

# 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪 生长性能和血清指标的影响

张董燕 季海峰\* 王晶 王四新 刘辉 单达聪 刘莘莘 王雅民  
(北京市农林科学院畜牧兽医研究所, 北京 100097)

**摘要:** 本研究旨在探讨在饲料中添加猪源罗伊氏乳酸杆菌 (*Lactobacillus reuteri*) 对断奶仔猪生长性能和血清指标的影响。选用平均体重为  $(16.57 \pm 0.23)$  kg 的断奶仔猪 (杜洛克 × 长白 × 大白三元杂交) 64 头, 随机分成 4 组, 每组 4 个重复, 每个重复 4 头。对照组饲喂基础饲料, 试验组饲料分别在基础饲料中添加 0.25%、0.50%、0.75% 的猪源罗伊氏乳酸杆菌, 试验期为 30 d。结果表明: 1) 添加 0.50% 和 0.75% 猪源罗伊氏乳酸杆菌组断奶仔猪平均日增重分别比对照组提高了 7.56% ( $P < 0.05$ ) 和 20.07% ( $P < 0.05$ ), 料重比分别比对照组降低了 1.96% ( $P > 0.05$ ) 和 14.90% ( $P < 0.05$ ); 2) 饲料中添加猪源罗伊氏乳酸杆菌能够极显著降低断奶仔猪血清中白蛋白与球蛋白比值 ( $P < 0.01$ ), 并极显著增加血清中干扰素  $\gamma$  含量 ( $P < 0.01$ ); 3) 添加 0.50% 和 0.75% 猪源罗伊氏乳酸杆菌组断奶仔猪血清中结合珠蛋白含量分别比对照组降低了 8.79% ( $P < 0.05$ ) 和 9.34% ( $P < 0.05$ )。结果提示, 饲料中添加猪源罗伊氏乳酸杆菌能够提高断奶仔猪机体免疫能力, 而当其达到一定添加剂量时, 对于提高断奶仔猪生长性能的效果表现明显。

**关键词:** 猪源罗伊氏乳酸杆菌; 断奶仔猪; 生长性能; 血清指标

中图分类号: S828; S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)09-1553-07

一直以来, 人们选择使用抗生素进行动物疾病的治疗或预防, 这造成动物肠道的微生态系统长期处于失衡状态, 直接影响到动物的健康生长及畜产品的安全。随着欧盟等国对抗生素的禁止使用, 寻求替代抗生素的绿色添加剂越来越受到人们的关注。研究发现, 乳酸菌能够通过促进营养物质消化吸收、抑制病原菌、降低肠内 pH、加固非特异性肠内屏障等方式促进猪的生长和健康<sup>[1]</sup>。其中, 罗伊氏乳酸杆菌 (*Lactobacillus reuteri*) 是普遍存在于人和动物肠道的有益乳酸杆菌, 已有研究表明该菌可定植于动物肠道内, 代谢可产生乳酸、乙酸等物质, 有抑制肠道有害菌生长和繁殖的作用<sup>[2]</sup>。另有研究认为, 罗伊氏乳酸杆菌能够发酵甘油产生一种广谱抗菌剂——re-

uterin, 当 reuterin 浓度不超过 7.5 mmol/L 时就能够抑制肠道大部分细菌 (乳酸菌除外) 的生长<sup>[3-4]</sup>, 该菌被认为是唯一能够对寄主产生广谱抗菌作用的肠道乳杆菌<sup>[5]</sup>。因此, 罗伊氏乳酸杆菌正在越来越受到人们的重视。目前, 国外对该菌的研究主要集中在 reuterin 及其抑菌机理的分析, 国内主要用于功能性发酵乳新型菌种的开发, 而在动物生产中的应用较少。在猪生长过程中, 断奶仔猪易受到环境、营养、心理等多方面的应激, 这些应激会造成消化道微生态功能紊乱, 并使得机体对营养物质的消化吸收能力降低, 甚至发生腹泻等疾病, 严重影响着仔猪的生长。因此, 断奶仔猪生产被认为是整个养猪过程中最重要的环节之一。为此, 本试验选用断奶仔猪为试验动物, 将猪源罗

收稿日期: 2011-03-29

基金项目: 猪鸡专用益生菌的研制与应用 (Z080005032508010); 生猪产业技术体系北京市创新团队建设项目 (GWZJ-2009-06)

作者简介: 张董燕 (1981—), 女, 河北邯郸人, 硕士, 助理研究员, 主要从事动物营养研究。E-mail: zhangdongyan1981@163.com

\* 通讯作者: 季海峰, 研究员, 博士生导师, E-mail: jhf309@sohu.com

伊氏乳酸杆菌应用于断奶仔猪生产中,从仔猪生长性能和血清指标两方面来探讨该菌株对仔猪机体的影响,从而为评价、分析该菌株对断奶仔猪的益生作用及促进仔猪健康生长奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 菌种

乳酸杆菌由北京市农林科学院畜牧兽医研究所动物营养与繁育研究室保存,分离于 60 日龄仔猪盲肠黏膜,经中国工业微生物菌种保藏管理中心鉴定为罗伊氏乳酸杆菌,其冻干制剂中活菌数  $\geq 2.0 \times 10^9$  CFU/g。

#### 1.1.2 试验试剂

猪结合珠蛋白 (pig haptoglobin) ELISA 试剂盒购于美国 Immunology Consultants 公司,猪干扰素  $\gamma$  (swine IFN- $\gamma$ ) ELISA 试剂盒购于美国 Invitrogen 生命技术公司,总蛋白 (TP)、白蛋白 (ALB)、葡萄糖 (GLU) 试剂盒购于中生北控生物科技股份有限公司。

#### 1.1.3 主要仪器

ZHWY-2102 型全温震荡培养箱、发恩 D-1 立式蒸汽灭菌锅、ESCO 生物安全柜、HITACHI 7020 全自动生化分析仪、TGL-16G 高速台式离心机、318C 酶标仪等。

### 1.2 试验动物及饲料

试验动物选用杜洛克  $\times$  长白  $\times$  大白三元杂交猪,饲料参照我国《猪饲养标准》配制,基础饲料组成及营养水平见表 1。

### 1.3 试验设计与饲养管理

选用 64 头平均体重 ( $16.57 \pm 0.23$ ) kg 的断奶仔猪,随机分成 4 组,每组设 4 个重复,每个重复 4 头。对照组饲喂基础饲料,试验组饲料分别在基础饲料中添加 0.25%、0.50%、0.75% 猪源罗伊氏乳酸杆菌。试验按照猪场常规饲养管理进行,试验在封闭式猪舍内进行,水泥地面,网床圈养,自由采食,以鸭嘴式饮水器提供充足清洁饮水。免疫、驱虫和消毒按猪场规程进行,试验期为 30 d。

### 1.4 样品采集

试验结束时,从每组随机挑选 8 头仔猪 (每个重复 2 头),前腔静脉采血 5 mL,分离血清于  $-20^\circ\text{C}$  保存,备用。

### 1.5 生长性能测定

试验开始和结束时,个体空腹称重;每日观察猪群生长情况,记录饲料消耗情况,记录仔猪腹泻情况;试验结束后,计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干物质)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59	
豆粕 Soybean meal	26	
鱼粉 Fish meal	3	
小麦麸 Wheat bran	8	
预混料 Premix <sup>1)</sup>	4	
合计 Total	100	
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
消化能 DE/(MJ/kg)	13.227	
粗蛋白质 CP	18.90	
钙 Ca	0.82	
有效磷 AP	0.42	
食盐 NaCl	0.48	
赖氨酸 Lys	1.023	
蛋氨酸 Met	0.365	

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 The premix provides the following per kilogram of diet: VA 3 500 IU, VD<sub>3</sub> 2 850 IU, VE 64 mg, VK<sub>3</sub> 2.4 mg, VB<sub>1</sub> 2.4 mg, VB<sub>2</sub> 6.6 mg, VB<sub>6</sub> 3 mg, VB<sub>12</sub> 0.045 mg, 烟酸 nicotinic acid 25.5 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 13.5 mg, 生物素 biotin 0.12 mg, Cu 12 mg, Fe 150 mg, Zn 155 mg, Mn 55 mg, I 0.5 mg, Se 0.3 mg。

<sup>2)</sup> 粗蛋白质、钙、有效磷为实测值,其他为计算值。Crude protein, calcium and available phosphorus are measured values, while the others are calculated values.

### 1.6 血清指标的测定

血清生化指标总蛋白、白蛋白、葡萄糖均采用 HITACHI 7020 全自动生化分析仪测定,血清免疫指标猪结合珠蛋白和猪干扰素  $\gamma$  采用 ELISA 试剂盒测定。

### 1.7 数据处理

采用 SPSS 17.0 统计软件中的 ANOVA 程序进行单因素方差分析, Duncan 氏法进行多重比较,以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。结果以平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果

### 2.1 生长性能

断奶仔猪生长性能见表2。由结果可知,添加0.25%罗伊氏乳酸杆菌组仔猪平均日增重、料重比与对照组相比无显著差异( $P>0.05$ ),而添加量达到0.50%和0.75%时,断奶仔猪平均日增重和

料重比均有所改善。0.50%组和0.75%组平均日增重分别比对照组提高了7.56% ( $P<0.05$ )和20.07% ( $P<0.05$ ),料重比分别比对照组降低了1.96% ( $P>0.05$ )和14.90% ( $P<0.05$ ),而2组平均日采食量与对照组相比无显著影响( $P>0.05$ )。

表2 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effect of *Lactobacillus reuteri* from swine on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组	0.25% 罗伊氏乳酸杆菌组	0.50% 罗伊氏乳酸杆菌组	0.75% 罗伊氏乳酸杆菌组
	Control group	0.25% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.50% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.75% <i>Lactobacillus reuteri</i> group
初重 Initial weight/kg	16.59 ± 0.21	16.89 ± 0.33	16.40 ± 0.03	16.41 ± 0.25
末重 Final weight/kg	27.71 ± 2.76 <sup>a</sup>	27.86 ± 0.81 <sup>a</sup>	28.36 ± 0.28 <sup>a</sup>	29.76 ± 1.00 <sup>b</sup>
平均日增重 ADG/g	370.63 ± 13.26 <sup>a</sup>	365.57 ± 29.86 <sup>a</sup>	398.66 ± 51.98 <sup>b</sup>	445.00 ± 10.59 <sup>c</sup>
平均日采食量 ADFL/g	945.03 ± 23.57 <sup>b</sup>	925.00 ± 11.78 <sup>a</sup>	995.84 ± 5.89 <sup>b</sup>	964.59 ± 2.95 <sup>b</sup>
料重比 F/G	2.55 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.17 ± 0.00 <sup>b</sup>

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P<0.01$ ). The same as below.

### 2.2 血清指标

#### 2.2.1 血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量和白球比

断奶仔猪血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白和白球比见表3。与对照组相比,试验组添加猪源罗伊

氏乳酸杆菌对断奶仔猪血清中总蛋白含量无显著影响( $P>0.05$ ),但通过添加猪源罗伊氏乳酸杆菌能够显著降低断奶仔猪血清中白球比,试验组与对照组相比差异极显著( $P<0.01$ ),3个试验组之间差异不显著( $P>0.05$ )。

表3 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量及白球比的影响

Table 3 Effect of *Lactobacillus reuteri* from swine on serum total protein, albumin, globulin content and albumin/globulin of weaned piglets

项目 Items	对照组	0.25% 罗伊氏乳酸杆菌组	0.50% 罗伊氏乳酸杆菌组	0.75% 罗伊氏乳酸杆菌组
	Control group	0.25% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.50% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.75% <i>Lactobacillus reuteri</i> group
总蛋白 Total protein/(g/L)	77.00 ± 10.10	78.50 ± 3.79	74.75 ± 9.73	72.75 ± 5.32
白蛋白 Albumin/(g/L)	44.50 ± 3.00 <sup>a</sup>	41.75 ± 4.35 <sup>a</sup>	40.00 ± 4.97 <sup>a</sup>	38.00 ± 3.83 <sup>b</sup>
球蛋白 Globulin/(g/L)	32.50 ± 7.59	36.75 ± 6.13	34.75 ± 7.27	34.75 ± 5.38
白球比 Albumin/globulin	1.42 ± 0.27 <sup>Aa</sup>	1.17 ± 0.30 <sup>Bb</sup>	1.18 ± 0.22 <sup>Bb</sup>	1.12 ± 0.22 <sup>Bb</sup>

#### 2.2.2 血清中干扰素 $\gamma$ 含量

断奶仔猪血清中干扰素 $\gamma$ 含量见表4。3个试验组断奶仔猪血清中干扰素 $\gamma$ 含量分别比对照组提高了33.33%、38.20%、33.52%,差异极显著( $P<0.01$ ),其中0.50%组血清干扰素 $\gamma$ 含量显著高于其他2个试验组( $P<0.05$ )。

#### 2.2.3 血清中结合珠蛋白含量

由表5可知,3个试验组断奶仔猪血清中结合珠蛋白含量随着饲料中猪源罗伊氏乳酸杆菌添加剂量的增加而减少,0.75%组最低。0.25%组血清中结合珠蛋白含量与对照组相比无显著差异( $P>0.05$ ),而0.50%组和0.75%组分别比对照组降低了8.79%和9.34%,差异显著( $P<0.05$ )。

表 4 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪血清中干扰素  $\gamma$  含量的影响Table 4 Effect of *Lactobacillus reuteri* from swine on serum IFN- $\gamma$  content of weaned piglets pg/mL

项目 Item	对照组 Control group	0.25% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.25% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.50% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.50% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.75% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.75% <i>Lactobacillus reuteri</i> group
干扰素 $\gamma$ IFN- $\gamma$	5.34 $\pm$ 0.76 <sup>Aa</sup>	7.12 $\pm$ 1.48 <sup>Bb</sup>	7.38 $\pm$ 0.02 <sup>Bc</sup>	7.13 $\pm$ 0.76 <sup>Bb</sup>

表 5 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪血清中结合珠蛋白含量的影响

Table 5 Effect of *Lactobacillus reuteri* from swine on serum haptoglobin content of weaned piglets mg/mL

项目 Item	对照组 Control group	0.25% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.25% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.50% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.50% <i>Lactobacillus reuteri</i> group	0.75% 罗伊氏乳酸杆菌组 0.75% <i>Lactobacillus reuteri</i> group
结合珠蛋白 Haptoglobin	1.82 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>	1.88 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	1.66 $\pm$ 0.96 <sup>b</sup>	1.65 $\pm$ 0.86 <sup>b</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪生长性能的影响

仔猪断奶最易造成肠道微生态失衡,再加上抗生素的使用,对机体肠道屏障功能造成破坏,直接影响到猪体的健康生长。而益生菌能够加固肠道屏障功能,增加小肠绒毛长度和隐窝深度,从而促进机体对营养物质的消化吸收,促进仔猪对饲料营养物质的消化吸收和健康生长<sup>[6-8]</sup>。Lee 等<sup>[9]</sup>推荐益生菌在动物饲料中的最低剂量为  $10^6$  CFU/g, Guerra 等<sup>[10]</sup>则通过试验证明,增加益生菌的添加剂量,能够促进仔猪的增重效果,当添加剂量达  $10^9$  CFU/g 时,其对断奶仔猪平均日增重效果要好于 Lee 等<sup>[9]</sup>推荐的  $10^6$  CFU/g。而 Nousiainen 等<sup>[11]</sup>则研究指出,对于日龄大一些的猪体而言,饲喂益生菌的效果首先会在提高饲料转化率和机体免疫力等方面表现出来,而平均日增重效果要差于日龄较小的猪体。本试验选用了断奶后 15 d 的仔猪,该阶段猪生理特点要比断奶时期相对完善,当猪源罗伊氏乳酸杆菌添加剂量为 0.25% 时,从表观上看,其平均日增重低于对照组,但经生物统计分析,2 组之间无显著影响,这说明添加剂量较低时,促进平均日增重的效果未能显示出来,添加剂量为 0.50% 时,试验组能够显著增加断奶仔猪平均日增重,尤其当剂量达到 0.75% 时,断奶仔猪平均日增重比对照组提高了 20.07%,料重比降低了 14.90%,差异显著 ( $P <$

0.05),其效果要显著高于其他 2 个试验组,分析原因是由于各组之间益生菌活菌数相差  $5 \times 10^6$  CFU/g 饲料,活菌数增加,其平均日增重效果也出现了较大的改善。但 0.50% 组和 0.75% 组仔猪平均日采食量与对照组相比无显著差异,这说明猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪平均日增重的提高主要是通过提高饲料利用效率来实现的,这与 Nousiainen 等<sup>[11]</sup>所认为的益生菌能够有效促进较大日龄猪群的饲料转化率的报道是一致的,而关于该菌是否能够提高机体免疫力方面的研究将另文进一步阐述。

#### 3.2 猪源罗伊氏乳酸杆菌对断奶仔猪血清指标的影响

##### 3.2.1 对血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量及白球比的影响

正常情况下,动物机体保持正常的生理生化指标,而当由于某种原因引起代谢加强或减弱,甚至发生代谢障碍或代谢紊乱时,就会改变机体代谢的原有动态平衡,甚至出现病症,而这些变化首先反映在血清生化指标上。血清中总蛋白为球蛋白和白蛋白之和,其中,白蛋白由肝脏合成,是机体蛋白质来源之一,而球蛋白源于 B 细胞转化为浆细胞后分泌而成,白蛋白与球蛋白的比值(白球比)可反映机体的抵抗力,该值的降低,说明更多的球蛋白合成用于提高机体免疫机能。张永勇<sup>[12]</sup>研究指出,复合益生菌能够降低断奶仔猪血清白球比,从而提高断奶仔猪机体免疫力。本试验研究结果显示,饲料中添加猪源罗伊氏乳酸杆菌能

够提高断奶仔猪血清球蛋白的含量,降低白球比,提高其免疫力,从而促进猪的生长。

### 3.2.2 对血清中干扰素 $\gamma$ 含量的影响

细胞因子是机体免疫的重要调节剂,它能够调节全身系统免疫,是判断机体免疫功能的重要指标。研究认为,乳酸菌进入消化道后被肠内特有的 M 细胞摄取,传递给派氏集合淋巴结(Peyer's patche)内的抗原递呈细胞,促进 Th0 细胞分泌 Th1 型细胞因子,引发 Th1 优势应答<sup>[13-14]</sup>,而干扰素  $\gamma$  是重要的 Th1 细胞效应因子,其免疫调节活性比其他细胞因子高 100 ~ 1 000 倍,被称为机体免疫的第一道防线,该值的提高能够增强自然杀伤细胞(NK 细胞)、巨噬细胞和 T 淋巴细胞的活力,以起到免疫效果<sup>[15]</sup>。本试验对断奶仔猪血清中干扰素  $\gamma$  进行了检测,结果发现,试验添加罗伊氏乳酸杆菌后能够极显著增加断奶仔猪血清中干扰素  $\gamma$  含量( $P < 0.01$ )。其中,添加剂量为 0.50% 时效果最好,与其他 2 个试验组相比差异显著。Mohamadzadeh 等<sup>[16]</sup> 研究指出罗伊氏乳杆菌能够调节人树突状细胞(dendritic cells, DCs)的表达,从而诱导干扰素  $\gamma$  等 Th1 细胞因子的产生,本试验与该结果一致。因此,作者认为,猪源罗伊氏乳酸杆菌对于促进断奶仔猪机体 Th1 型细胞因子分泌,调节机体免疫等方面具有积极的功能。

### 3.2.3 对血清中结合珠蛋白含量的影响

研究认为,当动物在受到内外界刺激时,机体首先会伴着急性期蛋白(acute phase protein, APP)的变化,该类蛋白水平随着动物的疾病感染、炎症发生、免疫发挥、应激效应及药物治疗等影响健康的因素密切相关,也被认为是评价动物机体是否健康的直接指标<sup>[17-18]</sup>。Sorensen 等<sup>[19]</sup> 指出,结合珠蛋白是检测猪体内 APP 最具有敏感性和特异性且最为有效的指标之一,该指标是对管理、应激、饲养密度、限饲、日龄及亚疾病等机体健康状态的反映<sup>[20-22]</sup>,其值越高,说明机体健康状态越坏。Piñeiro 等<sup>[23]</sup> 对 10 个规模猪场的健康猪群(长白  $\times$  大白)进行了血清结合珠蛋白检测,结果发现,哺乳仔猪体内结合珠蛋白含量最低,断奶后开始升高,第 12 周达到最高,而后趋于稳定,生长阶段(4 ~ 20 周龄)猪血清结合珠蛋白含量为 0.43 ~ 1.47 mg/mL,后备母猪高于繁育公猪(1.47 和 0.94 mg/mL)。Witten<sup>[24]</sup> 则提出,健康猪

血液中结合猪蛋白含量为 0.079 ~ 2.000 mg/mL,而 Petersen 等<sup>[25]</sup> 则认为,猪体在健康和疾病时,其结合珠蛋白含量相差 1.1 ~ 1.8 mg/mL。在本试验中,4 个组断奶仔猪血清中结合珠蛋白含量为 1.82、1.88、1.66、1.65 mg/mL,0.25% 组结合珠蛋白含量略高于对照组,0.50% 组和 0.75% 组均能降低血清中结合珠蛋白含量( $P < 0.05$ )。由此可见,当猪源罗伊氏乳酸杆菌达到一定剂量后,能够降低动物机体内急性期蛋白含量,促进动物健康。同时,各组数值均在 Witten<sup>[24]</sup> 所述范围之内,并且各组之差小于 1.1 mg/mL,但各组含量均高于 Piñeiro 等<sup>[23]</sup> 所报道的生长猪血清结合珠蛋白水平(8 ~ 12 周为 0.85 ~ 1.42 mg/mL)。Eckersall 等<sup>[26]</sup> 则解释,猪群结合珠蛋白含量存在种间差异性。另外,我国在饲养管理、养殖环境等方面与欧洲国家存在着不同,从而也造成了试验结果的差异。目前,国外已将结合珠蛋白和猪主要急性蛋白(pig-MAP)作为检测猪群健康、亚健康及疾病等机体状况的主要评定指标,而我国对这方面的研究及评定标准尚需进一步探讨。

## 4 结论

① 本试验条件下,饲料中添加猪源罗伊氏乳酸杆菌能够降低断奶仔猪血清中白球比,提高血清干扰素  $\gamma$  含量,从而提高机体免疫能力。

② 本试验条件下,当添加剂量增加到 0.50% 以上时,能够提高断奶仔猪平均日增重( $P < 0.05$ ),降低血清中结合珠蛋白含量( $P < 0.05$ ),促进猪体生长。

## 参考文献:

- [1] NG S C, HART A L, KAMM M A, et al. Mechanisms of action of probiotics: recent advances[J]. Inflammation Bowel Disease, 2009, 15(2):300-310.
- [2] CASAS I A, DOBROGOSZ W J. Validation of the probiotic concept: *Lactobacillus reuteri* confers broad-spectrum protection against disease in humans and animals[J]. Microbial Ecology in Health and Disease, 2000, 12:247-285.
- [3] CLEUSIX V, LACROIX C, VOLLENWEIDER S, et al. Inhibitory activity spectrum of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* against intestinal bacteria[J]. BMC Microbiology, 2007, 7(101):1-9.
- [4] TALARICO T L, CASAS I A, CHUNG T C, et al.

- Production and isolation of reuterin, a growth inhibitor produced by *Lactobacillus reuteri* [J]. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 1988, 32:1854 – 1858.
- [ 5 ] MITSUOKA T. The human gastrointestinal tract [M]//WOOD B J B. The lactic acid bacteria in health and disease. London: Elsevier, 1992: 69 – 114.
- [ 6 ] BON M L, DAVIES H E, GLYNN C, et al. Influence of probiotics on gut health in the weaned pig [J]. *Livestock Science*, 2010, 133(1):179 – 181.
- [ 7 ] CROSS M L. Microbes versus microbes: immune signals generated by probiotic lactobacilli and their role in protection against microbial pathogens [J]. *FEMS Immunology Medicine Microbiology*, 2002, 34(4):245 – 253.
- [ 8 ] SIEO C C, ABDULLAH N, TAN W S, et al. Influence of  $\beta$ -glucanase producing *Lactobacillus* strains on intestinal characteristics and feed passage rate of broiler chickens [J]. *Poultry Science*, 2005, 84(5):734 – 741.
- [ 9 ] LEE Y K, LIM C Y, TENG W L, et al. Quantitative approach in the study of adhesion of lactic acid bacteria to intestinal cells and their competition with enterobacteria [J]. *Application Environment Microbiology*, 2000, 66(9):3692 – 3697.
- [10] GUERRA N P, BERNARDEZ P F, MENDEZ J, et al. Production of four potentially probiotic lactic acid bacteria and their evaluation as feed additives for weaned piglets [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 134(1/2):89 – 107.
- [11] NOUSIAINEN J, SETÄLÄ J. Lactic acid bacteria as animal probiotics [M]//SALMINEN S, VON WRIGHT A. Lactic acid bacteria. New York: Marcel Dekker Inc., 1993:315 – 356.
- [12] 张永勇. 复合益生菌对断奶仔猪生长性能和血液生化相关指标的影响 [D]. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学, 2007:26 – 27.
- [13] FUJIWARA D, INOUE S, WAKABAYASHI H, et al. The anti-allergic effects of lactic acid bacteria are strain dependent and mediated by effects on both Th1/Th2 cytokine expression and balance [J]. *International Archives of Allergy and Immunology*. 2004, 135(3):205 – 215.
- [14] OUWEHAND A, ISOLAURI E, SALMINEN S, et al. The role of the intestinal microflora for the development of the immune system in early childhood [J]. *European Journal of Nutrition*, 2002, 41(1):32 – 37.
- [15] SEGAWA S, NAKAKIA Y, TAKATA Y, et al. Effect of oral administration of heat-killed *Lactobacillus brevis* SBC8803 on total and ovalbumin-specific immunoglobulin E production through the improvement of Th1/Th2 balance [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 121(1):1 – 10.
- [16] MOHAMADZADEH M, OLSON S, KALINA W V, et al. *Lactobacilli* activate human dendritic cells that skew T cells toward T helper 1 polarization [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(8):1 – 5.
- [17] PETERSEN H H, NIELSEN J P, HEEGAARD P M. Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry [J]. *Veterinarian Research*, 2004, 35(2):163 – 187.
- [18] GRUYS E, TOUSSAINT M J, UPFRAGARIN N, et al. Acute phase reactants, challenge in the near future of animal production and veterinary medicine [J]. *Journal of Zhejiang University Science*, 2005, 6B(10):941 – 947.
- [19] SORENSEN N S, TEGTMEIER C, ANDRESEN L O, et al. The porcine acute phase protein response to acute clinical and subclinical experimental infection with *Streptococcus suis* [J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2006, 113(1/2):157 – 168.
- [20] FRANCISCO C J, BANE D P, WEIGEL R M, et al. The influence of pen density, weaning age, and feeder space on serum haptoglobin concentration in young growing swine [J]. *Journal of Swine Health and Production*, 1996, 4(2):67 – 71.
- [21] LIPPERHEIDE C, DIEPERS N, LAMPREAVE F, et al. Nephelometric determination of haptoglobin plasma concentrations in fattening pigs [J]. *Journal of Veterinary Medicine*, 1998, 45(9):543 – 550.
- [22] DICKHÖFER D. Haptoglobin as a screening parameter for respiratory diseases of swine [D]. Ph.D. thesis. Hannover: University of Veterinary Medicine, 2002:42 – 44.
- [23] PIÑEIRO M A, GYMNICH S B, KNURA S B, et al. Meat juice: an alternative matrix for assessing animal health by measuring acute phase proteins. Correlations of pig-MAP and haptoglobin concentrations in pig meat juice and plasma [J]. *Research in Veterinary Science*, 2009, 87(2):273 – 276.
- [24] Witten I. Ways of evaluating the health status of slaughter pigs and its effect on the storage life of pork

by using haptoglobin analysis [D]. Ph. D. thesis. Hannover; University of Veterinary Medicine, 2005; 63–65.

[25] PETERSEN H H, DIDERIKSEN D, CHRISTIANSEN B M, et al. Serum haptoglobin concentration as a marker of clinical signs in finishing pigs[J]. Veteri-

nary Record, 2002, 151(3): 85–89.

[26] ECKERSALL P D, DUTHIE S, TOUSSAINT M J, et al. Standardization of diagnostic assays for animal acute phase proteins [J]. Advances in Veterinary Medicine, 1999, 41:643–655.

## Effect of Dietary *Lactobacillus reuteri* from Swine on Growth Performance and Serum Indices of Weaned Piglets

ZHANG Dongyan JI Haifeng\* WANG Jing WANG Sixin LIU Hui  
SHAN Dacong LIU Pingping WANG Yamin

(Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the effects of supplementation of freeze-dried *Lactobacillus reuteri* on growth performance and serum indices of weaned piglets. Sixty-four crossbred (Duroc × Landrace × Large White) weaned piglets with average body weight of (16.57 ± 0.23) kg were selected and randomly distributed into four groups with four replicates per group and four pigs per replicate comprising of control (basal diet), and 0.25%, 0.50%, and 0.75% freeze-dried *Lactobacillus reuteri* supplementation groups. The experiment lasted for 30 d. The results showed that: 1) compared with the control group, the average daily gain in 0.50% and 0.75% *Lactobacillus reuteri* groups were significantly increased by 7.56% ( $P < 0.05$ ) and 20.07% ( $P < 0.05$ ), respectively, and the feed/gain were decreased by 1.96% ( $P > 0.05$ ) and 14.90% ( $P < 0.05$ ), respectively; 2) the *Lactobacillus reuteri* supplementation could significantly decrease the albumin/globulin ( $P < 0.01$ ) in serum compared with the control group, and also significantly increase the serum IFN- $\gamma$  content ( $P < 0.01$ ); 3) compared with the control group, the haptoglobin contents in 0.50% and 0.75% *Lactobacillus reuteri* groups were significantly decreased by 8.79% ( $P < 0.05$ ) and 9.34% ( $P < 0.05$ ), respectively. In conclusion, *Lactobacillus reuteri* supplementation could improve the immune ability of weaned piglets, and the obvious promotion on growth performance could be obtained in adequate amounts of supplementation. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(9):1553-1559]

**Key words:** *Lactobacillus reuteri* from swine; weaned piglets; growth performance; serum indices