

# 牛至油替代抗生素和氧化锌对仔猪生长性能、腹泻频率、肠道形态和血浆抗氧化指标的影响

温晓鹿 王 丽 杨雪芬 高开国 蒋宗勇 胡友军\*

(广东省农业科学院动物科学研究所, 畜禽育种国家重点实验室, 农业农村部华南动物营养与饲料重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广州 510640)

**摘要:** 本试验旨在研究牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪生长性能、腹泻频率、肠道形态和血浆抗氧化指标的影响。选取 48 头(21±1)日龄的健康“杜×长×大”断奶仔猪,按体重一致的原则随机分为 2 组,分别为抗生素组、牛至油组,每组 6 个重复,每个重复 4 头猪。抗生素组在基础饲料中添加氧化锌和抗生素混合物,牛至油组在基础饲料中添加牛至油。试验期为 28 d。结果表明:牛至油替代抗生素和氧化锌显著提高了仔猪断奶后第 1~14 天的腹泻频率( $P < 0.05$ ),但对仔猪断奶后第 1~14 天、第 15~28 天和第 1~28 天的平均日增重、平均日采食量、料重比均没有产生显著影响( $P > 0.05$ ),并使断奶后第 1~14 天的平均日增重提高 9.6%,平均日采食量提高 5.5%。牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪十二指肠、空肠、回肠形态均没有产生显著影响( $P > 0.05$ )。牛至油替代抗生素和氧化锌使断奶后第 15 天血浆超氧化物歧化酶(SOD)活性和总抗氧化能力(T-AOC)显著提高( $P < 0.05$ )。上述结果提示,在本试验条件下,牛至油替代抗生素和氧化锌会显著提高仔猪断奶后第 1~14 天的腹泻频率,但对整个试验期内的腹泻频率和生长性能没有显著影响,同时还可提高机体的抗氧化性能。

**关键词:** 牛至油;断奶仔猪;抗生素;氧化锌;生长性能;抗氧化性能

**中图分类号:** S816

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2020)09-4102-08

仔猪早期断奶已经成为现代养猪业中重要的生产技术,然而早期断奶仔猪其肠道发育尚未完善,断奶会改变仔猪的生活环境、饲料类型,破坏仔猪肠道微生态平衡,导致肠道屏障功能障碍,引起仔猪腹泻率增加,降低生长性能<sup>[1-2]</sup>。生产上主要通过添加抗生素和氧化锌来抑制腹泻,提高仔猪的生长性能。然而抗生素长期使用会引起药物残留、环境污染和细菌耐药性等问题<sup>[3]</sup>。欧盟于 2006 年全面禁止抗生素作为饲料添加剂进行使用,我国也将于 2020 年 7 月 1 日停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料<sup>[4]</sup>。因此,寻找合适的抗生素替代

产品已经成为当务之急。此外,长期使用氧化锌会引起畜禽粪便的重金属污染。牛至油是从天然牛至中提取的一种植物精油,研究发现牛至油可提高仔猪的生长性能、抑制有害菌群繁殖,是一种很有潜力的抗生素替代品<sup>[5-7]</sup>。目前国内关于牛至油替代抗生素和氧化锌在仔猪上的应用研究报道的还比较少,而且也没有统一的使用量标准,因此有必要进一步进行系统研究。本试验使用牛至油替代抗生素和氧化锌,探讨牛至油对断奶仔猪生长性能、腹泻频率、肠道形态、血浆抗氧化指标的影响,旨在揭示牛至油在仔猪上的应用效果,为饲用抗生素禁用后仔猪健康养殖提供科学指导。

收稿日期:2020-03-16

基金项目:国家十三五重点研发专项(2018YFD0501100);广东省农业科学院科技创新战略专项(R2016PY-JX007);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-35);广东省现代农业产业技术体系生猪创新团队项目(2019KJ126)

作者简介:温晓鹿(1986—),男,河北衡水人,助理研究员,硕士,研究方向为猪营养与饲料。E-mail: wenzl2013@qq.com

\*通信作者:胡友军,研究员,硕士生导师, E-mail: 61368851@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验选取 48 头体重、胎次相近的(21±1)日龄“杜×长×大”断奶仔猪,按体重一致原则随机分成 2 组,分别为抗生素组和牛至油组,每组 6 个重复,每个重复 4 头猪,每个重复的 4 头猪饲养在同一栏内。试验期为 28 d,分为 2 个阶段:断奶后第 1~14 天为第 1 阶段,第 15~28 天为第 2 阶段。参照我国《猪饲养标准》(NY/T 65—2004) 3~8 kg 和 8~

20 kg 仔猪营养需要量配制玉米-豆粕型基础饲料,其组成及营养水平见表 1。抗生素组在第 1~14 天基础饲料中添加 20 mg/kg 硫酸抗敌素、70 mg/kg 金霉素、30 mg/kg 杆菌肽锌、2 800 mg/kg 氧化锌,在第 15~28 天基础饲料中添加 50 mg/kg 效高素、70 mg/kg 金霉素;牛至油组在第 1~14 天基础饲料中添加 700 mg/kg 牛至油,在第 15~28 天基础饲料中添加 400 mg/kg 牛至油。2 组同阶段试验饲料营养水平一致。

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	第 1~14 天 Days 1 to 14	第 15~28 天 Days 15 to 28
原料 Ingredients		
玉米 Corn	41.65	53.45
面粉 Wheat flour	5.00	5.00
豆粕 Soybean meal	12.00	18.00
膨化大豆 Extruded soybean	6.00	7.50
大豆浓缩蛋白 Soy protein concentrate	4.00	
乳清粉 Whey powder	10.00	4.00
葡萄糖 Glucose	3.00	2.50
蔗糖 Sucrose	3.00	2.50
鱼粉 Fish meal	4.00	1.00
喷雾干燥血浆蛋白粉 Spray-dried plasma protein	2.00	
食盐 NaCl	0.35	0.35
L-盐酸赖氨酸 L-Lys·HCl	0.20	
大豆油 Soybean oil	3.30	
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.60	0.90
石粉 Limestone	0.90	0.80
预混料 Premix <sup>1)</sup>	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
消化能 DE/(MJ/kg)	14.44	13.80
粗蛋白质 CP	19.10	16.83
赖氨酸 Lys	1.47	1.07
蛋氨酸 Met	0.32	0.28
苏氨酸 Thr	0.76	0.63
色氨酸 Trp	0.23	0.19
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.64	0.56
钙 Ca	0.82	0.74
总磷 TP	0.55	0.50
有效磷 AP	0.40	0.33

1) 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets: Fe 100 mg, Cu 6 mg, Zn 100 mg, Mn 4 mg, Se 0.3 mg, I 0.14 mg, VA 11 000 IU, VD 1 100 IU, VE 80 IU, VK 2.5 mg, VB<sub>1</sub> 5 mg, VB<sub>2</sub> 16 mg, VB<sub>3</sub> 150 mg, VB<sub>6</sub> 35 mg, VB<sub>12</sub> 0.1 mg, 叶酸 folic acid 1.5 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 50 mg, 氯化胆碱 choline chloride 1 g, 赖氨酸 lysine 2 g。

2) 计算值 Calculated value。

### 1.2 动物饲养及样品采集

试验动物每天分别于 08:00 与 16:00 投料,

共饲喂 2 次,试验期间仔猪自由采食、饮水。分别于第 1 阶段和第 2 阶段结束前 1 天 20:00 断料,第

2天08:00称重,每个重复选取1头与平均体重相近的仔猪颈静脉采集抗凝血10 mL,3 000 r/min、4℃离心10 min后分装血浆,-80℃冷冻保存。在第2阶段采集血液之后,每头仔猪颈静脉注射戊巴比妥钠溶液麻醉后屠宰,采集十二指肠、空肠、回肠中段各2 cm肠段,经磷酸盐缓冲液(PBS)冲洗后,放入4%的中性甲醛中进行固定。

### 1.3 指标测定

#### 1.3.1 生长性能

试验期间准确记录每天每栏的采食量,并分别在试验第1、15、29天早上对仔猪进行空腹称

重,计算试验第1~14天(第1阶段)、第15~28天(第2阶段)、第1~28天(全期)的平均日增重、平均日采食量和料重比。

#### 1.3.2 腹泻频率

每天早上和下午喂料前,观察仔猪粪便,参照文献[8]的方法对仔猪粪便进行评分,评分标准见表2,评分为2、3时记为腹泻。以栏为单位统计仔猪腹泻频率,计算公式如下:

$$\text{腹泻频率}(\%) = 100 \times \frac{\sum(\text{仔猪腹泻天数} \times \text{腹泻仔猪头数})}{(\text{试验仔猪总头数} \times \text{正试期天数})}$$

表2 粪便评分标准

Table 2 Fecal score standard

腹泻程度 Diarrhea degree	粪便外观 Appearance	含水量 Moisture content/%	评分 Score
正常(无腹泻) Normal (no diarrhea)	条形或粒状	<70	0
轻度腹泻 Mild diarrhea	软粪、能成形	70~75	1
中度腹泻 Moderate diarrhea	稠状、不成形、粪水未分离	75~80	2
严重腹泻 Severe diarrhea	液状、不成形、粪水分离	>80	3

#### 1.3.3 血浆抗氧化指标

血浆中超氧化物歧化酶(SOD)活性、总抗氧化能力(T-AOC)以及还原型谷胱甘肽(GSH)、丙二醛(MDA)含量均采用试剂盒(南京建成生物工程研究所)测定。

#### 1.3.4 肠道形态

各肠段经10%甲醛溶液固定后,常规酒精脱水,石蜡包埋,切片厚度6 μm,然后经苏木精-伊红(HE)染色,采用ScionImage图像分析处理系统拍照,每个样品观察3张不连续性切片,每个样品各测10个绒毛高度和隐窝深度,计算每个肠段的绒毛高度、隐窝深度、绒毛高度/隐窝深度。

### 1.4 数据统计与分析

试验数据采用Excel 2010进行整理,并采用SAS 8.1软件的t检验进行组间试验数据分析, $P < 0.05$ 时为差异显著。结果以平均值±标准误表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪生长性能和腹泻频率的影响

由表3可知,牛至油替代抗生素和氧化锌对

仔猪断奶后第1~14天、第15~28天和第1~28天的平均日增重、平均日采食量、料重比均没有产生显著影响( $P > 0.05$ ),并使仔猪断奶后第1~14天的平均日增重提高9.6%( $P > 0.05$ ),平均日采食量提高5.5%( $P > 0.05$ );但是,牛至油替代抗生素和氧化锌显著提高了仔猪断奶后第1~14天的腹泻频率( $P < 0.05$ )。

### 2.2 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪肠道形态的影响

由表4可知,牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪十二指肠、空肠、回肠的绒毛高度、隐窝深度、绒毛高度/隐窝深度均没有产生显著影响( $P > 0.05$ )。

### 2.3 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪血浆抗氧化指标的影响

由表5可知,牛至油替代抗生素和氧化锌显著提高仔猪断奶后第15天的血浆SOD活性和T-AOC( $P < 0.05$ ),但未显著影响仔猪断奶后第15天血浆GSH和MDA含量( $P > 0.05$ )。牛至油替代抗生素和氧化锌对仔猪断奶后第29天血浆SOD活性、T-AOC以及GSH和MDA含量均没有产生显著影响( $P > 0.05$ )。

表 3 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪生长性能和腹泻频率的影响

Table 3 Effects of oregano oil instead of antibiotic and zinc oxide on growth performance and diarrhea frequency of weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	牛至油组 Oregano oil group	P 值 P-value
第 1~14 天 Days 1 to 14			
初重 IBW/kg	6.66±0.04	6.64±0.02	0.67
平均日增重 ADG/kg	0.239±0.013	0.262±0.016	0.38
平均日采食量 ADFI/kg	0.345±0.016	0.364±0.021	0.48
料重比 F/G	1.444±0.031	1.389±0.051	0.69
腹泻频率 Diarrhea frequency/%	4.07±1.10 <sup>b</sup>	6.51±1.21 <sup>a</sup>	0.04
第 15~28 天 Days 15 to 28			
末重 FBW/kg	16.18±0.28	16.68±0.48	0.92
平均日增重 ADG/kg	0.441±0.012	0.442±0.018	0.96
平均日采食量 ADFI/kg	0.681±0.012	0.687±0.029	0.86
料重比 F/G	1.544±0.026	1.555±0.028	1.00
腹泻频率 Diarrhea frequency/%	1.85±0.62	2.15±0.21	0.75
第 1~28 天 Days 1 to 28			
平均日增重 ADG/kg	0.340±0.012	0.352±0.017	0.63
平均日采食量 ADFI/kg	0.513±0.012	0.526±0.023	0.64
料重比 F/G	1.509±0.025	1.472±0.028	0.84
腹泻频率 Diarrhea frequency/%	2.96±0.86	4.33±0.71	0.11

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 相同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.

表 4 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪肠道形态的影响

Table 4 Effects of oregano oil instead of antibiotic and zinc oxide on intestinal morphology of weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	牛至油组 Oregano oil group	P 值 P-value
绒毛高度 Villus height/ $\mu\text{m}$			
十二指肠 Duodenum	372±14	389±17	0.24
空肠 Jejunum	354±4	374±11	0.79
回肠 Ileum	311±16	294±20	0.28
隐窝深度 Crypt depth/ $\mu\text{m}$			
十二指肠 Duodenum	330±10	324±17	0.19
空肠 Jejunum	250±5	244±10	0.57
回肠 Ileum	255±16	240±19	0.26
绒毛高度/隐窝深度 V/C			
十二指肠 Duodenum	1.19±0.04	1.20±0.09	0.53
空肠 Jejunum	1.42±0.03	1.53±0.10	0.56
回肠 Ileum	1.23±0.04	1.24±0.09	0.87

### 3 讨论

#### 3.1 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪生长性能和腹泻频率的影响

牛至油是从植物牛至中提取出来的一种纯天然

新型广谱药物添加剂,其由香芹酚、百里香酚等多种抗菌成分组成。研究表明,饲料添加牛至油能够显著提高断奶仔猪的生长性能,降低粪便中大肠杆菌的数量,有降低抗生素使用量和替代抗生素的潜力<sup>[9]</sup>。李方方等<sup>[10]</sup>的研究也显示饲料中

添加植物精油(主要成分香芹酚、百里香酚)可显著提高仔猪的平均日增重和营养物质消化率,降低料重比。此外,还有研究发现牛至油能有效控制大肠杆菌 O157:H7 的增殖<sup>[11]</sup>,缓解由脂多糖(LPS)引起的仔猪断奶应激,抑制炎症细胞因子合成<sup>[12]</sup>。本研究发现,饲料中添加牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪试验各阶段的平均日采食量、平均日增重、料重比均没有产生显著影响,但是第1~14天牛至油组的平均日增重比抗生素组提高9.6%,说明牛至油在促生长上的效果稍优于抗生素;牛至油替代抗生素和氧化锌后仔猪断奶第1~14天的腹泻频率显著提高,但是对仔猪全期的腹泻频率没有显著影响,这表明牛至油有一定的抗腹泻效果,但是效果不如抗生素和氧化锌。牛至油的促生长机理可能是其具有特殊的芳香性气味,能够促进食欲,提高采食量,同时刺激肠道消化酶分泌,提高饲料利用效率<sup>[13-14]</sup>。李兰海<sup>[6]</sup>

报道,饲料中添加牛至油替代硫酸黏菌杆菌素后,断奶仔猪的平均日增重、料重比和腹泻率未发生显著变化。Li等<sup>[15]</sup>研究表明,饲料中添加100 mg/kg牛至油替代抗生素(150 mg/kg金霉素、80 mg/kg硫酸黏杆菌素、50 mg/kg吉他霉素)后,断奶仔猪的平均日增重、平均日采食量和料重比均无显著变化。周选武<sup>[16]</sup>报道,饲料中添加植物精油(主要成分百里香酚、肉桂醛)替代硫酸黏菌杆菌素能够提高仔猪的平均日增重和干物质消化率。本试验中,牛至油组第1~14天的腹泻频率显著高于抗生素组,可能由于抗生素组第1~14天饲料中添加了抗生素组合金霉素、硫酸抗敌素和杆菌肽锌,并且添加了具有极强抗腹泻功能的氧化锌,该组合抗腹泻效果非常好,牛至油不能达到相同的效果,而在其他研究中抗生素组没有添加氧化锌,而且其抗生素组合也较单一。

表5 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪血浆抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of oregano oil instead of antibiotic and zinc oxide on plasma antioxidant indices of weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	牛至油组 Oregano oil group	P值 P-value
第15天 Day 15			
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	35.76±4.72 <sup>b</sup>	49.53±1.89 <sup>a</sup>	0.02
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	1.51±0.20 <sup>b</sup>	2.00±0.07 <sup>a</sup>	0.05
还原型谷胱甘肽 GSH/(mg/L)	8.18±0.15	8.40±1.08	0.88
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	1.89±0.27	1.79±0.26	0.79
第29天 Day 29			
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	52.64±2.92	52.50±3.81	0.98
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	1.95±0.26	1.89±0.22	0.85
还原型谷胱甘肽 GSH/(mg/L)	12.06±1.06	13.28±1.40	0.50
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	1.87±0.22	1.99±0.16	0.66

### 3.2 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪肠道形态的影响

肠道绒毛高度、隐窝深度和绒毛高度/隐窝深度是衡量肠道健康和肠道完整性的重要指标<sup>[17]</sup>。断奶应激会破坏肠道的黏膜形态,降低绒毛高度,影响仔猪的生长性能。肠道绒毛萎缩的主要原因是细胞凋亡率或程序性死亡增加和更新率降低<sup>[18]</sup>。抗生素和氧化锌在促进仔猪生长和维持肠道健康上有显著效果,但是其带来的重金属污染和细菌耐药性的问题愈加严重。本研究发现饲料中添加牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪十

二指肠、空肠、回肠形态均无显著影响,说明牛至油在改善仔猪肠道健康上与抗生素和氧化锌的效果相似。Zeng等<sup>[19]</sup>研究发现在低能量饲料中添加250 mg/kg牛至油可显著提高断奶仔猪空肠的绒毛高度。宋转等<sup>[17]</sup>报道,在LPS攻毒的条件下,饲料中添加复合精油可显著提高仔猪空肠、回肠的绒毛高度和空肠的绒毛高度/隐窝深度。另有研究也报道饲料中添加牛至油可显著提高育肥猪空肠的绒毛高度<sup>[20]</sup>。牛至油可能通过调节肠道微生态降低有害细菌对肠道黏膜的损伤。研究表明大肠杆菌等有害菌会破坏仔猪肠道结构,降低

仔猪肠道的绒毛高度<sup>[21]</sup>。而牛至油能够有效抑制大肠杆菌、沙门氏菌等有害菌的增殖,对肠道菌群产生积极的调节作用<sup>[22]</sup>。

### 3.3 牛至油替代抗生素和氧化锌对断奶仔猪血浆抗氧化指标的影响

机体的抗氧化能力与动物的健康状况有着密切关系,正常情况下氧化系统和抗氧化系统共同调控自由基的生成和消除,保证自由基在正常水平;而当机体受到外界应激时,氧化平衡状态会被破坏,导致动物产生氧化应激,降低动物的生长性能<sup>[23-24]</sup>。仔猪断奶会引起氧化应激,影响其免疫能力和健康状况。SOD、T-AOC 和 CAT 是抗氧化防御系统的重要组成部分,机体主要依靠 SOD 和 CAT 等清除自由基或脂质过氧化物<sup>[25]</sup>。MDA 是体内脂质过氧化的终产物。本研究发现,饲料中添加牛至油替代抗生素和氧化锌显著提高了仔猪血浆 T-AOC 和 SOD 活性,与相关研究结果一致。宋军帅等<sup>[24]</sup>报道,饲料中添加 200 mg/kg 植物精油显著提高了血浆 T-AOC 和 SOD 活性。张玲玲等<sup>[26]</sup>也发现,植物精油(主要成分为肉桂醛、百里香酚)能显著提高仔猪断奶第 14 天血清 T-AOC,降低 MDA 含量。Zeng 等<sup>[19]</sup>报道,牛至油可显著提高断奶仔猪血浆中 T-AOC 和 SOD 活性。T-AOC 反映体内的非酶抗氧化防御系统,其升高说明牛至油在防止内源性脂质过氧化和氧化上发挥了重要作用<sup>[27]</sup>。SOD 催化超氧阴离子生成过氧化氢和分子氧,其活性提高说明牛至油提高了机体的抗氧化性能。牛至油发挥抗氧化作用的成分为萜烯类和酚酸类化合物,萜烯类化合物含有异戊二烯骨架,具有较强的还原性,酚酸类化合物苯环上的酚羟基为其抗氧化活性基团,可以通过脱氢反应清除烷氧自由基发挥抗氧化作用<sup>[28-29]</sup>。

## 4 结 论

牛至油替代抗生素和氧化锌虽使仔猪断奶后第 1~14 天的腹泻频率显著增加,但是未对生长性能产生显著影响,同时还提高了机体的抗氧化性能,因此牛至油具有替代抗生素和氧化锌的潜在价值。

### 参考文献:

[1] WU Y P, JIANG Z Y, ZHENG C T, et al. Effects of protein sources and levels in antibiotic-free diets on di-

arrhea, intestinal morphology, and expression of tight junctions in weaned piglets [J]. *Animal Nutrition*, 2015, 1(3): 170-176.

[2] SALISBURY J G, NICHOLLS T J, LAMMERDING A M, et al. A risk analysis framework for the long-term management of antibiotic resistance in food-producing animals [J]. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2002, 20(3): 153-164.

[3] DAVIS M E, BROWN D C, BAKER A, et al. Effect of direct-fed microbial and antibiotic supplementation on gastrointestinal microflora, mucin histochemical characterization, and immune populations of weaning pigs [J]. *Livestock Science*, 2007, 108(1): 249-253.

[4] 中华人民共和国农业农村部公告第 194 号 [J]. *饲料与畜牧*, 2019(8): 9.

[5] MANZANILLA E G, PEREZ J F, MARTIN M, et al. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82: 3210-3218.

[6] 李兰海. 酸化剂和牛至油替代硫酸黏杆菌素对断奶仔猪的影响 [D]. 硕士学位论文. 南昌: 江西农业大学, 2018.

[7] 方秋红, 侯永清, 赵迪, 等. 植物精油对断奶仔猪生长性能及血液生化指标的影响 [J]. *饲料工业*, 2014, 35(17): 44-47.

[8] MARQUARDT R R, JIN L Z, KIM J W, et al. Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets [J]. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 1999, 23(4): 283-288.

[9] 韩庆功, 宋云义, 崔艳红, 等. 牛至油对仔猪生产性能、抗体水平及粪便微生物的影响 [J]. *河南农业科学*, 2016, 45(7): 113-117.

[10] 李方方, 杨晶晶, 张瑞阳, 等. 植物精油对断奶仔猪生长性能、血清生化指标及养分表观消率的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(3): 1428-1433.

[11] AL-MARIRI A, SAFI M. *In vitro* antibacterial activity of several plant extracts and oils against some gram-negative bacteria [J]. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 2014, 39(1): 36-43.

[12] 徐海旺, 余魁, 吴梦郡, 等. 复合植物精油对脂多糖诱导的断奶仔猪免疫应激的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45(8): 2197-2203.

[13] JANG I S, KO Y H, KANG S Y, et al. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens [J]. *Animal Feed Science and*

- Technology, 2007, 134(3/4):304-315.
- [14] LEE K W, EVERTS H, KAPPERT H J, et al. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens [J]. *British Poultry Science*, 2003, 44(3):450-457.
- [15] LI P, PIAO X, RU Y, et al. Effects of adding essential oil to the diet of weaned pigs on performance, nutrient utilization, immune response and intestinal health [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2012, 25(11):1617-1626.
- [16] 周选武. 植物精油在经产母猪及断奶仔猪上的应用效果研究 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2018.
- [17] 宋转, 赵广宇, 董毅, 等. 复合植物精油对脂多糖刺激断奶仔猪肠道形态结构和抗氧化能力的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2019, 46(3):684-689.
- [18] PEETSCHWERING C M C V D, JANSMAN A J M, SMIDT H, et al. Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(11):3099-3109.
- [19] ZENG Z, XU X, ZHANG Q, et al. Effects of essential oil supplementation of a low-energy diet on performance, intestinal morphology and microflora, immune properties and antioxidant activities in weaned pigs [J]. *Animal Science Journal*, 2015, 86(3):279-285.
- [20] ZOU Y, XIANG Q, WANG J, et al. Oregano essential oil improves intestinal morphology and expression of tight junction proteins associated with modulation of selected intestinal bacteria and immune status in a pig model [J]. *BioMed Research International*, 2016; doi.org/10.1155/2016/5436738.
- [21] YANG K M, JIANG Z Y, ZHENG C T, et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* on diarrhea and intestinal barrier function of young piglets challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 [J]. *Journal of Animal Science*, 2014, 92(4):1496-1503.
- [22] 张文娟, 王金虎. 新型植物抗生素——牛至油的研究进展 [J]. *现代畜牧科技*, 2015(1):128-130.
- [23] 冷炜博, 刘玉兰, 李爽, 等. 天冬氨酸对脂多糖刺激断奶仔猪肠道形态结构和黏膜抗氧化能力的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2014, 50(11):32-36.
- [24] 宋军帅, 张文飞, 林小峰, 等. 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪生长性能、血清生化指标及抗氧化性能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(8):3776-3783.
- [25] ZHENG P, YU B, LV M, et al. Effects of oxidative stress induced by diquat on arginine metabolism of postweaning pigs [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2009, 23(1):98-105.
- [26] 张玲玲. 有机酸与植物精油微囊缓释制剂对断奶仔猪生长及肠道健康的影响 [D]. 硕士学位论文. 杭州: 浙江农林大学, 2018.
- [27] WANG Y, XU C, AN Z H, et al. Effect of dietary bovine lactoferrin on performance and antioxidant status of piglets [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 140(3):326-336.
- [28] CHEN Q, LE G W, SHI Y H, et al. Effect of iron supplementation on intestinal function and oxidative stress in piglets with induced colitis [J]. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2007, 16(2):205-213.
- [29] YIN J, DUAN J, CUI Z, et al. Hydrogen peroxide-induced oxidative stress activates NF- $\kappa$ B and Nrf2/Keap1 signals and triggers autophagy in piglets [J]. *Research Advances*, 2015, 5(20):15479-15486.

## Effects of Oregano Oil Instead of Antibiotics and Zinc Oxide on Growth Performance, Diarrhea Frequency, Intestinal Morphology and Plasma Antioxidant Indices of Weaned Piglets

WEN Xiaolu WANG Li YANG Xuefen GAO Kaiguo JIANG Zongyong HU Youjun\*

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China of Ministry of Agriculture, State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of oregano oil instead of antibiotic and zinc oxide on growth performance, diarrhea frequency, intestinal morphology and plasma antioxidant indices of weaned piglets. Forty-eight “Duroc×Landrace×Yorkshire” weaned piglets at the age of (21±1) days were randomly allotted to 2 groups (antibiotic group and oregano oil group) with 6 replicates, and 4 piglets per replicate. In antibiotic group, zinc oxide and antibiotic mixture were added in a basal diet, while in oregano oil group, oregano oil was added in the basal diet. The test period was 28 days. The results showed that oregano oil instead of antibiotics and zinc oxide significantly increased the diarrhea frequency of piglets on days 1 to 14 post-weaning ( $P<0.05$ ), but had no significant effects on average daily gain, average daily feed intake and feed/gain of piglets on days 1 to 14, days 15 to 28 and days 1 to 28 post-weaning ( $P>0.05$ ). Compared with the antibiotics group, the average daily gain of piglets on days 1 to 14 post-weaning increased by 9.6%, and the average daily feed intake increased by 5.5%. Oregano oil instead of antibiotics and zinc oxide had no significant effects on the morphology of duodenum, jejunum and ileum of piglets ( $P>0.05$ ). On day 15 post-weaning, the superoxide dismutase (SOD) activity and total antioxidant capacity (T-AOC) in plasma were significantly increased when oregano oil instead of antibiotics and zinc oxide ( $P<0.05$ ). Therefore, under the condition of this experiment, oregano oil instead of antibiotics and zinc oxide significantly increases the diarrhea frequency on days 1 to 14 post-weaning, but does not affect the growth performance and diarrhea frequency of while period, as well as improves the antioxidant performance of weaned piglets. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(9):4102-4109]

**Key words:** oregano oil; weaned piglets; antibiotics; zinc oxide; growth performance; antioxidant performance