

# 浅谈康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系 在西藏反刍动物中发展趋势

鲍宇红

(省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院草业科学研究所,西藏 拉萨 850000)

**摘 要:**绝大部分的饲料养分是碳水化合物和蛋白质,其在瘤胃内的代谢规律的精细化研究和营养价值的准确的评定,对反刍动物的精细化的饲养管理和发展具有非常重要的意义。目前,美国康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系 (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS) 在国际上受到十分的关注及应用,是粗饲料营养价值在反刍动物评定中的一种及其重要的方法。本文根据康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系 (CNCPS) 对西藏反刍动物的粗饲料进行了初步调研,为 CNCPS 体系在西藏的进一步发展趋势作一个浅谈。

**关键词:**反刍动物; CNCPS; 粗饲料; 营养价值; 西藏

**中图分类号:**S823.4      **文献标识码:**A

## Discussion on Development Trend of Ruminants in Tibet of Cornell Net Carbohydrate and Protein System

BAO Yu-hong

(State Key Laboratory of Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Grassland Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Science, Tibet Lhasa 850000, China)

**Abstract:** Most of the feed nutrients are carbohydrates and proteins, and the refined study of their metabolism in the rumen and the accurate evaluation of their nutritional value are of great significance to the refined feeding management and development of ruminants. At present, the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) in the United States has been paid much attention and applied internationally, and it is an important method for evaluating the nutritional value of roughage in ruminants. Based on the Cornell net carb protein system (CNCPS), this paper makes a preliminary investigation on the roughages of ruminants in Tibet and gives a brief discussion on the further development trend of CNCPS system in Tibet.

**Key words:** Ruminants; CNCPS; Roughage; Nutritional value; Tibet

从 20 世纪 90 年代至今,饲料营养价值的评定在反刍动物中主要集中在蛋白质和碳水化合物的组分含量上,且它们在瘤胃内的流通规律、瘤胃内降解以及到达后肠道的消化代谢研究等等。当前,饲料营养价值评定体系主要包括 Weende 体系<sup>[1]</sup>、Van Soest 体系<sup>[2]</sup>、康奈尔净碳水化合物和蛋白质体系 (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS)<sup>[3]</sup>和 NRC(2001)体系<sup>[4]</sup>。属于饲料的营养成分静态的研究体系是 Weende 和 Van Soest,而瘤

胃动态降解的特征在两个体系中均不能反映;在国内,评定反刍动物粗饲料营养价值时常用的一种方法是康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系 (CNCPS)<sup>[5-6]</sup>,这个体系将粗饲料的纤维及蛋白质成分进行了较为全面的分析;CNCPS 在 2001 年以前的先进理论和技术几乎被 NRC(2001)体系吸收了,不仅动物营养研究特色的物质需要量完全被 NRC 体系保留下来了,而且还对饲料营养价值和动物因素都做了较为详细的评定。

CNCPS 体系克服了 Weende 体系和 Van Soest 体系的缺点,根据蛋白质和碳水化合物降解速率 (Kd) 的不同,可以不断进行划分,并且不断地细分,且不同的划分组分的瘤胃动态降解的模型被建立,由此就会更加精确地评价饲料的营养价值。本文对

收稿日期:2020-04-23

基金项目:省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室自主课题项目(XZNKY-2019-C-007Z08)

作者简介:鲍宇红(1984-),女,副研究员,研究方向为反刍动物营养,E-mail:178943402@qq.com。

CNCPS 体系在西藏反刍动物粗饲料中的应用进一步的发展趋势进行了浅谈。

## 1 CNCPS 简述

CNCPS 体系 20 世纪 90 年代提出的全新反刍动物营养价值的评定体系—康奈尔净碳水化合物—净蛋白质体系 (Cornell net carbohydrate and protein system, CNCPS), 是经众多学者在不断的吸收其他已有体系优点的基础上, 综合前期反刍动物营养学的研究成果, 历时 15 年在美国康奈尔大学完成<sup>[7]</sup>。CNCPS 体系内容在过去几十年中, 也在连续不断增加<sup>[8-11]</sup>, 已成为目前国内外饲料评价最为合理的体系。CNCPS 是一个基于瘤胃微生物生长的规律、瘤胃的饲料消化和外流、瘤胃的功能以及动物生理模型的饲料营养价值的评价系统。CNCPS 的主要特点: 把饲料的化学分析和植物的细胞成分与反刍动物的消化利用有效的结合起来, 其分析结果更具有参考价值, 能够使反刍动物饲料配方的编制应用在计算机上, 为指导生产更有价值<sup>[12]</sup>。

## 2 CNCPS 的分类

饲料中蛋白质和碳水化合物是 CNCPS 体系的研究对象, 且典型代表是逐渐向模型化和数量化发展<sup>[13]</sup>。CNCPS 包括两大部分: 一是碳水化合物模型; 二是净蛋白质体系。CNCPS 在 2015 年有一个最新的版本, CNCPS6.5 将 CHO 分为 3 部分: CA、CB 和不消化纤维 (CC)<sup>[12]</sup>。CA 包括 4 种: ①CA1: 挥发性脂肪酸; ②CA2: 乳酸; ③CA3: 其他有机酸; ④CA4: 水溶性碳水化合物; CB 包括 3 种: ①CB1: 淀粉; ②CB2: 可溶性纤维; ③CB3: 可消化纤维。其中 CC 是酸性洗涤木质素 (ADL) 的 2.4 倍, CA、CB1 和 CB2 为非纤维性碳水化合物 (NFC), CB3 和 CC 为纤维性碳水化合物 (FC)。目前, 在反刍动物的营养体系中, 小肠可消化氨基酸流量的预测唯一采用析因法的是 CNCPS 体系, 该体系通过不同的溶剂溶解, 将饲料蛋白质分为 5 种组分 (A、B1、B2、B3 和 C), 这 5 个组分通过中性、酸性溶液洗涤以及三氯乙酸 (TCA) 方法沉淀, 从而得到分离。A 为中性洗涤溶解蛋白质, 是不能被三氯乙酸 (TCA) 沉淀的氮, 认为是非蛋白氮; B1 为中性洗涤溶解蛋白质, 且能被三氯酸 (TCA) 沉淀的氮; B2 是饲料粗蛋白质 (CP) 与 A、B1、B3、C 组分之差; B3 是中性洗涤不溶氮与 ADIN 之差 (即:  $A - C = B3$ ); C 是酸性洗涤不溶氮 (ADIN)。只有 B1、B2、B3、C 四组分可以过瘤胃, 小肠可消化氨基酸贡献在过瘤胃蛋白质的计算

中, 测定的过瘤胃蛋白质各组分的量, 乘以其氨基酸的构成和小肠消化率参数。

## 3 CNCPS 在国内外的研究进展

国内外很多学者在应用 CNCPS 体系评定饲料的营养价值时一致认为: 利用 CNCPS 体系分析方法不仅能够测定较多的指标, 而且能够比较全面地反映反刍动物对饲料的利用情况以及对饲料的营养价值进行更精确的评定<sup>[14]</sup>。包愈等<sup>[15]</sup>报道, 奶牛常用饲料康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系中含氮化合物组分含量与可利用氨基酸含量之间的关系得出的结论是: 根据 CNCPS 含氮化合物组分所建立的方程, 可以准确地预测奶牛饲料的 uAA、uLys、uMet 和 uLeu 含量。胡志勇等<sup>[16]</sup>基于康奈尔净碳水化合物与蛋白质体系的瘤胃非降解蛋白质小肠可吸收氨基酸流量的简化评定技术得出的结论是: 小肠可吸收氨基酸流量的简化模型在 RUP 体系中可以预测。潘晓花等<sup>[17]</sup>研究了反刍动物饲料碳水化合物和蛋白质组分划分及消化道代谢规律得出的结论, 并对蛋白质和碳水化合物在不同类型饲料中组分的差异性和含量的特性进行分析, 以及食糜流通速率 (Kp) 和瘤胃降解速率 (Kd) 的变化规律, 同时还比较了传统饲料养分划分与 CNCPS 体系的区别与联系。王玉婷等<sup>[18]</sup>对国内外反刍动物营养价值评定体系的综述得出结论: 我国资源丰富, 反刍动物饲料种类繁多, 应将饲料数据库尽快建立并得以完善, 应用蛋白质评定新的体系指导生产, 从而优化反刍动物的日粮结构, 促使向节粮型方向发展, 提高其蛋白质的利用率。兰贵生等<sup>[19]</sup>利用康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系与聚类分析技术评价油菜秸秆营养价值发现油菜秸秆中很多蛋白质和碳水化合物是不可利用的, 需要在反刍动物的饲料中添加饲料添加剂来增加其消化利用。陈丽妹等<sup>[20]</sup>应用康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系和 NRC 模型评价不同干酒糟及其可溶物的营养价值得出结论: 我国可以作为奶牛饲料的大麦 DDGS 和玉米 DDGS, 能够缓解我国饲料价格高涨以及蛋白质饲料紧张带来的影响。丁娜等<sup>[21]</sup>应用康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系和瘤胃降解特性比较糟渣类粗饲料的营养价值得出结论: 葡萄皮渣和醋糟的营养价值比酒糟的低, 酒糟可部分替代常规粗饲料, 并且能够在肉羊的日粮中添加。马占霞等<sup>[22]</sup>研究豆粕、双低菜粕及普通菜粕碳水化合物分子结构分析及营养价值显示: 从碳水化合物利用角度而言, 得出的结论是普通菜粕的饲用价值 < 双低菜粕的饲用价值 < 豆粕饲用价值。张晓

娟等<sup>[23]</sup>基于 CNCPS-S 模型对全混合日粮蛋白质在绵羊瘤胃内有效降解率的预测进行研究,绵羊瘤胃粗蛋白降解率在 CNCPS-S(康奈尔净碳水化合物和净蛋白质绵羊体系)中具有较好的预测能力。

## 4 西藏反刍动物粗饲料存在的问题与对策

### 4.1 饲养管理不当、饲料单一

饲养管理不当,基本依靠当地有限的饲草料资源:许多地区的农牧民在饲养牛羊时,缺乏科学的饲养管理知识及经验,为了将其饲料成本的降低,比较盲目,一味的根据自家的农作物作为饲料原料:青稞秸秆、玉米秸秆、青稞麸皮、油菜秸秆、土豆秧子等,一般农牧民都是直接饲喂给牛羊,很少经简单加工调制后再进行饲喂。配合饲料入户率及其的低,基本上是有什么吃什么,且粗饲料主要以秸秆和枯草为主,品质差,营养不全或是几乎没什么营养,只是为了塞肚子,从而使得牛羊的生长周期严重的加长,且上膘不容易,掉膘易,那么就要求农牧民根据自身的实际情况来合理的养殖。

### 4.2 超载放牧、草场退化、生态环境恶劣等矛盾突出

西藏有很大一部分地区的农牧民是以放牧为生的,虽然地广人稀,但是草地的承载压力也是很大的。由于西藏的特殊地理环境,属于高海拔地区,西藏平均海拔在 4000 m 以上,是世界上海拔最高的地方,素有“世界屋脊”、“地球第三极”之称,但是降水少且集中:年降水量在 66.3 ~ 894.5 mm,夜雨率高,季节性明显,高度集中在 5 ~ 9 月,占年降水量的 80 % ~ 95 %。加上草原鼠害,对草场的严重破坏,造成草场退化及其严重。那么牛羊养殖就面临天然草地载畜压力大、人工草地面积和产量有限等综合因素导致的饲草料匮乏等的问题,急需寻求一种方法,可以利用西藏特有的饲草料资源来缓解西藏畜牧业的压力。

## 5 CNCPS 在西藏反刍动物粗饲料中的研究进展及发展趋势

西藏拥有独特的地理地貌和丰富的物种资源,在这片雪域圣境里,藏族与大自然融为一体,休戚与共,造就生态文明,遵从自然规律,崇尚自然万象,和万千生灵和睦相处,在不断交替的历史进程中积淀着从容纯真的人类性格和寂静殊胜的文化底蕴。在西藏,藏民族主要以牦牛肉、绵羊肉为主要的肉食,如何保持好这个供需关系?就要从源头抓起,即从

反刍动物的粗饲料着手,而反刍动物的粗饲料主要有青稞秸秆、玉米秸秆、青稞麸皮、油菜秸秆、土豆秧子、高山嵩草、矮嵩草、苜蓿以及一些生长在高原上的小杂草。如何在这片神圣的土地上将这些粗饲料的营养价值得以更加充分的发挥出来?在未来的时间里,就需要科技人员不断的利用 CNCPS 体系对粗饲料进行反复的试验,找出反刍动物的各种粗饲料在瘤胃里的最佳消化时间及其最佳的利用率。

目前,通过文献的查阅,CNCPS 体系在西藏反刍动物粗饲料中的研究几乎很少,那么就要求根据国内外的一些研究报道,根据西藏自己的实际出发,利用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS)在西藏反刍动物的粗饲料(青稞秸秆、玉米秸秆、青稞麸皮、油菜秸秆、土豆秧子、高山嵩草、矮嵩草、苜蓿以及一些生长在高原上的小杂草)中评价其营养成分,并建立完整的饲料营养价值数据库,从而摸索出一套适合西藏反刍动物粗饲料营养价值的评定体系,具有很大的发展空间和前景,不仅能为 CNCPS 体系在西藏反刍动物粗饲料中的研究和发展提供一定的理论基础,而且还能够为西藏反刍动物的饲草料的合理应用提供理论基础。

### 参考文献:

- [1] MORRISON F. B. Feeds and feeding [M]. 22th ed. Clinton; Morrison-Publishing Co., 1956.
- [2] VAN SOEST P. J. ROBERTSON J. B., LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74 (10): 3583 - 3597.
- [3] FOX D. G., SNIFFEN C. J., O'CONNOR J. D., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. III. Cattle requirements and diet adequacy [J]. Journal of Animal Science, 1992, 70 (1): 3578 - 3596.
- [4] NRC. Nutrient requirements of dairy cattle [S]. 7th ed. Washington, D. C.: National Academy Press, 2001.
- [5] 吴端钦, 张爱忠, 姜宁, 等. 用 CNCPS 评定反刍动物几种常用精料营养价值的研究 [J]. 中国牛业科学, 2009, 35 (1): 9 - 12.
- [6] 曲永利, 吴健豪, 张永根. 用 CNCPS 体系评定黑龙江省西部地区奶牛饲料营养价值 [J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45 (11): 42 - 45.
- [7] SNIFFEN C., O'CONNOR J., VAN SOEST P., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability [J]. Journal of Animal Science, 1992, 70 (11): 3562 - 3577.
- [8] TYLUTKI T. P., FOX D. G., DURBAL V. M., et al. Cornell net carbohydrate and protein system: a model for precision feeding of dairy cattle [J]. Animal Feed Science and Technology, 2008, 143 (1/2/3/4): 174 - 202.
- [9] HIGGS R. J. Nitrogen use efficiency and sustainable nitrogen management in high producing dairy farms [D]. Ph. D. Thesis. New York: Cornell University, 2009: 1 - 18.

- [10] VANAMBURGH M E, CHASE L E, OVERTON T R, et al. Updates to the Cornell net carbohydrate and protein system v6.1 and implications for ration formulation [C]//Proceedings of the 72nd Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers. Syracuse, NY: Cornell University, 2010:144-159.
- [11] VAN AMBURGH M E, COLLAO-SAEENZ E A, HIGGS R J, et al. The Cornell net carbohydrate and protein system: updates to the model and evaluation of version 6.5[J]. Journal of Dairy Science, 2015, 98(9):6361-6380.
- [12] 卢德勋. 乳牛营养技术精要[C]. 华西希望集团 2001 年动物营养学术研讨会论文集, 2001.
- [13] 孟庆祥. 奶牛营养需要[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001.
- [14] 曲永利, 吴健豪, 李铁. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系评定东北农区奶牛饲料营养价值[J]. 动物营养学报, 2010, 22(1):201-206.
- [15] 包愈, 胡聪, 赵广永. 奶牛常用饲料康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系中含氮化合物组分含量与可利用氨基酸含量之间的关系[J]. 动物营养学报, 2016, 28(12):3935-3942.
- [16] 胡志勇, 陶鲲, 李延涛, 等. 基于康奈尔净碳水化合物与蛋白质体系的瘤胃非降解蛋白质小肠可吸收氨基酸流量的简化评定技术[J]. 动物营养学报, 2016, 28(11):3590-3601.
- [17] 潘晓花, 杨亮, 杨琴, 等. 反刍动物饲料碳水化合物和蛋白质组分划分及消化道代谢规律[J]. 动物营养学报, 2014, 26(5):1134-1144.
- [18] 王玉婷, 祁宏伟, 郎朝丽, 等. 国内外反刍动物蛋白质营养价值评定体系的综述[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(8):69-70.
- [19] 兰贵生, 王芳彬, 张智安, 等. 利用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系与聚类分析技术评价油菜秸秆营养价值[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4):1877-1886.
- [20] 陈丽妹, 葛孔福, 俞培强, 等. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系和 NRC 模型评价不同干酒糟及其可溶物的营养价值[J]. 动物营养学报, 2014, 26(2):541-548.
- [21] 丁娜, 郝小燕, 于胜晨, 等. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系和瘤胃降解特性比较糟渣类粗饲料的营养价值[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(5):82-88.
- [22] 马占霞, 田雨佳, 卢冬亚, 等. 豆粕、双低菜粕及普通菜粕碳水化合物分子结构分析及营养价值评价[J]. 中国畜牧杂志, 2020(2):1-11.
- [23] 张晓娟, 程曾, 高新梅, 等. 基于 CNCPS-S 模型对全混合日粮蛋白质在绵羊瘤胃内有效降解率的预测研究[J]. 饲料工业, 2020, 41(7):18-24.