

# 饲料中添加屎肠球菌对断奶仔猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响

王永 杨维仁\* 张桂国

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加屎肠球菌对断奶仔猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响。选用255头(35±1)日龄断奶的“杜×长×大”三元杂交仔猪,随机分为5个组,每个组3个重复,每个重复17头仔猪。对照组饲喂基础饲料(不添加抗生素和屎肠球菌);抗生素组在基础饲料中添加8 mg/kg 黄霉素和90 mg/kg 阿散酸;屎肠球菌3个试验组在基础饲料中分别添加100、300、500 mg/kg 屎肠球菌。试验期为35 d。结果表明:1)与对照组相比,饲料中添加屎肠球菌对仔猪平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)、料重比(F/G)没有显著影响( $P > 0.05$ ),但添加100、300 mg/kg 的屎肠球菌有提高仔猪ADFI的趋势( $P > 0.05$ ),添加500 mg/kg 的屎肠球菌有降低仔猪F/G的趋势( $P > 0.05$ )。与抗生素组相比,饲料中添加屎肠球菌对仔猪ADG、ADFI、F/G均无显著影响( $P > 0.05$ )。2)与对照组相比,饲料中添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著增加仔猪盲肠中乳酸杆菌的数量( $P < 0.05$ );与抗生素组相比,饲料中添加100、300、500 mg/kg 的屎肠球菌对其数量没有显著影响( $P > 0.05$ )。与对照组相比,饲料中添加500 mg/kg 的屎肠球菌显著降低仔猪结肠中大肠杆菌的数量( $P < 0.05$ ),添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著增加仔猪结肠中乳酸杆菌数量( $P < 0.05$ );与抗生素组相比,饲料中添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著增加仔猪结肠中乳酸杆菌数量( $P < 0.05$ )。3)与对照组相比,饲料中添加300 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪脾脏重量和脾脏指数( $P < 0.05$ )。与抗生素组相比,饲料中添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌可显著提高仔猪脾脏重量( $P < 0.05$ )。4)与对照组相比,饲料中添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血液中淋巴细胞数量及淋巴细胞比率( $P < 0.05$ ),添加100、300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高血清中免疫球蛋白G(IgG)含量( $P < 0.05$ ),添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高血清中免疫球蛋白M(IgM)含量( $P < 0.05$ )。与抗生素组相比,饲料中添加300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血液中淋巴细胞比率及血清中IgM含量( $P < 0.05$ ),添加100、300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高血清中IgG含量( $P < 0.05$ )。综上所述,仔猪饲料中添加屎肠球菌可以改善仔猪生长性能,维持仔猪肠道菌群平衡,有效增强仔猪免疫力,其中以添加500 mg/kg 效果最好。

**关键词:** 断奶仔猪;屎肠球菌;生长性能;肠道菌群;免疫功能

**中图分类号:** S828

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2013)05-1069-08

微生态制剂作为一种新兴的饲料添加剂近10年来发展很快<sup>[1]</sup>。有研究表明,微生态制剂可以改善仔猪生长性能,防止仔猪腹泻,提高仔猪免疫

力<sup>[2-3]</sup>。屎肠球菌作为新选育出的菌种,具有优良的生物学特性,可以在肠道中迅速形成优势菌群,通过生物夺氧、生物拮抗,增加有益菌数量,抑制

收稿日期:2012-11-02

基金项目:山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队建设项目

作者简介:王永(1988—),男,山东临沂人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: wy881206@163.com

\* 通讯作者:杨维仁,教授,博士生导师,E-mail: wryang@sdau.edu.cn

有害微生物的繁殖,增强机体免疫功能,促进营养物质消化吸收,达到提高生长性能,促进动物健康生长的目的<sup>[4]</sup>。本试验以微囊化包被的尿肠球菌为研究对象,探讨不同添加水平的尿肠球菌对断奶仔猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响,为尿肠球菌在断奶仔猪上的综合应用提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

尿肠球菌:新型尿肠球菌微胶囊制剂(尿肠球菌 B-1)(活菌数 $\geq 2 \times 10^{10}$  CFU/g),由国家粮食局科学研究院提供。尿肠球菌使用 1.5% 海藻酸钠经由 Equil 微胶囊发生器进行微胶囊包被。

抗生素:黄霉素、阿散酸,购于山东鲁抗医药股份有限公司。

### 1.2 试验设计与饲粮

试验采用单因子随机区组设计,选取 255 头初始体重为 $(9.86 \pm 1.02)$  kg 的 $(35 \pm 1)$  日龄断奶“杜 $\times$ 长 $\times$ 大”三元杂交仔猪,随机分成 5 个组,每个组 3 个重复,每个重复 17 头仔猪。对照组饲喂基础饲粮(不添加抗生素和尿肠球菌);抗生素组在基础饲粮中添加 8 mg/kg 黄霉素和 90 mg/kg 阿散酸(美国食品和药物管理局推荐用量);尿肠球菌 3 个试验组在基础饲粮中分别添加 100、300、500 mg/kg 尿肠球菌。参照 NRC(1998) 配制基础饲粮,基础饲粮组成及营养水平见表 1。

### 1.3 饲养管理

饲养试验猪只均在同一舍内饲养,饲粮为粉料。仔猪断奶后转入保育舍,34 日龄前饲喂过渡饲粮(乳猪料),35 日龄开始正式试验,饲喂试验饲粮,试验期间自由采食和饮水。试验期为 35 d。

### 1.4 测定指标与方法

#### 1.4.1 生长性能的测定

试验于开始和结束时,仔猪空腹称重,记录初重和末重,计算每头仔猪的平均日增重(ADG);准确记录每个重复中仔猪的投料量和余料量,计算每头仔猪的平均日采食量(ADFI);根据 ADFI 和 ADG 计算料重比(F/G)。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

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	62.20	
豆粕 Soybean meal	24.50	
麦麸 Wheat bran	5.00	
鱼粉 Fish meal	3.00	
豆油 Soybean oil	1.00	
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	0.88	
石粉 Limestone	1.40	
食盐 NaCl	0.26	
赖氨酸 Lys	0.46	
蛋氨酸 Met	0.15	
苏氨酸 Thr	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)	13.71	
粗蛋白质 CP	19.37	
钙 Ca	0.91	
总磷 TP	0.60	
赖氨酸 Lys	1.39	
蛋氨酸 Met	0.47	
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.77	
苏氨酸 Thr	0.90	
色氨酸 Try	0.23	

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: Cu (as copper sulfate) 10 mg, Mn (as manganese sulfate) 40 mg, Zn (as zinc sulfate) 80 mg, Fe (as ferrous sulfate) 72 mg, I (as potassium iodide) 0.40 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg, 抗氧化剂 antioxidant 100 mg, VA 8 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 600 IU, VE 24 mg, VK<sub>3</sub> 0.8 mg, VB<sub>1</sub> 1.6 mg, VB<sub>2</sub> 4 mg, VB<sub>7</sub> 0.20 mg, VB<sub>11</sub> 1.1 mg, VB<sub>12</sub> 16  $\mu\text{g}$ , 泛酸 pantothenic acid 12 mg, 烟酸 nicotinic acid 50 mg。

<sup>2)</sup> 计算值 Calculated value。

#### 1.4.2 肠道菌群数量的测定

试验结束当天,每组随机选取 4 头体重相近的健康仔猪屠宰,解剖,共计 20 头。分别截取结肠、盲肠肠段,于肠段两端双线结扎,低温保存送往实验室,立即进行大肠杆菌、乳酸杆菌数量的测定。用 1 g 肠道内容物中细菌数量的对数 [ $\lg(\text{CFU/g})$ ] 表示。

### 1.4.3 免疫器官的测定

试验结束当天,每组随机选取4头体重相近的健康仔猪屠宰,取出脾脏、肝脏称重,并计算免疫器官指数。

$$\text{免疫器官指数 (g/kg)} = \frac{\text{免疫器官重量 (g)}}{\text{活体重 (kg)}}$$

### 1.4.4 血液免疫指标的测定

试验结束当天,每组随机选取4头体重相近的健康仔猪,前腔静脉采血后屠宰,3 000 r/min离心5 min,获取仔猪血清。

血常规指标:采用XFA-9500血常规分析仪测定血液中白细胞、淋巴细胞数量,计算淋巴细胞比率。

血清免疫指标:采用免疫比浊法测定血清中免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白(IgM)的含量,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。所用仪器为日立7150型全自动生化分析仪。

## 1.5 数据统计处理

数据采用SAS 9.1.3软件进行统计学处理,方差分析使用one-way ANOVA,多重比较采用

Duncan氏法,显著性水平为 $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 屎肠球菌对断奶仔猪生长性能的影响

由表2可知,与对照组相比,饲料中添加100、300、500 mg/kg屎肠球菌仔猪ADG、ADFI、F/G均无显著差异( $P > 0.05$ );添加100、300 mg/kg的屎肠球菌有提高仔猪ADFI的趋势( $P > 0.05$ ),分别提高了0.93%、1.63%,添加500 mg/kg的屎肠球菌仔猪ADFI有所降低( $P > 0.05$ );添加抗生素、300、500 mg/kg的屎肠球菌均有提高仔猪ADG的趋势( $P > 0.05$ ),分别提高了3.56%、0.82%和2.63%;添加抗生素和500 mg/kg的屎肠球菌有降低仔猪F/G的趋势( $P > 0.05$ ),分别降低了3.01%和2.46%。与抗生素组相比,饲料中添加100、300、500 mg/kg的屎肠球菌仔猪ADG、ADFI、F/G均无显著差异( $P > 0.05$ )。抗生素组与对照组相比,有提高仔猪ADFI的趋势( $P > 0.05$ ),提高了0.57%。

表2 屎肠球菌对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of *Enterococcus faecium* on growth performance of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	屎肠球菌添加水平			SEM	P值 P-value
			<i>Enterococcus faecium</i> supplemental level/(mg/kg)				
			100	300	500		
初重 Initial weight/kg	10.01	9.80	9.82	10.65	9.03	0.17	0.469
末重 Final weight/kg	26.13	26.49	25.75	26.90	25.57	0.17	0.523
平均日增重 ADG/g	460.37	476.75	455.17	464.13	472.46	1.93	0.070
平均日采食 ADFI/g	931.67	937.01	940.37	946.86	930.95	7.06	0.090
料重比 F/G	2.03	1.97	2.07	2.04	1.98	0.02	0.090

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

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

### 2.2 屎肠球菌对断奶仔猪肠道菌群数量的影响

由表3可知,与对照组相比,饲料中添加100、300、500 mg/kg的屎肠球菌和抗生素均不影响仔猪盲肠中大肠杆菌的数量( $P > 0.05$ );添加300和500 mg/kg的屎肠球菌显著增加仔猪盲肠中乳酸菌的数量( $P < 0.05$ ),分别增加了15.83%、14.20%。与抗生素组相比,饲料中添加100、300、

500 mg/kg的屎肠球菌对仔猪盲肠中乳酸杆菌和大肠杆菌的数量均没有显著影响( $P > 0.05$ )。

与对照组相比,饲料中添加500 mg/kg的屎肠球菌和抗生素显著降低仔猪结肠中大肠杆菌的数量( $P < 0.05$ ),分别降低了10.64%、9.19%;添加300、500 mg/kg的屎肠球菌显著增加仔猪结肠中乳酸杆菌数量( $P < 0.05$ ),分别增加了8.41%、

10.14%。与抗生素组相比,饲粮中添加 300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著增加仔猪结肠中乳酸

杆菌的数量 ( $P < 0.05$ ),分别增加了 9.91%、11.67%。

表 3 屎肠球菌对断奶仔猪肠道菌群数量的影响

Table 3 Effects of *Enterococcus faecium* on the number of intestinal flora of weaner piglets lg(CFU/g)

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	屎肠球菌添加水平 <i>Enterococcus faecium</i> supplemental level/(mg/kg)			SEM	P 值 P-value
			100	300	500		
			盲肠 Cecum				
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	7.62	6.67	7.18	6.87	7.08	0.33	0.363
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	7.39 <sup>c</sup>	8.14 <sup>abc</sup>	7.73 <sup>bc</sup>	8.56 <sup>a</sup>	8.44 <sup>ab</sup>	0.25	0.027
结肠 Colon							
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	7.61 <sup>a</sup>	6.80 <sup>b</sup>	7.23 <sup>ab</sup>	7.06 <sup>ab</sup>	6.91 <sup>b</sup>	0.18	0.046
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	8.08 <sup>b</sup>	7.97 <sup>b</sup>	8.38 <sup>ab</sup>	8.76 <sup>a</sup>	8.90 <sup>a</sup>	0.19	0.015

### 2.3 屎肠球菌对断奶仔猪免疫器官的影响

由表 4 可知,与对照组相比,饲粮中添加 300 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪脾脏重量和脾脏指数 ( $P < 0.05$ ),分别提高了 38.89%、45.53%。与抗生素组相比,饲粮中添加 300、

500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪脾脏重量 ( $P < 0.05$ ),对脾脏指数没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。抗生素组与对照组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),但有降低仔猪脾脏重量和脾脏指数的趋势。

表 4 屎肠球菌对断奶仔猪免疫器官的影响

Table 4 Effects of *Enterococcus faecium* on immune organs of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	屎肠球菌添加水平 <i>Enterococcus faecium</i> supplemental level/(mg/kg)			SEM	P 值 P-value
			100	300	500		
			肝脏重量 Liver weight/g	500.00	522.50		
脾脏重量 Spleen weight/g	22.50 <sup>bc</sup>	21.25 <sup>c</sup>	26.25 <sup>abc</sup>	31.25 <sup>a</sup>	28.75 <sup>ab</sup>	2.24	0.030
肝脏指数 Liver index/(g/kg)	25.00	29.28	25.81	27.14	29.39	0.46	0.370
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	1.12 <sup>b</sup>	1.19 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.60 <sup>ab</sup>	0.15	0.020

### 2.4 屎肠球菌对断奶仔猪血液免疫指标的影响

由表 5 可知,白细胞数量、IgA 含量各组之间没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。与对照组相比,饲粮中添加 300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血液中淋巴细胞数量 ( $P < 0.05$ ),分别提高了 45.22%、57.07%,显著提高仔猪血液中淋巴细胞比率 ( $P < 0.05$ ),分别提高了 22.29%、22.15%;添加 100、300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血清中 IgG 含量 ( $P < 0.05$ ),分别提高了 75%、73.41%、78.96%;添加 300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血清中 IgM 含量 ( $P < 0.05$ ),分别提高了 61.94%、56.71%。与抗生素组相比,饲粮中添加 300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔

猪血液中淋巴细胞比率及血清中 IgM 含量 ( $P < 0.05$ );添加 100、300、500 mg/kg 的屎肠球菌显著提高仔猪血清中 IgG 含量 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 屎肠球菌对断奶仔猪生长性能的影响

断奶是仔猪生产中一个关键时期,由于饲料形态、营养成分及生理状态的改变,必然引起肠道菌群大调整,导致仔猪肠道菌群失调、采食量下降及生长受阻,引发仔猪腹泻<sup>[5]</sup>,仔猪抵抗力下降导致流行性病毒入侵,引起肠绒毛萎缩<sup>[6]</sup>。因此,仔猪肠道中正常菌群的平衡对仔猪的健康成长有重要作用。屎肠球菌可以在动物肠道内大量定植,

帮助食物消化和代谢,促进营养物质的吸收和利用;同时它还能与致病菌竞争,抑制有害菌的繁殖,改善肠道内环境,调整胃肠道菌群平衡,提高动物健康水平,有效减轻断奶等不利因素对仔猪生长发育的影响,从而起到动物营养保健的功效<sup>[7]</sup>。Giang 等<sup>[8]</sup>试验表明,在仔猪饲料中添加屎肠球菌(6H2)对断奶仔猪的生长性能无影响,这与 Broom 等<sup>[9]</sup>结果一致;而张振斌等<sup>[10]</sup>研究表明,肠球菌显著提高断奶后 2 周仔猪的 ADFI,有提高仔猪 ADG 的趋势,而在试验全期,肠球菌对仔猪 ADG、F/G 及腹泻率没有影响。吴忠良等<sup>[11]</sup>报道,仔猪出生早期饲喂乳酸杆菌有明显的促生长效果,但随着时间的推移这种效果逐渐降低,断奶后第 1 周饲喂乳酸杆菌对生长速度已无显著影响。本试验结果显示,仔猪饲料中添加 500 mg/kg 的屎肠球菌与对照组相比,ADFI 略微下降,这可能是由于屎肠球菌添加水平较高,在一定程度上扰乱了仔猪微生态区系,但添加 500 mg/kg 屎肠

球菌与对照组相比,ADFI 并未显著下降,因此不会阻碍仔猪生长。与对照组相比,添加屎肠球菌仔猪 ADG 有所提高,说明屎肠球菌对仔猪 ADG 的提高主要是通过提高饲料转化效率来实现的,这与刘虎传等<sup>[12]</sup>所研究的在仔猪饲料中添加含有屎肠球菌的益生菌制剂可以增加仔猪 ADG,降低 F/G 的结果是一致的。仔猪饲料中添加 500 mg/kg 的屎肠球菌和抗生素可以改善仔猪的生长性能,但效果不显著,这与张振斌等<sup>[10]</sup>试验结果一致。这可能是由于仔猪生理发育不健全,抗病和应激能力差,在断奶后出现消化系统功能紊乱、腹泻,仔猪对营养物质的利用能力降低;此外,机体非特异性免疫功能的提高会消耗一定的营养物质,对生长性能有一定的负面影响,但良好的机体免疫功能有利于动物的后期生长,因此,屎肠球菌和抗生素对仔猪生长性能的促进作用未能显著体现。

表 5 屎肠球菌对断奶仔猪血液免疫指标的影响

Table 5 Effects of *Enterococcus faecium* on blood immunity indexes of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	屎肠球菌添加水平 <i>Enterococcus faecium</i> supplemental level/(mg/kg)			SEM	P 值 P-value
			100	300	500		
			白细胞数量 Number of white blood cell/(10 <sup>9</sup> /L)	22.70	23.58		
淋巴细胞数量 Number of lymphocyte/ (10 <sup>9</sup> /L)	7.85 <sup>b</sup>	8.98 <sup>ab</sup>	11.05 <sup>ab</sup>	11.40 <sup>a</sup>	12.33 <sup>a</sup>	1.04	0.050
淋巴细胞比率 Lymphocyte rate/%	42.03 <sup>b</sup>	43.20 <sup>b</sup>	44.55 <sup>ab</sup>	51.40 <sup>a</sup>	51.35 <sup>a</sup>	2.48	0.040
免疫球蛋白 A 含量 IgA content/(g/L)	0.011 3	0.012 5	0.013 8	0.015 0	0.017 5	0.000 0	0.550
免疫球蛋白 G 含量 IgG content/(g/L)	2.52 <sup>b</sup>	3.12 <sup>b</sup>	4.41 <sup>a</sup>	4.37 <sup>a</sup>	4.51 <sup>a</sup>	0.33	0.001
免疫球蛋白 M 含量 IgM content/(g/L)	0.67 <sup>b</sup>	0.79 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>	0.07	0.001

### 3.2 屎肠球菌对断奶仔猪肠道菌群数量的影响

微生态平衡是仔猪正常发育的必须条件,外界环境应激(如断奶、抗生素、温度变化等)容易破坏仔猪微生态平衡,使仔猪肠道菌群出现波动,导致需氧菌增加,有害病菌繁殖,出现腹泻等症状,造成生长性能降低。添加乳酸菌类微生态制剂可

以有效地促进有益菌的增殖,减少有害细菌的数量,从而保持肠道菌群平衡<sup>[4]</sup>。侯成立等<sup>[13]</sup>研究表明,断奶仔猪饲料中添加植物乳杆菌制剂显著增加粪中乳酸杆菌活菌数,并显著降低大肠杆菌数量。Zhang 等<sup>[14]</sup>研究表明,通过饲喂鼠李糖乳杆菌可以显著降低仔猪粪便中大肠杆菌数量,显

著增加乳酸杆菌和双歧杆菌数量。Pieper 等<sup>[15]</sup>研究表明,仔猪在断奶时饲喂乳酸杆菌可以显著影响仔猪肠道有益菌群繁殖,从而起到改善仔猪胃肠道健康的作用。本研究结果表明,在仔猪饲料中添加屎肠球菌可降低仔猪结肠中大肠杆菌数量,显著增加盲肠、结肠中乳酸杆菌数量。添加屎肠球菌对仔猪盲肠中有害微生物没有显著影响,这可能是由于屎肠球菌还未能在仔猪盲肠中形成优势菌群,因此对仔猪盲肠中有害微生物影响不显著。从总体而言,添加屎肠球菌促进了仔猪肠道中有益菌群生长,维持仔猪肠道微生态平衡,从而促进仔猪的生长发育。

### 3.3 屎肠球菌对断奶仔猪免疫器官的影响

肝脏、脾脏是仔猪重要的外周免疫器官,发育不良会对体液免疫和细胞免疫造成巨大的伤害。促使仔猪抗病能力降低,损害仔猪的养殖效益。有益菌在肠道内大量繁殖,合成有益物质;同时有益菌自身可作为抗原物质,二者协同促进免疫器官的生长发育<sup>[16]</sup>。辛娜等<sup>[17]</sup>研究在仔猪养殖过程中添加芽孢杆菌制剂时发现,芽孢杆菌制剂有提高免疫器官指数的趋势。萨立富<sup>[18]</sup>研究表明,断奶仔猪饲料中添加酵母甘露寡糖可以显著促进乳酸杆菌繁殖,提高断奶仔猪脾脏指数。本试验结果显示,仔猪饲料中添加屎肠球菌可以显著增加仔猪脾脏重量,提高脾脏指数,有效地促进仔猪脾脏的生长发育,而对仔猪肝脏重量及肝脏指数没有显著影响,这可能是由于屎肠球菌在仔猪肠道中繁殖,合成有益物质,同时自身作为一种抗原物质,可以有效地刺激脾脏的生长发育,而在肝脏的生长发育过程中起到的抗原作用不明显或者添加的水平不足,因此未能显著影响仔猪肝脏的生长发育。添加抗生素对于仔猪免疫器官发育没有显著影响,但有抑制仔猪免疫器官发育的趋势,表明屎肠球菌可以有效地替代抗生素在仔猪生产中的使用,有效地改善仔猪免疫器官的发育,从而保证仔猪正常的生长发育。

### 3.4 屎肠球菌对断奶仔猪血液免疫指标的影响

白细胞具有强大的吞噬功能,是机体非特异性免疫的重要部分,并能参与机体的特异性免疫;淋巴细胞是体内主要的免疫活性细胞,定居于外周免疫器官,发挥免疫细胞的功能;免疫球蛋白分为不同的种类,其中 IgA 可以阻止病原体吸附到黏膜表面从而抵挡微生物的侵袭;IgM 是 B 细胞最早产生的免疫球蛋白分子,是初次免疫应答的

主要抗体;IgG 是体液免疫应答产生的主要抗体,在抗细菌、抗病毒等防御机制中起着重要作用<sup>[19]</sup>。屎肠球菌作为一种益生菌可以辅助性增强机体免疫力,有效地提高仔猪的特异性免疫和非特异性免疫功能<sup>[20]</sup>。吴金节等<sup>[21]</sup>研究表明,仔猪早期断奶应激会导致白细胞吞噬率显著或者极显著降低。顾宪红等<sup>[22]</sup>报道,仔猪的早期断奶会降低仔猪的淋巴细胞数量,从而损害仔猪的免疫力。邱进杰<sup>[23]</sup>发现,仔猪饲喂猪源乳酸杆菌可以显著影响仔猪血液中淋巴细胞比率,试验组仔猪血液中 T 淋巴细胞数量极显著高于对照组。赵桂英等<sup>[24]</sup>在仔猪饲喂过程中添加双歧杆菌,结果表明,IgG 含量变化在整个试验期内各试验组都比对照组高,与对照组相比差异显著。Sun 等<sup>[25]</sup>给小鼠饲喂屎肠球菌(SF68)表明,屎肠球菌(SF68)可以显著增加小鼠血浆中 IgG 含量。Zhang 等<sup>[14]</sup>在研究乳酸杆菌在仔猪生产中应用时发现,仔猪空肠、回肠相关淋巴组织的分泌型免疫球蛋白 A(SIgA)含量显著高于对照组,可以有效增强仔猪免疫力,抵抗大肠杆菌感染对仔猪造成的损害。郭升伟<sup>[26]</sup>研究表明,在断乳仔猪饲料中添加益生菌能够提高血清中免疫球蛋白抗体 IgM、IgA 及 IgG 的含量,其中高、中剂量组的 IgM 及 IgG 含量与空白对照组比较差异显著。本文也得到相似结果,仔猪饲料中添加屎肠球菌有提高仔猪血液中白细胞数量的趋势;同时与对照组相比可显著提高淋巴细胞数量、淋巴细胞比率;与对照组相比可显著增加仔猪血清中 IgG、IgM 含量,表明屎肠球菌通过在仔猪肠道中的繁殖,利用肠道中的营养物质合成有益的代谢产物,起到了增强仔猪免疫力的作用,可以有效地提高仔猪对外界环境的耐受能力,从而提高经济效益;屎肠球菌对仔猪血清中 IgA 含量没有显著影响,这可能是由于仔猪日龄过低,肠道相关的淋巴组织对仔猪 IgA 分泌不足,导致在本试验条件下检测出的 IgA 含量过低,从而使屎肠球菌对 IgA 含量的促进作用在本试验条件下未能相应的体现。

## 4 结 论

① 饲料中添加 500 mg/kg 的屎肠球菌可以降低仔猪 ADFI,提高 ADG,降低 F/G,有改善仔猪生长性能的趋势,起到与添加抗生素相近的效果。

② 屎肠球菌可以显著促进仔猪盲肠、结肠中乳酸杆菌的增殖,显著抑制仔猪结肠中大肠杆菌

的增殖,起到维持肠道菌群平衡,提高肠道功能的作用。

③ 屎肠球菌可以显著促进仔猪脾脏的发育;从仔猪白细胞、淋巴细胞数量及淋巴细胞比率、免疫球蛋白含量看,屎肠球菌在被仔猪采食后可以有效地刺激仔猪非特异性免疫和体液免疫反应,从而增强仔猪免疫力。

### 参考文献:

- [1] 刘秀梅,聂俊华,王庆仁,等. 多种微生物复合的微生物生态制剂研究进展[J]. 中国生态农业学报,2002,10(4):80-83.
- [2] 李小飞,王为民,郑秋红,等. 微生态制剂替代抗生素对猪生产性能和胃肠道微生物数量的影响[J]. 畜牧与兽医,2008,40(10):55-57.
- [3] 帅起义. 微生态制剂对猪免疫应答及生长性能的影响[J]. 山西农业科学,2011,39(11):1210-1212.
- [4] 王前光,高惠林,刘秋. 微生态制剂的研究进展及其在养猪生产上的应用[J]. 饲料广角,2010(24):45-46.
- [5] FRYDENDAHL K. Prevalence of serogroups and virulence genes in *Escherichia coli* associated with post-weaning diarrhoea and edema disease in pigs and a comparison of diagnostic approaches [J]. *Veterinary Microbiology*,2002,85(2):169-182.
- [6] JUNG K, KANG B K, KIM J Y, et al. Effects of epidermal growth factor on atrophic enteritis in piglets induced by experimental porcine epidemic diarrhea virus [J]. *The Veterinary Journal*,2008,177:231-235.
- [7] 王婷婷,綦文涛,易建明,等. 微胶囊化屎肠球菌及其特性研究[J]. 中国畜牧杂志,2009,45(21):52-55.
- [8] GIANG H H, VIET T Q, OGLE B, et al. Effects of different probiotic complexes of lactic acid bacteria on growth performance and gut environment of weaned piglets[J]. *Livestock Science*,2010,133:182-184.
- [9] BROOM L J, MILLER H M, KERR K G, et al. Effects of zinc oxide and *Enterococcus faecium* SF68 dietary supplementation on the performance, intestinal microbiota and immune status of weaned piglets[J]. *Research in Veterinary Science*,2006,80:45-54.
- [10] 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.
- [11] 吴忠良,张瑞峰,王金义,等. 乳酸杆菌对早期断乳仔猪生产性能的影响[J]. 畜牧兽医杂志 2005,24(1):27-30.
- [12] 刘虎传,张敏红,冯京海,等. 益生菌制剂对早期断奶仔猪生长性能和免疫指标的影响[J]. 动物营养学报,2012,24(6):1124-1131.
- [13] 侯成立,季海峰,周雨霞,等. 植物乳杆菌对断奶仔猪生产性能和生化指标的影响[J]. 饲料研究,2011(12):14-16.
- [14] ZHANG L, XU Y Q, LIU H Y, et al. Evaluation of *Lactobacillus rhamnosus* GG using an *Escherichia coli* K88 model of piglet diarrhoea: effects on diarrhoea incidence, faecal microflora and immune responses[J]. *Veterinary Microbiology*,2010,141:142-148.
- [15] PIEPER R, JANCZYK P, URUBSCHUROV V, et al. Effect of a single oral administration of *Lactobacillus plantarum* DSMZ 8862/8866 before and at the time point of weaning on intestinal microbial communities in piglets[J]. *International Journal of Food Microbiology*,2009,130:227-232.
- [16] 何明清,程安春. 动物微生物生态学[M]. 2版. 成都:四川科学技术出版,2004:201-208.
- [17] 辛娜,张乃锋,周盟,等. 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生产性能、胃肠道 pH 值及免疫器官指数的影响[J]. 中国饲料,2011(12):21-24.
- [18] 萨立富. 甘露寡糖对断奶仔猪生长性能和免疫机能的影响[D]. 硕士学位论文. 沈阳:沈阳农业大学,2006:32-34.
- [19] 崔治中,崔保安. 兽医免疫学[M]. 北京:中国农业出版社,2004:42-44.
- [20] 文静,孙建安,周绪霞,等. 屎肠球菌对仔猪生长性能、免疫和抗氧化功能的影响[J]. 浙江农业学报,2011,23(1):70-73.
- [21] 吴金节,张德群,章孝荣,等. 早期断奶应激对仔猪某些血清激素水平及细胞免疫功能的影响[J]. 中国兽医学报,2001,21(2):170-173.
- [22] 顾宪红,余锐萍,张宏福,等. 断奶对仔猪肠上皮间淋巴细胞、杯状细胞数量的影响[J]. 畜牧兽医学报,2003,34(3):232-238.
- [23] 邱进杰. 猪源乳酸菌的筛选及对仔猪免疫应答的影响和临床效果的研究[D]. 硕士学位论文. 雅安:四川农业大学,2007:24-25.
- [24] 赵桂英,曾昭文,常华,等. 不同剂量的双歧杆菌对断奶仔猪 IgG、IgA、IgM 水平的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2007(5):42-43.
- [25] SUN P, WANG J, JIANG Y, et al. Effects of *Enterococcus faecium* (SF68) on immune function in mice [J]. *Food Chemistry*,2010,123:63-68.
- [26] 郭升伟. 华邦益生菌对仔猪免疫指标的影响[J]. 福建畜牧兽医,2012,34(1):1-2.

## Effects of *Enterococcus faecium* on Growth Performance, Intestinal Flora and Immune Function of Weaner Piglets

WANG Yong YANG Weiren\* ZHANG Guiguo

(Department of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** Two hundred and fifty-five weaner piglets [(35 ± 1) days of age, Duroc × Landrace × Yorkshire] were used to study the effects of *Enterococcus faecium* on the growth performance, intestinal flora and immune function. These piglets were randomly allocated into 5 groups with 3 replicates per group and 17 piglets per replicate in a complete randomized design. The control group was fed a basal diet only, antibiotic group was fed the basal diet + 8 mg/kg flavomycin and 90 mg/kg arsanilic, and the three *Enterococcus faecium* groups were fed the basal diet + 100, 300, 500 mg/kg *Enterococcus faecium*, respectively. The experiment lasted for 35 days. The results showed as follows: 1) Compared with the control group, average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed/gain (F/G) had no significant difference among 5 groups ( $P > 0.05$ ); the addition of 100 and 300 mg/kg *Enterococcus faecium* tended to increase ADFI ( $P > 0.05$ ); the supplementation of 500 mg/kg *Enterococcus faecium* tended to reduce F/G ( $P > 0.05$ ). Compared with the antibiotic group, there were no significant differences in ADG, ADFI and F/G when piglets fed diets with *Enterococcus faecium* ( $P > 0.05$ ). 2) Compared with the control group, diets supplemented with 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly increased the number of *Lactobacillus* in caecum ( $P < 0.05$ ), and there was no significant difference between the *Enterococcus faecium* group and the antibiotic group ( $P > 0.05$ ). Compared with the control group, the diet supplemented with 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly reduced the number of *Escherichia coli* in colon ( $P < 0.05$ ), and the supplementation of 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly increased the number of *Lactobacillus* in colon ( $P < 0.05$ ). Compared with the antibiotic group, the supplementation of 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly increased the number of *Lactobacillus* in colon ( $P < 0.05$ ). 3) Compared with the control group, the supplementation of 300 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly increased spleen weight and spleen index of piglets ( $P < 0.05$ ). The addition of 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* in the diets significantly increased spleen weight compared with the antibiotic group ( $P < 0.05$ ). 4) Compared with the control group, adding 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly improved the number of lymphocyte and lymphocyte rate in blood of piglets ( $P < 0.05$ ); the supplementation of *Enterococcus faecium* significantly increased the content of immunoglobulin G (IgG) in serum of piglets ( $P < 0.05$ ); the supplementation of 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* significantly increased the content of immunoglobulin M (IgM) in serum of piglets ( $P < 0.05$ ). Compared with the antibiotic group, the addition of 300 and 500 mg/kg *Enterococcus faecium* in the diets significantly improved lymphocyte rate in blood and the content of IgM in serum of piglets ( $P < 0.05$ ), and the supplementation of *Enterococcus faecium* significantly increased the content of IgG in serum of piglets ( $P < 0.05$ ). It is concluded that *Enterococcus faecium* will be an ideal feed additive to improve the growth performance, regulate intestinal microflora balance and the immune function in piglets and the optimum supplemental level of *Enterococcus faecium* is 500 mg/kg. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(5):1069-1076]

**Key words:** weaner piglets; *Enterococcus faecium*; growth performance; intestinal flora; immune function