

# 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛生长发育、 消化代谢和血清生化指标的影响

李继超 张立阳\* 廉红霞 李明 高腾云 史莹华 付彤\*\*

(河南农业大学动物科技学院,郑州 450002)

**摘要:** 本试验旨在研究不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛生长发育、消化代谢和血清生化指标的影响。选取 54 头健康断奶荷斯坦公犊牛[(70±3)日龄、(77.50±5.07) kg],随机分为 3 个组,每组 18 头。3 组饲料粗饲料来源分别为花生秧(PV 组)、燕麦干草(OH 组)以及苜蓿干草+燕麦干草组合(苜蓿干草:燕麦干草=1:1,AO 组)。预试期 7 d,正试期 60 d。正试期内每日测定犊牛的采食量,每 15 d 测量犊牛体重和体尺指标,在正试期第 60 天各组随机选择 6 头犊牛颈静脉采集血液用于测定血清生化指标,在饲养试验结束后进行 2 期消化代谢试验。结果显示:1) PV 组和 AO 组犊牛试验全期的平均日采食量、末重、平均日增重均显著高于 OH 组( $P<0.05$ ),料重比以 PV 组最低。2) 在第 30 天时,PV 组和 AO 组犊牛胸围显著高于 OH 组( $P<0.05$ );在第 60 天时,PV 组犊牛体高和胸围显著高于 OH 组( $P<0.05$ )。3) PV 组犊牛的干物质表观消化率和氮的生物学价值显著高于 OH 组( $P<0.05$ );同时,PV 组犊牛的有机物和钙的表观消化率、消化能、代谢能、甲烷能、吸收氮和沉积氮也均显著高于 OH 组( $P<0.05$ )。4) PV 组犊牛血清中总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、葡萄糖含量显著高于 OH 组和 AO 组( $P<0.05$ ),且其血清尿素氮含量显著低于 OH 组和 AO 组( $P<0.05$ )。5) PV 组的经济效益最高,花生秧的单价最低,使得 PV 组的粗饲料增重成本较 OH 组和 AO 组显著降低( $P<0.05$ ),增加了利润空间。由此得出,以花生秧为断奶荷斯坦犊牛饲料粗饲料来源能够满足其对营养物质的需要,并使其具有更高的平均日增重和饲料利用率,还可降低饲料成本,同时对犊牛整体健康无负面影响,因此,花生秧可作为断奶荷斯坦犊牛饲料的优质粗饲料来源。

**关键词:** 粗饲料;断奶荷斯坦公犊牛;生长发育;消化代谢;血清生化指标

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)04-2104-12

优质粗饲料对幼龄反刍动物瘤胃发育、生长和健康具有重要作用。断奶前犊牛瘤胃发育尚不完善,一定量的粗饲料能够为瘤胃的发育提供必要的物理刺激,促进反刍,提高瘤胃 pH,增加瘤胃壁动力<sup>[1]</sup>,以及增加瘤胃容积,促进瘤胃肌肉层的发育和维持皮肤的完整性,保证瘤胃的健康发育<sup>[2]</sup>。因此,断奶前犊牛饲料中添加一定量的优

质牧草对促进其瘤胃发育和机体健康具有重要作用。而我国优质牧草如苜蓿干草资源短缺,需求量较大,每年有 1/2 的需求量都依赖进口,且在生产中优先保证奶牛等生产需要。开发优质非常规粗饲料资源替代牧草应用于犊牛生产,对保证我国牛业健康可持续发展具有重要意义。

花生秧具有较高饲喂价值,作为一种优质粗

收稿日期:2020-09-18

基金项目:河南省农业发展专项资金项目(豫牧计 2018-15);现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-36);河南省现代农业产业技术体系建设专项资金(G2013-08)

作者简介:李继超(1996—),男,河南平顶山人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: ljcs@126.com

\* 同等贡献作者

\*\* 通信作者:付彤,副教授,硕士生导师,E-mail: futong2004@126.com

饲料来源逐渐引起研究者和牧场操作人员的重视。我国花生的种植面积仅次于油菜,花生秧是花生收割时期产生的主要副产物之一,产量较大,价格便宜;花生秧营养价值较高,粗蛋白质(CP)含量可达13.2%,略差于盛花期紫花苜蓿,是具有巨大开发潜力的粗饲料资源之一<sup>[3]</sup>。李洋等<sup>[4]</sup>比较了湖北、山东、河南三地的花生秧与麦秸、皇竹草、豌豆秧等非常规粗饲料的营养成分含量,发现不同来源的花生秧营养价值总体均优于其他粗饲料;刘华等<sup>[5]</sup>利用花生秧与全株玉米青贮组合饲喂西门塔尔杂交牛,结果显示,在反刍动物饲料中添加适量花生秧能够提高生长性能、抗氧化能力和抗应激能力;秦雯霄<sup>[6]</sup>研究表明,玉米青贮与花生秧配比为1.2:1.0时,能有效提高干物质(DM)和CP在奶牛瘤胃中的降解率。然而,花生秧在早期断奶犊牛上的应用研究较少,对于早期断奶犊牛的影响尚未见报道。

本试验结合花生秧在我国养牛业中的使用现状,以断奶荷斯坦公犊牛为试验动物,分别饲喂以花生秧、燕麦干草和苜蓿干草+燕麦干草组合作为粗饲料来源的饲料,研究不同粗饲料来源对断奶犊牛生长发育、消化代谢及血清生化指标的影响,并对经济效益进行分析,以期发现一种适合饲喂早期断奶犊牛的粗饲料,为犊牛的健康养殖和花生秧在畜牧业中的应用提供理论依据和实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验所用花生秧产自河南省中牟县,苜蓿干草产自美国,燕麦干草产自甘肃省,3种粗饲料的营养水平见表1。试验所用精料为颗粒型,由河南焦作禾丰饲料有限公司生产,其组成及营养水平见表2。

表1 粗饲料的营养水平(干物质基础)  
Table 1 Nutrient levels of roughages (DM basis) %

项目 Items	粗饲料 Roughages		
	花生秧 Peanut vine	燕麦干草 Oat hay	苜蓿干草 Alfalfa hay
干物质(风干基础)DM (air-dry basis)	91.95	92.72	91.76
总能 GE/(MJ/kg)	13.97	14.21	14.90
粗蛋白质 CP	8.95	9.02	15.72
中性洗涤纤维 NDF	39.34	62.78	39.05
酸性洗涤纤维 ADF	31.96	38.10	27.78
粗脂肪 EE	2.17	2.28	2.13
粗灰分 Ash	11.03	9.17	10.93
钙 Ca	1.27	0.35	1.71
磷 P	0.14	0.28	0.24

营养水平均为实测值。

Nutrient levels were measured values.

### 1.2 试验设计

饲养试验在河南农业大学动物科学与动物医学实践教学基地(河南省许昌市)进行。选取54头健康断奶荷斯坦公犊牛[(70±3)日龄、(77.50±5.07)kg],随机分为3个组,每组18头。3组饲料粗饲料来源分别为花生秧(PV组)、燕麦干草(OH组)以及苜蓿干草+燕麦干草组合(苜蓿干草:燕麦干草=1:1,AO组)。预试期7d,正试期60d。正试期共分为2个阶段,第1~30天,3组犊牛饲喂等量精料,饲喂量为1.5kg/d,粗饲料自由

采食;第30~60天,3组犊牛按体重的3.25%×60%(DM基础)确定精料饲喂量,每周调整1次,粗饲料自由采食。

### 1.3 饲养管理

犊牛在犊牛岛(4.7m×1.5m)内单栏饲养并提供单独的水槽和料槽。每天07:00和16:30各投喂1次,自由饮水,精料和粗饲料分开饲喂。犊牛岛采用沙子作为垫料,每周清理犊牛排泄物、更换垫料并进行1次消毒,试验全程保持牛舍清洁干燥。

表2 精料组成及营养水平(干物质基础)

Table 2 Composition of and nutrient levels of the concentrate (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	42.00
豆粕 Soybean meal	24.00
麸皮 Wheat bran	15.00
膨化大豆 Extrude soybean	4.00
干酒糟及其可溶物 DDGS	11.00
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	0.50
石粉 Limestone	1.50
食盐 NaCl	1.00
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	
干物质(风干基础) DM (air-dry basis)	91.35
总能 GE/(MJ/kg)	15.42
粗蛋白质 CP	20.69
中性洗涤纤维 NDF	16.93
酸性洗涤纤维 ADF	5.03
粗脂肪 EE	4.31
粗灰分 Ash	7.72
钙 Ca	1.21
磷 P	0.61

1) 预混料为每千克精料提供 The premix provided the following per kg of the concentrate: VA 15 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50 mg, Fe 90 mg, Cu 12.5 mg, Mn 60 mg, Zn 100 mg, Se 0.3 mg, I 1.0 mg, Co 0.5 mg。

2) 营养水平均为实测值。Nutrient levels were measured values.

## 1.4 消化代谢试验

采用全收粪尿法,在饲养试验结束后每组选择4头体重相近的健康犍牛进行2期消化代谢试验,每期7d,其中预试期3d,正试期4d,记录每头犍牛正试期每日排粪量和排尿量,每天收集粪便总量的10%作为混合样品,每100g新鲜粪便加入10%的稀硫酸10mL固氮,每天收集尿液总量的1%作为混合样品,用10%稀硫酸调试尿样使 $\text{pH} \leq 3$ ,收集的粪便、尿液样品于 $-20^\circ\text{C}$ 保存。

### 1.5 样品采集与指标测定

#### 1.5.1 营养成分含量

试验采用四分法采集花生秧、苜蓿干草和燕麦干草和精料样品,65 $^\circ\text{C}$ 烘48h后置于封口袋内

保存。待测样品的DM、粗脂肪(EE)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)、磷(P)含量分别参照GB/T 6435—2014、GB/T 6433—2006、GB/T 6438—2007、GB/T 6436—2018、GB/T 6437—2018中方法测定;有机物(OM)含量为DM含量减去Ash含量;CP含量使用全自动凯氏定氮仪(K9860,济南海能仪器有限公司)测定;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量采用滤袋法(ANKOM A200i型半自动纤维分析仪,美国Ankom公司)测定;总能(GE)采用氧弹测热法(ZDHW-8000微机全自动量热仪,鹤壁华诺电子科技有限公司)测定。

#### 1.5.2 生长性能和体尺指标

试验开始后每日记录每头牛的喂料量,晨饲前收集剩料并称取剩料量;试验开始后每15d在晨饲前测定每头牛的体重、体高、体斜长、胸围,连续测量2d。根据以上数据计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)、料重比(F/G)、体高增长率、体斜长增长率、胸围增长率。

#### 1.5.3 能量代谢、氮代谢指标和营养物质表观消化率

粪便中CP、NDF、ADF、DM、EE、Ash和OM含量以及粪能(FE)、尿能(UE)和尿氮的测定同上述方法和仪器,并计算犍牛对饲料的消化能(DE)和代谢能(ME),其中甲烷能( $\text{CH}_4\text{E}$ )按GE的6.5%计算<sup>[7]</sup>,能量代谢、氮代谢指标及营养物质表观消化率计算公式参见文献[8]。

#### 1.5.4 血清生化指标

于正试期第60天晨饲前,各组随机选择6头犍牛颈静脉采血10mL于真空采血管中,凝血后离心(4 $^\circ\text{C}$ 、3 200 r/min, 15 min),分离血清置于 $-20^\circ\text{C}$ 冰箱保存,用全自动生化仪检测血清中丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)活性及总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、尿素氮(UN)、葡萄糖(GLU)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)含量。

## 1.6 数据统计分析

应用Excel 2019软件对数据进行整理,利用SPSS 24.0软件中的one-way ANOVA程序进行单因素方差分析,并采用Duncan氏法进行组间的多重比较。结果均以“平均值 $\pm$ 标准差”表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 不同粗饲料对断奶荷斯坦犊牛生长性能的影响

由表 3 可知,各组犊牛的初重无显著差异 ( $P > 0.05$ ),PV 组和 AO 组末重均显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),且 PV 组末重显著高于 AO 组 ( $P < 0.05$ )。犊牛的 ADFI、ADG 在试验的 2 个阶段(第 1~30 天和第 31~60 天)均表现为 PV 组和 AO 组显著

高于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),在第 31~60 天表现为 PV 组显著高于 AO 组 ( $P < 0.05$ ),而在试验全期则表现为 PV 组和 AO 组显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),且 PV 组显著高于 AO 组 ( $P < 0.05$ )。F/G 在第 1~30 天表现为 AO 组显著低于 PV 组和 OH 组 ( $P < 0.05$ ),在第 31~60 天表现为 PV 组显著低于 AO 组和 OH 组 ( $P < 0.05$ ),且 AO 组显著低于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),在试验全期表现为 PV 和 AO 组显著低于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),且以 PV 组最低。

表 3 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛生长性能的影响

Table 3 Effects of different roughages on growth performance of weaned Holstein male calves

项目 Items	试验阶段 Test stages	组别 Groups			P 值 P-value
		PV	OH	AO	
体重 Body weight/kg	第 1 天 Day 1	78.53±6.66	78.29±4.07	77.92±4.33	0.136
	第 30 天 Day 30	99.32±6.81 <sup>a</sup>	94.27±3.85 <sup>b</sup>	97.74±4.38 <sup>a</sup>	0.014
	第 60 天 Day 60	131.24±9.25 <sup>a</sup>	115.05±4.98 <sup>c</sup>	123.69±7.08 <sup>b</sup>	0.004
平均日采食量 ADFI/kg	第 1~30 天 Days 1 to 30	3.47±0.53 <sup>a</sup>	2.86±0.32 <sup>b</sup>	3.43±0.37 <sup>a</sup>	0.019
	第 31~60 天 Days 31 to 60	5.44±0.72 <sup>a</sup>	4.36±0.22 <sup>c</sup>	4.94±0.50 <sup>b</sup>	0.028
	第 1~60 天 Days 1 to 60	4.46±0.18 <sup>a</sup>	3.61±0.49 <sup>c</sup>	4.19±0.66 <sup>b</sup>	0.032
平均日增重 ADG/kg	第 1~30 天 Days 1 to 30	0.69±0.10 <sup>a</sup>	0.53±0.10 <sup>b</sup>	0.74±0.08 <sup>a</sup>	0.018
	第 31~60 天 Days 31 to 60	0.94±0.10 <sup>a</sup>	0.60±0.08 <sup>c</sup>	0.73±0.11 <sup>b</sup>	0.013
	第 1~60 天 Days 1 to 60	0.82±0.08 <sup>a</sup>	0.57±0.08 <sup>c</sup>	0.74±0.09 <sup>b</sup>	0.042
料重比 F/G	第 1~30 天 Days 1 to 30	5.03±0.32 <sup>a</sup>	5.37±0.18 <sup>a</sup>	4.64±0.24 <sup>b</sup>	0.029
	第 31~60 天 Days 31 to 60	5.79±0.22 <sup>c</sup>	7.27±0.26 <sup>a</sup>	6.77±0.33 <sup>b</sup>	0.013
	第 1~60 天 Days 1 to 60	5.44±0.73 <sup>b</sup>	6.33±0.23 <sup>a</sup>	5.66±0.45 <sup>b</sup>	0.032

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛体尺指标的影响

由表 4 可知,PV 组犊牛第 60 天体高显著高于 AO 组 ( $P < 0.05$ ),PV 组和 AO 组第 30 天和第 60 天胸围显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ )。在试验第 1~30 天,AO 组体高增长率显著高于 PV 组 ( $P <$

0.05),AO 组胸围增长率显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ );在试验第 31~60 天,PV 组体高增长率显著高于 AO 组和 OH 组,且其胸围增长率显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ );在试验第 1~60 天,AO 组体斜长增长率显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ ),PV 组和 AO 组胸围增长率显著高于 OH 组 ( $P < 0.05$ )。

表 4 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛体尺指标的影响

Table 4 Effects of different roughages on body size indexes of weaned Holstein male calves

项目 Items	试验阶段 Test stages	组别 Groups			P 值 P-value
		PV	OH	AO	
体高 Body height/cm	第 1 天 Day 1	89.52±2.38	88.58±2.63	87.75±3.23	0.146
	第 30 天 Day 30	93.08±2.76	93.55±2.42	93.47±3.37	0.073
	第 60 天 Day 60	103.47±2.86 <sup>a</sup>	101.16±4.34 <sup>ab</sup>	99.68±3.35 <sup>b</sup>	0.004
体斜长 Body length/cm	第 1 天 Day 1	89.97±5.01	89.79±3.26	88.05±4.38	0.306
	第 30 天 Day 30	97.63±3.95	96.32±2.24	96.68±2.81	0.058

续表 4

项目 Items	试验阶段 Test stages	组别 Groups			P 值 P-value
		PV	OH	AO	
胸围 Chest girth/cm	第 60 天 Day 60	108.68±3.95	106.47±4.79	108.32±4.04	0.078
	第 1 天 Day 1	100.11±3.45	99.39±2.30	98.70±4.21	0.446
	第 30 天 Day 30	106.47±2.48 <sup>a</sup>	103.84±2.87 <sup>b</sup>	105.95±3.61 <sup>a</sup>	0.032
	第 60 天 Day 60	118.16±4.19 <sup>a</sup>	112.37±2.81 <sup>b</sup>	116.32±4.47 <sup>a</sup>	0.005
体高增长率 Body height growth rate/%	第 1~30 天 Days 1 to 30	3.99±2.48 <sup>b</sup>	5.66±2.89 <sup>ab</sup>	6.82±2.57 <sup>a</sup>	0.002
	第 31~60 天 Days 31 to 60	11.21±2.87 <sup>a</sup>	8.13±3.83 <sup>b</sup>	6.69±3.08 <sup>b</sup>	0.001
体斜长增长率 Body length growth rate/%	第 1~60 天 Days 1 to 60	15.60±2.60	14.32±4.40	13.82±2.33	0.215
	第 1~30 天 Days 1 to 30	8.65±3.99	7.41±4.90	10.06±6.16	0.062
胸围增长率 Chest girth growth rate/%	第 31~60 天 Days 31 to 60	11.41±4.13	10.58±5.00	12.10±5.01	0.242
	第 1~60 天 Days 1 to 60	21.03±5.89 <sup>ab</sup>	18.24±6.19 <sup>b</sup>	23.48±7.07 <sup>a</sup>	0.015
胸围增长率 Chest girth growth rate/%	第 1~30 天 Days 1 to 30	6.44±3.21 <sup>ab</sup>	4.51±3.17 <sup>b</sup>	7.82±4.37 <sup>a</sup>	0.003
	第 31~60 天 Days 31 to 60	10.99±3.66 <sup>a</sup>	8.25±2.80 <sup>b</sup>	9.83±3.77 <sup>ab</sup>	0.026
胸围增长率 Chest girth growth rate/%	第 1~60 天 Days 1 to 60	18.09±3.79 <sup>a</sup>	13.21±3.16 <sup>b</sup>	18.50±5.22 <sup>a</sup>	0.001

### 2.3 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛营养物质表观消化率的影响

由表 5 可知, 各组间犊牛的 CP、NDF、ADF、EE、P 表观消化率差异不显著 ( $P>0.05$ ); 犊牛的 DM 表观消化率表现为 PV 组显著高于 OH 组 ( $P<$

$0.05$ ), PV 组和 OH 组与 AO 组差异不显著 ( $P>0.05$ ); PV 组犊牛的 OM 和 Ca 表观消化率显著高于 OH 组 ( $P<0.05$ ), 且 PV 组犊牛的 OM 表观消化率还显著高于 AO 组 ( $P<0.05$ )。

表 5 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛营养物质表观消化率的影响

Table 5 Effects of different roughages on nutrient apparent digestibility of weaned Holstein male calves %

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	PV	OH	AO	
干物质 DM	75.00±4.04 <sup>a</sup>	67.25±6.52 <sup>b</sup>	71.36±7.63 <sup>ab</sup>	0.022
有机物 OM	78.13±2.23 <sup>a</sup>	72.83±1.84 <sup>b</sup>	74.75±3.28 <sup>b</sup>	0.004
粗蛋白质 CP	67.75±4.36	69.00±5.37	72.00±6.00	0.277
粗脂肪 EE	76.75±4.77	75.38±4.30	77.87±4.99	0.575
中性洗涤纤维 NDF	50.57±4.39	54.14±4.37	52.43±4.72	0.353
酸性洗涤纤维 ADF	42.53±3.92	46.32±2.58	44.72±4.29	0.129
钙 Ca	64.13±8.86 <sup>a</sup>	50.88±5.59 <sup>b</sup>	62.00±5.66 <sup>a</sup>	0.002
磷 P	81.00±6.55	82.88±5.30	84.25±3.01	0.463

### 2.4 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛能量代谢的影响

由表 6 可知, 各组间犊牛的 FE、UE、GE 表观消化率、GE 代谢率、DE 代谢率差异不显著 ( $P>0.05$ ); PV 组犊牛的 DE、ME、CH<sub>4</sub>E 显著高于 OH 组和 AO 组 ( $P<0.05$ ); PV 组犊牛的摄入 GE 显著高于 OH 组 ( $P<0.05$ ), 与 AO 组差异不显著 ( $P>0.05$ )。

### 2.5 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛氮代谢的影响

由表 7 可知, AO 组犊牛的摄入氮和吸收氮显著高于 PV 组和 OH 组 ( $P<0.05$ ); PV 组犊牛的粪氮显著高于 OH 组 ( $P<0.05$ ); AO 组和 OH 组犊牛的尿氮显著高于 PV 组 ( $P<0.05$ ); PV 组和 AO 组犊牛的沉积氮显著高于 OH 组 ( $P<0.05$ ); AO 组犊牛的总排出氮显著高于 PV 组 ( $P<0.05$ ); PV 组犊牛的氮的生物学价值显著高于 OH 组和 AO 组

( $P<0.05$ );氮表观消化率和氮利用率各组之间差异不显著( $P>0.05$ ),但氮利用率以PV组最高,较OH组和AO组分别高出29.23%、19.47%。

表6 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛能量代谢的影响

Table 6 Effects of different roughages on energy metabolism of weaned Holstein male calves

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	PV	OH	AO	
摄入总能 GE intake/(MJ/d)	72.64±7.01 <sup>a</sup>	59.37±5.26 <sup>b</sup>	64.83±4.60 <sup>ab</sup>	0.001
粪能 FE/(MJ/d)	18.94±2.50	16.34±3.22	18.37±3.71	0.253
尿能 UE/(MJ/d)	1.00±0.75	1.72±0.51	1.36±0.41	0.069
消化能 DE/(MJ/d)	53.70±5.97 <sup>a</sup>	43.03±3.84 <sup>b</sup>	46.46±6.96 <sup>b</sup>	0.004
代谢能 ME/(MJ/d)	47.99±5.90 <sup>a</sup>	37.45±3.80 <sup>b</sup>	40.49±6.28 <sup>b</sup>	0.003
甲烷能 CH <sub>4</sub> E/(MJ/d)	4.72±0.46 <sup>a</sup>	3.85±0.34 <sup>b</sup>	4.21±0.30 <sup>b</sup>	0.001
总能表观消化率 Apparent digestibility of GE/%	73.75±3.10	72.38±4.24	71.25±7.36	0.638
总能代谢率 Metabolizability of GE/%	66.00±3.85	63.25±4.00	62.25±7.00	0.341
消化能代谢率 Metabolizability of DE/%	89.13±1.89	87.00±1.77	87.25±2.25	0.087

表7 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛氮代谢的影响

Table 7 Effects of different roughages on nitrogen metabolism of weaned Holstein male calves

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	PV	OH	AO	
摄入氮 N intake/(g/d)	74.21±5.12 <sup>b</sup>	62.06±3.77 <sup>b</sup>	79.60±5.01 <sup>a</sup>	<0.001
粪氮 Fecal N/(g/d)	23.92±3.02 <sup>a</sup>	19.28±4.25 <sup>b</sup>	22.23±4.40 <sup>ab</sup>	0.028
尿氮 Urine N/(g/d)	20.57±4.13 <sup>b</sup>	26.08±7.63 <sup>a</sup>	30.78±2.02 <sup>a</sup>	0.001
吸收氮 Absorbed N/(g/d)	50.28±5.48 <sup>b</sup>	42.78±2.84 <sup>b</sup>	57.37±6.73 <sup>a</sup>	0.006
沉积氮 Retained N/(g/d)	29.73±6.41 <sup>a</sup>	16.70±9.94 <sup>b</sup>	26.59±6.42 <sup>a</sup>	0.003
总排出氮 Total N excretion/(g/d)	44.48±5.22 <sup>b</sup>	47.58±9.24 <sup>ab</sup>	53.01±4.47 <sup>a</sup>	0.016
氮表观消化率 Apparent digestibility of N/%	67.75±4.37	69.00±5.37	72.00±6.00	0.277
氮利用率 Utilization rate of N/%	39.88±7.27	30.86±12.50	33.38±6.84	0.159
氮的生物学价值 Biological value of N/%	58.75±9.50 <sup>a</sup>	43.29±16.08 <sup>b</sup>	45.63±6.84 <sup>b</sup>	0.028

## 2.6 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛血清生化指标的影响

由表8可知,各组犊牛血清TP、ALB、GLB含量及AST活性无显著差异( $P>0.05$ ),AST/ALT、ALB/GLB也无显著差异( $P>0.05$ )。与OH组相比,PV组犊牛血清TG和GLU含量显著升高( $P<0.05$ );与AO组相比,PV组犊牛血清TC、HDL、LDL含量显著升高( $P<0.05$ )。此外,AO组血清ALT活性显著低于PV组和OH组( $P<0.05$ ),PV

组血清UN含量显著低于OH组和AO组( $P<0.05$ )。

## 2.7 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛经济效益的影响

由表9可知,在试验期间,犊牛平均增重表现为PV组>AO组>OH组,且PV组与AO组显著高于OH组( $P<0.05$ ),同时PV组粗饲料单价低于其他2组,粗饲料增重成本显著低于其他2组( $P<0.05$ ),较OH组和AO组分别降低了62.23%和63.80%。

表 8 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛血清生化指标的影响

Table 8 Effects of different roughages on serum biochemical indexes of weaned Holstein male calves

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	PV	OH	AO	
丙氨酸氨基转移酶 ALT/(U/L)	24.78±4.06 <sup>a</sup>	25.22±3.07 <sup>a</sup>	21.44±2.83 <sup>b</sup>	0.023
天门冬氨酸氨基转移酶 AST/(U/L)	60.33±8.41	61.00±6.33	54.44±7.16	0.641
天门冬氨酸氨基转移酶/丙氨酸氨基转移酶 AST/ALT	2.46±0.33	2.44±0.35	2.56±0.35	0.235
总蛋白 TP/(g/L)	58.72±4.40	55.63±18.67	62.90±4.07	0.652
白蛋白 ALB/(g/L)	33.04±1.81	34.92±1.41	34.46±1.55	0.429
球蛋白 GLB/(g/L)	25.68±3.11	27.38±3.86	28.44±4.32	0.583
白球比 ALB/GLB	1.30±0.14	1.30±0.20	1.24±0.21	0.447
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.41±0.43 <sup>b</sup>	4.84±0.50 <sup>a</sup>	4.42±0.59 <sup>a</sup>	0.001
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.54±0.37 <sup>a</sup>	4.96±0.52 <sup>b</sup>	5.16±0.38 <sup>ab</sup>	0.001
总胆固醇 TC/(mmol/L)	2.97±0.42 <sup>a</sup>	2.71±0.43 <sup>ab</sup>	2.41±0.34 <sup>b</sup>	0.002
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.24±0.06 <sup>a</sup>	0.19±0.02 <sup>b</sup>	0.23±0.06 <sup>ab</sup>	0.016
高密度脂蛋白 HDL/(mmol/L)	2.65±0.37 <sup>a</sup>	2.43±0.26 <sup>ab</sup>	2.23±0.27 <sup>b</sup>	0.001
低密度脂蛋白 LDL/(mmol/L)	0.65±0.10 <sup>a</sup>	0.56±0.14 <sup>ab</sup>	0.45±0.12 <sup>b</sup>	0.001

表 9 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛经济效益的影响

Table 9 Effects of different roughages on economic benefit of weaned Holstein male calves

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	PV	OH	AO	
平均增重 Average weight gain/(kg/头)	49.22±3.38 <sup>a</sup>	34.26±5.26 <sup>b</sup>	44.42±4.84 <sup>a</sup>	0.001
粗饲料单价 Roughage price/(元/kg)	0.80	2.20	2.35	
粗饲料总采食量 Roughage total feed intake/kg	155.70±8.56 <sup>a</sup>	104.36±10.39 <sup>b</sup>	132.06±15.63 <sup>a</sup>	0.004
粗饲料增重成本 Roughage weight gain cost/(元/kg)	2.53±0.62 <sup>b</sup>	6.70±1.25 <sup>a</sup>	6.99±0.83 <sup>a</sup>	0.002

### 3 讨论

#### 3.1 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛生长发育的影响

ADFI 是反映动物健康状况和营养物质摄入的指标,也是评价饲草适口性的主要指标,已被用来评价饲草的优劣,ADG 能够直观反映动物生长发育情况<sup>[9]</sup>。本试验中 PV 组犊牛的 ADFI 最高, PV 组与 AO 组犊牛的 ADG 显著高于 OH 组, PV 组的 F/C 低于 AO 组和 OH 组, Dewhurst 等<sup>[10]</sup>研究表明,相比于禾本科青贮粗饲料,饲喂豆科青贮粗饲料的反刍动物降解速度和瘤胃排空速度较大,这可能是导致本试验 PV 组和 AO 组犊牛的

ADFI 较高的原因。刘华等<sup>[5]</sup>研究发现,花生秧组 12 月龄西门塔尔杂交牛的 ADFI 显著高于麦秸组和苜蓿干草组,花生秧组和苜蓿燕麦混合组的 ADG 显著高于麦秸组,与本试验结果一致,但其苜蓿干草组的 F/G 低于其他组,与本试验结果不一致,可能是因为物种及其所处的生理阶段不同。本试验中 PV 组犊牛的体高、体斜长和胸围均高于其他 2 组,与体重的变化基本一致,进一步说明了体重和体尺之间的相关性<sup>[11]</sup>。各组体高在第 1~30 天无显著差异,各组体斜长在试验期皆无显著差异。李婷婷等<sup>[12]</sup>研究发现给犊牛补饲干草不会影响犊牛的体尺发育。犊牛胸围 PV 组和 AO 组皆高于 OH 组,王斯琴塔娜等<sup>[13]</sup>研究表明,补饲干

草相对补饲秸秆能够提高犊牛胸围,推测可能与瘤胃发育有关,犊牛补充粗饲料胸围增大是由于粗饲料在瘤胃的填充所导致的。本试验中饲喂花生秧改善了犊牛的体尺指数,其原因可能是由于花生秧有较适宜的营养和能量水平,提高了饲料的利用率,而犊牛在正处于快速生长阶段,使得营养物质更多用于骨骼发育<sup>[14]</sup>。花生秧作为粗饲料来源的育肥效果要优于苜蓿干草+燕麦干草组合和燕麦干草,饲料转化率较高。

### 3.2 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛营养物质消化利用的影响

DM 和 OM 的表观消化率可以反映动物对饲料的消化特性,饲料中粗饲料不同,其在家畜瘤胃中的降解程度不同<sup>[15]</sup>。在本试验中,PV 组犊牛的 DM、OM 表观消化率均显著高于 OH 组,而且 PV 组 OM 表观消化率显著高于 AO 组。吴天佑等<sup>[16]</sup>研究表明,花生秧组湖羊的 DM 表观消化率高于豆秸组和甘蔗渣组,同本试验结果一致,花生秧具有较好的瘤胃降解性能<sup>[15]</sup>,能够在瘤胃中充分的发酵,从而影响饲料中营养物质的消化率。

NDF 和 ADF 的表观消化率可以反映反刍动物对饲料纤维物质的利用能力,Ca、P 可以通过维持瘤胃内微生物的活性,进而影响瘤胃对饲料的消化能力<sup>[17]</sup>。本试验中各组犊牛 NDF、ADF 和 P 表观消化率差异不显著,索效军等<sup>[18]</sup>以花生藤替代苜蓿饲喂湖北黑头羊,结果发现各组黑头羊的 NDF 和 ADF 表观消化率无显著差异,同本试验结果一致。曹志昂<sup>[19]</sup>研究发现奶牛瘤胃中 NDF 消化率随饲料物理有效中性洗涤纤维(physically effective neutral detergent fiber, peNDF)含量的增加而显著提高,因此引起本试验结果的原因可能是因为燕麦干草中含有的 peNDF 较低,影响了犊牛对 NDF 和 ADF 的消化,同时造成 DM 和 OM 的消化率降低。尼龙袋降解试验发现,饲料中 ADF 和 NDF 组成不同,附着在其上的微生物菌群也存在显著差异<sup>[20]</sup>,最终会导致其在瘤胃内的降解率存在差异。本试验中的 3 种粗饲料的 CP、NDF 和 ADF 含量虽然存在一定差异,但最终各组的 CP、NDF 和 ADF 表观消化率无显著差异。这可能是由于:1)本试验所用犊牛的瘤胃虽有所发育,但尚未发育完全,故不能完全消化粗饲料中的纤维类物质;2)各组的 ADFI 也存在一定差异,PV 组 ADFI 较大,弥补了与 AO 组营养水平的差距,OH

组虽然 ADFI 较低,但同时精料的比重较大,进而升高了营养物质的表观消化率。本试验中,各组犊牛对 Ca 的表观消化率在 51%~64%,对 P 的表观消化率在 81%~84%,这与杨磊等<sup>[21]</sup>研究得出犊牛对 P 的消化率高于 Ca 的结果一致,OA 组犊牛的 Ca 表观消化率较低,这可能是因为燕麦干草中含有大量的草酸,而草酸与 Ca 形成不溶性的草酸钙,随粪便排出,从而降低了 Ca 的表观消化率<sup>[22]</sup>。综上可知,CP、NDF 和 ADF 等营养物质的消化受到多种因素的影响,是多种因素共同作用的结果,也可能与瘤胃发酵和瘤胃微生物区系的建立有关,尚需进一步研究。

### 3.3 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛能量利用的影响

能量是动物体内一切代谢活动和生产活动的基础,满足维持需要后才能够用于不同形式的生产<sup>[23]</sup>。本试验结果显示,PV 组犊牛的摄入 GE、DE 和 ME 均较高,可能是因为 PV 组犊牛摄入 GE 的较高,饲料有效能量用于维持部分相对较少,增加了生产净效率,因此其 DE 和 ME 均增加<sup>[8]</sup>。FE 是饲料能量中损失最大的部分,UE 主要来源于机体的蛋白质代谢产物<sup>[8]</sup>。本试验中 PV 组犊牛显著增大了 CH<sub>4</sub>E 的排放量,但并没有影响到 FE 和 UE 的排放量。PV 组犊牛摄入 GE 的较高,提高了犊牛甲烷的产生量,进而使甲烷的排放量增加。刘基伟等<sup>[24]</sup>研究发现,提高饲料能量水平能够提高草原红牛的 CH<sub>4</sub>E 排放量,但并不影响草原红牛的 FE 和 UE 的排放量,同本试验结果一致。这可能与饲料能量水平差异和对不同粗饲料的采食量有关。本试验结果显示,各组犊牛的 GE 表观消化率、GE 代谢率和 DE 代谢率差异均不显著,但是数值上以 PV 组最大,其 GE 表观消化率、GE 代谢率分别达到了 73.75% 和 66.00%,这与崔祥等<sup>[25]</sup>试验结果类似。

### 3.4 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛氮代谢的影响

氮沉积率不仅可以反映饲料中蛋白质的优劣程度,还可以准确地反映蛋白质在动物体内被消化吸收的程度,瘤胃内降解氮的利用效率多变,因此讨论氮沉积率比其消化率更有意义。本试验中,各组犊牛之间的 ADFI 不同,可能是导致其摄入氮不同的主要原因。PV 组犊牛的沉积氮显著高于 OH 组和 AO 组,尿氮和总排出氮均显著低于

OH组和AO组,马满鹏等<sup>[23]</sup>发现以大豆皮为NDF主要来源能够提高犊牛的氮沉积,同本试验结果一致。PV组犊牛的氮利用率在3组中是最高的,饲料中能量与蛋白质在适宜水平才能提高犊牛对营养物质的利用率<sup>[26]</sup>,本试验中可能是因为花生秧促进了犊牛瘤胃微生物区系和肠道的发育,提高了瘤胃微生物对氮的利用,增强了肠道对氮的吸收,使得PV组犊牛的氮的生物学价值最高,可达58.75%,这表明花生秧的可利用蛋白质更有利于犊牛的生长需要。

### 3.5 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛血清生化指标的影响

血液或血清生化指标能够反映机体的新陈代谢机能和相关组织器官的机能变化情况<sup>[27]</sup>。血清UN含量与体内氮的沉积率、蛋白质或氨基酸的利用率呈负相关性<sup>[28]</sup>。本试验中PV组犊牛血清UN含量最低,马吉锋等<sup>[29]</sup>研究表明饲料中加入15%柠条和玉米芯能够降低西杂牛血清UN含量,同本试验结果相似,表明PV组饲料氨基酸平衡较好,蛋白质沉积较好。

AST、ALT参与机体蛋白质代谢,一定程度上代表了动物机体肝脏功能的强弱<sup>[14]</sup>。本试验中,AO组犊牛血清ALT和AST活性均较低,但是其数值均在正常范围内,表明不同粗饲料来源饲料对犊牛肝功能均没有负面影响。血液GLU含量升高表明脂肪的沉积和蛋白质的合成增强。PV组犊牛血清GLU含量最高,这可能与ADFI增加,使得体内能量储备增加有关,也与肝脏糖异生能力日渐增强有关<sup>[30]</sup>。血清TG含量可反映犊牛对脂类物质的消化吸收和代谢情况<sup>[23]</sup>。本试验中,PV组血清TG含量最高,同冯兴龙等<sup>[31]</sup>的试验结果一致,表明以花生秧为粗饲料饲喂犊牛,有助于保持犊牛机体脂类代谢的稳定,增加犊牛体内的脂肪沉积,从而提高犊牛的ADG和体重。

### 3.6 不同粗饲料对断奶荷斯坦公犊牛经济效益的影响

在本试验中,使用花生秧或苜蓿干草+燕麦干草组合作为粗饲料饲喂断奶犊牛,ADFI和ADG都显著高于使用燕麦干草作为粗饲料,且花生秧能够达到甚至优于苜蓿干草+燕麦干草组合的饲喂效果。总体上来看,花生秧单价最低且极大地降低了粗饲料增重成本,增加了利润空间,这说明使用花生秧作为断奶荷斯坦公犊牛的粗饲料可以

提高经济效益,值得推广利用。

## 4 结论

花生秧作为断奶荷斯坦公犊牛的粗饲料能够提高营养物质表观消化率,满足其在生长发育方面对营养物质的需求。与苜蓿干草+燕麦干草组合和燕麦干草相比,花生秧作为粗饲料能够提高断奶荷斯坦公犊牛ADG,饲料利用率和经济效益。综合考虑上述指标,花生秧可作为断奶荷斯坦公犊牛饲料的优质粗饲料来源。

### 参考文献:

- [1] 杨斌.早期补饲苜蓿调节幼龄湖羊生长和瘤胃发育的机制研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2017:26-30.  
YANG B. Mechanism in growth and rumen development alteration by early alfalfa supplementation in Hu lambs[D]. Ph.D. Thesis. Hangzhou: Zhejiang University, 2017:26-30. (in Chinese)
- [2] SUÁREZ B J, VAN REENEN C G, STOCKHOFFEN N, et al. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves[J]. Journal of Dairy Science, 2007, 90(5):2390-2403.
- [3] 王思伟,李魁英,张海娜,等.花生秧、全株玉米不同混合比例及添加剂对青贮发酵品质和营养价值的影响[J].草业科学,2019,36(9):2413-2422.  
WANG S W, LI K Y, ZHANG H N, et al. Mixed ratios and additives affect the quality of peanut vines and whole-plant corn in mixed silages[J]. Pratacultural Science, 2019, 36(9):2413-2422. (in Chinese)
- [4] 李洋,窦秀静,张幸怡,等.非常规粗饲料分级指数和相对价值比较研究[J].东北农业大学学报,2016,47(2):54-60.  
LI Y, DOU X J, ZHANG X Y, et al. Comparative study on grading indexes and relative value of unconventional roughage[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2016, 47(2):54-60. (in Chinese)
- [5] 刘华,牛岩,肖俊楠,等.不同粗饲料与全株玉米青贮组合对肉牛生长性能、血清生化指标、血清和组织抗氧化指标及肉品质的影响[J].动物营养学报,2020,32(5):2417-2426.  
LIU H, NIU Y, XIAO J N, et al. Effects of different roughage and whole corn silage combinations on growth performance, serum biochemical indexes, serum and tissue antioxidant indexes and meat quality of

- beef cattle [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(5): 2417-2426. (in Chinese)
- [6] 秦雯霄. 玉米青贮与花生秧配比对奶牛瘤胃消化、生产性能及氮素利用的影响 [D]. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- QIN W X. Effects of different ratio between whole maize silage and peanut vine on rumen digestion, production performance and nitrogen utilization of dairy cows [D]. Master's Thesis. Zhengzhou: Hennan Agriculture University, 2013. (in Chinese)
- [7] IPCC. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 [M]. Hayama, Kanagawa: 日本全球环境战略研究所, 2006.
- IPCC. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories in 2006 [M]. Hayama, Kanagawa: Japan Institute for Global Environmental Strategy, 2006. (in Chinese)
- [8] 王之盛, 李胜利. 反刍动物营养学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 134.
- WANG Z S, LI S L. Ruminant nutrition [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 134. (in Chinese)
- [9] 张玉洁, 赵亥山, 薛瑞林, 等. 小黑麦干草对羔羊生产性能及采食行为的影响 [J]. 草业科学, 2020, 37(2): 355-362.
- ZHANG Y J, ZHAO H S, XUE R L, et al. Effects of feeding triticale hay on the production performance and feeding behavior of lamb [J]. Pratacultural Science, 2020, 37(2): 355-362. (in Chinese)
- [10] DEWHURST R J, DELABY L, MOLONEY A, et al. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage [J]. Irish Journal of Agricultural & Food Research, 2009, 48(2): 167-187.
- [11] 张帆. 妊娠后期母羊精料饲喂水平对母羊和产后羔羊发育的影响 [D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2017.
- ZHANG F. Effects of maternal dietary concentrate feeding levels of ewes during late gestation on the maternal performance, and growth performance of offspring lambs [D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017. (in Chinese)
- [12] 李婷婷, 马静, 刘帅, 等. 不同周龄补饲燕麦干草对犊牛生长发育和行为的的影响 [J]. 动物营养学报, 2020, 32(7): 3246-3254.
- LI T T, MA J, LIU S, et al. Effects of oat hay supplementation at different weeks of age on growth and development and behavior of calves [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(7): 3246-3254. (in Chinese)
- [13] 王斯琴塔娜, 于彦, 刘晗露, 等. 补饲不同品质饲草对哺乳期犊牛营养物质消化率和生长发育的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(9): 5-7.
- WANG S Q T N, YU Y, LIU H L, et al. Nutrient digestibility and growth of suckling calves fed various quality forages [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2007, 34(9): 5-7. (in Chinese)
- [14] 任春燕, 毕研亮, 郭艳丽, 等. 开食料中性洗涤纤维水平对犊牛生长性能、血清生化指标和抗氧化功能的影响 [J]. 中国农业科学, 2020, 53(2): 440-450.
- REN C Y, BI Y L, GUO Y L, et al. Effects of NDF level of starter on growth performance, serum biochemical parameters and antioxidant indices in calves [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2020, 53(2): 440-450. (in Chinese)
- [15] 魏晨, 刘桂芬, 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.
- WEI C, LIU G F, YOU W, et al. Comparison on degradation rule of six kinds of common roughages for ruminants in rumen of beef cattle [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(4): 1666-1675. (in Chinese)
- [16] 吴天佑, 赵睿, 罗阳, 等. 不同粗饲料来源饲粮对湖羊生长性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(6): 1907-1915.
- WU T Y, ZHAO R, LUO Y, et al. Effects of different dietary sources of roughage on performance, ruminal fermentation and serum biochemical parameters of *Hu* sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(6): 1907-1915. (in Chinese)
- [17] 张一为, 赵国先, 孙少华, 等. 全株玉米青贮与花生秧间组合效应的研究 [J]. 饲料研究, 2015(9): 38-41.
- ZHANG Y W, ZHAO G X, SUN S H, et al. Study on the combination effect of whole corn silage and peanut vine [J]. Feed Research, 2015(9): 38-41. (in Chinese)
- [18] 索效军, 张年, 杨前平, 等. 花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊生长性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(2): 865-873.
- SUO X J, ZHANG N, YANG Q P, et al. Effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration on growth performance, rumen fermentation and serum biochemical indexes of *Hubei* black-head goats [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31

- (2):865-873.(in Chinese)
- [19] 曹志昂.日粮 peNDF 水平对泌乳牛咀嚼活动、瘤胃发酵及乳成分的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2015:14-35.  
CAO Z A.Effects of peNDF levels on chewing, rumen fermentation and milk composition of dairy cows[D]. Master's Thesis. Yangling: Northwest A&F University, 2015:14-35.(in Chinese)
- [20] GHARECHAH J, VAHIDI M F, DING X Z, et al. Temporal changes in microbial communities attached to forages with different lignocellulosic compositions in cattle rumen [J]. FEMS Microbiology Ecology, 2020, 96(6): f1aa069.
- [21] 杨磊,刘云龙,屠焰,等.不同蛋白质源组合代乳品对荷斯坦公犊生长性能、营养物质表观消化率和屠宰性能的影响[J].动物营养学报,2020,32(5):2218-2227.  
YANG L, LIU Y L, TU Y, et al. Effects of different protein source combination milk replacers on growth performance, nutrient apparent digestibility and slaughter performance of Holstein calves[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(5): 2218-2227.(in Chinese)
- [22] BEANDT E, PINDBOR G E, FREDSTED I, et al. Oxalic acid in foods[J]. Staten Husholdningsrads Faglige Meddelelser, 1953, 4:19-26.
- [23] 马满鹏,王炳,屠焰,等.不同中性洗涤纤维来源饲料对荷斯坦公犊牛生长性能、消化代谢和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2019,31(6):2682-2692.  
MA M P, WANG B, TU Y, et al. Effects of dietary different neutral detergent fiber sources on growth performance, digestion and metabolism and serum biochemical indexes of Holstein male calves[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(6): 2682-2692.(in Chinese)
- [24] 刘基伟,张相伦,李旭,等.饲料能量水平对草原红牛代谢及血清指标的影响[J].中国农业科学,2020,53(12):2502-2511.  
LIU J W, ZHANG X L, LI X, et al. Effects of dietary energy levels on metabolism and serum parameters of steppe red cattle [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2020, 53(12): 2502-2511.(in Chinese)
- [25] 崔祥,刁其玉,张乃锋,等.日粮能量水平对断奶犊牛生长性能及营养物质消化代谢的影响[J].畜牧兽医学报,2014,45(11):1815-1823.  
CUI X, DIAO Q Y, ZHANG N F, et al. Effects of dietary energy levels on growth performance, digestion and metabolism of nutrients of weaned heifers [J]. Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2014, 45(11): 1815-1823.(in Chinese)
- [26] 张蓉.能量水平及来源对早期断奶犊牛消化代谢的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2008:43-51.  
ZHANG R. Study on effects of different energy content and sources of milk replacer on digestibility and metabolism in early-weaned calves [D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008:43-51.(in Chinese)
- [27] 马满鹏,王炳,屠焰,等.竹叶和茶叶渣对断奶犊牛生长性能、消化代谢及血清抗氧化和免疫指标的影响[J].动物营养学报,2020,32(2):746-755.  
MA M P, WANG B, TU Y, et al. Influences of bamboo leaf and tea-leaves residue on growth performance, digestion and metabolism and serum antioxidant and immune indices of weaned calves [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(2): 746-755.(in Chinese)
- [28] 张俊瑜,郭同军,桑断疾,等.饲料中不同水平棉秆对泌乳期绵羊血清生化指标的影响[J].中国饲料,2020(13):116-121.  
ZHANG J Y, GUO T J, SANG D J, et al. Effects of different levels of cotton stalks in diets on serum biochemical indexes of lactating sheep [J]. China Feed, 2020(13): 116-121.(in Chinese)
- [29] 马吉锋,杨宇为,于洋,等.柠条与玉米芯添加比例对西杂牛增重和血液生化指标的影响研究[J].饲料工业,2020,41(5):56-60.  
MA J F, YANG Y W, YU Y, et al. Effects of *Caragana korshinskii* and corncob on weight gain and blood biochemical parameters in Simmental hybrid cattle [J]. Feed Industry, 2020, 41(5): 56-60.(in Chinese)
- [30] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves [J]. Journal of Dairy Science, 2002, 85(9): 2335-2343.
- [31] 冯兴龙,赵春平,焦锋,等.不同粗饲料对秦川肉牛生长发育及血液生化指标的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(9):10-16.  
FENG X L, ZHAO C P, JIAO F, et al. Influence of different roughages on growth and blood biochemical indices of *Qinchuan* cattle [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2016, 44(9):10-16.(in Chinese)

# Effects of Different Roughages on Growth Development, Digestion and Metabolism and Serum Biochemical Indexes of Weaned Holstein Male Calves

LI Jichao ZHANG Liyang\* LIAN Hongxia LI Ming GAO Tengyun SHI Yinghua FU Tong\*\*  
(College of Animal Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The objective of this study was to investigate the effects of different roughages on growth development, digestion and metabolism and serum biochemical indexes of weaned Holstein male calves. Fifty-four healthy weaned Holstein male calves [(70±3) days of age and (77.50±5.07) kg] were randomly assigned to 3 groups with 18 calves in each group. The peanut vine (PV group), oat hay (OH group) and the combination of alfalfa hay+oat hay (alfalfa hay :oat hay = 1:1, AO group) were used as roughage sources for each group of diets, respectively. The adaptation period lasted for 7 d, and the experimental period lasted for 60 d. The feed intake of calves was measured daily, and the body weight and body size indexes of calves were measured every 15 d. At the 60th day of the experimental period, six calves were randomly selected to collect blood sample from the jugular vein of each group for the measurement of serum biochemical indexes. The 2 periods of digestion and metabolism trial were carried out at the end of the feeding experiment. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake, final body weight and average daily gain of calves in the PV group and AO group were significantly higher than these in OH group ( $P<0.05$ ), and the feed/gain of calves in the PV group was the lowest during the whole trial period. 2) The chest girth of calves in PV group and AO group were significantly higher than that in OH group on day 30 ( $P<0.05$ ), and the body height and chest circumference of calves in PV group were significantly higher than those in OH group on day 60 ( $P<0.05$ ). 3) The apparent digestibility of dry matter and the biological value of nitrogen of calves in PV group were significantly higher than those in OH group ( $P<0.05$ ). The apparent digestibility of organic matter and calcium, digestible energy, metabolic energy, methane energy, absorbed nitrogen and retained nitrogen of calves in PV group were significantly higher than those in OH group ( $P<0.05$ ). 4) The contents of total cholesterol, high-density lipoprotein, low-density lipoprotein and glucose in serum of calves in PV group were significantly higher than those in OH group and AO group ( $P<0.05$ ), and the serum urea nitrogen content was significantly lower than that in OH group and AO group ( $P<0.05$ ). 5) The economic benefit of PV group was the highest, the unit price of peanut vine was the lowest and the roughage weight gain cost of calves in PV group was significantly lower than that of calves in OH group and AO group ( $P<0.05$ ), which increased the profit space. In conclusion, using peanut vine as roughage source of diets for weaned Holstein male calves can meet the need for nutrients and make the higher average daily gain, feed utilization and lower feed cost for weaned calves, while has no influence on the overall health of calves, thus, peanut vine can be used as a high-quality roughage resource of diets for weaned calves. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(4):2104-2115]

**Key words:** roughage; weaned Holstein male calves; growth development; digestion and metabolism; serum biochemical indexes

\* Contributed equally

\*\* Corresponding author, associate professor, E-mail: futong2004@126.com