

# 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊生长性能、血清指标及经济效益的影响

■ 陈 浅<sup>1</sup> 董璠榕<sup>1</sup> 陈菊红<sup>2</sup> 郭春华<sup>1\*</sup> 张正帆<sup>1</sup>

(1.西南民族大学生命科学与技术学院,四川成都 610041;2.乐至大自然农牧有限公司,四川资阳 641500)

**摘 要:** 试验旨在研究不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌(*Clostridium butyricum*, CB)对断奶羔羊生长性能、血清指标及经济效益的影响。采用2×2因子试验设计,以不同精粗比(40:60、60:40)和丁酸梭菌( $0, 1.0 \times 10^8$  CFU/kg)为两因素,选取48只(公母各半)2~3月龄的健康断奶黑山羊(乐至型),按体重随机分为4个处理组(每个组4个重复,每个重复3只羊),分别为低精组(LD-0)、低精加丁酸梭菌组(LD-CB)、高精组(HD-0)和高精加丁酸梭菌组(HD-CB)。预试期10 d,正试期60 d。结果表明:①高精组日粮显著降低了羔羊平均日采食量( $P < 0.05$ ),但对于干物质采食量和料重比均无显著影响( $P > 0.10$ );与对照组相比,丁酸梭菌组羔羊平均日增重提高了16.29%,料重比降低了17.25%( $P < 0.10$ )。②高精组羔羊血清白蛋白(ALB)和总胆固醇(TC)的含量显著高于低精组( $P < 0.05$ ),血清尿素氮(BUN)的含量显著低于低精组( $P < 0.05$ );丁酸梭菌组的总胆固醇(TC)含量较对照组降低了12.16%( $P < 0.10$ ),但对其他血清生化指标均无显著影响( $P > 0.10$ )。③日粮精粗比对血清抗氧化指标无显著影响( $P > 0.10$ );与对照组相比,丁酸梭菌能显著降低血清丙二醛(MDA)的含量( $P < 0.05$ ),有提高血清总超氧化物歧化酶(T-SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)含量的趋势( $P < 0.10$ )。④日粮精粗比对血清免疫指标无显著影响( $P > 0.10$ );丁酸梭菌组的免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白M(IgM)和免疫球蛋白G(IgG)较对照组分别提高了31.41%( $P < 0.05$ )、21.48%( $P < 0.05$ )、19.21%( $P < 0.10$ )。⑤高精组每只羊日收益比低精组高0.50元;丁酸梭菌组的每只羊日收益较对照组高0.81元。综上所述,在精粗比为60:40的日粮中添加 $1.0 \times 10^8$  CFU/kg丁酸梭菌对断奶羔羊的生长性能、血清生化、抗氧化及免疫功能效果较好,增加了经济效益。因此,丁酸梭菌可以作为一种新型的益生菌制剂应用于断奶羔羊培育中。

**关键词:** 丁酸梭菌;精粗比;断奶羔羊;生长性能;血清指标;经济效益

**doi:** 10.13302/j.cnki.fi.2020.23.002

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-991X(2020)23-0006-08

## Effects of adding *Clostridium butyricum* to diets with different concentrate to forage ratios on growth performance, serum indexes and economic benefits of weaned lambs

Chen Qian, Dong Airong, Chen Juhong, Guo Chunhua, Zhang Zhengfan

**Abstract:** The purpose of this experiment was to study the effect of the addition of *Clostridium butyricum* (CB) to diets of different concentrate to forage ratios on the growth performance, serum indexes and economic benefits of weaned lambs. A 2×2 factor test design was adopted and two factors were the

ratio of concentrate to forage (40:60, 60:40) and the adding level of *Clostridium butyricum* ( $0, 1.0 \times 10^8$  CFU/kg) as two factors. The 48 weaned lambs (wet male and female half) aged about 2 to 3 months (Lezhi type) with similar body weight and health condition were randomly assigned to 4 group with 4 replicates per group and 3 lambs per replicate, which groups were

作者简介:陈浅,硕士,研究方向为动物营养与饲料科学。

通讯作者:郭春华,教授,硕士生导师。

收稿日期:2020-10-20

基金项目:国家重点研发计划课题[2018YFD0502002];西南民族大学研究生“创新型科研项目”[CX2019SZ117];四川肉羊创新团队建设专项

the low concentrate group (LD-0), low concentrate supplemented with *Clostridium butyricum* group (LD-CB group), high concentrate group (HD-0) and high concentrate supplemented with *Clostridium butyricum* group (HD-CB). The pretest was 10 days and the period was 60 days. The results showed that: ① The diet of the high-concentrate group significantly reduced the average daily feed intake of lambs ( $P<0.05$ ), but had no significant effect on the dry matter intake and feed-weight ratio ( $P>0.10$ ); compared to the control group, the average daily weight gain of lambs in CB group increased by 16.29%, and the feed-to-gain ratio decreased by 17.25% ( $P<0.10$ ). ② The content of serum albumin (ALB) and total cholesterol (TC) in lambs of high-concentrate group was significantly higher than the diet of low-concentrate group ( $P<0.05$ ), and the content of serum urea nitrogen (BUN) was significantly lower than that the diet of low-concentrate group ( $P<0.05$ ). Compared with control, the content of total cholesterol (TC) in CB group was lower by 12.16%, but it had no significant effect on other serum biochemical indicators ( $P>0.10$ ). ③ There was no significant difference in that contents of these serum antioxidant indexes in the dietary of different concentrate to forage ratios ( $P>0.10$ ). The content of malondialdehyde (MDA) in serum of lambs in CB group decreased significantly ( $P<0.05$ ) and the contents of total superoxide dismutase (T-SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GSH-Px) in serum of lambs tended to be higher than that in CON group ( $P<0.10$ ). ④ There was no significant difference in that contents of these serum immune indexes in the dietary of different concentrate to forage ratios ( $P>0.10$ ). The contents of immunoglobulin (IgA), immunoglobulin (IgM) and immunoglobulin (IgG) in serum of lambs the CB group were increased by 31.41% ( $P<0.05$ ), 21.48% ( $P<0.05$ ), 19.21% ( $P<0.10$ ) than that in the control group, respectively. ⑤ The daily income of each sheep in the high-precision group is 0.50 yuan higher than that of the low-precision group. The daily income of each sheep in the *Clostridium butyricum* group was 0.81 yuan higher than the price of the control group. In summary, adding  $1.0\times 10^8$  CFU/kg *Clostridium butyricum* into the dietary concentrate to roughage ratio 60 : 40 has better effects on growth performance, serum biochemical, antioxidant and immune functions in weaned lambs, and it could improve economic efficiency. Therefore, *Clostridium butyricum* could be used as a new probiotic preparation in weaned lamb production.

**Key words:** *Clostridium butyricum*; concentrate-to-forage ratios; weaned lamb; growth performance; serum index; economic benefits

近年来,人们对畜产品的安全问题越来越重视,益生菌作为一种绿色饲料级添加剂,应用于动物生产可以较好地避免抗生素带来的负面影响,因而受到了越来越多的研究工作者的关注。益生菌是一类可以定植于机体肠道,能促进肠道菌群平衡,从而促进养分利用和预防疾病,最终促进动物生长的活性有益微生物的总称。因其在动物体内无残留,并且可以改善动物健康,提高生产力和免疫力,益生菌逐步被广泛应用于畜禽生产中<sup>[1-2]</sup>。丁酸梭菌(*Clostridium butyricum*, CB)作为新一代芽孢益生菌制剂,较非芽孢益生菌制剂具有耐热、耐酸和耐多种抗生素等生物学特性,具有提供营养、促进代谢、维持人和动物肠道健康

等作用。自2009年7月我国农业农村部批准CB在饲料中作为微生物饲料添加剂使用以来,在对治疗乳猪腹泻和缓解断奶应激上取得了显著效果,有“肠道健康卫士”之称<sup>[3]</sup>。丁酸梭菌的功能主要体现在促进肠道中有益菌(如乳酸菌、双歧杆菌和粪链球菌)的生长、调节肠道微生态平衡、修复肠道损伤、增强机体免疫力、提高营养物质的消化吸收,进而维持动物健康并促进其生长<sup>[4]</sup>。目前,丁酸梭菌在禽和猪等动物生产中都取得了良好效果。研究发现,在家禽饲料中添加适宜比例的丁酸梭菌,能促进肉鸡胫骨发育,提高家禽的抗氧化能力和免疫性能,改善禽类肉品质,并能有效预防肠炎的发生<sup>[5-8]</sup>。尹会方等<sup>[9]</sup>研究发现,饲

粮中丁酸梭菌能提高断奶仔猪的生产性能,显著降低腹泻率,改善小肠结构和消化酶活性,调节消化道菌群,提高机体免疫力<sup>[10-11]</sup>。但丁酸梭菌在反刍动物中应用的相关研究较少,从有限的报道中来看,饲料中添加丁酸梭菌能够提高犊牛断奶期的生长性能,降低腹泻率,降低血清丙二醛(MDA)的含量,增强犊牛的免疫功能,有效缓解犊牛的断奶应激,在犊牛的健康养殖中发挥一定的益生作用<sup>[12]</sup>。

日粮精粗比是调控瘤胃内环境的重要因素,不同精粗比日粮所含的非结构性碳水化合物与中性洗涤纤维的比例不同,日粮在胃肠道的消化吸收率亦有差异。研究发现,适宜范围内增加精料比例,能提高羔羊消化酶活性、生产性能和养分表观消化率<sup>[13]</sup>。然而,精料水平过高,反刍动物瘤胃内会产生大量脂多糖,使胃肠道黏膜上皮细胞屏障功能受损,最终导致亚急性瘤胃酸中毒、蹄叶炎和脂肪肝等代谢病的发生,严重影响经济效益<sup>[14]</sup>。

鉴于尚未见有关丁酸梭菌在断奶羔羊中应用的报道。因此,本文旨在研究不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊生长性能、血清生化、抗氧化、免疫指标和经济效益的影响,为丁酸梭菌在羔羊日粮中的应用提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用丁酸梭菌由湖北绿雪生物科技有限公司提供,为饲料添加剂,活菌数 $\geq 2.0 \times 10^8$  CFU/g。

### 1.2 试验设计

试验采用 $2 \times 2$ 因子试验设计,以日粮精粗比(40:60, LD或60:40, HD)和丁酸梭菌添加量(0或 $1.0 \times 10^8$  CFU/kg, CB)为两因素,选择48只(公母各半)健康和体况相近的2~3月龄断奶黑山羊(乐至型),按体重随机分为4个处理组,每个处理组4个重复,每个重复3只羊,预试验10 d,正试期60 d。具体试验设计方案见表1。

表1 试验设计方案

项目	日粮精粗比	丁酸梭菌添加量(CFU/kg)
LD-0	低精组(40:60)	0
LD-CB	低精组(40:60)	$1.0 \times 10^8$
HD-0	高精组(60:40)	0
HD-CB	高精组(60:40)	$1.0 \times 10^8$

### 1.3 试验日粮

参考NY/T 816—2004《肉羊饲养标准》配制全混颗粒饲料,由四川恒丰饲料有限公司生产,其组成及

营养水平详见表2。

表2 日粮组成及营养水平(干物质基础)

项目	LD(低精料40:60)	HD(高精料60:40)
原料组成(%)		
玉米	22.00	37.00
玉米胚芽粕	4.00	6.00
豆粕	6.00	9.70
糖蜜	2.00	2.00
磷脂粉	2.00	1.30
喷浆玉米皮	30.00	15.00
苜蓿	20.00	19.00
稻壳	10.00	6.00
碳酸钙	1.00	1.00
磷酸氢钙	0.50	0.50
食盐	0.30	0.30
碳酸氢钠	0.20	0.20
预混料	2.00	2.00
合计	100.00	100.00
营养水平		
干物质(%)	91.17	91.25
消化能(MJ/kg)	11.03	11.51
粗蛋白质(%)	12.98	13.52
粗脂肪(%)	2.32	2.39
中性洗涤纤维(%)	25.02	22.14
酸性洗涤纤维(%)	17.34	14.89
钙(%)	0.80	0.81
磷(%)	0.45	0.41

注:1. 每千克预混料中含有:Cu 500 mg、Fe 1 500 mg、Zn 2 500 mg、Mn 175 mg、Se 15 mg、I 20 mg、Co 15 mg、VA  $4.0 \times 10^5$  IU、VD<sub>3</sub>  $1.0 \times 10^5$  IU、VE 2 500 IU;

2. 消化能为计算值,其他均为实测值。

### 1.4 饲养管理

试验前对圈舍进行清洁和消毒处理,并选取相同月龄、体型大小相近、健康状况良好的断奶羔羊进行称重、编号、分组,用伊维菌素注射液进行肌肉注射驱虫。试验期间保持圈舍通风、清洁,定期进行羊舍喷雾消毒及清粪工作。每天09:00和16:00饲喂两次,自由采食和饮水。

### 1.5 测定指标及方法

#### 1.5.1 生长性能的测定

试验期每天记录每组中每栏羔羊的喂料量和剩料量,并在试验开始和结束时对试验羊进行空腹称重,记录数据。以上收集的数据用于计算试验期内平均日增重(ADG)、平均日采食量(DMI)和料重比(F/G)。

#### 1.5.2 血清采集和指标测定

在正试期第60 d晨饲前每组随机选取6只羊,进行颈静脉空腹采血10 ml,放入离心机3 500 r/min离心15 min,分离血清,并置于-80℃低温冰箱保存,待测血清相关指标。

血清生化指标:采用全自动生化分析仪(BS-240VET)测定血清中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(BUN)、三酰甘油(TG)、总胆固醇(TC)、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)和乳酸脱氢酶(LDH)含量。

血清抗氧化指标:采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定血清中总超氧化物歧化酶(T-SOD)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、过氧化氢酶(CAT)及总抗氧化能力(T-AOC),测定步骤按试剂盒测定要求进行。

血清免疫指标:采用酶联免疫分析检测法(ELISA)测定血清中IgA、IgG、IgM含量,检测试剂盒均购于上海茁彩生物科技有限公司。

### 1.5.3 经济效益计算

经济效益计算公式如下:

经济效益(元)=平均日增重(kg)×活羊单价(元/kg)-平均日采食量(kg)×饲料单价(元/kg)

### 1.6 数据分析

试验数据用Excel 2016进行整理,用SPSS 18.0软件进行双因素方差分析,数据分析模型包括日粮精粗比和丁酸梭菌添加水平以及二者之间的交互,当存在显著交互时,利用LSD多重比较法进行显著性检验。结果以“平均数±标准差”表示, $P<0.05$ 表示差异显著, $0.05\leq P\leq 0.10$ 表示有趋势。

## 2 结果

### 2.1 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊生长性能的影响

表3 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊生长性能的影响

项目	LD		HD		P值		
	对照组	CB	对照组	CB	D	CB	D×CB
始重(kg)	16.16±0.83	16.18±0.91	16.17±0.89	16.16±0.72	0.98	0.99	0.97
末重(kg)	25.24±0.95	26.81±1.11	25.99±0.89	27.51±1.05	0.74	0.16	0.48
平均日增重(kg)	0.15±0.01	0.18±0.02	0.16±0.01	0.19±0.02	0.72	0.07	0.41
平均日采食量(kg)	0.99±0.07 <sup>a</sup>	0.96±0.05 <sup>a</sup>	0.89±0.04 <sup>b</sup>	0.85±0.02 <sup>b</sup>	0.04	0.85	0.67
料重比	6.54±0.35	5.42±0.49	5.44±0.58	4.49±0.47	0.11	0.08	0.49

注:同行数据肩标小写字母不同表示添加丁酸梭菌的差异显著( $P<0.05$ ),大写字母不同表示低精组和高精组差异显著( $P<0.05$ );下表同。

由表3可以看出,高精组羔羊的平均日采食量显著低于低精组( $P<0.05$ );丁酸梭菌有提高羔羊平均日增重( $P=0.07$ )、降低料重比趋势( $P=0.08$ )。同时,在羔羊生长性能方面,日粮精粗比和添加丁酸梭菌之间不存在交互作用( $P>0.05$ )。

### 2.2 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清生化指标的影响

如表4所示,高精组中ALB、TC的含量显著高于低精组( $P<0.05$ ),BUN的含量显著低于低精组( $P<0.05$ ),高精组羔羊其余血清生化参数与低精组相比,差异均不显著( $P>0.05$ )。丁酸梭菌对羔羊血清生化指标均无显著影响,但有降低羔羊血清TC的趋势( $P=0.08$ )。日粮精粗比和丁酸梭菌对所有血清生化指标均无交互作用( $P>0.05$ )。

表4 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清生化指标的影响

项目	LD		HD		P值		
	对照组	CB	对照组	CB	D	CB	D×CB
总蛋白(TP, g/l)	68.21±1.08	68.55±1.67	68.43±2.30	69.02±1.56	0.89	0.65	0.96
白蛋白(ALB, g/l)	28.03±0.63 <sup>b</sup>	28.45±0.58 <sup>b</sup>	29.58±0.39 <sup>a</sup>	29.89±0.55 <sup>a</sup>	0.04	0.81	0.38
球蛋白(GLB, g/l)	39.98±1.09	40.11±1.24	38.68±1.39	39.21±1.23	0.63	0.83	0.81
谷丙转氨酶(ALT, U/l)	26.81±1.11	27.02±1.45	27.71±1.34	29.37±1.41	0.36	0.59	0.68
谷草转氨酶(AST, U/l)	106.35±9.12	102.00±8.11	113.78±9.24	108.06±7.56	0.63	0.73	0.88
碱性磷酸酶(ALP, U/l)	473.25±23.02	498.27±19.31	499.76±31.32	541.71±22.64	0.48	0.51	0.85
三酰甘油(TG, mmol/l)	0.25±0.04	0.24±0.03	0.27±0.03	0.26±0.05	0.24	0.49	0.92
总胆固醇(TC, mmol/l)	2.41±0.19 <sup>b</sup>	2.09±0.12 <sup>b</sup>	2.85±0.18 <sup>a</sup>	2.53±0.21 <sup>a</sup>	0.03	0.08	0.76
乳酸脱氢酶(LDH, U/l)	434.23±17.51	428.81±14.12	452.10±16.81	438.05±19.09	0.61	0.73	0.87
尿素氮(BUN, mmol/l)	7.79±0.23 <sup>a</sup>	7.53±0.16 <sup>a</sup>	7.03±0.21 <sup>b</sup>	6.68±0.14 <sup>b</sup>	0.03	0.23	0.71
葡萄糖(GLU, mmol/l)	2.05±0.13	2.21±0.22	2.23±0.11	2.51±0.19	0.61	0.58	0.83



### 2.3 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清抗氧化指标的影响

由表5可知,日粮精粗比对羔羊T-AOC、T-SOD、MDA、CAT、GSH-Px均无显著影响( $P>0.05$ );丁酸梭

菌有提高T-SOD、CAT、GSH-Px的含量的趋势( $P<0.10$ ),能显著降低MDA的含量( $P<0.05$ ),但日粮精粗比和丁酸梭菌在血清抗氧化指标方面无互作效应( $P>0.05$ )。

表5 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清抗氧化指标的影响

项目	LD		HD		P值		
	对照组	CB	对照组	CB	D	CB	D×CB
总抗氧化能力(T-AOC, U/ml)	5.76±0.56	6.18±0.51	5.83±0.49	6.15±0.32	0.89	0.19	0.85
总超氧化物歧化酶(T-SOD, U/ml)	232.12±13.65	265.19±15.99	226.75±14.16	253.87±12.22	0.66	0.06	0.96
丙二醛(MDA, nmol/l)	3.13±0.32 <sup>a</sup>	2.81±0.51 <sup>b</sup>	2.88±0.38 <sup>a</sup>	1.97±0.46 <sup>b</sup>	0.11	0.04	0.38
过氧化氢酶(CAT, U/ml)	1.91±0.15	2.31±0.19	1.86±0.16	2.63±0.13	0.68	0.09	0.57
谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px, U/ml)	33.53±1.05	39.86±1.65	38.14±1.19	45.45±1.31	0.21	0.09	0.89

### 2.4 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清免疫指标的影响

由表6可知,日粮精粗比对羔羊血清IgA、IgG、IgM含量的差异不显著( $P>0.05$ );而丁酸梭菌组中血清IgA和IgM的含量显著高于对照组( $P<0.05$ ),IgG含量有高于对照组的趋势( $P<0.10$ )。且二者对羔羊血清免疫指标含量影响不存在交互作用( $P>0.05$ )。

### 2.5 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊经济效益的影响

由表7可知,不同精粗比日粮所获得经济效益相差不大,但高精组增重收入达5.29元/(只·d),比低精组高0.36元/(只·d);丁酸梭菌组的经济效益较对照组高了0.81元/(只·d)。在不考虑肉质、人工成本等因素下,高精组和低精组的饲料单价分别为2.48元/kg和2.35元/kg,育肥羊出栏价格按30元/kg计算,HD-CB组可获得最大的经济效益,为3.55元/(只·d),比LD-0、LD-CB、HD-0组分别提高了1.31、0.51、0.82元/(只·d)。

表6 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清免疫指标的影响

项目	LD		HD		P值		
	对照组	CB	对照组	CB	D	CB	D×CB
IgA(μg/ml)	11.24±0.94 <sup>b</sup>	13.51±1.05 <sup>a</sup>	11.39±0.96 <sup>b</sup>	16.24±0.83 <sup>a</sup>	0.39	0.04	0.44
IgG(mg/ml)	0.41±0.05	0.48±0.04	0.42±0.06	0.51±0.03	0.85	0.06	0.21
IgM(μg/ml)	113.47±5.13 <sup>b</sup>	125.92±6.39 <sup>a</sup>	110.08±4.92 <sup>b</sup>	145.66±6.04 <sup>a</sup>	0.35	0.03	0.25

表7 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊经济效益的影响

项目	平均日采食量 [kg/(只·d)]	饲料单价 (元/kg)	饲料成本 [元/(只·d)]	平均日增重 [kg/(只·d)]	增重收入 [元/(只·d)]	经济效益 [元/(只·d)]
日粮精粗比						
LD	0.98	2.35	2.29	0.17	4.93	2.64
HD	0.87	2.48	2.15	0.18	5.29	3.14
丁酸梭菌						
0	0.94	2.39	2.24	0.16	4.73	2.49
CB	0.91	2.44	2.20	0.19	5.50	3.30
D×CB						
LD-0	0.99	2.32	2.30	0.15	4.54	2.24
LD-CB	0.96	2.37	2.28	0.18	5.32	3.04
HD-0	0.89	2.45	2.18	0.16	4.91	2.73
HD-CB	0.85	2.50	2.13	0.19	5.68	3.55

注:试验羊出售价格按30元/kg计算,只计算饲料成本,其他成本未计算在内。

## 3 讨论

### 3.1 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊生

长性能的影响

瘤胃是反刍动物饲料消化代谢的重要场所,科学

合理地配置日粮是充分发挥动物生长性能的基础。粗饲料能够刺激反刍和咀嚼、维持瘤胃液正常pH值和调控瘤胃微生物区系,但断奶羔羊的胃肠道尚未发育完全,由于机体内微生物区系未完全建立,因此断奶羔羊对粗饲料的消化、吸收和利用的能力有限,饲喂过多的粗料反而会抑制机体的生长发育;精料能促进饲料在瘤胃中发酵,产生的丙酸对幼龄反刍动物瘤胃黏膜组织发育具有促进作用,同时丙酸能通过糖异生作用转化成葡萄糖为机体提供能量,但精料饲料比例较高会扰乱瘤胃内环境致使消化功能降低<sup>[15-16]</sup>。高林青等<sup>[17]</sup>研究发现,精粗比40:60组的湖羊的末重和平均日增重均低于精粗比为60:40组,但干物质采食量和料重比的差异不显著。郝怀志等<sup>[18]</sup>研究了不同精粗比(40:60、50:50、60:40)玉米秸秆型全混合日粮对肉用绵羊生产性能的影响,结果发现,饲料精粗比为60:40组绵羊的平均日增重显著高于精粗比为40:60组和50:50组。本试验结果和前人的研究结果基本一致,精粗比60:40组的羔羊平均日增重高于精粗比40:60组。在本试验中还发现,随着精料水平的提高,断奶羔羊的平均日采食量出现降低现象,与尹福泉等<sup>[19]</sup>、徐相亭等<sup>[20]</sup>的研究结果一致。这可能是动物采食量内在性调控系统负反馈调控的结果,由于精饲料提高了日粮中非结构碳水化合物的含量,满足了动物的营养需要,使试验羊的采食量随着精料水平的提高而降低<sup>[21]</sup>。

丁酸梭菌能调节肠道菌群,通过增强胃肠道的消化吸收功能进而提高动物的生长性能。大量研究表明,在饲料中添加丁酸梭菌可改善仔猪肠道菌群结构,提高断奶仔猪的平均日增重和平均日采食量,显著降低腹泻率和料重比<sup>[22-23]</sup>。李文茜<sup>[12]</sup>研究发现,饲料中添加 $2.0 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌能显著提高断奶期犊牛的平均日增重和饲料转化效率,降低腹泻率。然而,Zhang等<sup>[24]</sup>和Amerah等<sup>[25]</sup>研究报道,饲料中添加丁酸梭菌类制剂,对动物生长性能的提高无显著影响。可见,益生菌制剂的饲用效果受菌种、动物生理状况以及添加剂量等因素的影响。本试验结果显示,与对照组相比,丁酸梭菌组的平均日增重提高了16.28%,料重比降低了17.28%,与李文茜<sup>[12]</sup>的研究结果基本一致。丁酸梭菌能提高羔羊生产性能的机制可能是:丁酸是丁酸梭菌进行新陈代谢后产生的主要物质之一,丁酸在瘤胃内可促进乳头发育、增加瘤胃表面积和胃壁厚度及其重量,在肠道中可促进绒毛发

育、黏膜发育、肌层发育,进而改善机体消化功能,从而提高动物生长性能;此外,丁酸梭菌在肠道中发酵能产生多种消化酶和其他有益物质,能降解多种日粮中难以被机体消化的大分子物质,促进对养分的消化,进而提高饲料转化效率<sup>[26]</sup>。

### 3.2 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清生化指标的影响

血清生化指标是反映动物营养物质消化代谢、机体内环境平衡、机体健康状况的综合指标,其含量或活性的变化规律是动物体重要的生物学特征。GLU是动物机体能量平衡的重要指标,本试验各组含量均在正常值范围内,且各组之间无显著差异,高精组GLU含量高于低精组,表明高精组日粮能量利用率较低精组高,与前人的研究结果一致。周明等<sup>[27]</sup>研究发现,动物摄入的非结构性碳水化合物越多,血糖浓度越高。TP和ALB是肝脏蛋白质合成能力的重要指标,其浓度能够反映机体免疫机能状态和蛋白质的吸收和代谢情况,BUN作为衡量机体蛋白质代谢和氨基酸平衡的重要指标,其含量高低与蛋白质沉积能力呈反比<sup>[28]</sup>。吴贤锋<sup>[29]</sup>等研究发现,随着日粮精料比例增加,福清山羊血清ALB有增加的趋势。崔晓鹏等<sup>[30]</sup>研究发现,藏母羊血清GLU含量随着饲料精粗比的提高而升高,而其他指标含量无显著变化。占今舜等<sup>[31]</sup>研究发现,在日粮蛋能比相同的情况下,随着精料水平的提高,湖羊血清GLU含量升高,BUN则相反。本研究发现,饲喂高精日粮能提高羔羊ALB和TC含量,降低BUN含量,与前人的研究结果相似,表明精粗比60:40日粮能提高机体对蛋白质和脂类的吸收利用。TG和TC是血液脂肪的组成部分,可以反映脂类的吸收、代谢和利用状况,在正常情况下,其数值越低表明机体对脂肪的利用率越高<sup>[32]</sup>。贾聪慧等<sup>[8]</sup>在肉鸡饲料中添加丁酸梭菌,与对照组相比,丁酸梭菌组肉鸡血清TP含量显著提高,BUN含量显著降低,血清ALB含量有提高的趋势。李文茜<sup>[12]</sup>研究发现,丁酸梭菌可显著降低犊牛血清TC和高密度脂蛋白含量,保障犊牛脂类代谢的正常。本试验表明,与对照组相比,丁酸梭菌未显著影响羔羊血清生化指标,但丁酸梭菌有降低羔羊血清TC的趋势,与何菊等<sup>[33]</sup>报道的饲料丁酸梭菌能显著降低肉鸡血清TC含量的结果一致,但与李文茜<sup>[12]</sup>和贾聪慧等<sup>[8]</sup>得出的丁酸梭菌能提高育成牛和肉鸡血清中TC含量的结果不同。而赵旭<sup>[34]</sup>研究表明饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清TC含量

无显著影响。这些试验结果的差异可能与动物品种、生理状态以及丁酸梭菌的添加量有关。在本试验的条件下,丁酸梭菌能改善羔羊的脂质代谢,但对羔羊机体内蛋白质和氨基酸代谢没有显著影响。

### 3.3 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊抗氧化指标的影响

在正常的生理条件中,机体自由基的产生与清除处于一种动态平衡状态,一旦这个平衡被打破,就会使机体发生氧化应激,自由基大量堆积引起细胞损伤,导致体内各种生理活动失去稳定性<sup>[35]</sup>。瘤胃内环境的稳定性对反刍动物的抗氧化能力起着至关重要的作用,瘤胃内环境越稳定,机体抗氧化能力越强。施力光等<sup>[36]</sup>用不同的精粗比日粮(20:80、50:50、80:20)饲喂海南黑山羊,结果表明,饲喂精粗比50:50的山羊T-AOC、GSH-Px、CAT活性显著高于低精粗组和高精组(20:80、80:20),MDA则相反。研究发现,用7种不同精粗比日粮(30:70、35:65、40:60、45:65、55:45、60:40、70:30)饲喂荷斯坦奶牛,奶牛血清T-SOD、T-AOC、GSH-Px、CAT及MDA含量以精粗比55:45拐点呈现相反的变化趋势,且日粮精粗比为55:45时的奶牛抗氧化能力最强;在日粮精粗比30:70、35:65、40:60、45:65时,血清抗氧化指标含量均没有发生显著变化,机体代谢状况比较稳定,机体抗氧化能力较好<sup>[37]</sup>。本试验中,日粮精粗比对羔羊抗氧化指标均无显著影响,与前人研究结果有差异,其原因可能是,在日粮精粗比为40:60和60:40时,羔羊抗氧化能力处于平台期,瘤胃处于正常的生理状态中,没有导致自由基代谢紊乱,机体抗氧化能力波动较小,对羔羊健康无负面影响。

许多研究均表明,在动物饲料中添加丁酸梭菌等益生菌能增强机体抗氧化能力。华学春<sup>[11]</sup>研究发现,饲料中添加丁酸梭菌能显著提高断奶仔猪T-AOC和CAT含量,同时有提高血清GSH-Px和T-SOD水平,降低MDA含量的趋势。廖秀冬<sup>[38]</sup>在AA肉鸡饲料中添加丁酸梭菌,能显著提高血清GSH-Px水平和降低血清MDA含量,同时提高了十二指肠、空肠和回肠黏膜和肝脏的抗氧化能力。研究发现,饲料中添加丁酸梭菌能极显著降低犊牛血清MDA的含量,对犊牛断奶应激导致的抗氧化机能下降有缓解作用<sup>[12]</sup>。本试验结果显示,丁酸梭菌能显著降低MDA的含量,且有提高T-SOD、CAT和GSH-Px含量的趋势。上述试验

结果与本试验结果相似,表明丁酸梭菌可在一定程度上提高动物机体的抗氧化能力。研究表明,丁酸梭菌能发酵葡萄糖和纤维素等碳水化合物产生丁酸和氢气,还可以代谢产生T-SOD和还原型辅酶I/还原型辅酶II(NADH/NADPH)过氧化物酶,这些物质能通过减少反应性氧代谢物来调节氧化应激,从而提高机体的抗氧化能力<sup>[39]</sup>。

### 3.4 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊血清免疫指标的影响

免疫球蛋白是反映机体免疫功能的重要指标,主要存在于血清中,含有特异和非特异性抗体,具有抗菌、抗病毒、抗外毒素等多种功能<sup>[40]</sup>。日粮精粗比对瘤胃的酸碱平衡具有重要影响,精粗比不适宜均能导致反刍动物瘤胃受损,最终造成动物自身免疫力下降。目前饲料精粗比对免疫功能的影响在羊上研究较少,朱芬花等<sup>[41]</sup>对三组泌乳中期荷斯坦奶牛分别饲喂40:60、50:50、60:40三种不同精粗比的饲料,结果显示,随着精粗比的提高奶牛IgA、IgG、IgM含量均显著提高,精粗比为60:40时奶牛免疫力最强。本试验中,日粮精粗比对血清免疫指标无显著影响,与上述研究结果不同,分析原因是试验动物的日龄及生理状态不同导致的,且本试验日粮精粗比均在羔羊适宜的水平中,试验动物机体代谢状况均比较稳定。

肠道是机体最大的免疫器官,其功能的发挥主要依赖于肠道相关黏膜免疫细胞的作用。在动物肠道内,丁酸梭菌能够作为非特异免疫因子刺激宿主进行免疫反应,增加免疫活性细胞的数量,降低肠道炎症反应<sup>[39]</sup>。贾聪慧等<sup>[8]</sup>在罗斯肉鸡日粮中添加丁酸梭菌,发现与对照组相比,丁酸梭菌能够显著地提高肉鸡血清中IgA、IgG和IgM含量。Liao等<sup>[42]</sup>研究表明,饲料中添加丁酸梭菌可以显著提高21、42日龄肉鸡血清IgM含量。李文茜<sup>[12]</sup>试验发现,饲料添加丁酸梭菌能够极显著提高犊牛断奶后血清中IgA、IgM、IgG的含量。本试验与以上结果类似,丁酸梭菌能够显著提高了IgA和IgM的含量,并有提高IgG含量的趋势。其作用机制主要是丁酸梭菌在肠道内能建立优势菌群,调节微生态平衡,同时丁酸梭菌可通过激活动物肠道上皮细胞的Toll样受体介导机体的免疫应答反应增强局部免疫力<sup>[39]</sup>。

### 3.5 不同精粗比日粮中添加丁酸梭菌对断奶羔羊经济效益的影响



本试验中经济效益的计算未考虑人员工资、场地费以及其他支出成本,仅考虑饲料成本。徐相亭等<sup>[20]</sup>报道指出,市场价格、饲料成本和料重比是影响经济效益的关键因素。精料价格相对粗料较高,这使得高精组饲料的单价高于低精组,但在实际的试验中高精组和丁酸梭菌组断奶羔羊的平均日增重均高于对照组,表现出更快的生长速度。总体上来看,高精组的经济效益比低精组高了0.50元/(只·d),丁酸梭菌组的经济效益比对照组高了0.81元/(只·d),均增加了利润空间,与前人研究结果一致。这说明在适宜的日粮精粗比中添加丁酸梭菌,不仅能促进羔羊生长,还能获得较高的经济效益。

#### 4 结论

在精粗比为60:40的日粮中添加 $1.0 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌对断奶羔羊的生长性能、血清生化指标、抗氧化能力及免疫功能效果较好,增加了经济效益。因此,丁酸梭菌可以作为一种新型的益生菌制剂应用于断奶羔羊日粮中。

#### 参考文献

- [1] 张坤,周全州,王宏伟. 动物微生态制剂的研究进展[J]. 中国饲料添加剂,2014(4):4-7.
- [2] Chen W C, Quigley E M M. Probiotics, prebiotics & synbiotics in small intestinal bacterial overgrowth: Opening up a new therapeutic horizon[J]. Indian Journal of Medical Research, 2014, 140(5): 582-584.
- [3] 张吉鹏,孙国平. 丁酸梭菌的生物学功能及其研究进展[J]. 中国饲料添加剂,2019(2):5-9.
- [4] 赵敏孟,单昊书,沈永华,等. 丁酸梭菌在畜禽生产中的应用研究进展[J]. 动物营养学报,2018,30(7):67-72.
- [5] Zhao Xu, Guo Yuming, Guo Shuangshuang, et al. Effects of *Clostridium butyricum* and *Enterococcus faecium* on growth performance, lipid metabolism, and cecal microbiota of broiler chickens [J]. Applied microbiology and biotechnology, 2013,97(14): 6477-6488.
- [6] 郑爱娟,吴正可,蔡辉益,等. 丁酸梭菌对肉鸡生长性能和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2019,31(12):19-25.
- [7] 袁慧坤,袁文华,赵文文,等. 丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能、血清生化及免疫指标及免疫器官指数的影响[J]. 动物营养学报,2018,30(11):35-41.
- [8] 贾聪慧,杨彩梅,曾新福,等. 丁酸梭菌对肉鸡生长性能、抗氧化能力、免疫功能和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2016, 28(3):8-15.
- [9] 尹会方,姚志翔,杨守深. 丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对断奶仔猪生长性能及血液指标的影响[J]. 中国饲料,2019(20):33-36.
- [10] 耿正颖,史林鑫,刘萍,等. 日粮中添加丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能、抗氧化能力和免疫功能的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2018,49(8):51-60.
- [11] 华学春. 丁酸梭菌对断奶仔猪的生长性能、免疫、抗氧化能力及肠道健康的作用研究[D]. 扬州:扬州大学,2019.
- [12] 李文茜. 丁酸梭菌对犊牛及育成牛生长性能、血液指标和瘤胃发酵的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [13] 宋善丹,饶开晴,郭春华,等. 日粮精粗比在肉羊生产中应用的研究进展[J]. 畜牧与兽医,2015,47(5):35-39.
- [14] Gizachew A. Comparative feedlot performance of Washera and Horro sheep fed different roughage to concentrate ratio[D]. Master Thesis. Haramay: Haramaya University, 2012.
- [15] 解彪,张乃锋,张春香,等. 粗饲料对幼龄反刍动物瘤胃发育的影响及其作用机制[J]. 动物营养学报,2018,30(4):45-52.
- [16] Nugroho D, Sunarso S, Sevilla C C, et al. The effects of dietary neutral detergent fiber ratio from forage and concentrate on the dietary rumen degradability and growth performance of Philippine native goats (*capra hircus* linn)[J]. International Journal of Science and Engineering, 2014,28(3):223-227.
- [17] 高林青,占今舜,胡耀,等. 不同精粗比全混合日粮对湖羊生长性能、血清激素浓度和屠宰性能的影响[J]. 动物营养学报, 2019,31(4):76-84.
- [18] 郝怀志,白滨,董俊,等. 不同精粗比日粮对肉用绵羊的生产性能影响[J]. 畜牧兽医杂志,2016,35(6):7-9.
- [19] 尹福泉,吴征敏,王志敬,等. 不同精粗比饲料对雷州山羊生长性能、血液生化指标和瘤胃微生物多样性的影响[J]. 广东海洋大学学报,2018,38(1):80-86.
- [20] 徐相亭,王宝亮,程光民,等. 不同精粗比日粮对杜泊绵羊生长性能、血清生化指标及经济效益的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2016,43(3):68-75.
- [21] 华金玲,郭亮,王立克,等. 不同精粗比日粮对黄淮白山羊瘤胃内环境的影响[J]. 中国兽医学报,2013,33(6):13-17.
- [22] 李玉鹏,李海花,王柳懿,等. 丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能、肠道屏障功能和血清细胞因子含量的影响[J]. 动物营养学报, 2017,29(8):61-68.
- [23] 肖雪梅,黄晶. 丁酸钠、丁酸梭菌在断奶仔猪生产中的应用[J]. 黑龙江畜牧兽医,2013(9):70-72.
- [24] Zhang Bingkun, Yang Xin, Guo Yuming, et al. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on the performance and the digestive tract of broiler chickens[J]. Archives of animal nutrition, 2011,65(4):329-339.
- [25] A. M. Amerah, Quiles P, Medel J, et al. Effect of pelleting temperature and probiotic supplementation on growth performance and immune function of broilers fed maize/soy-based diets[J]. Animal Feed Science and Technology, 2013,180(1/4):55-63.
- [26] 梁静,聂存喜,张文举,等. 丁酸梭菌的生物学功能及其在动物生产中的应用[J]. 动物营养学报,2018,30(5):39-46.
- [27] 周明,管震宇,范恒功,等. 湖羊精料补充料饲用价值的研究[J]. 饲料工业,2019,40(14):11-17.
- [28] 周玉香,吕玉玲,王洁,等. 血液生化指标在动物生产与营养调



# 肉牛饲料营养价值研究之维生素 及添加剂饲料有效成分

■ 孟庆翔

(中国农业大学动物科技学院,北京 100193)

**摘要:**文章提供了我国肉牛常用维生素饲料和添加剂饲料的有效成分数据。肉牛常用的维生素饲料原料主要包括那些提供维生素A、D和E的饲料。在添加剂饲料部分,本文简要列出了在肉牛饲养中常用的某些天然矿物质原料、合成氨基酸、活菌制剂、酶和其他添加剂饲料原料。考虑到维生素饲料和添加剂饲料中的有效成分含量会受到饲料原料种类、产地、加工、测定方法以及人为掺假等多种因素的影响,用户在实际应用时需要给予注意。

**关键词:**肉牛;饲料;营养价值;维生素饲料;添加剂饲料;有效成分

**doi:**10.13302/j.cnki.fi.2020.23.003

**中图分类号:**S816.7

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-991X(2020)23-0014-02

## Nutritional assessment of beef cattle feedstuffs: effective components of vitamins and feed additives

Meng Qingxiang

**Abstract:** The article provides data on the effective components of commonly used vitamins and feed additives for beef cattle feeding. The vitamin feedstuffs mainly include those that provide vitamins A, D and E, respectively. In the feed additives section, this article briefly lists some natural mineral feedstuffs, amino acids, living bacteri-

作者简介:孟庆翔,教授,博士生导师,研究方向为肉牛营养与饲料。

收稿日期:2020-09-03

- 控研究中的应用概况[J]. 畜牧与饲料科学,2012,33(1):72-74.
- [29] 吴贤锋,刘远,高承芳,等. 大米草不同精粗比饲料对福清山羊日增重、血液生化指标的影响[J]. 中国草食动物科学,2020,40(1):80-82.
- [30] 崔晓鹏,侯生珍,王志有,等. 补饲日粮不同精粗比对妊娠后期藏母羊生产性能及血清指标的影响[J]. 饲料工业,2016,37(13):40-44.
- [31] 占今舜,杨群,钟小军,等. 不同精粗比饲料对湖羊肉质、血液指标和肠道发育的影响[J]. 草业科学,2019,36(12):66-74.
- [32] 袁文华. 种鸽添加丁酸梭菌和乳酸菌对乳鸽生长性能及肠道的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [33] 何莉,胡迪,郭云清,等. 丁酸梭菌CB1对肉鸡免疫器官指数、黏膜SIgA抗体和血清生化指标的影响[J]. 中国兽医学报,2018,38(5):2-7.
- [34] 赵旭. 丁酸梭菌对肉鸡脂肪代谢的影响及其机理研究[D]. 北京:中国农业大学,2014.
- [35] I. I. Rudneva. Blood antioxidant system of Black Sea elasmobranch and teleosts[J]. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Comparative Pharmacology and Toxicology, 1997, 118(2):250-260.
- [36] 施力光,赵春萍,曹婷,等. 不同日粮精粗比对海南黑山羊抗氧化性能的影响[J]. 中国草食动物科学,2015,35(1):29-31.
- [37] 侯志高,王振勇,柴同杰,等. 不同精粗比日粮对奶牛机体氧化应激和瘤胃内环境稳定性的影响[J]. 畜牧兽医学报,2008(4):55-59.
- [38] 廖秀冬. 丁酸梭菌的筛选及其对动物抗氧化能力和肉鸡肉品质影响的研究[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [39] 林华林,秦颖超,周加义,等. 丁酸梭菌及其代谢产物对畜禽肠道健康影响的研究进展[J]. 饲料工业,2019,40(6):7-12.
- [40] Rivas A L, Fabricant J. Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus [J]. Avian diseases,1988,32(1):1-8.
- [41] 朱芬花,冯秉福,罗永珍,等. 不同精粗比日粮对奶牛产奶性能、乳品质和免疫力的影响[J]. 家畜生态学报,2017,38(5):74-77.
- [42] Liao X D, Ma G, Cai J, et al. Effects of Clostridium butyricum on growth performance, antioxidation, and immune function of broilers[J]. Poult. Sci., 2015,94(4):62-67.

(编辑:董玲,msdongling@163.com)