

青贮饲用油菜对湖羊生长性能、屠宰性能、瘤胃发酵及器官发育的影响

殷雨洋¹ 蒋永清² 黄 杰¹ 李玉峰¹ 任 韵¹ 朱建方^{1*}

(1.湖州市农业科学研究院,湖州 313000;2.浙江省农业科学院,杭州 310021)

摘 要: 本试验旨在探究青贮饲用油菜对湖羊生长性能、屠宰性能、瘤胃发酵及器官发育的影响。选取出生日期、胎次和体重相近的健康断奶湖羊公羔 12 只,随机分为 2 组,每组 6 只羊。2 组分别饲喂花生秧全混合日粮(花生秧组)和青贮饲用油菜全混合日粮(油菜组)。试验期 60 d。结果表明:与花生秧组相比,油菜组湖羊体重($P=0.043$)和平均日增重($P=0.011$)显著提高;胴体重有提高的趋势($P=0.062$);瘤胃($P=0.028$)、皱胃($P=0.029$)、空肠($P=0.008$)以及小肠($P=0.013$)的重量显著提高,十二指肠重量有提高的趋势($P=0.055$);瘤胃占宰前活重比例显著提高($P=0.033$),十二指肠($P=0.048$)和盲肠($P=0.016$)占宰前活重比例显著降低;背最长肌粗蛋白质含量有提高的趋势($P=0.062$),苏氨酸($P=0.019$)、脯氨酸($P=0.010$)、甘氨酸($P=0.008$)、丙氨酸($P=0.016$)、缬氨酸($P=0.039$)、蛋氨酸($P=0.007$)、异亮氨酸($P=0.023$)、亮氨酸($P=0.017$)、酪氨酸($P=0.025$)、苯丙氨酸($P=0.012$)、赖氨酸($P=0.033$)、精氨酸($P=0.024$)、总氨基酸($P=0.028$)、必需氨基酸($P=0.021$)、非必需氨基酸($P=0.036$)含量显著增加,丝氨酸($P=0.056$)、谷氨酸($P=0.052$)和组氨酸($P=0.055$)含量有增加的趋势;瘤胃液中乙酸($P=0.062$)和总挥发性脂肪酸($P=0.087$)含量有提高的趋势。由此可见,青贮饲用油菜同比例替代花生秧提高了湖羊生长性能、瘤胃发酵速率和胃肠道发育,同时具有提高肌肉中蛋白质含量的潜力,改善了肌肉的风味和营养价值,提高了肉品质。

关键词: 青贮饲用油菜;湖羊;生长性能;瘤胃发酵;器官发育

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)02-1153-10

随着我国经济水平的快速发展,居民羊肉消费需求逐年增加。但我国饲草资源,尤其冬春季的青绿饲料更加缺乏,严重制约了我国羊肉产业的生产发展。造成这一结果的一方面原因是我国大量的农作物副产品饲料资源因缺乏科学的开发、处理和研究,而没有得到充分合理的利用。其中,我国油菜种植面积辽阔,秸秆资源丰富,其含有的植物结构纤维是反刍动物优质的粗饲料资源。但是油菜秸秆作为饲料饲用的比例不足 10%,且常常因缺乏科学的加工方式而直接饲给动物,造成生长性能降低,限制了油菜饲料资源的利用^[1]。

近年来,饲用油菜因与传统油菜相比,具有低芥酸和低硫代葡萄糖甙等优势,得到了生产者和学者的重视^[2]。研究表明,饲用油菜及通过青贮处理的饲用油菜饲喂效果好且易于推广,是优质的粗饲料资源,经青贮处理后可缓解反刍动物冬季青绿饲料不足的问题^[3]。研究表明,利用全株油菜为主要原料加工制备的混合青贮饲用油菜综合品质优良,其对山羊的饲喂效果与传统青贮玉米饲料相似^[4-5]。此外,赵娜等^[6]研究表明,青贮饲用油菜与青贮全株玉米相比,对宜昌白山羊瘤胃发酵参数、瘤胃菌群结构无不良影响。以混合

收稿日期:2020-07-22

基金项目:国家油菜体系(CARS-12);浙江省畜牧产业技术项目“湖羊产业提升关键技术与示范推广”

作者简介:殷雨洋(1987—),男,安徽阜阳人,畜牧师,硕士,主要从事反刍动物营养研究。E-mail: yinyuyang@163.com

* 通信作者:朱建方,推广研究员, E-mail: zjf3700@126.com

青贮饲用油菜为粗饲料饲喂湖羊,在屠宰性能和肉品质方面可以达到与饲喂青贮全株玉米相近的效果^[7]。上述结果表明,青贮饲用油菜展现出与青贮玉米相似的饲喂效果。但是,与玉米相比,饲用油菜的适宜种植地域广阔,生物产量更高,在草食动物的养殖上具有较好的应用前景。同时,目前对于饲用油菜的研究多集中于其对单一指标的影响,对于科学评价青贮饲用油菜的饲喂效果缺乏整体和宏观的研究。因此,本试验拟全面研究青贮饲用油菜对湖羊生长性能、屠宰性能、肉品质、瘤胃发酵参数及器官发育的影响,以期为青贮饲用油菜在反刍动物养殖生产中的开发、应用及推广提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验选择的饲用油菜为结实期浙油 50 双低油菜品种,经检测,其粗蛋白质含量为 19.8%,粗脂肪含量为 3.8%,粗纤维含量为 14.8%,无氮浸出物含量为 46.3%,粗灰分含量为 15.3%。

1.2 试验设计和饲养管理

试验选取出出生日期、胎次和体重相近的健康断奶湖羊公羔 12 只,随机分为 2 组,每组 6 只羊。2 组分别饲喂花生秧全混合日粮(花生秧组)和青贮饲用油菜全混合日粮(油菜组)。试验饲粮组成及营养水平见表 1,试验期 60 d。每日饲喂 2 次(08:00 和 16:00),每日饲喂前做好圈舍卫生工作。

1.3 测定指标

试验开始和结束时,测定湖羊体重,计算始重、末重和平均日增重。

饲养试验结束后,每组随机挑选 5 只羊屠宰,宰前 24 h 禁食,宰前 2 h 禁水,称重后测定屠宰性能。放血,剥离皮毛,去头、蹄、内脏及睾丸并称重,测定胴体重、屠宰率、各器官重、眼肌面积,计算各器官占宰前活重比例。

肉品质(pH、滴水损失、蒸煮损失、肉色、剪切力)测定方法参照刁志成等^[7]。瘤胃发酵参数测定方法参照刘理想等^[8]。

肌肉常规营养成分和氨基酸含量测定。每组各取 5 只屠宰的湖羊背最长肌,分析常规营养成分含量。水分含量采用直接干燥法(GB/T 5009.3—2003)测定,粗灰分含量采用灼烧称重法(GB/T 5009.4—2003)测定,粗蛋白质含量采用凯

氏定氮法(GB/T 5009.5—2003)测定,粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB/T 5009.6—2003)测定。利用日立 L-8800 型全自动氨基酸分析仪测定肌肉氨基酸含量。称取 20 g 左右上述湖羊背最长肌的样品置于水解管中,加 8 mL 1 mol/L 盐酸(HCl),减压抽真空封管,水解管在 110 ℃水解 24 h,水解结束并冷却后,将水解液在水浴上蒸干,0.02 mol/L HCl 定容,上机,测定氨基酸含量。其中,色氨酸含量用碱水解法测定,样品用 4 mol/L 氢氧化锂水解,水解过程同酸水解法。

表 1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	油菜组 Rape group	花生秧组 Peanut vine group
原料 Ingredients		
玉米 Corn	19.20	19.20
豆粕 Soybean meal	12.00	12.00
麸皮 Wheat bran	6.00	6.00
青贮饲用油菜 Silage feeding rape	40.00	
花生秧 Peanut vine		40.00
燕麦草 Oat	20.00	20.00
食盐 NaCl	1.20	1.20
预混料 Premix ¹⁾	1.60	1.60
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
消化能 DE/(MJ/kg)	4.67	4.68
粗蛋白质 CP	5.96	6.03
酸性洗涤纤维 ADF	8.01	7.50
中性洗涤纤维 NDF	12.20	11.60
钙 Ca	0.81	0.81
总磷 TP	0.56	0.58

1) 预混料每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe (as ferrous sulfate) 334 mg, Zn (as zinc sulfate) 313 mg, Cu (as copper sulfate) 80 mg, Mn (as manganese sulfate) 251 mg, I (as potassium iodide) 246 mg, Se (as sodium selenite) 44 mg, Co 125 mg, VA 18 000 IU, VD 3 000 IU, VE 576 IU。

2) 计算值 Calculated values。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据经 Excel 2010 初步整理后,应用 SPSS 18.0 统计软件中独立样本 *t* 检验进行分析, *P*<0.05 为差异显著,0.05≤*P*<0.10 为具有趋势。

2 结 果

2.1 青贮饲用油菜对湖羊生长性能的影响

如表 2 所示,试验开始前,花生秧组和油菜组

湖羊始重无显著差异($P>0.05$)。试验结束时,与花生秧组相比,油菜组湖羊末重($P=0.043$)和平均日增重($P=0.011$)显著提高。

表 2 青贮饲用油菜对湖羊生长性能的影响

Table 2 Effects of silage feeding rape on growth performance of *Hu* sheep

项目 Items	花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
始重 Initial weight/kg	23.04	23.63	1.136	0.615
末重 Final weight/kg	39.02	44.21	2.157	0.043
平均日增重 Average daily gain/(g/d)	213.07	274.35	0.019	0.011

2.2 青贮饲用油菜对湖羊屠宰性能的影响

由表 3 可知,与花生秧组相比,油菜组胴体重

有提高的趋势($P=0.062$)。花生秧组和油菜组屠宰率和眼肌面积无显著差异($P>0.05$)。

表 3 青贮饲用油菜对湖羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of silage feeding rape on slaughter performance of *Hu* sheep

项目 Items	花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
胴体重 Carcass weight/kg	20.97	23.76	1.288	0.062
屠宰率 Slaughter rate/%	53.67	53.75	0.896	0.932
眼肌面积 Eye muscle area/cm ²	13.51	13.52	1.875	0.995

2.3 青贮饲用油菜对湖羊肉品质的影响

由表 4 可知,花生秧组和油菜组肉品质指标

无显著差异($P>0.05$)。

表 4 青贮饲用油菜对湖羊肉品质的影响

Table 4 Effects of silage feeding rape on meat quality of *Hu* sheep

项目 Items	花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
亮度值 L* value	22.12	22.26	0.825	0.869
红度值 a* value	3.32	2.46	1.954	0.672
黄度值 b* value	8.02	7.94	0.423	0.855
pH _{45 min}	6.24	6.08	0.166	0.345
熟肉率 Cooked meat percentage/%	66.18	64.25	1.328	0.182
剪切力 Shear stress/kgf	84.51	75.27	13.375	0.509

2.4 青贮饲用油菜对湖羊背最长肌常规营养成分和肌肉氨基酸含量的影响

由表 5 可知,与花生秧组相比,油菜组湖羊背最长肌中粗蛋白质含量有提高的趋势($P=0.062$),其他常规营养成分含量无显著差异($P>0.05$)。

由表 6 可知,与花生秧组相比,油菜组湖羊背

最长肌中苏氨酸($P=0.019$)、脯氨酸($P=0.010$)、甘氨酸($P=0.008$)、丙氨酸($P=0.016$)、缬氨酸($P=0.039$)、蛋氨酸($P=0.007$)、异亮氨酸($P=0.023$)、亮氨酸($P=0.017$)、酪氨酸($P=0.025$)、苯丙氨酸($P=0.012$)、赖氨酸($P=0.033$)、精氨酸($P=0.024$)、总氨基酸($P=0.028$)、必需氨基酸($P=0.021$)、非必需氨基酸($P=0.036$)含量显著

例显著降低,其他胃肠道占宰前活重比例无显著 差异($P>0.05$)。

表 7 青贮饲用油菜对湖羊内脏器官发育的影响					
Table 7 Effects of silage feeding rape on internal organ development of <i>Hu</i> sheep					
项目 Items		花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
重量 Weight/g	心脏 Heart	163.80	194.20	12.355	0.039
	肝脏 Liver	665.76	738.94	52.621	0.202
	脾脏 Spleen	44.84	48.80	2.995	0.223
	肺脏 Lungs	425.96	482.28	52.162	0.312
	肾脏 Kidney	111.10	116.98	8.383	0.503
	睾丸 Testis	313.22	358.60	55.000	0.433
占宰前活重比例 Percentage of live weight before slaughter/%	心脏 Heart	0.42	0.44	0.041	0.543
	肝脏 Liver	1.70	1.67	0.073	0.672
	脾脏 Spleen	0.12	0.11	0.008	0.586
	肺脏 Lungs	1.09	1.08	0.085	0.923
	肾脏 Kidney	0.28	0.26	0.010	0.070
	睾丸 Testis	0.81	0.82	0.153	0.919

表 8 青贮饲用油菜对湖羊胃肠道发育的影响					
Table 8 Effects of silage feeding rape on gastrointestinal development of <i>Hu</i> sheep					
项目 Items		花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
重量 Weight	瘤胃 Rumen/kg	3.42	4.19	0.288	0.028
	网胃 Reticulum/g	132.88	140.94	13.006	0.553
	瓣胃 Omasum/g	157.70	181.88	18.802	0.234
	皱胃 Abomasum/g	239.74	391.52	57.258	0.029
	十二指肠 Duodenum/g	56.22	46.04	4.530	0.055
	空肠 Jejunum/kg	1.06	1.30	0.068	0.008
	回肠 Ileum/g	53.68	57.72	11.709	0.739
	小肠 Small intestine/kg	1.17	1.40	0.073	0.013
	盲肠 Cecum/g	384.00	293.04	52.514	0.121
	结肠 Colon/kg	1.35	1.45	0.089	0.296
	直肠 Rectum/g	214.80	191.68	46.604	0.633
	大肠 Large intestine/kg	1.95	1.93	0.168	0.935
	瘤胃 Rumen	8.39	9.46	0.402	0.033
	网胃 Reticulum	0.32	0.32	0.029	0.971
	瓣胃 Omasum	0.40	0.41	0.053	0.858
占宰前活重比例 Percentage of live weight before slaughter/%	皱胃 Abomasum	0.61	0.89	0.154	0.109
	十二指肠 Duodenum	0.14	0.11	0.014	0.048
	空肠 Jejunum	2.78	2.95	0.136	0.236
	回肠 Ileum	0.15	0.13	0.027	0.592
	小肠 Small intestine	3.06	3.19	0.144	0.408
	盲肠 Cecum	1.01	0.66	0.110	0.016
	结肠 Colon	3.43	3.29	0.203	0.518
	直肠 Rectum	0.55	0.42	0.111	0.302
	大肠 Large intestine	4.98	4.37	0.322	0.101

2.7 青贮饲用油菜对湖羊瘤胃发酵参数的影响

由表 9 可知,与花生秧组相比,油菜组瘤胃液中乙酸 ($P=0.062$) 和总挥发性脂肪酸 (TVFA)

($P=0.087$) 含量有提高的趋势,其他挥发性脂肪酸 (VFA) 含量无显著差异 ($P>0.05$)。

表 9 青贮饲用油菜对湖羊瘤胃发酵参数的影响

Table 9 Effects of silage feeding rape on rumen fermentation parameters of *Hu* sheep

项目 Items	花生秧组 Peanut vine group	油菜组 Rape group	均值标准误 SEM	P 值 P-value
pH	6.91	6.79	0.086	0.228
乙酸 Acetate/(mmol/L)	26.94	36.43	4.371	0.062
丙酸 Propionate/(mmol/L)	8.89	11.29	1.374	0.119
异丁酸 Isobutyrate/(mmol/L)	1.30	1.38	0.165	0.657
丁酸 Butyrate/(mmol/L)	4.99	6.20	0.813	0.176
异戊酸 Isovalerate/(mmol/L)	1.99	1.97	0.247	0.942
戊酸 Valerate/(mmol/L)	0.84	0.94	0.086	0.294
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	44.96	58.21	6.784	0.087

3 讨 论

3.1 青贮饲用油菜对湖羊生长性能的影响

油菜秸秆虽具有较高的营养价值,但直接饲喂时木质素与纤维素之间存在坚固的酯键结构难以被瘤胃微生物降解,因此消化率较低。青贮处理可有效降解木质素,破坏酯键结构,促进纤维向可溶性糖类转化^[9]。董瑗榕等^[10]研究发现,当发酵油菜秸秆代替粗料比例为 10% 时,山羊平均日增重显著提高。陈宇等^[11]研究发现,以发酵油菜秸秆替代 20% 粗料时,对山羊的采食量和各阶段的平均日增重均无显著影响。本试验中,通过用青贮饲用油菜同比例替代花生秧显著提高了湖羊末重和平均日增重,与董瑗榕等^[10]报道一致。油菜对反刍动物生长性能报道不一的原因可能是与油菜的添加量和添加阶段有关,在本试验中,青贮饲用油菜同比例替代花生秧显著提高了湖羊末重和平均日增重。

3.2 青贮饲用油菜对湖羊屠宰性能和肉品质的影响

李晓锋等^[12]研究发现,饲喂青贮饲用油菜能显著提高山羊的屠宰率。本研究中,与花生秧组相比,油菜组胴体重有提高的趋势,但屠宰率和眼肌面积均无显著差异。其原因可能是与提高了湖羊体重有关,因而对屠宰率和眼肌面积无显著影响。肉色是评定肉品质的重要指标之一,一般认为亮度 (L^*) 值越低,红度 (a^*) 值越高,黄度 (b^*)

值越低,肉色越好^[13]。本试验中,2 组湖羊肉品质指标均无显著差异,原因可能是:1) 试验羊的肉色已处于稳定生理阶段,不同饲料类型对肉色没有产生显著影响;2) 通过用油菜同比例替代花生秧未对湖羊肉品质产生不良影响。Warriss^[14]认为肉品物理性状是反映其品质优劣的比较直观而且易于测定的一类性状,且其中多数性状决定了肉品的食用品质以及经济效益,因此,物理性状是进行肉品质研究的一项重要内容。本试验中,2 组湖羊肌肉水分含量均在 73% 以上,高于巴里坤羊的 72.7%^[15]、河南大尾寒羊的 71.78%^[16] 以及滩羊的 70.94%^[17],表明 2 组湖羊羊肉水分含量均较高,肉质较细嫩,但 2 组间不存在显著差异。羊肉中的蛋白质是人体营养需要蛋白质的优良来源,本试验中,与花生秧组相比,油菜组湖羊背最长肌粗蛋白质含量有提高的趋势,表明青贮饲用油菜同比例替代花生秧具有提高湖羊肌肉蛋白质含量的潜力。

肌肉中氨基酸组成是影响肉品质的重要因素,与肉的营养价值息息相关,蛋白质在动物体内的分解和吸收是通过氨基酸来实现的,蛋白质中氨基酸的种类和含量又与肌肉的品质和风味密切相关^[18-19]。大量研究表明,氨基酸中的丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、丙氨酸和脯氨酸是肉香味的前体氨基酸,尤其是谷氨酸,是肉中的主要鲜味物质。Lorenzo 等^[20]研究发现,必需氨基酸含量制约肌肉蛋白质的品质。本试验发现,与

花生秧组相比,油菜组湖羊肌肉中苏氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、精氨酸、总氨基酸、必需氨基酸、非必需氨基酸含量显著增加,丝氨酸、谷氨酸和组氨酸含量有增加的趋势。这表明青贮饲用油菜同比例替代花生秧不仅具有提高湖羊肌肉中蛋白质含量的潜力,同时还提高了肌肉中风味氨基酸含量,改善了湖羊肌肉的风味和营养价值,提高了湖羊肉品质。

3.3 青贮饲用油菜对湖羊内脏器官及胃肠道发育的影响

内脏器官重量在一定程度上可以有效反映动物器官发育情况和功能强弱,影响动物机体对营养物质的消化吸收^[21]。本试验发现,与花生秧组相比,油菜组湖羊心脏重量显著提高,其他脏器内脏器官重量无显著差异。心脏是维持机体血液循环、将营养物质输送至全身以及将全身代谢废物转运出来的重要器官^[22],本试验中,油菜组湖羊心脏重量的显著提高可能与湖羊体重的提高有关。随着体重的增加,机体所需营养物质增多,代谢废物增加,使得心脏重量不断增加以满足这种不平衡,达到与体重相适应的比例。

反刍动物消化道发育通常由内分泌腺介导,是一个有序过程,受品种、年龄、饲料组成和其他一些因素的调控^[23]。消化器官的发育与反刍动物的年龄和饲料有关,如初生反刍动物肠道占胃肠道的80%,随年龄增长而逐渐降低。反刍动物出生时,瘤胃和网胃容积约等于皱胃的1/2,8周后与皱胃容积相等,而4月龄时为皱胃容积的4倍^[24]。据我们所知,目前尚未有关于青贮饲用油菜对湖羊湖胃肠道发育的研究。本试验中,与花生秧组相比,油菜组瘤胃、皱胃、空肠以及小肠的重量显著提高,十二指肠重量有提高的趋势;瘤胃占宰前活重比例显著提高,十二指肠和盲肠占宰前活重比例显著降低,其他肠道占宰前活重比例无显著差异,表明青贮饲用油菜促进了瘤胃的发育。花生秧组盲肠重量显著高于油菜组,原因可能是花生秧与青贮饲用油菜相比粗纤维含量更高,不易消化,而瘤胃和大肠(盲肠)是最主要的微生物消化部位。因此,花生秧可能在瘤胃未完全消化,更多地到达了盲肠。同时,饲喂青贮饲用油菜可能更好地促进瘤胃发育,进而促进营养物质吸收。

3.4 青贮饲用油菜对湖羊瘤胃发酵参数的影响

瘤胃液中VFA是反刍动物碳水化合物在瘤胃的降解产物,TVFA含量增加表明通过瘤胃微生物消化后产生了更多的能量物质^[25]。赵娜等^[6]研究表明,青贮饲用油菜提高了育肥期山羊瘤胃液中异丁酸含量,对其他VFA含量无显著影响。张勇等^[26]研究表明,油菜秆颗粒料组瘤胃中TVFA、丙酸和丁酸含量均显著高于对照组。本试验中,与花生秧组相比,油菜组瘤胃液中乙酸和TVFA含量有提高的趋势,其他VFA含量无显著差异。上述结果表明,青贮饲用油菜同比例替代花生秧具有提高瘤胃发酵速率的作用。

4 结 论

青贮饲用油菜同比例替代花生秧提高了湖羊的生长性能、瘤胃发酵速率和胃肠道发育,同时具有提高肌肉中蛋白质含量的潜力,改善了肌肉的风味和营养价值,提高了肉品质。

参考文献:

- [1] 黎力之,潘珂,袁安,等.几种油菜秸秆营养成分的测定[J].江西畜牧兽医杂志,2014(5):28-29.
LI L Z, PAN K, YUAN A. Determination of nutritional components of several rape straws[J]. Jiangxi Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2014(5):28-29. (in Chinese)
- [2] MAISON T, STEIN H H. Digestibility by growing pigs of amino acids in canola meal from North America and 00-rape seed meal and 00-rape seed expellers from Europe[J]. Journal of Animal Science, 2014, 92(8):3502-3514.
- [3] 王洪超,刘大森,刘春龙,等.饲料油菜及其饲用价值研究进展[J].土壤与作物,2016,5(1):60-64.
WANG H C, LIU D S, LIU C L, et al. Research progress in forage rape and its feeding value[J]. Soil and Crops, 2016, 5(1):60-64. (in Chinese)
- [4] 文健,刘桂琼,姜勋平,等.饲用油菜生物量与营养成分测定及其发酵全混合日粮饲喂湖羊效果[J].华中农业大学学报,2018,37(2):71-75.
WEN J, LIU G Q, JIANG X P, et al. Biomass, nutrition of forage rape and effect of its fermented total mixed ration on growth, carcass and meat quality in Hu sheep[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2018, 37(2):71-75. (in Chinese)
- [5] 王凤,向守红,赵耀鹏,等.油菜混合青贮加工及其对

- 山羊饲喂效果的研究[J].畜牧与饲料科学,2017,37(8):16-19.
- WANG F, XIANG S H, ZHAO Y P, et al. Research on the processing of rape mixed silage and its feeding effect on goats[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2017, 37(8): 16-19. (in Chinese)
- [6] 赵娜, 杨雪海, 陈芳, 等. 青贮饲用油菜对育肥期山羊瘤胃发酵参数及微生物多样性的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(9): 146-154.
- ZHAO N, TAN Z P, YANG X H, et al. Effects of rape silage on rumen fermentation parameters and microbial diversity of goats during fattening period[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2019, 28(9): 146-154. (in Chinese)
- [7] 刁志成, 曲扬华, 刘策, 等. 饲用油菜混合青贮对湖羊屠宰性能及肉品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(6): 1564-1570.
- DIAO Z C, QU Y H, LIU C, et al. Effects of mixed rape silage for feed on slaughter performance and meat quality of *Hu* sheep[J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2018, 45(6): 1564-1570. (in Chinese)
- [8] 刘理想, 孙大明, 毛胜勇, 等. 胰高血糖素样肽-2 对羔羊胃肠道重量、瘤胃发酵及小肠上皮发育相关基因表达的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2018, 49(3): 549-558.
- LIU L X, SUN D M, MAO S Y, et al. Effects of glucagon-like peptide-2 on lamb gastrointestinal weight, rumen fermentation and small intestinal epithelial development-related gene expression[J]. Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2018, 49(3): 549-558. (in Chinese)
- [9] TUYEN D V, PHUONG H N, CONE J W, et al. Effect of fungal treatments of fibrous agricultural by-products on chemical composition and *in vitro* rumen fermentation and methane production[J]. Bioresource Technology, 2013, 129: 256-263.
- [10] 董瑗榕, 周勇, 郭春华, 等. 发酵油菜秸秆对山羊生长性能和养分降解率的影响[J]. 中国饲料, 2019(23): 105-109.
- DONG A Y, ZHOU Y, GUO C H, et al. Effects of fermented rape straw on goat growth performance and nutrient degradation rate[J]. China Feed, 2019(23): 105-109. (in Chinese)
- [11] 陈宇, 郭春华, 徐旭, 等. 添加微生物发酵剂对油菜秸秆品质的影响及在肉山羊上的应用[J]. 中国饲料, 2018(3): 76-81.
- CHEN Y, GUO C H, XU X, et al. The effect of adding microbial starter on the quality of rape straw and its application in meat goats[J]. China Feed, 2018(3): 76-81. (in Chinese)
- [12] 李晓锋, 索效军, 杨前平, 等. 青贮饲用油菜对山羊肉用性能的影响研究[J]. 中国饲料, 2017(15): 12-14.
- LI X F, SUO X J, YANG Q P, et al. Study on the effect of silage rape on goat meat performance[J]. China Feed, 2017(15): 12-14. (in Chinese)
- [13] 陈艳珍. 羊肉品质的评定指标及影响因素[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011(7): 53-54.
- CHEN Y Z. Evaluation indexes and influencing factors of mutton quality[J]. Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary, 2011(7): 53-54. (in Chinese)
- [14] WARRISS P D. Meat science[M]. Wallingford: CABI Publishing, 2000.
- [15] 王志琴, 张晓红, 托合耐, 等. 巴里坤羊肉营养成分分析[J]. 草食家畜, 2002(1): 48-49.
- WANG Z Q, ZHANG X H, TUO H T, et al. Analysis of nutrient composition of Barkun lamb[J]. Herbivorous Livestock, 2002(1): 48-49. (in Chinese)
- [16] 田亚磊, 宗珊颖, 吉进卿, 等. 河南大尾寒羊屠宰性能和肉质特性研究[J]. 云南农业大学学报, 2010, 25(2): 226-229.
- TIAN Y L, ZONG L Y, JI J J, et al. Study on the slaughter performance and meat quality characteristics of *Henan* big tail *Han* sheep[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2010, 25(2): 226-229. (in Chinese)
- [17] 钱文熙. 滩羊肉品质研究[D]. 硕士学位论文. 银川: 宁夏大学, 2005.
- QIAN W X. Study on the quality of *Tan* sheep meat[D]. Master's Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2005. (in Chinese)
- [18] WOOD J D, RICHARDSON R I, NUTE G R, et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review[J]. Meat Science, 2004, 66(1): 21-32.
- [19] 孙寿永, 张浩. 海门山羊不同部位肌肉中氨基酸含量的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(12): 77-81.
- SUN S Y, ZHANG H. Study on amino acid content in different parts of muscle of *Haimen* goat[J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2012, 39(12): 77-81. (in Chinese)
- [20] LORENZO J M, FRANCO D. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis, pro-

- teolysis and sensory properties [J]. Meat Science, 2012, 92(4) : 704–714.
- [21] ZHANG X Z, WU X, CHEN W B, et al. Growth performance and development of internal organ, and gastrointestinal tract of calf supplementation with calcium propionate at various stages of growth period [J]. PLoS One, 2017, 12(7) : e0179940.
- [22] PITTMAN R N. The circulatory system and oxygen transport [M] // GRANGERS D N, WILLISTON G J. Regulation of tissue oxygenation. San Rafael: Morgan & Claypool Life Sciences, 2011.
- [23] VI R L B, MCLEOD K R, KLOTZ J L, et al. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant [J]. Journal of Dairy Science, 2004, 87(Suppl. 1) : E55–E65.
- [24] OWENS F N, DUBESKI P, HANSON C F. Factors that alter the growth and development of ruminants [J]. Journal of Animal Science, 1993, 71(11) : 3138–3150.
- [25] BROWN R E. Studies on the production of volatile fatty acids in the bovine rumen [D]. Ph.D. Thesis. Maryland: University of Maryland, 1954.
- [26] 张勇, 郭海明, 汤志宏, 等. 油菜秆颗粒料对湖羊生产性能、瘤胃发酵参数及血液生化指标的影响 [J]. 草业学报, 2016, 25(10) : 171–179.
- ZHANG Y, GUO H M, TANG Z H, et al. The effect of rape stalk pellets on the production performance, rumen fermentation parameters and blood biochemical indexes of *Hu* sheep [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2016, 25(10) : 171–179. (in Chinase)

Effects of Silage Feeding Rape on Growth Performance, Slaughter Performance, Rumen Fermentation and Organ Development of *Hu* Sheep

YIN Yuyang¹ JIANG Yongqing² HUANG Jie¹ LI Yufeng¹ REN Yun¹ ZHU Jianfang^{1*}

(1. Huzhou Academy of Agricultural Sciences, Huzhou 313000, China; 2. Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the effects of silage feeding rape on growth performance, slaughter performance, rumen fermentation and organ development of *Hu* sheep. Twelve healthy weaned *Hu* lambs with similar birth date, parity and weight were selected and randomly divided into 2 groups with 6 sheep per group. Lambs in 2 groups were fed the peanut vine total mixed ration (peanut vine group) and silage feeding rape total mixed ration (rape group), respectively. The experiment lasted for 60 days. The results showed that compared with the peanut vine group, the final weight and ($P=0.043$) and average daily gain ($P=0.011$) of rape group were significantly increased; the carcass weight had an increasing trend ($P=0.062$); the rumen ($P=0.028$), abomasum ($P=0.029$), jejunum ($P=0.008$) and small intestine ($P=0.013$) weights were significantly increased, and the duodenum weight had an increasing trend ($P=0.055$); the percentage of rumen to live weight before slaughter was significantly increased ($P=0.033$), while the percentages of duodenum ($P=0.048$) and caecum ($P=0.016$) to live weight before slaughter were significantly decreased; the crude protein content of *longissimus* muscle had an increasing trend ($P=0.062$), the contents of threonine ($P=0.019$), proline ($P=0.010$), glycine ($P=0.008$), alanine ($P=0.016$), valine ($P=0.039$), methionine ($P=0.007$), isoleucine ($P=0.023$), leucine ($P=0.017$), tyrosine ($P=0.025$), phenylalanine ($P=0.012$), lysine ($P=0.033$), arginine acid ($P=0.024$), total amino acids ($P=0.028$), essential amino acids ($P=0.021$) and non-essential amino acids ($P=0.036$) were significantly decreased, and the contents of serine ($P=0.056$), glutamic acid ($P=0.052$) and histidine ($P=0.055$) had an increasing trend; the contents of acetate ($P=0.062$) and total volatile fatty acids ($P=0.087$) in rumen fluid had an increasing trend. In conclusion, silage feeding rape replacing peanut vine in the same proportion increase the growth performance, rumen fermentation rate and gastrointestinal development of *Hu* sheep, and have the potential to increase the muscle protein content, improve the flavor and nutritional value of muscle, and increase the meat quality. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(2):1153-1162]

Key words: silage feeding rape; *Hu* sheep; growth performance; rumen fermentation; organ development

* Corresponding author, promotion professor, E-mail: zjf3700@126.com