

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201702035

桑叶与蚕沙作为畜禽饲料的营养价值评定*

亏开兴^{1,2#}, 李乔仙^{1#}, 吴文荣¹, 杨凯¹, 胡映开², 高月娥^{1,2},
刘彦培^{1,2}, 金显栋¹, 黄必志^{1**}, 刘建勇^{1,2**}

(1. 云南省草地动物科学研究院, 云南昆明 650212; 2. 云南省肉牛工程技术研究中心, 云南昆明 650212)

摘要:【目的】探讨桑叶与蚕沙作为畜禽饲用的营养价值。【方法】采集云南省祥云县和陆良县两地的桑叶和蚕沙, 对其常规营养成分和粗饲料品质进行系统评价。【结果】桑叶和蚕沙营养价值极高, 各原料类型的营养成分中, 以桑尖的粗蛋白含量最高(27.96%), 桑叶次之, 而蚕沙、蚕沙+叶柄(叶柄+叶脉)混合物、桑叶柄(叶柄+叶脉)的最低; 桑尖的粗蛋白极显著高于蚕沙、蚕沙+叶柄($P<0.01$), 蚕沙、蚕沙+叶柄间的差异不明显($P>0.05$); 粗脂肪以桑尖的含量最高(3.43%), 桑叶次之, 蚕沙、蚕沙+叶柄的最低, 而中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和酸性木质素的含量与粗蛋白含量相反; 灰分以蚕沙、蚕沙+叶柄含量较高, 桑叶次之, 桑尖最低; 钙的含量以桑尖最低(1.16%), 桑叶柄比桑叶、蚕沙的含量稍低; 磷的含量除桑尖偏高外, 其他差异不大($P>0.05$)。各原料类型的饲料相对值(relative feed value, RFV)和粗饲料分级指数(grading index, GI)都远高于紫花苜蓿和玉米青贮饲料, 而GI与RFV的排序略有差异。【结论】RFV和GI以桑尖的最高, 其次是桑叶、桑叶柄、蚕沙+叶柄, 蚕沙的最低。总之, 桑叶和蚕沙具有极高的RFV和GI, 其粗饲料品质优于常见经济副产物, 堪与牧草之王紫花苜蓿相媲美, 不失为一种优质的畜禽饲料资源。

关键词: 桑叶; 蚕沙; 饲料相对值(RFV); 粗饲料分级指数(GI)

中图分类号: S 816.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2018)02-0233-07

Evaluation on the Nutritional Values of Mulberry Leaf and Silkworm Feces as Animal Feed

QU Kaixing^{1,2}, LI Qiaoxian¹, WU Wenrong¹, YANG Kai¹, HU Yingkai², GAO Yue'e^{1,2},
LIU Yanpei^{1,2}, JIN Xiandong¹, HUANG Bizhi¹, LIU Jianyong^{1,2}

(1. Yunnan Academy of Grassland and Animal Science, Kunming 650212, China;

2. Beef Cattle Engineering and Technology Research Center of Yunnan Province, Kunming 650212, China)

Abstract: [Purpose] The aim was to uncover the nutritional values of mulberry leaf and silkworm feces as animal feed. [Method] Mulberry leaf and silkworm feces were collected from Xiangyun and Luliang Counties in Yunnan Province to evaluate the common nutritional ingredient and forage quality. [Result] Mulberry leaf and silkworm feces contained abundant nutritional values, of which crude protein (CP) content of mulberry leaf-tip was the highest (27.96%) among the material types,

收稿日期: 2017-02-23

修回日期: 2017-04-18

网络出版时间: 2018-03-31

*基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201403049); 云南省技术创新人才培养计划(2013HB131); 云南省科协调研类项目; 云南省草地畜牧业创新团队(2015HC001)和国家肉牛牦牛产业技术体系(CARS-37)。

作者简介: #对本文贡献等同, 为并列第一作者。亏开兴(1975—), 男, 云南祥云人, 博士, 副研究员, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail: kaixqu@163.com; 李乔仙(1977—), 女, 云南陆良人, 硕士, 副研究员, 主要从事动物营养与饲料资源研发。E-mail: 757655860@qq.com

**通信作者 Corresponding authors: 黄必志(1964—), 男, 云南腾冲人, 博士, 研究员, 主要从事草地畜牧业和动物营养研究。E-mail: hbz@ynbp.cn; 刘建勇(1969—), 男, 云南祥云人, 硕士, 研究员, 主要从事动物营养与饲料资源研发。E-mail: ljy@ynbp.cn

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201702035](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201702035)

followed by mulberry leaf, silkworm feces, silkworm feces+leaf stem. The CP content of mulberry leaf-tip was higher than those of silkworm feces, silkworm feces+leaf stem (leaf petiole+vein) mixture, and mulberry leaf stem (leaf petiole+vein) ($P<0.01$). There was a slight difference of CP contents between silkworm feces and silkworm feces+leaf stem ($P>0.05$). The ether extract (EE) content of mulberry leaf-tip was the highest (3.43%), while the counterparts of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) was quite the contrary. The ash content was the highest in silkworm feces and silkworm feces+leaf stem, followed by mulberry leaf and mulberry leaf-tip. The calcium (Ca) content of mulberry leaf-tip was the lowest (1.16%), that in mulberry leaf stem was lower than those of mulberry leaf and silkworm feces. There was no difference among the phosphorus (P) contents totally ($P>0.05$) except for mulberry leaf-tip. The relative feed values (RFVs) and forage grading indexes (GIs) were much greater than those of alfalfa and corn silage, while the rank of GIs had some differences from RFVs. [**Conclusion**] In conclusion, the values of RFV and GI in mulberry leaf-tip were the highest, followed by mulberry leaf, mulberry leaf stem, silkworm feces+leaf stem and silkworm feces. With higher values of RFVs and GIs, the qualities of mulberry leaf and silkworm feces were significantly superior to the common economic crop byproducts to rival the alfalfa as the king of forages, which was a large amount of superior animal feed source.

Keywords: mulberry leaf; silkworm feces; relative feed value (RFV); forage grading index (GI)

桑树是桑科 (Moraceae) 桑属 (*Morus*), 多年生落叶乔木, 是多年生深根性植物。中国是桑种资源最丰富的国家, 栽桑养蚕已有 5 000 多年历史, 桑叶一向用于养蚕。桑树对土壤气候的适应性很强, 能耐 -40°C 低温环境和土壤 pH 4.5 ~ 9.0 范围内能正常生长, 从西部的新疆和田到东部的沿海滩涂、从最南的海南岛到最北的黑龙江都可栽种, 并可充分利用田边地坎、房前屋后、滩涂荒坡种植, 桑树根系发达, 适应性强, 适栽范围广, 可用无性和有性繁殖, 并可根据人们的需要养成不同类型的树形, 采伐方便, 一年可多次剪伐采叶^[1-6]。桑叶, 又名家桑、荆桑、桑葚树、黄桑叶等, 是蚕的日常食物。嫩叶较薄, 暗绿色; 老叶较厚, 黄绿色, 质脆, 握之扎手; 气淡, 味微苦涩^[1-3, 6]。中国桑树面积 82 万 ~ 100 万 hm^2 , 大面积栽培地区集中在浙江、江苏、四川、山东、重庆、广东等省市。近些年来, 安徽、广西、江西发展迅速, 湖北、湖南、福建、云南等南方省区和陕西、山西、河北、河南、辽宁、吉林、甘肃、新疆等省区桑树栽培也有较快发展^[1, 3]。云南省种植的品种有女桑、昌盛、云桑 1 号、云桑 3 号、云桑 4 号、强桑 1 号、农桑 14 号、鲁插 2 号、鲁插 3 号、丰田 2 号、皖桑 1 号等^[7-8]。

桑叶质优, 产量高, 是目前木本叶用植物中产量最高的树种之一^[1, 4]。以中国桑园种植面积 82.85 万 hm^2 计, 年产茧 65.03 万 t, 年产茧量为 784.95 kg/hm^2 ; 每生产 1 吨蚕茧产蚕沙 3.3 t, 每年可产蚕沙 214.60 万 t^[9-10]。牛羊对于桑叶的消化率高达 70% ~ 90%, 桑叶作为饲料资源可以替代蛋白饲料和部分精料, 明显提高了肉牛、肉羊的平均日增重, 经济效益较高; 饲喂奶牛可提高产奶量和种公牛的繁殖性能^[11-16]。蚕沙, 又名原蚕沙、原蚕屎、晚蚕沙、马鸣肝、晚蚕矢或二蚕沙, 是以蚕二眠到三眠时的粪便为主, 由蚕屎、幼蚕脱的皮和残余桑叶碎屑等组成的混合物。蚕沙则主要被用于堆肥回田, 特别是夏季湿度高的蚕沙; 蚕沙可以经过过筛、烘干作为搭配畜禽精料饲喂肉兔、育肥猪、黑山羊和鹅等可降低养殖成本和改善畜禽肉质^[17-21]。也有少量蚕沙经发酵(添加发酵剂)或烘干颗粒后替代肉牛精饲料, 但鲜见报道。按传统的桑叶生产模式, 桑叶仅用作单食性昆虫——桑蚕的食物, 用途单一, 许多桑叶因养蚕不足而浪费, 特别是晚秋桑叶的利用率更低, 降低了桑园的经济效益。对于桑叶及其副产物的研究已做了大量研究和评价, 并通过饲料相对值 (relative feed value, RFV) 和粗饲料评定

指数 (grading index, GI) 做出了比较^[3,5,22-26]。RFV、GI 可对不同时期饲草饲料刈割期的营养成分做出等级排序,以指导生产中的适时收割、晾晒或加工调制等,并用于对粗饲料的定价与草料签订合同等用途^[27-29]。随着蚕业资源的研究、开发利用,桑叶在药用、食用、饲用等方面得到了进一步开发利用。对于系统比较桑叶与蚕沙营养价值评定的报道鲜见,为此,本研究系统测定了桑叶与蚕沙的常规营养成分和粗饲料品质评价,以期桑叶与蚕沙的充分利用提供基础数据,同时开发利用非粮型饲料资源,以替代精饲料节约粮食,降低畜禽养殖成本,提高养殖效益。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

供试桑叶及其副产物分别为桑尖(3~7个桑枝顶叶,枝长约10cm)、桑叶、蚕沙、蚕沙+桑叶柄(叶柄+叶脉)混合物、桑叶柄(叶柄+叶脉混合物)五种类型,于2015年10月份分别采集自云南省盛产地祥云县刘厂镇、陆良县三岔河和陆良县马街,祥云县采集的栽培桑叶品种为农桑14号、陆良县为女桑。每个地方采集3份样品1~2kg,带回实验室,65℃烘干48h,过40目筛粉碎后混匀,以四分法取样备用。

1.2 测定指标与方法

按照李乔仙等^[29]的方法,采用常规法测定干物质(DM),粗灰分(Ash)用高温灼烧法,粗蛋白(CP)用凯氏定氮法测定,粗脂肪(EE)用石油醚浸提残余法,粗纤维(CF)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤木质素(ADL)用范氏洗涤纤维测定法,钙(Ca)用高锰酸钾滴定法、磷(P)用P钼黄比色法。

1.3 RBV、GI 计算

1.3.1 粗饲料的饲料相对值(RFV)

根据测定的营养成分,参照美国广泛应用的饲料相对值(relative feed value, RFV)模型^[30-32]评定所测定样品的营养品质,计算模型如下式:

$$RFV = DMI(\%BW) \times DDM(\%DM) / 1.29 \quad (1)$$

式中,DMI为粗饲料干物质随意采食量, $DMI(\%BW) = 120 / NDF(\%DM)$; DDM为可消化干物质, $DDM(\%DM) = 88.9 - 0.779 \times ADF(\%DM)$; 计算RFV时除以1.29,目的是以盛花期的苜蓿

RFV为100; RFV值大于100的牧草表明相对于基数100而言,整体上品质较好^[27,33]。

1.3.2 粗饲料品质的分级指数(GI)

采用卢德勋提出的粗饲料品质分级指数(grading index, GI)模型^[27,33]评定所测定样品的营养价值,计算模型如下式:

$$GI(MJ/d) = NE_L(MJ/kg) \times DMI(kg/d) \times CP(\%DM) / NDF(\%DM) \quad (2)$$

式中,DMI为干物质随意采食量, $DMI(kg/d) = 120 / NDF(\%DM) \times 6$ kg; NE_L 为产奶净能, $NE_L(MJ/kg) = [1.044 - 0.0119 \times ADF(\%DM)] \times 9.289$ 。

1.4 数据处理与统计分析

所有数据为3次重复,测定结果均列为平均值±标准差(mean±SD),试验数据在Excel 2010中建立数据库,通过SPSS 16.0统计软件单因素方差分析(One-way ANOVA)进行方差分析,用LSD法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 桑叶与蚕沙的营养成分分析

由表1可见:各原料类型的营养成分中,以桑尖的粗蛋白含量最高(27.96%),桑叶次之,而桑尖的粗蛋白显著高于蚕沙、蚕沙+叶柄(桑叶柄+叶脉)混合物、桑叶柄(桑叶柄+叶脉)($P < 0.01$),而蚕沙、蚕沙+叶柄的CP含量最低,二者差异不明显($P > 0.05$);粗脂肪以桑尖的含量最高(3.43%),桑叶次之,蚕沙、蚕沙+叶柄的最低,而中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和酸性木质素的含量与粗蛋白的含量相反;灰分以蚕沙、蚕沙+叶柄含量较高,桑叶次之,桑尖最低。各原料类型间钙的含量以桑尖最低(1.16%),桑叶柄比桑叶、蚕沙的含量稍低;磷的含量除桑尖稍高外,其他原料间差异不大($P > 0.05$)。

2.2 桑叶与蚕沙的粗饲料营养价值评定

经过对RFV和GI两个数值的计算和比较(表2)可知:13种原料类型中,RFV值最高为马街桑尖,最低为祥云蚕沙。13种原料的RFV值均远高于紫花苜蓿(109.20)和玉米青贮饲料(100.12)^[28]。GI值最高也为马街桑尖,最低为祥云蚕沙,中间顺序略有不同。总体上,RFV和GI以桑尖最高,其次是桑叶、桑叶柄、蚕沙+桑叶杆,以蚕沙最低。

表 1 桑叶与蚕沙的常规营养成分比较 (干重)
Tab. 1 Comparison of the conventional components of mulberry leaves and silkworm feces (dry weight)

原料类型 material types	干物质 DM	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗纤维 CF	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	粗灰分 Ash	钙 Ca	磷 P
马街桑尖 mulberry leaf-tip in Majie	96.01±0.22 a	27.96±0.29 Aa	3.43±0.28 Aa	13.50±0.12 ab	16.47±0.27 Cd	12.37±0.15 Bc	9.67±0.03 Bb	1.16±0.11 b	0.63±0.01 Aa
祥云桑叶 mulberry leaf in Xiangyun	96.03±0.10 a	19.69±0.22 ABb	2.91±0.01 ABa	9.61±0.11 Bc	24.21±0.03 Bbc	15.91±0.03 ABbc	14.14±0.03 Aba	1.88±0.01 a	0.27±0.01 Bbc
三岔河桑叶 mulberry leaf in Sanchahe	94.97±0.06 a	23.41±0.25 ABa	2.17±0.04 ABab	9.79±0.03 Bc	29.01±0.14 Aab	20.78±0.61 ABbc	12.41±0.04 ABab	2.06±0.01 a	0.31±0.01 Bbc
马街桑叶 mulberry leaf in Majie	94.56±0.05 a	22.51±0.09 ABab	2.90±0.05 ABa	9.71±0.13 Bc	19.08±0.18 Bcd	12.80±0.51 Bc	11.00±0.05 Bb	1.78±0.02 ab	0.31±0.01 Bbc
祥云蚕沙 silkworm feces in Xiangyun	95.43±0.26 a	14.75±0.21 Bbc	1.30±0.01 BCbc	13.30±0.30 ABab	35.92±0.42 Aa	22.80±0.35 Aa	16.19±0.68 ABa	1.92±0.09 a	0.47 ab±0.03 ABab
三岔河蚕沙 silkworm feces in Sanchahe	94.18±0.12 a	17.08±0.06 Bb	1.36±0.02 BCbc	14.97±0.32 ABab	31.93±0.79 ABa	24.45±0.46 Aa	12.30±1.53 ABab	1.79±0.03 ab	0.46±0.01 ABab
马街蚕沙 silkworm feces in Majie	94.74±0.23 a	15.96±0.03 Bbc	1.39±0.14 BCbc	14.73±0.43 ABab	30.69±0.07 ABa	23.70±1.07 Aa	16.06±0.33 Aba	1.85±0.10 a	0.45±0.04 ABab
祥云蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Xiangyun	96.32±0.85 a	16.66±0.05 Bb	1.50±0.02 BCbc	12.59±0.17 ABbc	31.51±0.25 ABa	21.29±0.37 ABab	16.23±0.14 Aba	1.76±0.04 ab	0.50±0.01 ABab
三岔河蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Sanchahe	95.12±0.18 a	19.22±0.11 ABb	1.70±0.09 BCbc	12.79±0.28 ABbc	27.87±0.73 ABbc	20.30±0.33 ABab	12.87±0.25 ABab	1.73±0.10 ab	0.40±0.01 ABab
马街蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Majie	94.44±0.10 a	15.34±0.12 Bbc	1.51±0.01 BCbc	14.99±0.10 ABab	29.13±0.33 ABab	22.05±0.09 Aa	15.44±0.43 Aba	1.47±0.06 b	0.41±0.01 ABab
祥云桑叶柄 mulberry leaf stem in Xiangyun	95.00±0.19 a	14.39±0.22 Bbc	1.38±0.03 BCbc	14.50±0.71 ABab	27.29±0.39 ABbc	21.02±0.12 Aa	13.68±0.25 ABab	1.50±0.03 b	0.34±0.01 Bbc
三岔河桑叶柄 mulberry leaf stem in Sanchahe	93.92±0.23 a	15.75±0.25 Bbc	1.57±0.02 BCbc	13.57±0.28 ABab	22.26±0.24 Bbc	16.27±0.34 ABbc	10.68±0.11 Bb	1.30±0.02 b	0.31±0.01 Bbc
马街桑叶柄 mulberry leaf stem in Majie	94.15±0.04 a	12.37±0.03 Bc	1.27±0.11 Cc	17.08±0.48 Aa	25.98±0.51 ABbc	20.40±0.45 Aa	14.43±0.06 ABa	1.27±0.03 b	0.37±0.01 ABbc

注: 蚕沙中不含桑叶残渣, (桑) 叶柄为“叶柄+叶脉”混合物(不含蚕沙), “蚕沙+桑叶柄”为“蚕沙+叶柄+叶脉”混合物(未加以分选); 文中出现的与此表述相同。同一列不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$); 下同。
Note: Silkworm feces did not contain mulberry leaf residual; mulberry leaf stem contained leaf petiole and vein excluded silkworm feces; silkworm feces + leaf stem was consisted of silkworm feces, leaf petiole and vein. The counterparts in this context were the same. Different capital letters in the same column represent significance at the level of 1%, while the different lowercases represents significance at the level of 5%; the same as below.

表 2 桑叶与蚕沙的粗饲料品质比较

Tab. 2 Comparison of the forage quality of mulberry leaf and silkworm feces

原料类型 material types	干物质随意采食量/% (DM) DMI	可消化干物质/% (DM) DDM	饲料相对值 RFV	产奶净能/ (MJ·kg ⁻¹) NE _L	干物质随意采食量/ (kg·d ⁻¹) DMI	分级指数/ (MJ·kg ⁻¹) GI
马街桑尖 mulberry leaf-tip in Majie	7.29±0.11 a	79.27±0.11 ab	447.85±6.62 Aa	8.33±0.02 ab	43.73±0.70 Aa	618.87±20.47 Aa
祥云桑叶 mulberry leaf in Xiangyun	4.96±0.01 b	76.51±0.02 ab	294.04±0.32 Cc	7.94±0.00 ab	29.75±0.04 Bb	192.14±1.87 Cc
三岔河桑叶 mulberry leaf in Sanchahe	4.14±0.02 b	72.71±0.48 ab	233.16±1.97 DEde	7.40±0.07 ab	24.82±0.12 Cc	148.20±0.57 CDd
马街桑叶 mulberry leaf in Majie	6.29±0.06 a	78.93±0.40 ab	384.91±2.20 Bb	8.28±0.06 ab	37.75±0.37 ABb	368.96±6.00 Bb
祥云蚕沙 silkworm feces in Xiangyun	3.34±0.04 c	71.14±0.28 b	184.27±2.78 Ef	7.18±0.04 b	20.05±0.23 Cc	59.12±2.21 Ef
三岔河蚕沙 silkworm feces in Sanchahe	3.76±0.09 bc	69.86±0.36 b	203.62±6.02 Ee	7.00±0.05 b	22.56±0.55 Cc	84.52±4.46 DEe
马街蚕沙 silkworm feces in Majie	3.91±0.01 bc	70.43±0.84 b	213.52±2.65 DEe	7.08±0.12 b	23.46±0.05 Cc	86.36±1.69 DEe
祥云蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Xiangyun	3.81±0.03 bc	72.31±0.29 b	213.46±0.89 DEe	7.35±0.04 b	22.85±0.18 Cc	88.73±1.00 DEe
三岔河蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Sanchahe	4.31±0.12 b	73.09±0.25 ab	244.02±6.15 Dd	7.45±0.04 ab	25.84±0.68 Cbc	132.92±6.34 Dd
马街蚕沙+叶柄 silkworm feces + leaf stem in Majie	4.12±0.05 b	71.73±0.07 b	229.10±2.83 Dde	7.26±0.01 b	24.72±0.28 Cc	94.53±2.43 DEe
祥云桑叶柄 mulberry leaf stem in Xiangyun	4.40±0.06 b	72.52±0.10 ab	247.25±3.61 Dd	7.38±0.02 b	26.39±0.39 Cc	102.66±3.60 De
三岔河桑叶柄 mulberry leaf stem in Sanchahe	5.39±0.06 b	76.23±0.26 ab	318.64±3.99 Cc	7.90±0.04 ab	32.35±0.35 Bb	180.92±6.30 Cc
马街桑叶柄 mulberry leaf stem in Majie	4.62±0.09 b	73.01±0.35 ab	261.49±5.35 Dd	7.44±0.05 ab	27.72±0.55 Bbc	98.29±3.86 De

3 讨论

3.1 桑叶的功效及其营养成分

桑叶质脆，气微，味淡，微苦涩，作为天然绿色植物，桑叶中含有丰富的营养物质和许多特有的天然活性物质，富含黄酮类、β-谷甾醇、γ-氨基丁酸、异槲皮苷、紫云英素、1-脱氧野尻霉素等多种天然活性物质及其衍生物，对动物机体具有免疫保健作用，可提高畜禽的抗病能力，利于保持畜禽健康和快速生长。桑叶还具有抗应激、抗衰老、增强机体耐力、降低血清胆固醇、降血脂血糖等功效^[23-24, 34-36]。药用一般在霜后采摘质佳，以叶大、色黄绿者为佳。目前已成功开发出桑叶茶、桑叶食品等产品。

桑叶的营养价值随收获季节不同有异，不同地区、不同生长季节、不同品种、不同种植方式等桑叶的营养成分差异较大。以干物质为基础，桑叶的粗蛋白含量在 15%~30%、粗脂肪 4%~10%、粗纤维 8%~12%、粗灰分 8%~12%、钙

1%~3% 和磷 0.3%~0.6%^[4-5, 22, 24]。与牧草之王苜蓿粉相比，桑叶粉中的粗蛋白含量高 10.61%，粗脂肪低 12.5%，粗纤维低 50%，碳水化合物高 32%，灰分和总能量相当。桑叶的营养价值可与苜蓿相媲美，比禾本科牧草高 80%~100%，比热带豆科牧草高 40%~50%。因此，在热带地区可配合桑叶饲料利用来提高禾本科牧草的合理搭配来提高热区饲草饲料的营养均衡。桑叶含多种维生素，每 100 g 桑叶中含有维生素 C 30~40 mg、维生素 B₁ 0.5~0.8 mg、维生素 B₂ 0.8~1.5 mg、维生素 E 30~40 mg、维生素 B₁₁ 0.5~0.6 mg、维生素 B₅ 3~5 mg。桑叶中的必需氨基酸含量高，因而桑叶既是优良的蛋白质资源，又是畜禽的优良饲料，其赖氨酸 (0.936%~1.021%)、蛋氨酸 (0.094%~0.246%)、胱氨酸 (>0.30%)、谷氨酸 (1.3%~2.4%) 含量都较高；钙、铁、锌、锰、钾等矿物元素含量明显高于玉米、青绿苜蓿^[5, 6, 23-24, 36]。

蚕沙则主要被用于堆肥回田，特别是夏季湿

度高的蚕沙；蚕沙可以经过过筛、烘干后替代精饲料，蚕沙的营养价值比较丰富，CP 含量高，为 10.65%~17.64%，EE 含量为 1.94%~5.24%，CF 含量为 17.37%~18.34%，粗灰分为 9.85%~9.95%^[9, 17, 20, 26]。本研究的 CP 与其他学者差异不大，而 EE、CF 较其他学者报道的稍低，Ash 稍高。因此，将蚕沙用于替代畜禽精饲料可降低养殖成本，改善畜禽肉品质，肉兔最佳用量在 12%^[17]、育肥猪为 7%^[18-19]、山羊为 13%^[20]、鹅为 15%^[21]。

3.2 营养成分评定方法分析比较

RFV 与 GI 对粗饲料品质的评价结果是一致的，被普遍应用于对粗饲料的品质评价。RFV 可对不同粗饲料之间品质优劣的做出比较和排序，不适于进行粗饲料的科学搭配；GI 则将粗饲料可利用能量和蛋白含量综合考虑，较为客观地反映了反刍动物营养利用的特点，充分利用了粗饲料间的组合效应来实现粗饲料搭配的最优化^[27, 32-33]。

红敏等^[28]认为 GI₂₀₀₁ 和 GI₂₀₀₈ 对粗饲料品质分级均优于 RFV，但 RFV 与 GI 排序一致，本研究未测定体外干物质消化率和可消化粗蛋白，故而本研究未计算这两个参数，因此，本研究结果足以反映桑叶及其副产物等的营养价值品质分级次序。这里，桑叶与蚕沙具有相当高的 RFV 和 GI，这与广西 10 种经济作物副产物中的桑叶品质最优相符，甚至高于“牧草之王”紫花苜蓿，也明显高于云南昭通地区所产的砂仁茎叶，不失为一种高品质的畜禽饲料资源^[4, 5, 25, 27-29]。因此，有必要在肉牛上开展系统的消化试验，以深入评定其消化率和开发利用价值。

3.3 桑叶的饲用方法

目前中国种植面积 82.85 万 hm²，以每亩产桑叶 10~15 t 计，每年可产桑叶超出 1.24 亿 t，如果以 97% 的副产物概算，那么每年将有 1.2 亿吨的蚕桑副产物^[26, 35]，而以每年产茧 65.03 万 t，每吨产 3.3 t 蚕沙，每年可产 214.60 万 t 蚕沙^[9]。桑叶作为饲料，可以青绿饲喂，或收获桑叶粉、颗粒压制等加以利用。尤其是作为青绿饲料的消化率很高，桑叶对所有家畜都具有很好的适口性，动物喜食^[5-6, 24, 34, 36-37]。(1) 作为青绿饲料鲜喂。鲜桑叶水分含量比草类或其他树叶含量稍高，一般在 70% 左右，用作畜禽饲料在日粮中的

比例不宜太高，建议配合其他饲料混合利用。

(2) 桑叶粉作为蛋白饲料替代精饲料或蛋白饲料。桑叶蛋白含量高，可作为饼粕类的替代品，将其晒干、粉碎与其他饲料配合使用。以 5%~10% 比例添加到鸡饲料中，可明显改善蛋黄颜色、鸡肉风味，提高产蛋的质量和产蛋数，并有效降低鸡粪中氮的排放量^[38]；以 25%~30% 比例添加到黑山羊或以 10%~15% 比例添加到肉兔饲料中，表现出体质增强、生长加快、肉质改善，同时降低饲养成本^[17, 20, 39]；桑叶作为泌乳期奶牛补充料，牛奶乳脂率和干物质含量显著提高，可提高奶产量；亦可提高公牛的精子活力^[14]。桑叶作为犊牛补充料，可以节约乳或代乳料的消耗量，并促进犊牛瘤胃的发育和生长。桑叶饲喂肉牛后被毛柔顺富光泽，肌肉丰满，皮肤有弹性，增重效果明显^[13]。(3) 青贮、干草粉和颗粒料制作。秋季桑叶肉质肥厚，含水量低，营养物质丰富，采收多余的叶片、桑枝作为青贮饲料储备；制作干草粉、颗粒料既方便保存，也便于运输，充分利用了生物资源，可均衡缓解冬春季牲畜的优质草料供给。

3.4 蚕沙的利用

蚕沙经过过筛、烘干后作为搭配肉牛、肉兔、育肥猪、肉羊等畜禽精料，可有效提高养殖效益^[2, 13, 18]；也有少量蚕沙经发酵(添加发酵剂)作为畜禽饲料，使用中宜与其他饲料混合，蚕沙发酵有待于进一步研发。当然，夏季蚕沙由于湿度高，主要用于堆肥或混合糠渣类粗饲料进行混贮。

3.5 植桑的前景与生态意义

桑树种植可充分利用路边、房前屋后、滩地、荒坡地等不宜种植作物的土地栽植桑树，栽桑能防涝固土，涵养土壤，防止水土流失^[1-2, 5]。栽桑投入少、见效快、产量高，采收加工方便，第 2 年可达盛产，可作为优质的蛋白饲料资源，特别热带地区的夏秋季节，豆科牧草长势不如禾本科牧草，因此适宜于在热区种植桑树以填补蛋白饲料资源匮乏的缺口^[37]。鉴于桑叶作为饲料资源的优点，其在畜牧业上的应用日趋广泛，中国南方地区利用桑叶作为肉牛的饲料潜力巨大，无论从资源数量还是从资源质量而言，桑叶作为新的饲料源都有广阔的利用前景。

[参考文献]

- [1] 叶志毅,宋沁.桑叶在畜禽饲料上的开发前景[J].中国农村科技,2003(10):33.
- [2] 郭建军,邱殿锐,张会文.桑叶作为畜禽饲料的探讨[C]//2007年河北省畜牧兽医科技创新论坛论文集.石家庄,2007:30.
- [3] 蔡晶晶,卢玉飞,李军,等.桑叶在饲料资源开发中的研究与利用[J].广东饲料,2011,11(6):31. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8613.2011.06.009.
- [4] 杜周和,刘俊凤,左艳春,等.桑叶的营养特性及其饲料开发利用价值[J].草业学报,2011,20(5):192. DOI: 10.11686/cyxb20110525.
- [5] 杜周和,左艳春,严旭,等.饲料桑草本花栽培及其在畜禽养殖中的应用[J].中国人口·资源与环境,2015,25(11):413.
- [6] 邱时秀,吴永胜,李娟,等.桑叶在畜禽养殖中的饲用价值研究[J].四川畜牧兽医,2015,42(12):32. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8964.2015.12.012.
- [7] 储一宁.云南桑品种现状分析[J].云南农业科技,1998(4):19.
- [8] 杜伟,陈松,刘永辉,等.13个桑树品种的农艺性状及抗逆性比较[J].南方农业学报,2016,47(12):2157. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2016.12.2157.
- [9] 李彦品,王志跃,杨海明,等.蚕沙作为鹅饲料的营养价值评定[J].动物营养学报,2015,27(12):3840. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2015.12.024.
- [10] 封槐松.2013年全国蚕桑生产实现“四连增”[J].中国蚕业,2014,35(1):1. DOI: 10.3969/j.issn.1007-0982.2014.01.001.
- [11] SHAYO C. Browse leaves and pods as ruminant feed in central Tanzania[J]. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria, 1998(120):99.
- [12] 严冰,刘建新,姚军.氮化稻草日粮补饲桑叶对湖羊生长性能的影响[J].中国畜牧杂志,2002,38(1):36. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2002.01.018.
- [13] 马双马,王军,宋永学,等.桑叶在畜牧业中的应用研究[J].安徽农业科学,2008,36(21):9091. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2008.21.092.
- [14] 郭建军,张会文,李晓滨,等.日粮中添加桑叶粉对种公牛精液品质的影响[J].当代畜牧,2010,38(10):38.
- [15] 郭建军,李晓滨,齐雪梅,等.饲料中添加桑叶对奶牛产奶量和奶品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2011,54(2):96.
- [16] 吴配全,任丽萍,周振明,等.饲喂发酵桑叶对生长育肥牛生长性能血液生化指标及经济效益的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(23):43.
- [17] 尹永志,郭春华,黄艳玲,等.蚕沙对新西兰兔生长性能、屠宰性能及脏器比值的影响[J].中国饲料,2010,(20):23. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2010.20.007.
- [18] 陈翠玲,陈晓华,卢广林,等.生长猪日粮中蚕沙的饲用价值研究[J].吉林农业科学,2007,32(4):46. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8701.2007.04.015.
- [19] 王建科,任淑文,李志,等.利用蚕沙喂猪的试验[J].蚕业科学,2007,33(1):142. DOI: 10.3969/j.issn.0257-4799.2007.01.029.
- [20] 郭春华,黄艳玲,马力,等.蚕沙替代精料对乐至黑山羊生长性能的影响[J].中国饲料,2010(16):21. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2010.16.006.
- [21] 陈翠玲,陈晓华,赵玮,等.育肥鹅日粮添加蚕沙的试验研究[J].中国科技信息,2007(1):64. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2007.01.031.
- [22] 丁佐龙.桑叶营养成分分析及其饲用价值初探[J].安徽农业大学学报,1999,26(4):478.
- [23] 李勇,苗敬芝.桑叶的功能性成分及保健制品的开发[J].中国食物与营养,1999(3):25.
- [24] 高雨飞,黎力之,欧阳克蕙,等.桑叶在肉牛生产中的开发利用[J].中国牛业科学,2015,41(1):68. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9111.2015.01.021.
- [25] 李茂,字学娟,赵英,等.广西10种经济作物副产物营养价值分析[J].家畜生态学报,2015,36(10):76. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1182.2015.10.015.
- [26] 华恩顺,吕建秋.蚕桑副产物资源综合利用研究进展分析[J].中国蚕业,2015,36(1):15. DOI: 10.3969/j.issn.1007-0982.2015.01.004.
- [27] 张吉鹏,卢德勋,刘建新,等.粗饲料品质评定指数的研究现状及其进展[J].草业科学,2004,21(9):55. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0629.2004.09.014.
- [28] 红敏,高民,卢德勋,等.粗饲料品质评定指数新一代分级指数的建立及与分级指数(GI₂₀₀₁)和饲料相对值(RFV)的比较研究[J].畜牧与饲料科学,2011,32(10):143. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5190.2011.10.050.
- [29] 李乔仙,高月娥,亏开兴,等.砂仁茎叶饲用营养价值评定[J].畜牧与兽医,2016,48(10):61.
- [30] 卢德勋.乳牛营养工程技术及其应用[J].内蒙古畜牧科学,2003,24(1):5. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5190.2003.01.002.
- [31] 张吉鹏.粗饲料品质评定指数研究进展[J].中国饲料,2003(16):9. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2003.16.006.
- [32] 张吉鹏.反刍家畜粗饲料品质评定的指标及其应用比较[J].中国畜牧杂志,2006,42(5):47. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2006.05.017.
- [33] 张吉鹏,黄光明,邹庆华,等.几种奶牛粗饲料品质的综合评定研究[J].饲料工业,2008,29(21):34. DOI: 10.3969/j.issn.1001-991X.2008.21.011.
- [34] 王建芳,陈芳.桑叶的营养成分及在饲料中的应用[J].中国饲料,2005(12):36. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2005.12.014.
- [35] 李奕仁.综合利用蚕桑资源 拓展行业发展空间[J].中国蚕业,2003,24(2):4.
- [36] 张爱芹.畜牧业新型饲料源——桑叶的营养价值及青贮技术[J].甘肃农业,2004,18(9):60. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9019.2004.09.128.
- [37] 杨洋,杨晓省,李乔仙,等.桑叶的营养特性及其作为家畜饲料的利用前景[J].云南草业,2016(2):16.
- [38] 赵春晓,纪祥龙,吴绪东,等.桑叶粉对蛋鸡产蛋性能和鸡蛋品质的影响[J].蚕桑通报,2007,38(2):13. DOI: 10.3969/j.issn.0258-4069.2007.02.004.
- [39] 柏雪,张艳,郭春华,等.蚕沙作为山羊饲料营养价值的评定[J].饲料研究,2011(4):77.

责任编辑:何承刚