

# 芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能、肠道发育和微生物菌群的影响

刘 磊<sup>1</sup> 朱立贤<sup>2\*</sup>

(1. 山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018; 2. 山东农业大学食品科学与工程技术学院, 泰安 271018)

**摘 要:** 本试验旨在研究不同水平芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能、肠道发育及微生物菌群的影响。选取 1 日龄爱拔益加(AA)肉仔鸡 2 400 只, 随机分为 4 组(每组 6 个重复, 每个重复 100 只): 对照组饲喂基础饲料, 试验组饲喂分别添加 200、100 和 50 mg/kg 芽孢乳杆菌的试验饲料, 试验期 42 d。结果表明: 1) 饲料添加 200 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著降低了肉仔鸡 1~3 周的料重比( $P < 0.05$ ); 添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著降低了肉仔鸡全期的料重比和死淘率( $P < 0.05$ )。2) 饲料添加 200 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著提高了 21 日龄肉仔鸡十二指肠和空肠的体重校正长度( $P < 0.05$ ); 添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著提高了 42 日龄肉仔鸡十二指肠的相对重量( $P < 0.05$ )。3) 饲料添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著增加了 21 日龄肉仔鸡空肠绒毛长度、隐窝深度、黏膜厚度和 V/C 值( $P < 0.05$ )。4) 饲料添加 200、100 和 50 mg/kg 的芽孢乳杆菌均能显著降低肉仔鸡空肠食糜中大肠杆菌的数量( $P < 0.05$ )。由此可见, 饲料添加 200 和 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌能改善肉仔鸡的料重比和死淘率, 效果优于 50 mg/kg; 添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌能促进肠道发育, 提高消化吸收功能; 所有添加水平的芽孢乳杆菌均能抑制肉仔鸡空肠内的大肠杆菌繁殖。

**关键词:** 芽孢乳杆菌; 肉仔鸡; 生产性能; 肠道发育; 微生物区系

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)12-2136-07

益生菌作为一种无毒、无污染、无抗药性、无副作用、无残留的多功能添加剂日益受到人们的重视。因芽孢乳杆菌具有稳定性好、抗逆性强、复活率高、代谢旺盛等优点, 已成为目前在畜禽饲料中应用最为广泛的一种益生菌<sup>[1-3]</sup>。因此, 芽孢类益生菌的研究也不断地引起人们的关注。益生菌可改善肉仔鸡生产性能及其对饲料的消化吸收, 促进其肠道发育和健康, 提高抗病能力和免疫机能。有研究表明, 芽孢杆菌具有拮抗肠道病原菌、维护和调节肠道微生态平衡的作用<sup>[4]</sup>; 芽孢类益生菌还能产生多种酶类, 促进动物对营养物质的消化吸收<sup>[5]</sup>, 且有益微生物在动物肠道内生长繁殖能产生多种营养物质, 如维生素、氨基酸、促生

长因子等, 参与机体的新陈代谢, 促进动物肠道结构的成熟和机能的完善<sup>[6]</sup>。芽孢杆菌制剂对肉仔鸡的生产性能和成活率具有显著影响<sup>[7]</sup>, 但其适宜的添加水平尚待进一步研究。本试验旨在通过研究不同水平芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能、肠道发育及微生物菌群的影响, 为其在生产中的合理应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

选取 1 日龄爱拔益加(AA)肉仔鸡 2 400 只, 随机分为 4 组, 每组 6 个重复, 每个重复 100 只(公母各占 1/2), 重复之间体重接近。对照组饲喂

收稿日期: 2011-07-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003011)

作者简介: 刘 磊(1985—), 男, 山东青州人, 博士研究生, 从事家禽科学研究。E-mail: liusanshi1985@126.com

\* 通讯作者: 朱立贤, 副教授, 硕士生导师, E-mail: zhlix@sdau.edu.cn

不添加任何益生菌产品的基础饲料,其为参照美国 NRC (1994) 营养需要配制的粉状配合饲料。基础饲料组成及营养水平见表 1。试验组饲喂在基础饲料中分别添加 200、100 和 50 mg/kg 芽孢乳杆菌制剂 ( $8.0 \times 10^9$  CFU/g) 的试验饲料。试验期 42 d。肉仔鸡自由采食,充足饮水,按正常免疫程序进行免疫接种。芽孢乳杆菌制剂由湖南普菲克生物科技有限公司提供。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

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

项目 Items	1~3 周	4~6 周
	1 to 3 week	4 to 6 week
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.60	60.36
豆油 Soybean oil	4.09	3.50
豆粕 Soybean meal	34.55	31.16
食盐 NaCl	0.26	0.26
石粉 Limestone	1.79	1.79
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	1.61	1.64
氯化胆碱 Choline chloride	0.26	0.26
赖氨酸 Lys	0.31	0.47
蛋氨酸 Met	0.28	0.31
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.25	0.25
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.03	13.03
粗蛋白质 CP	20.00	19.00
钙 Ca	1.00	1.00
有效磷 AP	0.45	0.45
可消化赖氨酸 DLys	1.075 3	1.083 2
可消化蛋氨酸 DMet	0.548 6	0.564 0
可消化蛋氨酸+可消化半胱氨酸 DMet + DCys	0.805 8	0.810 3
可消化苏氨酸 DThr	0.619 3	0.583 0
可消化色氨酸 DTry	0.190 3	0.176 5

<sup>1)</sup> 预混料可为每千克全价料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 8 000 IU, VD<sub>3</sub> 3 000 IU, VE 20 IU, VK 2 mg, VB<sub>1</sub> 4 mg, 核黄素 riboflavin 8 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 11 mg, VB<sub>5</sub> 40 mg, VB<sub>6</sub> 4 mg, VB<sub>12</sub> 0.02 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 叶酸 folic acid 1.0 mg, 胆碱 choline 700 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Zn (as zinc sulfate) 75 mg, Mn (as manganese sulfate) 80 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, I (as potassium iodide) 0.40 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg。

<sup>2)</sup> 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

## 1.2 测定指标

每周测定各组肉仔鸡的采食量、体增重,计算平均日采食量(周采食量/7 d, g/d)、平均日增重(周体增重/7 d, g/d)和料重比(周采食量/周体增重)。观察肉仔鸡健康状况,统计死淘率。

在试验第 21 天和第 42 天时分离肉仔鸡肠道,比较各组间十二指肠、空肠和回肠的体重校正长度(肠道长度/体重, cm/kg)和相对重量(肠道重量/体重, %),并取试验第 21 天时的肉仔鸡空肠 3 cm 左右,浸于 10% 的福尔马林中,用于测定其绒毛长度、隐窝深度和黏膜厚度,并计算绒毛长度/隐窝深度(V/C)值。

## 1.3 空肠内容物细菌数量的分析

在试验第 21 天时取肉仔鸡空肠内容物,分离培养沙门氏菌、乳酸杆菌和大肠杆菌。MRS 琼脂培养基(HB0384)用于乳酸杆菌的培养。沙门氏菌-志贺氏菌琼脂培养基(SS 培养基, HB4089)用于沙门氏菌的培养。伊红美蓝培养基(HB0107)用于大肠杆菌的培养。上述培养基配制按照杨革<sup>[8]</sup>的方法进行。

以 10 倍梯度将肉仔鸡空肠内食糜进行稀释,取稀释液分别涂布于培养基平板上,于 37 °C 培养 24 h 后,统计菌落数。

## 1.4 绒毛长度、隐窝深度和黏膜厚度的测定

取固定 24 h 后的肉仔鸡空肠,经过冲水、梯度酒精脱水、二甲苯透明、石蜡包埋等处理后,以 5 μm 的厚度切片,常规苏木精-伊红(HE)染色。

使用显微镜成像系统观察肉仔鸡小肠黏膜绒毛,每张切片选取 5 个视野,每个视野 5 条绒毛。绒毛长度:由绒毛顶端至根部(隐窝肩)的距离;隐窝深度:隐窝肩至隐窝基底的距离<sup>[9]</sup>;黏膜厚度:肠外部至肌层与黏膜下层交接处的距离(浆膜厚度加肌层厚度)<sup>[10]</sup>。

## 1.5 数据统计分析

试验数据用平均值 ± 标准差表示,采用 SAS 9.1.3 统计软件中的 ANOVA 过程进行单因子方差分析,  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能的影响

由表 2 可知,饲料添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著降低了肉仔鸡 4~6 周的平均日采食量 ( $P < 0.05$ ),但对 1~3 周和全期的平均日采食量影响不显著 ( $P > 0.05$ );饲料添加 50 mg/kg 的芽

孢乳杆菌显著降低了4~6周和全期的平均日采食量( $P < 0.05$ ),但对1~3周的平均日采食量影响不显著( $P > 0.05$ );饲料添加200 mg/kg的芽孢乳杆菌对各期的平均日采食量影响不显著( $P > 0.05$ )。芽孢乳杆菌的添加对肉仔鸡1~3和4~6周的平均日增重及试验第42天体重影响不显著( $P > 0.05$ )。饲料添加200 mg/kg的芽孢乳杆菌显著降低了肉仔鸡1~3周的料重比( $P < 0.05$ ),但对4~6周和全期的料重比影响不显著( $P > 0.05$ );饲料添加100 mg/kg的芽孢乳杆菌显著降

低了全期的料重比( $P < 0.05$ ),但对1~3周和4~6周的料重比影响不显著( $P > 0.05$ );饲料添加50 mg/kg的芽孢乳杆菌对各期的料重比影响不显著( $P > 0.05$ )。

## 2.2 芽孢乳杆菌对肉仔鸡死淘率的影响

由图1可知,饲料中添加芽孢乳杆菌对肉仔鸡1~3和4~6周的死淘率影响不显著( $P > 0.05$ );但饲料添加100 mg/kg的芽孢乳杆菌显著降低了肉仔鸡全期的死淘率( $P < 0.05$ )。

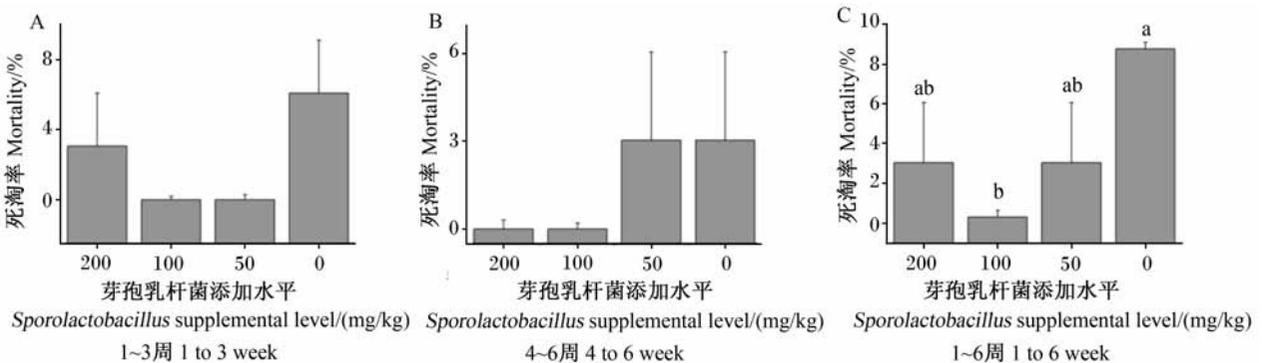
表2 芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of *Sporolactobacillus* on performance of broilers

项目 Items	时间 Time	芽孢乳杆菌添加水平 <i>Sporolactobacillus</i> supplemental level/(mg/kg)			
		200	100	50	0
平均日采食量 ADFI/g	1~3周 1 to 3 week	33.33 ± 0.49	36.68 ± 0.76	33.39 ± 0.26	34.84 ± 1.73
	4~6周 4 to 6 week	167.45 ± 3.44 <sup>ab</sup>	159.04 ± 1.96 <sup>b</sup>	158.42 ± 5.53 <sup>b</sup>	173.38 ± 1.32 <sup>a</sup>
	1~6周 1 to 6 week	100.39 ± 1.72 <sup>ab</sup>	97.86 ± 1.23 <sup>ab</sup>	95.90 ± 2.82 <sup>b</sup>	104.11 ± 1.21 <sup>a</sup>
平均日增重 ADG/g	1~3周 1 to 3 week	21.39 ± 0.49	21.83 ± 0.60	20.19 ± 0.56	19.55 ± 0.71
	4~6周 4 to 6 week	87.74 ± 1.22	81.37 ± 5.25	79.51 ± 1.41	86.05 ± 0.92
体重 BW/kg	第42天 Day 42	2.34 ± 0.03	2.20 ± 0.12	2.14 ± 0.12	2.26 ± 0.01
	1~3周 1 to 3 week	1.56 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.68 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.66 ± 0.06 <sup>ab</sup>	1.78 ± 0.03 <sup>a</sup>
料重比 F/G	4~6周 4 to 6 week	2.00 ± 0.03	1.98 ± 0.06	2.13 ± 0.09	2.16 ± 0.11
	1~6周 1 to 6 week	1.81 ± 0.01 <sup>ab</sup>	1.79 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.91 ± 0.07 <sup>ab</sup>	1.95 ± 0.02 <sup>a</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( $P < 0.01$ )。表3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 Table 3.



数据柱形标注不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。图2同。

Value columns with different small letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as Fig. 2.

图1 芽孢乳杆菌对肉仔鸡死淘率的影响

Fig. 1 Effects of *Sporolactobacillus* on the mortality of broilers

## 2.3 芽孢乳杆菌对肉仔鸡肠道发育的影响

由表3可知,饲料添加200、100和50 mg/kg的芽孢乳杆菌对21日龄肉仔鸡的十二指肠、空肠和回肠的相对重量影响不显著( $P > 0.05$ );饲料添

加200 mg/kg的芽孢乳杆菌显著增加了21日龄肉仔鸡的十二指肠和空肠的体重校正长度( $P < 0.05$ ),而对回肠的体重校正长度影响不显著( $P > 0.05$ );饲料添加100与50 mg/kg的芽孢乳杆菌

对 21 日龄肉仔鸡的十二指肠、空肠和回肠的体重校正长度影响均不显著 ( $P > 0.05$ )。

饲粮添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著增加了 42 日龄肉仔鸡十二指肠的相对重量 ( $P < 0.05$ ),而对空肠和回肠的相对重量和十二指肠、

空肠和回肠的体重校正长度影响均不显著 ( $P > 0.05$ )。饲粮添加 200 和 50 mg/kg 的芽孢乳杆菌对 42 日龄肉仔鸡的十二指肠、空肠和回肠的相对重量和体重校正长度影响均不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 芽孢乳杆菌对肉仔鸡肠道发育的影响

Table 3 Effects of *Sporolactobacillus* on intestinal development of broilers

项目 Items	部位 Sites	日龄 Days of age/d	芽孢乳杆菌添加水平 <i>Sporolactobacillus</i> supplemental level/(mg/kg)			
			200	100	50	0
	十二指肠	21	1.21 ± 0.07	1.16 ± 0.05	1.27 ± 0.05	1.18 ± 0.06
	Duodenum	42	0.76 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.78 ± 0.01 <sup>b</sup>
相对重量 Relative weight/%	空肠	21	1.96 ± 0.11	1.81 ± 0.11	1.06 ± 0.16	1.94 ± 0.09
	Jejunum	42	1.38 ± 0.06	1.37 ± 0.04	1.42 ± 0.15	1.32 ± 0.02
	回肠	21	1.64 ± 0.11	1.41 ± 0.12	1.46 ± 0.07	1.45 ± 0.12
	Ileum	42	1.11 ± 0.05	1.12 ± 0.04	1.10 ± 0.04	1.05 ± 0.02
	十二指肠	21	40.55 ± 3.11 <sup>a</sup>	33.72 ± 3.90 <sup>ab</sup>	32.11 ± 2.61 <sup>b</sup>	31.61 ± 1.32 <sup>b</sup>
	Duodenum	42	7.58 ± 0.35	8.85 ± 0.86	8.89 ± 0.66	7.18 ± 0.45
体重校正长度 Weight correction length/(cm/kg)	空肠	21	92.94 ± 5.63 <sup>a</sup>	68.84 ± 5.77 <sup>b</sup>	75.42 ± 4.54 <sup>b</sup>	74.62 ± 2.75 <sup>b</sup>
	Jejunum	42	32.86 ± 1.69	33.29 ± 1.36	35.14 ± 1.12	33.76 ± 3.07
	回肠	21	84.54 ± 6.16	84.75 ± 12.03	75.22 ± 5.75	76.84 ± 4.86
	Ileum	42	38.01 ± 3.22	38.53 ± 4.54	39.21 ± 4.26	36.15 ± 2.31

## 2.4 芽孢乳杆菌对 21 日龄肉仔鸡空肠形态和食糜中微生物菌群的影响

由图 2 可知,饲粮添加 50 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著增加了 21 日龄肉仔鸡空肠的黏膜厚度 ( $P < 0.05$ ),而对绒毛长度、隐窝深度和 V/C 值影响不显著 ( $P > 0.05$ );饲粮添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著增加了肉仔鸡空肠绒毛长度、隐窝深度、黏膜厚度和 V/C 值 ( $P < 0.05$ );饲粮添加 200 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著增加了肉仔鸡空肠绒毛长度、隐窝深度和黏膜厚度 ( $P < 0.05$ ),而对空肠的 V/C 值影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

饲粮添加 200、100 和 50 mg/kg 的芽孢乳杆菌均能显著降低空肠内食糜中大肠杆菌的数量 ( $P < 0.05$ ),但对乳酸杆菌和沙门氏菌的数量影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能的影响

据报道,芽孢乳杆菌可提高肉仔鸡的平均日增重、改善饲料转化效率,其效果不亚于抗生素<sup>[11]</sup>。詹志春等<sup>[12]</sup>用芽孢杆菌制剂对 AA 商品代肉仔鸡进行饲喂试验,结果发现其可提高 7% 的

饲料转化率。在本试验中芽孢乳杆菌也有同样的效果,饲粮中添加 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌显著降低了全期的料重比,而添加 200 mg/kg 的芽孢乳杆菌有降低全期料重比的趋势,在 1~3 周时表现出了显著性。其主要作用机理可能是因为芽孢乳杆菌能产生多种酶类,如细胞裂解酶、透明质酸酶、果胶裂解酶、蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶和半纤维素酶,这些酶能促进肠道有机物的消化吸收,有利于提高饲料的利用价值。从芽孢乳杆菌的 3 种添加水平来看,添加 200 和 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌要比添加 50 mg/kg 效果要好,这说明芽孢乳杆菌要发挥其有益作用还必须达到一定的浓度。何瑞国等<sup>[13]</sup>试验报道,在适宜营养条件下添加芽孢杆菌制剂比添加赖氨酸制剂的猪日增重提高了 3.4%。在本试验中,添加 200 mg/kg 芽孢乳杆菌组的肉仔鸡在试验第 42 天时的体重上要高于其他组,虽然没有达到显著水平,但提示了芽孢乳杆菌的营养作用。

从整个试验期的结果可以看出,饲喂芽孢乳杆菌有降低肉仔鸡死淘率的作用,但只有 100 mg/kg 添加组达到了显著水平。说明芽孢乳杆菌的作用效果可能与其添加水平有关,但添加

水平也并非越高越好,不同芽孢乳杆菌应有一个最合适的添加水平。这一现象可能与不同芽孢杆

菌的代谢活性以及其增殖能力不同有关<sup>[14]</sup>。

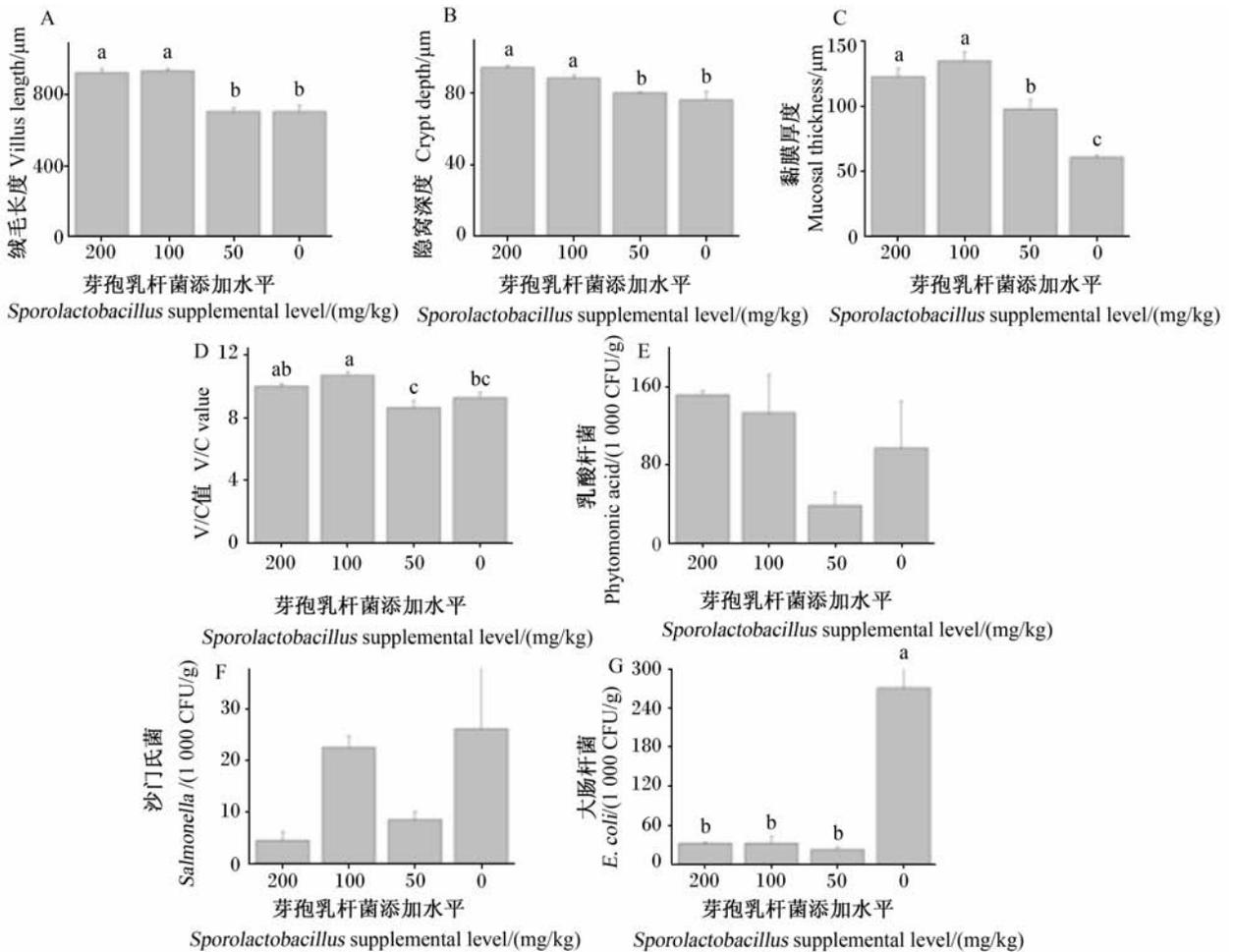


图2 芽孢乳杆菌对21日龄肉仔鸡空肠形态和食糜微生物菌群的影响

Fig. 2 Effects of *Sporolactobacillus* on morphology and microflora in chime of jejunum of broilers aged 21 days

### 3.2 芽孢乳杆菌对肉仔鸡肠道发育的影响

肠黏膜结构和功能的完整对动物机体具有重要的意义。肠黏膜的厚薄影响营养物质的吸收和转运过程,进而影响小肠的吸收功能<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,在饲料中添加不同水平的芽孢乳杆菌可以在一定程度上增加小肠的黏膜厚度,从而增加了小肠的吸收面积,有助于机体对营养物质的吸收,促进动物的生长。

绒毛长度增加后会增加小肠接触营养物质的面积,从而增强小肠对营养物质的吸收<sup>[16]</sup>,所以肠绒毛的形态直接与机体的生长发育有关。郭元晟等<sup>[17]</sup>发现乳杆菌可显著提高肠道的绒毛长度和宽度,降低隐窝深度,提高绒毛长度与隐窝深度比值。王玉梅等<sup>[18]</sup>指出使用益生菌后的动物小肠黏

膜层厚,小肠绒毛数量多,该结果表明益生菌能促进小肠绒毛生长,但添加水平不同影响效果。本试验研究结果显示,添加200和100 mg/kg的芽孢乳杆菌有增加肉仔鸡肠绒毛长度、加深隐窝深度的作用,说明芽孢乳杆菌能保护肠黏膜,促进绒毛生长。V/C值可综合反映小肠的功能状况,比值下降表明消化吸收功能下降<sup>[15]</sup>,在本试验中只有100 mg/kg的芽孢乳杆菌显著增加了肉仔鸡空肠V/C值,说明100 mg/kg的芽孢乳杆菌增加了空肠的消化吸收功能。同时在本试验中还发现,添加200 mg/kg的芽孢乳杆菌增加了肉仔鸡前期(1~3周)十二指肠和空肠的体重校正长度,而100 mg/kg的芽孢乳杆菌则增加了后期(4~6周)十二指肠的相对重量,说明饲料添加芽孢乳杆菌

可加强肉仔鸡早期肠道发育,增加消化吸收功能,提高生产性能。但添加 50 mg/kg 芽孢乳杆菌组的肉仔鸡对肠道肠绒毛长度、隐窝深度和 V/C 值上并没有表现出显著变化,说明芽孢乳杆菌对肠道发育的影响有一定水平要求。

### 3.3 芽孢乳杆菌对肉仔鸡肠道微生物数量的影响

动物体内微生物群数量众多,它们对机体的健康具有重要作用。在正常情况下,动物肠道微生物种群及其数量处于动态平衡中,当机体受到应激因素影响时,该平衡可能被打破,导致体内菌群比例失调,需氧菌(如大肠杆菌)增加,使蛋白质分解产生胺、氨等有害物质,动物表现出病理状态,生产性能下降。研究表明,饲用芽孢杆菌具有拮抗肠道病原细菌、维持和调节肠道微生态平衡的作用<sup>[19-21]</sup>。枯草芽孢杆菌能使仔猪粪便中的大肠杆菌数量显著降低、乳酸菌数量显著升高<sup>[22]</sup>,还可显著提高火鸡空肠食糜中乳酸菌的数量<sup>[11]</sup>。本试验结果表明,饲料中添加不同水平的芽孢乳杆菌均显著降低了肉仔鸡空肠大肠杆菌的数量;饲料添加 200 和 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌均有提高肉仔鸡空肠中乳酸杆菌数量的趋势,但未达到显著水平。

研究表明,芽孢杆菌在动物胃肠道对乳酸杆菌的促生长作用及菌群的改善可能与在芽孢增殖代谢过程中产生的过氧化氢酶和分泌的蛋白酶等物质有关<sup>[23]</sup>;芽孢乳杆菌在代谢过程中产生一些多肽物质,如伊短菌素、杆菌肽、多黏菌素等,均能抑制有害菌在肠道生长;且芽孢乳杆菌还可发酵糖类产生有机酸,抑制有害菌,为耐酸性细菌(如乳酸菌)的生长创造条件。

## 4 结 论

① 饲料中添加 200 和 100 mg/kg 的芽孢乳杆菌能改善肉仔鸡的料重比和死淘率,且效果优于 50 mg/kg 添加组。

② 饲料中添加芽孢乳杆菌能促进肉仔鸡肠道发育,提高消化吸收功能,效果以 100 mg/kg 最优。

③ 饲料中添加芽孢杆菌能显著降低肉仔鸡空肠内的大肠杆菌数量。

### 参考文献:

[1] 王玉梅,李朝华,陆军,等. 饲喂益生菌对肉仔鸡生产性能及免疫水平的影响[J]. 饲料博览,2006(6):

28-30.

- [2] 马彦博. EM 制剂在蛋鸡生产中的应用效果试验[J]. 家畜生态,2003,24(4):17-18.
- [3] SALMINEN S, VON WRIGHT A, MORELLI L, et al. Demonstration of safety of probiotics—a review[J]. International Journal of Food Microbiology, 1998, 44(1/2):93-106.
- [4] 潘康成,古丛伟,吴敏峰,等. 饲用芽孢杆菌作用机理研究新进展[J]. 饲料与畜牧,2009(12):19-23.
- [5] 王长文,姜玉杰,宋春梅. 动物微生态营养理论的特性及其研究应用[J]. 吉林医药学院学报,2008,29(4):220-222.
- [6] 杨海英,杨在宾,杨维仁,等. 益生菌和低聚木糖对断奶仔猪生产性能和肠道形态学影响研究[J]. 中国粮油学报,2008,23(1):116-120.
- [7] 吴建忠,杜冰,冯定远. 乳酸芽孢杆菌制剂对 AA 肉鸡生产性能的影响[J]. 饲料工业,2007,28(12):35-36.
- [8] 杨革. 微生物学实验教程[M]. 北京:科学出版社,2004:143-150.
- [9] 段丽萍,陈洪,温燕,等. 大鼠一过性肠道感染模型的建立[J]. 中国比较医学杂志,2003,13(3):142-145.
- [10] 柯祥军,张小浔,瞿明仁,等. 不同水平发酵豆粕对肉鸡肠黏膜结构的影响[J]. 饲料博览,2007(10):5-8.
- [11] JIRAPHONAKUL S, SULLIVAN T W, SHAHANI K M. Influence of a dried *Sporolactobacillus subtilis* culture and antibiotics on performance and intestinal microflora in turkeys[J]. Poultry Science, 1990, 69(11):1966-1973.
- [12] 詹志春,胡水林,杨先奎,等. 生物制品添加剂的研究应用:在肉用仔鸡前期和断奶仔猪日粮中的应用[J]. 粮食与饲料工业,1993(2):32-35.
- [13] 何瑞国,张兆伟,王建兵,等. 生长猪饲料添加猪微生物添加剂与添加赖氨酸对比试验[J]. 四川农业大学学报,1994(S1):558-560.
- [14] 刘磊,刘影,成廷水,等. 不同菌株芽孢杆菌对肉鸡生产性能的影响[J]. 饲料工业,2010,31(12):49-51.
- [15] 韩正康. 家畜营养生理学[M]. 北京:农业出版社,1991:16-17.
- [16] CASPARY W F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1992, 55(1):229-308.
- [17] 郭元晟,闫素梅,史彬林,等. 发酵乳酸杆菌对肉鸡小肠绒毛形态的影响[J]. 动物营养学报,2011,23

- (7):1194–1200.
- [18] 王玉梅,李朝华,王雪莲. 益生菌对肉仔鸡小肠组织结构 and 生产性能的影响[J]. 中国兽医科技, 2006 (11):59–60.
- [19] ALEXOPOULOS C, KARAGIANNIDIS A, KRITAS S K, et al. Field evaluation of a bioregulator containing live *Bacilli cereus* spores on health status and performance of sows and their litters[J]. Journal of Veterinary Medicine Series A, 2001, 48 (3): 137–145.
- [20] JADAMUS A, VAHIEN W, SIMON O. Growth behaviour of a spore forming probiotic strain in the gastrointestinal tract of broiler chicken and piglets[J]. Archives of Animal Nutrition, 2001, 54(1):1–17.
- [21] GUO X, LI D, LU W, et al. Screening of *Bacillus* strains as potential probiotics and subsequent confirmation of the *in vivo* effectiveness of *Bacillus subtilis* MA139 in pigs [J]. Antonie Van Leeuwenhoek, 2006, 90(2):139–146.
- [22] KORNEGAY E T, RISLEY C R. Nutrient digestibilities of a corn-soybean meal diet as influenced by *Bacillus* products fed to finishing swine[J]. Journal of Animal Science, 1996, 74(4):799–805.
- [23] HOSOI T, AMETANI A, KIUCHI K, et al. Improved growth and viability of *Lactobacilli* in the presence of *Bacillus subtilis* (*natto*), catalase, or subtilisin[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2000, 46 (10):892–897.

## Effects of *Sporolactobacillus* on Performance, Intestinal Development and Microflora of Broilers

LIU Lei<sup>1</sup> ZHU Lixian<sup>2\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2. College of Food Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of dietary *Sporolactobacillus* level on the performance, intestinal development and microflora of broilers. A total of 2 400 one-day-old broiler chickens (Arbor Acres) were randomly allocated to 4 groups with 6 replicates per group and 100 chickens per replicate. The broilers were randomly subjected to one of the following 4 treatments for 42 days: control group (fed a basal diet) and three treatments (fed the basal diet with 200, 100 and 50 mg/kg *Sporolactobacillus*, respectively). The results showed as follows: 1) adding 200 mg/kg *Sporolactobacillus* significantly decreased feed/gain of broilers at weeks 1 to 3 ( $P < 0.05$ ), and adding 100 mg/kg *Sporolactobacillus* significantly decreased feed/gain and mortality of broilers at weeks 1 to 6 ( $P < 0.05$ ). 2) Adding 200 mg/kg *Sporolactobacillus* significantly increased the weight correction length of duodenum and jejunum of broilers on day 21 ( $P < 0.05$ ). Adding 100 mg/kg *Sporolactobacillus* significantly increased the duodenal relative weight of broilers on day 42 ( $P < 0.05$ ). 3) Adding 100 mg/kg *Sporolactobacillus* significantly increased villus length, crypt depth, mucosal thickness and V/C value in jejunum of broilers on day 21 ( $P < 0.05$ ). 4) Adding 200, 100 and 50 mg/kg *Sporolactobacillus* all decreased significantly the number of *E. coli* in chyme of jejunum of broilers ( $P < 0.05$ ). In conclusion, adding both of 200 and 100 mg/kg *Sporolactobacillus* can decrease feed/gain and mortality of broilers, and the effects are better than those of adding 50 mg/kg *Sporolactobacillus*; adding 100 mg/kg *Sporolactobacillus* can improve intestinal development and the function of digestion and absorption; all supplemental levels of *Sporolactobacillus* can inhibit the reproduce of *E. coli* in jejunum of broilers. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(12):2136-2142]

**Key words:** *Sporolactobacillus*; broilers; performance; intestinal development; microflora

\* Corresponding author, associate professor, E-mail: zhlx@sda.u.edu.cn