

攀西地区甘蔗渣营养成分和饲用价值分析

赖安强¹, 罗浩岑¹, 王中成¹, 金亚东¹, 邓开美², 赵宁波², 黄文明³, 张 谊^{1*}

(1. 西昌学院动物科学学院, 四川 西昌 615000; 2. 凉山州宁南县农村产业技术服务中心, 四川 凉山 615400;

3. 西南大学动物科学技术学院, 重庆 402460)

摘 要: [方法] 为评定攀西地区甘蔗渣作为反刍动物粗饲料的饲用价值, 从营养成分、总能、总糖、霉菌毒素含量和饲料相对值(RFV)对攀西地区3个甘蔗渣样品进行综合评定。[结果] 结果表明, 1) 以干物质计算, 3个甘蔗渣的营养成分都无显著差异($P > 0.05$)。2) 3个甘蔗渣的黄曲霉素(AFB1)、呕吐毒素(DON)和玉米赤霉烯酮(ZEN)含量都存在显著差异($P < 0.05$), 但3种霉菌毒素含量都在限定范围内。3) 3个甘蔗渣的总能、总糖和RFV都无显著差异($P > 0.05$), 总能分别为16.34、16.41、16.40 MJ/kg, 总糖含量分别为4.33%、4.46%和4.51%, RFV分别为52.89、53.25和54.74。[结论] 综上, 攀西地区甘蔗渣CP、EE、Ca和TP水平较低, 而CF、NDF、ADF和ADL水平都较高, 攀西地区3个甘蔗渣的AFB1、DON和ZEN含量都在限定范围内。总体来看, 攀西地区甘蔗渣的饲用价值较低。

关键词: 甘蔗渣; 饲用价值; 分析

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2023)02-0039-04

甘蔗广泛种植于我国南方地区, 甘蔗制糖后的主要副产物为甘蔗渣, 甘蔗渣是一种重要的可再生生物资源。我国每年甘蔗渣产量在2 000万t左右^[1]。攀西地区也是甘蔗的主要产区之一, 但攀西地区甘蔗渣大都是作为生物燃料被利用, 一方面造成资源浪费, 另一方面反刍动物冬春季粗饲料不足。而关于攀西地区甘蔗渣营养成分还未见报道。甘蔗渣的营养成分以纤维素、半纤维素为主, 初榨的甘蔗渣水分一般为40%~60%。风干后的甘蔗渣干物质(DM)含量一般为90%~97%, 以干物质计算粗纤维(CF)为44%~48%、粗蛋白质(CP)一般为2%~4%、粗灰分(ASH)一般为2%~3%、粗脂肪(EE)一般为0.7%左右^[2-3], 酸性洗涤木质素(ADL)含量较高, 可达18%~20%^[2,4]。甘蔗品种和收获季节等对甘蔗饲用价值都有一定影响^[5], 因而攀西地区的甘蔗渣可能与文献报道营养成分有一定区别。目前甘蔗渣因ADL较高, 同时ADL与纤维素、半纤维素之间相互混杂和交联, 限制了动物对营养物质的消化利用^[2,4]。体外模拟甘蔗渣在反刍动物瘤胃中的消化率, 其消化率只有20%~

25%^[6]。随着生物技术的发展, 甘蔗渣通过微生物发酵可以降解一部分甘蔗渣纤维素、半纤维素和ADL^[7-10], 且反刍动物饲喂发酵甘蔗渣后还可增加瘤胃纤维素降解菌的丰度^[11]。微生物发酵甘蔗渣需要考虑碳源、氮源等因素^[12], 准确分析甘蔗渣的营养成分还可以为配制动物饲料提供依据。因此本研究收集攀西地区3个榨糖厂的甘蔗渣样品, 从营养成分、总能、总糖、霉菌毒素含量和饲料相对值(RFV)分析攀西地区甘蔗渣的饲用价值, 为更好利用甘蔗渣提供依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

3个甘蔗渣样品分别取自四川省攀西地区的3个榨糖厂, 分别命名为甘蔗渣1、甘蔗渣2和甘蔗渣3, 每个甘蔗渣取样10 kg。将收集的3个甘蔗渣样品于65℃烘干48 h, 回潮24 h后用粉碎机粉碎过40目筛后混合均匀, 以四分法取样, 于密封袋保存待测营养成分。

1.2 测定指标和方法

1.2.1 常规成分和ADL含量测定 DM、CP、EE、

收稿日期: 2022-12-23 修回日期: 2023-02-15

基金项目: 四川省科技计划项目(重点研发项目)(2021YFN086); 国创基金(202210628003)

作者简介: 赖安强(1983—), 男, 博士, 讲师, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

* 通讯作者: 张谊(1975—), 男, 硕士, 教授, 主要从事动物遗传育种与繁育研究。

ASH、钙(Ca)和总磷(TP)含量的测定参照 AOAC (1995)^[13] 的测定方法进行测定。参考 Van Soest 等^[14] 的方法测定甘蔗渣样品的 CF、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的含量,ADL 含量的测定参照 GB/T 20805—2006 的方法测定^[15]。

1.2.2 霉菌毒素含量测定 采用 ROMER 公司的黄曲霉素(AFB1)、呕吐毒素(DON)和玉米赤霉烯酮(ZEN)试剂盒分别测定甘蔗渣样品的 AFB1、DON 和 ZEN 含量。

1.2.3 总糖含量和总能测定 参照天津市地方标准 DB 12/T 847—2018^[16] 的方法,采用分光光度法测定甘蔗渣的总糖含量,总能测定采用氧氮测热法测定。

1.2.4 饲料相对价值(RFV) 根据测定的营养成分,参照广泛应用的饲料相对营养价值指数(RFV)^[17] 评定甘蔗渣的营养品质,计算公式为:

$$RFV = DMI \times DDM / 1.29.$$

DDI 与 DDM 的预测模型分别为: $DMI = 120 / NDF$; $DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF$ 。

式中:DMI(dry matter intake)为粗饲料干物质的随

意采食量,用占体重的百分比表示;DDM(digestible dry matter)为可消化干物质,用占 DM 的百分比表示,1.29 是基于大量动物试验数据所预期的盛花期苜蓿 DDM,以占体重的百分比表示,除以 1.29,目的是使得盛花期苜蓿 RFV 为 100。

1.3 数据处理与统计方法

试验数据经过 Excel 2016 初步处理后,用 SPSS 25.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用 LSD 法进行差异性显著分析,数据以“平均值 ± 标准差”表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 试验结果

2.1 攀西地区 3 个甘蔗渣营养成分比较

由表 1 可见,收集的 3 个甘蔗渣营养成分差异都不显著($P > 0.05$),其 CP、EE、ASH、Ca 和 TP 含量分别在 2.41% ~ 2.53%、0.43% ~ 0.52%、3.52% ~ 3.76%、0.11% ~ 0.13% 和 0.02% ~ 0.06%。甘蔗渣的 CF、NDF、ADF 和 ADL 水平分别在 42.65% ~ 43.46%、80.03% ~ 81.83%、53.67% ~ 54.77% 和 13.03% ~ 13.50%。

表 1 攀西地区 3 个甘蔗渣的营养成分分析(干物质基础,%) ($n = 3$)

项目	甘蔗渣 1	甘蔗渣 2	甘蔗渣 3	P 值
粗蛋白质	2.41 ± 0.07	2.49 ± 0.06	2.53 ± 0.06	0.195
粗脂肪	0.47 ± 0.03	0.43 ± 0.04	0.52 ± 0.07	0.146
粗灰分	3.76 ± 0.08	3.52 ± 0.11	3.59 ± 0.19	0.167
粗纤维	43.46 ± 0.63	42.65 ± 0.73	42.88 ± 0.46	0.320
中性洗涤纤维	81.83 ± 1.14	80.90 ± 1.31	80.03 ± 0.49	0.209
酸性洗涤纤维	54.77 ± 1.93	54.66 ± 0.55	53.67 ± 0.62	0.509
木质素	13.50 ± 0.36	13.15 ± 0.27	13.03 ± 0.28	0.179
钙	0.13 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.499
总磷	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.07	0.712

注:同行肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),无字母或者字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)。下同。

2.2 攀西地区 3 个甘蔗渣的霉菌毒素水平差异

由表 2 可知,攀西地区 3 个甘蔗渣的 AFB1、DON 和 ZEN 3 种霉菌毒素含量存在显著差异($P < 0.05$)。3 个甘蔗渣的 AFB1 含量分别为 0.40,

3.39,0.47 μg/kg;3 个甘蔗渣的 DON 含量分别为 52.03,79.92,75.43 μg/kg;3 个甘蔗渣的 ZEN 含量分别为 7.29,29.72,21.44 μg/kg。

表 2 攀西地区 3 个甘蔗渣的霉菌毒素水平(干物质基础) ($n = 3$)

项目	甘蔗渣 1	甘蔗渣 2	甘蔗渣 3	P 值
黄曲霉素	0.40 ± 0.69 ^b	3.39 ± 1.92 ^a	0.47 ± 0.49 ^b	0.012
呕吐毒素	52.03 ± 3.88 ^b	79.92 ± 3.59 ^a	75.43 ± 4.24 ^a	<0.001
玉米赤霉烯酮	7.29 ± 2.18 ^c	29.72 ± 2.42 ^a	21.44 ± 5.74 ^b	0.002

2.3 攀西地区 3 个甘蔗渣 RFV、总能和总糖含量

由表 3 可知,攀西地区 3 个甘蔗渣的 RFV、总能和总糖含量差异都不显著($P > 0.05$)。3 个甘蔗渣

的 RFV 分别为 52.89、53.25 和 54.74;3 个甘蔗渣的总能分别为 16.34,16.41,16.40 MJ/kg;3 个甘蔗渣的总糖含量分别为 4.33%、4.46% 和 4.51%。

表 3 攀西地区 3 个甘蔗渣的 RFV、总能和总糖含量(干物质基础)(n=3)

项目	甘蔗渣 1	甘蔗渣 2	甘蔗渣 3	P 值
RFV	52.89 ± 1.46	53.25 ± 0.81	54.74 ± 0.087	0.168
总能/(MJ · kg ⁻¹)	16.34 ± 0.03	16.41 ± 0.05	16.40 ± 0.04	0.134
总糖/%	4.33 ± 0.14	4.46 ± 0.31	4.51 ± 0.25	0.680

3 讨论

3.1 攀西地区 3 个甘蔗渣营养成分和饲用价值分析

彭海芬等^[4]报道甘蔗渣 CF、NDF、ADF、ADL 和 CP 的平均水平分别为 47.58%、67.71%、43.02%、18.16% 和 2.41%,其中 NDF 和 ADF 较本研究测定结果更低,而 ADL 水平高 4.6% 左右。周波^[11]报道甘蔗渣的 NDF、ADF 和 CP 水平分别为 70.92%、54.23% 和 2.12%,与本研究结果有一定差异。吉中胜等^[18]报道广西检测中心检测的甘蔗渣的 NDF、ADF 和 ADL 的平均水平分别为 89.7%、65.3% 和 18.1%,CP 平均水平只有 1.54%。上述报道的甘蔗渣 CF、NDF、ADF、ADL 以及 CP 水平与本研究得到的结果都有一定的差异,特别是彭海芬和吉中胜报道的 CF、NDF、ADF 和 ADL 与本研究结果差异较大。这可能与攀西地区种植甘蔗的品种、当地气候、甘蔗收获季节以及榨糖工艺差异有关。

饲料总能是 CP、EE 和碳水化合物燃烧所释放的能量,EE 和 CP 的总能高于碳水化合物,因甘蔗渣 EE 和 CP 水平较低,因而总能也不高,略低于干草和麦秸这两种粗饲料的总能^[19],加上甘蔗渣消化利用率较低,因而营养价值是低于干草和麦秸。RFV 是饲料的 ADF 和 NDF 综合反馈,是评价粗饲料的综合指标^[17],如果 RFV 大于 100 说明该粗饲料营养价值整体较好,且 RFV 越高说明该粗饲料的营养价值更高。从 3 个甘蔗渣 RFV 都在 52~55 范围内,说明其营养价值比较低,与彭海芬等报到的甘蔗渣 RFV 为 76.09 也有较大差异^[2],主要因其分析得到的甘蔗渣 ADF 和 NDF 远低于本研究结果。从甘蔗渣消化率只有 20%~25%^[2,5]以及饲喂效果上分析^[20],不建议单独将甘蔗渣作为粗饲料饲喂反刍动物。加上甘蔗渣 ADL 水平高,因此甘蔗渣需要通过微生物发酵、化学或物理等加工处理之后再作为反刍动物的粗饲料^[2-3,7-10]。微生物发酵需要考虑碳源、氮源等因素,甘蔗榨糖后残留有一定的糖分。本研究中 3 个甘蔗渣总糖含量在 4.3%~4.5%,微生物发酵甘蔗渣时,这一含量的碳源可基本满足乳酸菌等微生物生长需要^[12],但 3 个甘蔗渣的 CP 水平都比较低,只有 2.5% 左右,因此在发酵甘蔗渣时可以补充一定的尿素、氯化铵等氮源以提高发酵效

果^[21]。

3.2 攀西地区 3 个甘蔗渣霉菌毒素含量差异

霉菌毒素又称为真菌毒素,是由真菌合成的具有高毒性的次级代谢产物,饲料在栽种、收获和储存过程中容易受到霉菌毒素的污染,例如受 AFB1、DON 和 ZEN 的污染^[22]。甘蔗制糖过程中刚榨出的甘蔗渣其水分通常在 40%~50%,如果不及时风干处理,刚榨出的甘蔗渣会有不同程度的发酵、霉变现象。本研究的 3 个甘蔗渣样品都检测出了 AFB1、DON 和 ZEN,尽管采集样品后及时对样品进行烘干处理,但可能因水分含量较高还是有不同程度的霉菌生长。根据中国国家农业标准 NY/T 2071—2011 和国标 GB/T 30956,3 个甘蔗渣的 AFB1、DON 和 ZEN 含量都在限定范围,可能因攀西地区气候干燥、秋冬气温相对不高,在样品保存没有明显霉菌生长,因而霉菌毒素含量不高。虽然饲喂含有霉菌毒素的粗饲料对反刍动物生产性能、抗氧化能力没有显著影响,但长期饲喂含霉菌素较高的饲料还是会对反刍动物免疫功能产生不良影响^[23],因此刚榨出的甘蔗渣因水分高,需要及时风干处理,或通过微生物发酵降低其霉菌毒素水平^[22,24]。

4 结论

攀西地区甘蔗渣 CP、EE、Ca 和 TP 水平较低,而 CF、NDF、ADF 和 ADL 水平都较高,攀西地区 3 个甘蔗渣的 AFB1、DON 和 ZEN 含量都在限定范围内,3 个甘蔗渣样的 RFV 都在 52~55 范围内。总体来看,攀西地区甘蔗渣的饲用价值较低。

参考文献:

[1] 刘洋,洪亚楠,姚艳丽,等.中国甘蔗渣综合利用现状分析[J].热带农业科学,2017,37(2):91-95.
[2] 彭海芬,和嘉荣,李花,等.甘蔗渣的饲用价值评价[J].中国农学通报,2021,37(2):127-133.
[3] 王允圃,李积话,刘玉环,等.甘蔗渣综合利用技术的研究进展[J].中国农学通报,2010,26(16):370-375.
[4] 柳富杰,唐想,郭海蓉.用于制备饲料的蔗渣处理方法的研究进展[J].轻工科技,2016,32(12):28-30.
[5] 黄潮华.饲用甘蔗渣加系评价及品系的饲用价值分析[D].福州:福建农林大学,2018.
[6] SHELKE S K, CHHABRA A, PUNIYA A K, et al. In vitro degradation of sugarcane bagasse based ruminant rations using Anaero-

- bic fungi[J]. *Annals of Microbiology*, 2009, 59(3): 415-418.
- [7] 闫建英. 发酵法和酶法制备蔗渣膳食纤维工艺与理化性质及功能的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2022.
- [8] 巴慧敏. 微生物组合发酵生产饲料的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [9] 白小伟. 白腐真菌和黑曲霉菌降解蔗渣、稻草中木质素以及发酵体外消化试验研究[D]. 南宁: 广西大学, 2004: 20-38.
- [10] 徐雅飞. 利用甘蔗渣、甘蔗糖蜜生产发酵饲料的研究[D]. 南宁: 广西大学, 20079.
- [11] 周波. 甘蔗副产物对西门塔尔牛、努比亚山羊瘤胃发酵及养分消化的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [12] 吕家樑, 汪剑. 微生物发酵工艺优化[J]. *化工管理*, 2021(35): 161-162.
- [13] CUNNIFF P A, JEE M H. Official methods of analysis of AOAC international(16th ed)[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 1995, 6(11): 382.
- [14] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 20805—2006 饲料中酸性洗涤木质素(ADL)的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [16] 天津市市场监督管理委员会. DB12/T 847—2018 饲料总糖的测定 分光光度法[S]. 天津: 天津标准出版社, 2018.
- [17] 胡志勇, 张甜, 王晶新, 等. 不同成熟阶段及品种对全株小麦营养成分和瘤胃降解特性的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(4): 1333-1343.
- [18] 吉中胜, 黄耘, 农秋阳, 等. 碱化甘蔗渣对牛羊饲料的研究[J]. *轻工科技*, 2018, 34(7): 34-36.
- [19] 谯仕彦, 王旭, 王德辉, 译. 饲料成分和营养价值表[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 232-234.
- [20] 魏晨, 刘桂芳, 游伟, 等. 6 种反刍动物常用粗饲料在肉牛瘤胃中的降解规律比较[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(4): 1666-1675.
- [21] 李英英, 丁立人, 朱平华, 等. 复合菌固态发酵对大豆皮营养价值的影响[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(6): 4041-4049.
- [22] 王晓璐, 罗会颖, 姚斌. 饲料霉菌毒素的生物降解研究进展[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(10): 6152-6159.
- [23] 李瑞银, 张增贤, 张秀江, 等. 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化和免疫指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2021, 33(7): 3914-3924.
- [24] 万里, 吴国芳, 王磊, 等. 复合菌发酵饲料条件优化及品质鉴定[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(5): 3358-3375.

Analysis of Nutritional Composition and Feeding Value of Sugarcane Bagasse in Panxi Area

LAI An-qiang¹, LUO Hao-cen¹, WANG Zhongcheng¹, JIN Ya-dong¹,
DENG Kai-mei², ZHAO Ning-bo², HUANG Wen-ming³, ZHANG Yi^{1*}

(1. College of Animal Science, Xichang University, Xichang, Sichuan 615000; 2. Liangshan Autonomous Prefecture Ningnan County Rural Industrial Technical Service Center, Ningnan, Sichuan 615400; 3. College of Animal Science, Southwest University, Chongqing 402460)

Abstract: [Method] In order to evaluate the feeding value of sugarcane bagasse as roughage for ruminant, three sugarcane bagasse were comprehensively evaluated from the nutritional composition, total sugar content, gross energy, mycotoxin content and feed relative value (RFV). [Result] The results showed as follows: (1) Based on dry matter (DM), there was no significant difference in the nutritional component of three sugarcane bagasse ($P < 0.05$). (2) There were significant differences in the mycotoxin contents of aflatoxin (AFB1), vomit toxin (DON) and zearalenone (ZEN) ($P < 0.05$), but the contents of three mycotoxin were within the limited range. (3) There was no significant difference in the gross energy, total sugar content and RFV ($P < 0.05$). The gross energy contents of the three sugarcanes bagasse were 16.34, 16.41 and 16.40 MJ/kg, respectively. The total sugar contents of three sugarcanes bagasse were 4.33%, 4.46%, and 4.51%, respectively. The RFV of three sugarcanes bagasse were 52.89, 53.25, and 54.74, respectively. [Conclusion] In conclusion, the levels of CP, EE, Ca and TP were low in Panxi area, while the contents of CF, NDF, ADF and ADL were high. The contents of AFB1, DON and ZEN were all within the limited range. In general, the feeding value of bagasse in Panxi was low.

Key words: sugarcane bagasse; feeding value; analysis