28] Coleman G S. The distribution of carboxymethylcellulase between fractions from the rumen of sheep containing no protozoa or one of five different protozoal populations[J]. *J Agric Sci Camb*, 1986, 106:121-127
- [29] Ghosh N R, Neelam Kewalramani, Harjit Kaur. Comparative efficacy of niacin vs nicotinamide on rumen fermentation in buffaloes fed straw based diets[J]. *Buffalo Journal*, 2003, 19(3):249-259
- [30] Weimer P J, Waghorn G C, Odt C L, et al. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows[J]. *J Dairy Sci*, 1999, 82:122-134