



李娟,于晓青,马键宇,等.青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊生长性能、消化代谢及肉品质的影响[J].南京农业大学学报,2024,47(2):351-358.

LI Juan, YU Xiaoqing, MA Jianyu, et al. Effects of replacing corn straw silage with sugarcane tip silage on growth performance, digestion and metabolism and meat quality of Hu sheep, 2024, 47(2): 351-358.

青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊生长性能、 消化代谢及肉品质的影响

李娟,于晓青,马键宇,邓凯平,冯旭,郑健,樊懿萱*

(南京农业大学羊业科学研究所,江苏南京 210095)

摘要: [目的] 本试验旨在探索青贮甘蔗梢替代青贮玉米秸秆作为肉羊日粮的可行性,并确定最佳的替代比例。[方法] 选取3月龄、体重相近[(20.15±2.18)kg]的健康湖羊公羔48只,随机分成4组,每组3个重复,分别用青贮甘蔗梢替代0%(对照组)、50%(A组)、75%(B组)、100%(C组)青贮玉米秸秆饲喂,预试期10d,正试期为60d。试验开始和结束时测定湖羊生产性能,并采集血液样品进行血清生化分析;饲喂试验结束后,从每组不同重复各选择1只湖羊屠宰,测定其屠宰性能及肉品质;从每组不同重复再挑选3只湖羊进行消化代谢试验,测定养分消化代谢参数。[结果] B组和C组平均日增重、胴体重和屠宰率显著高于A组和对照组($P<0.05$);B组和C组氮沉积量显著高于A组和对照组,A组、B组和C组的表观消化能和能量转化率均显著高于对照组;各组间血液生化指标、肉品质及肉营养成分均无显著差异($P>0.05$)。青贮甘蔗梢替代75%和100%青贮玉米秸秆可以显著提高湖羊生长性能和屠宰性能,而且对湖羊血清生化指标、组织器官发育和肉品质无不利影响。[结论] 青贮甘蔗梢可替代青贮玉米秸秆饲喂肉羊,且最佳替代比例为75%~100%。

关键词: 青贮甘蔗梢;湖羊;生长性能;消化代谢;屠宰性能;肉品质

中图分类号:S826.5

文献标志码:A

文章编号:1000-2030(2024)02-0351-08

Effects of replacing corn straw silage with sugarcane tip silage on growth performance, digestion and metabolism and meat quality of Hu sheep

LI Juan, YU Xiaoqing, MA Jianyu, DENG Kaiping, FENG Xu, ZHENG Jian, FAN Yixuan*

(Institute of Sheep Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: [Objectives] The purpose of the trial was to explore the feasibility of using sugarcane tip silage to replace corn straw silage in diets of mutton sheep, and to evaluate the optimal replacement ration. [Methods] Forty-eight healthy male Hu sheep with similar body weight [(20.15±2.18)kg] were randomly divided into four groups, and each group had 3 replicates. Fed diets containing 0% (control), 50% (A group), 75% (B group), and 100% (C group) sugarcane tip silage replaced the corn straw silage. The experiment lasted for 60 d, including 10 d adapting period. The growth performance were determined at the beginning and end of the experiment, and blood sample were collected for serum biochemical analysis. One sheep was selected from each group and 3 sheep were killed to measure slaughter performance and meat quality after the feeding trial. Three sheep of each group were selected for digestion and metabolism tests to determine digestion and metabolism test parameters. [Results] The average daily gain, carcass weight and slaughter rate in B group and C group were significantly higher than those of A group and control group ($P<0.05$). The nitrogen deposition in B group and C group were significantly higher than those of A group and control group ($P<0.05$). Compared with the control group, the apparent digestibility and energy conversion efficiency of group A, B and C significantly increased. There were no treatment differences in blood biochemical parameters, meat quality and nutritional composition of meat ($P>0.05$). Using sugarcane tip silage of 75% and 100% to replace corn straw silage significantly improved the growth performance and slaughter performance of Hu sheep, and had no effect on serum biochemical indexes, tissue and organ development and meat quality of Hu sheep. [Conclusions] Sugarcane tip silage can replace corn straw silage to feed sheep, and the optimal replacement rate was 75%–100%.

Keywords: sugarcane tip silage; Hu sheep; growth performance; digestion and metabolism; slaughter performance; meat quality

收稿日期:2023-02-20

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFD1300202)

*通信作者:樊懿萱,高级实验师,主要从事肉羊营养调控研究, E-mail: fanyixuan@njau.edu.cn。

羊肉富含多种可消化氨基酸、微量元素和维生素,其脂肪和胆固醇含量低,具有促进血液循环、补血益气等保健作用,深受大众的青睐。随着生活水平的不断提升,人们对高品质羊肉的需求日益增加^[1]。羊肉品质受到多种因素的影响,饲料组成是主要影响因素之一。青贮饲料能够保持青绿饲料中水分以及各种营养物质,促进畜禽采食量的增加^[2]。因此寻找合适的青贮饲料原料十分重要。我国南方地区人口密集,人均耕地不足,饲料资源紧缺,限制了肉羊养殖规模,因此加强对非常规饲料的开发与利用成为缓解饲料供应,降低养殖成本的首要途径。青贮玉米秸秆是畜禽日粮主要来源,但人畜争粮、玉米锈病^[3]及对低成本饲料原料的需求,导致玉米逐渐不能满足畜牧行业的发展。因此,寻找合适的替代饲料原料对缓解粮食危机以及促进牛羊养殖具有重要意义。甘蔗梢是甘蔗产业的废弃物,占甘蔗全株的20%左右,其含糖量高、含有丰富蛋白质、氨基酸和维生素。甘蔗收获期处于南方枯草期,合理利用甘蔗梢可以有效解决反刍动物季节性饲料短缺问题,其成本较低、易于收购,可以降低养殖成本,提高养殖经济效益。但是,甘蔗梢水分含量较高,易发霉变质。甘蔗梢青贮处理可改善其适口性、提高其饲料消化利用率,并延长保存时间^[4]。目前,青贮甘蔗梢在提高泌乳奶牛产奶量和奶品质、肉牛育肥中应用较多^[5-6],但是,作为肉羊饲料原料的应用较少,而且,对青贮甘蔗梢替代青贮玉米秸秆的适宜比例及其在肉羊瘤胃中的消化代谢规律缺乏系统研究。

本试验以湖羊为研究对象,研究青贮甘蔗梢不同比例替代青贮玉米秸秆对湖羊生长性能、血清生化指标、屠宰性能、肉品质及消化代谢的影响,以此评估青贮甘蔗梢对湖羊生长性能和生理学的影响,为合理利用甘蔗梢进行肉羊育肥提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲养管理

选择体重相近 $[(20.15 \pm 2.18) \text{ kg}]$ 、健康状况良好的3月龄湖羊公羔48只,随机分成4组,每组3个重复,每个重复4只试验羊。4组试验羊分别用裹包处理发酵状态良好的青贮甘蔗梢替代0%、50%、75%、100%的青贮玉米秸秆进行饲喂,其中以0%的替代组为对照组,其余3组依次为A组、B组、C组。湖羊日粮参照《肉羊饲养标准:NY/T 816—2004》配制。饲料配方见表1。整个试验期为70 d,预试期为10 d,正式试验期为60 d。试验开始前清洗并消毒羊舍,对所有试验羊进行驱虫和防疫等处理,试验期间每日饲喂3次(07:00、13:00和19:00),自由采食及饮水。精确记录各试验组投料量,每日21:00各组分别清理剩料量并称重,计算日平均采食量。

表1 日粮及营养组成水平(干物质基础)

Table 1 Dietary and nutritional composition levels(dry matter basis)

项目 Items	对照组 Control	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
原料组成 Ingredients composition				
青贮玉米秸秆/% Corn straw silage	40	20	10	0
青贮甘蔗梢/% Sugarcane top silage	0	20	30	40
玉米/% Corn	35	35	35	35
麸皮/% Wheat bran	7.50	8.17	8.50	8.87
豆粕/% Soybean meal	13.57	12.90	12.57	12.20
预混料/% Premix	3.5	3.5	3.5	3.5
食盐/% Salt	0.43	0.43	0.43	0.43
营养组成 Nutrient composition				
消化能/(MJ·kg ⁻¹) Digestible energy	9.58	9.58	9.58	9.58
粗蛋白质/% Crude protein	13.29	13.29	13.30	13.30

注:预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe 56 mg, Cu 15 mg, Mn 30 mg, Zn 40 mg, I 1.5 mg, Se 0.2 mg, Co 0.25 mg, S 3.2 g, 维生素 A Vitamin A 2 150 IU, 维生素 D Vitamin D 170 IU, 维生素 E Vitamin E 13 IU, 超浓缩源康宝 Super-concentrated Yuankangbao 2.7 g, 2%莫能霉素 Monensin 1.6 g, Na₂SO₄ 10.1 g.

1.2 试验方法

1.2.1 青贮甘蔗梢的制备 新鲜‘青皮果蔗’甘蔗梢水分含量为67%~75%,将其用揉丝机揉搓为长度2~5 cm,不添加其他物质,采用拉伸膜裹包密封(每包50 kg),常温(5~20℃)密封、发酵,取样评定合格后使

用。营养成分见表 2。

表 2 青贮甘蔗梢与青贮玉米秸秆营养成分(干物质基础)

Table 2 Nutrient content of sugarcane top silage and corn straw silage(DM basis)

项目 Item	青贮玉米秸秆 Corn straw silage	青贮甘蔗梢 Sugarcane top silage	项目 Item	青贮玉米秸秆 Corn straw silage	青贮甘蔗梢 Sugarcane top silage
干物质 Dry matter(DM)	34.67±0.32	34.91±0.33	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF)	68.32±1.35	67.73±1.42
粗蛋白 Crude protein(CP)	8.00±0.16	9.02±0.08	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber(ADF)	47.61±1.11	42.32±1.12
粗脂肪 Ether extract(EE)	3.04±0.21	3.91±0.12	钙 Calcium(Ca)	0.38±0.01	0.22±0.02
粗灰分 Crude ash(Ash)	8.47±0.33	9.24±0.46	磷 Phosphorus(P)	0.23±0.02	0.14±0.01

1.2.2 生长性能测定 正式试验第 1 天体重为初始体重,之后每 10 d 对试验羊称重 1 次(早晨空腹状态),试验结束时再称重(末重),同时记录每天羊的投料量及剩料量。试验结束后计算整个试验期间湖羊的净增重(net gain,NG)、平均日增重(average day gain,ADG)、平均日采食量(sverage daily feed in-take,ADFI)以及料重比(feed to gain ratio,F/G)。

1.2.3 血液生化指标测定 正式试验第 1 天和试验结束时,于晨饲前对所有试验羊经行颈静脉采血,血样放入促凝管中用冰盒保存,并当天送往泰州市第四人民医院使用迈瑞 BS-420 型全自动生化分析仪测定试验羊的总蛋白(total protein,TP)、白蛋白(albumin,ALB)、血糖(glucose,GLU)、尿素氮(blood urea nitrogen,BUN)、胆固醇(cholesterol,CHOL)、甘油三酯(triglyceride,TG)。并计算球蛋白(globulin,GLOB)含量和血清白蛋白/球蛋白。

1.2.4 屠宰指标测定 饲养试验结束后,从每组不同重复均选取 1 只试验羊(接近平均体重)屠宰。屠宰前 24 h 禁食,2 h 禁水。分割胴体并称重,测量眼肌面积,计算屠宰率。屠宰前称取所有试验羊宰前活重,屠宰剥皮去除头、蹄以及内脏器官后称量胴体重,并分别称取内脏器官(心、肺、肝、脾、肾等)、消化器官(包括瘤胃、瓣胃、网胃、皱胃、小肠和大肠等)及血重。

1.2.5 肉品质测定 屠宰后检测背最长肌中眼肌面积、肉色(45 min)、pH 值(pH_{0h} 和 pH_{24h})、滴水损失以及瘦肉率。同时采集每只试验羊的背最长肌 100 g,将样品冷冻干燥,研磨成粉末,分别测定其水分、粗脂肪、粗灰分以及粗蛋白质的含量。

1.2.6 表观消化率的测定 从每组不同重复各选取 1 只羊(共 3 只)置于代谢笼中进行消化代谢试验,预试期 10 d、正式期 5 d。每日饲喂 3 次(分别是 07:00、13:00 和 19:00),自由采食及饮水。正式试验期间,记录每日采食量和剩料量,将 5 d 的剩料样混匀;每天晨饲 1 h 后收集全部粪尿,记录并称重,按总重 10% 采样并加入 10% 稀盐酸进行固氮,分别将 5 d 粪样和尿样混合。按照《饲料分析及饲养质量检测技术》中的方法测定日粮和粪的干物质、粗蛋白质(氮)含量和总能,测定尿中的粗蛋白质(氮)含量。分析各试验组羔羊对干物质、氮、能量的消化率和氮平衡。

1.3 数据统计

采用 Excel 2020 整理试验数据,用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析和 LSD 法多重比较,结果以平均数±标准误($\bar{x}\pm SE$)表示($P<0.05$ 时为差异显著)。

2 结果与分析

2.1 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊生长性能的影响

由表 3 可知:各组试验羊初始体重差异不显著($P>0.05$),末重 C 组湖羊体重(33.39 ± 0.91)kg 显著高于 A 组和对照组($P<0.05$)。B 组和 C 组平均日增重显著高于 A 组和对照组($P<0.05$),B 组和 C 组料重比显著低于 A 组和对照组($P<0.05$)。表明使用不同比例青贮甘蔗梢替代青贮玉米秸秆饲喂湖羊可以显著增加湖羊体重、平均日增重。各试验组湖羊日均采食量差异不显著($P>0.05$)。

2.2 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊营养物质消化代谢率的影响

从表 4 可见:B 组和 C 组氮吸收量和摄入能量显著高于 A 组和对照组($P<0.05$)。C 组氮吸收率和氮表观消化率均显著高于对照组和 A 组($P<0.05$)。A 组、B 组和 C 组的表观消化能和能量转化率均显著高于对照组($P<0.05$)。各组之间尿氮、粪氮和粪能均无显著差异($P>0.05$)。

表3 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊生长性能的影响(干物质基础)

Table 3 The effect of replacing corn straw silage with sugarcane top silage on the growth performance of Hu sheep

项目 Items	对照组 Control	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
初始体重/kg Initial body weight (IBM)	19.92±0.81	19.44±0.83	20.05±0.92	20.58±0.75
末重/kg Final body weight (FBW)	30.13±0.65 ^b	30.14±1.04 ^b	32.24±0.60 ^{ab}	33.39±0.91 ^a
平均日增重/(g·d ⁻¹) Average daily gain (ADG)	187.99±4.10 ^c	208.65±2.65 ^b	239.22±9.18 ^a	250.44±9.59 ^a
日均采食量/(kg·d ⁻¹) Average daily feed intake (ADFI)	1.28±0.16	1.31±0.12	1.32±0.11	1.33±0.12
料重比 Feed conversion ratio (F/G)	6.81±0.82 ^a	6.28±0.76 ^a	5.52±0.92 ^b	5.31±0.89 ^b

注:同一行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Values in the same line with different small letters are significantly different ($P<0.05$). The same below.

表4 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对消化代谢的影响(干物质基础)

Table 4 The effect of replacing corn straw silage with sugarcane top silage on digestion and metabolism

项目 Items	对照组 Control	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
干物质消化率/(g·d ⁻¹) Dry matter digestibility	60.74±2.57	61.71±2.22	63.71±2.01	66.95±3.15
摄入氮/(g·d ⁻¹) N intake	32.21±0.86	32.36±0.74	32.96±0.24	33.23±0.42
粪氮/(g·d ⁻¹) Fecal N	9.63±0.49	9.39±0.51	9.14±0.59	8.05±0.18
尿氮/(g·d ⁻¹) Urine N	12.64±0.83	12.75±0.39	12.32±0.28	12.31±0.17
氮吸收量/(g·d ⁻¹) Nitrogen absorption	9.93±0.46 ^b	9.91±0.42 ^b	11.50±0.63 ^a	12.87±0.10 ^a
氮吸收率/% Nitrogen absorption rate	31.00±2.00 ^b	31.05±1.01 ^b	35.04±2.08 ^{ab}	38.67±0.33 ^a
氮表观消化率/% Apparent nitrogen digestibility	70.33±0.88 ^b	71.00±1.16 ^b	72.33±1.76 ^{ab}	75.67±0.33 ^a
摄入能量/(MJ·d ⁻¹) Energy intake	24.63±0.66 ^c	25.41±0.58 ^c	27.61±0.20 ^b	30.35±0.38 ^a
粪能/(MJ·d ⁻¹) Fecal energy	11.98±0.96	10.59±0.52	11.09±0.12	11.10±0.31
表观消化能/(MJ·d ⁻¹) Apparent digestibility	12.66±0.52 ^c	14.99±0.58 ^b	16.52±0.26 ^b	19.25±0.46 ^a
能量转化率/% Energy conversion rate	51.49±2.79 ^b	59.02±2.09 ^a	59.81±0.59 ^a	63.44±1.80 ^a

2.3 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊血液生化指标的影响

由表5可知:青贮甘蔗梢不同比例替代青贮玉米秸秆各组湖羊各项血清生化指标均无显著差异($P>0.05$)。

表5 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊血液生化指标水平的影响

Table 5 Effects of replacing corn straw silage with sugarcane top silage on levels of blood biochemical indices of Hu Sheep

项目 Items	检测时间/d Determined time	对照组 Control	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
总蛋白/(g·L ⁻¹) Total protein (TP)	1	60.33±0.89	58.43±1.72	64.03±1.02	60.53±1.03
	60	62.70±2.83	65.39±1.30	66.44±0.82	65.06±1.20
白蛋白/(g·L ⁻¹) Albumin (ALB)	1	32.20±1.41	27.83±2.20	33.57±1.93	31.68±1.52
	60	34.91±1.64	36.65±0.95	36.93±0.98	36.03±0.62
球蛋白/(g·L ⁻¹) Globulin (GLO)	1	28.13±0.68	30.60±2.21	30.47±1.86	28.85±0.87
	60	27.79±1.73	28.74±1.52	29.51±1.15	29.04±0.97
白蛋白/球蛋白 (ALB/GLO)	1	1.15±0.09	0.93±0.15	1.13±0.12	1.10±0.07
	60	1.29±0.09	1.30±0.09	1.27±0.07	1.24±0.05
尿素氮/(mmol·L ⁻¹) Urea nitrogen (BUN)	1	6.80±0.64	6.00±0.40	6.08±0.63	5.40±0.73
	60	7.90±0.99	7.84±0.66	9.02±0.52	8.06±0.83
血糖/(mmol·L ⁻¹) Glucose (GLU)	1	5.43±0.26	4.80±0.32	5.40±0.39	4.27±0.17
	60	4.40±0.17	3.50±0.19	3.20±0.21	3.84±0.26
甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) Triglyceride (TG)	1	0.28±0.02	0.35±0.04	0.22±0.03	0.34±0.06
	60	0.24±0.04	0.27±0.02	0.23±0.22	0.26±0.01
总胆固醇/(mmol·L ⁻¹) Total cholesterol (CHOL)	1	1.46±0.22	1.33±0.22	1.19±0.31	1.55±0.10
	60	1.45±0.13	1.47±0.08	1.41±0.08	1.60±0.07

2.4 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊屠宰指标与肉品质的影响

由表6可知:各组间内脏器官、消化器官重以及宰前活重均无显著差异($P>0.05$),但B组和C组试验羊的胴体重和屠宰率显著高于A组和对照组($P<0.05$)。

由表7可知:各组湖羊背最长肌的眼肌面积、亮度、红度、黄度、pH_{0h}、pH_{24h}、滴水损失和熟肉率均无显著差异($P>0.05$),各组背最长肌的水分、粗脂肪、粗蛋白和粗灰分含量也均无显著差异($P>0.05$)。

表 6 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊屠宰率及内脏器官重的影响
Table 6 The effect of replacing corn straw silage with sugarcane top silage on slaughter rate and visceral organ weight of Hu sheep

项目 Items	对照组 Control	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
心重/g Heart weight	148.30±20.10	129.53±11.62	141.37±5.29	119.63±3.59
肺重/g Lung weight	653.27±5.37	663.03±11.49	646.33±9.08	677.80±5.85
肝重/g Liver weight	710.80±37.24	661.10±30.58	667.00±14.94	593.13±21.08
脾重/g Spleen weight	49.23±7.71	51.53±0.48	42.87±5.59	42.53±2.17
肾重/g Kidney weight	62.00±1.14	68.87±17.32	53.10±1.40	52.73±3.25
瘤胃重/g Rumen weight	651.73±21.32	673.00±29.29	615.93±29.05	645.91±31.53
网胃重/g Reticulum weight	104.17±11.97	99.97±4.05	91.37±10.58	99.67±11.90
瓣胃重/g Omasum weight	100.33±16.40	87.53±6.77	92.93±10.44	95.17±5.98
皱胃重/g Abomasum weight	207.23±44.93	197.53±8.72	173.47±5.85	162.80±8.83
胰腺重/g Pancreas weight	15.90±1.71	15.53±1.18	17.90±1.96	19.57±1.87
小肠重/g Small intestine weight	737.83±78.90	699.27±83.04	806.77±13.03	683.67±37.77
大肠重/g Large intestine weight	322.53±33.74	322.90±29.49	307.47±15.47	365.77±8.94
血重/kg Blood weight	1.30±0.18	1.25±0.03	1.22±0.13	1.32±0.06
宰前活重/kg Slaughter weight	31.12±0.75	30.42±0.33	31.70±0.78	31.98±0.70
胴体重/kg Carcass weight	13.81±0.03 ^b	13.67±0.50 ^b	15.08±0.22 ^a	15.64±0.26 ^a
屠宰率/% Slaughter rate	44.42±1.07 ^b	44.75±0.69 ^b	47.61±0.50 ^a	48.92±0.35 ^a

表 7 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊背最长肌肉品质的影响(鲜重基础)

Table 7 The effect of replacing corn straw silage with sugarcane top silage on the quality of the longest back muscle of Hu sheep (fresh weight basis)

项目 Items	对照组 Control	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
水分含量/% Water content	78.23±1.05	76.10±0.68	75.72±0.43	75.71±0.48
粗脂肪含量/% Ether extract content	1.97±0.29	2.19±0.54	2.54±0.46	2.46±0.27
粗蛋白/% Crude protein content	18.37±0.97	20.16±0.06	20.66±0.43	20.49±0.36
粗灰分/% Crude ash content	1.12±0.07	1.25±0.07	1.21±0.04	1.16±0.01
眼肌面积/cm ² Eye muscle area	18.57±0.55	19.33±0.70	20.05±0.68	21.70±1.13
亮度(L*) Lightness	34.36±0.41	35.08±0.32	35.72±0.74	34.56±0.64
红度(a*) Red	11.79±0.80	10.42±0.72	9.98±0.76	10.88±0.64
黄度(b*) Yellow	11.77±0.31	12.18±0.34	11.44±0.26	11.52±0.42
pH _{0h}	6.78±0.07	6.84±0.08	6.84±0.09	6.89±0.04
pH _{24h}	5.84±0.11	5.73±0.03	5.72±0.06	5.73±0.02
滴水损失/% Drip loss	10.53±1.44	9.44±0.72	11.52±1.36	10.87±0.60
熟肉率/% Cooking rate	50.76±0.49	50.54±0.86	49.53±0.53	48.95±0.38

3 讨论

3.1 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊生长性能的影响

甘蔗中粗纤维含量较高,将甘蔗梢进行青贮发酵处理可以将粗纤维变松软,并产生醇类和醛类等芳香类物质,改善其适口性、增加动物采食量、提高平均日增重以及降低料重比。此外,甘蔗梢青贮发酵后质地鲜绿多汁,能够较好保留蛋白质和维生素等营养物质。de Sacramento-Ribeiro 等^[7]使用青贮玉米、无脊仙人掌和甘蔗渣饲喂绵羊后发现:饲喂甘蔗梢和无脊仙人掌组的平均日增重显著高于青贮玉米组,料重比显著低于青贮玉米组。王俊等^[8]研究发现,饲喂玉米秸秆、甘蔗梢与木薯渣混贮饲料的肉牛平均日增重和干物质采食量比单独饲喂玉米秸秆增加。本试验结果显示,青贮甘蔗梢不同比例替代青贮玉米秸秆可以显著提高湖羊日增重,这与上述文献报道一致。使用青贮甘蔗梢替代 75%和 100%青贮玉米秸秆时,湖羊平均日增重增加最明显。可能原因是甘蔗梢能量水平高,富含糖分、蛋白质和维生素等营养成分,随着青贮甘蔗梢替代青贮玉米秸秆比例的增大,湖羊日增重显著增加,料重比减少。Yerradoddi 等^[9]研究表明,饲料中能量水平对平均日增重有显著影响,与王文庶等^[10]以青贮甘蔗梢饲喂肉牛的结果相一致。云南是我国甘蔗的主要种植地,以云南耿马县为例,2020—2021 年甘蔗副产物达到 40 万 t,代替玉米青贮饲料可解决饲草不足的问题^[11]。2022 年惠农网青贮玉米秸秆市场价格约为 380 元·t⁻¹,青贮甘蔗梢市场价格约

320元·t⁻¹。本试验中用青贮甘蔗梢替代0%(对照组)、50%(A组)、75%(B组)、100%(C组)青贮玉米秸秆,C组料重比最低,饲喂效果最好,与对照组相比可以节省成本60元·t⁻¹。因此,本试验研究结果说明在日粮中以青贮甘蔗梢替代青贮玉米不仅能改善湖羊生长性能,还能有效降低湖羊饲养成本,提高经济效益,并缓解湖羊冬季鲜草不足的状况。

3.2 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊日粮消化率、氮代谢及能量表观消化率的影响

干物质消化率是动物对饲料消化特性的综合反映,不同饲料的干物质在瘤胃中的降解率存在差异。本试验中,随着青贮甘蔗梢替代玉米秸秆的比例增加,干物质消化率提高。其原因可能是青贮甘蔗梢中酸性洗涤纤维含量低而提高了动物饲料消化率和营养物质转化率^[12]。卢连强等^[13]给安格斯肉牛饲喂高低能量饲料发现,高能组中干物质消化率显著高于低能组。本试验中,青贮甘蔗梢替代75%和100%青贮玉米秸秆的氮吸收率和氮表观消化率均显著高于对照组和替代50%青贮玉米秸秆组。胡海超等^[14]研究表明,不同比例王草和木薯茎叶混合青贮后酸性洗涤纤维含量低,饲草消化率更高,易被家畜消化吸收。魏彩艳等^[15]研究发现,用4种不同蛋白水平日粮饲喂陕北绒山羊,随着日粮中蛋白水平的增加,氮表观消化率和吸收氮增加。这与本试验结果相似,青贮甘蔗梢中酸性洗涤纤维含量较低,随着试验组青贮甘蔗梢比例增加,消化率也升高。

饲料的有效利用率可通过养分表观消化率来衡量,养分表观消化率越高,对饲料的有效利用率越高。本试验各组饲料消化能相同,但试验组的表观消化能显著高于对照组,这可能由于饲料粗纤维含量不同引起的。研究证明,饲料中含有适当水平粗纤维时可以提高表观消化能,但粗纤维含量过高会降低表观消化能^[16]。青贮玉米秸秆中粗纤维含量较高^[17],导致试验组表观消化能较对照组较高。

3.3 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊血液生化指标的影响

血尿素氮是畜禽体内蛋白质代谢的含氮最终产物,其水平代表畜禽机体的蛋白质与氨基酸转化代谢的能力,当肾功能受损时,血尿素氮浓度升高^[16]。饲料类型可以影响由唾液进入瘤胃中的尿素氮。唐振华等^[17]研究表明,畜禽日粮中蛋白质含量和能量水平影响血液尿素氮浓度。本试验结果表明,青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米秸秆对湖羊血清TP、ALB、GLO、BUN水平以及ALB/GLO影响不显著,说明青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米秸秆并不影响湖羊对含氮化合物的利用。

血清中GLU水平可以反映畜禽机体对糖类物质消化、吸收代谢的动态,机体GLU浓度升高表明畜禽对营养物质吸收提高以及新陈代谢加快^[8]。Wang等^[18]研究表明畜禽日粮中能量水平越高,血清中GLU含量越高,胆固醇(CHOL)和甘油三酯(TG)是动物体血液脂肪的重要组成部分,其水平在一定程度上也可以反映畜禽机体对脂类的吸收代谢情况。在本试验中,各试验组湖羊血清中GLU、CHOL和TG含量差异不显著,且都在正常范围。上述结果说明,青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米秸秆不会导致湖羊机体内糖类和脂类代谢的明显变化,对肉羊健康不会产生不利影响。

3.4 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊屠宰性能的影响

屠宰性能是判断畜禽生产性能的一项重要指标,其中屠宰率与肉羊产肉能力呈正相关,胴体重和屠宰率等指标是影响畜禽养殖业经济效益主要因素,不同的饲料组成会影响动物的屠宰性能。本试验中,B组和C组的屠宰率和胴体重显著高于A组和对照组,这可能由于青贮甘蔗梢中干物质、粗蛋白和粗脂肪等含量高于青贮玉米秸秆。饲料中干物质含量越高,饲料的营养价值越高。粗脂肪含量高可以提高饲料的适口性,促进畜禽采食。研究表明,与青贮玉米秸秆相比,饲喂青贮甘蔗梢的肉牛采食量及屠宰性能显著提高^[11],与本研究结果一致。顾文婕等^[19]使用不同代谢能和粗纤维水平日粮饲喂雏鹅发现,低代谢能和中粗纤维水平组雏鹅的屠宰率最高,高代谢能和高粗纤维水平组屠宰率最低。以上结果均表明日粮为中代谢能、低粗纤维水平时雏鹅的屠宰性能最佳。本试验中,青贮甘蔗梢的粗纤维含量较青贮玉米秸秆低,饲料中添加青贮甘蔗梢组屠宰率显著高于对照组。表明在湖羊饲料中添加青贮甘蔗梢有助于营养物质在其体内的沉积。

3.5 青贮甘蔗梢替代玉米秸秆对湖羊肉品质的影响

红度是影响肉色的主要因素,红度越高,肉品质越好^[20]。肉色取决于肌红蛋白的含量以及pH值。肉的pH值是判断肉品质的重要指标之一,正常屠宰后,体内氧气供应不足,羊肉肌糖原进行糖酵解作用,肌肉中的乳酸等物质会随时间逐渐积累,肌肉pH值下降,一般在屠宰24h后pH值为5.4~5.8^[21]。系水力、滴水损失可以表示肌肉的保水性能^[22]。本试验中,各试验组湖羊肌肉的肉色、pH_{0h}、pH_{24h}、滴水损

失和熟肉率等都在正常范围,且各组无显著差异。

眼肌面积可反映家畜胴体性能及肉品质的高低。Liu 等^[23]研究发现使用不同比例桑叶替代蛋白质来源饲料喂香村黑猪,各试验组眼肌面积无显著差异。本试验中,各组之间眼肌面积无显著差异,间接说明青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米对湖羊胴体性能和肉品质无显著影响。本试验结果还表明,青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米秸秆未对湖羊背最长肌水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量产生显著影响。上述结果说明,青贮甘蔗梢替代不同比例青贮玉米秸秆喂湖羊对羊肉品质没有造成不利影响。综上所述,青贮甘蔗梢可以替代青贮玉米秸秆作为肉羊饲料,且最佳替代比例为 75%~100%。

参考文献 References:

- [1] Chikwanha O C, Vahmani P, Muchenje V, et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing[J]. *Food Research International*, 2018, 104: 25-38.
- [2] 房巍慧. 青贮饲料对肉羊生长发育及肉品质的影响[J]. *中国畜禽种业*, 2021, 17(12): 116-117.
Fang W H. Effects of silage on growth and meat quality of mutton sheep[J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2021, 17(12): 116-117 (in Chinese).
- [3] Olukolu B A, Tracy W F, Wissler R, et al. A genome-wide association study for partial resistance to maize common rust[J]. *Phytopathology*, 2016, 106(7): 745-751.
- [4] Ren F Y, He R C, Zhou X K, et al. Dynamic changes in fermentation profiles and bacterial community composition during sugarcane top silage fermentation: a preliminary study[J]. *Bioresource Technology*, 2019, 285: 121315.
- [5] 李乔仙, 高月娥, 黄必志, 等. 甘蔗梢青贮对不同性别云南黄牛产肉性能的影响[J]. *中国草食动物科学*, 2015, 35(2): 20-23.
Li Q X, Gao Y E, Huang B Z, et al. Effect of sugarcane tip silage on the performances of different sex beef in Yunnan yellow cattle[J]. *China Herbivore Science*, 2015, 35(2): 20-23 (in Chinese with English abstract).
- [6] 张继宏, 叶建超, 毛华明. 不同青贮饲料与浓缩料对泌乳牛奶量和品质对比试验[J]. *中国畜禽种业*, 2020, 16(7): 138-140.
Zhang J H, Ye J C, Mao H M. Comparative experiment of different silage and concentrated feed on the quantity and quality of lactating milk[J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2020, 16(7): 138-140 (in Chinese).
- [7] do Sacramento-Ribeiro J, Santos L L, de Lima-Júnior D M, et al. Spineless cactus associated with Tifton hay or sugarcane bagasse may replace corn silage in sheep diets[J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2017, 49(5): 995-1000.
- [8] 王俊, 姜源明, 李显, 等. 玉米秸秆、甘蔗梢与木薯渣混贮饲料育肥肉牛效果试验[J]. *广西农学报*, 2016, 31(4): 53-55.
Wang J, Jang Y M, Li X, et al. Experiment on the effect of fattening beef cattle by storage feed of maize straw, sugar cane stick and cassava dregs[J]. *Journal of Guangxi Agriculture*, 2016, 31(4): 53-55 (in Chinese with English abstract).
- [9] Yerradoddi R R, Ali Khan A, Mallampalli S R, et al. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs[J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2015, 47(4): 743-749.
- [10] 王文庶, 孟跃云, 张德杏, 等. 青贮甘蔗梢喂肉牛效果试验[J]. *中国畜禽种业*, 2009, 5(5): 146-148.
Wang W S, Meng Y Y, Zhang D X, et al. Experimental study on the effect of slightly feeding beef cattle with silage cane[J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2009, 5(5): 146-148 (in Chinese).
- [11] 王智能, 杨柳, 杨婷, 等. 云南 5 个主要甘蔗品种蔗叶的营养成分分析[J]. *饲料研究*, 2022, 45(23): 93-97.
Wang Z N, Yang L, Yang T, et al. Analysis of nutritional components in leaves of five main sugarcane varieties in Yunnan[J]. *Feed Research*, 2022, 45(23): 93-97 (in Chinese with English abstract).
- [12] 黄品, 祖晓伟, 王新民, 等. 不同比例的青贮苜蓿对肉兔生长性能、养分表观消化率和抗氧化性能的影响[J]. *饲料研究*, 2023, 46(5): 56-60.
Huang P, Zu X W, Wang X M, et al. Effect of different proportions of silage alfalfa on growth performance, nutrient apparent digestibility and antioxidant properties of meat rabbits[J]. *Feed Research*, 2023, 46(5): 56-60 (in Chinese with English abstract).
- [13] 卢连强, 史长笑, 郝日康, 等. 饲料能量水平对安格斯公牛生长性能、养分表观消化率和血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(7): 4464-4473.
Lu L Q, Shi C X, Hao R K, et al. Effects of dietary energy levels on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indices of Angus bulls[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(7): 4464-4473 (in Chinese with English abstract).
- [14] 胡海超, 周璐丽, 王定发, 等. 木薯茎叶和王草不同混合比例青贮对饲料品质的影响[J]. *热带农业科学*, 2021, 41(3): 120-124.
Hu H C, Zhou L L, Wang D F, et al. Effects of cassava-king grass silage at different ratios of cassava stems and leaves to king grass on feed quality[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2021, 41(3): 120-124 (in Chinese with English abstract).
- [15] 魏彩艳, 王红梅. 日粮蛋白水平对陕北绒山羊生长性能和氮表观消化率的影响[J]. *养殖与饲料*, 2023, 22(1): 28-31.
Wei C Y, Wang H M. Effect of dietary protein level on growth performance and apparent nitrogen digestibility of Shanbei cashmere goats[J]. *Animals Breeding and Feed*, 2023, 22(1): 28-31 (in Chinese with English abstract).
- [16] 樊君, 王芳, 上官明军, 等. 饲料中添加荞麦秸秆对家兔生长性能、营养物质表观消化率及表观消化能的影响[J]. *饲料研究*, 2021, 44(7): 73-77.

- Fan J, Wang F, Shangguan M J, et al. Effect of buckwheat straw diet supplemented on growth performance, nutrient apparent digestibility and apparent digestible energy of meat rabbits[J]. *Feed Research*, 2021, 44(7): 73-77 (in Chinese with English abstract).
- [17] 唐振华, 周玲, 邹彩霞, 等. 青贮甘蔗尾、青贮玉米秸秆对生长水牛生长性能、消化代谢及血液生化指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2016, 43(1): 92-100.
- Tang Z H, Zhou L, Zou C X, et al. Effect of sugarcane tops silage and corn straw silage on the growth performance, digestion and metabolism, and blood biochemical indexes of growing buffalo[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2016, 43(1): 92-100 (in Chinese with English abstract).
- [18] Wang Y C, Wang Q Y, Dai C P, et al. Effects of dietary energy on growth performance, carcass characteristics, serum biochemical index, and meat quality of female Hu lambs[J]. *Animal Nutrition*, 2020, 6(4): 499-506.
- [19] 顾文婕, 周根来, 王文浩, 等. 日粮代谢能和粗纤维水平对雏鹅屠宰性能的影响[J]. *安徽农业科学*, 2022, 50(20): 67-70.
- Gu W J, Zhou G L, Wang W H, et al. Effects of dietary metabolizable energy and crude fiber levels on the slaughter performance of young geese[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2022, 50(20): 67-70 (in Chinese with English abstract).
- [20] Calnan H B, Jacob R H, Pethick D W, et al. Selection for intramuscular fat and lean meat yield will improve the bloomed colour of Australian lamb loin meat[J]. *Meat Science*, 2017, 131: 187-195.
- [21] Werdi Pratiwi N M, Murray P J, Taylor D G. Feral goats in Australia: a study on the quality and nutritive value of their meat[J]. *Meat Science*, 2007, 75(1): 168-177.
- [22] Holman B W B, Alvarenga T I R C, Hopkins D L. The effect of fibre orientation, measurement interval and muscle on lamb meat drip loss values[J]. *Meat Science*, 2020, 161: 107959.
- [23] Liu Y Y, Li Y H, Peng Y L, et al. Dietary mulberry leaf powder affects growth performance, carcass traits and meat quality in finishing pigs[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2019, 103(6): 1934-1945.

责任编辑: 周广礼