

# 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能、胃肠道发育的影响

辛娜, 张乃锋, 刁其玉\*, 周盟

(中国农业科学院饲料研究所 农业部饲料生物技术重点实验室, 北京 100081)

**摘要:** 本试验在断奶仔猪日粮中添加不同比例的芽孢杆菌制剂, 研究其对断奶仔猪生长性能、胃肠道 pH、小肠形态发育及盲肠和结肠内容物中 VFA 的影响。选择 35 日龄断奶仔猪 96 头, 按性别比例一致的原则, 随机分为 4 个处理, 每个处理 3 个重复, 每个重复 8 头仔猪, 每个重复为 1 栏。对照组饲喂基础日粮, 试验 I、II、III 组在基础日粮中分别添加 0.75%、1.50%、3.00% 的芽孢杆菌制剂(即每千克日粮中含有的活菌数为  $0.66 \times 10^{10}$ 、 $1.32 \times 10^{10}$ 、 $2.64 \times 10^{10}$  cfu), 试验期 35 d。试验结束时, 每个重复选取 1 头接近平均体质量的仔猪进行屠宰, 迅速结扎各胃肠道段分界处, 测定各段 pH; 取十二指肠、空肠前、中、后段及回肠做肠道组织切片; 收集盲肠和结肠内容物测定挥发性脂肪酸含量。结果显示: (1) 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能无显著影响 ( $P > 0.05$ ); (2) 空肠及盲肠部分, 0.75% 组的 pH 显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ); 盲肠部分, 1.50% 组的 pH 较对照组显著降低 6.86% ( $P < 0.05$ ); (3) 与对照组相比, 0.75% 组显著提高了十二指肠、空肠中段的绒毛高度 ( $P < 0.05$ ), 显著降低了空肠前段、后段的隐窝深度 ( $P < 0.05$ ), 同时, 显著提高了空肠中段、后段的绒毛高度与隐窝深度的比值 ( $P < 0.05$ ); (4) 盲肠部分, 0.75% 组的丙酸和总挥发性脂肪酸含量较对照组显著升高 ( $P < 0.05$ )。试验结果提示: 在断奶仔猪日粮中添加 0.75% 的芽孢杆菌制剂可降低胃肠道 pH, 增加盲肠中挥发性脂肪酸的含量, 促进小肠形态发育, 进而说明芽孢杆菌制剂可优化胃肠道环境, 促进断奶仔猪健康生长。

**关键词:** 芽孢杆菌制剂; 小肠形态发育; 胃肠道 pH; VFA; 断奶仔猪; 生长性能

中图分类号: S816.32

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2012)06-0901-08

## Effect of Bacillus Preparation on Growth Performance and Gastrointestinal Development of Weaned Piglets

XIN Na, ZHANG Nai-feng, DIAO Qi-yu\*, ZHOU Meng

(Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of bacillus preparation on growth performance, gastrointestinal pH, intestine morphology development, VFA concentrations in the cecum and colon of weaned piglets. Ninety six 35-day-old weaned piglets were randomly divided into 4 groups, with 3 replications per group and 8 piglets each replication. Piglets in control group were fed basal diet. The trail I, II, III groups were fed basal diet supplemented with 0.75%, 1.50%, 3.00% bacillus preparation, respectively. The experiment lasted for 35 d. On day 36, a piglet were slaughtered from each replication, boundaries of each gastrointestinal segment were ligated quickly to determine pH, tissues from duodenum, jejunum and ileum were obtained and used for tissue slice, cecum and colon contents were collected to determine volatile fatty acids. The results showed that: (1) There were no significant influence of bacillus prepara-

收稿日期: 2011-04-19

基金项目: 农业部“引进国际先进农业科学技术”重点项目(2011-G7); 现代农业产业技术体系专项经费资助(GMZJ-2009-02)

作者简介: 辛娜(1984-), 女, 陕西渭南人, 硕士, 主要从事微生物生态制剂研究, E-mail: xinna728@163.com

\* 通讯作者: 刁其玉, E-mail: diaoqiuyu@mail.caas.net.cn

tion on growth performance of piglets ( $P>0.05$ ); (2) Jejunum and cecum fermentation pH were significantly lower in 0.75% group than that in control group ( $P<0.05$ ); (3) Compared with the control group, the villus height were significantly improved in duodenum and middle section of jejunum in 0.75% group ( $P<0.05$ ), the crypt depth were significantly lower in primal section of jejunum and distal section of jejunum in 0.75% group ( $P<0.05$ ). In addition, the villus height/crypt depth in middle section of jejunum and distal section of jejunum was higher in 0.75% group than that in control group; (4) Compared with the control group, propionate and total volatile fatty acid content of 0.75% group in cecum section was significantly higher ( $P<0.05$ ). It was concluded that supplementation of bacillus preparation in weaned piglets may be benefit for the development of intestinal tract and improve the morphology and function by reducing the gastrointestinal pH, promoting the development of intestinal morphology and increasing volatile fatty acids.

**Key words:** bacillus preparation; intestine morphology development; gastrointestinal pH; volatile fatty acids; weaned piglets; growth performance

胃肠道既是动物消化食物、吸收营养物质的主要场所,也是机体内第一道防御屏障。断奶仔猪由于面临饲料和环境等各种因素的应激,往往表现出食欲差、生长速度缓慢、饲料利用率低和腹泻等症状。如何促进断奶仔猪胃肠道发育、降低上述不良状况的发生是提高机体抗病力和促进仔猪健康发展的重要手段。

芽孢杆菌具有抗逆性强、耐高温、耐高压、易贮存等独特的生物学特性,在断奶仔猪饲料中使用芽孢杆菌类微生物添加剂具有预防疾病,提高仔猪生长能力和降低胃肠道 pH、增加免疫器官指数的能力<sup>[1]</sup>。目前国内有关芽孢杆菌对断奶仔猪胃肠道发育影响的报道较少,本试验旨在研究芽孢杆菌制剂对断奶仔猪胃肠道 pH、小肠黏膜发育及盲肠和结肠内容物 VFA 的影响,进一步了解芽孢杆菌制剂对断奶仔猪胃肠道发育的作用机制,为断奶仔猪胃肠道发育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

芽孢杆菌制剂,由银通世达(北京)环境科技公司提供。主要成分为地衣芽孢杆菌和蜡样芽孢杆菌等多种芽孢杆菌,含有活菌数 $\geq 8 \times 10^8$  cfu  $\cdot$  g<sup>-1</sup>。其制作过程:用麸皮和稻壳粉(1:1)作为载体,接种菌液,固体发酵而成。

### 1.2 试验设计与饲养管理

试验于 2010.07.14 日-2010.08.28 日在北京鑫普辉猪场进行。选择健康、平均体质量为(9.85±

1.68) kg 的 35 日龄断奶仔猪 96 头(长白×大白二元杂交猪),根据体质量相近,公、母比例一致的原则,随机分为 4 个处理,每个处理 3 个重复,每个重复 8 头仔猪,每个重复为 1 栏。对照组饲喂基础日粮,试验 I、II、III 组在基础日粮中分别添加 0.75%、1.50%、3.00% 的芽孢杆菌制剂(即每千克日粮中含有的活菌数为  $0.66 \times 10^{10}$ 、 $1.32 \times 10^{10}$ 、 $2.64 \times 10^{10}$  cfu),试验期 35 d。试验组和对照组在相同环境和管理条件下饲养,自由采食,自由饮水,试验期间按猪场正常程序注射疫苗、驱虫。每天详细记录畜舍的温度和实验猪的健康状况,按养殖场常规进行饲养管理。试验基础日粮包括 2 部分:分别是体质量为 20 kg 前的乳猪饲料和体质量为 20~40 kg 的生长育肥猪前期饲料。试验日粮组成及营养成分见表 1。

### 1.3 样品采集及测定

试验第 36 天晨饲前从每个重复随机选取 1 头接近平均体质量的仔猪,用 4% 戊巴比妥钠溶液(40 mg  $\cdot$  kg<sup>-1</sup> BW)将仔猪完全麻醉后,立即剖开腹腔,剥离肠系膜后,迅速结扎贲门、幽门、回盲瓣以及其他肠段分界处,待测各肠段 pH,并用剪刀连续取下 1 cm<sup>2</sup> 的组织块,在十二指肠(在距幽门 5 cm 处)、空肠前(空肠前 1/4 处)、中(中间部分即 1/2 处)、后段(在空肠 3/4 处)及回肠处取约 1 cm 的肠管,用生理盐水冲洗残余内容物后,迅速将样品浸泡至 10% 的甲醛磷酸缓冲液中固定,4 °C 固定 48 h 后,石蜡包埋,待做组织切片。另取其盲肠、结肠内容物,待测其内容物的 VFA。

表 1 基础日粮配方和营养成分(风干基础)

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

原料 Ingredient	含量 Content	
	20 kg 前	20~40 kg
玉米 Corn	59.10	61.10
豆粕 Wheat bran	25.00	24.50
乳清粉 Whey powder	6.00	6.00
鱼粉 Fish meal	4.50	3.00
豆油 Bean oil	2.00	2.00
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.10	1.25
石粉 Limestone	0.85	0.90
食盐 Salt	0.20	0.20
赖氨酸 Lysine	0.37	0.33
蛋氨酸 Methionine	0.19	0.16
苏氨酸 Threonine	0.14	0.06
酸化剂 Acidifier	0.05	0.00
预混料 Premix	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level		
消化能/(MJ·kg <sup>-1</sup> ) DE	14.02	13.89
粗蛋白 CP	20.00	19.03
总赖氨酸 Lysine	1.45	1.34
钙 Ca	0.88	0.87
总磷 P	0.66	0.64

预混料为每千克全价料提供:铁 100 mg,铜 20 mg,锌 90 mg,锰 10 mg,维生素 A 5 000 IU,维生素 D<sub>3</sub> 2 500 IU,维生素 E 55 IU,核黄素 5 mg,烟酸 30 mg,泛酸 13 mg,维生素 B<sub>12</sub> 0.025 mg,生物素 0.12 mg,胆碱 500 mg

Supplied per kilogram of diet: Fe 100 mg, Cu 20 mg, Zn 90 mg, Mn 10 mg, Vitamin A 5 000 IU, Vitamin D<sub>3</sub> 2 500 IU, Vitamin E 55 IU, Vitamin B<sub>2</sub> 5 mg, Niacin 30 mg, Pantothenic acid 13 mg, Vitamin B<sub>12</sub> 0.025 mg, Biotin 0.12 mg, Choline 500 mg

1.3.1 生长性能指标 以每个重复为单位,分别在试验的第 0 和第 36 天进行空腹称重,详细记录猪的体质量,并计算出平均日增体质量;在整个试验期内,详细记录每个重复试验猪每日所需的日粮饲喂量,同时,每隔 1 周统计剩料量和损料量,计算采食

量;到试验结束时计算出每个重复总耗料量和头均耗料量,并结合平均净增体质量计算饲料转化率。饲料转化率(F/G)=头均耗料量/平均净增体质量。

1.3.2 胃肠道 pH 测定 立即用 PHB-2 型便携式 pH 计测定胃、十二指肠、盲肠、结肠(离盲结口 50 cm 处)及回肠内容物的 pH。

1.3.3 小肠组织形态学观察 小肠各段固定样品经 HE 染色后,在 10×10 倍光镜(Motic BA200)下观测其形态结构的变化,并利用 Motic images advanced 3.2 软件测量小肠各部位绒毛高度、隐窝深度。每个样本观察 2 个非连续切片,每张切片选取 3 个视野,每个视野分别测定 10 组数据,其平均值作为 1 个测定数据。

1.3.4 盲肠及结肠 VFA 测定 将样品从冰柜中取出,立即称取 3 g 左右转入离心管内,加入 10 mL 纯水(预先经过冷冻处理),将离心管置于冰水混合物中慢慢解冻,然后混合均匀。10 000 g 4 ℃ 离心 10 min,取上清液 1 mL,加入 0.2 mL 25%(W/V)偏磷酸溶液,混合均匀。冰浴 30 min 以上。从冰浴中取出,10 000 g 4 ℃ 离心 10 min。取上清液,用 Hewlett Packard 6890 型气相色谱工作站测定乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸的含量。

盲肠及结肠内容物中挥发性脂肪酸组成用气相色谱仪(HP6890GC)分析测定。色谱柱:HP-IN-NOWax(交联柱 PEG)毛细管 30 m×0.25 mm×0.2 μm(HP 部件号:19091N-133);载气:氮气,流速 37 cm·s<sup>-1</sup>,11.5 psi,1.8 mL·min<sup>-1</sup>恒流;柱箱温度:120 ℃(11 min)至 250 ℃(1 min),50 ℃·min<sup>-1</sup>;进样方式:分流比为 35:1,进样量 2 μL,进样口温度 185 ℃;检测器:氢焰检测器,温度 210 ℃。

## 1.4 数据处理

所有数据先用 Excel 进行初步处理,然后用 SPSS 16.0 的 One Way ANOVA 程序进行统计,以 P<0.05 作为差异显著性判断标准。试验结果采用“平均值±标准误”表示。

## 2 结果

### 2.1 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响

芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响见表 2。断奶仔猪日粮中添加不同比例的芽孢杆菌制剂,对其生长性能无显著影响。芽孢杆菌制剂的添加量为 0.75% 和 1.50% 组的断奶仔猪平均日增体质量比对照组分别提高了 4.49%(P>0.05)和 1.60%(P>

0.05), 3.00%组平均日增体质量较对照组下降, 但各组之间差异不显著( $P>0.05$ ); 0.75%和 1.50%组采食量分别较对照组提高 3.84% ( $P>0.05$ ) 和

0.88% ( $P>0.05$ ), 饲料转化率分别比对照组提高 0.66% ( $P>0.05$ ) 和 0.66% ( $P>0.05$ )。

表 2 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effect of bacillus preparation on growth performance of weaned piglets

项目 Item	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
初始体质量/kg Initial body weight	9.97±1.14	9.72±0.94	9.75±1.18	9.82±1.13
终末体质量/kg Terminal body weight	28.72±1.90	29.31±1.25	28.80±2.52	28.07±1.89
采食量/(g·d <sup>-1</sup> ) Feed intake	813.50±49.87	844.74±28.24	820.64±40.03	786.70±45.92
平均日增体质量/(g·d <sup>-1</sup> ) Average daily gain	535.71±22.56	559.78±19.77	544.30±38.47	521.68±21.84
饲料转化率 Feed conservation rate	1.52±0.04	1.51±0.04	1.51±0.04	1.51±0.04

## 2.2 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪胃肠道 pH 的影响

从表 3 可看出, 十二指肠部分, 0.75%组 pH 与对照组相比有降低的趋势( $P=0.08$ ), 但差异不显著。空肠及盲肠部分, 0.75%组的 pH 显著低于对

照组 ( $P<0.05$ ), 分别较对照组下降 9.80% 和 6.14%。盲肠部分, 1.50%组的 pH 较对照组显著降低 6.86% ( $P<0.05$ )。

表 3 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪胃肠道 pH 的影响

Table 3 Effect of bacillus preparation on gastrointestinal pH of weaned piglets

项目 Item	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
胃 Stomach	4.13±0.17	3.63±0.10	3.23±0.11	3.78±0.43
十二指肠 Duodenum	5.21±0.22	4.59±0.25	4.78±0.22	4.94±0.17
空肠 Jejunum	6.02±0.06 <sup>a</sup>	5.43±0.08 <sup>b</sup>	5.98±0.08 <sup>ab</sup>	5.83±0.25 <sup>ab</sup>
回肠 Ileum	6.10±0.01	6.33±0.01	5.86±0.09	5.97±0.32
盲肠 Cecum	5.54±0.19 <sup>a</sup>	5.20±0.02 <sup>b</sup>	5.16±0.02 <sup>bc</sup>	5.24±0.08 <sup>ab</sup>
结肠 Colon	6.02±0.38	5.75±0.21	5.81±0.12	5.52±0.14
直肠 Rectum	6.20±0.10	5.95±0.03	6.05±0.18	5.92±0.15

同行肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 下同

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

## 2.3 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪小肠形态发育的影响

对于小肠各段组织形态发育见上表 4。与对照组相比, 0.75%组显著提高了十二指肠、空肠中段的绒毛高度 ( $P<0.05$ ), 显著降低了空肠前段、后段的隐窝深度 ( $P<0.05$ ), 与此同时, 显著提高了空肠中段、后段的绒毛高度与隐窝深度的比值 ( $P<0.05$ )。

## 2.4 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪盲肠、结肠内容物 VFA 的影响

表 5 为不同添加剂量的芽孢杆菌制剂对断奶仔猪盲肠、结肠内容物 VFA 的影响。由表 5 可知, 盲肠部分, 0.75%组与对照组相比, 乙酸含量有升高的趋势 ( $P=0.06$ ); 0.75%组、1.50%组的丙酸含量显著高于对照组 ( $P<0.05$ ); 0.75%组总 VFA 较对照组显著升高 ( $P<0.05$ )。结肠部分, VFA 含量各处理组之间无显著差异。

表 4 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪小肠形态发育的影响

Table 4 Effect of bacillus preparation on intestinal morphological development of weaned piglets

项目 Item		对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
十二指肠 Duodenum	绒毛高度/ $\mu\text{m}$ Villus height	447.46 $\pm$ 11.05 <sup>a</sup>	538.55 $\pm$ 53.34 <sup>b</sup>	505.22 $\pm$ 18.33 <sup>ab</sup>	477.52 $\pm$ 18.20 <sup>ab</sup>
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$ Crypt depth	217.88 $\pm$ 7.00	196.69 $\pm$ 13.77	205.84 $\pm$ 9.40	231.74 $\pm$ 9.64
	V/C	2.06 $\pm$ 0.11	2.80 $\pm$ 0.46	2.47 $\pm$ 0.17	2.07 $\pm$ 0.14
空肠前段 Primal section of jejunum	绒毛高度/ $\mu\text{m}$ Villus height	468.65 $\pm$ 48.71	487.73 $\pm$ 16.60	483.37 $\pm$ 64.94	365.02 $\pm$ 8.80
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$ Crypt depth	230.51 $\pm$ 10.63 <sup>a</sup>	172.48 $\pm$ 18.67 <sup>b</sup>	179.12 $\pm$ 12.25 <sup>ab</sup>	189.69 $\pm$ 2.87 <sup>ab</sup>
	V/C	2.06 $\pm$ 0.30	2.92 $\pm$ 0.41	2.67 $\pm$ 0.19	1.93 $\pm$ 0.06
空肠中段 Middle section of jejunum	绒毛高度/ $\mu\text{m}$ Villus height	295.88 $\pm$ 34.78 <sup>a</sup>	419.94 $\pm$ 10.38 <sup>b</sup>	388.80 $\pm$ 41.54 <sup>b</sup>	363.01 $\pm$ 12.80 <sup>ab</sup>
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$ Crypt depth	204.97 $\pm$ 15.19	167.74 $\pm$ 19.32	176.31 $\pm$ 17.01	179.16 $\pm$ 21.08
	V/C	1.45 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	2.57 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	2.26 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	2.06 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>
空肠后段 Distal section of jejunum	绒毛高度/ $\mu\text{m}$ Villus height	283.77 $\pm$ 42.67	351.86 $\pm$ 9.77	344.06 $\pm$ 6.86	310.32 $\pm$ 8.94
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$ Crypt depth	208.86 $\pm$ 16.73 <sup>a</sup>	138.60 $\pm$ 16.19 <sup>b</sup>	164.75 $\pm$ 29.06 <sup>ab</sup>	159.31 $\pm$ 10.18 <sup>ab</sup>
	V/C	1.34 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	2.63 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>	2.24 $\pm$ 0.42 <sup>ab</sup>	1.97 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>
回肠 Ileum	绒毛高度/ $\mu\text{m}$ Villus height	268.81 $\pm$ 15.15	278.10 $\pm$ 12.47	277.05 $\pm$ 12.10	257.73 $\pm$ 20.96
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$ Crypt depth	169.49 $\pm$ 15.20	153.76 $\pm$ 23.18	165.14 $\pm$ 4.06	168.86 $\pm$ 11.11
	V/C	1.63 $\pm$ 0.22	1.89 $\pm$ 0.28	1.68 $\pm$ 0.04	1.54 $\pm$ 0.17

表 5 芽孢杆菌制剂对盲肠、结肠 VFA 的影响

Table 5 Effect of bacillus preparation on VFA concentrations in the caecum and colon digesta of weaned piglets

项目 Item		对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
盲肠 Cecum	乙酸 Acetic acid	31.09 $\pm$ 5.08	49.82 $\pm$ 2.24	43.14 $\pm$ 5.26	46.00 $\pm$ 2.16
	丙酸 Propionic acid	17.05 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>	30.52 $\pm$ 1.73 <sup>b</sup>	27.20 $\pm$ 0.51 <sup>b</sup>	25.03 $\pm$ 3.50 <sup>ab</sup>
	异丁酸 Isobutyric acid	0.22 $\pm$ 0.08	0.27 $\pm$ 0.13	0.25 $\pm$ 0.11	0.25 $\pm$ 0.05
	丁酸 Butyric acid	8.68 $\pm$ 0.81	11.90 $\pm$ 3.59	11.21 $\pm$ 2.99	9.66 $\pm$ 4.02
	异戊酸 Isovaleric acid	0.41 $\pm$ 0.08	0.42 $\pm$ 0.16	0.34 $\pm$ 0.13	0.31 $\pm$ 0.06
	戊酸 Valeric	3.17 $\pm$ 1.45	3.22 $\pm$ 1.35	3.49 $\pm$ 1.78	2.23 $\pm$ 1.29
	总挥发性脂肪酸 Total volatile fatty acids	60.63 $\pm$ 4.76 <sup>a</sup>	96.14 $\pm$ 7.83 <sup>b</sup>	85.62 $\pm$ 3.36 <sup>ab</sup>	83.48 $\pm$ 8.89 <sup>ab</sup>
	乙酸 Acetic acid	24.59 $\pm$ 8.28	47.59 $\pm$ 11.28	27.64 $\pm$ 7.27	24.68 $\pm$ 10.50
	丙酸 Propionic acid	14.50 $\pm$ 4.86	23.54 $\pm$ 5.45	13.55 $\pm$ 2.75	11.49 $\pm$ 5.64
	异丁酸 Isobutyric acid	0.16 $\pm$ 0.06	0.47 $\pm$ 0.13	0.48 $\pm$ 0.22	0.29 $\pm$ 0.13
结肠 Colon	丁酸 Butyric acid	5.98 $\pm$ 2.67	10.46 $\pm$ 2.16	5.67 $\pm$ 2.39	5.59 $\pm$ 3.31
	异戊酸 Isovaleric acid	0.24 $\pm$ 0.09	0.62 $\pm$ 0.17	0.48 $\pm$ 0.31	0.44 $\pm$ 0.20
	戊酸 Valeric	1.95 $\pm$ 1.07	3.17 $\pm$ 1.09	1.03 $\pm$ 0.29	0.89 $\pm$ 0.45
	总挥发性脂肪酸 Total volatile fatty acids	47.42 $\pm$ 16.79	85.84 $\pm$ 19.68	57.97 $\pm$ 16.04	43.38 $\pm$ 20.21

mmol  $\cdot$  g<sup>-1</sup> 湿重

### 3 讨论

#### 3.1 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能和饲料利用率的影响

芽孢杆菌大多为需氧菌或兼性厌氧菌,进入动物肠道内,可消耗大量的游离氧,为消化道中的乳杆菌、肠球菌和乳球菌等肠道优势菌提供了更为理想的生长环境,抑制有害菌的生长,提高了动物机体抗病能力,与此同时,芽孢杆菌在动物肠道内生长繁殖,能产生多种营养物质,如多种消化酶、有机酸、氨基酸、维生素、促生长因子等,参与动物机体新陈代谢。

目前,关于芽孢杆菌对断奶仔猪生长性能影响的报道较多,大多数为正效应结果,刘晓琳等<sup>[2]</sup>对断奶仔猪饲喂地衣芽孢杆菌,试验末期,添加组平均体增总质量和平均日增体质量分别比对照组提高了12.33%和13.89%,差异显著( $P < 0.05$ );同时芽孢杆菌组提高饲料转化率15.49%,差异极显著( $P < 0.01$ )。但也有不同的报道,王学东等<sup>[3]</sup>研究表明,  $1 \times 10^7$  cfu 枯草芽孢组有降低饲料系数和促进仔猪生长的趋势,饲料系数较对照组降低了6.7%,平均日增体质量比对照组提高了3.61%,但差异均未达到显著水平( $P > 0.05$ )。虞泽鹏等<sup>[4]</sup>试验研究表明,在断乳仔猪日粮中添加芽孢杆菌对仔猪体质量无显著影响,对日增体质量和饲料转化率无明显改善。本试验发现,芽孢杆菌制剂对断奶仔猪平均日增体质量和饲料转化率无显著影响。分析原因可能是:本试验所用仔猪微生物菌群状况良好,芽孢杆菌制剂对其生长性能的影响较小。Scheuennann<sup>[5]</sup>指出,活菌制剂对肠道微生物菌群平衡的改善作用不一定能反映在生产性能上。同时可看出,0.75%和1.50%芽孢杆菌制剂组日增体质量略高于对照组,而3.00%芽孢杆菌制剂组略低于对照组。从此可得出,适当剂量的芽孢杆菌制剂具有促生长的效果,过量使用芽孢杆菌制剂对断奶仔猪的生长性能可能产生不利影响。分析原因可能是:断奶仔猪因受断奶应激、换料应激的影响,肠道内的菌群平衡受到破坏,有害菌数量增加,添加适当剂量的芽孢杆菌在此阶段具有促进有益菌增殖,帮助仔猪建立有利于生长的新的菌群平衡,起到促生长效果。但是芽孢杆菌的过量添加并不能达到促进生长的效果,当过量外源微生物进入肠道后,会进一步与优势菌群争夺营养物质和生态位点,进而破坏肠道微生物的动态

平衡,因此会造成其生产性能的下降。

#### 3.2 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪胃肠道 pH 的影响

动物体胃肠道酸度是影响其消化环境的重要因素,也是调节体内环境酸碱平衡、电解质平衡的基础条件,适宜的酸度是维持其消化系统正常生理功能的关键。仔猪在断奶后,消化道内的乳酸产量减少,而内源性胃酸的分泌量有限,并且部分胃酸还会与一些饲料原料结合,因此,仔猪断奶后,消化道内的 pH 反而高于断奶前的水平<sup>[6]</sup>。消化道内高 pH,不仅会影响小肠消化酶的活性,还会引发病原菌的增殖,导致仔猪出现营养性或病原性腹泻<sup>[7]</sup>。

研究证实,芽孢杆菌具有降低肠道 pH 的趋势<sup>[8]</sup>。黄俊文等<sup>[9]</sup>用纳豆芽孢杆菌饲喂早期断奶仔猪,发现纳豆芽孢杆菌具有降低仔猪肠道 pH 的趋势( $P > 0.05$ )。本试验表明,0.75%组显著降低了盲肠及空肠内容物的 pH ( $P < 0.05$ )。十二直肠部分,0.75%组 pH 与对照组相比也有降低的趋势( $0.05 < P < 0.1$ ),但差异不显著。断奶仔猪日粮中添加芽孢杆菌制剂降低胃肠道 pH 的机理为:芽孢杆菌产生的淀粉酶,可将淀粉转化为单糖,再由肠道中其它菌种将这些单糖转化为乳酸,降低肠道中的 pH;芽孢杆菌大多为需氧菌或兼性厌氧菌,进入动物肠道内消耗大量的游离氧,为消化道中的乳酸菌提供了理想的生长环境,乳酸菌可发酵糖类产生大量的乳酸、乙酸和丙酸,从而降低肠道 pH。

#### 3.3 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪小肠形态结构的影响

众所周知,小肠的肠绒毛高度、隐窝深度以及绒毛高度和隐窝深度的比值(V/C)是衡量小肠消化吸收功能的重要指标。而断奶应激对仔猪肠黏膜形态有很大的影响,包括绒毛萎缩,高度下降,隐窝加深,肠绒毛上皮成熟细胞数量减少,分泌细胞(杯状细胞)增多,吸收能力下降<sup>[10-11]</sup>,这不仅降低饲料利用率,还会由于大量未消化物质存在于肠道中,增加肠道渗透压,引起渗透性腹泻,加剧大肠中发酵和腐败菌增殖。

很多研究表明,益生菌可以促进小肠形态结构的发育,提高机体抗病力,促进仔猪的健康发育。陈旭东<sup>[12]</sup>在断奶仔猪日粮中添加0.2%的芽孢杆菌,与对照组相比,空肠前段、回肠中段的隐窝深度显著降低( $P < 0.05$ )。杨海英等<sup>[13]</sup>研究表明,日粮中添加益生菌能显著提高仔猪空肠绒毛长度( $P < 0.05$ ),同时能显著缩短仔猪十二指肠和空肠隐窝深

度( $P < 0.05$ )。张振斌等<sup>[14]</sup>研究结果表明,益生菌对仔猪绒毛高度/隐窝深度比值影响显著,并有增加小肠黏膜绒毛高度的趋势。本试验中,与对照组相比,0.75%组显著提高了十二指肠、空肠中段的绒毛高度( $P < 0.05$ )。这说明芽孢杆菌制剂可促进绒毛高度增加,进而增加与肠道内食糜的接触面积,促进营养物质的吸收;与对照组相比,0.75%组显著降低了空肠前段、空肠后段的隐窝深度( $P < 0.05$ )。隐窝深度可反映小肠上皮更新速度,隐窝变浅表明肠上皮细胞成熟率上升,分泌功能增强<sup>[15]</sup>;与此同时,0.75%组显著提高了空肠中段、空肠后段的绒毛高度与隐窝深度的比值( $P < 0.05$ )。韩正康<sup>[16]</sup>认为,小肠黏膜绒毛高度和隐窝深度的比值(V/C)是决定仔猪消化吸收功能的结构基础,V/C值可综合反映小肠的功能状况,V/C值大,说明肠内膜面积较大,消化吸收能力较强。

本试验与前人结果不尽一致的原因可能与益生菌的种类、使用的剂量和使用的时间有关。芽孢杆菌改善肠道形态结构的原因可能与抑制有害菌的繁殖及降低 pH 有关,通过抑制有害菌的增殖和降低肠道 pH,减少对肠道的损害及减少有害菌对肠道营养物质的消耗,促进受损肠黏膜细胞的修复,使得肠绒毛高度增加,隐窝变浅。另一方面,小肠黏膜绒毛高度以及绒毛高度/隐窝深度比值的增加也可能是采食量增加的结果,通过提高仔猪采食量进而促进小肠黏膜的发育,从而增进对营养物质的消化吸收功能。McCracken 等<sup>[17]</sup>认为,采食量水平高低与仔猪小肠黏膜绒毛高度及隐窝深度有关,高采食量水平可促进小肠黏膜的发育。

### 3.4 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪盲肠、结肠内容物 VFA 的影响

在猪等单胃动物的盲肠、结肠及直肠部位,厌氧微生物发酵碳水化合物和未消化蛋白质产生 VFA (其中包括甲酸、乙酸、丙酸、丁酸,此外还产生大量乳酸,琥珀酸之类的有机酸)<sup>[18]</sup>。VFA 的吸收主要发生在盲肠和结肠部位,具有为动物提供能量、抵抗病原微生物和维持动物肠道健康等作用<sup>[19-20]</sup>。同时,VFA 可使盲肠、结肠黏膜细胞增殖,并能防止结肠黏膜上皮萎缩,促进矿物质的吸收<sup>[21]</sup>。

众多研究表明,在断奶仔猪日粮中添加益生菌,能显著提高其后肠中 VFA 的含量<sup>[22-23]</sup>。陈旭东在基础日粮中添加 0.2% 的芽孢杆菌,结果表明,芽孢杆菌组可显著提高盲肠中丙酸和总 VFA 的含量,

对丁酸、戊酸和异戊酸无显著影响。本试验与陈旭东结果相一致,结果表明:与对照组相比,0.75%组可显著提高盲肠中丙酸和总 VFA 的含量( $P < 0.05$ ),乙酸有升高的趋势( $0.05 < P < 0.1$ ),但差异不显著。芽孢杆菌增加盲肠 VFA 的原因可能是:芽孢杆菌能够促进肠道内厌氧菌的生长,使肠道内厌氧微生物能更充分地发酵碳水化合物,产生大量的 VFA。张宏福等<sup>[24]</sup>指出,许多因素影响仔猪后肠 VFA 含量,这些因素通过引起后肠中微生物区系的变化,进而影响生长。因此,芽孢杆菌增加丙酸的含量可能与产生丙酸的微生物有关。

## 4 小 结

本试验条件下,在断奶仔猪日粮中添加 0.75% 的芽孢杆菌制剂可降低胃肠道 pH、促进小肠形态发育,增加盲肠和结肠的 VFA 含量,有助于优化胃肠道环境,促进断奶仔猪健康生长。

## 参考文献:

- [1] 张灵启,李卫芬,余东游. 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长和免疫性能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2008,3: 37-38.
- [2] 刘晓琳,陈乐超,余新京,等. 地衣芽孢杆菌对断奶仔猪生产性能的影响[J]. 广东饲料,2008,17(1): 27-28.
- [3] 王学东,冯于明,姚 娟,等. 芽孢杆菌在仔猪日粮中的应用效果初探[J]. 中国畜牧杂志,2008,44(21): 46-48.
- [4] 虞泽鹏,谢启轮,唐 举,等. 益生菌对断乳仔猪生产性能的影响[J]. 动物科学与动物医学,2002,19(3): 49-50.
- [5] SCHEUENNANN S E. Effect of probiotic paciflor on energy and protein metabolism growing pigs[J]. *Anim Feed Sci Technol*,1993,41:181-189.
- [6] CRANWELL P D,MOUGHAN P J. Biological limitations imposed by the digestive system to the growth performance of weaned pigs [A]. *Australasian pig science association . Manipulating pig production II* [C]. Australia: Victoria, 1989: 140-165.
- [7] SUTTON A L,PATTERSON J A,KELLY D T,et al. Effects of dietary carbohydrates and organic acid additions on pathogenic *E. coli* and other microorganisms in the weaning pig [C]. *Proceedings of the 5th international symposium on animal nutrition*. Hungary: Kaposvar,1996: 31-61.
- [8] PROHASZKA L, JAYARAO B M, FABIAN A ,et

- al. The role of intestinal volatile fatty acids in the Salmonella shedding of pigs[J]. *J Vet Med*, 1990, 37: 570-578.
- [9] 黄俊文, 林映才, 冯定远, 等. 纳豆菌、甘露寡糖对仔猪肠道 pH、微生物区系和肠黏膜形态的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2005, 36(10): 1021-1027.
- [10] NABUURS M J, HOOGENDOORN A, VANDER MOOLEN E J, et al. Villus height and crypt depth in Weaned and unweaned pigs, Reared under various circumstances in the Netherlands [J]. *Res Vet Sci*, 1993, 55: 78-84.
- [11] 顾宪红, 张宏福. 断奶日龄对仔猪肠黏膜形态的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2001, 32(4): 306-313.
- [12] 陈旭东. 果寡糖和芽孢杆菌对断奶仔猪生产性能的影响及其机理[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [13] 杨海英, 杨在宾, 杨维仁. 益生菌和低聚木糖对断奶仔猪肠道 pH 及肠黏膜形态的影响[J]. 饲料广角, 2008, 9: 29-33.
- [14] 张振斌, 林映才, 蒋宗勇, 等. 益生菌对断奶仔猪生长表现、微生物区系和小肠黏膜结构的影响[J]. 养猪, 2004, 1: 1-3.
- [15] 成令忠. 组织学[M]. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1994.
- [16] 韩正康. 家畜营养生理学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [17] McCracken B A, Spurlock M E, Roos M A, et al. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine [J]. *Nutrition*, 1999, 129: 613-619.
- [18] MACKIE R I, STROOT P G, VAREL V H. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste [J]. *J Anim Sci*, 1998, 76: 1331-1342.
- [19] 杨丽杰. VFA 和黏蛋白对肠道微生物和肠壁疾病的影响[J]. 畜禽生产, 2004, (6): 36.
- [20] 秦泽荣, 孔繁瑶, 荒川皓, 等. 柔嫩艾美耳球虫感染对鸡盲肠中挥发性脂肪酸的影响[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 1999, 6(2): 89-93.
- [21] HOWARD M D, GORDON D T, PACE L W, et al. Effects of dietary supplementation with fructooligosaccharides on colonic microbiota populations and epithelial cell proliferation in neonatal pigs[J]. *J Pediatric Gastroenterol Nutr*, 1995, 21(3): 297.
- [22] 乔国华, 单安山. 益生菌对奶牛生产性能及瘤胃发酵影响的研究[J]. 中国奶牛, 2007, 3: 10-14.
- [23] 毛倩, 陈代文, 余冰, 等. 复合益生菌对生长育肥猪生产性能、盲肠菌群及代谢产物的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(17): 34-39.
- [24] 张宏福, 张莉, 方路, 等. 异麦芽低聚糖对断奶仔猪肠道浓度 pH 值及黏膜形态结构的影响[J]. 动物营养学报, 2002, 14(1): 19-24.

(编辑 郭云雁)

## 常年供应仔猪

正阳养猪场是河南省政府、省畜牧厅重点扶持品种改良单位, 在 2007 年 9 月 28 日从美国引进 360 头种猪, 本场现有母猪群体 1 800 多头(原种猪 800 多头), 后备二元母猪数千头, 每月面向全国各地出售三元苗猪 3 000 多头。仔猪主要品种有二元杂、三元杂、四元杂、长白、大约克和杜洛克。

本场是一个重合同、守信用单位, 对外出售仔猪、种猪, 严格防疫, 仔猪上车前统一注射畜牧专家配制的防疫防病药物, 途中无拉稀、无应激。客户所购仔猪、种猪运输途中有伤残, 原款包赔, 种猪配不上种包换, 可报销路费。凡来购猪数量大者, 可免费送货。

本场永保诚信一生的服务宗旨, 以高效求实的销售方法, 以心换心的销售品德, 深受全国各地养殖户的信赖。

销售部电话: 0396 8935776

余经理手机: 13839675185

地址: 正阳良种苗猪繁育基地