

# 饲料添加 *L*-精氨酸或 *N*-氨甲酰谷氨酸对感染 PRRSV 妊娠母猪繁殖性能及免疫功能的影响

杨平<sup>1</sup> 吴德<sup>1\*</sup> 车炼强<sup>1</sup> 方正锋<sup>1</sup> 林燕<sup>1</sup>  
 譙仕彦<sup>2</sup> 李勇<sup>3</sup> 曾毅<sup>3</sup> 苏祥<sup>3</sup>

(1. 四川农业大学动物营养研究所, 动物抗病营养教育部重点实验室, 雅安 625014;

2. 中国农业大学国家饲料工程技术研究中心, 北京 100193;

3. 广西商大科技有限公司, 南宁 530105)

**摘要:** 本文旨在研究饲料添加 *L*-精氨酸或 *N*-氨甲酰谷氨酸 (*N*-carbonyl glutamate, NCG) 对感染猪繁殖与呼吸综合征病毒 (porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV) 妊娠母猪繁殖性能及免疫功能的影响。选用 3~5 胎感染 PRRSV 的母猪 (长白 × 大约克) 60 头, 随机分为 3 组, 每组 20 头, 单栏饲养。试验猪妊娠第 30~90 天分别饲喂含 1.7% *L*-丙氨酸 (对照组)、1.0% *L*-精氨酸和 0.1% NCG 的等氮饲料, 妊娠第 91 天至分娩饲喂对照组饲料。妊娠第 30、90 和 110 天早上采食后 2 h 收集母猪血样。试验结果表明: 与对照组相比, 1% *L*-精氨酸添加组窝产活仔数提高 0.89 头 ( $P < 0.05$ ), 窝活仔重提高 1.02 kg ( $P > 0.05$ ), 0.1% NCG 添加组窝产活仔数提高 0.33 头 ( $P > 0.05$ ); 1.0% *L*-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组妊娠第 90 天母猪血清免疫球蛋白 G (IgG)、免疫球蛋白 M (IgM) 和 PRRSV 抗体水平显著升高 ( $P < 0.05$ ), 血浆尿素浓度显著降低 ( $P < 0.05$ ); 1.0% *L*-精氨酸添加组妊娠第 90 天母猪血浆蛋氨酸、精氨酸、鸟氨酸、脯氨酸浓度显著升高 ( $P < 0.05$ ), 妊娠第 110 天母猪血清 IgG 水平显著升高 ( $P < 0.05$ ); 1.0% *L*-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组母猪繁殖性能无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 但 1.0% *L*-精氨酸添加组妊娠第 90 天母猪血浆蛋氨酸、精氨酸、鸟氨酸浓度及血清 IgG 水平显著高于 0.1% NCG 添加组 ( $P < 0.05$ )。结果提示: 饲料添加 *L*-精氨酸或 NCG 能改善妊娠母猪繁殖性能, 其作用途径可能与饲料中 *L*-精氨酸或 NCG 可以提高母猪体内部分氨基酸利用率及免疫力有关。

**关键词:** *L*-精氨酸; NCG; PRRSV; 妊娠母猪; 繁殖性能; 免疫

中图分类号: S828; S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)08-1351-10

母猪产仔数的增加将有助于提高母猪繁殖效率和经济效益。妊娠母猪感染猪繁殖与呼吸综合征病毒 (porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV) 会引起母猪早产、死胎、流产及产弱仔等繁殖障碍, 带来巨大的经济损失<sup>[1]</sup>。近年来国内外许多研究证实通过饲料添加精氨酸

可显著提高母猪窝产活仔数和窝活仔重<sup>[2-3]</sup>, 然而, Li 等<sup>[4]</sup>研究发现精氨酸有降低妊娠早期母猪胚胎存活的作用。因此, 精氨酸对妊娠母猪繁殖成绩的提高作用可能发生在妊娠中后期。同时研究还发现, 精氨酸对改善机体免疫功能起着重要作用<sup>[5-6]</sup>。*N*-氨甲酰谷氨酸 (*N*-carbonyl gluta-

收稿日期: 2011-03-07

作者简介: 杨平 (1986—), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 从事动物营养与饲料开发研究。E-mail: yp20041107@163.com

\* 通讯作者: 吴德, 教授, 博士生导师, E-mail: pig2pig@sina.com

mate, NCG) 作为尿素循环中鸟氨酸生成瓜氨酸的中间体 N-乙酰谷氨酸 (NAG) 的代谢稳定类似物, 是精氨酸内源合成限速酶——氨甲酰磷酸合成酶-1 (CPS-1) 的激活剂, 能促进精氨酸的合成。不过, 饲料添加精氨酸或 NCG 对感染 PRRSV 母猪弱仔率、死胎率、窝产活仔数的影响未见报道。因此, 本试验旨在探讨饲料添加 L-精氨酸或 NCG 是否会通过影响母猪体内代谢过程和提高免疫力进而影响感染 PRRSV 母猪的繁殖性能。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

L-精氨酸盐酸盐和 L-丙氨酸, 纯度  $\geq 98.5\%$  (购于北京嘉康源科技有限公司); NCG 纯度为  $50\%$ , 由国家饲料工程技术研究中心提供。

### 1.2 试验设计与分组

选用 3~5 胎感染 PRRSV (检测方法: RT-PCR, 见图 1) 的母猪 (长白  $\times$  大约克) 60 头, 妊娠第 1~29 天饲喂相同的对照组饲料, 妊娠第 30 天, 按体况将母猪随机分为 3 组, 每组 20 头, 单栏饲养。妊娠第 30~90 天分别饲喂含  $1.7\%$  L-丙氨酸 (对照组)、 $1.0\%$  L-精氨酸和  $0.1\%$  NCG 的饲料, 妊娠第 91 天至分娩饲喂对照组饲料, 对照组饲料添加  $1.7\%$  L-丙氨酸以满足等氮平衡需要, 试验共计 84 d。

### 1.3 试验饲料

试验饲料参照美国 NRC (1998) 妊娠母猪营养需要进行配制。饲料配方氨基酸平衡参考 Dourmad 等<sup>[7]</sup>。对照组和  $0.1\%$  NCG 添加组饲料精氨酸水平为  $0.73\%$ ,  $1.0\%$  L-精氨酸添加组为  $1.54\%$  (计算值)。饲料组成及营养水平见表 1。

### 1.4 饲养管理

试验在广西某猪场进行, 妊娠母猪采用限位栏饲养, 妊娠第 1~29 天根据母猪体况进行饲喂 [ $(1.8 \sim 2.0)$  kg/d]; 妊娠第 30 天按试验设计给母猪分别饲喂各组饲料, 试验期间每头母猪平均日采食量为  $2.5$  kg/d, 分 2 次饲喂 (07:00 和 18:00), 母猪在分娩前 1 周由妊娠舍进入分娩舍, 试验过程中因繁殖失败 (返情、流产、空怀)、疾病问题的母猪将会被淘汰。饲养管理遵循规模化猪场管理制度进行, 每天记录温度、湿度, 观察母猪采食情况及健康状况。

### 1.5 血样收集

每组选择 10 头母猪, 妊娠第 30、90 和 110 天采食后 2 h<sup>[8]</sup> 用 2 种灭菌真空采血管 (无任何添加剂的血清收集管和含肝素钠的血浆收集管) 耳缘静脉采血各 5 mL, 血样静置 10~15 min, 即刻  $3\ 000$  r/min 离心 4~5 min, 将分离得到的血清和血浆分装于 0.2 mL EP 管中, 于  $-20\ ^\circ\text{C}$  冷冻保存待测血浆氨基酸、尿素和总蛋白浓度及血清免疫球蛋白 G (IgG)、免疫球蛋白 M (IgM) 和 PRRSV 抗体水平。

### 1.6 指标测定及方法

#### 1.6.1 血清 PRRSV 检测

1.6.1.1 材料 每个组随机抽取 6 头母猪血样 (共计  $30\%$  试验猪); PRRSV 株、阳性及阴性病料均由四川农业大学生物技术中心提供。

1.6.1.2 试剂 主要试剂 RNAiso、RT (反转录) 试剂盒、 $2 \times$  Tap PCR Master Mix、DNA 分子质量标准 DL 2000 等 PCR 反应试剂均购于大连宝生物公司。

1.6.1.3 引物设计与合成 参照曹洪志等<sup>[9]</sup> 建立的三联 PCR 诊断猪 3 种繁殖障碍疾病的方法对 PRRSV 检测的引物进行 RT-PCR 检测, 扩增基因片段为 363 bp。对 GenBank 中已经发表的 10 株 PRRSV 的 M 基因序列进行同源性分析, 利用 Premier 5.0 和 Oligo 6.0 软件进行 PCR 引物设计, 上游引物为:  $5' \text{-CCGACTGCTAGGGCTTCT-3'}$ , 下游引物为:  $5' \text{-TATCTGCCACCCAACACG-3'}$ 。该引物由上海英俊生物技术有限公司合成。

1.6.1.4 病毒 RNA 的提取及反转录 按照 RNAiso Regent 试剂盒说明书提取血清样品中病毒 RNA, 置于  $-20\ ^\circ\text{C}$  保存备用。按照 RT (反转录) 试剂盒说明合成 cDNA, 采用  $10\ \mu\text{L}$  体系进行:  $5 \times$  PrimeScript<sup>TM</sup> Buffer 2  $\mu\text{L}$ , PrimeScript<sup>TM</sup> RT Enzyme Mix 0.5  $\mu\text{L}$ , random 6 mers 0.5  $\mu\text{L}$ ; 反转录反应程序:  $37\ ^\circ\text{C}$  20 min,  $85\ ^\circ\text{C}$  5 s,  $4\ ^\circ\text{C}$  保存。

1.6.1.5 PCR 反应 反转录完成后, 采用  $20\ \mu\text{L}$  的反应体系进行 PCR 扩增, 反应体系为:  $10\ \mu\text{L}$   $2 \times$  Tap PCR Master Mix, 3  $\mu\text{L}$  反转录产物 cDNA, 上、下游引物各 0.5  $\mu\text{L}$ , 6  $\mu\text{L}$  ddH<sub>2</sub>O。按照下列条件进行扩增:  $95.5\ ^\circ\text{C}$  预变性 5 min;  $95\ ^\circ\text{C}$  循环变性 30 s,  $55\ ^\circ\text{C}$  退火复性 30 s,  $72\ ^\circ\text{C}$  延伸 30 s, 30 个循环,  $72\ ^\circ\text{C}$  末延伸 10 min,  $4\ ^\circ\text{C}$  保存。取扩增产物于  $10\ \text{g/L}$  琼脂糖凝胶中电泳 30 min 后在凝胶成像系统中进行观察。

表1 饲料组成及营养水平(风干基础)  
Table 1 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis) %

项目 Items	对照组 Control group	1.0% L-精氨酸添加组 1.0% L-Arg supplementation group	0.1% NCG 添加组 0.1% NCG supplementation group
原料 Ingredients			
玉米 Corn	63.300	63.300	63.300
豆粕 Soybean meal	12.400	12.400	12.400
麦麸 Wheat bran	18.000	18.000	18.000
L-赖氨酸盐酸盐 L-lysine hydrochloride	0.190	0.190	0.190
DL-蛋氨酸 DL-methionine	0.054	0.054	0.054
L-苏氨酸 L-threonine	0.040	0.040	0.040
石粉 Limestone	1.450	1.450	1.450
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.300	1.300	1.300
食盐 NaCl	0.376	0.376	0.376
小苏打 NaHCO <sub>3</sub>	0.150	0.150	0.150
元明粉 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.340	0.340	0.340
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.700	0.700	0.700
膨润土 Bentonite		0.700	
L-精氨酸盐酸盐 L-arginine hydrochloride		1.000	
L-丙氨酸 L-alanine	1.700		1.600
N-氨甲酰谷氨酸 NCG			0.100
合计 Total	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>			
粗蛋白质 CP	13.50	13.50	13.50
消化能 DE/(MJ/kg)	12.55	12.55	12.55
钙 Ca	0.90	0.90	0.90
有效磷 AP	0.40	0.40	0.40
精氨酸 Arginine	0.73	1.54	0.73
可消化赖氨酸 Digestible lysine	0.62	0.62	0.62
可消化蛋氨酸+可消化胱氨酸 Digestible methionine + digestible cysteine	0.40	0.40	0.40
可消化色氨酸 Digestible tryptophan	0.13	0.13	0.13
可消化苏氨酸 Digestible threonine	0.44	0.44	0.44
可消化缬氨酸 Digestible valine	0.50	0.50	0.50

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 Premix provided following per kg of diet; VA 10 000 IU, VD 3 000 IU, VE 90 mg, VB<sub>1</sub> 3 mg, VB<sub>2</sub> 10 mg, VB<sub>6</sub> 4 mg, VB<sub>12</sub> 40 μg, 烟酸 nicotinic acid 50 mg, 泛酸 pantothenic acid 30 mg, 叶酸 folic acid 4 mg, 生物素 biotin 0.45 mg, 氯化胆碱 choline chloride 750 mg, Cu 30 mg, Fe 100 mg, I 0.25 mg, Cr 0.3 mg, Zn 100 mg, Mn 40 mg, Se 0.25 mg。

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

### 1.6.2 繁殖性能

在母猪分娩当日,详细记录每头母猪产仔数、活仔数、弱仔数(初生体重<900 g)、木乃伊数(早期死胎未形成完整胎儿的不作产仔数记录)、死胎数、初生个体重[在母猪分娩完1 h内完成仔猪单

个逐一称重(木乃伊不记重,死胎和活仔均记重)]、初生窝重。

### 1.6.3 血液指标

血浆游离氨基酸浓度采用四川农业大学动物营养研究所日立 L-8800 氨基酸全自动分析仪

(日本日立公司)进行测定(共检测 15 种氨基酸);血浆尿素和总蛋白浓度采用 TMS1024i 全自动生化分析仪(日本东京贸易公司)测定,所用试剂购于迈瑞生化试剂有限公司;采用猪酶联免疫吸附测定法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)测定血清 PRRSV 抗体水平,试剂盒由南京建成生物研究所提供;采用免疫透射比浊法测定血清 IgG、IgM 水平,试剂盒由浙江伊利康生物技术有限公司提供。

### 1.7 数据处理

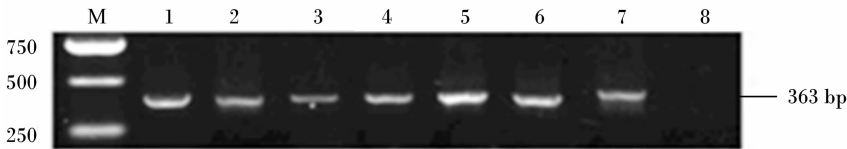
由于试验过程中有 9 头母猪被淘汰,最终进入数据统计的共计 51 头:对照组、1.0% *L*-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组分别为 18、17 和 16 头。试验数据用 Excel 2010 初步整理后,采用 SPSS 16.0 统计软件进行重复数不等的单因素方差分析,并采用 Duncan 氏检验进行多重比较和显

著性分析,弱仔率和死胎率采用  $\chi^2$  检验。除  $\chi^2$  检验指标外,所有数据均以平均值  $\pm$  标准差表示,将  $P < 0.05$  作为显著性评判标准。

## 2 结果

### 2.1 血清 PRRSV 检测结果

由图 1 可知,对编号 1~6 的对照组母猪血清进行 PRRSV 抗原 RT-PCR 检测,结果显示均为阳性,剩余样品检测结果与图 1 结果一致。由于该场爆发过猪繁殖与呼吸综合征 (PRRS),定期对母猪血样收集进行 RT-PCR 检测,发现抽样母猪均为感染 PRRSV。本试验中每组随机抽取 30% 试验母猪血样进行血清 PRRSV 抗原分析,抽样母猪阳性率达到 100%,抽样结果提示所有试验母猪均为感染 PRRSV。



M: DL 2000; 1~6: 对照组; 7: PRRSV 阳性对照; 8: PRRSV 阴性对照。

M: DL 2000; 1~6: control group; 7: positive control of PRRSV; 8: negative control of PRRSV.

图 1 母猪血清 PRRSV PCR 检测代表图

Fig. 1 Representative picture of PRRSV PCR detection in serum of sows

### 2.2 饲料添加 *L*-精氨酸或 NCG 对妊娠母猪繁殖性能的影响

由表 2 可知,与对照组相比,1.0% *L*-精氨酸添加组窝产活仔数提高 0.89 头 ( $P < 0.05$ ),窝活仔重提高 1.02 kg ( $P = 0.065$ ),死胎率有所降低,但差异不显著 ( $P > 0.05$ );0.1% NCG 添加组窝产活仔数提高 0.33 头 ( $P > 0.05$ ),弱仔率和死胎率均降低,但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。1.0% *L*-精氨酸添加组与 0.1% NCG 添加组之间均无显著差异 ( $P > 0.05$ ),但前者窝产活仔数、初生窝活仔重、弱仔率均高于后者,死胎率低于后者。

### 2.3 饲料添加 *L*-精氨酸或 NCG 对妊娠母猪血浆游离氨基酸浓度的影响

由表 3 可知,与对照组相比,1.0% *L*-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组妊娠第 30 天和第

110 天母猪血浆游离丙氨酸、蛋氨酸、精氨酸、鸟氨酸、脯氨酸浓度无显著差异 ( $P > 0.05$ );1.0% *L*-精氨酸添加组妊娠第 90 天母猪血浆游离蛋氨酸、精氨酸、鸟氨酸、脯氨酸浓度显著升高 ( $P < 0.05$ ),丙氨酸浓度显著降低 ( $P < 0.05$ );0.1% NCG 添加组妊娠第 90 天母猪血浆游离精氨酸、鸟氨酸、脯氨酸浓度有增加趋势,但差异不显著 ( $P > 0.05$ );1.0% *L*-精氨酸添加组较 0.1% NCG 添加组妊娠第 90 天母猪血浆游离蛋氨酸、精氨酸、鸟氨酸浓度显著升高 ( $P < 0.05$ ),丙氨酸浓度显著降低 ( $P < 0.05$ ),脯氨酸浓度有增加趋势,但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。除此之外,3 个组之间其他血浆游离氨基酸浓度之间均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表2 饲料添加L-精氨酸或NCG对妊娠母猪繁殖性能的影响

Table 2 Effects of dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate on reproductive performance of pregnant sows

繁殖性能参数 Parameters of reproductive performance	对照组 Control group	1.0% L-精氨酸添加组 1.0% L-Arg supplementation group	0.1% NCG添加组 0.1% NCG supplementation group
窝产仔数 Total piglets born per litter/头	11.39 ± 1.61	11.94 ± 1.43	11.44 ± 1.41
窝产活仔数 Total piglets born alive per litter/头	10.17 ± 1.10 <sup>b</sup>	11.06 ± 1.39 <sup>a</sup>	10.50 ± 1.37 <sup>ab</sup>
初生窝重 Litter birth weight of all piglets born/kg	16.11 ± 1.71	16.89 ± 1.73	16.25 ± 1.76
初生窝活仔重 Litter birth weight of all piglets born alive/kg	14.60 ± 1.31	15.62 ± 1.62	14.95 ± 1.85
初生个体重 Birth weight of all piglets born/kg	1.43 ± 0.34	1.42 ± 0.35	1.42 ± 0.33
初生个体活仔重 Birth weight of all piglets born alive/kg	1.44 ± 0.33	1.41 ± 0.35	1.42 ± 0.33
弱仔率 Rate of piglets body weight less than 900 g/%	7.39	7.67	7.15
死胎率 Rate of stillbirths/%	9.41	6.89	8.18

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.

表3 饲料添加L-精氨酸或NCG对对妊娠第30、90和110天母猪血浆游离氨基酸浓度的影响

Table 3 Effects of dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate on plasma concentrations of free amino acids in sows at day 30, 90 and 110 of gestation  $\mu\text{mol/L}$ 

项目 Items	对照组 Control group	1.0% L-精氨酸添加组 1.0% L-Arg supplementation group	0.1% NCG添加组 0.1% NCG supplementation group
丙氨酸 Alanine			
妊娠30天 Day 30 of gestation	956 ± 74	939 ± 44	920 ± 20
妊娠90天 Day 90 of gestation	1 287 ± 269 <sup>a</sup>	666 ± 48 <sup>b</sup>	1 179 ± 278 <sup>a</sup>
妊娠110天 Day 110 of gestation	1 494 ± 198	1 460 ± 185	1 480 ± 64
蛋氨酸 Methionine			
妊娠30天 Day 30 of gestation	66 ± 9	68 ± 17	71 ± 8
妊娠90天 Day 90 of gestation	73 ± 14 <sup>b</sup>	96 ± 20 <sup>a</sup>	66 ± 9 <sup>b</sup>
妊娠110天 Day 110 of gestation	118 ± 38	108 ± 26	107 ± 17
鸟氨酸 Ornithine			
妊娠30天 Day 30 of gestation	138 ± 24	144 ± 15	137 ± 15
妊娠90天 Day 90 of gestation	125 ± 19 <sup>b</sup>	183 ± 11 <sup>a</sup>	144 ± 18 <sup>b</sup>
妊娠110天 Day 110 of gestation	148 ± 15	140 ± 44	139 ± 12
精氨酸 Arginine			
妊娠30天 Day 30 of gestation	238 ± 39	245 ± 11	249 ± 22
妊娠90天 Day 90 of gestation	220 ± 23 <sup>b</sup>	455 ± 36 <sup>a</sup>	246 ± 36 <sup>b</sup>
妊娠110天 Day 110 of gestation	245 ± 21	286 ± 42	256 ± 36
脯氨酸 Proline			
妊娠30天 Day 30 of gestation	296 ± 15	308 ± 17	309 ± 23
妊娠90天 Day 90 of gestation	364 ± 29 <sup>b</sup>	408 ± 27 <sup>a</sup>	388 ± 7 <sup>ab</sup>
妊娠110天 Day 110 of gestation	344 ± 33	350 ± 24	342 ± 19

## 2.4 饲料添加 L-精氨酸或 NCG 对妊娠母猪血浆总蛋白和尿素浓度的影响

由表 4 可知,与对照相比,1.0% L-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组妊娠第 30 天和第 110 天母猪血浆尿素浓度无显著差异( $P > 0.05$ ),妊娠

第 90 天母猪血浆尿素浓度显著降低( $P < 0.05$ ); 1.0% L-精氨酸添加组较 0.1% NCG 添加组母猪血浆尿素浓度无显著差异( $P > 0.05$ )。另外,3 个组之间血浆总蛋白浓度无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 4 饲料添加 L-精氨酸或 NCG 对妊娠第 30、90 和 110 天母猪血浆总蛋白和尿素浓度的影响

Table 4 Effects of dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate on plasma concentrations of total protein and urea in sows at day 30, 90 and 110 of gestation

项目 Items	对照组 Control group	1.0% L-精氨酸添加组 1.0% L-Arg supplementation group	0.1% NCG 添加组 0.1% NCG supplementation group
总蛋白 TP/(g/L)			
妊娠 30 天 Day 30 of gestation	65.6 ± 3.9	65.9 ± 3.7	64.7 ± 6.4
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	74.0 ± 3.6	74.6 ± 2.4	78.7 ± 8.1
妊娠 110 天 Day 110 of gestation	61.2 ± 6.8	64.6 ± 3.8	64.9 ± 5.5
尿素 Urea/(mmol/mL)			
妊娠 30 天 Day 30 of gestation	3.8 ± 0.6	3.9 ± 0.5	3.7 ± 0.5
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	4.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	4.1 ± 0.4 <sup>b</sup>
妊娠 110 天 Day 110 of gestation	5.0 ± 0.1	4.7 ± 0.4	4.7 ± 0.4

## 2.5 饲料添加 L-精氨酸或 NCG 对妊娠母猪血清免疫球蛋白和 PRRSV 抗体水平的影响

由表 5 可知,与对照组相比,1.0% L-精氨酸添加组和 0.1% NCG 添加组妊娠第 30 天和第 110 天母猪血清 PRRSV 抗体和 IgM 水平无显著差异( $P > 0.05$ ),妊娠第 90 天母猪血清 PRRSV 抗体、IgG 和 IgM 水平显著提高( $P < 0.05$ );1.0%

L-精氨酸添加组妊娠第 110 天母猪血清 IgG 水平显著提高( $P < 0.05$ ),0.1% NCG 添加组有提高趋势,但无显著差异( $P > 0.05$ );1% L-精氨酸添加组较 0.1% NCG 添加组妊娠第 90 天母猪血清 IgG 水平显著提高( $P < 0.05$ ),但妊娠第 30、90 和 110 天 PRRSV 抗体和 IgM 水平均无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 5 饲料添加 L-精氨酸或 NCG 对妊娠第 30、90 和 110 天母猪血清 IgG、IgM 及 PRRSV 抗体水平的影响

Table 5 Effects of dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate on serum levels of IgG, IgM and PRRSV-Ab in sows at day 30, 90 and 110 of gestation

项目 Items	对照组 Control group	1.0% L-精氨酸添加组 1.0% L-Arg supplementation group	0.1% NCG 添加组 0.1% NCG supplementation group
PRRSV 抗体 PRRSV-Ab/(U/L)			
妊娠 30 天 Day 30 of gestation	13.20 ± 1.56	12.97 ± 1.89	12.82 ± 1.78
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	14.19 ± 1.38 <sup>b</sup>	17.68 ± 0.83 <sup>a</sup>	16.77 ± 1.37 <sup>a</sup>
妊娠 110 天 Day 110 of gestation	14.12 ± 1.89	15.90 ± 1.69	15.20 ± 1.30
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)			
妊娠 30 天 Day 30 of gestation	4.99 ± 0.13	4.94 ± 0.18	4.91 ± 0.32
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	5.21 ± 0.16 <sup>c</sup>	6.09 ± 0.08 <sup>a</sup>	5.80 ± 0.20 <sup>b</sup>
妊娠 110 天 Day 110 of gestation	6.26 ± 0.25 <sup>b</sup>	6.67 ± 0.31 <sup>a</sup>	6.38 ± 0.35 <sup>ab</sup>
免疫球蛋白 M IgM/(mg/L)			
妊娠 30 天 Day 30 of gestation	146.7 ± 28.9	146.7 ± 25.2	140.0 ± 40.0
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	126.6 ± 5.4 <sup>b</sup>	221.2 ± 34.8 <sup>a</sup>	198.4 ± 38.6 <sup>a</sup>
妊娠 110 天 Day 110 of gestation	147.5 ± 23.6	174.0 ± 27.9	152.5 ± 26.3

### 3 讨论

在妊娠早期母猪感染 PRRSV 时, 胚胎对 PRRSV 有一定的封阻作用, 妊娠中后期经胎盘感染 PRRSV 的可能性增加, 最终导致母猪产弱仔和死胎增加<sup>[1]</sup>。本试验研究结果发现妊娠中期给感染 PRRSV 母猪饲料添加精氨酸或 NCG 降低了死胎率, 窝产活仔数和窝活仔重增加, 且精氨酸的作用尤为明显。精氨酸是母猪妊娠早期胎儿最丰富的氮载体和胎儿组织中沉积最丰富的氨基酸之一<sup>[10]</sup>, 同时在尿囊液中含有量最高<sup>[11]</sup>, 这些都说明精氨酸在胎儿存活、生长及发育中的重要性。Mateo 等<sup>[2]</sup> 在妊娠第 30~114 天给母猪饲料添加 1% 精氨酸显著提高了窝产活仔数和窝活仔重。Ramaekers 等<sup>[3]</sup> 在妊娠第 14~28 天给母猪饲喂添加 1% 精氨酸饲料, 结果增加了 1 头活产仔数。在大鼠上的研究也发现精氨酸可以提高窝产仔数<sup>[12]</sup>。以上结果都未发现精氨酸影响个体初生重<sup>[2-3]</sup>, 但由于产仔数的增加, 因此窝活仔重提高。由此可见, 精氨酸的添加时间对妊娠母猪繁殖性能的影响起着重要作用, 尤其在妊娠后期精氨酸对感染 PRRSV 母猪繁殖性能的影响有待进一步研究。另外, NCG 作为精氨酸内源合成途径中关键酶 CPS-1 的有效激活剂, 能增加精氨酸的内源合成。本试验研究结果发现饲料添加 NCG 窝产活仔数只提高 0.33 头, 这可能与 NCG 的添加时间及在体内不能促进大量精氨酸的合成及其代谢产物(鸟氨酸和脯氨酸)的增加有关。以前研究表明, 子宫容积是限制妊娠早期胚胎存活的主要因素, 因此影响了胎儿的生长, 最终导致活仔数减少<sup>[2]</sup>。虽然大部分孕体的损失发生在胚胎植入期, 但本研究结果发现妊娠中期饲料添加精氨酸或 NCG 降低死胎率, 很可能为胎儿的生长和发育提供了一个有利的子宫内环境<sup>[13]</sup>。

精氨酸或 NCG 对窝产活仔数、窝活仔重的影响可能通过影响体内代谢过程进而影响妊娠早中期胎盘血管发生和生长, 为整个妊娠期建立一个良好的子宫内环境<sup>[14]</sup>。本试验研究发现妊娠第 30~90 天饲料添加精氨酸显著增加了母猪血浆精氨酸及其代谢产物(鸟氨酸和脯氨酸)的含量, 从而满足妊娠中期胎盘快速生长发育所需, 妊娠第 60~70 天时胎盘达最大生长<sup>[15]</sup>。同时, 饲料中添加 NCG 对母猪血浆精氨酸及其代谢产物(鸟氨酸

和脯氨酸)也有提高作用。体外试验也证明, 在猪小肠上皮细胞培养液中添加 2 mmol/L NCG, 由谷氨酰胺和脯氨酸合成的瓜氨酸分别增加了 7.7 和 0.6 倍, 也显著增加了合成精氨酸的产量<sup>[16]</sup>。和成年鼠的研究相似, 饲料添加精氨酸增加了胎盘和胎儿 NO、多胺、胶原合成所需要的鸟氨酸和脯氨酸<sup>[17-18]</sup>, 最终结果将会增加胎盘血管的发生和生长, 子宫与胎盘血流量、营养物质从母体到胎儿的转运, 从而影响胎儿存活、生长和发育<sup>[16,19]</sup>。值得注意的是, 精氨酸或 NCG 的添加没有影响到大部分氨基酸的吸收, 这说明精氨酸或 NCG 并不会导致氨基酸的不平衡, 但对照组和 NCG 组中丙氨酸含量较高的原因是由于其作为等氮平衡添加到饲料中, 但并不会影响母猪的繁殖性能<sup>[20]</sup>。另外, 我们还发现饲料精氨酸的添加显著增加了血浆蛋氨酸的含量。但是, Mateo 等<sup>[2]</sup> 在妊娠母猪饲料添加精氨酸并未发现血浆蛋氨酸含量发生变化, 可能是由于动物生理状态不同造成的, 具体原因有待进一步研究。饲料添加精氨酸或 NCG 减少了机体内氨基酸的降解, 从而减少尿素的生成。Kim 等<sup>[21]</sup> 研究表明饲料添加精氨酸降低了新生哺乳仔猪尿素水平, 提高了新生仔猪饲料蛋白质的利用率。本试验结果发现精氨酸或 NCG 添加减少了尿素的生成, 提高了氨基酸的利用率, 但并没有影响到血浆总蛋白生成, 这就说明窝产活仔数、窝活仔重的增加可能是由于机体提高了对部分氨基酸利用率, 从而为胎儿的生长发育提供了更有利的条件。

精氨酸是动物体内 NO 合成的唯一前体物质, 研究表明精氨酸经一氧化氮合酶(NOS)催化生成具有生物活性的 NO<sup>[17]</sup>, 从而介导免疫反应, 并且 NCG 可间接通过精氨酸代谢过程而发挥作用。因此当母猪感染 PRRSV 时, 妊娠中期通过饲料添加精氨酸或 NCG 有助于补充通过 NO 途径介导的免疫反应。免疫球蛋白是体液免疫应答中发挥免疫功能最主要的免疫分子, 在保护胚胎的发育中起着非常重要的作用。Douillard 等<sup>[22]</sup> 研究发现精氨酸能提高手术、肿瘤等病理情况下的 IgG 水平, 提示精氨酸能改善机体的体液免疫功能。本试验中血清 IgG 和 IgM 水平显著增加, 这说明母体体液免疫水平升高, 有利于胚胎的生长和发育。但麻名文等<sup>[23]</sup> 在兔上的研究发现精氨酸并没有影响血清 IgG 和 IgM 水平, 这可能与动物种属和生理状

态有关,具体原因还有待进一步研究。血清中 PRRSV 特异性抗体是抑制 PRRSV 的指示器<sup>[24]</sup>。本试验研究结果发现精氨酸或 NCG 均能显著提高母猪血清 PRRSV 特异性抗体水平,提示饲料添加精氨酸或 NCG 抑制了 PRRSV 的持续感染,提高了机体免疫力。另外,当动物感染 PRRSV 后,可能会通过影响与妊娠相关细胞因子水平变化<sup>[25-26]</sup>,且 TH1/TH2 型细胞因子比值增加将会导致妊娠失败<sup>[27]</sup>。精氨酸可能通过降低 TH1/TH2 型细胞因子比值,增强其免疫力,为胎儿的生长和发育提供一个有利的子宫内环境,降低死胎率,进而提高母猪繁殖成绩。

## 4 结 论

饲料中添加 L-精氨酸或 NCG 能通过提高感染 PRRSV 母猪体内氨基酸的利用率,增强机体免疫力来降低死胎率,提高窝产活仔数和窝活仔重,最终改善母猪繁殖性能。

## 参考文献:

- [ 1 ] MENGELING W L, LAGER K M, VORWALD A C. Temporal characterization of transplacental infection of porcine fetuses with porcine reproductive and respiratory syndrome virus[J]. American Journal of Veterinary Research, 1994, 55(10):1391-1398.
- [ 2 ] MATEO R D, WU G, BAZER F W, et al. Dietary L-arginine supplementation enhances the reproductive performance of gilts[J]. The Journal of Nutrition, 2007, 137(3):652-656.
- [ 3 ] RAMAEKERS P, KEMP B, VAN DER LENDE T. Progenos in sows increases number of piglets born [J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(Suppl. 1):394. (Abstract)
- [ 4 ] LI X, BAZER F W, GREGORY A J, et al. Dietary supplementation with 0.8% L-arginine between days 0 and 25 of gestation reduces litter size in gilts[J]. The Journal of Nutrition, 2010, 140(6):1111-1116.
- [ 5 ] QIAO S F, LU T J, SUN J B, et al. Alterations of intestinal immune function and regulatory effects of L-arginine in experimental severe acute pancreatitis rats [J]. World Journal of Gastroenterol, 2005, 11(39):6216-6218.
- [ 6 ] LEWIS B, LANGKAMP-HENKEN B. Arginine enhances *in vivo* immune responses in young, adult and aged mice [J]. Nutrition, 2000, 130(7):1827-1830.
- [ 7 ] DOURMAD J Y, ETIENNE M, VALANCOGNE A, et al. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows [J]. Animal Feed Science and Technology, 2008, 143(1):372-386.
- [ 8 ] WU G, BAZER F W, CUDD T A, et al. Pharmacokinetics and safety of arginine supplementation in animals [J]. The Journal of Nutrition, 2007, 137(6):1673S-1680S.
- [ 9 ] 曹洪志,颜其贵,李成贤. 三联 PCR 诊断猪 3 种繁殖障碍疾病的方法研究 [J]. 四川畜牧兽医, 2010(7):20-22.
- [ 10 ] WU G, OTT T L, KNABE D A, et al. Amino acid composition of the fetal pig [J]. The Journal of Nutrition, 1999; 129(5):1031-1038.
- [ 11 ] WU G, BAZER F W, TUO W, et al. Unusual abundance of arginine and ornithine in porcine allantoic fluid [J]. Biology of Reproduction, 1996, 54(6):1261-1265.
- [ 12 ] ZENG X, WANG F, FAN X, et al. Dietary arginine supplementation during early pregnancy enhances embryonic survival in rats [J]. The Journal of Nutrition, 2008, 138(8):1421-1425.
- [ 13 ] WU G, BAZER F W, WALLACE J M, et al. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences [J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(9):2316-2337.
- [ 14 ] WU G, BAZER F W, CUDD T A, et al. Maternal nutrition and fetal development [J]. The Journal of Nutrition, 2004, 134(9):2169-2172.
- [ 15 ] WU G, BAZER F W, HU J, et al. Polyamine synthesis from proline in the developing porcine placenta [J]. Biology of Reproduction, 2005, 72(4):842-850.
- [ 16 ] WU G, JAEGER L A, BAZER F W, et al. Arginine deficiency in preterm infants: biochemical mechanisms and nutritional implications [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2004, 15(8):442-451.
- [ 17 ] WU G, MORRIS S M Jr. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond [J]. Biochemical Journal, 1998, 336(Part 1):1-17.
- [ 18 ] KOHLI R, MEININGER C J, HAYNES T E, et al. Dietary L-arginine supplementation enhances endothelial nitric oxide synthesis in streptozotocin-induced diabetic rats [J]. The Journal of Nutrition, 2004, 134(3):600-608.



- [19] KWON H, WU G, MEININGER C J, et al. Developmental changes in nitric oxide synthesis in the ovine placenta [J]. *Biology of Reproduction*, 2004, 70(3):679-686.
- [20] KIM S W, WU G, BAKER D H. Amino acid nutrition of breeding sows during gestation and lactation [M]. *Pigs News Inform*, 2005, 26:N89-N99.
- [21] KIM S W, MCPHERSON R L, WU G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs [J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134(3):625-630.
- [22] DOUILLARD J Y, BENNOUNA J, VAVASSEUR F, et al. Phase I trial of interleukin-2 and high-dose arginine butyrate in metastatic colorectal cancer [J]. *Cancer Immunol Immunother*, 2000, 49(1):56-61.
- [23] 麻名文, 李福昌. 日粮精氨酸水平对断奶~2月龄肉兔生长性能、免疫器官指数及血清指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2009, 21(3):405-410.
- [24] ALBINA E, PIRIOU L, HUTET E, et al. Immune responses in pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) [J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 1998, 61(1):49-66.
- [25] MEIER W A, GALEOTA J, OSORIO F A, et al. Gradual development of the interferon-gamma response of swine to porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection or vaccination [J]. *Virology*, 2003, 309(1):18-31.
- [26] SURADHAT S, THANAWONGNUWECH R, POOVORAWAN Y. Upregulation of IL-10 gene expression in porcine peripheral blood mononuclear cells by porcine reproductive and respiratory syndrome virus [J]. *Journal of General Virology*, 2003, 84:453-459.
- [27] 尤昭玲, 刘慧萍, 雷磊, 等. 正常妊娠与自然流产模型小鼠 Th1/Th2 型细胞因子表达的差异 [J]. *中国中医药科技*, 2009, 16(2):133-134.

## Effects of Dietary *L*-arginine or N-carbamylglutamate Supplementation on Reproductive Performance and Immune Function of PRRSV-infected Pregnant Sows

YANG Ping<sup>1</sup> WU De<sup>1\*</sup> CHE Lianqiang<sup>1</sup> FANG Zhengfeng<sup>1</sup> LIN Yan<sup>1</sup>  
QIAO Shiyan<sup>2</sup> LI Yong<sup>3</sup> ZENG Yi<sup>3</sup> SU Xiang<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory for Animal Disease-resistance Nutrition of China Ministry of Education, Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. National Feed Engineering Technology Research Center, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. Guangxi Shangda Technology Co. Ltd., Nanning 530105, China)

**Abstract:** The study was conducted to investigate the effects of dietary *L*-arginine (Arg) or N-carbamylglutamate (NCG) supplementation on reproductive performance and immune function of porcine productive and respiratory syndrome virus (PRRSV)-infected pregnant sows. At day 30 of gestation, sixty Yorkshire × Landrace multiparous sows with PRRSV infection were selected and randomly assigned into three groups with 20 pigs in each group. Sows in the control group were fed the diet containing 1.7% alanine, and the others in two experimental groups were fed the diets supplemented with 1.0% *L*-Arg or 0.1% NCG. Sows were fed the control diet from day 91 to 114 of gestation. Blood samples were collected after the morning feed for 2 h at day 30, 90 and 110 of gestation. Compared with the control group, 1.0% *L*-Arg supplementation increased the number of piglets born alive by 0.89 ( $P < 0.05$ ), and live litter birth weight of piglets by 1.02 kg ( $P > 0.05$ ); 0.1% NCG supplementation increased the number of piglets born alive by 0.33 ( $P > 0.05$ ); serum levels of IgM, IgG and PRRSV-Ab from 1.0% *L*-Arg or 0.1% NCG supplementation groups were significantly higher than those from the control group at day 90 of gestation ( $P < 0.05$ ), and plasma concentration of urea was significantly lower than that from the control group ( $P < 0.05$ ); 1.0% *L*-Arg supplementation increased plasma concentrations of methionine, arginine, ornithine and proline at day 90 of gestation, and serum level of IgG at day 110 of gestation compared to the control group ( $P < 0.05$ ); plasma concentrations of methionine, arginine, ornithine and proline from the 1.0% *L*-Arg supplementation group were higher than those from the control group at day 90 of gestation ( $P < 0.05$ ). However, all of the measured indices did not differ between the 1.0% *L*-Arg and 0.1% NCG supplementation groups ( $P > 0.05$ ), but plasma concentrations of methionine, arginine and ornithine from the 1.0% *L*-Arg supplementation group were significantly higher than those from the 0.1% NCG supplementation group at day 90 of gestation ( $P < 0.05$ ). The results of this study indicate that dietary *L*-Arg or NCG supplementation can improve the reproductive performance of pregnant sows by improving the utilization of amino acids and immune function. [ *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(8):1351-1360 ]

**Key words:** *L*-Arg; NCG; PRRSV; pregnant sows; reproductive performance; immune