

王宏博,郭 宪,褚 敏,等. 应用康奈尔净碳水化合物/蛋白质体系评价甜高粱、玉米秸秆的营养价值[J]. 江苏农业科学,2017,45(6):165-168.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.043

应用康奈尔净碳水化合物/蛋白质体系评价甜高粱、玉米秸秆的营养价值

王宏博,郭 宪,褚 敏,梁春年,裴 杰,阎 萍

(中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所/甘肃省牦牛繁育工程重点实验室,甘肃兰州 730050)

摘要:在甜高粱种植区分别采集拔节期、成熟期和青贮的样品 10 个,在玉米种植区分别采集成熟期玉米秸秆和青贮玉米秸秆样品 10 个,应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系中碳水化合物和含氮化合物的分类方法,测定粗饲料营养成分,计算其碳水化合物和蛋白质组分,并进行分类分析。结果表明,甜高粱、玉米秸秆的可溶性粗蛋白质主要是非蛋白氮,真蛋白质含量相对较少。从结构性碳水化合物的可利用性方面比较,青贮玉米秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆次之,成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆稍差,成熟期玉米秸秆质量最差。从非结构性碳水化合物的含量比较,成熟期甜高粱秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆次之,拔节期甜高粱秸秆稍差,青贮玉米秸秆最差。从真蛋白质含量及其可利用性方面比较,拔节期甜高粱秸秆质量最好,青贮玉米秸秆次之,青贮甜高粱稍差,成熟期甜高粱秸秆和成熟期玉米秸秆质量最差。甜高粱的收割时间以拔节期较为适宜。

关键词:康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系;甜高粱;玉米秸;营养价值

中图分类号: S816.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)06-0165-04

甜高粱(*Sorghum dochna*)是普通高粱(*S. bicolor*)的一个变种,除具有普通高粱的一般特征外,其茎秆富含糖分,营养价值高,是世界上生物学产量最高的作物之一^[1]。甜高粱具有很强的抗逆力,种植地域很广泛,热带、亚热带、温带均可种植,具有很强的适应性,作为家畜饲料具有明显优势^[2],既可做牧草放牧,又可刈割做青饲、青贮、干草。目前对于甜高粱的营养评价仅限于饲养试验,对其营养价值效果未做深入研究^[2]。20 世纪 90 年代,美国康奈尔大学的动物营养学者提出了康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(Cornell net carbohydrate and protein system, CNCPS),该体系是一个基于瘤胃降解特征的饲料评价体系,通过准确的化学分析方法对饲料组分含量进行分析,利用体外法等方法评价组分的瘤胃降解速

率,结合瘤胃微生物生长的机理模型、消化道流通速度模型、动物消化生理模型等,预测饲料组分的瘤胃降解量、过瘤胃量、瘤胃微生物产量、小肠可利用量等,该过程中还综合考虑了瘤胃氮缺乏以及 pH 值变化对瘤胃消化的影响,对饲料的生物学价值和动物生产性能进行了有效、准确的预测。CNCPS 在北美洲、欧洲、非洲的一些国家已经开始用于指导生产,并且取得了很好的效果。我国对 CNCPS 的应用研究始于 1999 年,经过十几年研究,在 CNCPS 饲料组分数据库、模型验证及改进方面取得了一定的研究进展^[3-8]。但是,应用 CNCPS 对甜高粱营养价值的研究尚未见报道。本研究根据 CNCPS 原理和方法对甜高粱和玉米秸秆的营养成分进行分析,进一步完善我国甜高粱饲料 CNCPS 数据库,旨在为 CNCPS 在我国畜牧养殖业中的推广应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 样品采集与制备

在甘肃省武威市民勤县分别在甜高粱拔节期、收割期采集甜高粱样品、玉米秸秆、玉米青贮各 10 个。

甜高粱、玉米秸秆样品采集方法:在甜高粱、玉米秸秆地

收稿日期:2016-01-06

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(编号:1610322015005);甘肃省科技支撑计划(编号:144NKCA240);甘肃省农业科技创新项目(编号:GNCX-2014-38)。

作者简介:王宏博(1977—),男,甘肃庄浪人,博士,副研究员,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: hongbo610@163.com。

通信作者:阎 萍,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: pingyan@sohu.com。

[5] 黄玉瑶,陈锦萍. 铜离子对鳗鲡幼鱼的急性毒性[J]. 中国环境科学,1992,12(4):255-260.

[6] 陈锡涛. 镉对花鲢仔鱼,鱼苗和鱼种的急性毒性及其安全浓度的评价[J]. 环境科学与技术,1991(4):5-8.

[7] 周辉明,吴志强,袁乐洋,等. 三种重金属对鲤鱼幼鱼的毒性和积累[J]. 南昌大学学报:理科版,2005,29(3):292-295.

[8] 刘 伟,吴孝兵,赵 娟. 重金属 Cu²⁺ 对锦鲤和日本沼虾的急性毒性研究[J]. 资源开发与市场,2008,24(10):868-870.

[9] 常藕琴,石存斌,潘厚军,等. 剑尾鱼硫酸铜急性中毒的病理学研

究[J]. 动物医学进展,2005,26(7):82-85.

[10] 王 利,汪开毓. 铜对鲤鱼损伤的超微结构病理学观察[J]. 黑龙江畜牧兽医,2009(5):89-90.

[11] 徐永江. 几种重金属离子对半滑舌鳎生理生态学影响的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2005.

[12] 徐立红,张雨元,陈宜瑜. 分子生态毒理学研究进展及其在水环境保护中的意义[J]. 水生生物学报,1995,19(2):171-185.

[13] 唐学玺,张培玉. 葱对黑鳃超氧化物歧化酶的影响[J]. 水产学报,2000,24(3):217-220.

按对角线法分别随机采取 10 个有代表性的样方,每个样方 1 m^2 ,刈割留茬 4 cm,再随机选择 10 株,切成长 1 cm 左右,混匀。青贮甜高粱和玉米秸秆采集方法:分层采样、分层设点,分层高度 20~30 cm,各层设中心、四角共 10 个采样点。

将采集的初级样品铡成 2~3 cm,混匀,按四分法取得次级样品。将次级样品风干,粉碎,过 1 mm 筛,混匀,取分析样品,贮存于样品瓶备用。

1.2 测定指标及方法

粗饲料样品干物质(dry matter, DM)、粗灰分(ASH)、粗蛋白质(crude protein, CP)、粗脂肪(ether extract, EE)的测定按照 AOAC 方法^[9]进行。中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)、酸性洗涤木质素(acid detergent lignin, ADL)、中性洗涤不溶蛋白质(neutral detergent insoluble protein, NDIP)、酸性洗涤不溶蛋白质(acid detergent insoluble protein, ADIP)的分析按照 van Soest 等的方法^[10]进行;可溶性粗蛋白质(soluble crude protein, SOLP)按照 Krishnamoorthy 等的方法^[11]测定,非蛋白氮(nitrogen, NPN)、淀粉(STARCH)分析按照 AACC 方法^[12]进行。

1.3 CNCPS 对蛋白质组分的剖分与计算

CNCPS 将饲料的营养成分分析与植物细胞的成分以及反刍动物的消化特性结合起来,使分析结果更具有参考意义。与其他体系相比,CNCPS 考虑了饲料的降解特性等因素,反映了当前国际上动物营养学发展的新方向。在 CNCPS 蛋白质剖分体系中,饲料蛋白质分为非蛋白氮、真蛋白质(true protein)、不可降解氮(undegradable nitrogen)3 个组分,分别用 PA、PB、PC 表示;在瘤胃降解率的基础上,PB 又可进一步划分为 PB₁、PB₂、PB₃ 3 个亚组分,PB₁ 是快速降解真蛋白质,PB₂ 是中速降解真蛋白质,PB₃ 是慢速降解真蛋白质。

根据 Sniffen 等的方法^[13]进行计算。

$$PA(\%CP) = NPN(\%SOLP) \times 0.01 \times SOLP(\%CP);$$

$$PB_1(\%CP) = SCP(\%CP) - PA(\%CP);$$

$$PC(\%CP) = ADIP(\%CP);$$

$$PB_3(\%CP) = NDIP(\%CP) - ADIP(\%CP);$$

$$PB_2(\%CP) = 100 - PA(\%CP) - PB_1(\%CP) - PB_3(\%CP) - PC(\%CP)。$$

1.4 CNCPS 对碳水化合物(CHO)组分的剖分与计算

CNCPS 将碳水化合物分为 4 个组分,快速降解碳水化合物(rapidly fermented carbohydrate,主要为糖类)、中速降解碳水化合物(intermediately degraded carbohydrate,主要为淀粉、果胶)、缓慢降解碳水化合物(slowly degraded carbohydrate,主要为可消化纤维素)、不可利用碳水化合物(unavailable carbohydrate,主要为细胞壁),分别用 CA、CB₁、CB₂、CC 表示。

根据 Sniffen 等的方法^[13]进行计算。

$$CHO(\%DM) = 100 - CP(\%DM) - FAT(\%DM) - ASH(\%DM)。$$

$$CC(\%CHO) = 100 \times NDF(\%DM) \times 0.01 \times LIGNIN(\%NDF\% \times 2.4) / CHO(\%DM)。$$

$$CB_2(\%CHO) = 100 \times [(NDF(\%DM) - NDIP(\%CP) \times 0.01 \times CP(\%DM) - NDF(\%DM) \times 0.01 \times LIGNIN(\%NDF\% \times 2.4)] / CHO(\%DM)。$$

$$CNCPS(\%CHO) = 100 - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO)。$$

$$CB_1(\%CHO) = [STARCH(\%NSC) \times 100 - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO)] / 100。$$

$$CA(\%CHO) = [100 - STARCH(\%NSC)] \times [100 - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO)] / 100。$$

1.5 数据处理与分析

采用 Excel 2003 软件初步整理试验数据,采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 甜高粱及玉米秸秆营养水平特点

由表 1 可知,不同生长期甜高粱秸秆与玉米秸秆的粗蛋白质、粗灰分、酸性洗涤木质素、中性洗涤不溶蛋白质、酸性洗涤不溶蛋白质、可溶性粗蛋白质、非蛋白氮存在较大差异。其中,拔节期甜高粱秸秆的粗蛋白质含量最高,为 15.49%,极显著高于成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱、成熟期玉米秸秆、青贮玉米秸秆($P < 0.01$)。拔节期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和青贮玉米秸秆的粗灰分显著高于成熟期甜高粱秸秆($P < 0.05$)。成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆的酸性洗涤木质素含量显著高于青贮甜高粱和青贮玉米秸秆($P < 0.05$)。成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和成熟期玉米秸秆的中性洗涤不溶蛋白质含量极显著高于拔节期甜高粱和青贮玉米秸秆($P < 0.01$)。成熟期甜高粱、成熟期玉米秸秆的酸性洗涤不溶蛋白质含量极显著高于拔节期甜高粱秸秆、青贮甜高粱($P < 0.01$)。拔节期甜高粱秸秆和青贮玉米秸秆的可溶性粗蛋白质含量极显著高于成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和成熟期玉米秸秆($P < 0.01$)。青贮玉米秸秆非蛋白氮含量显著高于拔节期甜高粱秸秆和青贮甜高粱($P < 0.05$)。

2.2 CNCPS 评定被测饲料碳水化合物组分特点

由表 2 可知,成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和成熟期玉米秸秆碳水化合物含量极显著高于拔节期甜高粱秸秆($P < 0.01$),青贮玉米秸秆碳水化合物含量显著高于拔节期甜高粱秸秆($P < 0.05$)。成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和成熟期玉米秸秆非结构性碳水化合物含量极显著高于拔节期甜高粱秸秆和青贮玉米秸秆($P < 0.01$)。成熟期玉米秸秆缓慢降解碳水化合物含量显著低于成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆、青贮甜高粱、青贮玉米秸秆($P < 0.05$)。拔节期甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆不可利用碳水化合物含量极显著地高于青贮玉米秸秆($P < 0.01$),显著高于成熟期甜高粱秸秆和青贮甜高粱含量($P < 0.05$)。成熟期玉米秸秆淀粉和果胶含量显著高于成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和青贮玉米秸秆($P < 0.05$)。成熟期甜高粱秸秆和青贮甜高粱糖类含量显著高于拔节期甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆和青贮玉米秸秆($P < 0.05$)。

从结构性碳水化合物的可利用性方面比较,青贮玉米秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆次之,成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆稍差,成熟期玉米秸秆质量最差。

从非结构性碳水化合物含量方面比较,成熟期甜高粱秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆次之,拔节期

表 1 不同生长期甜高粱秸秆与玉米秸秆的营养水平

项目	干物质含量 (%)	粗蛋白质含量 (%)	粗脂肪含量 (%)	粗灰分含量 (%)	中性洗涤纤维含量 (%)	酸性洗涤纤维含量 (%)
成熟期甜高粱秸秆	94.11 ± 0.56	5.36 ± 1.68B	0.68 ± 0.17	6.85 ± 1.22b	65.92 ± 3.49	41.49 ± 3.72
拔节期甜高粱秸秆	94.43 ± 0.64	15.49 ± 2.82A	0.60 ± 0.23	9.66 ± 0.83a	64.44 ± 2.32	41.40 ± 3.20
青贮甜高粱	95.40 ± 1.52	5.07 ± 1.21B	0.76 ± 0.32	9.34 ± 0.75a	66.25 ± 2.89	47.74 ± 3.12
成熟期玉米秸秆	94.60 ± 1.41	7.37 ± 2.27B	0.93 ± 0.47	8.11 ± 0.25ab	67.59 ± 9.21	41.75 ± 3.53
青贮玉米秸秆	93.62 ± 1.32	6.74 ± 2.02B	1.84 ± 0.56	10.61 ± 0.95a	69.18 ± 7.21	41.01 ± 3.23

项目	酸性洗剂木质素含量 (%)	淀粉含量 (%)	中性洗涤不溶蛋白质含量 (%)	酸性洗涤不溶蛋白质含量 (%)	可溶性粗蛋白质含量 (%)	非蛋白氮含量 (%)
成熟期甜高粱秸秆	10.78 ± 2.14a	1.92 ± 0.94	41.99 ± 11.70A	21.60 ± 6.55A	29.40 ± 13.51B	81.33 ± 18.99ab
拔节期甜高粱秸秆	12.56 ± 5.34a	1.21 ± 0.51	19.88 ± 5.10B	6.91 ± 2.33B	75.86 ± 6.81A	70.79 ± 10.57b
青贮甜高粱	9.35 ± 0.69b	2.21 ± 0.32	55.79 ± 4.56A	15.50 ± 2.32AB	26.65 ± 3.65B	78.31 ± 16.54b
成熟期玉米秸秆	15.88 ± 0.54a	4.92 ± 1.92	66.64 ± 15.72A	20.50 ± 0.02A	36.86 ± 9.80B	81.56 ± 14.80ab
青贮玉米秸秆	4.95 ± 0.68b	2.69 ± 0.45	11.13 ± 4.65B	6.91 ± 1.21B	60.71 ± 5.68A	90.02 ± 14.65a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

表 2 甜高粱秸秆和玉米秸秆 CNCPS 碳水化合物组分

项目	碳水化合物 (%)	非结构性碳水化合物 (%)	缓慢降解碳水化合物 (%)	不可利用碳水化合物 (%)	淀粉和果胶 (%)	糖类 (%)
成熟期甜高粱秸秆	87.11 ± 0.86aA	26.85 ± 4.04A	41.49 ± 7.14a	29.66 ± 5.72bAB	4.78 ± 1.91b	25.04 ± 4.53a
拔节期甜高粱秸秆	74.25 ± 3.62bB	17.18 ± 1.17B	42.41 ± 17.15a	40.40 ± 16.82aA	5.74 ± 2.38b	16.03 ± 0.69b
青贮甜高粱	84.83 ± 3.21aA	25.24 ± 3.58A	48.30 ± 13.42a	26.45 ± 4.32bAB	7.61 ± 2.31b	23.13 ± 4.35a
成熟期玉米秸秆	83.60 ± 2.98aA	25.76 ± 13.33A	28.60 ± 16.50b	45.65 ± 3.17aA	18.02 ± 2.79a	12.12 ± 1.15b
青贮玉米秸秆	80.65 ± 0.89aAB	16.89 ± 3.56B	68.94 ± 3.56a	14.13 ± 0.49bB	4.01 ± 0.33b	12.89 ± 3.75b

甜高粱秸秆稍差,青贮玉米秸秆最差。

2.3 CNCPS 评定被测饲料蛋白质组分特点

由表 3 可知,拔节期甜高粱秸秆和青贮玉米秸秆非蛋白氮含量极显著高于成熟期甜高粱秸秆、青贮甜高粱和成熟期玉米秸秆($P<0.01$)。成熟期玉米秸秆快速降解真蛋白质含量极显著高于成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱、青贮甜高粱和青贮玉米秸秆($P<0.01$),拔节期甜高粱秸秆快速降解真蛋白质含量显著高于成熟期甜高粱秸秆($P<0.05$)。成熟期

玉米秸秆和青贮玉米秸秆中速降解真蛋白质含量极显著高于拔节期甜高粱秸秆($P<0.01$)。成熟期玉米秸秆和青贮甜高粱慢速降解真蛋白质含量极显著高于青贮玉米秸秆($P<0.01$),显著高于成熟期甜高粱秸秆和拔节期甜高粱秸秆($P<0.05$)。成熟期甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆不可降解氮含量极显著高于拔节期甜高粱秸秆和青贮玉米秸秆($P<0.01$)。

表 3 甜高粱秸秆和玉米秸秆蛋白质组分

项目	非蛋白氮 (%)	快速降解真蛋白质 (%)	中速降解真蛋白质 (%)	慢速降解真蛋白质 (%)	不可降解氮 (%)
成熟期甜高粱秸秆	31.79 ± 5.91B	13.73 ± 5.24bB	12.49 ± 6.23bAB	20.38 ± 8.79bAB	21.60 ± 6.55aA
拔节期甜高粱秸秆	54.65 ± 3.14A	21.22 ± 3.67aAB	4.26 ± 1.76bB	12.96 ± 3.04bAB	6.91 ± 2.33bB
青贮甜高粱	30.58 ± 4.97B	8.47 ± 3.21bB	22.11 ± 5.64bAB	40.29 ± 9.87aA	15.50 ± 5.41bAB
成熟期玉米秸秆	29.27 ± 12.76B	37.17 ± 4.73aA	33.08 ± 9.69aA	46.15 ± 10.65aA	20.50 ± 0.02aA
青贮玉米秸秆	49.37 ± 4.89A	4.78 ± 0.54bB	30.27 ± 4.11aA	7.23 ± 3.05bB	8.35 ± 1.64bB

从真蛋白质含量及其可利用性方面比较,拔节期甜高粱秸秆质量最好,青贮玉米秸秆次之,青贮甜高粱稍差,成熟期甜高粱秸秆和成熟期玉米秸秆质量最差。

3 讨论

CNCPS 以反刍动物消化生理特点为基础,能客观、真实地反映出饲料在反刍动物体内的消化利用情况。饲料营养价值的评定,不仅要依据其营养物质含量,还要考虑其可消化程度,因为各种饲料原料所含营养物质能被动物机体消化吸收

的程度不同。饲料的可利用程度与动物的生产性能之间存在高度相关性。CNCPS 对同一种饲料样品的碳水化合物组分、蛋白质组分优劣顺序分别进行评定,可以针对实际生产需要,选择饲喂不同的饲料样品,提高饲料的利用价值。

3.1 被测饲料的碳水化合物(CHO)组分特点

在此体系中,碳水化合物分为结构性碳水化合物(SC)及非结构性碳水化合物(NSC);同时瘤胃微生物分为降解结构性碳水化合物的微生物、降解非结构性碳水化合物的微生物,前者的氮源提供者是氨,后者的氮源提供者是肽、氨基酸、氨。

依据上述 2 种碳水化合物在瘤胃中的降解特性,将非结构性碳水化合物划分为快速降解糖类、中速降解淀粉和果胶,将结构性碳水化合物划分为慢速降解可利用纤维、不可利用纤维素。瘤胃微生物可有效发酵结构性碳水化合物,发酵产生的挥发性脂肪酸是反刍动物主要的能量来源。挥发性脂肪酸是反刍动物体内合成乳酸、葡萄糖等的前体物,也是合成菌体蛋白所需碳架来源。结构性碳水化合物在瘤胃内降解速度慢,可吸附酸,在一定程度上可减少酸中毒。

本研究中,被测饲料的 CHO 含量为 74.25% ~ 87.11%,说明甜高粱和玉米秸秆是以提供 CHO 为主的粗饲料。尤其是当甜高粱和玉米秸秆成熟后,CHO 含量较高(80% 以上),但其中 NSC、CC 含量也较高。与成熟期玉米秸秆相比,成熟期甜高粱含有较高的 NSC,而玉米秸秆青贮处理后,其 NSC 含量有所下降,但甜高粱(青贮前 26.85%)青贮处理前后其变化不大(青贮后 25.24%)。甜高粱和玉米秸秆成熟期时 CC 含量均较高(分别为 29.66%、45.65%),且成熟期玉米秸秆 CC 含量高于甜高粱,说明未经青贮处理的成熟期甜高粱秸秆的利用价值较高,而经过青贮处理后,甜高粱 CC 含量下降,玉米秸秆的 CC 含量也下降,说明青贮处理可很好地提高玉米秸秆的利用价值。成熟期甜高粱的 CA 含量显著高于成熟期玉米秸秆,CC 含量显著低于玉米秸秆,说明成熟期甜高粱秸秆 CHO 在瘤胃中降解速度较快,利用率较高。其营养价值由高到底依次为青贮玉米秸秆、青贮甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆、成熟期甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆。

3.2 被测饲料的蛋白质组分特点

CNCPS 结合反刍动物对饲料蛋白质的消化生理特点,将其划分为 5 部分:PA 即非蛋白氮,可在瘤胃中快速降解,参与瘤胃微生物蛋白质的合成,补充蛋白质;PB₁ 即真蛋白质在瘤胃中可快速降解的部分;PB₂ 即真蛋白质在反刍动物机体中速降解部分;PB₃ 即真蛋白质在反刍动物机体慢速降解部分;PC 是不能被反刍动物消化吸收的那部分蛋白质。反刍动物可有效利用 PA,以节约饲料蛋白质,非反刍动物对 PA 利用率较低。PC 不能被动物机体消化吸收,其在动物饲料中的含量不能高于 10%。

拔节期甜高粱的 CP 含量不仅较高,而且 PC 含量比例较低,说明拔节期甜高粱 CP 消化率、利用率较高,品质较好。甜高粱和玉米秸秆可溶性粗蛋白质中非蛋白氮含量都很高,都大于 70%,说明甜高粱秸秆和玉米秸秆可溶性粗蛋白质大部分为非蛋白氮,真蛋白质较少,这与李建云等报道的粗饲料的可溶性粗蛋白质主要是非蛋白氮结果^[14]一致。

拔节期甜高粱 PA 含量最高,达 54.65%,青贮甜高粱 PB₁ 含量最低,说明青贮处理后,CP 中 NPN 比例有所提高,可溶性真蛋白含量减少。目前甜高粱的青贮处理主要在其成熟后进行,与甜高粱秸秆相比,青贮甜高粱的 PA 含量虽有所下降,但下降幅度不太明显,其主要原因是甜高粱在青贮前,在田间收割期间就已进行了粉碎,然后直接进行青贮,甜高粱未经晾晒、萎缩所致。玉米秸秆与青贮玉米秸秆比较,青贮玉米秸秆的 PA 含量显著增加,PC 含量显著减少,其主要原因是玉米秸秆在收割后,快速晾干和调制使其 pH 值迅速下降,从而减缓了蛋白质的降解并减少了真蛋白质向 NPN 的转化。这是玉米秸秆 PA 含量低于青贮玉米秸秆的原因。

4 结论

本研究结果表明,甜高粱和玉米秸秆的可溶性粗蛋白主要是 NPN,真蛋白质含量相对较少。从结构性碳水化合物的可利用性方面比较,青贮玉米秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆次之,成熟期甜高粱秸秆、拔节期甜高粱秸秆稍差,成熟期玉米秸秆质量最差。从非结构性碳水化合物的含量方面比较,成熟期甜高粱秸秆质量最好,青贮甜高粱秸秆、成熟期玉米秸秆次之,拔节期甜高粱秸秆稍差,青贮玉米秸秆最差。

从真蛋白质含量及其可利用性方面比较,拔节期甜高粱秸秆质量最好,青贮玉米秸秆次之,青贮甜高粱稍差,成熟期甜高粱秸秆和成熟期玉米秸秆质量最差,因此甜高粱的收割时间以拔节期较为适宜。

CNCPS 测定指标较多,可在一定程度上反映动物对饲料利用的情况,对饲料营养价值的评价更为准确。

参考文献:

- [1] 刘洁. 豆秸、饲用甜高粱饲喂绵羊效果研究[D]. 保定:河北农业大学,2009.
- [2] 陈树宾,王友德,郭义成. 能饲兼用作物甜高粱生物学特性及栽培技术[J]. 农业科技通讯,2009(3):115-116.
- [3] 王琨. 利用 DVE/OEB, CNCPS 和 NRC 评定饲料营养价值的比较研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [4] 李晓燕. 应用 NRC 和 CNCPS 体系评定陕北白绒山羊饲料营养价值的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [5] 李燕鹏. 用 CNCPS 评定反刍动物饲料营养价值[D]. 南宁:广西大学,2008.
- [6] 赵广永, Christensen D A, McKinnon J J. 用净碳水化合物—蛋白质体系评定反刍动物饲料营养价值[J]. 中国农业大学学报, 1999(增刊):71-76.
- [7] 周俊华, 邹彩霞, 梁贤威, 等. 应用康奈尔净碳水化合物—蛋白质体系评定水牛常用粗饲料的营养价值[J]. 动物营养学报, 2011, 23(12):2190-2197.
- [8] 杜晋平. 基于 CNCPS 模型的肉牛饲料碳水化合物组分的消化及采食量与日增重预测评估[D]. 北京:中国农业大学,2009.
- [9] William H, George W L. Official methods of analysis of AOAC International [M]. Washington D C: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- [10] van Soest P J, Sniffen C J, Mfrtens D R, et al. A net protein system for cattle: the rumen submodel for nitrogen [C]. Stillwater: Oklahoma State University, 1981:265.
- [11] Krishnamoorthy U C, Sniffen C J, Stern M D, et al. Evaluation of mathematical of digestion and an *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs [J]. British Journal of Nutrition, 1983, 50(3):555-565.
- [12] AACC. Approved methods of the AACC [M]. Saint Paul: American Association of Cereal Chemistry, 1976.
- [13] Sniffen C J, Cyconnor J D, van Soest P J, 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.
- [14] 李建云, 柴贵宾, 朱晓萍, 等. 辽宁绒山羊常用饲料营养价值评定[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(7):38-42.