

网络出版时间:2013-11-21 17:28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131121.1728.016.html>

DON 污染饲料添加竹炭和竹醋液对断奶仔猪 抗氧化性能及小肠黏膜形态的影响

蒋竹英^{1,2,3}, 李丽立¹, 唐利华², 范觉鑫^{1,3}, 王升平¹, 印遇龙¹, 李铁军¹

(1 中国科学院 亚热带农业生态研究所, 中国科学院亚热带农业生态过程重点实验室, 湖南省畜禽健康养殖工程技术中心,
农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站, 湖南 长沙 410125; 2 永州市畜牧水产局, 湖南 永州 425000;

3 湖南农业大学 动物科技学院, 湖南 长沙 410128)

[摘要] 【目的】探讨脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)污染饲料添加竹炭和竹醋液对断奶仔猪抗氧化性能及小肠黏膜形态的影响。【方法】选用 28 头 35 日龄、平均体质量(12.10 ± 1.12) kg/头的杜长大断奶仔猪, 随机分为 4 个处理(基础饲料(对照组)、基础饲料+DON(DON 组)、基础饲料+DON+质量分数 1.96%竹炭(竹炭组)、基础饲料+DON+质量分数 0.99%竹醋液(竹醋液组)), 每处理 7 个重复, 每个重复 1 头猪, 试验期为 37 d。于试验第 15、30 和 37 天采血, 分离血清, 测定血清 GSH-Px、CAT、SOD 活性及 T-AOC 和 MDA 含量; 试验结束时, 取空肠和回肠样品, 检测小肠绒毛高度、隐窝深度、淋巴细胞数和杯状细胞数。【结果】1) 试验第 15 天, DON 组 MDA 的含量显著高于对照组和竹炭组($P < 0.05$), 竹炭、竹醋液组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。试验第 30 天, DON 组 SOD 的活性显著低于对照组($P < 0.05$), 竹炭和竹醋液组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。试验第 37 天, DON 组 GSH-Px 的活性显著低于对照组($P < 0.05$), 竹炭和竹醋液组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。T-AOC、CAT 在整个试验过程中各组间差异不显著($P > 0.05$)。2) DON 组回肠绒毛高度显著低于对照组、竹醋液组($P < 0.05$), 竹炭、竹醋液组与对照组相比差异不显著($P > 0.05$); DON 组空肠隐窝深度显著高于对照组($P < 0.05$), 竹炭、竹醋液组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。各组间回肠、空肠杯状细胞数和淋巴细胞数差异不显著($P > 0.05$)。【结论】饲料中添加质量分数 1.96% 竹炭和质量分数 0.99% 竹醋液可缓解 DON 导致的仔猪抗氧化性能下降和小肠黏膜损伤, 在一定程度上改善仔猪的小肠组织学形态和吸收功能, 提高机体的抗氧化能力。

[关键词] 竹炭; 竹醋液; DON; 抗氧化指标; 小肠黏膜形态; 断奶仔猪

[中图分类号] S816.79

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)12-0037-06

Effects of adding bamboo charcoal and bamboo vinegar to DON contaminated diets on oxidation resistance and small intestinal morphology of weaned piglets

JIANG Zhu-ying^{1,2,3}, LI Li-li¹, TANG Li-hua², FAN Jue-xin^{1,3},
WANG Sheng-ping¹, YIN Yu-long¹, LI Tie-jun¹

(1 Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture,
Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock and Poultry, Key Laboratory of Agro-ecological Processes in
Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha, Hunan 410125, China;

2 Animal Husbandry and Fishery of Yongzhou City, Yongzhou, Hunan 425000, China;

3 The College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

[收稿日期] 2013-01-15

[基金项目] 国家“973”计划项目(2009CB118806); 国家自然科学基金项目(31072042); 湖南省自然科学基金重点项目(12JJ2020)

[作者简介] 蒋竹英(1986—), 女, 湖南永州人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: hnjiangzhuaying@163.com

[通信作者] 李铁军(1967—), 男, 湖南临澧人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事单胃动物(猪)生态营养与分子生物学研究。
E-mail: tjli@isa.ac.cn

Abstract: 【Objective】 This experiment was conducted to study the effects of adding bamboo charcoal and bamboo vinegar to the diets contaminated by DON on oxidation resistance and small intestinal morphology of weaned piglets. 【Method】 A total of 28 crossbred(Duroc×Landrace×Large white)weaned piglets with an average body weight of (12.10 ± 1.12) kg were randomly assigned to 4 groups with 7 replicates per group and 1 piglet in each replicate. The 4 groups were basal diet(control group), basal diet + DON(DON group), basal diet + DON + 1.96% bamboo charcoal(bamboo charcoal group), and basal diet + DON + bamboo vinegar 0.99%(bamboo vinegar group). The experimental period lasted for 37 d. On 15, 30 and 37 d, blood was sampled to separate serum, and the contents of GSH-Px, CAT, SOD, T-AOC, and MDA were determined. At the end of the experiment, villus height, crypt depth, the number of intestinal lymphocyte numbers and goblet cells of small intestines were measured. 【Result】 1) The content of MDA in the DON group was significantly higher than control group and bamboo charcoal group($P < 0.05$). There was no significant difference between bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group on 15 d ($P > 0.05$). The activity of SOD in serum of DON group was significantly lower than control group($P < 0.05$). There was no significant difference between bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group on 30 d ($P > 0.05$). The activity of GSH-Px in serum of DON group was significantly lower than control group($P < 0.05$), while there was no significant difference between bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group on 37 d ($P > 0.05$). There was no difference in T-AOC and CAT in the serum between DON group, bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group($P > 0.05$). 2) Ileum villus height in the DON group was significantly lower than control group($P < 0.05$), while there was no significant difference between bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group on 30 d ($P > 0.05$). Jejunal crypt depth in the DON group was significantly higher than control group($P < 0.05$), while there was no significant difference between bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group on 30 d ($P > 0.05$). There was no difference in the number of intestinal intraepithelial lymphocytes, goblet cells in ileum and jejunum between DON group, bamboo charcoal group, bamboo vinegar group and control group($P > 0.05$). 【Conclusion】 Dietary supplementation with addition of 1.96% bamboo charcoal and 0.99% bamboo vinegar could alleviate oxidation resistance damage and the intestinal mucosal damage caused by DON in weaned piglets, and could improve oxidation resistance, small intestinal morphology and absorption function.

Key words: bamboo-carbon; bamboo vinegar; DON; oxidation resistance index; small intestinal morphology; weaned piglets

脱氧雪腐镰刀菌烯醇(Deoxynivalenol, DON)又称呕吐毒素(Vomitoxin),是我国食管癌、胃癌高发区粮食及饲料中的优势污染霉菌毒素之一^[1-2],该毒素能破坏胃肠道黏膜完整性,诱导炎症反应和氧化应激等^[3-4],受全球气候异常影响,其危害愈加明显。尽管目前在 DON 对动物的毒害作用及其机理等方面已经取得了较大的研究进展,但在被毒素污染原料的脱毒方面仍有许多问题需要研究。竹炭和竹醋液具有良好的吸附作用^[5],可开发为新型安全绿色吸附剂服务畜牧生产。竹炭是竹材热解产物,有研究表明,竹炭的比表面积可达 $360 \text{ m}^2/\text{g}$,是普通木材的 2~5 倍,可开发为优良吸附材料^[5]。竹醋液是在竹炭生产过程中获得的液体产品,它是一种

组成成分相当复杂的深红褐色液体混合物,其主要成分是水、有机酸、酚类、酮类、醇类等物质,pH 在 2.5~3.0,醋酸含量为体积分数 2.00%~6.10%,可用于土壤消毒、杀菌防病,也可作为饲料添加剂和农药增效剂^[6-8]。本试验研究了 DON 污染饲料中添加竹炭和竹醋液对断奶仔猪抗氧化性能及小肠黏膜形态的影响,旨在为实际生产中 DON 吸附剂的选择与应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

竹炭和竹醋液,由南京林业大学生物质能源工程研究室提供。禾谷镰刀(*F. graminearum*)菌

R6576,由华中农业大学提供。总抗氧化能力(Total antioxidant capacity, T-AOC)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione peroxidase, GSH-Px)、超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)和丙二醛(Malondialdehyde, MDA)试剂盒,均由南京建成生物工程研究所提供。DON ELISA 检测试剂盒,购自武汉华美生物工程有限公司。

1.2 禾谷镰刀菌 R6576 的培养及 DON 污染日粮的制备

将马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基 121 ℃ 高压蒸汽灭菌 20 min,冷却后在超净工作台接 R6576 菌种,然后置于 28 ℃ 培养箱中培养 5~6 d,在菌丝生长旺盛时,接种于羧甲基纤维素酯培养基(Carboxymethyl cellulose, CMC)中,用接种针将菌丝搅拌均匀,于摇床上振荡培养(28 ℃, 200 r/min) 5 d。

将基础饲料平铺于室内,厚度适中,然后将处理好的 CMC 液体培养基溶液喷洒于基础饲料上(1 L CMC 液体培养基溶液喷洒 25 kg),搅拌,混匀。处理过程中保持底物含水量均匀且在 20%左右,温度 28 ℃ 左右,处理 7 d。将处理好的饲料与未处理的基础饲料按 1:1 的质量比混合均匀,同时按试验设计要求分别加入竹炭或竹醋液。本试验周期为 37 d,先后共处理饲料 5 次,每次每组取样 2 份装入洁

净的密闭塑料袋,标记,-20 ℃ 保存,用于测定 DON 含量。DON 含量检测结果为 DON 组平均含 DON 3.780 mg/kg、竹炭组平均含 DON 3.401 mg/kg、竹醋液组平均含 DON 3.348 mg/kg。

1.3 试验动物及试验设计

试验选用 28 头 35 日龄、平均体质量(12.10±1.12) kg/头的杜长大断奶仔猪,随机分为 4 个处理:基础饲料(对照组)、基础饲料+DON(DON 组)、基础饲料+DON+质量分数 1.96%竹炭(竹炭组)、基础饲料+DON+质量分数 0.99%竹醋液(竹醋液组),每处理 7 个重复,每个重复 1 头猪。基础饲料参照 NRC(1998)断奶仔猪营养需要配制,其组成及营养水平见表 1。测定对照组、DON 组、竹炭组和竹醋液组饲料粗蛋白(CP)水平(质量分数)分别为:17.39%,17.54%,18.06%,17.12%;粗灰分(Ash)水平(质量分数)分别为:6.77%,5.83%,5.81%,5.70%;赖氨酸(Lys)水平(质量分数)分别为:1.31%,0.87%,0.99%,0.93%;蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)水平(质量分数)分别为:0.37%,0.41%,0.38%,0.45%;苏氨酸(Thr)水平(质量分数)分别为:0.81%,0.63%,0.66%,0.68%;色氨酸(Trp)水平(质量分数)分别为:0.22%,0.21%,0.21%,0.22%。

表 1 基础饲料配方及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diets (based on air-dry)

原料 Ingredients	用量 Content	养分 Nutrient	含量 Content
玉米/(g·kg ⁻¹) Corn	622.5	消化能/(MJ·kg ⁻¹) DE	14.23
豆粕/(g·kg ⁻¹) Soybean meal	167.9	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) CP	173.9
膨化大豆/(g·kg ⁻¹) Extruded soybean	80.0	粗灰分/(g·kg ⁻¹) Ash	67.7
鱼粉(进口)/(g·kg ⁻¹) Imported fish meal	50.0	钙/(g·kg ⁻¹) Ca	8.0
麦麸/(g·kg ⁻¹) Wheat bran	30.0	总磷/(g·kg ⁻¹) TP	6.3
豆油/(g·kg ⁻¹) Soybean oil	17.4	有效磷/(g·kg ⁻¹) AP	4.0
预混料/(g·kg ⁻¹) Premix	10.0		
石粉/(g·kg ⁻¹) Limestone	9.8		
磷酸氢钙/(g·kg ⁻¹) CaHPO ₄	7.8		
盐/(g·kg ⁻¹) NaCl	3.7		
赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lys	0.9		
合计 Total	1 000		

注:预混料为每千克饲料提供 Fe 70 mg, Zn 44 mg, Cu 4.4 mg, Mn 8.0 mg, I 0.12 mg, Se 0.09 mg, V_A 1 700 IU, V_{D₃} 180 IU, V_E 8 IU, V_K 1.7 mg, V_{B₁} 0.9 mg, V_{B₂} 2.6 mg, 烟酸 9.0 mg, 泛酸 12 mg, 生物素 0.09 mg, 叶酸 0.5 mg, V_{B₁₂} 0.013 mg。消化能、钙、总磷、有效磷均为计算值,其他为实测值。

Note: 1 kg premix provides: Fe 70 mg, Zn 44 mg, Cu 4.4 mg, Mn 8.0 mg, I 0.12 mg, Se 0.09 mg, V_A 1 700 IU, V_{D₃} 180 IU, V_E 8 IU, V_K 1.7 mg, V_{B₁} 0.9 mg, V_{B₂} 2.6 mg, niacin 9.0 mg, pantothenic acid 12 mg, biotin 0.09 mg, folic acid 0.5 mg, V_{B₁₂} 0.013 mg. DE, Ca, TP, and AP values were calculated, while other nutrient levels were measured.

1.4 饲养管理

饲养试验在中国科学院亚热带农业生态研究所动物房进行,栏舍为封闭式、漏缝地板,单栏饲养。

每日饲喂 3 次,饲喂时间分别为每天 08:00、12:00 和 18:00,自动饮水器供水,自由采食,免疫消毒程序按猪场常规方法进行。每天清扫圈舍,以保持圈

内清洁,自由通风,所有圈舍定期消毒。试验期间观察猪只的食欲、精神状态、粪便等情况。

1.5 样品采集及测定

1.5.1 血液抗氧化指标的测定 在试验第 15,30 和 37 天,于早晨 08:00 空腹采集前腔静脉血样,静置 30 min 后以 3 000 r/min 离心 15 min,分离血清,−20 ℃ 保存。血清 GSH-Px、CAT 和 SOD 活性及 MDA 含量和 T-AOC 严格按南京建成生物工程研究所试剂盒操作说明进行测定。

1.5.2 小肠黏膜形态的观测 试验结束后,每个组随机选取 4 头体质量接近的仔猪,称质量后屠宰、解剖,迅速从空肠和回肠中段剪取约 1 cm 组织样,用体积分数 10% 中性福尔马林固定,常规酒精脱水,石蜡包埋,切片(厚度 4~6 μm),苏木精-伊红(HE)染色。采用 DT 2000 通用图像分析处理系统,每个样品观察 3 张不连续性切片,每个样品选 10 个典型视野,测量小肠绒毛高度(Villus height,VH)、隐窝深度(Crypt depth,CD)、淋巴细胞数和杯状细胞数,结果取 10 个视野的平均值。

1.6 数据处理

数据经 Excel 2007 整理后,采用 SPSS 17.0 软件中的 one-way ANOVA 过程进行单因素方差分析,用 Duncan’s 法进行各处理组间多重比较,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。试验数据以

“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 竹炭和竹醋液处理 DON 污染饲料对仔猪血液抗氧化指标的影响

从表 2 可知,试验第 15 天,与对照组相比,DON 组 MDA 含量显著升高 80.59% ($P<0.05$),竹炭组降低 23.34% ($P>0.05$),竹醋液组升高 43.49% ($P>0.05$);与 DON 组相比,竹炭组 MDA 含量显著降低 57.55% ($P<0.05$),竹醋液组降低 20.54% ($P>0.05$);其他指标差异不显著。试验第 30 天,与对照组相比,DON 组 SOD 活性显著降低 7.11% ($P<0.05$),竹炭、竹醋液组分别降低了 1.94% 和 3.51% ($P>0.05$);与 DON 组相比,竹炭、竹醋液组 SOD 的活性分别升高了 5.57% 和 3.87%,差异不显著 ($P>0.05$);其他指标差异不显著。试验第 37 天,与对照组相比,DON 组 GSH-Px 的活性显著降低 39.84% ($P<0.05$),竹炭、竹醋液组分别降低 4.39% 和 19.10% ($P>0.05$);与 DON 组相比,竹炭、竹醋液组 GSH-Px 的活性分别升高 58.91% 和 34.39% ($P>0.05$);其他指标差异不显著。T-AOC、CAT 在整个试验过程中各组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 2 DON 污染饲料添加竹炭和竹醋液对断奶仔猪抗氧化性能的影响

Table 2 Effects of adding bamboo charcoal and bamboo vinegar to the diets contaminated by DON on oxidation resistance of weaned piglets

试验时间/d Test time	处理 Treatments	过氧化氢酶/ (U·mg ⁻¹) CAT	丙二醛/ (nmol·mg ⁻¹) MDA	谷胱甘肽 过氧化物酶/ (U·mg ⁻¹) GSH-Px	总抗氧化能力/ (U·mg ⁻¹) T-AOC	超氧化物歧化酶/ (U·mg ⁻¹) SOD
15	对照组 Control group	10.04±3.53	4.07±0.49 b	1 625.64±24.59	5.26±0.81	24.62±0.09
	DON 组 DON group	13.95±3.57	7.35±1.25 a	1 627.24±56.02	5.72±1.72	24.62±0.05
	竹炭组 Bamboo charcoal group	13.08±3.31	3.12±0.45 b	1 653.69±102.23	3.70±1.43	24.35±0.17
	竹醋液组 Bamboo vinegar group	11.55±0.62	5.84±0.97 ab	1 655.17±34.75	7.71±2.02	24.63±0.28
30	对照组 Control group	20.64±1.74	4.19±0.26	1 483.51±68.75	12.68±3.63	24.76±0.07 a
	DON 组 DON group	15.57±3.32	5.85±0.88	1 526.58±92.69	11.61±2.00	23.00±0.08 b
	竹炭组 Bamboo charcoal group	16.85±2.96	4.61±1.40	1 203.32±131.64	13.80±2.78	24.28±0.08 ab
	竹醋液组 Bamboo vinegar group	20.82±3.76	4.61±0.09	1 520.43±224.05	8.46±1.82	23.89±0.89 ab
37	对照组 Control group	11.19±0.36	6.59±0.63	1 487.94±82.51 a	11.03±3.24	25.34±0.16
	DON 组 DON group	10.62±0.20	6.47±0.41	895.20±46.93 b	9.30±2.55	23.85±0.85
	竹炭组 Bamboo charcoal group	16.77±2.81	7.28±1.23	1 422.60±147.12 ab	9.46±2.49	24.67±0.35
	竹醋液组 Bamboo vinegar group	14.49±2.94	5.69±0.62	1 203.81±100.13 ab	8.00±2.77	25.18±0.06

注:同列数据后标相同或不标字母表示差异不显著 ($P>0.05$),标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下表同。

Note: Values with same letters or without superscripts indicate no significant difference ($P>0.05$), while different lowercase letters mean significant difference ($P<0.05$). The same below.

2.2 竹炭和竹醋液处理 DON 污染饲料对仔猪小肠黏膜形态的影响

从表 3 可知,与对照组相比,DON 组回肠绒毛

高度显著降低 27.12% ($P<0.05$),竹炭、竹醋液组分别降低 15.85% 和 6.62% ($P>0.05$);与 DON 组相比,竹炭、竹醋液组回肠绒毛高度分别增加

15.47%和 28.14% ($P>0.05$)。回肠隐窝深度、杯状细胞数、淋巴细胞数各组间差异不显著 ($P>0.05$)。与对照组相比, DON 组和竹炭组空肠绒毛高度分别降低 17.09%和 14.29%, 竹醋液组升高 31.20% ($P>0.05$); 与 DON 组相比, 竹炭组空肠绒毛高度升高 3.3% ($P>0.05$), 竹醋液组显著升高

58.48% ($P<0.05$)。与对照组相比, DON 组空肠隐窝深度显著加深 87.41% ($P<0.05$), 竹炭、竹醋液组分别增加 39.12%和 39.63% ($P>0.05$); 与 DON 组相比, 竹炭和竹醋液组空肠隐窝深度分别降低 25.77%和 25.56% ($P>0.05$)。空肠杯状细胞数、淋巴细胞数各组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 DON 污染饲料添加竹炭和竹醋液对断奶仔猪小肠黏膜形态的影响

Table 3 Effects of adding bamboo charcoal and bamboo vinegar to the diets contaminated by DON on small intestinal mucosa morphology of weaned piglets

	处理 Treatments	绒毛高度/mm Length of villi	隐窝深度/mm Crypt depth	杯状细胞数 GC	淋巴细胞数 IEL
回肠 Ileum	对照组 Control group	249.30±16.20 a	117.73±13.47	24.25±3.22	181.25±1.93
	DON 组 DON group	181.68±13.06 b	104.98±6.68	17.25±4.59	232.00±34.38
	竹炭组 Bamboo charcoal group	209.78±9.78 ab	109.58±6.56	23.75±5.96	238.50±34.51
	竹醋液组 Bamboo vinegar group	232.80±19.02 a	109.35±14.64	23.75±2.95	229.50±32.11
空肠 Jejunum	对照组 Control group	234.98±6.38 ab	98.10±13.17 b	11.50±2.33	207.25±18.12
	DON 组 DON group	194.83±12.71 b	183.85±25.59 a	14.00±4.65	240.25±16.72
	竹炭组 Bamboo charcoal group	201.48±28.16 b	136.48±11.82 ab	12.75±3.50	250.00±7.30
	竹醋液组 Bamboo vinegar group	308.23±37.86 a	136.88±26.9 ab	8.50±3.07	184.50±34.38

3 讨 论

3.1 竹炭和竹醋液吸附 DON 污染日粮对仔猪血液抗氧化指标的影响

SOD 活力可以反映机体清除氧自由基的能力, 可以判断组织内的自由基水平及脂质过氧化程度^[9]。GSH-Px 是动物体内广泛存在的一种重要的催化过氧化物分解的酶类, 它可将 H₂O₂ 还原为 H₂O, 作用是清除体内的自由基, 保护细胞免受自由基的毒性损伤。T-AOC 是近几年研究发现的用于衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标, 它的大小可反映机体抗氧化酶系统和非酶系统对外来刺激的代偿能力以及机体自由基代谢能力的强弱。机体 CAT 能特异性清除体内过多的过氧化氢, 保护细胞免受过氧化损伤。MDA 作为脂质过氧化的终产物之一, 它的含量可作为脂质过氧化程度的检测指标。DON 能诱导体内炎性反应, 并抑制日粮中抗氧化物质的吸收, 使体内自由基增多。研究表明, Gln 作为谷胱甘肽合成的前体, 能有效地降低 MDA 水平^[10]。Kouadio 等^[11]报道, DON 能阻断鞘磷脂代谢, 导致脂质过氧化, 改变细胞膜结构, 使细胞 MDA 产生增加。李华^[12]研究表明, DON 对小鼠有明显的氧化损伤, 试验至 20 和 30 d, 添加 DON 组小鼠血清 SOD 和 GSH-Px 活性显著低于对照组, MDA 含量显著高于对照组。伍力等^[13]报道, 精氨酸能改善呕吐毒素应激造成的丙二醛浓度显著升高的状态。本试验结果显示, 添加质量分数 1.96% 竹炭和质量分数 0.99% 竹醋液降低了仔猪血清中脂

质过氧化产物 MDA 的生成, 提高了 SOD、GSH-Px 的活性, 对机体的抗氧化能力有一定的促进作用。T-AOC、CAT 在整个试验过程中没有大的变化。

3.2 竹炭和竹醋液吸附 DON 污染日粮对仔猪小肠黏膜形态的影响

小肠是机体营养物质吸收和转运的主要部位, 吸收营养物质是小肠绒毛的主要功能。肠绒毛高度的增加能够使小肠吸收营养物质的面积增大^[14], 当绒毛变短时, 肠上皮细胞数减少, 对营养物质的消化吸收能力也就降低^[15], 所以肠绒毛的长短直接影响着动物的生长发育。隐窝深度主要是反映上皮细胞的生成率, 上皮细胞不断从隐窝基部向绒毛端部迁移、分化, 形成具有吸收能力的绒毛细胞, 以补充正常脱落的绒毛细胞。如果此过程减慢, 则隐窝基部的细胞生成率降低, 使隐窝变浅^[16], 所以隐窝变浅说明肠道上皮细胞的成熟率上升, 肠道分泌功能加强^[17]。1 μg/kg 的 DON 便能影响肠黏膜的生理屏障功能, 干扰机体蛋白质合成, 造成免疫系统抑制等^[18-19]。苏军^[20]用镰刀菌毒素污染的霉玉米饲料饲喂断奶仔猪, 导致仔猪十二指肠和空肠绒毛显著萎缩, 隐窝加深, 黏膜厚度变薄, 表明镰刀菌毒素污染饲料对肠黏膜上皮细胞造成了损害, 污染严重, 损害加剧。本试验结果表明, DON 污染饲料对肠黏膜上皮细胞造成了损害, 饲料中添加质量分数 1.96% 竹炭和质量分数 0.99% 竹醋液缓解了 DON 导致的肠绒毛萎缩和隐窝加深, 说明竹炭和竹醋液对 DON 吸附效果明显。本试验肠上皮内淋巴细胞数和杯状细胞数差异均不显著 ($P>0.05$)。

4 结 论

添加质量分数 1.96% 竹炭和质量分数 0.99% 竹醋液可缓解 DON 导致的仔猪部分抗氧化指标异常及小肠黏膜损伤,在一定程度上改善仔猪小肠组织学形态和吸收功能,提高机体的抗氧化性能。

[参考文献]

[1] Ohtani N, Zebedee Z, Huot T J, et al. Opposing effects of Ets and Id proteins on p16INK4a expression during cellular senescence [J]. *Nature*, 2001, 409(6823): 1067-1070.

[2] Zhang X H, Xie T X, Li S S, et al. Contamination of fungi and mycotoxins in food stuffs in high risk area of esophageal cancer [J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 1998, 11(2): 140-146.

[3] Pestka J J, Zhou H R, Moon Y, et al. Cellular and molecular mechanisms for immune modulation by deoxynivalenol and other trichothecenes: Unraveling a paradox [J]. *Toxicol Lett*, 2004, 153: 61-73.

[4] Pinton P, Nougayrede J P, Del rio J C, et al. The food contaminant deoxynivalenol, decreases intestinal barrier permeability and reduces claudin expression [J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2009, 237: 41-48.

[5] 王高伟, 胡光洲, 孔 倩. 竹炭性能的研究进展 [J]. *世界竹藤通讯*, 2006, 4(4): 5-7.

Wang G W, Hu G Z, Kong Q. Research progress in bamboo charcoal property [J]. *World Bamboo and Rattan*, 2006, 4(4): 5-7. (in Chinese)

[6] 马良进, 张 昕. 竹醋液与杀菌剂混配的抑菌效果 [J]. *东北林业大学学报*, 2008, 36(8): 29-42.

Ma L J, Zhang X. Inhibition of bamboo vinegar mixed with fungicides [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2008, 36(8): 29-42. (in Chinese)

[7] 欧敏锐, 李忠琴, 周训胜, 等. 福建产竹醋液(竹沥)的组分分析 [J]. *福州大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(3): 360-363.

Ou M R, Li Z Q, Zhou X S, et al. Analysis on bamboo vinegar produced in Fujian [J]. *Journal of Fuzhou University: Natural Science*, 2003, 31(3): 360-363. (in Chinese)

[8] 王卫平, 薛智勇, 朱凤香, 等. 竹醋液及其在农业中的应用 [J]. *中国农业科技导报*, 2005, 7(6): 53-55.

Wang W P, Xue Z Y, Zhu F X, et al. Bamboo vinegar and its application in agriculture [J]. *Review of China Agricultural and Technology*, 2005, 7(6): 53-55. (in Chinese)

[9] 闫俊书, 单安山, 王环宇, 等. 五味子提取物对 AA 肉仔鸡抗氧化功能的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2008, 44(17): 33-37.

Yan J S, Shan A S, Wang H Y, et al. Effect of extract of *Schisandra chinensis* on antioxidant index of arbor acres broil-

ers [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2008, 44(17): 33-37. (in Chinese)

[10] Oba M, Baldwin R L, Bequette B J. Oxidation of glucose, glutamate, and glutamine by isolated ovine enterocytes *in vitro* is decreased by the presence of other metabolic fuels [J]. *J Animal Sci*, 2004, 82(2): 479-486.

[11] Kouadio J H, Mobio T A, Baudrimont I, et al. Comparative study of cytotoxicity and oxidative stress induced by deoxynivalenol, zearalenone or fumonisin B1 in human intestinal cell line Caco-2 [J]. *Toxicology*, 2005, 213(1/2): 56-65.

[12] 李 华. 醋化葡甘露聚糖对呕吐毒素吸附能力的研究 [D]. 青岛: 青岛农业大学, 2009: 2, 41.

Li H. Adsorptive ability of esterified glucomannan to deoxynivalenol [D]. Qingdao: Qingdao Agricultural University, 2009: 2, 41. (in Chinese)

[13] 伍 力, 李铁军, 何流琴, 等. L-精氨酸对缓解呕吐毒素刺激大鼠损伤作用的研究 [J]. *营养学报*, 2012, 34(2): 139-142.

Wu L, Li T J, He L Q, et al. The alleviative effect of L-arginine on the rats induced by deoxynivalenol stress [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2012, 34(2): 139-142. (in Chinese)

[14] Caspary W F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1992, 55(Suppl. 1): 299-308.

[15] 刘 惠. 中草药复合粗多糖对断奶仔猪肠道消化生理影响的研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007: 44-46.

Liu H. Study on effects of compound polysaccharides on digestion physiology of weaned piglets [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2007: 44-46. (in Chinese)

[16] 韩正康. 家畜营养生理学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.

Han Z K. Animal nutrition physiology [M]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1991. (in Chinese)

[17] 成令忠. 组织学 [M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1994.

Cheng L Z. Histology [M]. 2 ed. Beijing: People Health Publishing House, 1994. (in Chinese)

[18] Pestk A. Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137(3): 283-298.

[19] 尹 杰, 伍 力, 彭智兴, 等. 脱氧雪腐镰刀菌烯醇的毒性作用及其机理 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(1): 48-54.

Yin J, Wu L, Peng Z X, et al. Deoxynivalenol: Toxicity and mechanisms of action [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(1): 48-54. (in Chinese)

[20] 苏 军. 镰刀菌毒素对猪的抗营养效应及其机制研究 [D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2008: 37.

Su J. Anti-nutritional effects of fusarium mycotoxins and its mechanism in weanling piglets [D]. Ya'an, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2008: 37. (in Chinese)