

莲蓬壳作为肉羊粗饲料的营养价值及其在不同品种肉羊中的饲用价值

李文杨¹ 吴贤锋¹ 黄勤楼^{1,2*} 刘远^{1*}

(1.福建省农业科学院畜牧兽医研究所,福州 350013;2.福建省农业科学院,福州 350001)

摘要: 为了研究莲蓬壳在肉羊中的饲料化利用,本试验测定分析了莲蓬壳的常规营养成分含量,并开展了莲蓬壳在不同品种肉羊体内的消化代谢试验。体内消化代谢试验采用两因素 3×4 随机区组设计,两因素分别为肉羊品种(湖羊、努比亚山羊和福清山羊)和莲蓬壳替代基础饲料比例(0、20%、40%和60%)。每个肉羊品种选择体况良好、体重相近的7~8月龄羯羊12只,随机分为4组(每组3只,每只试验羊单独圈养于自制消化代谢笼),分别饲喂基础饲料(精粗比3:7)和3种试验饲料(以20%、40%和60%莲蓬壳替代基础饲料),采用全收粪尿法测定饲料中各营养物质表观消化率,并计算3种试验饲料中莲蓬壳的营养物质表观消化率和有效能值。结果显示:1)莲蓬壳的总能(GE)、消化能(DE)、代谢能(ME)以及粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、木质素(ADL)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)和磷(P)[干物质(DM)基础]含量分别为16.95 MJ/kg、7.86 MJ/kg、6.45 MJ/kg、8.00%、10.00 g/kg、73.25%、53.00%、24.72%、6.20%、0.41%和0.15%。2)肉羊品种对饲料中DM、GE和ADF的表观消化率有极显著影响($P<0.01$),对OM和NDF的表观消化率有显著影响($P<0.05$),以努比亚山羊对饲料中营养物质的消化能力最优;莲蓬壳替代比例对饲料中6种常规营养成分的表观消化率均有极显著影响($P<0.01$),饲料中DM、OM、CP、GE和NDF的表观消化率均随莲蓬壳替代比例的增加而降低;两因素的交互作用对饲料中各营养成分的表观消化率均无显著影响($P>0.05$)。3)除莲蓬壳替代比例对莲蓬壳中ADF的表观消化率具有极显著影响($P<0.01$)外,两因素及其交互作用对莲蓬壳中各营养成分的表观消化率均无显著影响($P>0.05$)。4)肉羊品种对粪氮、沉积氮、氮沉积率和氮生物学价值具有极显著影响($P<0.01$),努比亚山羊的沉积氮均显著高于湖羊和福清山羊($P<0.05$);莲蓬壳替代比例对粪氮、沉积氮和氮沉积率存在极显著影响($P<0.01$),对尿氮和氮生物学价值存在显著影响($P<0.05$),以20%替代组的氮生物学价值最高,其次为40%替代组,两者均显著高于60%替代组($P<0.05$);两因素的交互作用对尿氮存在显著影响($P<0.05$)。5)莲蓬壳的粗饲料分级指数(GI)值为0.69,属于第5级。基于本研究结果,莲蓬壳可以作为肉羊粗饲料进行利用,但其ADL含量较高,粗饲料GI值偏低,在肉羊饲料中配比不宜超过40%;肉羊对莲蓬壳中营养物质的消化利用率受肉羊品种及其替代饲料比例的影响较小;在饲喂相同营养水平饲料条件下,努比亚山羊对饲料中各营养物质的消化利用率优于湖羊和福清山羊。

关键词: 莲蓬壳;肉羊;饲用价值;替代法;表观消化率

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)10-4931-12

收稿日期:2020-04-30

基金项目:中央引导地方科技发展专项(2018L3004);福建省发改委农业"五新"工程项目(fjgw201806);福建省省属公益类科研院所基本科研专项(2019R1026-10);福建省农业科学院科技创新团队(STIT2017-2-1);福建省农业科学院一般项目(AC2017-2)

作者简介:李文杨(1972—),男,福建宁化人,副研究员,硕士,从事肉羊高效养殖技术研究。E-mail: wy369@sina.com

*通信作者:黄勤楼,研究员,硕士生导师,E-mail: hql202@126.com;刘远,副研究员,E-mail: seayuan521@163.com

肉羊产业属于节粮型畜牧业,发展肉羊产业有利于缓解我国的人畜争粮局面,对维护国家粮食安全具有重要战略作用^[1]。肉羊产业还能充分利用农作物秸秆、秕壳等各类植物性非常规饲料资源,减少其处理过程中的环境污染,提高农业废弃物资源利用率^[2]。莲蓬壳(lotus receptacle, LR)是籽莲加工副产物,通常作为废弃物直接丢弃,造成生物资源浪费和环境污染^[3]。目前对 LR 的资源化利用研究主要集中在对其黄酮、原花青素、膳食纤维等物质的功能及提取工艺优化,实际投入应用的很少^[4]。LR 含有黄酮类化合物,具有抗氧化、抗衰老等药用保健功能,胡卫成等^[5]、张露等^[6]、谢三都等^[7]分别研究了 LR 总黄酮的提取工艺和活性成分的抗氧化能力。LR 富含原花青素类物质,是理想的天然色素原料,朱莉娜等^[8]研究了 LR 色素提取液的染色牢度,汪媛等^[4]研究了 LR 染料原花青素的吸附能力和纯化工艺。此外,孙杰等^[9]开展了 LR 作为食品膳食纤维添加剂的探讨,王盛华等^[10]研究表明 LR 可以作为生物炭进行开发利用。LR 作为秕壳类非常规饲料资源,在部分籽莲产区的肉羊生产中已经广泛使用,但未见其饲料化利用的相关研究报道,缺乏对其营养价值和饲用价值的认识,指导实际生产应用的数据不足。因此,本研究以 LR 为对象,分析其常规营养成分,并分别以湖羊(绵羊品种)、努比亚山羊(大型肉用山羊品种)和福清山羊(中小型福建地方山羊品种)为试验动物,开展体内消化代谢试验,初步评价 LR 在不同肉羊品种中的饲用价值,为其在肉羊生产中科学合理利用提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 样品采集与制备

LR 于 2019 年 8 月份采集自福建省建宁县。取约 500 kg 脱籽后的 LR,自然晾晒干燥。采集 2 kg 样品置于 65 ℃ 烘 48 h,干燥样品粉碎过 40 目筛后用于常规营养成分分析。剩余的 LR 用于各肉羊品种的体内消化代谢试验。

1.2 肉羊体内消化代谢试验

1.2.1 试验羊与试验饲料

试验于 2019 年 11—12 月份在福建省农业科学院渔溪肉羊养殖基地内进行。采用两因素随机区组试验设计,两因素分别为肉羊品种(湖羊、努比亚山羊和福清山羊)和 LR 替代基础饲料比例(0、20%、40%和 60%)。以湖羊、努比亚山羊和福清山羊 3 个肉羊品种为试验单元,分批次进行体内消化代谢试验。每个肉羊品种选择体况良好、体重相近的 7~8 月龄羊 12 只,所选湖羊、努比亚山羊和福清山羊的体重分别为(22.36±1.18) kg、(30.27±1.30) kg、(16.84±0.77) kg。各品种肉羊均随机分为 4 组(每组 3 只),分别饲喂基础饲料和 3 种试验饲料,每只试验羊单独圈养于自制消化代谢笼(1.5 m×0.8 m)内。基础饲料精粗比 3:7,参照 NRC(2007)^[11]肉用山羊维持需要配制,3 种试验饲料是由 LR 分别替代 20%、40%和 60%的基础饲料制成,用于估测 3 个肉羊品种对 LR 的有效能值和主要营养物质的表观消化率。所有饲料全部制成颗粒料(直径 5 mm,长 10 mm),饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (DM basis)

%

项目 Items	基础饲料 Based diet	替代比例 Substitution proportion/%		
		20	40	60
原料 Ingredients				
莲蓬壳 LR		20.00	40.00	60.00
杂交狼尾草 <i>Hybrid penisetum</i>	70.00	56.00	42.00	28.00
米糠 Rice bran	10.00	8.00	6.00	4.00
玉米 Corn	13.20	10.56	7.92	5.28
豆粕 Soybean meal	4.00	3.20	2.40	1.60
麸皮 Wheat bran	2.00	1.60	1.20	0.80
石粉 Limestone	0.10	0.08	0.06	0.04
小苏打 NaHCO ₃	0.20	0.16	0.12	0.08

续表 1

项目 Items	基础饲粮 Based diet	替代比例 Substitution proportion/%		
		20	40	60
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.20	0.16	0.12	0.08
食盐 NaCl	0.20	0.16	0.12	0.08
预混料 Premix ¹⁾	0.10	0.08	0.06	0.04
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾				
有机物 OM	92.90	92.70	92.30	93.30
总能 GE/(MJ/kg)	17.84	17.44	17.45	17.02
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.48	9.98	9.17	8.46
粗蛋白质 CP	13.51	11.95	10.40	9.61
粗灰分 Ash	7.10	7.30	7.70	6.70
中性洗涤纤维 NDF	49.88	53.58	59.57	64.83
酸性洗涤纤维 ADF	32.79	36.91	40.82	45.67

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: Cu 20.0 mg, Fe 80.0 mg, Mn 30.0 mg, Zn 80.0 mg, I 1 mg, Se 0.30 mg, VA 20 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50.0 mg。

2) 代谢能为计算值,其他均为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.2.2 消化代谢试验

替代法肉羊体内消化代谢试验参考赵明明等^[12]报道的方法进行设计。所有试验羊在试验前统一驱虫。每个肉羊品种试验全期 16 d, 其中预试期 10 d, 正试期 6 d, 预试期前通过饲喂基础饲粮确定各品种肉羊日增重为 0 时的维持需要采食量, 并采用限饲的方法于每日 09:00、19:00 各喂日饲喂量的 1/2, 自由饮水。湖羊、努比亚山羊和福清山羊的日饲喂量分别为 600、900 和 500 g。自制消化代谢笼可将粪便与尿液自动分离, 采用全收粪尿法收集粪尿。进入正试期后, 每日 08:00 收集、称取和记录每只试验羊前 1 天的排粪量, 粪便按总量 10% 取样后冷冻保存; 用装有 200 mL 10% 硫酸的塑料桶收集尿液, 稀释至 5 L, 对稀释尿液充分混合, 用纱布过滤后每天取样 100 mL 冷藏保存。消化代谢试验全部结束后, 将每只试验羊收集的粪样分别混合后于 65 °C 烘 48 h, 回潮 24 h 后称重(计算粪样初水分含量), 再将粪样干样粉碎过 40 目筛后保存备测; 将每只试验羊正试期 6 d 内采集的尿样分别混合后于 -20 °C 冰箱保存。试验正试期开始及结束时, 逐只对试验羊进行称重, 记录始重和末重。

1.3 指标测定

1.3.1 试验样品的常规营养成分测定

LR、饲粮和粪样的干物质(DM)含量为样品

经 105 °C 烘干至恒重后的重量, 其他营养成分含量的测定均为 DM 基础。粗灰分(Ash)含量为 DM 样品经坩埚灼烧至恒重后的重量, 有机物(OM)含量为 DM 减去 Ash 的重量。总能(GE)采用氧弹式热量计(JKLR-8000A 弹氧量热仪, 鹤壁精科科技有限公司)测定。粗蛋白质(CP)含量按照 GB/T 6432—1994^[13]中方法测定; 粗脂肪(EE)含量按照 GB/T 6433—2006^[14]中方法测定; 总磷(TP)含量按照 GB/T 6437—2002^[15]中方法测定; 钙(Ca)含量按照 GB/T 13885—2017^[16]中方法测定; 中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量采用 Van Soest^[17]的方法(CAU 滤袋, 购自中国农业大学)测定; 酸性洗涤木质素(ADL)含量按照 GB/T 20805—2006 的方法^[18]测定。体内消化代谢试验中的尿氮含量采用凯氏定氮法(KDN-103F 自动定氮仪, 上海纤检仪器有限公司)测定。

1.3.2 计算公式

饲粮及原料营养物质表观消化率参照 Adeola^[19]的公式计算:

$$\begin{aligned} \text{饲粮某营养物质全肠道表观消化率}(\%) &= \\ & 100 \times (\text{食入该营养物质的量} - \text{粪中} \\ & \text{该营养物质的量}) / \text{食入该营养物质的量}; \\ \text{原料某营养物质表观消化率}(\%) &= 100 \times \\ & [\text{试验饲粮该营养物质表观消化率} - (1 - \text{待测} \\ & \text{原料替代基础饲粮比例}) \times \text{基础饲粮中} \end{aligned}$$

该营养物质表观消化率]/待测

原料替代基础饲粮比例;

饲粮的氮代谢相关指标计算公式^[20]:

沉积氮(g/d)=食入氮-粪氮-尿氮;

氮沉积率(%)=100×沉积氮/食入氮;

氮生物学价值(%)=100×沉积氮/吸收氮。

LR有效能值相关计算公式^[17]:

代谢能=0.82×消化能。

1.3.3 LR粗饲料分级指数(GI)值的计算

参照《饲草营养品质评定GI法》(GB/T 23387—2009)^[21]计算LR的粗饲料GI。

1.4 数据统计与分析

以肉羊品种和LR替代比例为因素,采用两因素方差分析体内消化代谢试验的数据。利用SPSS 22.0软件中一般线性模型下的单变量模块进行两因素方差分析,并采用Duncan氏法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 LR常规营养成分含量

LR的DM中常规营养成分含量见表2。LR的GE为16.95 MJ/kg,CP含量为8.00%,OM含量为93.80%,EE含量为10.00 g/kg,NDF、ADF含量分别为73.25%和53.00%,ADL含量较高,为24.72%,Ca、P含量分别为0.41%和0.15%。

表2 LR常规营养成分含量(干物质基础)

Table 2 Common nutrient contents of LR (DM basis)

项目 Items	含量 Content
总能 GE/(MJ/kg)	16.95
粗蛋白质 CP/%	8.00
有机物 OM/%	93.80
粗脂肪 EE/(g/kg)	10.00
中性洗涤纤维 NDF/%	73.25
酸性洗涤纤维 ADF/%	53.00
酸性洗涤木质素 ADL/%	24.72
粗灰分 Ash/%	6.20
钙 Ca/%	0.41
磷 P/%	0.15

2.2 饲粮中常规营养成分的表观消化率及氮代谢

2.2.1 3个肉羊品种对饲粮中常规营养成分的表观消化率和氮代谢

湖羊、努比亚山羊和福清山羊对饲粮中6种常规营养成分的表观消化率见表3。饲粮中DM、

OM、CP、GE和NDF在肉羊全肠道内的表观消化率均随LR替代比例的增加而降低,其中的DM和OM表观消化率在各替代组间均差异显著($P<0.05$)。努比亚山羊对饲粮中6种常规营养成分的表观消化率均高于湖羊和福清山羊,其中DM、OM、NDF和ADF的表观消化率显著高于湖羊($P<0.05$),GE的表观消化率显著高于福清山羊($P<0.05$)。福清山羊对饲粮中DM、NDF和ADF的表观消化率显著高于湖羊($P<0.05$),但GE的表观消化率显著低于湖羊($P<0.05$)。

试验羊的粪氮随着LR替代比例的增加而增加(表3),60%和40%替代组的粪氮显著高于未替代组和20%替代组($P<0.05$)。不同替代组间的尿氮和沉积氮均无显著差异($P>0.05$),60%替代组的氮沉积率显著低于其他替代组($P<0.05$);20%替代组的氮生物学价值最高,其次为40%替代组,两者均显著高于60%替代组($P<0.05$)。努比亚山羊的粪氮、沉积氮、氮沉积率和氮生物学价值与湖羊及福清山羊差异显著($P<0.05$),湖羊的沉积氮显著高于福清山羊($P<0.05$)。

2.2.2 两因素及其交互作用对饲粮中常规营养成分表观消化率和氮代谢的影响

肉羊品种和LR替代比例及其交互作用对饲粮中6种常规营养成分的表观消化率和氮代谢的影响见表4。肉羊品种对饲粮中DM、GE和ADF的表观消化率及粪氮、沉积氮、氮沉积率和氮生物学价值存在极显著影响($P<0.01$),对饲粮中OM和NDF的表观消化率存在显著影响($P<0.05$)。LR替代比例对饲粮中6种常规营养成分的表观消化率及粪氮、沉积氮和氮沉积率存在极显著影响($P<0.01$),对尿氮和氮生物学价值存在显著影响($P<0.05$)。两因素的交互作用仅对尿氮存在显著影响($P<0.05$)。

2.3 LR中常规营养成分的表观消化率及有效能值

2.3.1 3个肉羊品种对LR中常规营养成分的表观消化率和有效能值

湖羊、努比亚山羊和福清山羊对LR中6种常规营养成分的表观消化率见表5。3个肉羊品种对LR中6种常规营养成分的表观消化率均无显著差异($P>0.05$)。福清山羊对LR中OM、CP和NDF的表观消化率最高,分别为40.89%、47.61%和41.92%;湖羊对LR中DM和ADF的表观消化

率最高,分别为 40.32% 和 37.71%;努比亚山羊对 LR 中 GE 的表观消化率最高,为 47.18%。

表 3 3 个肉羊品种对饲料中常规营养成分的表观消化率及氮代谢

Table 3 Common nutrient apparent digestibility and nitrogen metabolism of diets in three mutton sheep and goat breeds

项目 Items	品种 Breed	替代比例 Substitution proportion/%				平均值 Mean
		0	20	40	60	
表观消化率 Apparent digestibility/%						
干物质 DM	湖羊 HS	54.80±1.71	51.82±0.67	50.42±0.99	44.22±1.46	50.32±4.17 ^y
	努比亚山羊 NB	63.36±3.36	59.12±1.50	51.13±3.21	47.02±1.53	55.15±7.06 ^x
	福清山羊 FQ	59.42±3.95	56.51±2.07	51.17±4.47	45.75±1.96	53.21±6.14 ^x
	平均值 Mean	59.19±4.60 ^a	55.81±3.46 ^b	50.91±2.82 ^c	45.66±1.88 ^d	
有机物 OM	湖羊 HS	63.44±4.28	59.37±4.03	54.94±2.78	46.04±1.02	55.95±7.31 ^y
	努比亚山羊 NB	68.95±3.09	62.85±2.93	55.94±2.37	50.46±1.16	59.55±7.60 ^x
	福清山羊 FQ	64.69±3.69	60.62±2.63	53.61±1.96	50.67±4.45	57.40±6.45 ^{xy}
	平均值 Mean	65.69±4.08 ^a	60.94±3.21 ^b	54.83±2.30 ^c	49.06±3.27 ^d	
粗蛋白质 CP	湖羊 HS	71.71±3.07	67.11±1.94	59.01±2.06	56.67±4.66	63.63±6.87
	努比亚山羊 NB	72.64±4.69	67.37±3.73	60.55±2.67	58.77±2.59	64.83±6.52
	福清山羊 FQ	69.71±6.90	66.01±3.63	59.76±2.10	55.95±1.17	62.86±6.58
	平均值 Mean	71.35±4.63 ^a	66.83±2.85 ^b	59.78±2.09 ^c	57.13±3.01 ^c	
总能 GE	湖羊 HS	55.27±1.42	53.33±1.67	51.79±2.07	49.42±2.42	52.45±2.78 ^z
	努比亚山羊 NB	63.20±1.76	59.16±1.50	56.80±3.20	56.10±2.10	58.82±3.47 ^x
	福清山羊 FQ	58.62±3.81	55.33±1.85	54.96±1.95	51.43±2.38	55.09±3.47 ^y
	平均值 Mean	59.03±4.10 ^a	55.94±2.95 ^b	54.52±3.07 ^b	52.32±3.58 ^c	
中性洗涤纤维 NDF	湖羊 HS	55.23±3.58	52.14±2.44	47.14±2.40	43.87±2.24	49.60±5.14 ^y
	努比亚山羊 NB	57.14±1.73	55.05±1.87	49.72±1.94	46.38±4.62	52.07±5.05 ^x
	福清山羊 FQ	56.57±2.10	53.40±1.43	49.77±3.20	49.91±2.57	52.41±3.58 ^x
	平均值 Mean	56.31±2.41 ^a	53.53±2.11 ^b	48.88±2.57 ^c	46.72±3.89 ^c	
酸性洗涤纤维 ADF	湖羊 HS	45.12±2.90	43.45±1.55	41.90±3.18	41.62±2.17	43.02±2.61 ^y
	努比亚山羊 NB	49.21±2.30	47.00±2.04	43.37±1.04	43.69±0.86	45.82±2.90 ^x
	福清山羊 FQ	47.54±1.84	44.99±1.77	41.21±0.92	45.64±2.45	44.84±2.86 ^x
	平均值 Mean	47.29±2.73	45.15±2.19	42.16±1.98	43.65±2.43	
氮代谢 Nitrogen metabolism						
粪氮 Fecal nitrogen/(g/d)	湖羊 HS	2.47±0.27	2.66±0.23	2.96±0.15	3.51±0.40	2.90±0.47 ^y
	努比亚山羊 NB	3.36±0.38	3.86±0.38	5.36±0.47	5.22±0.88	4.45±1.02 ^x
	福清山羊 FQ	2.16±0.50	2.25±0.31	3.06±0.12	2.69±0.71	2.54±0.55 ^y
	平均值 Mean	2.66±0.64 ^b	2.92±0.77 ^b	3.79±1.20 ^a	3.81±1.27 ^a	
尿氮 Urine nitrogen/(g/d)	湖羊 HS	3.24±0.81	1.77±0.29	1.65±0.24	3.03±0.32	2.42±0.85
	努比亚山羊 NB	3.21±0.78	2.50±0.44	2.28±0.23	3.03±0.38	2.76±0.58
	福清山羊 FQ	2.62±0.47	2.49±0.86	2.74±0.40	2.02±0.88	2.47±0.65
	平均值 Mean	3.02±0.68	2.25±0.62	2.22±0.54	2.69±0.71	
沉积氮 Nitrogen retention/(g/d)	湖羊 HS	3.03±0.93	3.65±0.20	2.61±0.12	1.56±0.57	2.71±0.93 ^y
	努比亚山羊 NB	5.81±2.18	5.50±0.48	5.93±0.23	4.35±0.28	5.40±1.17 ^x
	福清山羊 FQ	2.36±0.50	1.88±0.93	1.81±0.51	1.43±0.14	1.87±0.61 ^z
	平均值 Mean	3.73±1.99	3.67±1.66	3.45±1.92	2.44±1.46	

续表 3

项目 Items	品种 Breed	替代比例 Substitution proportion/%				平均值 Mean
		0	20	40	60	
氮沉积率 Nitrogen retention rate/%	湖羊 HS	34.67±10.70	45.23±3.16	36.13±1.26	19.30±7.13	33.83±11.26 ^y
	努比亚山羊 NB	46.08±13.78	46.31±1.06	43.70±0.98	34.68±3.08	42.69±7.82 ^x
	福清山羊 FQ	33.11±7.11	28.65±14.75	23.75±6.56	24.22±5.39	27.43±8.81 ^y
	平均值 Mean	37.96±11.24 ^a	40.07±11.43 ^a	34.53±9.35 ^a	26.07±8.29 ^b	
氮生物学价值 NVB/%	湖羊 HS	48.16±14.17	67.41±4.71	61.32±4.09	33.63±9.82	52.63±15.66 ^y
	努比亚山羊 NB	62.83±15.31	68.83±2.35	72.23±2.34	58.96±3.34	65.71±8.69 ^x
	福清山羊 FQ	47.31±8.04	42.69±20.79	39.57±9.73	43.41±10.47	43.24±11.65 ^y
	平均值 Mean	52.77±13.49 ^{ab}	59.65±16.64 ^a	57.70±15.38 ^a	45.33±13.29 ^b	

同行品种平均值肩标不同小写字母(a、b、c、d)表示差异显著($P<0.05$),无字母或字母相同表示差异不显著($P>0.05$);同列替代组平均值肩标不同小写字母(x、y、z)表示差异显著($P<0.05$),无字母或字母相同表示差异不显著($P>0.05$)。表5同。

Mean values in the same row with different small letter (a, b, c and d) superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). Mean values in the same column with different small letter (x, y and z) superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as Table 5.

表 4 两因素及其交互作用对饲料中常规营养成分表观消化率和氮代谢的影响

Table 4 Effects of two factors and their interaction on common nutrient apparent digestibility and nitrogen metabolism of diets

项目 Items	因素 Factor	F 值 F-value	P 值 P-value
表观消化率 Apparent digestibility			
干物质 DM	品种 Breed	11.157 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	49.207 **	<0.001
	交互作用 Interaction	1.637	0.180
有机物 OM	品种 Breed	4.197 *	0.027
	替代比例 Substitution proportion	50.280 **	<0.001
	交互作用 Interaction	0.695	0.656
粗蛋白质 CP	品种 Breed	0.919	0.413
	替代比例 Substitution proportion	29.390 **	<0.001
	交互作用 Interaction	0.119	0.993
总能 GE	品种 Breed	23.578 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	13.690 **	<0.001
	交互作用 Interaction	0.369	0.891
中性洗涤纤维 NDF	品种 Breed	4.031 *	0.031
	替代比例 Substitution proportion	24.284 **	<0.001
	交互作用 Interaction	0.725	0.633
酸性洗涤纤维 ADF	品种 Breed	5.770 **	0.009
	替代比例 Substitution proportion	10.305 **	<0.001
	交互作用 Interaction	1.097	0.393
氮代谢 Nitrogen metabolism			
粪氮 Fecal nitrogen	品种 Breed	60.180 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	15.358 **	<0.001
	交互作用 Interaction	2.342	0.064

续表 4

项目 Items	因素 Factor	F 值 F-value	P 值 P-value
尿氮 Urine nitrogen	品种 Breed	1.265	0.300
	替代比例 Substitution proportion	4.173 *	0.016
	交互作用 Interaction	2.561 *	0.046
沉积氮 Nitrogen retention	品种 Breed	63.426 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	5.030 **	0.008
	交互作用 Interaction	0.843	0.549
氮沉积率 Nitrogen retention rate	品种 Breed	11.770 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	5.707 **	0.004
	交互作用 Interaction	1.275	0.306
氮生物学价值 NVB	品种 Breed	14.170 **	<0.001
	替代比例 Substitution proportion	3.399 *	0.034
	交互作用 Interaction	2.064	0.096

* 表示差异达显著水平 ($P<0.05$), ** 表示差异达极显著水平 ($P<0.01$)。表 6 同。

* mean significant difference ($P<0.05$), and ** mean extremely significant difference ($P<0.01$). The same as Table 6.

表 5 3 个肉羊品种对 LR 中常规营养成分的表观消化率及有效能值

Table 5 Common nutrient apparent digestibility and effective energy values of LR in three mutton sheep and goat breeds

项目 Items	品种 Breed	替代比例 Substitution proportion/%			平均值 Mean
		20	40	60	
表观消化率 Apparent digestibility/%					
干物质 DM	湖羊 HS	39.94±5.22	43.86±2.35	37.17±3.45	40.32±4.43
	努比亚山羊 NB	42.10±6.77	32.78±3.64	36.13±3.03	37.00±5.81
	福清山羊 FQ	44.87±7.43	38.80±6.46	36.63±0.63	40.10±6.17
	平均值 Mean	42.31±6.05 ^a	38.48±6.18 ^{ab}	36.65±2.36 ^b	
有机物 OM	湖羊 HS	43.07±3.94	42.20±2.27	34.44±1.61	39.90±4.77
	努比亚山羊 NB	38.43±6.98	36.42±3.60	38.13±1.11	37.66±4.08
	福清山羊 FQ	44.35±2.31	37.00±2.36	41.33±6.34	40.89±4.80
	平均值 Mean	41.95±4.97	38.54±3.68	37.97±4.46	
粗蛋白质 CP	湖羊 HS	48.71±2.86	39.96±6.46	46.65±7.27	45.10±6.43
	努比亚山羊 NB	46.29±6.21	42.43±10.90	49.52±5.93	46.08±7.59
	福清山羊 FQ	51.21±12.15	44.85±7.62	46.78±5.96	47.61±8.26
	平均值 Mean	48.73±7.29	42.41±7.69	47.65±5.73	
总能 GE	湖羊 HS	45.59±2.72	46.57±5.82	45.53±3.70	45.89±3.74
	努比亚山羊 NB	42.96±1.23	47.20±6.66	51.37±4.36	47.18±5.43
	福清山羊 FQ	42.18±6.07	49.47±10.59	46.63±5.83	46.10±7.47
	平均值 Mean	43.58±3.72	47.75±7.02	47.84±4.89	
中性洗涤纤维 NDF	湖羊 HS	39.74±2.62	35.01±2.83	36.30±5.01	37.02±3.80
	努比亚山羊 NB	46.74±5.00	38.61±6.72	39.20±8.31	41.52±7.08
	福清山羊 FQ	40.70±1.90	39.59±6.41	45.47±5.04	41.92±4.99
	平均值 Mean	42.39±4.43	37.74±5.29	40.32±6.81	
酸性洗涤纤维 ADF	湖羊 HS	36.77±5.35	37.07±4.12	39.28±4.09	37.71±4.12
	努比亚山羊 NB	38.15±1.11	34.61±5.97	40.01±0.45	37.59±3.86
	福清山羊 FQ	34.74±2.15	31.72±1.87	44.37±5.01	36.95±6.41
	平均值 Mean	36.56±3.29 ^b	34.47±4.41 ^b	41.22±4.02 ^a	

续表 5

项 Items	品种 Breed	替代比例 Substitution proportion/%			平均值 Mean
		20	40	60	
有效能值 Effective energy values/(MJ/d)					
消化能 DE	湖羊 HS	7.73±0.46	7.89±0.99	7.72±0.63	7.78±0.63
	努比亚山羊 NB	7.28±0.21	8.00±1.13	8.71±0.74	8.00±0.92
	福清山羊 FQ	7.15±1.03	8.39±1.80	7.90±0.99	7.81±1.27
	平均值 Mean	7.39±0.63	8.09±1.19	8.11±0.83	
代谢能 ME	湖羊 HS	6.34±0.38	6.47±0.81	6.33±0.51	6.38±0.52
	努比亚山羊 NB	5.97±0.17	6.56±0.93	7.14±0.61	6.56±0.75
	福清山羊 FQ	5.86±0.84	6.88±1.47	6.48±0.81	6.41±1.04
	平均值 Mean	6.06±0.52	6.64±0.98	6.65±0.68	

LR 中 DM 和 OM 的表观消化率随替代比例的增加而呈现降低的趋势(表 5),其中 20%替代组的 DM 表观消化率显著高于 60%替代组 ($P < 0.05$)。LR 中 CP、GE 和 NDF 的表观消化率各替代组间差异均不显著 ($P > 0.05$);GE 的表观消化率随 LR 替代比例的增加呈上升趋势;LR 中 CP 和 NDF 的表观消化率以 20%替代组最高,40%替代组最低;60%替代组 LR 中 ADF 的表观消化率显著高于 20%和 40%替代组 ($P < 0.05$)。LR 中 DE 和 ME 各替代组差异均不显著 ($P > 0.05$),其平均

值分别为 7.86 和 6.45 MJ/kg。

2.3.2 两因素及其交互作用对 LR 中常规营养成分表观消化率和有效能值的影响

肉羊品种和 LR 替代比例及其交互作用对 LR 中 6 种常规营养成分的表观消化率和有效能值的影响见表 6。除 LR 替代比例对 LR 中 ADF 的表观消化率具有极显著影响 ($P < 0.01$) 外,肉羊品种和 LR 替代比例及其交互作用对 LR 中各营养成分的表观消化率、DE 和 ME 均无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 6 两因素及其交互作用对 LR 中常规营养成分表观消化率和有效能值的影响

Table 6 Effects of two factors and their interaction on common nutrient apparent digestibility and effective energy values of LR

项目 Items	因素 Factor	F 值 F-value	P 值 P-value
表观消化率 Apparent digestibility/%			
干物质 DM	品种 Breed	1.326	0.290
	替代比例 Substitution proportion	3.214	0.064
	交互作用 Interaction	1.722	0.189
有机物 OM	品种 Breed	1.622	0.225
	替代比例 Substitution proportion	2.737	0.092
	交互作用 Interaction	2.312	0.097
粗蛋白质 CP	品种 Breed	0.242	0.788
	替代比例 Substitution proportion	1.725	0.206
	交互作用 Interaction	0.248	0.907
总能 GE	品种 Breed	0.128	0.881
	替代比例 Substitution proportion	1.587	0.232
	交互作用 Interaction	0.612	0.660
中性洗涤纤维 NDF	品种 Breed	2.407	0.118
	替代比例 Substitution proportion	1.769	0.199
	交互作用 Interaction	1.079	0.396

续表 6

项目 Items	因素 Factor	F 值 F-value	P 值 P-value
酸性洗涤纤维 ADF	品种 Breed	0.103	0.902
	替代比例 Substitution proportion	7.304**	0.005
	交互作用 Interaction	1.749	0.183
有效能值 Effective energy values	品种 Breed	0.138	0.872
	替代比例 Substitution proportion	1.708	0.204
	交互作用 Interaction	0.923	0.468
消化能 DE	品种 Breed	0.138	0.872
	替代比例 Substitution proportion	1.708	0.204
	交互作用 Interaction	0.923	0.468
代谢能 ME	品种 Breed	0.138	0.872
	替代比例 Substitution proportion	1.708	0.204
	交互作用 Interaction	0.923	0.468

2.4 LR 的粗饲料 GI 值

LR 的粗饲料 GI 值计算结果为 0.69, 小于 1.03, 属于第 5 级。

3 讨论

3.1 LR 作为肉羊粗饲料的营养价值分析

非常规饲料的营养成分是评价其饲用价值的基础。LR 含有植物性非常规饲料的常规营养成分, NDF 和 ADF 含量与肉羊常用粗饲料原料接近^[22], 能为肉羊提供正常的蛋白质和能量, 可以作为粗饲料在肉羊育肥中利用。本研究显示肉羊对 LR 中 DM 的表观消化率为 32.78%~44.87%, 低于甘蔗稍(52.48%)^[20]、花生秧(50.04%)^[23]和羊草(48.95%)^[12], 而与大米草(38.34%~48.14%)^[24]相近。按照绵羊粗饲料 GI 标准, LR 的粗饲料 GI 值为 0.69(第 5 级), 低于苜蓿干草(1.72)、青干草(1.10)、甘蔗稍(1.16)、羊草(0.76)、花生秧(0.74)^[20,25], 但高于玉米秸秆(0.43)^[26], 属于中等品质粗饲料。

一般认为粗饲料中的 CP 含量越高, 其饲用价值就越好。李文杨等^[27]测定 LR 的 CP 含量为 9.0%~9.2%, 与玉米秸秆相当, 低于葛藤、象草、花生藤和红薯藤等牧草和蔓藤类农作物, 高于甘蔗稍、香茅草等。本研究测得 LR 的 CP 含量为 8.00%, 表明 LR 的 CP 含量较稳定, 能够为肉羊提供一定水平的蛋白质营养。粗饲料中木质化程度越高, 反刍动物的适口性和利用率就越差^[24]。由于 LR 是籽莲完全成熟收获后的副产物, 其木质化程度较高, 饲料中 DM、OM 等部分常规营养成分含量会随着 LR 替代比例的增加而降低, 在实际生产中应适当控制其在饲料中的比例, 本研究结果

表明以不超过 40% 为宜。

3.2 LR 在肉羊体内消化代谢特征分析

3.2.1 评定方法对 LR 有效能值估算和饲用价值评价的影响

体内代谢试验能反映营养物质在试验反刍动物体内的真实消化和代谢情况, 并且能为粗饲料在饲料中的合理配比提供参考。与猪、禽等单胃动物相比, 受限于肉羊瘤胃对精料的消化能力以及部分粗饲料较差的适口性, 常采用替代法(套算法)取代直接法对待测原料的营养价值进行评定。该方法主要理论依据是将待测的某种饲料原料按比例替换基础饲料, 制成试验饲料, 分别以基础饲料和试验饲料进行消化代谢试验, 并测定所有饲料的营养物质表观消化率, 间接推算出所测原料的营养价值^[28]。近年来, 不同研究者采用此方法评定了肉羊对常用精饲料^[29]和羊草^[12]、花生秧^[23]、氨化秸秆^[30]、大米草^[24]等粗饲料的有效能值和饲用价值, 本研究也参考此方法研究了肉羊对 LR 有效能值的估测和饲用价值评定。此外, 庄一民等^[31]、黄文琴等^[32]根据生产实际, 采用不同比例待测粗饲料原料替代基础饲料中的粗饲料, 通过育肥试验结合消化代谢试验研究了香蕉茎叶青贮和全株甘蔗对山羊生长性能和营养物质表观消化率的影响, 对肉羊生产具有实际指导意义, LR 在肉羊生产中的优化应用也需要进一步深入研究。

3.2.2 LR 替代比例及试验羊品种对体内消化代谢的影响

饲料中 DM、OM、CP、GE、NDF 和 ADF 的表观消化率反映了试验羊对各营养物质的利用情况和机体的生理状态, 是评价饲料在肉羊上饲用价值的重要指标^[24]。替代法评定粗饲料饲用价值的

最适替代比例与被测原料的营养物质组成紧密相关,不同原料的最适替代比例也不尽相同,羊草^[12]、氨化秸秆^[30]的适宜替代比例为20%,花生秧^[23]为20%~40%。刘远等^[24]研究表明不同替代比例对大米草的饲用价值无显著影响,与本研究结果较为一致,这可能是由于大米草和LR中ADL含量较高,肉羊对其营养物质的消化利用能力有限。

不同肉羊品种对相同营养水平饲料的消化能力存在差异,这主要是由于各品种在瘤胃大小^[33]、胃肠道蠕动速率^[34]和对饲料的偏好性^[35]方面存在差异。努比亚山羊为大体型肉用山羊品种,在相同的生长阶段,其体重高于湖羊和福清山羊,而瘤胃大小与体重呈正相关,瘤胃的填充能力越大,饲料的通过率就越高^[33],因此努比亚山羊对饲料中DM、OM等6种常规营养成分的表观消化率均高于湖羊和福清山羊。福清山羊对饲料中DM、NDF和ADF的表观消化率显著高于湖羊,而对CP和GE的表观消化率低于湖羊,这可能是由于长期放牧养殖的福清山羊具有较好的耐粗饲性,对饲料中的纤维素和半纤维素的利用能力高于湖羊,而圈养的湖羊可能更适应高精料饲喂,对精料的主要营养成分有较好的吸收利用能力。但3个肉羊品种对LR中6种常规营养成分的表观消化率均无显著差异,这可能和LR自身的营养物质组成有关。

3.3 不同LR替代比例对3个肉羊品种氮代谢的影响

饲料中的蛋白质在动物体内消化、吸收等代谢过程会伴随部分损失,粪氮和尿氮是损失的主要部分,动物对粗饲料的氮沉积率和氮生物学价值越高,说明粗饲料的饲用品质越优^[20]。刘远等^[24]研究表明饲料中适当添加大米草粉有利于提高福清山羊对饲料中氮的吸收与利用。而本研究所得结果正好相反,LR的添加降低了试验羊对饲料中氮的吸收,氮的损失以粪氮为主,说明肉羊对不同粗饲料中氮的吸收利用能力存在差异。另外,3个品种肉羊氮沉积率和氮生物学价值的比较分析表明努比亚山羊对饲料中氮的消化吸收能力最优,其次为湖羊。

4 结论

① LR的DE和ME分别为7.86和6.45 MJ/kg,CP含量为8.00%,可以作为肉羊粗饲

料利用,但其ADL含量较高,为24.72%,在肉羊饲料中的配比中不宜超过40%。

② 肉羊对LR中6种常规营养成分的消化利用率受肉羊品种及其替代饲料比例的影响较小。

③ 在饲喂相同营养水平饲料条件下,努比亚山羊对饲料中各营养物质的消化利用率优于湖羊和福清山羊。

参考文献:

- [1] 任继周,李发弟,曹建民,等.我国牛羊肉产业的发展现状、挑战与出路[J].中国工程科学,2019,21(5):67-73.
- [2] 王泳,张英杰.植物性非常规饲料在反刍动物上的应用研究进展[J].中国草食动物科学,2018,38(2):61-65.
- [3] 何静,吴磊,李鹏霞,等.莲蓬壳提取物不同极性部位的生物活性[J].江苏农业学报,2015,31(3):679-684.
- [4] 汪媛,毛惠婷,纪俊玲,等.大孔树脂对莲蓬壳染料原花青素的吸附性能及纯化工艺研究[J].离子交换与吸附,2018,34(5):442-452.
- [5] 胡卫成,王新凤,沈婷,等.响应面法优化莲蓬壳总黄酮超声提取条件及其抗氧化活性[J].食品科学,2015,36(24):51-56.
- [6] 张露,黄祥霞,涂宗财,等.5种莲副产物中活性成分及其抗氧化、 α -葡萄糖苷酶抑制活性比较[J].食品科学,2018,39(9):33-38.
- [7] 谢三都,林雅男,黄晓美.莲蓬醇提取物中槲皮素的鉴定及生物活性[J].食品与机械,2016,32(6):44-48.
- [8] 朱莉娜,曹伟娜.莲蓬壳色素的提取及其对真丝绸染色性能研究[J].印染助剂,2018,35(1):31-36.
- [9] 孙杰,韩苗苗,龚超,等.莲蓬膳食纤维的高温改性及其理化和应用特性研究[J].食品工业科技,2017,38(2):141-145.
- [10] 王盛华,朱丹晨,邵敬爱,等.MgO改性莲蓬壳生物炭的制备及其磷吸附特性[J].环境科学,2019,40(11):4987-4995.
- [11] NRC.Nutrient requirements of small ruminants:sheep, goats,cervids,and new world camelids[S].Washington,D.C.:The National Academies Press,2007.
- [12] 赵明明,杨开伦,邓凯东,等.直接法与替代法测定羊草对肉用绵羊代谢能的比较研究[J].动物营养学报,2016,28(2):436-443.
- [13] 国家技术监督局.GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定方法[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6433—2006 饲料中粗脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2006.

- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6437—2002 饲料中总磷的测定 分光光度法[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 13885—2017 饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [17] VAN SOEST P J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages [J]. *Journal of Animal Science*, 1967, 26 (1): 119-128.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.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,2007.
- [19] ADEOLA O. Digestion and balance techniques in pigs [M]//LEWIS A J, SOUTHERN L L. *Swine nutrition*. 2nd ed. Washington, D.C.: CRC Press, 2001: 903-916.
- [20] 王世琴,张乃锋,邓凯东,等.甘蔗梢对肉羊的饲用价值评定[J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (3): 1146-1154.
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T23387—2009 饲草营养品质评定 GI 法[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [22] 陈艳,王之盛,张晓明,等.常用粗饲料营养成分和饲用价值分析[J]. *草业学报*, 2015, 24 (5): 117-125.
- [23] 赵明明,马涛,赵江波,等.花生秧作为肉用绵羊单一粗饲料有效能值的测定与估测[J]. *动物营养学报* 2017, 29 (11): 4162-4170.
- [24] 刘远,吴贤锋,陈鑫珠,等.大米草对福清山羊饲用价值评定[J]. *动物营养学报*, 2019, 31 (11): 5301-5309.
- [25] 张吉鹏.粗饲料分级指数参数的模型化及粗饲料科学搭配的组合效应研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2005.
- [26] 袁翠林,于子洋,王文丹,等.山东省羊常用粗饲料营养价值评定[J]. *草业学报*, 2015, 24 (6): 220-226.
- [27] 李文杨,陈鑫珠,刘远,等.福建省可用饲草料资源营养价值研究[J]. *中国草食动物科学*, 2017, 37 (6): 24-27.
- [28] 赵江波,马涛,聂明非,等.反刍动物饲料营养价值评定及替代法展望[J]. *畜牧与兽医*, 2016, 48 (4): 134-137.
- [29] 赵江波.肉用绵羊精料代谢能预测模型的研究[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2016.
- [30] 姜雨轩,张美美,孙悠然,等.直接法与替代法测定肉羊氨化秸秆代谢能值的比较研究[J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45 (6): 1493-1501.
- [31] 庄一民,解彪,黄文琴,等.香蕉茎叶青贮对山羊羔羊生长、营养物质表观消化率及血清指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31 (12): 5792-5800.
- [32] 黄文琴,吕小康,王世琴,等.全株甘蔗对山羊生长性能、营养物质表观消化率、血清指标及瘤胃发酵参数的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (12): 5182-5191.
- [33] LOURENÇO A L, CONE J W, FONTES P, et al. Effects of ambient temperature and soybean meal supplementation on intake and digestion of two sheep breeds differing in mature size[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2010, 94 (5): 571-583.
- [34] RANILLA M J, CARRO M D, VALDÉS C, et al. A comparative study of ruminal activity in Churra and Merino sheep offered alfalfa hay[J]. *Animal Science*, 1997, 65 (1): 121-128.
- [35] GOMES M J. Efficiency of utilization of fibrous-feeds offered to native sheep breed Churra da Terra Quente-supplementation and genotype as sources of variation [D]. Ph. D. Thesis. Portugal: Trá-os-Montes e Alto Douro University, 2001: 406.

Nutritive Value of Lotus Receptacle as Roughage for Mutton Sheep and Goats and Its Feeding Value in Different Mutton Sheep and Goat Breeds

LI Wenyang¹ WU Xianfeng¹ HUANG Qinlou^{1,2*} LIU Yuan^{1*}

(1. *Animal Husbandry and Veterinary Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China;*

2. *Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350001, China)*

Abstract: In order to study the utilizability of lotus receptacle (LR) as feed for mutton sheep and goats, the common nutrient contents of LB were analyzed, and the *in vivo* digestion and metabolism tests for different

mutton sheep and goat breeds were carried. A two-factor 3×4 randomized block design was used in the *in vivo* digestion and metabolism test, the first factor was mutton sheep and goats breed (*Hu* sheep, Nubia goats and *Fuqing* goats) and the second factor was substitution proportion of basal diet by LR (0, 20%, 40% and 60%). Twelve 7- to 8-months-old and healthy wethers of each mutton sheep and goat breed with similar body weight were selected and divided into 4 groups with 3 wethers per group and they were fed in a homemade digestion and metabolism cage alone. The diets in different groups were as follows: a basal diet (forage :concentrate ratio was 3:7) and three experimental diets (the basal diet was replaced by lotus receptacle at 20%, 40% and 60%). Nutrient apparent digestibility of four diets were measured by total collection of feces and urine. Then calculated nutrient apparent digestibility and effective energy values of LR in three experimental diets. The results showed as follows: 1) gross energy (GE), digestive energy (DE), metabolic energy (ME), and the contents of crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), ash (Ash), calcium (Ca) and phosphorus (P) [dry matter (DM) basis] were 16.95 MJ/kg, 7.86 MJ/kg, 6.45 MJ/kg, 8.00%, 10.00 g/kg, 73.25%, 53.00%, 24.72%, 6.20%, 0.41% and 0.15%, respectively. 2) Mutton sheep and goats breed had extremely significant effects on the apparent digestibility of DM, GE and ADF of diets ($P<0.01$), and had significant effects on the apparent digestibility of OM and NDF of diets ($P<0.05$), the best digestive ability of nutrients of diet was found in Nubia goats. The substitution proportion of LR had extremely significant effects on the apparent digestibility of 6 common nutrients of diet ($P<0.01$), and the apparent digestibility of DM, OM, CP, GE and NDF was decreased with the increase of the substitution proportion of LR. The interaction of 2 factors had no significant effects all nutrient apparent digestibility of diets ($P>0.05$). 3) Except for the substitution proportion of LR had extremely significant effects on the apparent digestibility of ADF of LR ($P<0.01$), and two factors and their interaction had no significant effects all nutrient apparent digestibility of LR ($P>0.05$). 4) Mutton sheep and goats breed had extremely significant effects on the fecal nitrogen, nitrogen retention, nitrogen retention rate and nitrogen biological value ($P<0.01$), and the nitrogen retention of Nubia goats was significantly higher than that of *Hu* sheep and *Fuqing* goats ($P<0.05$); the substitution proportion of LR had extremely significant effects on the fecal nitrogen, nitrogen retention, nitrogen retention rate ($P<0.01$), and had significant effects on the urine nitrogen and nitrogen biological value ($P<0.05$). nitrogen biological value in 20% substitution group was the highest, followed by 40% substitution group, both of which were significantly higher than that in 60% substitution group ($P<0.05$). The interaction of 2 factors had significant effects on urine nitrogen ($P<0.05$). 5) The forage grading index (GI) value of LR was 0.69, and it belonged to level 5. Based on the results of this study, LR can be used as the roughage of mutton sheep and goats. As the ADL content of LR is higher and forage GI value is lower, it should not be more than 40% in the diet of mutton sheep and goats. Mutton sheep and goats breed and the substitution proportion of LR have little effect on the digestibility and utilization rate of nutrients in LR. The digestibility and utilization rate of nutrients in diet for Nubia goat is better than *Hu* sheep and *Fuqing* goats when they are fed the same nutrient level diet. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(10):4931-4942]

Key words: lotus receptacle; mutton sheep and goats; feeding value; substitution method; apparent digestibility