

# 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

宋军帅<sup>1,2</sup> 张文飞<sup>1\*</sup> 林小峰<sup>1</sup> 管武太<sup>1\*\*</sup> 张世海<sup>1</sup> 陈芳<sup>1</sup> 邓跃林<sup>1</sup>

(1.华南农业大学动物科学学院,广州 510642; 2.广东长江食品集团有限公司,台山 529299)

**摘要:** 本试验旨在研究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、抗氧化性能及免疫性能的影响。试验选用 396 头 35 日龄平均体重为(9.60±0.30) kg 的健康“杜×长×大”断奶仔猪,根据体重、性别及健康状况等均衡分布原则随机分为 3 组:抗生素组(基础饲料+96 mg/kg 延胡索酸泰妙菌素+75 mg/kg 金霉素+200 mg/kg 吉他霉素)、试验 A 组(基础饲料+150 mg/kg 复合植物精油)、试验 B 组(基础饲料+200 mg/kg 复合植物精油),每组 6 个重复,每个重复 22 头仔猪。试验期 35 d。结果表明:1)与抗生素组相比,饲料中添加 200 mg/kg 复合植物精油不仅显著提高仔猪平均日增重( $P<0.05$ )、血清中总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性和总抗氧化能力(T-AOC)( $P<0.05$ ),而且还能够显著提高仔猪血清中免疫球蛋白 G(IgG)含量( $P<0.05$ )。2)与抗生素组相比,饲料中添加 150 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪血清白蛋白含量( $P<0.05$ )。综上所述,饲料中添加 200 mg/kg 的复合植物精油具有增强断奶后仔猪健康、促进生长、提高机体抗氧化及免疫力的功效。因此,复合植物精油在断奶仔猪上具有潜在的利用价值。

**关键词:** 复合植物精油;断奶仔猪;生长性能;血清生化指标;抗氧化指标

**中图分类号:** S828

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2019)08-3776-08

仔猪断奶后由于消化机能发育不完善、机体免疫力低下、胃肠道微生态平衡脆弱等,易诱发腹泻,导致仔猪出现早期断奶综合征,严重甚至导致死亡,给我国养殖业带来严重的经济损失<sup>[1-3]</sup>。抗生素具有促生长、降低腹泻的功效<sup>[4]</sup>,在饲料中添加可以有效解决这一问题,但长期大量使用抗生素带来的药物残留、细菌耐药性及污染环境等问题也严重危害着食品安全和人类健康<sup>[5-7]</sup>。随着国内禁抗形势的发展,寻找更加安全、绿色、有效的抗生素替代品成为当前科研工作者最主要的工作任务之一,也成为现阶段的研究热点。

植物精油(essential oil, EO)是一类从植物中

提取出的含有挥发油类的物质,主要由萜类、醇类、酮类和醛类等组成的混合物<sup>[8]</sup>,含有多种活性成分,具有广泛的生物学活性,如杀菌<sup>[9]</sup>、抗炎<sup>[10-11]</sup>、抗氧化<sup>[12]</sup>、增强免疫力<sup>[13]</sup>、抗病毒<sup>[14-15]</sup>等。植物精油代替抗生素在动物生产中的应用已被广泛证实<sup>[16-20]</sup>,其不仅能有效提高动物的生长性能、降低动物腹泻率、增强机体消化酶活性,在改善肠道健康、提高抗氧化及增强免疫力方面也有很好的效果<sup>[21-24]</sup>,是目前最具有潜力的抗生素替代品之一。但目前国内外关于多种植物精油在断奶仔猪饲料中配合使用的研究却鲜有报道。因此,本试验旨在研究饲料中添加 6 种复合植物精

收稿日期:2019-01-24

基金项目:广东省生猪产业技术体系岗位专家研究专项

作者简介:宋军帅(1977—),男,河南平顶山人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: 1101529942@qq.com

\* 同等贡献作者

\*\* 通信作者:管武太,教授,博士生导师,E-mail: wtguan@scau.edu.cn

油对断奶仔猪生长性能、血清生化指标、抗氧化性能及免疫性能的影响,为其在仔猪中的应用提供科学的理论依据和参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

复合植物精油主要有效成分为 3.0% 桉树精油、2.0% 香芹精油、0.5% 百里香精油、0.1% 柠檬精油、0.1% 大蒜精油、5.0% 薄荷精油等,由四川诺本生物科技有限公司提供。

### 1.2 试验设计与饲养管理

试验采用单因子试验设计,选用 396 头 35 日龄平均体重为  $(9.60 \pm 0.30)$  kg 的健康“杜×长×大”断奶仔猪,根据体重、性别及健康状况等均衡分布原则随机分为 3 组,抗生素组(基础饲料+96 mg/kg 延胡索酸泰妙菌素+75 mg/kg 金霉素+200 mg/kg 吉他霉素)、试验 A 组(基础饲料+150 mg/kg 复合植物精油)、试验 B 组(基础饲料+200 mg/kg 复合植物精油),每组 6 个重复,每个重复 22 头仔猪。试验期 35 d。

饲养试验在广东长江食品集团公司汶村猪场进行。各组每天 08:00、11:00、14:00、17:00 饲喂,自由采食和饮水,日常管理及防疫按猪场常规程序进行。猪场实行规模化生产,防疫及管理各项工作科学规范,且配套设施齐全,满足本试验的要求。

### 1.3 试验饲料

试验饲料为玉米-豆粕型基础饲料,其各项营养指标均满足 NRC(2012)断奶仔猪的营养需求,基础饲料组成及营养水平见表 1。

### 1.4 指标测定及方法

#### 1.4.1 生长性能

分别于试验开始和结束时对仔猪空腹称重,记录初重、末重、日采食量,以计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料重比(F/G),每天观察仔猪腹泻发生情况以及死亡状况,记录腹泻头次、死亡头数。

$$\text{腹泻率}(\%) = \left[ \frac{\text{试验期内每日腹泻头数之和}}{\text{试验天数} \times \text{试验头数}} \right] \times 100。$$

#### 1.4.2 血清生化指标、免疫指标及抗氧化指标

在试验结束时每个重复选 1 头接近平均体重的断奶仔猪,10 mL 一次性注射器空腹前腔静脉采血 10 mL,迅速转移至 10 mL 离心管中,室温下

倾斜静置 1 h 后,3 000 r/min 离心 15 min,分离血清,-20 °C 冰箱保存待测。

表 1 基础饲料组成及营养水平(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	50.50
小麦标粉 Wheat powder	7.51
豆粕 Soybean meal	14.00
膨化大豆 Extruded soybean	12.00
鱼粉 Fish meal	2.50
乳清粉 Whey powder	5.00
葡萄糖 Glucose	1.25
蔗糖 Sucrose	2.50
豆油 Soybean oil	1.00
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	0.50
甲酸钙 Calcium formate	1.25
氯化钠 NaCl	0.30
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.10
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.25
DL-蛋氨酸 DL-methionine	0.12
L-苏氨酸 L-threonine	0.12
L-色氨酸 L-tryptophan	0.10
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)	14.62
粗蛋白质 CP	17.92
钙 Ca	0.91
总磷 TP	0.80
有效磷 AP	0.57
赖氨酸 Lys	1.16
蛋氨酸 Met	0.40
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.71
苏氨酸 Thr	0.79
色氨酸 Trp	0.30

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 6 000 IU, VD<sub>3</sub> 3 500 IU, VE 22.5 mg, VK<sub>3</sub> 3 mg, VB<sub>1</sub> 0.8 mg, VB<sub>2</sub> 6.4 mg, VB<sub>6</sub> 5 mg, 烟酸 nicotinic acid 14 mg, 泛酸 pantothenic acid 13.8 mg, 叶酸 folic acid 0.2 mg, Cu 25 mg, Fe 150 mg, Zn 150 mg, Mn 40 mg, I 2 mg, Se 0.5 mg。

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

血清生化指标:总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、

尿素氮(UN)含量及碱性磷酸酶(AKP)、铜蓝蛋白(CP)活性。采用试剂盒测定,试剂盒购于南京建成生物工程研究所,操作按说明书进行。

血清抗氧化指标:总超氧化物歧化酶(T-SOD)、铜锌超氧化物歧化酶(Cu/Zn-SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性及总抗氧化能力(T-AOC)和丙二醛(MDA)含量。采用试剂盒测定,试剂盒购于南京建成生物工程研究所,操作按说明书进行。

血清免疫指标:免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)含量,均采用酶联免疫吸附测定(ELISA)试剂盒测定,试剂盒购于武汉华美生物工程有限公司,操作按说明书进行。

表2 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of adding compound plant essential oils on growth performance in weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	试验 A 组 Test group A	试验 B 组 Test group B
始重 Initial weight/kg	9.68±0.49	9.71±0.50	9.67±0.47
末重 Final weight/kg	18.45±0.55	19.12±0.32	19.45±0.33
平均日采食量 ADFI/g	534.96±12.30	557.18±9.27	560.43±4.56
平均日增重 ADG/g	313.18±9.30 <sup>b</sup>	336.03±7.71 <sup>ab</sup>	348.95±10.39 <sup>a</sup>
料重比 F/G	1.71±0.03	1.66±0.05	1.61±0.06
腹泻率 Diarrhea rate/%	6.19±1.21	5.60±1.03	5.24±0.61
死亡率 Death rate/%	5.69±1.13	4.50±0.10	4.60±0.10

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 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表3可知,与抗生素组相比,饲料中添加150 mg/kg复合植物精油使仔猪的血清白蛋白含

## 1.5 数据处理及分析

试验数据采用SPSS 19.0统计软件进行ANOVA分析,并采用LSD法进行多重比较,结果均以平均值±标准误表示, $P<0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪生长性能的影响

由表2可知,与抗生素组相比,饲料中添加200 mg/kg复合植物精油使仔猪平均日增重提高11.42% ( $P<0.05$ )。各组在仔猪料重比、腹泻率上无显著差异( $P>0.05$ )。

量提高11.72% ( $P<0.05$ )。各组在血清总蛋白、尿素氮含量及碱性磷酸酶、铜蓝蛋白活性上无显著差异( $P>0.05$ )。

表3 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 3 Effects of adding compound plant essential oils on serum biochemical indexes in weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	试验 A 组 Test group A	试验 B 组 Test group B
总蛋白 TP/(g/L)	49.54±1.08	50.36±1.25	51.74±1.01
白蛋白 ALB/(g/L)	28.93±1.90 <sup>b</sup>	32.32±2.04 <sup>a</sup>	29.80±0.90 <sup>ab</sup>
尿素氮 UN/(mmol/L)	1.85±0.17	1.67±0.18	1.71±0.18
碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)	18.19±2.24	17.77±2.81	17.94±2.26
铜蓝蛋白 CP/(U/L)	30.17±0.67	30.79±0.97	31.43±0.69

### 2.3 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知, 与抗生素组相比, 饲料中添加 200 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪血清总

超氧化物歧化酶活性 ( $P < 0.05$ ), 同时显著提高仔猪的总抗氧化能力 ( $P < 0.05$ )。各组在血清铜锌超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性和丙二醛含量上无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 4 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of adding compound plant essential oils on serum antioxidant indexes in weaned piglets

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	试验 A 组 Test group A	试验 B 组 Test group B
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	65.15±1.67 <sup>b</sup>	67.23±1.25 <sup>ab</sup>	68.56±2.60 <sup>a</sup>
铜锌超氧化物歧化酶 Cu/Zn SOD/(U/mL)	50.45±0.65	51.18±2.36	52.36±1.69
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	2.21±0.45	2.36±0.14	2.67±0.23
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	2.35±0.62 <sup>b</sup>	2.34±0.61 <sup>ab</sup>	2.78±0.57 <sup>a</sup>
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	2.34±0.65	2.03±0.62	2.25±0.78

### 2.4 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清免疫球蛋白含量的影响

由表 5 可知, 与抗生素组相比, 饲料中添加 200 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪血清免

疫球蛋白 G 含量 ( $P < 0.05$ )。各组在血清免疫球蛋白 M、免疫球蛋白 A 含量上无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 5 饲料中添加复合植物精油对断奶仔猪血清免疫球蛋白含量的影响

Table 5 Effects of adding compound plant essential oils on serum immunoglobulin contents in weaned piglets g/L

项目 Items	抗生素组 Antibiotics group	试验 A 组 Test group A	试验 B 组 Test group B
免疫球蛋白 G IgG	2.46±0.16 <sup>b</sup>	3.52±0.13 <sup>ab</sup>	3.86±0.15 <sup>a</sup>
免疫球蛋白 M IgM	0.26±0.03	0.26±0.01	0.28±0.02
免疫球蛋白 A IgA	1.02±0.05	1.16±0.04	1.28±0.05

## 3 讨论

随着早期断奶技术的应用而诱发的“仔猪早期断奶综合征”, 不仅会影响仔猪的生长性能, 导致仔猪采食量下降、日增重降低、腹泻频发、免疫功能低下, 同时仔猪还易受到环境、饲料等外界因素的刺激, 使仔猪机体受到严重损害, 影响其正常生长发育, 严重的甚至出现死亡<sup>[25-27]</sup>。

高效的消化代谢吸收能力是动物机体保持健康的基础, 许多研究表明, 饲料中添加适宜的植物精油能提高肠道消化酶活性<sup>[28]</sup>, 促进有益菌的生长, 有效改善肠道菌群结构, 抑制有害菌的繁殖<sup>[29]</sup>, 同时通过缓解体内炎症反应<sup>[30]</sup>、增强机体抗氧化能力来提高免疫力<sup>[31-32]</sup>, 减少腹泻率的发生, 从而达到促进动物健康生长的目的。周选武等<sup>[33]</sup>研究结果显示, 与添加硫酸黏杆菌素相比, 断

奶仔猪饲料中添加百里香酚+肉桂醛精油能显著提高仔猪的平均日增重, 降低料重比, 有效减缓断奶对仔猪造成的应激反应。Huang 等<sup>[34]</sup>研究表明, 饲料中添加 0.1% 的混合植物精油能够显著提高断奶仔猪的平均日增重及干物质、能量表观消化率, 但对平均日采食量及料重比无显著影响。刘猛<sup>[35]</sup>在断奶仔猪饲料中添加植物精油提取物 (15% 麝香草酚、5% 肉桂醛) 的研究表明, 添加 0.015% 的植物精油能够极显著提高仔猪平均日增重和平均日采食量, 显著降低腹泻率及肠道有害菌群数量。周明等<sup>[36]</sup>研究了肉桂醛替代断奶仔猪饲料中金霉素和杆菌肽锌的影响, 结果显示, 添加 600 mg/kg 的肉桂醛替代这 2 种抗生素后, 不仅不会对仔猪的生长性能造成负面影响, 而且还能够显著提高仔猪的平均日增重, 显著降低腹泻率和腹泻指数。

本试验结果表明,与抗生素组相比,饲料中添加 200 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪平均日增重。添加复合植物精油均能使断奶仔猪料重比、腹泻率有所降低,但差异不显著;添加复合植物精油能使断奶仔猪平均日采食量升高,但差异也不显著。该研究结果与前人的研究结论基本一致,但存在一些微小的差异,可能原因如下:1)在试验设计上没有设计空白饲料对照组,未能够更加深入的比较;2)与前人文献相比,本次试验仔猪体重略微大,受断奶应激已比较小;3)与前人文献相比,在使用的精油成分种类及添加量上存在不同,导致效果不一。

血液相关指标的变化在一定程度上可以反映机体的新陈代谢状况及健康水平。血清中总蛋白主要由白蛋白和球蛋白组成,与机体蛋白质的吸收和代谢有着密切的联系。血清白蛋白含量占总蛋白含量的 50%~60%,其功能主要是维持血管内渗透压(占血浆胶体渗透压的 75%),血清白蛋白由肝脏合成,在体内代谢物质运输、维持血液胶体渗透压、修补组织、营养和提供能量等方面发挥着重要的作用。

方秋红等<sup>[37]</sup>比较研究了肉桂油、牛至油、百里香油、茶树油的最小抑菌浓度(MIC),结果显示肉桂油对大肠杆菌和沙门氏菌的抑菌能力最强。后续的饲养试验也表明,在饲料中添加 50 mg/kg 肉桂油可以显著提高仔猪血液中总蛋白和白蛋白含量,同时还能显著提高机体谷胱甘肽过氧化物酶活性,对仔猪抗氧化能力的提高有积极的效果。周选武等<sup>[33]</sup>研究结果显示,与对照组中添加硫酸黏杆菌素相比,断奶仔猪饲料中添加百里香酚+肉桂醛复合精油能显著提高仔猪血清中白蛋白和免疫球蛋白 G 含量。刘猛<sup>[35]</sup>的研究得出,饲料中添加 0.015% 植物精油极显著提高仔猪血液中的总蛋白和白蛋白含量。本试验结果表明,与抗生素组相比,饲料中添加 150 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪血清白蛋白含量,与周选武等<sup>[33]</sup>和 Rahimi 等<sup>[38]</sup>结论一致,但其能影响血清白蛋白含量的机制尚需要进一步研究。

机体的健康状况与抗氧化能力大小存在着密切的联系,该防御体系主要包括酶促与非酶促 2 个系统。酶促抗氧化系统包括过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶、丙二醛、总超氧化物歧化酶等。血液的总超氧化物歧化酶活性可以反映机体细胞

受损的严重程度及能够清除自由基的能力,其活性升高间接反映超氧阴离子自由基含量减少,对保护机体健康具有积极的意义。

有研究表明,植物精油具有抗氧化活性的机制是因为其中的酚类物质能够与过氧自由基结合,使其活性降低或被消除,同时植物精油的萜烯成分也可以上调体内抗氧化酶的活性<sup>[39]</sup>。Li 等<sup>[40]</sup>研究结果表明,在断奶仔猪饲料中添加 0.01% 的植物精油(百里香酚、肉桂醛)能显著提高仔猪平均日增重、干物质和粗蛋白质消化率,同时还能显著提高血清总超氧化物歧化酶活性和血浆肿瘤坏死因子- $\alpha$  含量,显著降低血清白细胞介素-6 含量,Xu 等<sup>[41]</sup>也得出一致的结论。周明等<sup>[36]</sup>研究显示,饲料中添加肉桂醛能够使血清中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性和总抗氧化能力显著提高。方热军等<sup>[42]</sup>在断奶仔猪饲料中添加植物精油提取物(2% 百里香酚、1% 香叶醇、11% 香柠檬油)研究显示,添加 100 g/t 的植物精油不仅能够提高仔猪的生长性能,并且显著提高血清中谷胱甘肽过氧化物酶与超氧化物歧化酶活性。本研究中,与抗生素组相比,饲料中添加 200 mg/kg 复合植物精油能显著提高仔猪血清总超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力,与前人报到结果相似,证明植物精油能在一定程度上提高仔猪机体的抗氧化能力。

免疫球蛋白是由 B 淋巴细胞产生的特异性蛋白,其能够活化补体,清除病原体。免疫球蛋白 G 是最主要的一类免疫球蛋白,是初级免疫应答中最重要的组成部分,在机体早期防御中发挥重要作用。研究表明,植物精油中活性成分能通过调节体内抗氧化酶活性,降低细胞促炎因子含量,从而提高动物机体免疫力<sup>[43-44]</sup>。

张强等<sup>[19]</sup>研究显示,在断奶仔猪低能量饲料的基础上添加 0.025% 的植物精油,不仅不会降低仔猪的生长性能,而且还能有效提高仔猪血清中白蛋白、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G、白细胞介素-6 和肿瘤坏死因子- $\alpha$  含量。刘猛<sup>[35]</sup>在断奶仔猪饲料中添加植物精油提取物研究表明,其能显著提高血液中的免疫球蛋白 G、免疫球蛋白 M、免疫球蛋白 A 和补体 C4 的含量。王淑楠<sup>[45]</sup>研究表明,饲料中添加 150 mg/kg 的茶树油不仅能够提高仔猪的生长性能,显著降低腹泻率,显著提高仔猪空肠黏膜谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化

酶活性,而且可以增加血清免疫球蛋白和细胞因子分泌量,增加肠黏膜细胞因子分泌量,具有一定的增强免疫、改善肠黏膜免疫屏障功能的作用。Michiels等<sup>[46]</sup>在体外抑菌试验中发现,大蒜精油能够有效抑制仔猪肠道微生物中的产甲烷菌活性,对改善肠道环境和促进免疫力均有积极的效果。本研究中,饲料中添加200 mg/kg复合植物精油能显著提高仔猪血清的免疫球蛋白G含量,与前人的研究结果一致。

## 4 结 论

综上所述,饲料中添加200 mg/kg的复合植物精油能够显著改善断奶仔猪的生长性能,提高平均日增重,增强抗氧化能力,提高免疫力。因此,复合植物精油在断奶仔猪上具有潜在的利用价值。

## 参考文献:

- [ 1 ] MOREIRA I, DE OLIVEIRA G C, FURLAN A C, et al. Utilization of pre-gelatinized corn meal on nursery phase piglet feeding. Digestibility and performance [ J ]. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001, 30 ( 2 ): 440-448.
- [ 2 ] 周向梅, 高得仪, 王清兰, 等. 焦淑贤. 仔猪断奶应激对血液和生化的影响 [ J ]. *中国兽医杂志*, 1999, 25 ( 9 ): 6-8.
- [ 3 ] KIM J C, HANSEN C F, MULLAN B P, et al. Nutrition and pathology of weaner pigs; nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract [ J ]. *Animal Feed Science and Technology*, 2012, 173 ( 1/2 ): 3-16.
- [ 4 ] 王书凤, 龚月生. 不同抗生素组合对哺乳仔猪生产性能及肠道菌群的影响 [ J ]. *西北农业学报*, 2007 ( 5 ): 63-66.
- [ 5 ] 阮存鑫. 四环素与铜复合污染对土壤硝化作用及植物生长的影响 [ D ]. 硕士学位论文. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [ 6 ] GOFORTH R L, GOFORTH C R. Appropriate regulation of antibiotics in livestock feed [ J ]. *Boston College Environmental Affairs Law Review*, 2000, 28: 39.
- [ 7 ] AMEZCUA R, FRIENDSHIP R M, DEWEY C E, et al. Presentation of postweaning *Escherichia coli* diarrhea in southern Ontario, prevalence of hemolytic *E. coli* serogroups involved, and their antimicrobial resistance patterns [ J ]. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 2002, 66 ( 2 ): 73-78.
- [ 8 ] 易文凯, 黄兴国, 江志钢, 等. 植物提取物的特性及其在仔猪生产中的应用 [ J ]. *动物营养学报*, 2010, 22 ( 6 ): 1501-1508.
- [ 9 ] BRENES A, ROURA E. Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action [ J ]. *Animal Feed Science and Technology*, 2010, 158 ( 1/2 ): 1-14.
- [ 10 ] ZHOU F, JI B, ZHANG H, et al. Synergistic effect of thymol and carvacrol combined with chelators and organic acids against *Salmonella typhimurium* [ J ]. *Journal of Food Protection*, 2007, 70 ( 7 ): 1704-1709.
- [ 11 ] 汪中兴, 侯永清, 窦慧鑫, 等. 3种饲用植物精油及其主要成分对猪源致病菌的抑菌作用研究 [ J ]. *饲料研究*, 2014 ( 13 ): 42-45.
- [ 12 ] 王彪, 张慧林, 刘小林. 天然植物提取物在畜禽生产中的应用研究 [ J ]. *畜牧兽医杂志*, 2010, 29 ( 1 ): 37-39.
- [ 13 ] 赵景鹏, 李培勇, 王红玉, 等. 不同精油与酸化剂组合对肉仔鸡肠炎沙门氏菌感染的控制效果研究 [ J ]. *动物营养学报*, 2018, 30 ( 7 ): 2672-2682.
- [ 14 ] BOTSOGLOU N A, CHRISTAKI E, FLOROU-PANERI P, et al. The effect of a mixture of herbal essential oils or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance parameters and oxidation of body lipid in broilers [ J ]. *South African Journal of Animal Science*, 2004, 34 ( 1 ): 52-61.
- [ 15 ] BISHOP C D. Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* ( maiden amp; Betché ) Cheel ( tea tree ) against tobacco mosaic virus [ J ]. *Journal of Essential Oil Research*, 1995, 7 ( 6 ): 641-644.
- [ 16 ] 黄国清, 谢伟, 王博. 牛至油对肉鸡生产性能和肠道微生物菌群的影响 [ J ]. *中国兽医杂志*, 2008, 44 ( 11 ): 69-70.
- [ 17 ] 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.
- [ 18 ] ZHONG M, WU D, LIN Y, et al. Phytogetic feed additive for sows; effects on sow feed intake, serum metabolite concentrations, IgG level, lysozyme activity and milk quality [ J ]. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 2011, 1: 802-810.
- [ 19 ] 张强, 朴香淑, 张宏宇, 等. 低能量日粮中添加植物精油对仔猪生长性能、抗氧化活性及其免疫性能的影响 [ C ] // 中国畜牧兽医学动物营养学会第十一

- 次全国动物营养学术研讨会论文集.长沙:中国畜牧兽医学会,2012:495.
- [20] WINDISCH W, SCHEDLE K, PLITZNER C, et al. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86 (Suppl.14): E140-E148.
- [21] HONG J C, STEINER T, AUFY A, et al. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers [J]. *Livestock Science*, 2012, 144 (3): 253-262.
- [22] ZENG Z K, ZHANG S, WANG H L, et al. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2015, 6 (1): 7.
- [23] MICHIELS J, MISSOTTEN J, DIERICK N, et al. *In vitro* degradation and *in vivo* passage kinetics of carvacrol, thymol, eugenol and *trans*-cinnamaldehyde along the gastrointestinal tract of piglets [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88 (13): 2371-2381.
- [24] 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.
- [25] 赵志贤.早期断奶应激对仔猪肠道屏障损伤作用的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.
- [26] 左之才,刘兵,李莉,等.早期断乳应激性腹泻对仔猪肠道形态结构与肠道菌群的影响[J].*中国兽医科学*, 2012, 42(1): 64-68.
- [27] 王向荣,贺建华,戴求仲,等.早期断奶应激对仔猪肠黏膜屏障功能的影响及其监测与修复[J].*动物营养学报*, 2014, 26(11): 3197-3202.
- [28] 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.
- [29] KIRKPINAR F, ÜNLÜ H B, ÖZDEMİR G. Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcass, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers [J]. *Livestock Science*, 2011, 137 (1/2/3): 219-225.
- [30] DU E C, WANG W W, GAN L P, et al. Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens* [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2016, 7: 19.
- [31] 张玲玲,冯杰,李慧,等.植物精油与丁酸钠复合制剂对断奶仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失的影响[J].*动物营养学报*, 2018, 30(2): 678-684.
- [32] 王丽雪,解玉怀,张桂国.植物源性抗氧化剂的应用及其作用机制[J].*动物营养学报*, 2017, 29(5): 1481-1488.
- [33] 周选武,王宇,陈代文,等.植物精油对断奶仔猪生长性能、血液指标及免疫能力的影响[J].*动物营养学报*, 2017, 29(7): 2512-2519.
- [34] HUANG Y, YOO J S, KIM H J, et al. Effects of dietary supplementation with blended essential oils on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and fecal characteristics in weaning pigs [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2010, 23 (5): 607-613.
- [35] 刘猛.植物精油仔猪生产性能、肠道微生物及免疫性能的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2011.
- [36] 周明,王恩典,汪炳红,等.肉桂醛替代保育猪饲料中金霉素和杆菌肽锌[J].*动物营养学报*, 2016, 28(7): 2106-2112.
- [37] 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.
- [38] RAHIMI S, TEYMOURI ZADEH Z, TORSHIZI A M K, et al. Effect of the three herbal extracts on growth performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2011, 13(4): 527-539.
- [39] 温朋飞,彭艳.植物精油抗氧化作用机制研究进展[J].*饲料工业*, 2017, 38(2): 40-45.
- [40] LI P F, PIAO X S, RU Y J, 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.
- [41] XU Y T, LIU L, LONG S F, et al. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2018, 235: 110-119.
- [42] 方热军,李美君,周学彬,等.植物精油提取物对断奶仔猪生产性能及血液生化指标的影响[J].*饲料工业*, 2010, 31(16): 9-12.
- [43] 周洋,彭艳,周小秋.植物精油对动物生长和免疫力

- 的影响及其作用机制[J]. 动物营养学报, 2018, 30(1): 37-43.
- [44] 贾聪慧, 陈旻远, 杨彩梅, 等. 植物精油对单胃动物生产性能与健康的调控[J]. 动物营养学报, 2015, 27(4): 1055-1060.
- [45] 王淑楠. 茶树油对断奶仔猪生长性能及肠道屏障功能的影响[D]. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [46] MICHIELS J, MISSOTTEN J A M, FREMAUT D, et al. *In vitro* characterisation of the antimicrobial activity of selected essential oil components and binary combinations against the pig gut flora[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2009, 151(1/2): 111-127.

## Effects of Adding Compound Plant Essential Oils on Growth Performance, Serum Biochemical Indexes and Antioxidant Capacity in Weaned Piglets

SONG Junshuai<sup>1,2</sup> ZHANG Wenfei<sup>1\*</sup> LIN Xiaofeng<sup>1</sup> GUAN Wutai<sup>1\*\*</sup>

ZHANG Shihai<sup>1</sup> CHEN Fang<sup>1</sup> DENG Yuelin<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Guangdong Changjiang Food Group Co., Ltd., Taishan 529299, China)

**Abstract:** The purpose of this experiment was to study the effects of adding compound essential oils (CEO) on the growth performance, serum biochemical indexes, antioxidant capacity and immune performance in weaned piglets. A total of 396 “Duroc×Landrace×Large white” weaned piglets at 35 days of age with body weight of (9.60±0.30) kg were assigned to 3 groups: antibiotic group (basic diet+96 mg/kg tiamulin+75 mg/kg chlortetracycline+200 mg/kg guitarmycin), test group A (basal diet+150 mg/kg CEO) and test group B (basic diet+200 mg/kg CEO), respectively, with 6 replicates per group and 22 pig per replicate for a 35-d feeding period. The results showed as follows: 1) compared with the antibiotics group, the addition of 200 mg/kg CEO in the diet not only significantly increased the average daily gain, serum total superoxide dismutase activity and total antioxidant capacity of piglets, but also significantly increased immunoglobulin G content in serum ( $P<0.05$ ). 2) Compared with the antibiotics group, the addition of 150 mg/kg CEO in the diet significantly increased the serum albumin content of the piglets ( $P<0.05$ ). In conclusion, the addition of 200 mg/kg of CEO to the diet can enhance the health, promote growth and improve the body's antioxidant and immunity. Therefore, compound plant essential oils have potential application value in weaned piglets. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(8): 3776-3783]

**Key words:** compound plant essential oil; weaned piglet; growth performance; serum biochemical index; antioxidant index

\* Contributed equally

\*\* Corresponding author, professor, E-mail: wtguan@scau.edu.cn