

注射 pGRF 基因质粒对由脂多糖或三联疫苗诱导的免疫应激仔猪生长和免疫指标的影响

谭永菊 王康宁*

(四川农业大学动物营养研究所,雅安 625014)

摘要: 为研究猪生长激素释放因子(pGRF)基因质粒对由脂多糖或三联疫苗诱导的免疫应激仔猪生长性能和免疫指标的影响,选用 36 头(28 ± 2) d 断奶的杜长大(Duroc \times Landrace \times Yorkshire, DLY)三元杂交仔猪,按体重相近、阉公猪和母猪各 1/2 的原则,分为对照组(不注射 pGRF 基因质粒、大肠杆菌 LPS 或三联苗)、注射 pGRF 组、注射脂多糖(LPS)组、注射 pGRF+LPS 组、注射三联疫苗组(猪瘟兔化弱毒,猪丹毒杆菌 G4T10 弱毒,猪源多杀性巴氏杆菌 E0630 弱毒)和注射 pGRF+三联疫苗 6 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复 1 头猪。试验开始时, pGRF 组、pGRF+LPS 组、pGRF+三联疫苗组的仔猪大腿肌肉分别注射 1.0 mg pGRF 基因质粒;试验的第 11 天给 LPS 组、pGRF+LPS 组仔猪注射 100 μ g/kg LPS 生理盐水溶液,三联疫苗组以及 pGRF+三联疫苗组注射 2 头份三联疫苗生理盐水溶液,对照组和 pGRF 组注射生理盐水;第 18 天时按照第 11 天的操作重复进行。结果表明,在 2 次注射 LPS 或三联苗后,即 10~17 d 和 17~24 d 阶段, pGRF+LPS 组仔猪的 ADG 显著(10~17 d, $P<0.05$)或极显著(17~24 d, $P<0.01$)高于 LPS 组, F/G 均显著低于 LPS 组($P<0.05$); pGRF+疫苗组仔猪 ADG 均显著高于疫苗组($P<0.05$), F/G 显著低于疫苗组($P<0.05$)。在第 11 天和第 18 天, pGRF+LPS 组仔猪的血清细胞因子(IL-1, IL-6)水平均极显著低于 LPS 组($P<0.01$), 类胰岛素生长因子(IGF-I)和 IgG 浓度均极显著高于 LPS 组($P<0.01$); pGRF+疫苗组仔猪的血清 IL-1 和 IL-6 浓度显著低于疫苗组($P<0.05$), IgG 浓度极显著(11 d, $P<0.01$)或显著(18 d, $P<0.05$)高于疫苗组, IGF-I 浓度显著(11 d, $P<0.05$)或极显著(18 d, $P<0.01$)高于疫苗组。证明 pGRF 基因质粒能缓解由 LPS 或三联疫苗免疫应激引起的仔猪生长抑制;能够抑制由脂多糖或三联疫苗诱导的血清 IL-1 和 IL-6 浓度的上升和血清 IGF-I 浓度的降低,同时能提高免疫应激仔猪的血清 IgG 浓度。

关键词: pGRF 基因质粒;断奶仔猪;脂多糖;三联苗;免疫应激;生产性能;免疫指标

免疫应激(immunological stress),在免疫学中指注入抗原以激发免疫应答。在动物生命过程中,许多因素都可引起免疫应激。在免疫应激过程中,免疫系统可通过多种途径影响神经内分泌功能,免疫细胞本身可以产生和释放内分泌激素,也可通过免疫细胞产生的细胞因子作用于神经内分泌及全身各器官系统。免疫应激常引起畜禽的生长抑制,特别是早期断奶仔猪,这给畜牧业造成重大的经济损失,因此,能否采取一种措施既能增强动物的免疫机能和抗病能力,又能缓解免疫应激引起的生长抑制,受到越来越多学者的关注。近年来的研究发现, pGRF(猪生长激素释放因子)基因质粒能显著提高猪的生长速度,改善猪的胴体品质^[1-2],并对改善仔猪健康,提高免疫功能方面有一定的作用^[3],但对感

染疾病的免疫应激仔猪注射 pGRF 基因质粒能否缓解免疫应激引起的生长抑制及其对免疫功能的影响值得进一步研究。本试验拟通过注射 LPS 或三联疫苗诱导断奶仔猪产生免疫应激,观察注射 pGRF 基因质粒能否缓解免疫应激仔猪的生长抑制及改善其免疫功能,为增强断奶仔猪免疫力和抗病力探索新的途径。

1 材料与方法

1.1 试验动物与材料

本试验选取 36 头(28 ± 2) d,平均体重为(7.89 ± 0.98) kg 的杜长大(Duroc \times Landrace \times Yorkshire, DLY)三元杂交断奶仔猪,公母各 1/2,公猪阉割,出生后未进行三联苗的免疫。

收稿日期:2008-03-20

基金项目:教育部创新团队发展计划(IRT0555)资助

作者简介:谭永菊(1980-),女,汉族,硕士,山东莱芜人,主要从事猪的营养研究。E-mail: tanyongju@126.com

* 通讯作者:王康宁,研究员,博士生导师, E-mail: wkn@scau.edu.cn

所用 pGRF 基因质粒由上海格兰柏克生物有限公司提供,将猪的 GRF 基因克隆到 pUC19 质粒,再转入大肠杆菌 DH5 α ,经发酵、分离、纯化等工序,配制成含有 pGRF 基因表达质粒的注射液;大肠杆菌脂多糖 (LPS,血清为 055 : B5,Sigma 产品,批号:L-2880)、三联疫苗(猪瘟兔化弱毒,猪丹毒杆菌 G4T10 弱毒,猪源多杀性巴氏杆菌 E0630 弱毒)购自中牧实业有限公司。

1.2 试验设计与日粮

试验采用单项分类设计,将 36 头断奶仔猪按体重相近、阉公猪和母猪各 1/2 的原则配对,分对照组(不注射 pGRF 基因质粒、脂多糖或三联苗)、注射 pGRF 组、注射大肠杆菌脂多糖 (LPS) 组、注射 pGRF + LPS 组、注射三联疫苗组和注射 pGRF + 三联疫苗组 6 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复 1 头猪。试验期共 24 d。

试验开始时,在 pGRF 组、pGRF + LPS 组、pGRF + 三联疫苗组仔猪大腿肌肉注射剂量为 1.0 mg 的 pGRF 基因质粒,药液浓度 2.0 mg/mL;试验的第 11 天给 LPS 组、pGRF + LPS 组的仔猪注射 100 μ g/kg LPS 生理盐水溶液,三联疫苗组以及 pGRF + 三联疫苗组注射两头份三联苗生理盐水溶液,对照组和 pGRF 组注射生理盐水,各试验组仔猪均在注射 3 h 后前腔静脉采血 10 mL,分离血清;第 18 天按照第 11 天的操作重复进行。

试验日粮参照 NRC (1998) 配制,日粮组成及营养水平见表 1。

1.3 饲养管理

试验在四川农大动物营养研究所的试验猪场进行。猪单个饲于代谢笼中。红外灯保温,保持舍内局部温度 25~28 $^{\circ}$ C,相对湿度 55%~70%;自由采食和饮水。

1.4 测定指标与测定方法

1.4.1 生产性能

试验开始、第 11 天、第 18 天和第 24 天早上空腹称重,准确记录各笼试验猪的喂料量与余料量,计算每头猪每段时间的平均日采食量 (ADFI)、日增重 (ADG) 及料肉比 (F/G)。

1.4.2 血液指标

血清中白介素-1(IL-1)、白介素-6(IL-6)和类胰岛素生长因子(IGF-I)采用猪的 ELISA 试剂盒(美国(ADL)ELISA 试剂盒,购自上海卓康生物科技有限公司,商品批号分别为 IL-1:QRCT-852104EIA\

UTL;IL-6:QRCT-30213EIA\UTL;IGF-I:QRCT-63260EIA\UTL)测定;吸光度用酶标仪测定,型号为 BIO-RAD(MODEL680);血清 IgG 浓度委托雅安市第一人民医院检验科采用散色比浊法测定。

表 1 日粮配方与营养水平(风干基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet
(air-dry basis, %)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	57.06
豆粕 Soybean meal	22.53
大豆油 Soybean oil	0.95
鱼粉 Fish meal	5.00
乳清粉 Whey powder	10.00
赖氨酸-盐酸盐 Lys-HCl	0.19
蛋氨酸 DL-Met	0.07
苏氨酸 Thr	0.04
食盐 NaCl	0.20
碳酸钙 CaCO ₃	0.92
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.32
维生素添加剂 Vitamins premix ¹⁾	0.05
氯化胆碱 Chloride choline	0.10
矿物添加剂 Mineral premix ²⁾	0.50
香味剂 Fragrant additive	0.02
甜味剂 Sweet additive	0.05
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
消化能 DE(MJ/kg)	14.20
粗蛋白质 CP	20.25
钙 Ca	0.83
可利用磷 AP	0.41
可消化赖氨酸 Digestible Lys	1.21
可消化蛋氨酸 Digestible Met	0.69
可消化色氨酸 Digestible Trp	0.22
可消化苏氨酸 Digestible Thr	0.75
可消化异亮氨酸 Digestible Ile	0.77

¹⁾ 维生素添加剂可为每千克全价料提供 The vitamins premix provides following for per kg diet: VA 7 000 IU; VD₃ 1 500 IU; VE 13 IU; VK₃ 2 mg; VB₁ 2 mg ; VB₂ 3 mg; VB₆ 2 mg; VB₁₂ 0.006 mg; 泛酸 D-pantothenic acid 0.1 mg; 烟酸 nicotinic acid 0.007 mg; 吡哆酸 pyridoxic acid 0.005 mg。

²⁾ 矿物添加剂可为每千克全价料提供 The mineral premix provides following for per kg diet: Fe(硫酸亚铁, as ferrous sulfate) 250 mg; Cu(硫酸铜, as copper sulfate) 170 mg; Zn(硫酸锌, as zinc sulfate) 150 mg; Mn 10 mg; I 0.14 mg; Se 0.3 mg。

1.5 数据分析

试验结果用平均值±标准差表示,各处理组间用 SPSS 12.0 统计软件进行配对 *T* 检验。

2 结果与分析

2.1 pGRF 基因质粒对免疫应激断奶仔猪生产性能的影响

由表 2 可知,未注射 LPS 或三联苗前(1~10 d),3 个注射 pGRF 基因质粒组仔猪的日增重(ADG)和采食量(ADFI)显著高于 3 个相应的未注射组($P<0.05$)。2 次注射 LPS 之后,在 10~17 d 和 17~24 d 阶段,LPS 组仔猪的 ADG 均极显著低于对照组($P<0.01$),F/G 均显著高于对照组($P<0.05$);pGRF+LPS 组仔猪的 ADG 显著(10~17 d, $P<0.05$)或极显著(17~24 d, $P<0.01$)高于 LPS 组,

F/G 均显著低于 LPS 组($P<0.05$),ADFI 没有显著差异($P>0.05$)。2 次注射三联苗后,在 10~17 d 和 17~24 d 阶段,pGRF+疫苗组仔猪 ADG 均显著高于疫苗组($P<0.05$),F/G 显著低于疫苗组($P<0.05$)。

2.2 pGRF 基因质粒对免疫应激断奶仔猪血清 IGF-I 的影响

由表 3 可知,在第 11 天和第 18 天,pGRF 组仔猪的血清 IGF-I 浓度均极显著高于对照组($P<0.01$);2 次注射 LPS 或三联苗后,pGRF+LPS 组仔猪的血清 IGF-I 浓度均极显著高于 LPS 组($P<0.01$),pGRF+疫苗组仔猪的血清 IGF-I 浓度在第 1 次(11 d)注射后显著高于疫苗组($P<0.05$),第 2 次(18 d)注射后极显著高于疫苗组($P<0.01$)。

表 2 pGRF 基因质粒对免疫应激断奶仔猪生产性能的影响
Table 2 Effects of pGRF gene plasmid injection on performance of immunological stress weaned piglets ($n=6$)

项目 Items	对照 Control	pGRF	脂多糖 LPS	pGRF+LPS	疫苗 Triple vaccine	pGRF+疫苗 pGRF+ vaccine
初重						
Initial Weight (kg)	7.88±0.79 ^a	7.88±0.58 ^a	7.89±0.66 ^a	7.90±0.65 ^a	7.89±0.66 ^a	7.90±0.65 ^a
末重						
Final Wight(kg)	17.47±1.71 ^{Ab}	18.52±1.23 ^{Aa}	16.16±1.92 ^{Bc}	17.39±1.69 ^{Ab}	16.99±1.92 ^{Bc}	18.36±1.52 ^{Aa}
日增重 ADG (g)						
1~10 d	266±31 ^b	314±22 ^a	265±56 ^b	311±38 ^a	266±38 ^b	318±53 ^a
10~17 d	346±57 ^{Ab}	394±56 ^{Aa}	262±69 ^{Bd}	278±63 ^{Bc}	334±70 ^{Ab}	416±37 ^{Aa}
17~24 d	595±68 ^{Ab}	621±70 ^{Aa}	503±23 ^{Bc}	594±56 ^{Ab}	538±55 ^{ABd}	566±55 ^{ABc}
采食量 ADFI (g)						
1~10 d	428±33 ^b	484±32 ^a	440±71 ^b	504±69 ^a	503±86 ^a	531±98 ^c
10~17 d	706±37 ^a	697±77 ^a	637±76 ^b	606±87 ^b	611±59 ^b	711±70 ^a
17~24 d	1 077±122 ^a	1 081±88 ^a	1 097±77 ^a	1 099±92 ^a	1 049±67 ^b	1 036±64 ^b
料重比 F/G						
1~10 d	1.61±0.03 ^b	1.54±0.38 ^c	1.66±0.15 ^b	1.62±0.25 ^b	1.89±0.32 ^a	1.67±0.31 ^b
10~17 d	2.04±0.14 ^b	1.77±0.04 ^d	2.43±0.207 ^a	2.18±0.28 ^b	1.83±0.29 ^c	1.71±0.26 ^d
17~24 d	1.81±0.13 ^b	1.74±0.21 ^c	2.18±0.16 ^a	1.85±0.13 ^b	1.95±0.03 ^a	1.83±0.10 ^b

同行数据肩注不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$),肩注不同的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($P<0.05$), with different capital letter superscripts mean significant difference($P<0.01$). The same as below.

2.3 pGRF 基因质粒对免疫应激断奶仔猪细胞因子 IL-1 和 IL-6 的影响

由表 3 可知,2 次注射 LPS 后,LPS 组和 pGRF+LPS 组仔猪的血清 IL-1 和 IL-6 水平均极显著高于对照组($P<0.01$),但 pGRF+LPS 组仔猪的血清 IL-1 和 IL-6 水平提高幅度均小于 LPS 组,其值均

极显著低于 LPS 组($P<0.01$)。同样,2 次注射三联苗后,pGRF+疫苗组仔猪的血清 IL-1 和 IL-6 浓度均显著低于疫苗组($P<0.05$)。

2.4 pGRF 基因质粒对免疫应激断奶仔猪血液中免疫球蛋白 IgG 的影响

在第 11 天和第 18 天,pGRF 基因质粒组仔猪

的血清 IgG 水平均极显著高于对照组 ($P<0.01$)。2 次注射 LPS 后,LPS 组仔猪的血清 IgG 浓度均极显著低于 pGRF 和 pGRF + LPS 组 ($P<0.01$);疫苗组仔猪的血清 IgG 浓度在第 1 次(11 d)注射后极显著低于 pGRF + 疫苗组 ($P<0.01$),第 2 次(18 d)注射后显著低于 pGRF + 疫苗组 ($P<0.05$)。

表 3 pGRF 基因质粒对应激仔猪血清 IGF-I、细胞因子 IL-1 和 IL-6、免疫球蛋白 IgG 的影响
Table 3 Effects of pGRF gene plasmid injection on IGF-I,IL-1,IL-6 and IgG of immunological stress weaned piglets
($n=4$)

项目 Items	对照 Control	pGRF	脂多糖 LPS	pGRF + LPS	疫苗 Triple vaccine	pGRF + 疫苗组 pGRF + Vaccine
IGF-I (ng/mL)						
11 d	90.3±5.0 ^{Aad}	152.4±9.4 ^{Bb}	59.9±3.8 ^{Cc}	108.4±8.7 ^{Aac}	78.9±3.6 ^{Ad}	113.3±5.9 ^{Ac}
18 d	163.7±6.0 ^{Aa}	223.5±11.0 ^{Bb}	100.0±5.8 ^{Cc}	210.0±7.8 ^{Bb}	171.1±9.3 ^{Aa}	243.25±10.6 ^{Bd}
IL-1 (pg/mL)						
11 d	88.9±1.3 ^{Cc}	70.7±5.4 ^{Cd}	131.2±9.0 ^{Aa}	102.0±3.0 ^{Bb}	98.5±5.7 ^{Cc}	88.2±6.5 ^{Cc}
18 d	82.3±5.7 ^{Cc}	71.2±8.1 ^{Cb}	125.3±6.9 ^{Aa}	97.7±6.4 ^{Bd}	106.4±2.3 ^{Bc}	97.5±3.3 ^{Bd}
IL-6 (pg/mL)						
11 d	76.8±6.1 ^{Aa}	63.3±5.8 ^{Ab}	6 223.2±376.6 ^{Bc}	5 136.9±241.3 ^{Cd}	1 084.5±142.9 ^{De}	896.4±39.5 ^{Df}
18 d	80.0±5.4 ^{Aa}	73.3±8.2 ^{Ab}	3 900.0±94.7 ^{Bc}	3 129.2±120.5 ^{Cd}	1 195.5±176.3 ^{De}	992.2±114.0 ^{Dd}
IgG (g/L)						
11 d	2.33±0.17 ^{BCb}	4.08±0.26 ^{Aa}	1.89±0.23 ^{Bc}	3.00±0.35 ^{ACde}	2.87±0.34 ^{Cc}	3.43±0.41 ^{Ad}
18 d	3.01±0.64 ^{Bbc}	4.67±0.76 ^{ACa}	2.89±0.43 ^{Bb}	4.04±0.85 ^{ACe}	3.27±0.45 ^{BCc}	4.88±0.78 ^{Ca}

3 讨 论

3.1 pGRF 基因质粒对免疫应激仔猪生产性能的影响

本试验结果表明 pGRF 基因质粒能提高免疫应激仔猪的生产性能。pGRF 基因质粒提高正常猪生长性能已得到证实^[1-4],例如,范志勇等^[2]在仔猪断奶前 1 周注射 pGRF 基因质粒,研究表明,断奶后 1 周的日增重提高 27.72%,料肉比降低 33.80% ($P<0.05$)。但将免疫应激与 pGRF 基因质粒结合的研究不多,与本文作者同实验室的另一个试验也表明 pGRF 基因质粒能缓解 LPS 引起的断奶仔猪生长抑制;日增重和日采食量比注射 LPS 组分别提高 15.43% ($P<0.05$) 和 14.27%,料肉比差异不显著。

3.2 pGRF 基因质粒对免疫应激仔猪血清 IGF-I 水平的影响

当动物处于免疫应激时,免疫应激通过直接作用于动物的中枢神经系统(central nervous system, CNS)或引发 CNS 细胞中细胞因子的合成,从而改变神经内分泌系统,减少了生长激素^[5-7]和 IGF-I^[8-9]的分泌。而 pGRF 基因质粒发挥作用主要是通过仔猪体内有效表达,促进内源性 GH 和 IGF-I 的分泌^[4,10]。而本试验发现在免疫应激下,注射

pGRF 基因质粒使仔猪血清 IGF-I 水平也得到提高。由此可以推断,pGRF 基因质粒能缓解免疫应激引起的 IGF-I 水平的下降,提高免疫应激仔猪血清 IGF-I 水平。

3.3 pGRF 基因质粒对免疫应激仔猪血清 IL-1、IL-6 和 IgG 水平的影响

IL-1、IL-6 都属于细胞因子(cytokine),由单核/巨噬细胞系统在感染和免疫早期合成与分泌产生。免疫应激越强,产生的细胞因子越多,虽然细胞因子能提高动物机体的抵抗力,但过度分泌会导致营养物质重分配,将用于维持生长和骨骼肌沉积的营养物质转向于维持免疫反应^[11]。本试验中,LPS 或三联苗刺激导致前炎性细胞因子 IL-1 和 IL-6 的急剧上升,说明仔猪的免疫系统被迅速激活,与前人在鼠^[12-15]上的结果一致。上文已经提到,pGRF 基因质粒在体内发挥作用是通过促进内源性 GH 的分泌和 IGF-I 的生成来完成的。如 GH 通过抑制脂多糖诱导的单核/巨噬细胞胞浆内 NF-κB 核移位,来抑制脂多糖引起的 TNF-α、IL-1 和 IL-6 分泌,从而避免了这些细胞因子的过度生成^[16],也正说明了本研究结果:pGRF 基因质粒能缓解 LPS 或三联苗引起的血清 IL-1、IL-6 水平升高,缓解免疫应激。

陈忠勇等^[17]和仇旭光等^[18]试验表明给术后患

者、烧伤患者注射 GH,能提高血清 IgG、IgA 水平,与本试验注射 pGRF 基因质粒提高 LPS 和三联苗应激仔猪血清 IgG 水平的结果类似,进一步证明了本试验结果的可靠性。

4 结 论

① pGRF 基因质粒能缓解仔猪因注射脂多糖(LPS)或三联疫苗引起的生长抑制。

② pGRF 基因质粒能够抑制由脂多糖(LPS)或三联苗诱导的细胞因子(IL-1、IL-6)浓度的上升和血清类胰岛素生长因子(IGF-I)的浓度的降低,同时显著提高血液中 IgG 的浓度。

参考文献:

- [1] 辜玉红,王康宁. pGRF 基因质粒对猪生产性能、胴体品质及血液生化指标的影响的研究. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2001.
- [2] 范志勇,王康宁. 猪生长因子释放基因对早期断奶仔猪生产性能、免疫功能及消化道发育的影响. 中国畜牧杂志, 2003, 39(3): 16-17.
- [3] 范志勇,王康宁,周定刚. EGF、Gin 和 pGRF 基因质粒对早期断奶仔猪生产性能、免疫功能及相关激素水平的影响. 畜牧兽医学报, 2005, 36(9): 893-899.
- [4] 张 勇,周安国,吴 德,朱宇旌,王康宁,杨 凤. 生长肥育猪骨骼肌注射表达 pGRF 基因质粒的效应研究. 畜牧兽医学报, 2004, 35(4): 375-381.
- [5] Lang C H, Pollard V J, Fan L D, Traber D L, Traber R A, Frost M C. Acute alterations in growth hormone-insulin-like growth factor axis in humans injected with endotoxin. *American Journal of physiology*, 1997, 273: 371-378.
- [6] Peisen J N, McDonnell K J, Mulroney S E, Lumpkin M D. Endotoxin-induced suppression of the somatotrophic axis is mediated by interleukin-1 beta and corticotropin-releasing factor in the juvenile rat. *Endocrinology*, 1995, 136: 3378-3390.
- [7] Coleman E S, Sartin J L. Endotoxin stimulates in vitro pituitary growth hormone release in eicosanoid-dependent manner. *American Journal of Veterinary Research*, 1996, 57: 1662-1667.
- [8] Wright K J, Balaji R, Hill C M, Dritz S S, Knoppel E L. Minton Integrated adrenal, somatotrophic, and immune response of growing pigs to treatment with lipopolysaccharide. *Journal of Animal Science*, 2000, 78: 1892-1899.
- [9] 刘玉兰,李德发. 免疫应激对断奶仔猪免疫和神经内分泌激素的影响. 中国畜牧杂志, 2004, 40(4): 4-6.
- [10] Draghia-Aki R, Fiorotto M L, Hill L A, Malone P B. Myogenic expression of an injectable protease-resistant growth hormone-releasing hormone augments long term growth in pigs. *Nature Biotechnology*, 1999: 1179-1183.
- [11] Cook M E, Miller C C, Park Y, Pariza M. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Science*, 1993: 1301-1305.
- [12] Sadeghi S, Wallace F A, Calder P C. Dietary lipids modify the cytokine responset bacterial lipopolysaccharide in mice. *Immunology*, 1999, 96: 404-410.
- [13] Klasing K C, Laurin D E, Peng R K. Immunologically mediated growth depression in chicks: Influence of feed intake, corticosterone, and interleukin-1. *The Journal of Nutrition*, 1987, 117: 629-637.
- [14] Sijben J W, Schrama J W, Parmentier H K, Klasing K C. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on in vivo splenic cytokine mRNA Expression in layer chicks immunized with Salmonella typhimurium lipopolysaccharide. *Poultry Science*, 2001, 80: 1164-1170.
- [15] Webel D M, Finck B N, Baker D H, Johnson R W. Time course of increased plasma cytokines, cortisol and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lipopolysaccharide. *Animal Science*, 1997, 75: 1514-1520.
- [16] Jeay S, sonenshein G E, Postel-Vinay M C, Baixeras E. Growth hormone prevents apoptosis through activation of nuclear factor kappaB in intefleukin-3-dependent Ba/F3 cell line. *Molecular Endocrinol*, 2000, 14(5): 650-661.
- [17] 陈忠勇,谷才之. 生长激素对代谢与免疫的影响. 中国临床康复, 2003, 7(11): 1704-1705.
- [18] 仇旭光,蒋金珩,王野平,陈挺孙. 重组人生长激素对大面积烧伤患者免疫功能的影响. 浙江医学, 2004, 26(11): 814-828.

Effects of Injecting pGRF Gene Plasmid on Performance and Immunological Indices of Immunological Stress Piglets Induced by LPS or Triple Vaccine

TAN Yong-ju WANG Kang-ning*

(Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the effects of pGRF gene plasmid on the performance and immunological indices of immunological stress weaned piglets induced by LPS or Triple vaccine. Thirty-six DLY (Duroc×Landrace×Yorkshire) pigs, weaned at the age of (28 ± 2) d, were assigned to 6 groups with six replicates in each group and one piglet in each replicate, which were control group, pGRF gene plasmid group, LPS (lipopolysaccharide) group, pGRF + LPS group, triple vaccine group and pGRF + triple vaccine group. In the beginning of the experiment, each pig of pGRF gene plasmid group, pGRF + LPS group and pGRF + triple vaccine group were injected 1.0 mg pGRF gene plasmid. On the 11th day of the experiment, pigs of pGRF + LPS group and LPS group were injected lipopolysaccharide 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$; pigs of pGRF + triple vaccine group and triple vaccine group were injected double dose triple vaccine; and pigs of pGRF gene plasmid group and control were injected normal saline. On the 18th day, the manipulation was the same as on the 11th day. The results showed that, at the stage of 10~17 d and 17~24 d, ADG of piglets in pGRF + LPS group were significant higher than those in LPS group (10~17 d, $P < 0.05$; 17~24 d, $P < 0.01$), F/G of piglets in pGRF + LPS group were significant lower than those in LPS group ($P < 0.05$); ADG of piglets in pGRF + triple vaccine group were significant higher than those in triple vaccine group ($P < 0.05$) and F/G of piglets in pGRF + triple vaccine group were lower than those in triple vaccine group ($P < 0.05$). On the 11th day and the 18th day, after being injected the LPS or triple vaccine, the serumal IL-1 and IL-6 levels of piglets in pGRF + LPS groups and pGRF + triple vaccine group were respectively significant lower than those in LPS group ($P < 0.01$) and triple vaccine group ($P < 0.05$); the serumal IGF-I and IgG levels of piglets in pGRF + LPS group were both significant higher ($P < 0.01$) than those in LPS groups; the serumal IGF-I levels of piglets in the pGRF + triple vaccine group were significant higher than those in triple vaccine group (11 d, $P < 0.01$, 18 d, $P < 0.05$) and the serumal IgG levels of piglets in the pGRF + triple vaccine group were significant higher than those in triple vaccine group (11 d, $P < 0.05$, 18 d, $P < 0.01$). In conclusion, pGRF could relieve the adverse effects of immunological stress on growth performance of the piglets, which were injected with lipopolysaccharide or triple vaccine, and could inhibit increase of the serumal IL-1 and IL-6 levels and decrease of the serumal IGF-I levels of immunological stress piglets, and could improve the serumal IgG levels of immunological stress piglets. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2008, 20(6): 624-629]

Key words: pGRF gene plasmid; Weaned piglets; LPS; Triple vaccine; Immunological stress; Growth performance; Immunological indices

* Corresponding author, professor, E-mail: wkn@sicau.edu.cn