

纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能和肠黏膜屏障的影响

胡彩虹¹ 游兆彤² 朱康¹ 栾兆双¹

(1. 浙江大学饲料科学研究所, 杭州 310058; 2. 浙江省农业科学院病毒学与生物技术研究所, 杭州 310021)

摘要: 本文旨在研究纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能和肠黏膜屏障的影响及其机理。选用 96 头平均体重为 (5.7 ± 0.2) kg 的 21 日龄“杜 × 长 × 大”断奶仔猪, 随机分成 3 组: 1) 对照组, 饲喂基础饲料; 2) 氧化锌组, 饲喂在基础饲料中添加 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)的试验饲料; 3) 纳米氧化锌组, 饲喂在基础饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)的试验饲料。每组 4 个重复, 每个重复 8 头仔猪, 试验期 14 d。结果表明: 1) 与对照组相比, 纳米氧化锌组断奶仔猪平均日增重提高了 7.26% ($P < 0.05$), 腹泻率降低了 70.82% ($P < 0.05$), 但与氧化锌组差异不显著 ($P > 0.05$)。2) 与对照组相比, 纳米氧化锌组仔猪 28 和 35 日龄绒毛高度分别提高了 12.64% 和 10.80% ($P < 0.05$); 28 日龄隐窝深度降低了 15.42% ($P < 0.05$); 28 和 35 日龄绒毛高度/隐窝深度分别提高了 33.61% 和 17.11% ($P < 0.05$); 28 和 35 日龄血浆 D-乳酸含量分别降低了 28.97% 和 20.23% ($P < 0.05$), 二胺氧化酶活性分别降低了 28.61% 和 24.92% ($P < 0.05$)。氧化锌组和纳米氧化锌组之间各指标差异不显著 ($P > 0.05$)。结果提示, 断奶仔猪饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)可提高平均日增重, 降低腹泻率, 改善肠黏膜形态, 降低肠黏膜通透性, 其效果与添加 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)相当。

关键词: 纳米氧化锌; 断奶仔猪; 腹泻率; 肠黏膜屏障

中图分类号: S816.7; S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2012)02-0285-06

仔猪断奶后受心理、环境、营养应激等因素的影响, 易产生食欲下降、消化不良、腹泻、生长受阻等, 即“仔猪断奶应激综合征”, 给养猪生产带来了巨大的经济损失。在断奶应激状态下仔猪肠形态和肠黏膜屏障受损是造成“仔猪断奶应激综合征”的主要原因之一^[1]。锌是机体必需的微量元素, 具有广泛的生理生化功能, 它参与了动物机体 300 多种酶和功能蛋白的组成^[2]。研究发现断奶仔猪饲料中添加高锌[含 2 000 ~ 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)]能降低腹泻率, 促进生长^[3-5]; 但是大量未被吸收利用的锌随粪便排出体外, 造成一定程度的锌浪费和环境污染^[6-7]。寻找高剂量氧化锌的替代品一直是微量元素营养研究的热点之一。纳米氧化锌是纳米量级(1 ~ 100 nm)的新型锌源, 用量少, 在猪、鸡上的大量试验表明其作用效果显

著^[8-12]; 但尚未见国内外文献报道纳米氧化锌对断奶仔猪肠黏膜屏障的影响。本试验旨在研究纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能和肠黏膜屏障的影响, 为纳米氧化锌在仔猪生产中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

氧化锌(市购, 饲料级); 纳米氧化锌由浙江大学饲料科学研究所提供。经 SPM-9500J3 型原子力显微镜(atomic force microscope, AFM, 日本岛津)接触式扫描模式在大气环境下进行成像以及 AFM 观察和粒径分析发现, 纳米氧化锌粒径为 20 ~ 80 nm, 平均粒径为 65 nm。纳米氧化锌的 AFM 图像见图 1。

收稿日期: 2011-10-19

基金项目: 国家自然科学基金(31072039); 浙江省自然科学基金(Y3100072)

作者简介: 胡彩虹(1972—), 女, 浙江东阳人, 副研究员, 主要从事仔猪肠道营养研究。E-mail: chhu@zju.edu.cn

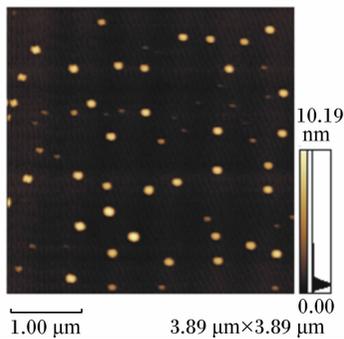


图1 纳米氧化锌的 AFM 图像

Fig. 1 AFM image of nano zinc oxide

1.2 试验动物及饲料

试验动物选用“杜×长×大”断奶仔猪,参照美国 NRC (1998) 断奶仔猪的营养需要配合成颗粒料,基础饲料组成及营养水平见表 1。

1.3 试验设计与饲养管理

96 头平均体重为 (5.7 ± 0.2) kg 的 21 日龄“杜×长×大”断奶仔猪按胎次一致、体重相近的方法,随机分成 3 组:1) 对照组,饲喂基础饲料;2) 氧化锌组,饲喂在基础饲料中添加 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)的试验饲料;3) 纳米氧化锌组,饲喂在基础饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)的试验饲料。每组 4 个重复,每个重复 8 头仔猪(公母各占 1/2)。试验期为 14 d。仔猪自由采食和饮水,从 7 日龄开始诱食并哺乳至 21 日龄断奶,按常规程序对仔猪进行免疫和饲养管理。

1.4 样品采集和指标测定

分别于 28 和 35 日龄,每组随机选取 8 头仔猪(每个重复 2 头,公母各占 1/2),肌肉注射 4% 戊巴比妥钠溶液(每千克体重 40 mg 戊巴比妥钠)进行麻醉,待麻醉完全后前腔静脉采血,肝素抗凝,制备血浆, $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。屠宰取中段空肠进行肠形态分析。宰前禁食 12 h,禁食期间自由饮水。

1.4.1 生长性能

试验期内每天统计记录采食量和腹泻情况,试验结束后,禁食 12 h(自由饮水)后称重,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)、料重比(F/G)和腹泻率。腹泻率的统计方法是每天相同时间以重复为单位,记录腹泻猪头数,计算每天每个重复的腹泻率(腹泻头数/每个重复的猪总头数)和试验期内每个重复的腹泻率平均值。

1.4.2 空肠形态分析

用剪刀连续取空肠中段长度约 1 cm 的肠管,

沿肠系膜纵向剪开,用生理盐水将其轻轻冲洗干净,平铺在滤纸上吸干液体,浸入 10% 的福尔马林中, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存,用于光镜分析其形态结构的变化。用德国 Leica 组织切片设备,将肠段样品经固定、修整、冲洗、脱水、切片(厚度约 $5\text{ }\mu\text{m}$)和苏木精-伊红(HE)染色制成切片;每个样品制作 3 个非连续性的纵切片和横切片。用 Leica Qwin 图像分析仪对绒毛高度、隐窝深度、绒毛高度/隐窝深度进行显微测量和分析;每张纵切片测定 10 个绒毛高度和隐窝深度,取其平均值作为 1 个测定数据。

表 1 基础饲料组成及营养水平(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		58.00
豆粕 Soybean meal		17.00
膨化全脂大豆 Extruded full-fat soybean		7.00
鱼粉 Fish meal		4.50
乳清粉 Dried whey		4.50
次粉 Wheat middling		5.00
磷酸氢钙 CaHPO_4		1.50
食盐 NaCl		0.25
石粉 Limestone		1.10
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl		0.15
预混料 Premix ¹⁾		1.00
合计 Total		100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
消化能 DE/(MJ/kg)		14.01
粗蛋白质 CP		22.84
钙 Ca		0.86
总磷 TP		0.75
赖氨酸 Lys		1.13

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diet: VA 1 500 IU, VD₃ 200 IU, VE 10 IU, VK₃ 0.5 mg, VB₂ 3.6 mg, VB₁ 1.0 mg, VB₆ 1.5 mg, 生物素 biotin 0.05 mg, 叶酸 folic acid 0.3 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 10 mg, 烟酸 nicotinic acid 10 mg, 胆碱 choline 500 mg, Cu 6 mg, Fe 100 mg, Zn 100 mg, Mn 4 mg, Se 0.30 mg, I 0.14 mg。

²⁾ 消化能为计算值,其余为实测值。DE was calculated value and others were measured values.

1.4.3 血浆 D-乳酸和二胺氧化酶(DAO)测定

参考胡彩虹等^[13]的方法用分光光度法测定血浆中 D-乳酸含量和 DAO 活性。

1.5 数据处理

数据以平均值 \pm 标准差表示, 数据处理与分析采用 SAS 6.12 的一般线性模型 (GLM) 进行, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著的判断标准。

2 结果

2.1 生长性能

纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能的影响见表 2。与对照组相比, 氧化锌组和纳米氧化锌组断奶仔猪 ADG 分别提高了 5.60% 和 7.26% ($P < 0.05$), 腹泻率降低了 67.96% 和 70.82% ($P < 0.05$); 3 组断奶仔猪 ADFI 和 F/G 均无显著差异

($P > 0.05$), 氧化锌组和纳米氧化锌组之间生长性能指标差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 空肠形态结构

纳米氧化锌对断奶仔猪空肠形态结构的影响见表 3。与对照组相比, 纳米氧化锌组仔猪 28 和 35 日龄绒毛高度分别提高了 12.64% 和 10.80% ($P < 0.05$); 28 日龄隐窝深度降低了 15.42% ($P < 0.05$); 28 和 35 日龄绒毛高度/隐窝深度分别提高了 33.61% 和 17.11% ($P < 0.05$)。氧化锌组和纳米氧化锌组之间空肠形态结构各指标均差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of nano zinc oxide on growth performance in weaner piglets ($n=4$)

项目 Items	对照组 Control group	氧化锌组 Zinc oxide group	纳米氧化锌组 Nano zinc oxide group
初重 Initial weight/kg	5.89 \pm 0.50	5.88 \pm 0.48	5.87 \pm 0.43
末重 Final weight/kg	10.71 \pm 0.72	10.97 \pm 0.57	11.04 \pm 1.04
平均日增重 ADG/g	344.28 \pm 12.99 ^b	363.57 \pm 10.64 ^a	369.29 \pm 13.04 ^a
平均日采食量 ADFI/g	541.74 \pm 45.32	558.51 \pm 43.06	564.25 \pm 48.37
料重比 F/G	1.57 \pm 0.22	1.54 \pm 0.17	1.53 \pm 0.14
腹泻率 Diarrhea rate/%	18.54 \pm 1.42 ^a	5.94 \pm 1.02 ^b	5.41 \pm 0.85 ^b

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无字母或数据肩标相同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 no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

表 3 纳米氧化锌对断奶仔猪空肠形态结构的影响

Table 3 Effects of nano zinc oxide on jejunum morphology in weaner piglets ($n=4$)

日龄 Days of age/d	项目 Items	对照组 Control group	氧化锌组 Zinc oxide group	纳米氧化锌组 Nano zinc oxide group
28	绒毛高度 Villous height/ μm	315.43 \pm 20.62 ^b	352.14 \pm 22.54 ^a	355.29 \pm 23.64 ^a
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	258.17 \pm 20.34 ^a	223.36 \pm 18.16 ^b	218.37 \pm 17.56 ^b
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	1.22 \pm 0.09 ^b	1.58 \pm 0.11 ^a	1.63 \pm 0.12 ^a
35	绒毛高度 Villous height/ μm	337.92 \pm 19.12 ^b	363.52 \pm 21.27 ^{ab}	374.43 \pm 21.62 ^a
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	221.67 \pm 17.23	208.53 \pm 16.52	210.18 \pm 15.54
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	1.52 \pm 0.12 ^b	1.74 \pm 0.11 ^a	1.78 \pm 0.10 ^a

2.3 血浆 D-乳酸含量和 DAO 活性

纳米氧化锌对断奶仔猪血浆 D-乳酸含量和 DAO 活性的影响分别见图 2 和图 3。与对照组相比, 氧化锌组仔猪 28 和 35 日龄血浆 D-乳酸含量分别降低了 27.91% 和 19.80% ($P < 0.05$), DAO 活性分别降低了 26.55% 和 26.15% ($P < 0.05$)。

与对照组相比, 纳米氧化锌组仔猪 28 和 35 日龄血浆 D-乳酸含量分别降低了 28.97% 和 20.23% ($P < 0.05$), DAO 活性分别降低了 28.61% 和 24.92% ($P < 0.05$)。氧化锌组和纳米氧化锌组之间血浆 D-乳酸含量和 DAO 活性均差异不显著 ($P > 0.05$)。

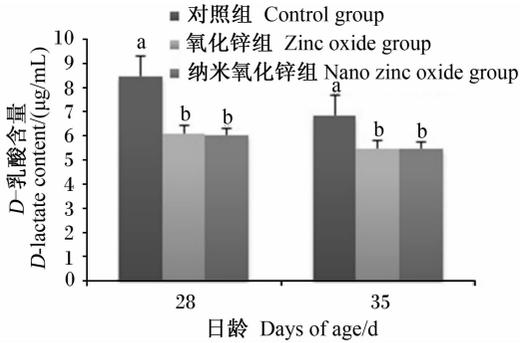


图2 纳米氧化锌对断奶仔猪血浆
D-乳酸含量的影响

Fig. 2 Effects of nano zinc oxide on plasma
D-lactate content in weaner piglets

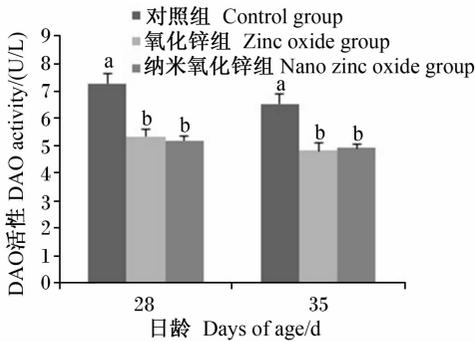


图3 纳米氧化锌对断奶仔猪血浆
二胺氧化酶活性的影响

Fig. 3 Effects of nano zinc oxide on plasma
DAO activity in weaner piglets

3 讨论

3.1 纳米氧化锌对断奶仔猪生长性能的影响

纳米氧化锌是纳米量级(1~100 nm)的新型锌源,已有大量研究报道了其对猪、鸡的作用效果^[8-12]。本试验研究了饲料中添加300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)和3 000 mg/kg 锌(氧化锌)对断奶仔猪生长和腹泻的影响。结果表明,与对照组相比,纳米氧化锌组断奶仔猪ADG显著提高,腹泻率显著降低,但氧化锌组和纳米氧化锌组之间差异不显著,提示纳米氧化锌的使用能节约锌的添加量,减轻高锌给环境带来的压力,这与王之盛等^[8]的研究结果一致。

研究表明,纳米微粒由于粒径较小,表面积增大,与生物膜的黏着性提高,因此有利于增加微粒与肠壁的接触面积,延长接触时间,从而有利于吸

收;纳米微粒口服后大量地被胃肠道派伊尔氏斑(Peyer's Patches)的M细胞和肠上皮细胞摄取,也可通过细胞旁途径或小肠黏膜细胞的胞饮作用而被吸收^[14-15]。马恒东等^[9]采用翻转肠囊法研究了仔猪小肠对纳米氧化锌的吸收,发现纳米氧化锌的吸收速率显著高于硫酸锌和普通氧化锌。另外,纳米氧化锌具有纳米粒子特有的高活性和高表面效应,其表面原子数量远高于氧化锌,具有较高的表面能、极强的电子得失能力和氧化还原性^[16],这些特性增强了纳米氧化锌与细菌的亲合力,使其通过抑制细菌电子传递链中酶活性等方式达到抗菌目的^[17]。因此,纳米氧化锌的促生长和抗腹泻作用与其特殊的吸收特性和抗菌作用有关。

已有众多学者开展了纳米氧化锌的安全性研究。吴诚等^[18]采用改良寇氏法以灌胃方式研究了纳米氧化锌对小白鼠的急性毒性及其病理变化,测得其半数致死量(LD₅₀)为1 656 mg/kg。杨辉等^[19]发现纳米氧化锌对小鼠胚胎成纤维细胞的损伤作用具有明显的剂量-效应关系,其半数致死浓度(24h-IC₅₀)为21.94 µg/mL。纳米氧化锌对动物的毒性受材料粒径、形状、添加剂量等影响。本试验中添加300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)未发现仔猪表现上的异常,但纳米氧化锌对仔猪的安全性尚需进一步研究。

3.2 纳米氧化锌对断奶仔猪肠形态的影响

锌作为肠道上皮细胞发育成熟的必需微量元素,有利于改善肠道形态,增加蛋白质合成和肠道细胞增殖^[20]。本试验发现,与对照组相比,纳米氧化锌组仔猪28和35日龄绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度显著提高,而氧化锌组和纳米氧化锌组仔猪之间绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度差异不显著,说明添加氧化锌和纳米氧化锌都能保护肠黏膜屏障受损,但添加较小剂量的纳米氧化锌对肠黏膜形态就具有改善作用,其原因一方面可能是纳米氧化锌具有较强的杀菌能力,有助于维持肠道微生物区系的稳定,另一方面可能是纳米氧化锌更能促进肠道上皮细胞的发育和增殖^[20]。

3.3 纳米氧化锌对断奶仔猪肠黏膜通透性的影响

DAO是人和哺乳动物小肠黏膜上层绒毛中具有高度活性的细胞内酶,其活性与黏膜细胞的核酸和蛋白合成密切相关;D-乳酸是胃肠道固有细

菌的代谢终产物,哺乳动物既不产生 *D*-乳酸,也不具备将其快速代谢分解的酶系统。血浆中 *D*-乳酸含量和 DAO 活性的高低反映肠黏膜的完整性及损伤程度,是监测肠道屏障功能的重要指标。当肠黏膜受损时,*D*-乳酸和 DAO 从小肠黏膜释放入血,血液中 *D*-乳酸含量和 DAO 活性升高。断奶应激引起仔猪肠黏膜屏障受损,肠道通透性增加,表现为血液中 *D*-乳酸含量和 DAO 活性升高^[21-22]。本试验发现,在 28 和 35 日龄时,纳米氧化锌组和氧化锌组仔猪血浆 *D*-乳酸含量和 DAO 活性均显著低于对照组,而纳米氧化锌组与氧化锌组之间差异不显著。本研究表明,饲料中添加纳米氧化锌和氧化锌均能抑制断奶应激造成的仔猪肠黏膜通透性的增加,保护肠黏膜屏障,饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)或 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)的保护效果无显著差异。有研究表明,氧化锌能抑制肠毒性大肠杆菌对肠上皮细胞的黏附和侵入,提高肠上皮细胞紧密连接的完整性,从而保护肠黏膜屏障^[23]。纳米氧化锌对仔猪肠黏膜屏障具有更强的保护作用,可能是其纳米形式更有助于提高肠上皮细胞紧密连接的完整性,缓解断奶应激对仔猪肠黏膜屏障的损伤。

4 结 论

① 断奶仔猪饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)能提高仔猪生长性能,降低腹泻率,改善肠黏膜形态和保护肠黏膜屏障。

② 饲料中添加 300 mg/kg 锌(纳米氧化锌)和 3 000 mg/kg 锌(氧化锌)对提高断奶仔猪生长性能、降低腹泻率、改善肠黏膜形态和保护肠黏膜屏障的影响无显著差异。

参考文献:

- [1] LALLES J P, BOSI P, SMIDT H, et al. Weaning-A challenge to gut physiologists[J]. *Livestock Science*, 2007, 108(1/2/3): 82-93.
- [2] VALLEE B L, FALCHUK K H. The biochemical basis of zinc physiology[J]. *Physiological Reviews*, 1993, 73(1): 79-118.
- [3] DAVIS M E, BROWN D C, MAXWELL C V, et al. Effect of phosphorylated mannans and pharmacological additions of zinc oxide on growth and immunocompetence of weanling pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82(2): 581-587.
- [4] HEO J M, KIM J C, HANSEN C F, et al. Effects of dietary protein level and zinc oxide supplementation on the incidence of post-weaning diarrhoea in weaner pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli* [J]. *Livestock Science*, 2010, 133(1/2/3): 210-213.
- [5] 计峰, 罗绪刚, 李素芬, 等. 高锌对断乳仔猪促生长作用及其机理的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2003, 15(3): 1-5.
- [6] 周维仁, 邹思湘, 李松岩, 等. 高铜高锌日粮在猪体内的代谢规律及对土壤污染的评估[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(2): 290-294.
- [7] POULSEN H D. Zinc and copper as feed additives, growth factors or unwanted environmental factors[J]. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 1998, 7: 135-142.
- [8] 王之盛, 况应谷, 任守国, 等. 纳米氧化锌对仔猪生产性能和粪便微生物群落的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2006, 42(9): 22-24.
- [9] 马恒东, 王之盛, 周安国, 等. 翻转肠囊法研究仔猪小肠对纳米氧化锌的吸收[J]. *中国畜牧杂志*, 2005, 41(9): 25-26.
- [10] 田丽娜, 朱风华, 任慧英, 等. 纳米氧化锌对肉仔鸡抗氧化性能的影响[J]. *动物营养学报*, 2009, 21(4): 534-539.
- [11] 丁小波, 文利新, 袁慧. 纳米氧化锌对 AA 肉鸡肝脏金属硫蛋白的影响[J]. *中国兽医学报*, 2009, 29(2): 242-244.
- [12] 徐奇友, 刘立波, 侯奉雨, 等. 纳米氧化锌对肉仔鸡血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2007, 19(1): 76-80.
- [13] 胡彩虹, 钱仲仓, 刘海萍, 等. 高锌对早期断奶仔猪肠黏膜屏障和肠上皮细胞紧密连接蛋白表达的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2009, 40(11): 1638-1644.
- [14] HOET P H, BRÜSKE-HOHLFELD I, SALATA O V. Nanoparticles-known and unknown health risks[J]. *Journal of Nanobiotechnology*, 2004, 2(1): 12.
- [15] DESAI M P, LABHASETWAR V, AMIDON G L, et al. Gastrointestinal uptake of biodegradable microparticles: effect of particle size [J]. *Pharmaceutical Research*, 1996, 13(12): 1838-1845.
- [16] 张立德. 纳米材料和纳米结构[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [17] 李彦峰, 汪斌华, 黄婉霞, 等. 纳米无机抗菌材料抗菌性能研究[J]. *化工新型材料*, 2002, 30(6): 44-46.
- [18] 吴诚, 文利新, 袁慧, 等. 纳米氧化锌对小鼠的毒性

- 试验[J]. 粮食与饲料工业, 2008(5): 38-39.
- [19] 杨辉, 杨丹凤, 张华山, 等. 4种典型纳米材料对小鼠胚胎成纤维细胞毒性的初步研究[J]. 生态毒理学报, 2007, 2(4): 427-434.
- [20] CARLSON M S, HILL G M, LINK J E. Early- and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: effect on metallothionein and mineral concentrations [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77(5): 1199-1207.
- [21] 刘海萍, 胡彩虹, 徐勇. 早期断奶对仔猪肠通透性和肠上皮紧密连接蛋白 Occludin mRNA 表达的影响[J]. *动物营养学报*, 2008, 20(4): 442-446.
- [22] 徐勇, 刘海萍, 胡彩虹. 高锌对早期断奶仔猪肠形态和肠屏障通透性的影响[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2009, 35(2): 209-214.
- [23] ROSELLI M, FINAMORE A, GARAGUSO I, et al. Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli* [J]. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133(12): 4077-4082.

Effects of Nano Zinc Oxide on Growth Performance and Intestinal Mucosal Barrier in Weaner Piglets

HU Caihong¹ YOU Zhaotong² ZHU Kang¹ LUAN Zhaoshuang¹

(1. *Institute of Feed Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China*; 2. *Institute of Virology and Biotechnology Research, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of nano zinc oxide on growth performance and intestinal mucosal barrier in weaner piglets. Ninety-six ‘Duroc × Landrace × Yorkshire’ crossbred piglets with an average body weight of (5.7 ± 0.2) kg were weaned at 21 days of age and randomly allocated into control group, zinc oxide group and nano zinc oxide group (4 replicates in each group and 8 piglets per replicate). A basal diet was the diet of control group, a basal diet supplemented with 3 000 mg/kg zinc as zinc oxide was the diet of zinc oxide group, and a basal diet supplemented with 300 mg/kg zinc as nano zinc oxide was the diet of nano zinc oxide group, respectively. Feeding trial lasted for 14 days. The results showed that the diet of nano zinc oxide group improved average daily gain ($P < 0.05$) and decreased diarrhea rate of piglets ($P < 0.05$) compared with the diet of control group. There was no significant difference in growth performance and diarrhea rate between the piglets of nano zinc oxide group and the piglets of zinc oxide group ($P > 0.05$). The piglets of nano zinc oxide group had higher villus height and villus height/crypt depth ($P < 0.05$), lower plasma D-lactate content and diamine oxidase activity ($P < 0.05$) compared with the piglets of control group. No significant difference in intestinal mucosal barrier was found between the piglets of nano zinc oxide group and the piglets of zinc oxide group ($P > 0.05$). The results indicate that the diet supplemented with 300 mg/kg zinc as nano zinc oxide can protect intestinal mucosal barrier, decrease diarrhea rate and improve growth performance, which is comparable to the effect of the diet supplemented with 3 000 mg/kg zinc as zinc oxide. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(2): 285-290]

Key words: nano zinc oxide; weaner piglets; diarrhea rate; intestinal mucosal barrier