

红芪粗多糖对免疫应激断奶仔猪生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响

宋志学¹ 杜天玺^{2*} 孙红国¹ 张 蔓¹ 华永丽¹ 纪 鹏¹ 魏彦明^{1**}

(1. 甘肃农业大学动物医学院, 兰州 730070; 2. 安徽医科大学实验动物中心, 合肥 230032)

摘 要: 本试验旨在研究红芪粗多糖(CHPS)对细菌脂多糖(LPS)刺激断奶仔猪生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响。选择健康的32头断奶仔猪,按体重相近的原则随机分为5组:对照组(基础饲料)、LPS组(基础饲料+LPS)、CHPS低剂量组(基础饲料+LPS+200 mg/kg CHPS)、CHPS高剂量组(基础饲料+LPS+800 mg/kg CHPS),每组8个重复,每个重复1头仔猪。试验期为28 d。试验期间记录每头猪日采食量,试验第1、21、28天称重,计算各阶段平均日采食量、平均日增重和料重比。试验第21天,LPS组以及CHPS低、高剂量组仔猪腹腔注射100 μ g/kg BW LPS,对照组注射等量的生理盐水,注射后3 h,前腔静脉采血,分离血清,测定血清生化指标。结果表明:1)与对照组相比,应激期(22~28 d)LPS组平均日采食量和平均日增重均极显著下降($P < 0.01$);血清碱性磷酸酶、谷丙转氨酶活性及甘油三酯、总胆固醇、尿素氮和丙二醛含量均显著或极显著升高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),一氧化氮合酶活性显著下降($P < 0.05$)。2)与LPS组相比,CHPS高、低剂量组平均日采食量和平均日增重均显著升高($P < 0.05$);CHPS低剂量组血清甘油三酯、总胆固醇和丙二醛含量均显著或极显著降低($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);CHPS高剂量组血清碱性磷酸酶活性极显著降低($P < 0.01$)。结果提示,在饲料中添加一定剂量的CHPS能够有效缓解LPS所致免疫应激引起的断奶仔猪生长性能下降,可降低血清甘油三酯、总胆固醇、丙二醛含量及碱性磷酸酶活性,说明CHPS可以有效缓解LPS所致仔猪免疫应激。

关键词: 仔猪;红芪粗多糖;免疫应激;生长性能;血清生化指标

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)05-1062-07

断奶仔猪由于面临饲料和环境等各种因素的应激,往往表现出食欲差、生长速度缓慢,饲料利用率低和腹泻等症状。如何促进断奶仔猪生长发育,降低上述不良状况的发生是提高机体抗病力和促进仔猪健康发育的重要手段。红芪(*Radix hedysari*)为豆科植物多序岩黄芪(*Hedysarum polybotrys* Hand. -Mazz)的干燥根,是甘肃地道药材之一。红芪具有补气固表、利尿托毒、排脓和敛疮生肌等功效。有研究表明,红芪具有改善抗氧化

机能、提高机体免疫力、改善心血管系统缺血、缺氧现象以及抗衰老、抗肿瘤、抗病毒和保护肝脏等作用;红芪多糖具有免疫调节、抗肿瘤、抗炎、抗病毒、抗氧化、抗辐射、抗衰老、降血糖、降血脂、保肝和改善肠道微生态等多种功能^[1]。已有研究指出,饲料中添加多糖具有缓解免疫应激的作用,如黄芪多糖等^[2-3]。因此,本研究通过对仔猪注射细菌脂多糖(LPS)建立免疫应激模型,研究红芪粗多糖(crude hedysari polysaccharide, CHPS)对LPS刺

收稿日期:2012-11-28

基金项目:甘肃省科技支撑计划(社会发展)(0804NKCA110)

作者简介:宋志学(1987-),男,河北衡水人,硕士研究生,从事兽医中药学研究。E-mail: songzhixue123@163.com

* 同等贡献作者

** 通讯作者:魏彦明,教授,博士生导师,E-mail: weiyim@gsau.edu.cn

激仔猪生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响,为CHPS在仔猪饲料中的应用和免疫应激防治提供试验依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

LPS,大肠杆菌血清型055:B5(Sigma公司);CHPS,甘肃农业大学中兽医实验室提供。

1.2 试验动物与设计

采用单因子试验设计,选择健康的32头(24±1)日龄“杜×长×大”断奶仔猪,平均体重(7.64±0.32)kg,按体重相近的原则随机分为5组:对照组(基础饲料)、LPS组(基础饲料+LPS)、CHPS低剂量组(基础饲料+LPS+200mg/kg CHPS)、CHPS高剂量组(基础饲料+LPS+800mg/kg CHPS),每组8个重复,每个重复1头仔猪。试验期为28d。基础饲料配制参照NRC(1998)猪的营养需要,其组成及营养水平见表1。

1.3 试验方法

1.3.1 CHPS制备

取一定量的红芪切断,加石油醚回流5h脱脂,95%乙醇回流5h,用蒸馏水(料液比1:10)80℃浸提2次,每次2h,提取液过滤、浓缩,用3倍量95%无水乙醇静置24h,分离出沉淀依次用无水乙醇、丙酮、甲醇洗涤2次,置于真空干燥箱中干燥,得CHPS,室温密封保存备用。参照文献[4]的方法测定总糖含量为26%。

1.3.2 生长性能

以组为单位,记录试验每头猪日采食量。试验第1、21、28天称重,称重前禁食12h,仅供饮水。计算各阶段平均日采食量、平均日增重和料重比。

1.3.3 血清生化指标

试验第21天,LPS组以及CHPS低、高剂量组中每头猪分别按100μg/kg BW注射LPS,对照组注射等量的生理盐水作对照。注射后3h,前腔静脉采血5mL,分离血清,-20℃冻存备用。按试剂盒说明测定血清甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(UN)和丙二醛(MDA)含量及谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(GOT)、碱性磷酸酶(AKP)、乳酸脱氢酶(LDH)、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶

(GSH-Px)和一氧化氮合酶(NOS)的活性。

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	61.85
豆粕 Soybean meal	22.20
次粉 Wheat middling	4.00
鱼粉 Fish meal	3.00
豆油 Soybean oil	0.50
乳清粉 Whey powder	4.50
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys·HCl	0.24
石粉 Limestone	0.70
磷酸二氢钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1.25
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.05
预混料 Premix ¹⁾	1.00
防霉剂 Mould inhibitor	0.05
食盐 NaCl	0.36
酸化剂 Acidifier	0.30
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
消化能 DE/(MJ/kg)	14.20
粗蛋白质 CP	21.00
磷 P	0.65
钙 Ca	0.67
赖氨酸 Lys	1.30

¹⁾预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: Mn 40 mg, Zn 85 mg, Fe 125 mg, Cu 100 mg, I 0.5 mg, Se 0.3 mg, 氯化胆碱 choline chloride 500 mg, VA 12 000 IU, VB₁ 4 mg, VB₂ 5 mg, VB₁₂ 0.03 mg, VD₃ 3 000 IU, VE 40 IU, D-泛酸 D-pantothenic acid 20 mg, 烟酸 nicotinic acid 35 mg, 叶酸 folic acid 0.4 mg, 生物素 biotin 0.03 mg。

²⁾计算值 Calculated values。

1.4 统计分析

试验数据以平均值±标准差表示,采用SPSS 16.0统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),Duncan氏法进行多重比较,P<0.05为差异显著,P<0.01为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 CHPS对免疫应激断奶仔猪生长性能的影响

由表2可知,在应激前(1~21d),各组间平均日增重差异均不显著(P>0.05);在应激期

(22~28 d), LPS 组平均日增重极显著低于其余各组 ($P < 0.01$), 有些个体体重出现零增长或负增长, 而其余各组间均差异不显著 ($P > 0.05$); 全期内 (1~28 d), LPS 组平均日增重显著低于其余各组 ($P < 0.05$), 而其余各组间均差异不显著 ($P > 0.05$)。

在应激前 (1~21 d), 各组间平均日采食量均差异不显著 ($P > 0.05$); 在应激期 (22~28 d), LPS 组平均日采食量极显著低于其余各组 ($P <$

0.01), 而其余各组间均差异不显著 ($P > 0.05$); 全期内 (1~28 d), 对照组与 LPS 组平均日采食量差异不显著 ($P > 0.05$), 对照组、LPS 组与 CHPS 高、低剂量组间差异显著 ($P < 0.05$), 而 CHPS 高、低剂量组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

在应激前 (1~21 d), 各组间料重比差异不显著 ($P > 0.05$); 在应激期 (22~28 d), LPS 组中有个体体重出现零增长或负增长; 全期内 (1~28 d), 各组间料重比差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 CHPS 对免疫应激断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of CHPS on growth performance of weaner piglets under immune stress

项目 Items	对照组 Control group	LPS 组 LPS group	CHPS 低剂量组 CHPS low-dose group	CHPS 高剂量组 CHPS high-dose group
平均日增重 ADG/g				
1~21 d	89.29 ± 11.02	92.26 ± 47.08	96.73 ± 9.93	99.70 ± 25.40
22~28 d	160.71 ± 73.94 ^{Bb}	13.39 ± 63.13 ^{Aa}	129.46 ± 57.07 ^{Bb}	116.07 ± 56.47 ^{Bb}
1~28 d	107.14 ± 19.09 ^b	72.54 ± 38.01 ^a	104.91 ± 17.70 ^b	103.79 ± 28.21 ^b
平均日采食量 ADFI/g				
1~21 d	272.47 ± 55.93	262.20 ± 72.04	290.63 ± 60.38	291.52 ± 69.44
22~28 d	383.93 ± 47.85 ^{Bb}	264.29 ± 45.89 ^{Aa}	342.86 ± 68.41 ^{Bb}	396.43 ± 71.70 ^{Bb}
1~28 d	300.33 ± 72.40 ^a	262.96 ± 67.47 ^a	303.82 ± 66.60 ^b	317.13 ± 81.37 ^b
料重比 F/G				
1~21 d	3.09 ± 0.39	3.94 ± 3.03	2.43 ± 0.54	2.74 ± 0.85
22~28 d	2.87 ± 1.31 ^a	3.38 ± 0.31 ^b	2.08 ± 0.93 ^a	2.82 ± 1.54 ^a
1~28 d	2.88 ± 0.51	2.98 ± 1.45	3.01 ± 0.76	3.40 ± 1.54

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 ($P < 0.01$)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

2.2 CHPS 对免疫应激断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 3 可知, 与对照组相比, LPS 组 TG、TC、UN、GLU 含量及 LDH 活性均有所升高, 但 LDH 活性差异不显著 ($P > 0.05$), TC、UN 含量差异显著 ($P < 0.05$), TG、GLU 含量差异极显著 ($P < 0.01$); CHPS 低剂量组 TG、TC 含量及 LDH 活性与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$), 与 LPS 组相比, LDH 活性差异不显著 ($P > 0.05$), TC 含量差异显著 ($P < 0.05$), TG 含量差异极显著 ($P < 0.01$); CHPS 低剂量组 UN 含量与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$), 与 LPS 组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。CHPS 低剂量组 GLU 含量与对照组和 LPS 组相比均差异极显著 ($P < 0.01$)。CHPS 高剂量组 LDH 活性及 TC 含量与对照组、LPS 组相比均差异不显著 ($P > 0.05$); UN 含量升高,

GLU 含量降低, 与对照组、LPS 组相比均差异极显著 ($P < 0.01$); TG 含量升高, 与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$), 与 LPS 组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。

由表 3 可知, 各组间 GOT 活性差异均不显著 ($P > 0.05$), 与对照组相比, LPS 组 AKP、GPT 活性升高, 差异显著 ($P < 0.05$)。CHPS 低剂量组 AKP 活性与对照组、LPS 组相比差异均不显著 ($P > 0.05$), GPT 活性升高, 与 LPS 组相比差异显著 ($P < 0.05$), 与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$); CHPS 高剂量组 AKP 活性与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$), 与 LPS 组相比差异极显著 ($P < 0.01$), GPT 活性与对照组、LPS 组相比差异均不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 CHPS 对免疫应激断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 3 Effects of CHPS on serum biochemical parameters of weaner piglets under immune stress

项目 Items	对照组 Control group	LPS 组 LPS group	CHPS 低剂量组 CHPS low-dose group	CHPS 高剂量组 CHPS high-dose group
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.73 ± 0.18 ^{Aa}	1.15 ± 0.21 ^{Bb}	0.62 ± 0.12 ^{Aa}	1.14 ± 0.17 ^{Bb}
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.42 ± 0.31 ^{Aa}	1.87 ± 0.15 ^{Ab}	1.42 ± 0.30 ^{Aa}	1.64 ± 0.38 ^{Aab}
尿素氮 UN/(mmol/L)	2.66 ± 0.17 ^{Aa}	3.66 ± 0.30 ^{ABb}	4.40 ± 0.58 ^{BCb}	5.24 ± 0.88 ^{Cc}
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.16 ± 0.45 ^{Bb}	5.14 ± 0.50 ^{Cc}	2.80 ± 0.43 ^{Aa}	3.15 ± 0.27 ^{Aa}
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	3 995.00 ± 598.74 ^{Aab}	4 206.25 ± 550.52 ^{Aab}	3 725.00 ± 708.54 ^{Aa}	4 777.50 ± 349.82 ^{Ab}
碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)	31.18 ± 0.62 ^{ABab}	36.73 ± 0.16 ^{Cc}	33.91 ± 0.43 ^{BCbc}	28.42 ± 0.43 ^{Aa}
谷丙转氨酶 GPT/(U/L)	19.10 ± 0.30 ^{Aa}	24.51 ± 0.21 ^{ABb}	28.97 ± 0.92 ^{Bc}	20.75 ± 0.02 ^{Aab}
谷草转氨酶 GOT/(U/L)	22.62 ± 0.84	29.78 ± 0.33	29.74 ± 0.51	25.58 ± 0.28

2.3 CHPS 对免疫应激断奶仔猪抗氧化能力的影响

由表 4 可知,各组间 SOD、GSH-Px 活性差异均不显著 ($P > 0.05$)。与对照组相比,LPS 组 NOS 活性降低,差异显著 ($P < 0.05$)。CHPS 低、高剂量组 NOS 活性与对照组相比差异极显著

($P < 0.01$),与 LPS 组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。CHPS 低剂量组 MDA 含量与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$),与 LPS 组相比差异显著 ($P < 0.05$)。CHPS 高剂量组 MDA 含量与对照组、LPS 组相比差异均不显著 ($P > 0.05$)。

表 4 CHPS 对免疫应激断奶仔猪抗氧化能力的影响

Table 4 Effects of CHPS on antioxidant capacity of weaner piglets under immune stress

项目 Items	对照组 Control group	LPS 组 LPS group	CHPS 低剂量组 CHPS low-dose group	CHPS 高剂量组 CHPS high-dose group
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	1.90 ± 0.18 ^{Aa}	2.62 ± 0.28 ^{Ab}	1.97 ± 0.51 ^{Aa}	1.18 ± 0.37 ^{Aab}
一氧化氮合酶 NOS/(U/mL)	37.57 ± 0.28 ^{Bb}	25.42 ± 0.88 ^{ABa}	31.43 ± 0.15 ^{Aa}	35.38 ± 0.46 ^{Aa}
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	43.81 ± 0.63	29.40 ± 0.53	34.40 ± 0.77	38.72 ± 0.52
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(mU/mL)	465.88 ± 1.13	415.41 ± 2.51	455.76 ± 3.11	475.68 ± 3.26

3 讨论

LPS 可激活机体免疫系统,从而导致畜禽采食量、体增重和蛋白质沉积下降,营养物质也在体内重分配,增加用于维持免疫系统的高度激活状态的比重,减少用于动物生长部分的比重,从而降低营养物质的利用效率,最终致使生长性能下降。本试验 CHPS 高、低剂量组(1~21 d)仔猪生长性能指标较对照组略有提高。有报道称,白术粗多糖、黄芪多糖等可以提高断奶仔猪的平均日增重,提高采食量,改善饲料报酬^[5-6],这与本试验结果相似。这些中草药添加剂可以提高断奶仔猪的生

长性能的原因,认为是中草药添加剂具有抑制与宿主争夺营养成分的微生物繁殖,促使肠壁变薄、绒毛变长和提高养分吸收利用的功能^[7];中草药多糖可提高断奶仔猪的小肠绒毛高度,增加小肠绒毛高度与隐窝深度比,从而在提高断奶仔猪对养分的消化利用率,减少疾病,提高生长性能方面发挥作用^[8]。CHPS 高、低剂量组在免疫应激期(22~28 d)生长性能下降不明显,说明其具有较好的抗免疫应激作用,这可能与 CHPS 能够加强小肠吸收功能,进而提高动物机体生长性能有关。

TC、TG、UN、GLU 含量是衡量机体三大营养物质代谢状况的重要指标,LDH 是糖代谢中的重

要酶类,其活性可反映细胞内无氧酵解的活跃程度,是反映细胞膜损伤的一项灵敏指标^[9]。赵良功等^[10]试验结果表明,4种红芪多糖均可不同程度地降低四氧嘧啶实验性糖尿病小鼠血糖含量。金智生等^[11]研究了红芪多糖对不同病程糖尿病大鼠血糖、血脂的影响,发现红芪多糖可以明显降低糖尿病大鼠血糖含量,能抑制 TC、TG、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量的升高,抑制高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量的降低。本试验结果也表明,CHPS高、低剂量组可明显抑制 LPS 刺激后血清 GLU、TC、TG 含量的升高,尤其降血糖作用明显,而对 LDH 活性无显著影响,说明 CHPS 在一定剂量范围内,对动物机体血糖升高具有较好的调节作用。

GSH-Px 是机体抗氧化防御系统的主要组成部分,在过氧化氢酶(CAT)活性很低或过氧化氢(H_2O_2)产量很低的组织中,可代替 CAT 清除 H_2O_2 ,其清除脂类氢过氧化物的速度决定于 GSH-Px 的活性。GSH-Px 与体内的 SOD 和 H_2O_2 一起构成了机体的抗氧化防御体系。GSH-Px 及其相关酶活性目前被作为反映机体抗氧化状态的标志。SOD 是细胞膜系统结构与功能完整性的保护酶之一。SOD 活性升高可减轻组织细胞的过氧化损伤,降低脂质过氧化物的形成。SOD 活性升高,可以增强机体的免疫应答,有助于减少病源及自由基对机体组织的损害,促进脂肪分解代谢,加快动物的生长^[12-14]。MDA 是体内自由基攻击生物膜中多不饱和脂肪酸,引起脂质过氧化物产生的一类较稳定的脂质过氧化物,MDA 含量反映了机体脂质过氧化自由基的存在和细胞被氧化的程度,因此 MDA 的含量可以反映出体内的氧化作用,间接地反映出细胞的损伤程度。本试验结果表明,与对照组相比,LPS 刺激导致动物机体 MDA 含量升高,NOS、SOD、GSH-Px 活性降低,CHPS 高、低剂量组均可以不同程度降低 MDA 含量,提高 NOS、SOD、GSH-Px 的活性,说明了 CHPS 在一定剂量范围内可以有效减轻细胞受损伤程度,有效抑制 LPS 刺激所致的 SOD 活性降低,增强机体的抗氧化能力。

GPT 正常存在于肝细胞浆中,AKP 主要存在于小肠、肾、肝、心脏等器官的细胞膜上,血液中的 AKP 主要来源于肝脏,当肝细胞变性、坏死,细胞膜破裂或通透性升高时,该酶流入血中,使血清

GPT、AKP 活性升高,测定 GPT、AKP 活性可反映肝细胞变性、坏死程度。何利城等^[15]试验结果表明,红芪及红芪多糖具有促进肝细胞再生作用。*D*-氨基半乳糖引起肝损伤的大鼠灌胃 150 mg/kg 红芪多糖,可降低血清 GPT、AKP 的活性,明显减轻肝脏的病理损害,对四氯化碳所致小鼠肝脏 MDA 含量升高有明显抑制作用;对 *D*-半乳糖胺所致大鼠肝脏 MDA 含量升高也有显著降低作用,表明红芪多糖对动物急性肝损伤有一定保护作用,提示红芪多糖有保肝作用^[16-17]。与上述研究结果一致,本试验 CHPS 高剂量组对免疫应激引起的 AKP 活性升高有显著抑制作用,说明其对 LPS 所致肝损伤有一定保护作用。

CHPS 占红芪总成分的 23%~34%,是中药红芪的主要成分之一^[4],本试验所制备的 CHPS 中多糖含量为 26%。CHPS 组分复杂,不同的分离纯化的方法得到的多糖样品不同。据报道,采用分步醇沉法得到的多糖有 3 种,气相色谱测定这 3 种多糖均由鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖、半乳糖 5 种单糖组成^[18]。本试验研究结果表明,CHPS 可以有效缓解 LPS 所致断奶仔猪免疫应激,其机理可能为 LPS 刺激导致肝细胞损伤,肝脏能量过度损耗,而 CHPS 进入机体,参与体内代谢,为机体提供大量能量;CHPS 抑制 LPS 介导的自由基的产生,减少线粒体膜的脂蛋白和脂质过氧化,修复线粒体膜结构,保护线粒体氧化磷酸化功能,增加 ATP 的生成。另外,LPS 刺激导致机体过度产生的一氧化氮(NO)^[19],可增强氧自由基毒性,并能使线粒体电子传递链 NADH-Q 还原酶、琥珀酸-Q 还原酶及三羧酸循环的乌头酸酶失活,抑制呼吸链中的电子传递,使 ATP 的合成减少^[20],而 CHPS 可以减少 LPS 刺激引起的 NO 的生成。

4 结 论

在仔猪饲料中添加一定剂量的 CHPS 能够有效缓解 LPS 所致免疫应激引起的断奶仔猪生长性能下降,可降低血清中 TC、TG、MDA 含量及 AKP 活性,说明 CHPS 可以有效缓解 LPS 所致断奶仔猪免疫应激。

参考文献:

- [1] SHON Y H, KIM J H, NAM K S. Effect of *Astragalus radix* extract on lipopolysaccharide-induced inflamma-

- tion in human amnion[J]. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2002, 25(1): 77-80.
- [2] 杨秋霞, 王洪芳, 陈辉, 等. 饲料中添加黄芪多糖对蛋鸡血清及蛋黄中脂肪性状的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(12): 2143-2148.
- [3] 毛晓峰. 黄芪多糖影响断奶仔猪免疫功能的影响[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [4] 余晓辉, 郭玫, 邵晶. 甘肃六种红芪中多糖的含量测定[J]. *现代中医中药*, 2005, 25(6): 45-46.
- [5] 彭慧珍, 李丽立, 杨坤明, 等. 白术粗多糖对断奶仔猪生产性能和血液生化指标的影响[J]. *湖南农业大学学报*, 2006, 32(6): 648-651.
- [6] 李同洲, 侯伟革, 臧素敏, 等. 黄芪多糖对断奶仔猪生产性能的影响[J]. *中国饲料*, 2007(12): 36-38.
- [7] 李琦华, 高士争, 葛长荣, 等. 中草药添加剂对生长肥育猪饲料养分消化率的影响研究[J]. *云南农业大学学报*, 2002(1): 81-85.
- [8] 刘慧, 李丽立, 张彬, 等. 中草药多糖对断奶仔猪肠道组织形态的影响[J]. *家畜生态学报*, 2008, 29(1): 63-66.
- [9] HUANG X, LIU Y, SONG F, et al. Studies on principal components and antioxidant activity of different *Radix Astragali* samples using high-performance liquid chromatography/electrospray ionization multiple-stage tandem mass spectrometry[J]. *Talanta*, 2009, 78(3): 1090-1101.
- [10] 赵良功, 李晓东, 赵建辉, 等. 4种红芪多糖对实验性糖尿病小鼠血糖的影响[J]. *中药材*, 2009, 32(10): 1590-1592.
- [11] 金智生, 汝亚琴, 李应东, 等. 红芪多糖对不同病程糖尿病大鼠血脂的影响[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2004, 2(5): 278-280.
- [12] 杨小虎, 郭延生, 曲亚玲, 等. 红芪、黄芪水提液体外清除自由基作用的研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 2010, 45(4): 42-45.
- [13] 张军平, 郭利平, 阮士怡. 红芪多糖对培养兔主动脉平滑肌细胞内 LPO 和 SOD 含量的影响[J]. *甘肃中医学院学报*, 1992, 9(1): 27-28.
- [14] 赖红梅. 红芪多糖、力竭运动对大鼠自由基代谢的影响[J]. *西安体育学院学报*, 1998, 15(1): 87-91.
- [15] 何利城, 李茂言, 杨柳. 红芪多糖对小鼠肝细胞内 3H-TdR 掺入量的影响[J]. *甘肃中医学院学报*, 1991, 8(4): 33-34.
- [16] 任远, 马骏, 崔笑梅. 红芪多糖对实验性肝损伤的保护作用(II)[J]. *甘肃中医学院学报*, 2000, 17(4): 10-11.
- [17] 任远, 马骏, 崔笑梅. 红芪多糖对实验性肝损伤的保护作用(I)[J]. *甘肃中医学院学报*, 2000, 17(增刊): 59-60.
- [18] 陈同强, ADILBEKOV J, 赵良功, 等. 红芪多糖 3 中 4 个组分的单糖组成分析及多糖含量测定[J]. *中国药理学杂志*, 2012, 47(7): 551-555.
- [19] 刘新. LPS 诱导 NO 生成的分子调控机制研究[D]. 硕士学位论文. 广州: 第一军医大学, 2000.
- [20] SPOLARIC Z, WU J X. Role of glutathione and catalase in H₂O₂ detoxification in LPS-activated hepatic endothelial and Kupffer cells[J]. *The American Journal of Physiology*, 1997, 273(6): 1304-1311.

Effects of Crude Hedysari Polysaccharide on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters and Antioxidant Capacity in Weaner Piglets under Immune Stress

SONG Zhixue¹ DU Tianxi^{2*} SUN Hongguo¹ ZHANG Man¹
HUA Yongli¹ JI Peng¹ WEI Yanming^{1**}

(1. College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Experimental Animal Center, Anhui Medical University, Hefei 230032, China)

Abstract: To evaluate the effects of crude hedysari polysaccharide (CHPS) on growth performance, serum biochemical parameters and antioxidant capacity in weaner piglets challenged with lipopolysaccharide (LPS), thirty-two healthy weaner piglets were randomly allocated to control group (basal diet), LPS group (basal diet + LPS), CHPS low-dose group (basal diet + LPS + 200 mg/kg CHPS), and CHPS high-dose group (basal diet + LPS + 800 mg/kg CHPS), respectively. According to the records of daily feed intake by group and the body weights on days 1, 21 and 28, average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and the ratio of feed to gain (F/G) were calculated. Piglets in the LPS group and CHPS groups were injected intraperitoneally with 100 $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ LPS on day 21, while the piglets in the control group were injected with normal saline at the same dose. Serum samples were obtained for analysis serum biochemical parameters at 3 h post-injection. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, LPS challenge (22 to 28 d) significantly decreased ADG and ADFI in LPS group ($P < 0.01$), significantly increased the activities of serum alkaline phosphatase (AKP) and glutamic-pyruvic transaminase (GPT) and the contents of triglyceride (TG), total cholesterol (TC), urea nitrogen (UN) and malondialdehyde (MDA) in LPS group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and significantly decreased nitric-oxide synthase (NOS) activity ($P < 0.05$). 2) Compared with the LPS group, ADG and ADFI in CHPS groups were significantly increased ($P < 0.05$), and the contents of serum TG, TC and MDA in CHPS low-dose group were significantly decreased ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and the activity of AKP in CHPS high-dose group was significantly decreased ($P < 0.01$). These results indicate that the supplementation of CHPS in the basal diet inhibits the decrease of growth performance, decreases the contents of TG, TC and MDA and activity of AKP in the serum. CHPS can effectively relieve the immune stress of weaner piglets challenged with LPS. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(5):1062-1068]

Key words: weaner piglet; CHPS; immune stress; growth performance; serum biochemical parameters

* Contributed equally

** Corresponding author, professor, E-mail: weiy@gsau.edu.cn