

# 不同饲养水平下西门塔尔杂交阉牛 瘤胃氮代谢特征研究\*

孙维斌<sup>1</sup>, 王加启<sup>2</sup>, 毛玉胜<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国农业科学院 畜牧研究所, 北京 100094)

**[摘 要]** 选用6头装有瘤胃、十二指肠、回肠瘘管的西门塔尔杂交阉牛, 对其在高、中、低3种饲养水平下的瘤胃氮代谢规律进行了研究。结果表明, 瘤胃氮的代谢随饲养水平的变化呈规律性变化趋势。在高饲养水平下, 瘤胃内平均氮浓度显著高于低、中饲养水平( $P < 0.01$ ); 瘤胃内降解氮(RDN)的利用效率与瘤胃氨氮质量浓度呈负相关关系, 在高、中、低3种饲养水平下, 瘤胃微生物对瘤胃降解氮的利用效率分别为 $(64 \pm 8)\%$ 、 $(52 \pm 16)\%$ 及 $(23 \pm 3)\%$ ; 不同饲养水平下, 十二指肠TN(总氮)、NAN(非氨氮)、EN(内源氮)流量达极显著差异( $P < 0.01$ ), 均以高饲养水平下最高; 在中等饲养水平下, 微生物氮(MN)的产量最高, 达 $(76.02 \pm 3.12) \text{ g/d}$ 。

**[关键词]** 饲养水平; 西门塔尔杂交阉牛; 瘤胃; 氮代谢; 微生物蛋白

**[中图分类号]** S823.5

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2004)07-0021-04

肉牛能利用低营养价值的粗饲料, 生产出营养丰富的牛肉产品。有研究<sup>[1]</sup>表明, 饲料中大约有50%的粗蛋白在瘤胃中消化, 同时也合成了对肉牛具有重要营养作用的微生物蛋白。随着对瘤胃发酵机理认识的深入, 各种以小肠可利用蛋白为基础的反刍动物蛋白营养新体系先后被提出, 如美国的降解和非降解体系<sup>[2,3]</sup>、法国的小肠可消化蛋白体系(PDI)<sup>[4]</sup>, 我国也提出了小肠可代谢蛋白体系<sup>[5]</sup>。其中美国NRC(1996)借鉴了康乃尔净碳水化合物和净蛋白体系(CNCPS)的最新研究成果<sup>[6]</sup>, 对反刍动物的瘤胃氮代谢进行了更为细致的动态模型化描述, 为进一步研究提高反刍动物蛋白质利用效率的营养调控措施, 节约饲料蛋白质资源提供了依据, 而这些体系的核心内容之一就是氮在瘤胃中的降解与瘤胃微生物蛋白合成代谢。

近年来, 随着我国肉牛饲养业的迅速发展, 在我国东北肉牛带和中原肉牛带出现了大面积的西门塔尔杂交肉牛群, 研究这些西杂牛的氮代谢规律, 并在当地的饲料资源条件下提出优化饲料配方, 已成为提高当地蛋白质饲料资源利用效率和降低饲养成本的重要途径之一。本研究以我国华北农区的常规

饲料为基础日粮, 探讨不同饲养水平下西门塔尔杂交阉牛的瘤胃氮代谢特征, 以期当地肉牛饲料配方的制定提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 试验动物及其管理 以6头体重约 $(400 \pm 24) \text{ kg}$ , 安装有瘤胃、十二指肠、回肠末端瘘管的西门塔尔杂交阉牛为试验动物。每日饲喂2次(8:00, 20:00), 专人护理。

1.1.2 试验日粮 根据NRC(1996)肉牛营养需要, 以棉饼、玉米等为原料, 按不同的饲养水平配制3种日粮(表1)。

1.1.3 试验安排 全部试验分为3期, 每期用6头瘘管牛进行试验; 每期试验预试期11d, 正试期5d, 在正试期采集各种试验样品。

### 1.2 方法

标记物 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 从预试期第1d开始投放, 每2h投放1次; 试验样品的采集方法参照文献[7]; 氨氮用 $\text{MgO}$ 法测定; RNA采用嘌呤氧化法测定; 数据处理采用二因子方差分析法。

\* [收稿日期] 2004-01-05

[基金项目] 国家“九五”科技攻关重中之重项目(96-003-04-09)

[作者简介] 孙维斌(1973-), 男, 陕西留坝人, 讲师, 博士, 主要从事养牛生产及生物技术与动物遗传育种研究。E-mail: wbsun@263.net

表 1 试验日粮组成及其营养指标

Table 1 Indredients and Nutritional parameters of diets

| 饲养水平<br>Feeding<br>levels | 日粮构成/% Dietary ingredients            |                               |                      |                       |             | 营养指标 Nutritional parameter                      |              |                  |                         |                         |                |      |      |                                |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------------------------|--------------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------|------|--------------------------------|
|                           | 氨化稻草<br>Ammonia-<br>ted rice<br>straw | 棉籽饼<br>Cotton<br>seed<br>meal | 玉米<br>Ground<br>corn | 添加剂<br>Addi-<br>tives | 合计<br>Total | 代谢能<br>浓度/<br>(MJ ·<br>kg <sup>-1</sup> )<br>ME | 粗蛋白/<br>% CP | 氮能比<br>CP/<br>ME | 中性<br>洗涤<br>纤维/%<br>NDF | 酸性<br>洗涤<br>纤维/%<br>ADF | 淀粉/%<br>Starch | Ca/% | P/%  | 日饲<br>喂量/kg<br>Dairy<br>intake |
| 低 Low                     | 45.80                                 | 15.27                         | 38.17                | 0.76*                 | 100.00      | 6.90                                            | 11.68        | 16.90            | 48.88                   | 27.43                   | 26.58          | 0.38 | 0.29 | 6.55                           |
| 中 Middle                  | 32.09                                 | 19.26                         | 47.50                | 1.15**                | 100.00      | 8.75                                            | 14.86        | 16.90            | 38.04                   | 22.93                   | 31.48          | 0.47 | 0.32 | 7.79                           |
| 高 High                    | 5.25                                  | 38.92                         | 55.29                | 0.54**                | 100.00      | 11.89                                           | 20.12        | 16.90            | 24.84                   | 11.73                   | 38.28          | 0.69 | 0.49 | 9.19                           |

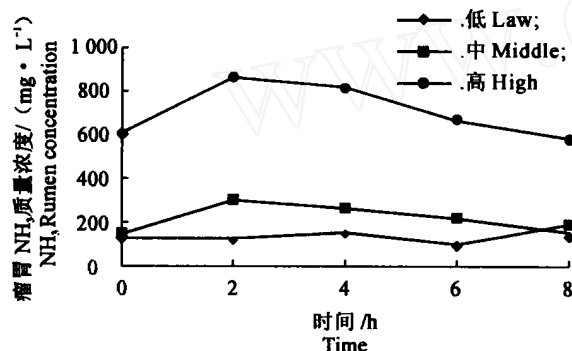
注: \* 含 0.64% 的添加剂和 0.51% 的食盐; \*\* 仅含添加剂, 食盐在饲喂时添加。

Note: \* Contains 0.64% of additives and 0.51% of sodium chloride; \*\* Only contains additives, 0.51% of sodium chloride was added at feeding

## 2 结果与分析

### 2.1 不同饲养水平下瘤胃液 NH<sub>3</sub> 浓度的变化规律

饲养水平对瘤胃液 NH<sub>3</sub> 浓度及其随时间的变化规律有明显的影响。如图 1 所示, 在低饲养水平下, 饲喂后 0~2 h 内瘤胃氨浓度几乎没有变化, 到饲喂后 4 h 时, 出现 1 个高峰, 此后又下降, 并在下一次饲喂前(8 h)达到最高水平, 总体上变化幅度较小; 而在中、高饲养水平下, 在饲喂后 0~2 h 内瘤胃氨浓度迅速上升, 到饲喂后 2 h 达到最高水平, 此后

图 1 饲喂后瘤胃液 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度的变化规律Fig. 1 Relationships between concentrations of rumen NH<sub>3</sub> and time

### 2.3 饲养水平对十二指肠内氮流量及组分的影响

不同饲养水平下, 十二指肠氮流量及其组分的测定结果表 2。从表 2 可以看出, 不同饲养水平间氮的摄入量达极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 且随饲养水平的提高而提高。在不同饲养水平下, 十二指肠总氮 (TN)、非氨氮 (NAN)、内源氮 (EN) 流量亦呈极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 也随着饲养水平提高而提高。而十二指肠食糜中的 NAN 含量在低、中饲养水平间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但二者均显著低于高饲养水平 ( $P < 0.01$ )。在低、中饲养水平下, 十二指肠中的 NH<sub>3</sub>-N 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 且均明显低于高饲养水平 ( $P < 0.01$ )。就微生物氮的产量与其

逐渐下降, 到下一次饲喂前降到最低。在低、中和高饲养水平下, 瘤胃平均氨质量浓度分别为 ( $137 \pm 34.6$ ), ( $217.0 \pm 70.5$ ) 和 ( $707.5 \pm 124.8$ ) mg/L, 高饲养水平下的瘤胃平均氨浓度显著高于低、中饲养水平 ( $P < 0.01$ )。

### 2.2 瘤胃氨浓度对瘤胃氮利用效率的影响

瘤胃氨浓度对瘤胃降解氮利用效率的影响如图 2 所示。由图 2 可知, 瘤胃内降解氮的利用效率与瘤胃氨浓度呈负相关关系, 即随着瘤胃内氨浓度的升高, 瘤胃微生物对瘤胃降解氮的利用效率降低。

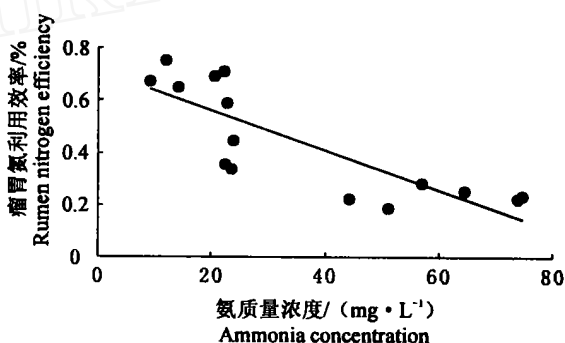


图 2 瘤胃氨质量浓度对瘤胃微生物氮利用效率的影响

Fig. 2 Effect of ruminal ammonia concentrate on rumen degradable nitrogen efficiency

占十二指肠 NAN 的比例而言, 低、高饲养水平间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 且均低于中等饲养水平 ( $P < 0.05$ )。

由表 3 可知, 饲养水平对瘤胃氮的表观消化率有一定影响, 在 3 种饲养水平下, 瘤胃氮的表观消化量和表观消化率差异显著 ( $P < 0.01$ ), 均随饲养水平的提高而增加。在低饲养水平下, 瘤胃氮表观消化量和表观消化率均为负值。不同饲养水平对瘤胃内微生物氮的产量和微生物氮对瘤胃降解氮的转化效率均有一定影响, 在中等饲养水平下, 微生物氮的产量最高, 为 ( $76.02 \pm 3.12$ ) g/d, 而低、中饲养水平下, 微生物氮对瘤胃降解氮转化效率的影响差异不

显著 ( $P > 0.05$ ), 但均高于高饲养水平 ( $P < 0.01$ )。

表 2 不同饲养水平下十二指肠氮流量及其组分

Table 2 Flux and compositions of nitrogen reaching duodenal of growing steer at different feeding levels

| 饲养水平<br>Feeding level | 氮摄入量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>N nitrogen intake | 十二指肠<br>TN 流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>N nitrogen flux in duodenum content | 十二指肠<br>食糜NAN<br>含量/<br>(g · g <sup>-1</sup> )<br>Non-ammonia nitrogen percentage in duodenum | 十二指肠<br>NAN<br>流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Non-ammonia nitrogen flux in duodenum content | 十二指肠<br>食糜NH <sub>3</sub> -N<br>含量/<br>(mg · g <sup>-1</sup> )<br>Non-ammonia nitrogen percentage in duodenum | 十二指肠<br>食糜NH <sub>3</sub> -N<br>流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Ammonia nitrogen flux in duodenum content | 十二指肠<br>EN 流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Endogenous nitrogen flux in duodenum content | MN 流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Microbial nitrogen flux | MN 占十二<br>指肠NAN<br>的比例/%<br>MN/NAN | 十二指肠<br>UDN 流量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Undegradable nitrogen flux in duodenum content | UDN 占<br>十二指肠<br>NAN<br>的比例/%<br>UDN/NAN |
|-----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 低Low                  | 147.07 ± 0.61 a                                      | 152.20 ± 0.70 a                                                                 | 2.78 ± 0.07 a                                                                                 | 147.26 ± 0.36 a                                                                               | 0.062 ± 0.009 9 a                                                                                             | 4.85 ± 0.18 a                                                                                              | 18.21 ± 0.08 a                                                                           | 33.62 ± 9.00 a                                              | 22.80 ± 6.00 a                     | 95.52 ± 9.03 a                                                                              | 64.82 ± 6.12 a                           |
| 中Middle               | 204.14 ± 5.95 b                                      | 166.04 ± 1.81 b                                                                 | 2.75 ± 0.02 a                                                                                 | 160.58 ± 1.26 b                                                                               | 0.064 ± 0.002 5 a                                                                                             | 5.45 ± 0.17 a                                                                                              | 14.98 ± 0.26 b                                                                           | 76.02 ± 3.12 a                                              | 47.00 ± 20.30 b                    | 69.59 ± 31.55 a                                                                             | 43.00 ± 20.15 a                          |
| 高High                 | 296.40 ± 4.20 c                                      | 216.86 ± 7.41 c                                                                 | 3.83 ± 0.22 b                                                                                 | 203.71 ± 0.64 c                                                                               | 0.177 ± 0.068 b                                                                                               | 13.94 ± 1.03 b                                                                                             | 18.98 ± 0.51 c                                                                           | 34.03 ± 6.05 a                                              | 16.80 ± 3.00 a                     | 149.92 ± 9.14 b                                                                             | 73.00 ± 3.12 b                           |

注: 相同字母者表示差异不显著, 不同字母者表示差异显著。

Note: In this table, means with same superscripts were not different significantly and means with different superscripts were different significantly

表 3 氮在瘤胃中的消化及微生物氮的合成

Table 3 Digestion of nitrogen and organic matter in rumen and microbial nitrogen synthesis

| 饲养水平<br>Feeding levels | 氮摄入量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>N nitrogen intake | 瘤胃氮的<br>表观消化量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>N nitrogen apparently digested in rumen | 瘤胃内氮<br>表观消化率/%<br>N nitrogen apparent digestibility in rumen | 瘤胃可降解<br>氮的摄入量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>RDN | RDN 占 N I 的<br>百分比/%<br>RDN/N I | MN 产量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Microbial nitrogen yield | MN 合成效率/<br>(g · g <sup>-1</sup> )<br>MN/RDN |
|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 低Low                   | 147.07 ± 2.62 a                                      | 10.197 ± 2.30 a                                                                     | 0.16 ± 1.56 a                                                 | 51.54 ± 8.68 a                                   | 35.00 ± 6.00 a                  | 33.62 ± 9.03 a                                               | 0.64 ± 0.08 a                                |
| 中Middle                | 204.14 ± 5.95 b                                      | 43.55 ± 7.17 b                                                                      | 21.24 ± 2.96 b                                                | 134.40 ± 27.04 b                                 | 66.00 ± 15.02 b                 | 76.02 ± 3.12 b                                               | 0.52 ± 0.16 a                                |
| 高High                  | 296.40 ± 4.20 c                                      | 93.48 ± 6.64 c                                                                      | 31.52 ± 1.96 c                                                | 146.49 ± 10.90 b                                 | 49.00 ± 3.20 c                  | 34.03 ± 6.05 a                                               | 0.23 ± 0.03 b                                |

注: 相同字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著。

Note: In this table, means with same superscripts were not different significantly and means with different superscripts were different significantly

3 讨 论

瘤胃液中的氨质量浓度是衡量瘤胃氮代谢最重要的指标之一, 适宜的氨质量浓度有利于微生物的生长, 瘤胃的最佳氨质量浓度为 3~290 mg/L, 瘤胃微生物对瘤胃降解氮的利用效率最大<sup>[8]</sup>。在本研究中, 低、中、高 3 种饲养水平下, 瘤胃平均氨质量浓度分别为 (137 ± 34.6), (217.0 ± 70.5) 和 (707.5 ± 124.8) mg/L, 而在 3 种饲养水平下, 瘤胃降解氮转化为微生物氮的效率分别为 (64 ± 8)%, (52 ± 16)%, (23 ± 3)%, 即随着瘤胃 NH<sub>3</sub> 质量浓度升高, 而瘤胃微生物对瘤胃降解氮的利用效率随之降低, 特别是在高饲养水平下, 瘤胃微生物对瘤胃降解氮的利用率仅有 23%。

Clark 等<sup>[9]</sup>报道, 蛋白质摄入量的增加能明显提高到达小肠的非氮氮量(NAN), 这是过瘤胃蛋白增加引起的。本研究结果表明, 随饲养水平的提高, 到达十二指肠的 TN, NAN, NH<sub>3</sub> 显著增加, 特别是在高饲养水平下, 瘤胃微生物蛋白产量与低饲养水平

相当, 但是在高饲养水平下进入十二指肠的 TN 和 NAN 量却显著高于低饲养水平, 这表明在高饲养水平下, 到达十二指肠的过瘤胃蛋白大大增加。此外, 在低、中饲养水平下, 十二指肠的 NAN 含量保持不变, 这与刘敏雄<sup>[8]</sup>的报道一致, 即在一定饲养条件下, 肉牛消化道有保持食糜中氮含量相对稳定的能力, 但在高饲养水平下, 有大量的过瘤胃蛋白进入十二指肠, 使得十二指肠 NAN 含量显著高于低、中饲养水平。

本研究还发现, 在低饲养水平下, 瘤胃氮的表观消化率为负值, 说明低饲养水平下有大量的内源循环尿素氮进入瘤胃。Titgemeyer 等<sup>[10]</sup>报道, 在一般饲养水平下, 到达十二指肠的氮为摄入氮的 70%~130%。十二指肠氮高于摄入氮, 这表明有氮的瘤胃再循环。随着饲养水平的提高, 十二指肠氮占摄入氮的比例下降, 本研究中, 3 种饲养水平下日粮粗蛋白含量分别为 11.68%, 14.86% 和 20.8%, 十二指肠氮占摄入氮的比例分别为 103%, 81% 和 73%, 也证实了这一点。这表明低饲养水平下, 通过尿素循环进

入瘤胃的内源氮量较大,使十二指肠的氮流量大于氮摄入量;而在较高的饲养水平下,瘤胃内氨氮吸收量大于尿素循环量,使饲料氮以氨氮的形式在瘤胃中被大量吸收,进而被肝脏合成尿素排出体外。

在我国的许多农区,大量使用棉饼用于肉牛的饲养,但是却没有一个合理的饲养配方,此时大量的

饲料蛋白在瘤胃降解后,以氨的形式被瘤胃壁吸收进入血液,经肝脏合成尿素后排出体外,这样大量浪费了蛋白质饲料资源。为此建议,在肉牛的饲养中,日粮粗蛋白的含量应保持在 14% 以下,以提高日粮蛋白质的利用效率。

### [参考文献]

- [1] 谢选武. 反刍动物饲料[M]. 成都: 四川科学出版社, 1989.
- [2] Burroughs W ise, Nelson D K, Mertens D R. Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard[J]. J Anim Sci, 1975, 41: 933- 944.
- [3] Burroughs W ise, Nelson D K, Mertens D R. Production efficiency in the high-production cow: Evaluation of protein nutrition by metabolizable protein and urea fermentation potential[J]. J Dairy Sci, 1974a, 58: 611.
- [4] Verite R, Jounet M, Jarrige R. A new system for the protein feeding of ruminants: The PD I System[J]. Livestock Prod Sci, 1979, 6: 349.
- [5] 孙维斌, 王加启, 毛玉胜, 等. 不同饲养水平下瘤胃微生物蛋白合成效率研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(6): 34-37.
- [6] NRC. Nutrient requirements of beef cattle (VII revised edition) [M]. Washington D C: National Academy Press, 1996.
- [7] 孙维斌. 阉牛对蛋白质的消化代谢及利用效率的研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 1999.
- [8] 刘敏雄. 反刍动物消化生理学[M]. 北京: 北京农业出版社, 1991.
- [9] Clark J H, Klumeyer T H, Cameron M R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1992, 75: 2304- 2323.
- [10] Titgemeyer E C. Design and interpretation of nutrient digestion studies[J]. J Anim Sci, 1997, 75: 2235- 2247.

## Ruminal nitrogen metabolism characteristics at different feeding levels

SUN Wei-bin<sup>1</sup>, WANG Jia-qi<sup>2</sup>, MAO Yu-sheng<sup>1</sup>

(1 College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Six crossbred steers (Simmental×Local yellow cattle) with cannulas in rumen, duodenum and terminal ileum were used for determining the effects of feeding levels on ruminal nitrogen metabolism characteristics. It was found that ruminal nitrogen metabolism showed regular changing trends. Ammonia concentrate in rumen liquid at high feeding level was significantly higher than that of Low, Middle feeding level ( $P < 0.01$ ). Conversion efficiency of ruminal degradable nitrogen to microbial nitrogen was negatively correlated with ruminal ammonia concentrate, and the conversion efficiency at three feeding levels was  $(64 \pm 8)\%$ ,  $(52 \pm 16)\%$  and  $(23 \pm 3)\%$ . Feeding levels had significant effects on total nitrogen, non-ammonia nitrogen and endogenous nitrogen flux in duodenum content ( $P < 0.01$ ), and those parameters of high feeding level were all the highest. Microbial nitrogen yield at middle feeding level was the highest, which was  $(76.02 \pm 3.12)$  g/d.

**Key words:** feeding levels; Simmental crossbred steer; rumen; nitrogen metabolism; microbial protein