

# 复合菌制剂对断奶仔猪生长性能、粪便微生物和血清指标的影响

董晓丽<sup>1</sup> 张乃锋<sup>1</sup> 周盟<sup>1,2</sup> 屠焰<sup>1</sup> 刁其玉<sup>1\*</sup>

(1. 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;

2. 新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本试验旨在探讨饲料中添加复合菌制剂对断奶仔猪生长性能、粪便微生物和血清指标的影响。试验选用 96 头 35~37 日龄的断奶仔猪(长×大), 平均体重为(9.70±0.88) kg, 将其分为 3 组, 每组 4 个重复, 每个重复 8 头仔猪。3 个组分别饲喂不含抗生素和益生菌的基础饲料(对照组), 基础饲料中添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂的试验饲料(复合菌组)和基础饲料中添加吉他霉素的试验饲料(抗生素组)。试验期 35 d。结果表明: 1) 整个试验期, 饲料中添加复合菌制剂对断奶仔猪生长性能无显著影响( $P>0.05$ )。2) 试验第 35 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪粪便大肠杆菌的数量显著低于对照组和抗生素组( $P<0.05$ )。3) 试验第 14 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪血清球蛋白含量显著高于对照组( $P<0.05$ ), 而血清白蛋白/球蛋白显著低于对照组( $P<0.05$ ); 试验第 35 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪血清球蛋白含量显著高于抗生素组( $P<0.05$ ), 但是血清白蛋白/球蛋白显著低于抗生素组( $P<0.05$ ); 整个试验期, 不同组间血清白蛋白、尿素氮、肌酸酐含量及碱性磷酸酶活性均无显著差异( $P>0.05$ )。4) 试验第 14 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪血清免疫球蛋白 M 含量显著高于对照组( $P<0.05$ ); 试验第 35 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪血清免疫球蛋白 A 含量显著高于抗生素组( $P<0.05$ )。由此可知, 饲料中添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂能降低断奶仔猪粪便中大肠杆菌的数量, 增强断奶仔猪免疫力。

**关键词:** 复合菌制剂; 断奶仔猪; 生长性能; 粪便微生物; 血清指标

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)06-1285-08

仔猪断奶是养猪生产中的重要环节。断奶期间仔猪因环境、营养的变化而受到应激影响, 可能改变肠道微生态平衡并致使病原菌在肠道增殖, 从而影响仔猪的健康和生长。抗生素常用来促进动物生长及防止应激、疾病和其他因素引起的经济损失。然而, 长期在饲料中添加抗生素可引起一系列的负面影响, 使越来越多的消费者和生产者意识到寻求新的替代品的迫切性<sup>[1]</sup>。益生菌作为抗生素的替代品倍受关注<sup>[2]</sup>。研究报道, 饲喂

乳酸菌复合物能够提高断奶仔猪生长性能和免疫力<sup>[3-4]</sup>。辛娜等<sup>[5]</sup>报道饲喂地衣芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌复合制剂可以优化胃肠道环境, 促进断奶仔猪健康。然而, 目前国内关于地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂对断奶仔猪的影响还未见报道。为此, 本试验选用地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂, 旨在研究其对断奶仔猪生长性能、粪便微生物和血清指标的影响, 为复合菌制剂的应用提供科学

收稿日期: 2012-12-03

基金项目: 农业部引进国际先进农业科学技术重点项目“低碳氮排放的饲料高效利用技术引进与研发”(2011-G7); 现代农业产业技术体系北京市创新团队专项资金

作者简介: 董晓丽(1983—), 女, 山东栖霞人, 博士研究生, 从事动物营养与微生态制剂的研究。E-mail: dongxl33@163.com

\* 通讯作者: 刁其玉, 研究员, 博士生导师, E-mail: diaoqiuyu@mail.caas.net.cn

依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

复合菌制剂:包含地衣芽孢杆菌( $\geq 1 \times 10^7$  CFU/g)、枯草芽孢杆菌( $\geq 1 \times 10^7$  CFU/g)、植物乳杆菌( $\geq 1 \times 10^8$  CFU/g),所用菌粉由韩国国立畜产科学院提供。吉他霉素预混剂:每 1 kg 本品中含吉他霉素 500 g (10 000 万单位)。

### 1.2 试验设计

试验选用“长×大”二元杂交健康仔猪 96 头, 35~37 日龄断奶,平均体重为(9.7±0.88) kg。按组间体重、性别比例一致的原则,将仔猪分成 3 组,每组 4 个重复(4 栏),每个重复 8 头仔猪(4 公,4 母)。对照组(CT)饲喂基础饲粮,抗生素组(AT)饲喂在每千克基础饲粮中添加 50 mg 吉他霉素预混剂的试验饲粮,复合菌组(PT)饲喂在每千克基础饲粮中添加 2 g 复合菌制剂的试验饲粮。试验期 35 d,从仔猪断奶当天(0 d)到试验第 14 天为第 1 阶段,试验第 15 天到第 35 天为第 2 阶段。

参照 NRC(1998)仔猪回肠表观可消化氨基酸模式配制玉米-豆粕型基础饲粮,其基础饲粮组成及营养水平见表 1。

### 1.3 饲养管理

试验在北京市大兴种猪场完成,仔猪饲养栏舍为封闭、漏缝地板式猪舍。仔猪自由采食和饮水,免疫和驱虫程序按照猪场饲养管理程序进行。

### 1.4 测定指标和方法

#### 1.4.1 生长性能测定

试验每天准确记录每栏仔猪的喂料量与余料量,计算每头仔猪各个阶段及全期的平均日采食量(ADFI);仔猪分别于试验第 14 天和第 35 天称重(08:00,空腹),计算各个阶段及全期的平均日增重(ADG);根据仔猪各个阶段及全期的平均日采食量和平均日增重计算料重比(F/G)。

#### 1.4.2 直肠粪便微生物数量测定

采用平板计数法检测直肠粪便微生物菌群数量。于试验第 14 天和第 35 天(即每个阶段结束时)早上,从每栏(即每个重复)随机选取 1 头仔猪,在无菌条件下用小勺取直肠粪便样品冷藏,并立刻带回实验室进行检测。在无菌操作台内称取 1.0 g 粪样与 9 mL 灭菌生理盐水配制成 1:10 稀

释液(即配制成 $10^{-1}$ 稀释液),振荡 3~5 min,用微量移液器准确吸取该稀释液 1 mL 至装有 9 mL 灭菌稀释液试管中,用涡旋振荡器振荡 1~2 min,配制成 $10^{-2}$ 稀释液,再依次进行 $10^{-3}$ ~ $10^{-7}$ 稀释。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	54.50
豆粕 Soybean meal	22.00
乳清粉 Whey powder	9.00
膨化大豆 Extruded soybean	4.00
鱼粉 Fish meal	5.00
豆油 Soybean oil	2.00
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.00
食盐 NaCl	0.30
石粉 Limestone	0.90
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys·HCl	0.15
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.15
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	
消化能 DE/(MJ/kg)	14.90
粗蛋白质 CP	19.70
赖氨酸 Lys	1.40
蛋氨酸 Met	0.56
钙 Ca	0.89
总磷 TP	0.57

<sup>1)</sup>预混料为每千克饲粮提供 Premix provides the following per kg of the diet: VA 5 512 IU, VD 640 IU, VK<sub>3</sub> 2.2 IU, VE 20 IU, VB<sub>1</sub> 1.5 mg, VB<sub>2</sub> 5.5 mg, VB<sub>6</sub> 2.2 mg, VB<sub>12</sub> 27.6 μg, D-泛酸 D-pantothenic acid 14.8 mg, 烟酸 niacin 30.3 mg, 生物素 biotin 0.05 mg, 胆碱 choline 500 mg, Cu 50 mg, Fe 100 mg, Mn 10 mg, Zn 50 mg, I 0.85 mg, Se 0.25 mg。

<sup>2)</sup>营养水平均为实测值。Nutrient levels are all measured values.

将直肠粪样的稀释液接种于相应的选择性培养基中(乳酸菌用 MRS 培养基;大肠杆菌用麦康凯培养基)。大肠杆菌在 37℃ 有氧培养 20 h,乳酸菌在 37℃ 有氧培养 36 h。每个稀释梯度重复 3 次,最后取 3 次计数的平均值。粪便微生物的数量用 lg(CFU/g)(每克肠道内容物中含菌落总数的对数)表示<sup>[6]</sup>。

### 1.4.3 血清生化相关指标及免疫相关指标测定

试验第14天和第35天,每个重复随机选取1头仔猪于前腔静脉采血10 mL,3 000 r/min离心20 min,分离血清,-20 ℃保存,用来测定血清总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、尿素氮(UN)、肌酐(Cr)含量和碱性磷酸酶(ALP)活性(由北京益德益华科技发展有限公司检测)。

免疫相关指标包括血清免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白A(IgA)和免疫球蛋白M(IgM)含量,应用猪免疫球蛋白酶联免疫反应试剂盒进行检测。

### 1.5 统计方法

试验所得数据采用SAS 8.0统计软件one-way ANOVA进行分析,差异显著性则用Duncan氏法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性

判断标准。

## 2 结果

### 2.1 复合菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响

从表2可知,整个试验期,饲料中添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂对仔猪平均日采食量影响不显著( $P > 0.05$ )。不同组仔猪的平均日增重差异不显著( $P > 0.05$ ),但是与对照组和抗生素组相比,饲喂复合菌制剂的仔猪平均日增重分别提高了3.76%和5.17%。整个试验期不同组仔猪的料重比差异不显著( $P > 0.05$ ),但饲喂复合菌制剂的仔猪料重比较对照组和抗生素组分别降低了5.88%和1.68%。

表2 复合菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of complex-probiotics on growth performance of weaner piglets

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照组 CT	复合菌组 PT	抗生素组 AT		
始重 Initial weight/kg	9.77	9.64	9.57	0.28	0.96
0~14 d					
平均日采食量 ADFI/g	779.06	713.24	697.09	26.64	0.45
平均日增重 ADG/g	439.81	463.65	441.25	23.68	0.92
料重比 F/G	1.79	1.57	1.60	0.06	0.37
15~35 d					
平均日采食量 ADFI/g	1 176.57	1 171.03	1 130.33	30.61	0.83
平均日增重 ADG/g	616.43	635.12	603.69	14.04	0.70
料重比 F/G	1.91	1.89	1.84	0.05	0.84
0~35 d					
平均日采食量 ADFI/g	1 032.02	1 004.56	972.79	26.85	0.71
平均日增重 ADG/g	548.90	569.56	541.58	12.18	0.67
料重比 F/G	1.87	1.76	1.79	0.03	0.41

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ),不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 复合菌制剂对断奶仔猪粪便微生物菌群的影响

复合菌制剂对断奶仔猪粪便微生物菌群的影响见表3。与对照组和抗生素组相比,饲料中添加复合菌制剂对仔猪粪便乳酸菌的数量无显著性影响( $P > 0.05$ )。试验第14天,不同组仔猪粪便大肠杆菌的数量无显著差异( $P > 0.05$ ),但是试验第35天,饲喂复合菌制剂的仔猪粪便大肠杆菌的数

量显著低于对照组和抗生素组( $P < 0.05$ )。

### 2.3 复合菌制剂对断奶仔猪血清指标的影响

表4为复合菌制剂对断奶仔猪血清生化指标的影响。试验第14天,饲喂复合菌制剂的仔猪血清球蛋白含量显著高于对照组( $P < 0.05$ ),但是与抗生素组差异不显著( $P > 0.05$ );复合菌组的仔猪血清白蛋白/球蛋白显著低于对照组( $P < 0.05$ )。试验第35天,饲喂复合菌制剂的仔猪血清球蛋白

含量显著高于抗生素组 ( $P < 0.05$ ), 但是白蛋白/球蛋白显著低于抗生素组 ( $P < 0.05$ )。整个试验期, 不同组仔猪的血清总蛋白含量差异不显著

( $P > 0.05$ )。其他血清生化指标, 如白蛋白、尿素氮、肌酸酐含量及碱性磷酸酶活性不同组间均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 复合菌制剂对断奶仔猪粪便微生物菌群的影响

Table 3 Effects of complex-probiotics on fecal microflora of weaner piglets

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照组 CT	复合菌组 PT	抗生素组 AT		
乳酸菌 <i>Lactobacillus</i>					
14 d	7.78	8.80	8.42	0.11	0.17
35 d	9.42	8.83	9.22	0.20	0.55
大肠杆菌 <i>E. coli</i>					
14 d	7.19	6.67	6.98	0.27	0.78
35 d	7.18 <sup>a</sup>	6.32 <sup>b</sup>	7.37 <sup>a</sup>	0.18	0.04

表 4 复合菌制剂对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 4 Effects of complex-probiotics on serum biochemical parameters of weaner piglets

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照组 CT	复合菌组 PT	抗生素组 AT		
总蛋白 TP/(g/L)					
14 d	38.13	46.38	37.55	2.13	0.16
35 d	53.30	51.31	42.58	2.28	0.12
白蛋白 ALB/(g/L)					
14 d	28.21	25.30	23.63	1.02	0.19
35 d	26.46	27.27	28.76	0.79	0.78
球蛋白 GLB/(g/L)					
14 d	10.29 <sup>b</sup>	21.08 <sup>a</sup>	13.92 <sup>ab</sup>	1.94	0.03
35 d	26.84 <sup>a</sup>	24.05 <sup>a</sup>	13.82 <sup>b</sup>	2.22	0.02
白蛋白/球蛋白 ALB/GLB					
14 d	2.87 <sup>a</sup>	1.26 <sup>b</sup>	1.83 <sup>b</sup>	0.27	0.01
35 d	1.02 <sup>b</sup>	1.20 <sup>b</sup>	2.09 <sup>a</sup>	0.15	0.00
尿素氮 UN/(mmol/L)					
14 d	5.21	4.76	5.01	0.21	0.70
35 d	4.47	4.89	4.93	0.15	0.41
肌酸酐 Cr/( $\mu$ mol/L)					
14 d	61.12	67.10	65.84	1.46	0.20
35 d	71.14	70.43	70.04	1.16	0.94
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)					
14 d	78.22	76.73	75.70	1.56	0.85
35 d	76.09	71.22	74.93	1.20	0.24

复合菌制剂对断奶仔猪血清免疫指标的影响见表 5。可以看出, 试验第 14 天, 饲料中添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂的仔猪血清 IgM 含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 但与抗生素组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。试

验第 35 天, 饲喂复合菌制剂的仔猪血清 IgA 含量显著高于抗生素组 ( $P < 0.05$ ), 但与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。然而, 不同组间仔猪血清 IgG 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表5 复合菌制剂对断奶仔猪血清免疫指标的影响

Table 5 Effects of complex-probiotics on serum immune parameters of weaner piglets

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照组 CT	复合菌组 PT	抗生素组 AT		
免疫球蛋白 M IgM					
14 d	87.95 <sup>b</sup>	103.69 <sup>a</sup>	114.52 <sup>a</sup>	3.90	0.00
35 d	87.58	107.20	97.27	4.06	0.14
免疫球蛋白 G IgG					
14 d	388.71	383.74	373.81	17.70	0.95
35 d	350.84	406.17	368.45	13.27	0.25
免疫球蛋白 A IgA					
14 d	53.51	54.56	53.56	0.70	0.84
35 d	54.75 <sup>ab</sup>	59.57 <sup>a</sup>	42.31 <sup>b</sup>	3.00	0.03

### 3 讨论

#### 3.1 复合菌制剂对断奶仔猪生长性能的影响

目前,国内外有关益生菌对断奶仔猪生长性能的影响报道很多,从最初的单一菌种发展到现在的复合菌,其作用效果主要是从动物生长性能、维持肠道微生态平衡、缓解应激、改善畜舍环境及畜产品品质等方面研究。然而不同菌种益生菌的作用效果是不同的,一些菌株对宿主的益生效果更明显。Ross等<sup>[7]</sup>发现饲料中添加淀粉乳杆菌和粪肠球菌可显著降低饲料采食量和改善饲料利用效率。Huang等<sup>[8]</sup>报道饲料中添加乳酸菌复合物能够显著提高断奶仔猪的平均日增重。刘晓琳等<sup>[9]</sup>给断奶仔猪饲喂地衣芽孢杆菌,结果表明其显著提高了整个试验期的平均日增重。相反,有研究报道断奶仔猪中添加芽孢杆菌对仔猪日增重和料重比均无显著改善<sup>[10]</sup>。王学东等<sup>[11]</sup>研究表明,饲喂仔猪枯草芽孢杆菌有促进仔猪生长的趋势,但未达到显著水平。本试验结果表明,虽然饲料中添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌对断奶仔猪平均日采食量、平均日增重和料重比无显著性影响,但是饲喂复合菌制剂仔猪的平均日增重在一定程度上高于对照组和抗生素组,整个试验期复合菌组仔猪的料重比低于抗生素组和对照组,说明添加复合菌制剂能够改善断奶仔猪饲料利用率。

关于益生菌改善动物生长性能的作用机制尚未完全清楚。不管仔猪是否早期断奶,断奶期间均受到各种应激的影响,如饲料、管理和环境等改变。断奶后仔猪饲料从母乳转向固体饲料,其能

量来源也由谷物淀粉代替乳脂,这通常会导致仔猪食欲差、能量摄取减少、饲料利用率低和腹泻等,从而影响仔猪肠道微生态平衡<sup>[12]</sup>。仔猪饲料中添加复合菌制剂能够调节肠道微生物的平衡,促进营养物质的消化吸收,减缓仔猪断奶应激<sup>[13]</sup>。据报道,芽孢杆菌在动物肠道内生长繁殖,能产生多种营养物质,并向肠道内释放各种酶和维生素<sup>[7]</sup>,产生的酶主要包括 $\alpha$ -淀粉酶、阿拉伯糖酶、纤维素酶、葡聚糖酶、果聚糖酶、麦芽糖酶、碱性蛋白酶、中性蛋白酶和 $\beta$ -葡聚糖酶<sup>[14-15]</sup>,细菌酶能提高肠道能量、蛋白质和脂肪的水解作用和利用效率<sup>[16]</sup>。乳酸杆菌在生长过程中向小肠内释放多种酶和维生素,并能黏附和定植在肠道上皮细胞后形成保护膜抵抗病原微生物,并能调节上皮淋巴细胞的免疫功能<sup>[3]</sup>。

另外,由于欧盟等一些国家相继禁止饲料中添加抗生素,所以很难开展试验研究复合菌制剂替代抗生素对断奶仔猪的影响效果。而本试验抗生素组作为阳性对照,为饲料中添加复合菌制剂与抗生素的对比结果提供了理论依据。本试验之所以选择吉他霉素作为抗生素,是因为其具有防止肠道疾病、提高饲料转化率和促进生长等功效<sup>[17]</sup>。徐勇本等<sup>[18]</sup>报道,断奶仔猪饲料中添加吉他霉素在预防腹泻、促进生长等改善和提高生产性能方面作用显著。另外,吉他霉素是我国农业部《饲料药物添加剂使用规范》I类药物中允许使用的大环内酯类抗生素。从本试验结果可以看出,添加复合菌制剂的仔猪料重比要低于抗生素组,从而更加证实了饲料中添加复合菌制剂具有改善仔猪饲料利用率的作用。

### 3.2 复合菌制剂对断奶仔猪粪便微生物菌群的影响

仔猪断奶期间受到各种应激影响。在应激条件下,肠道乳酸菌的数量减少,而肠杆菌的数量增加<sup>[19]</sup>。当正常肠道微生物紊乱后,肠道菌成为潜在病原菌影响仔猪健康<sup>[20]</sup>。大肠杆菌是仔猪断奶后引起腹泻的主要病原菌<sup>[21]</sup>。很多研究证实,饲料中添加益生菌后能够减缓仔猪腹泻,降低粪便中大肠杆菌的数量。Bon等<sup>[22]</sup>报道,饲料中添加酿酒酵母和乳酸片球菌可显著减少粪便中大肠杆菌的数量。研究表明,仔猪饲喂噬淀粉乳杆菌和尿肠球菌复合菌后,从试验第2周开始粪便中大肠杆菌的数量显著下降<sup>[7]</sup>。本试验中,饲料中添加复合菌制剂35 d后显著降低了仔猪粪便大肠杆菌的数量,表明饲料中添加复合菌起到了抑制宿主大肠杆菌的生长和繁殖的作用。本试验使用的复合菌制剂主要含有地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌,其中地衣芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌为需氧菌,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,可抑制有害菌的生长。同时,植物乳杆菌在生长过程中产生的乳酸能降低肠道内容物的pH,并能抑制沙门或肠杆菌之类的病原菌侵蚀<sup>[23]</sup>。本试验饲料中添加吉他霉素的仔猪粪便中大肠杆菌数量未受到影响,其原因可能是吉他霉素主要作用于革兰氏阳性菌,抑制葡萄球菌、链球菌等的生长。而大肠杆菌作为革兰氏阴性菌,吉他霉素对其抑制生长作用不明显<sup>[17]</sup>。

### 3.3 复合菌制剂对断奶仔猪血清指标的影响

动物机体的代谢过程是一个动态平衡的变化过程,血液中的许多生理生化参数受生长发育阶段、饲料营养水平和自身内分泌状况等因素的影响,因而它们可以作为反映机体生理状况的良好指标。而血液生化指标是反映动物体内物质代谢和某些组织器官机能变化的重要特征,也可反映动物体内营养物质的沉积情况<sup>[24]</sup>。血清总蛋白是由白蛋白和球蛋白组成,是血清固体成分中含量最多的一类物质,具有维持血管内胶体正常渗透压和酸碱度、运输多种代谢物的功能<sup>[25]</sup>。血清球蛋白占血清总蛋白的比例较大,主要由单核巨噬细胞系统产生,当机体循环抗体水平升高时,血清球蛋白数量也增加,其能与外来的特异性抗原起

免疫反应而保护机体,其含量的高低在一定程度上反映了动物的免疫水平及生理状况,它的含量升高也可引起总蛋白含量上升<sup>[26]</sup>。白蛋白/球蛋白可反映脾脏免疫功能状况,同时也是衡量机体免疫水平的一项指标。白蛋白/球蛋白的下降说明机体提升了特异性免疫应答水平,增强了抗病力。本试验中,试验第14天,饲料中添加复合菌制剂显著提高了仔猪血清球蛋白的含量,从而也降低了白蛋白/球蛋白;而试验第35天时,血清球蛋白的含量显著高于抗生素组。结果表明,地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂能增强断奶仔猪的免疫力。

血清免疫球蛋白是体液免疫系统的主要成分<sup>[27]</sup>。IgM是免疫反应最初阶段产生的抗体,然而IgG在系统免疫反应中起着重要作用,是体液免疫反应的主要抗体。IgA是黏膜免疫的主要抗体,其主要功能是在非特异性免疫防护机制的协助下减少病原菌<sup>[28]</sup>。本试验中,试验第14天,复合菌组仔猪血清IgM含量显著高于对照组。可能是因为断奶后前2周仔猪还未适应各种应激的影响,IgM作为免疫反应最初阶段产生的抗体也显著增加,以减缓应激影响。试验第35天,与抗生素组相比,复合菌组仔猪血清IgA含量显著提高。其原因可能是断奶后3~5周,仔猪逐渐适应了周围环境和营养饲料,断奶应激逐渐减缓,肠道微生物趋于稳定<sup>[29]</sup>,IgA在非特异性免疫防护机制的协助下减少病原菌的作用比较显著。以上结果再次证实,添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂提高了断奶仔猪的免疫力。而目前关于吉他霉素对断奶仔猪血清指标的研究报道较少,其作用原因有待于进一步研究。

## 4 结论

① 添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂可以显著降低试验第35天时仔猪粪便中大肠杆菌的数量,间接反映了其能够抑制肠道大肠杆菌的生长和繁殖,维持肠道微生态平衡。

② 添加地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌复合菌制剂可以在一定程度上提高血清IgA和IgM含量,有利于增强断奶仔猪的免疫力。

### 参考文献:

[1] LUTFUL KABIR S M. The role of probiotics in the

- poultry industry[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2009, 10: 3531 – 3546.
- [ 2 ] GRIGGS J P, JACOB J P. Alternatives to antibiotics for organic poultry production[J]. The Journal of Applied Poultry Research, 2005, 14: 750 – 756.
- [ 3 ] YU H F, WANG A N, LI X J, et al. Effect of viable *Lactobacillus fermentum* on the growth performance, nutrient digestibility and immunity of weaned pigs[J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2008, 17: 61 – 69.
- [ 4 ] GIANG H H, VIET T Q, OGLE B, et al. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotics complexes of lactic acid bacteria[J]. Livestock Science, 2010, 129: 95 – 103.
- [ 5 ] 辛娜, 张乃锋, 刁其玉, 等. 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能、胃肠道发育的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(6): 901 – 908.
- [ 6 ] 张旭晖, 王恬, 冀凤杰, 等. 有机酸化剂对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(3): 507 – 514.
- [ 7 ] ROSS G R, GUSILS C, OLISZEWSKI R, et al. Effects of probiotics administration in swine[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2010, 109(6): 545 – 549.
- [ 8 ] HUANG C, QIAO S, LI D, et al. Effects of lactobacilli on the performance, diarrhea incidence, VFA concentration and gastrointestinal microbial flora of weaning pigs[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2004, 17: 401 – 409.
- [ 9 ] 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.
- [ 10 ] 虞泽鹏, 谢启轮, 唐举, 等. 益生菌对断奶仔猪生产性能的影响[J]. 动物科学与动物医学, 2002, 19(3): 49 – 50.
- [ 11 ] 王学东, 芮于明, 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.
- [ 12 ] MCCracken K J, KELLY D. Development of digestive function and nutrition/disease interactions in the weaned pig [ C ]//FARRELL D J. Recent advances in animal nutrition in Australia. Armidale: University of New England, 1993: S182 – S192.
- [ 13 ] DANICKE S, DOLL S. A probiotic feed additive containing spores of *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis* does not prevent absorption and toxic effects of the *Fusarium* toxin deoxynivalenol in piglets[J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48: 152 – 158.
- [ 14 ] HENTGES D J. Gut flora and disease resistance [ M ]//FULLER R. Probiotics: the science basis. London: Chapman & Hall, 1992: 87 – 110.
- [ 15 ] PRIEST F G. Extracellular enzyme synthesis in the genus *Bacillus* [ J ]. Bacteriological Reviews, 1977, 41: 711 – 753.
- [ 16 ] FERNANDES C F, SHAHANI K M, AMER M A. Therapeutic role of dietary *Lactobacilli* and *Lactobacillic* fermented dairy productions[J]. FEMS Microbiology Reviews, 1987, 46: 343 – 356.
- [ 17 ] 穆家顺. 吉他霉素在猪生产中的应用研究[J]. 猪业科学, 2012(6): 46 – 47.
- [ 18 ] 徐勇本, 樊哲炎. 吉他霉素与不同抗生素配伍影响断奶仔猪生产性能的试验[J]. 广东饲料, 2004, 13(3): 23 – 25.
- [ 19 ] FULLER R. Probiotics in man and animals [ J ]. The Journal of Applied Bacteriology, 1989, 66: 365 – 378.
- [ 20 ] CHADWICK R W, GEOGE S E, CLAXTON L D. Role of the gastrointestinal mucosa and microflora in the bioactivation of dietary and environmental mutagens or carcinogens [ J ]. Drug Metabolism Reviews, 1992, 24: 425 – 492.
- [ 21 ] FAIRBROTHER J M, NADEAU E, GYLES C L. *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies [ J ]. Animal Health Research Reviews, 2005, 6(1): 17 – 39.
- [ 22 ] 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: 179 – 181.
- [ 23 ] PARVEZ S, MALIK K A, KONG A, et al. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health [ J ]. Journal of Applied Microbiology, 2006, 100: 1171 – 1185.
- [ 24 ] WANG J P, YOO J S, KIM H J, et al. Nutrient digestibility, blood profiles and fecal microbiota are influenced by chitooligosaccharide supplementation of growing pigs [ J ]. Livestock Science, 2009, 125: 298 – 303.
- [ 25 ] 王建红, 刁其玉, 许先查, 等. 日粮 Lys、Met 和 Thr 添加模式对 0 ~ 2 月龄犊牛生长性能、消化代谢与血清学生化指标的影响 [ J ]. 中国农业科学, 2011, 44(9): 1898 – 1907.
- [ 26 ] 林谦, 戴求仲, 宾石玉, 等. 益生菌与酶制剂对黄羽肉鸡血液生化指标和免疫性能影响的协同效应研究 [ J ]. 饲料工业, 2012, 33(14): 31 – 36.

- [27] WILSON M R, VAN RAVENSTEIN E, MILLER N W, et al. cDNA sequences and organization of IgM heavy chain genes in two holostean fish[J]. *Developmental and Comparative Immunology*, 1995, 19: 153–164.
- [28] SUN P, WANG J Q, ZHANG H T. Effects of *Bacillus subtilis natto* on performance and immune function of preweaning calves [J]. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93: 5851–5855.
- [29] JENSEN B B. The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs [J]. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 1998(7): 45–64.

## Effects of Complex-Probiotics on Growth Performance, Fecal Microbiota and Serum Profiles in Weaner Piglets

DONG Xiaoli<sup>1</sup> ZHANG Naifeng<sup>1</sup> ZHOU Meng<sup>1,2</sup> TU Yan<sup>1</sup> DIAO Qiyu<sup>1\*</sup>

(1. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*; 2. *College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumchi 830052, China*)

**Abstract:** This study was conducted to evaluate the effects of complex-probiotics supplementation on growth performance, fecal microbiota and serum profiles of weaner piglets. Ninety-six (48 females and 48 males) piglets (Large White × Landrace) weaned at 35 to 37 days of age [the average body weight was (9.70 ± 0.88) kg] were selected and divided into 3 groups with 4 replicates per group and 8 piglets per replicate. The piglets in each group were fed one of 3 diets: a basal diet without antibiotics and probiotics (control), the basal diet supplemented with complex-probiotics (including *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum*, probiotics group) or the basal diet supplemented with kitasamycin (antibiotic group). The trial lasted for 35 days. The results showed as follows: 1) during the whole experiment period, no differences among three groups in average daily feed intake (ADFI) and average daily gain (ADG) were detected ( $P > 0.05$ ). 2) On day 35, the number of *E. coli* in feces of the piglets fed the diets supplemented with complex-probiotics was significantly lower than that fed the other diets ( $P < 0.05$ ). 3) On day 14, compared with the control group, the supplementation of complex-probiotics significantly increased serum albumin content ( $P < 0.05$ ), but significantly decreased the ratio of albumin to globulin in serum ( $P < 0.05$ ). On day 35, compared with antibiotic group, serum globulin content of piglets fed the diets supplemented with complex-probiotics was significantly increased ( $P < 0.05$ ) and the ratio of albumin to globulin in serum was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). During the whole experiment period, the contents of albumin, urea nitrogen and creatinine, and the activity of alkaline phosphatase in serum were unaffected by the supplementation of complex-probiotics ( $P > 0.05$ ). 4) On day 14, the supplementation of complex-probiotics significantly increased serum IgM content compared with the control group ( $P < 0.05$ ). On day 35, the supplementation of complex-probiotics significantly increased serum IgA content compared with antibiotic group ( $P < 0.05$ ). These results suggest that complex-probiotics supplementation of *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum* decreases the number of *E. coli* in feces and enhances immune responses in piglets. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(6): 1285-1292]

**Key words:** complex-probiotics; weaner piglets; growth performance; fecal microbiota; serum profiles