

谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能、免疫功能、小肠形态和肠道菌群的影响

刘婷婷 张 帅 邓斐月 曹广添 陈安国 杨彩梅*

(浙江大学动物科学学院, 畜禽养殖与环境工程研究所, 杭州 310029)

摘 要: 本试验旨在研究谷氨酰胺、丁酸梭菌及其二者复合添加对断奶仔猪生长性能、免疫功能、小肠形态结构和盲肠菌群的影响。试验选用 288 头 21 日龄断奶的杜×大×长三元杂交仔猪, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 24 头猪。分别饲喂基础饲料(对照组)、基础饲料 + 1% 谷氨酰胺(谷氨酰胺组)、基础饲料 + 500 mg/kg 丁酸梭菌(丁酸梭菌组)和基础饲料 + 1% 谷氨酰胺 + 500 mg/kg 丁酸梭菌(复合组)。结果表明: 1) 断奶后 14~21 及 0~21 d, 谷氨酰胺组和复合组的平均日增重显著高于对照组($P < 0.05$), 且复合组的平均日增重显著大于丁酸梭菌组($P < 0.05$), 断奶后 0~21 d, 复合组的料重比显著低于对照组($P < 0.05$)。2) 断奶后第 7 天, 复合组补体 4(C4) 水平显著高于对照组($P < 0.05$), 各试验组血清超氧化物歧化酶(SOD) 活性均显著高于对照组($P < 0.05$), 丁酸梭菌组和复合组血清总抗氧化能力(T-AOC) 显著高于对照组($P < 0.05$), 断奶后第 14 天($P < 0.05$), 各试验组的溶菌酶活性、补体 3(C3) 水平和 T-AOC 均显著高于对照组($P < 0.05$), 谷氨酰胺组和复合组 C4 水平和 SOD 活性显著高于对照组($P < 0.05$)。3) 断奶后第 7 天, 各试验组的十二指肠绒毛高度均显著高于对照组($P < 0.05$), 丁酸梭菌组回肠绒毛高度显著高于对照组($P < 0.05$), 复合组空肠以及回肠隐窝深度均显著低于对照组($P < 0.05$); 断奶后第 14 天, 复合组的十二指肠和回肠绒毛高度显著大于对照组($P < 0.05$), 隐窝深度显著小于对照组($P < 0.05$)。4) 断奶后第 14 天, 复合组盲肠的大肠杆菌数显著小于对照组($P < 0.05$), 双歧杆菌和乳酸杆菌数显著大于对照组($P < 0.05$)。

关键词: 断奶仔猪; 谷氨酰胺; 丁酸梭菌; 免疫功能; 小肠形态; 盲肠菌群

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)06-0998-08

仔猪 21 日龄早期断奶能够提高母猪的年产窝数及产仔头数, 提高经济效益, 但早期断奶会使仔猪产生强烈的应激, 常表现为食欲差、消化功能紊乱、腹泻、生长迟滞等, 即通常所说的“早期断奶综合征”^[1]。谷氨酰胺 (glutamine, Gln) 作为肠道上皮细胞、淋巴细胞、纤维原细胞、网状细胞增殖更新的重要能量物质, 其对早期断奶仔猪应激的缓解作用已引起了动物营养研究者的广泛关注。冯俊等^[2]研究发现, 在 28 日龄断奶仔猪饲料中添加 1.0% 谷氨酰胺对提高仔猪生长性能效果最佳,

当谷氨酰胺添加量达到 1.5% 时, 影响仔猪采食量。尹兆正等^[3]研究表明, 饲料中添加谷氨酰胺可提高断奶仔猪血清免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 G (IgG) 和免疫球蛋白 M (IgM) 水平, 提高肠系膜淋巴结细胞的体外增殖率, 提高肠系膜淋巴结和空肠黏膜中 DNA 含量。刘涛等^[4]研究发现, 在饲料中添加 1% 谷氨酰胺可提高仔猪断奶后短期内血液 CD4⁺ 数量和 CD4⁺/CD8⁺ 值, 从而增强仔猪细胞免疫机能; 在断奶后 5 d, 对照组仔猪小肠黏膜中分泌型免疫球蛋白 A (S-IgA) 阳性细胞

收稿日期: 2011-01-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30700578)

作者简介: 刘婷婷 (1987—), 女, 山东枣庄人, 硕士研究生, 研究方向为单胃动物营养。E-mail: lut8711@163.com

* 通讯作者: 杨彩梅, 副教授, 硕士生导师, E-mail: yangcm@zju.edu.cn

数和白介素-6(IL-6)基因表达量较断奶前显著降低,试验组 S-IgA 阳性细胞数和 IL-6 基因表达量均与断奶前无显著差异。

丁酸梭菌(*Clostridium butyricum*, CB) 又称酪酸梭菌,作为一种微生态制剂,其具有改善肠道内微生态环境,减少肠道疾病,提高免疫力的功能。唐宝英等^[5]研究表明,在体外培养中丁酸梭菌对猪大肠杆菌、鸡大肠杆菌、鸡白痢沙门氏菌 3 种畜禽肠道致病菌都有较强的拮抗作用。张雪平等^[6]用酪酸菌制剂对肠道致病菌体外生物拮抗作用研究表明,酪酸梭菌在体外能明显抑制大肠埃希氏菌、伤寒杆菌、痢疾杆菌的生长繁殖。赵熙等^[7]通过动物试验和人体受试试验对丁酸梭菌活菌制剂对肠道菌群的影响进行了研究,结果发现受试对象肠道内双歧杆菌和乳酸菌数量比对照组显著增加。目前关于丁酸梭菌和谷氨酰胺在畜禽生产上的应用都已有一定的研究,但对于二者的组合应用目前还未见报道。本试验目的在于研究丁酸梭菌和谷氨酰胺对仔猪生长性能的影响以及二者的组合效应,为丁酸梭菌和谷氨酰胺在猪生产上的组合应用提供理论依据和实践参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

L-谷氨酰胺,购自于无锡一诺化工产品有限公司,纯度为 99.1%;丁酸梭菌,购自于杭州惠嘉生物技术有限公司,活度为 2×10^8 个/g,添加量为 1×10^8 个/kg 饲料。

1.2 试验动物及饲粮

选用 288 头健康的(21±1)日龄断奶杜×长×大三元杂交仔猪,参照 NRC(1998)配制基础饲粮,基础饲粮组成及营养水平见表 1。

1.3 试验设计

选用 288 头(21±1)日龄断奶的杜×长×大三元杂交仔猪,随机分成 4 组,分别饲喂基础饲粮(对照组,CT)、基础饲粮+1% 谷氨酰胺(谷氨酰胺组,GT)、基础饲粮+500 mg/kg 丁酸梭菌(丁酸梭菌组,CBT)、基础饲粮+1% 谷氨酰胺+500 mg/kg 丁酸梭菌(复合组,GCT),每组 3 个重复,每个重复 24 头,各组初始体重差异不显著($P>0.05$)。谷氨酰胺添加量参照本实验室和前人研究结果^[2,4,8-9],丁酸梭菌添加量参照本实验室研究结果与生产厂家推荐量。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(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	56.60	
豆粕 Soybean meal	22.00	
膨化大豆 Extruded soybean	10.00	
豆油 Soybean oil	1.30	
乳清粉 Whey powder	3.00	
鱼粉 Fish meal	3.00	
食盐 NaCl	0.27	
石粉 Limestone	1.20	
赖氨酸盐酸盐 Lys·HCl	0.35	
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.08	
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.20	
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)	13.35	
粗蛋白质 CP	21.00	
钙 Ca	0.99	
钠 Na	0.25	
有效磷 AP	0.46	
赖氨酸 Lys	1.35	
苏氨酸 Thr	0.82	
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.75	

¹⁾ 预混料为每千克饲粮提供 The premix provides the following per kg of diet: Fe 155 mg, Cu 200 mg, Zn 140 mg, Mn 50 mg, VA 17 500 IU, VD₃ 400 IU, VE 20 IU, 核黄素 riboflavin 3.6 mg, 烟酸 nicotinic acid 27 mg, 泛酸 pantothenic acid 13 mg, VB₁₂ 0.09 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 胆碱 choline 0.92 mg。

²⁾ 消化能为计算值,其余营养水平为实测值。DE is a calculated value, and the other nutrient levels are measured values.

1.4 饲养管理与屠宰

试验在浙江省杭州市萧山钱江出口养殖实业有限公司进行。整个试验期间采用常规饲养及免疫,自由采食、自由饮水。断奶当天在各组随机选取 1 头(共 4 头),断奶后第 7 天、第 14 天分别在各个重复选取 1 头,即每组 3 头,总计 28 头仔猪进行屠宰,采集血液、十二指肠、空肠、回肠样品和盲肠内容物。

1.5 测定指标

1.5.1 生长性能的测定

断奶当天(第0天)、断奶后第7、14和21天分别对试验猪及饲料称重,计算平均日增重和料重比。

1.5.2 血清免疫功能和抗氧化能力的测定

仔猪屠宰时采集血样,制备血清,置于-70℃低温冰箱中保存,采用南京建成生物研究所的试剂盒测定血清中溶菌酶活性、补体3(C3)、补体4(C4)的水平、超氧化物歧化酶(SOD)活性和总抗氧化能力(T-AOC)。

1.5.3 小肠壁绒毛高度和隐窝深度的测定

仔猪屠宰后,分别在十二指肠、空肠、回肠中段取约1cm的肠壁2段,用0.9%NaCl溶液将其冲洗干净,贴于滤纸上展平修剪,放入10%的福尔马林中固定,石蜡包埋,连续切片,测定小肠绒毛高度和隐窝深度。

1.5.4 盲肠菌群的测定

仔猪屠宰后,打开腹腔,结扎盲肠两端,切下盲肠。在无菌操作台中,准确称取盲肠内容物1g放于盛有99mL灭菌生理盐水的三角瓶中,充分

振荡,取稀释液进行10倍的倍比稀释,吸取0.1mL稀释液接种于选择性培养基上。其中大肠杆菌用伊红美兰琼脂培养基37℃培养,48h后进行菌落计数;乳酸菌用MRS培养基37℃培养48h后进行菌落计数;双歧杆菌用BL培养基37℃厌氧培养48h后进行菌落计数^[10]。

1.6 数据统计和处理

采用Excel和SPSS 16.0软件对数据进行整理、方差分析和多重比较。所有结果均以平均值±标准差表示。

2 结果

2.1 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能的影响

由表2可知,断奶后14~21d以及试验全期,谷氨酰胺组和复合组的平均日增重显著高于对照组($P<0.05$),且复合组的平均日增重显著高于丁酸梭菌组($P<0.05$),复合组表现出协同作用。从试验全期来看,复合组的料重比显著低于对照组($P<0.05$)。

表2 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of glutamine and *Clostridium butyricum* on the growth performance of weanling piglets

项目 Items	断奶天数 Weanling days	对照组 CT	谷氨酰胺组 GT	丁酸梭菌组 CBT	复合组 GCT
体重 Body weight/kg	0	5.53±0.35	6.08±0.14	6.10±0.27	5.66±0.20
	7	5.62±0.35	6.18±0.13	6.20±0.47	5.76±0.20
	14	6.09±0.35	6.62±0.16	6.63±0.28	6.21±0.19
	21	7.53±0.39	8.31±0.11	8.12±0.27	7.96±0.14
平均日增重 Average daily gain/g	0~7	12.47±1.15	13.82±0.51	13.90±0.58	13.99±0.21
	7~14	67.47±3.94	62.93±6.03	60.77±3.73	64.63±3.98
	14~21	205.10±7.77 ^c	241.73±12.55 ^{ab}	212.80±9.77 ^{bc}	249.17±9.47 ^a
料重比 Feed to gain ratio	0~21	95.01±1.75 ^c	106.16±2.35 ^{ab}	95.82±4.28 ^{bc}	109.26±4.42 ^a
	0~7	5.87±0.25	6.50±0.24	6.45±0.23	6.07±0.43
	7~14	4.99±0.16	4.76±0.28	4.95±0.05	4.75±0.28
	14~21	1.90±0.23	1.56±0.10	1.72±0.14	1.53±0.16
	0~21	2.80±0.19 ^b	2.39±0.09 ^{ab}	2.63±0.11 ^{ab}	2.35±0.13 ^a

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 ($P<0.05$), and with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪免疫功能的影响

由表3可知,断奶后第7天,各试验组的溶菌酶含量比对照组均有一定提高,但差异不显著

($P>0.05$)。断奶后第14天,各试验组的溶菌酶活性和C3水平均显著高于对照组($P<0.05$),复合组的C3水平显著高于丁酸梭菌组($P<0.05$)。断奶后第7天,复合组C4水平显著高于对照组

($P<0.05$),断奶后第14天,谷氨酰胺组和复合组C4水平显著高于对照组($P<0.05$)。

表3 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪免疫功能的影响
Table 3 Effects of glutamine and *Clostridium butyricum* on the immunity of weanling piglets

项目 Items	断奶天数 Weanling days	对照组 CT	谷氨酰胺组 GT	丁酸梭菌组 CBT	复合组 GCT
溶菌酶	0	2.56 ± 0.31			
Lysozyme	7	3.20 ± 0.23	4.23 ± 0.93	4.71 ± 0.68	3.81 ± 0.52
/(μg/mL)	14	4.45 ± 0.16 ^a	5.38 ± 0.34 ^b	5.38 ± 0.21 ^b	5.39 ± 0.18 ^b
补体3	0	0.910 ± 0.140			
Complement 3/(g/L)	7	0.923 ± 0.024	0.937 ± 0.035	0.930 ± 0.031	0.967 ± 0.049
	14	1.187 ± 0.127 ^a	1.720 ± 0.094 ^{bc}	1.410 ± 0.059 ^b	1.783 ± 0.148 ^c
补体4	0	0.167 ± 0.020			
Complement 4/(g/L)	7	0.173 ± 0.012 ^a	0.217 ± 0.018 ^{ab}	0.220 ± 0.023 ^{ab}	0.260 ± 0.015 ^b
	14	0.213 ± 0.014 ^a	0.277 ± 0.025 ^b	0.256 ± 0.011 ^{ab}	0.281 ± 0.005 ^b

2.3 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪抗氧化能力的影响

由表4可知,断奶后第7天,各试验组的SOD活性均显著高于对照组($P<0.05$);丁酸梭菌组和

复合组的T-AOC显著高于对照组和谷氨酰胺组($P<0.05$)。在断奶后第14天,谷氨酰胺组和复合组的SOD活性显著高于对照组($P<0.05$),各试验组的T-AOC均显著高于对照组($P<0.05$)。

表4 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪抗氧化能力的影响
Table 4 Effects of glutamine and *Clostridium butyricum* on the antioxidant capacity of weanling piglets

项目 Items	断奶天数 Weanling days	对照组 CT	谷氨酰胺组 GT	丁酸梭菌组 CBT	复合组 GCT
超氧化物歧化酶	0	131.63 ± 5.92			
SOD/(U/mL)	7	120.78 ± 2.14 ^a	133.94 ± 1.83 ^b	133.50 ± 5.95 ^b	135.89 ± 2.01 ^b
	14	115.72 ± 1.26 ^a	127.79 ± 4.01 ^b	119.22 ± 10.95 ^a	127.89 ± 2.11 ^b
总抗氧化能力	0	6.43 ± 0.88			
T-AOC/(U/mL)	7	5.02 ± 0.81 ^a	7.42 ± 1.05 ^{ab}	18.25 ± 3.18 ^c	14.07 ± 2.16 ^c
	14	11.71 ± 1.78 ^a	19.32 ± 3.39 ^b	18.83 ± 1.30 ^b	21.23 ± 1.40 ^b

2.4 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪小肠形态的影响

由表5可知,在断奶后各组仔猪小肠绒毛均有不同程度的萎缩,隐窝深度增大。在断奶后第7天,各试验组的十二指肠绒毛高度均显著大于对照组($P<0.05$);丁酸梭菌组回肠绒毛高度显著高于对照组($P<0.05$)。在断奶后第14天,复合组的十二指肠和回肠绒毛高度显著大于对照组($P<0.05$)。复合组小肠各段绒毛高度与丁酸梭菌组以及谷氨酰胺组相比,均有所增加。

在断奶后第7天,复合组空肠以及回肠隐窝深度均显著小于对照组($P<0.05$)。在断奶后第

14天,复合组的十二指肠与回肠隐窝深度显著小于对照组($P<0.05$)。总体来看,在断奶后第7天与第14天,复合组小肠各段的隐窝深度与丁酸梭菌组以及谷氨酰胺组相比,均有所下降。

2.5 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪盲肠菌群的影响

由表6可知,在断奶后第7天,各试验组的盲肠内大肠杆菌数均小于对照组,乳酸菌数与双歧杆菌数均大于对照组,但差异不显著($P>0.05$)。在断奶后第14天,复合组的大肠杆菌数显著小于对照组($P<0.05$),双歧杆菌和乳酸菌数显著大于对照组($P<0.05$)。

表 5 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪小肠绒毛高度和隐窝深度的影响

Table 5 Effects of glutamine and *Clostridium butyricum* on the villus height and crypt depth of weanling piglets μm

项目 Items	断奶天数 Weanling days	对照组 CT	谷氨酰胺组 GT	丁酸梭菌组 CBT	复合组 GCT
绒毛高度 Villus height					
十二指肠 Duodenum	0	251.91 \pm 25.65			
	7	146.39 \pm 30.62 ^a	232.22 \pm 23.15 ^b	219.12 \pm 19.11 ^b	259.30 \pm 29.12 ^b
	14	152.01 \pm 12.02 ^a	219.72 \pm 23.75 ^{ab}	201.94 \pm 12.12 ^{ab}	286.71 \pm 33.65 ^b
空肠 Jejunum	0	240.19 \pm 16.35			
	7	186.19 \pm 12.85	197.19 \pm 6.67	172.53 \pm 7.89	228.63 \pm 32.61
	14	189.92 \pm 12.48	193.38 \pm 17.61	199.48 \pm 17.53	240.55 \pm 18.67
回肠 Ileum	0	282.02 \pm 12.64			
	7	153.21 \pm 16.04 ^a	246.92 \pm 27.03 ^{ab}	249.50 \pm 23.00 ^b	231.43 \pm 43.72 ^{ab}
	14	156.77 \pm 30.83 ^a	227.19 \pm 15.60 ^{ab}	220.40 \pm 17.98 ^{ab}	256.78 \pm 32.86 ^b
隐窝深度 Crypt depth					
十二指肠 Duodenum	0	196.41 \pm 29.88			
	7	230.66 \pm 32.37	244.23 \pm 19.95	199.96 \pm 18.84	185.40 \pm 13.08
	14	197.44 \pm 23.05 ^a	171.00 \pm 18.04 ^{ab}	161.88 \pm 4.35 ^{ab}	125.61 \pm 19.78 ^b
空肠 Jejunum	0	141.23 \pm 11.35			
	7	211.11 \pm 6.63 ^a	192.17 \pm 29.47 ^{ab}	176.06 \pm 10.25 ^{ab}	152.56 \pm 10.88 ^b
	14	182.76 \pm 8.40	163.17 \pm 17.91	142.93 \pm 21.82	122.11 \pm 22.66
回肠 Ileum	0	144.33 \pm 29.10			
	7	207.55 \pm 6.20 ^a	170.91 \pm 9.19 ^b	180.00 \pm 12.32 ^{ab}	116.10 \pm 4.28 ^b
	14	199.67 \pm 13.00 ^a	170.89 \pm 3.87 ^{ab}	179.76 \pm 10.94 ^a	139.09 \pm 17.54 ^b

表 6 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪盲肠菌群的影响

Table 6 Effects of glutamine and *Clostridium butyricum* on the cecal flora of weanling piglets CFU/g

项目 Items	断奶天数 Weanling days	对照组 CT	谷氨酰胺组 GT	丁酸梭菌组 CBT	复合组 GCT
大肠杆菌 <i>E. coli</i> ($\times 10^6$)	0	4.98 \pm 0.62			
	7	5.55 \pm 0.29	5.49 \pm 0.27	5.52 \pm 0.42	5.40 \pm 0.39
	14	5.47 \pm 0.16 ^a	4.83 \pm 0.20 ^{ab}	5.19 \pm 0.19 ^{ab}	4.81 \pm 0.13 ^b
乳酸菌 <i>Phytomonic acid</i> ($\times 10^8$)	0	3.81 \pm 0.47			
	7	3.41 \pm 0.38	3.46 \pm 0.29	3.55 \pm 0.33	3.61 \pm 0.32
	14	3.48 \pm 0.06 ^a	3.75 \pm 0.12 ^{ab}	3.60 \pm 0.15 ^{ab}	3.93 \pm 0.05 ^b
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i> ($\times 10^8$)	0	4.79 \pm 0.29			
	7	4.57 \pm 0.44	4.60 \pm 0.38	4.68 \pm 0.52	4.74 \pm 0.50
	14	4.59 \pm 0.19 ^a	5.21 \pm 0.10 ^b	4.91 \pm 0.16 ^{ab}	5.23 \pm 0.09 ^b

3 讨 论

3.1 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能的影响

断奶后母源性的谷氨酰胺消失,此时仔猪肠道上皮中来自血浆和肌肉的内源性谷氨酰胺不足

以维持上皮细胞的完整性,使肠绒毛上皮细胞数量减少,因而造成仔猪消化吸收能力下降。谷氨酰胺是肠道上皮细胞代谢的主要能量底物,也是肠上皮间淋巴组织增殖的必需营养物质,有利于维持肠上皮细胞的完整性。丁酸梭菌在动物后肠内可产生丁酸,丁酸可作为能量物质被肠道吸收

利用,同时丁酸还可降低肠道 pH,有利于有益微生物的生长。杨彩梅等^[8]研究表明,饲料中添加 1% 的谷氨酰胺显著提高 21 d 断奶仔猪断奶后 0 ~ 14 d 的平均日增重。王保正等^[11]报道,在哺乳仔猪饲料中添加丁酸梭菌,可显著提高仔猪断奶时料重比($P < 0.05$),提高育成率($P < 0.01$),提高断奶后至转群时的生长性能($P < 0.05$)。本试验结果表明,饲料中添加 1% 谷氨酰胺或者 1% 谷氨酰胺与 500 mg/kg 丁酸梭菌的复合物可显著提高仔猪在断奶后 0 ~ 21 d 的平均日增重,复合组仔猪生长性能比二者单独添加有所提高,表明二者复合添加后,发生一定的协同效应。产生协同效应的原因可能在于谷氨酰胺主要作用于小肠,促进营养物质的吸收,而丁酸梭菌的主要作用部位是大肠,促进肠道的微生态平衡,二者协同可使仔猪肠道处于良好的环境中,有利于营养物质的吸收,促进生长。

3.2 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪免疫功能和抗氧化能力的影响

溶菌酶能有效地水解细菌细胞壁的肽聚糖,是正常机体免疫防御机制的组成部分。C3、C4 是补体系统中含量最多、最重要的组成部分,对免疫功能起着重要的作用。邹晓庭等^[12]研究表明,饲料中添加谷氨酰胺可提高断奶仔猪血清 IgA、IgG 和 IgM 水平,提高肠系膜淋巴细胞的体外增殖率及肠系膜淋巴结和空肠黏膜中 DNA 含量,增强仔猪免疫功能。在病理或应激状态下,动物体内会产生大量自由基,导致细胞结构损伤,此时,机体需要抗氧化防御体系来清除体内过量的活性氧。张军民^[13]的研究表明在早期断奶仔猪饲料中添加 1% 的谷氨酰胺在 35 d 时血液和组织中谷胱甘肽(GSH)、脾脏和肝脏中的 SOD 明显增加。王娟^[14]的研究表明,早期断奶仔猪饲料中添加 1% 的谷氨酰胺,在 35 d 时极显著增加了血液和组织中还原型谷胱甘肽、脾脏和肝脏中的 SOD 活性。本试验中,添加谷氨酰胺与丁酸梭菌均可在一定程度上提高仔猪非特异性免疫功能和抗氧化功能,复合组 C4 水平显著高于丁酸梭菌组,表明二者复合可进一步提高仔猪的非特异性免疫功能。谷氨酰胺提高免疫功能可能是通过脱氨基和转氨基过程合成多种氨基酸,参与并促进免疫球蛋白的合成,而丁酸梭菌可能是通过激活免疫系统,改善肠道内微生态环境,减少体内有毒物质积累提

高机体免疫力,二者的作用方式不同,因而同时添加时具有一定的协同作用。

但是机体非特异性免疫功能的提高可能会消耗一定的营养物质,对生长性能有一定的负面影响,这可能也是本试验中断奶后 0 ~ 14 d 试验组仔猪与对照组相比没有显著差异的原因之一,但良好的机体免疫功能有利于动物的后期生长,因此在本试验中,断奶后 14 ~ 21 d,谷氨酰胺组和复合组生长性能显著高于对照组。

3.3 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪小肠形态的影响

断奶应激导致仔猪肠道发生明显变化,主要表现为小肠黏膜绒毛高度降低,隐窝加深,肠黏膜细胞增殖能力下降,小肠主动吸收功能下降等。赵玉蓉等^[15]研究表明,添加 1% 谷氨酰胺能明显提高断奶仔猪十二指肠、空肠和回肠绒毛高度,降低隐窝深度。杨彩梅^[16]对 21 日龄断奶仔猪的研究表明,饲料中添加谷氨酰胺和甘氨酸-谷氨酰胺可显著缓解小肠绒毛的萎缩和隐窝的增生,加快小肠绒毛结构恢复正常。本试验结果表明,谷氨酰胺和丁酸梭菌复合相对于二者单独添加而言具有更好的缓解小肠绒毛萎缩和隐窝增生的作用,其原因可能在于谷氨酰胺是小肠黏膜的主要能量来源,对小肠绒毛的修复起着重要作用,而丁酸梭菌的主要代谢产物为丁酸,丁酸是肠道上皮组织细胞再生和修复的主要营养物质,对肠道上皮组织的再生和修复也有重要作用,因此二者同时添加具有一定的协同作用。

3.4 谷氨酰胺与丁酸梭菌对断奶仔猪肠道菌群的影响

赵玉蓉等^[15]的研究表明,断奶仔猪饲料中添加 1% 谷氨酰胺能显著增加小肠各段内容物中乳酸杆菌和双歧杆菌的数量,显著减少大肠杆菌的数量。研究证实,大肠杆菌、乳酸杆菌和双歧杆菌的生理功能与动物机体的生命活动息息相关。唐宝英等^[5]在双歧杆菌、嗜酸乳酸杆菌和粪链球菌的培养基中加入相同比例的丁酸梭菌发酵提取物进行室温培养 24 h,结果 3 种菌的活菌含量分别比对照组提高了 24.0%、42.57% 和 6.76%,表明丁酸梭菌可促进肠道有益菌增殖。本试验表明,饲料中添加谷氨酰胺和丁酸梭菌均具有一定的促进双歧杆菌和乳酸菌生长、降低大肠杆菌生长的作用,断奶第 14 天,复合组乳酸菌和双歧杆菌数

量显著高于对照组,大肠杆菌数量显著低于对照组。饲料中添加丁酸梭菌能够抑制有害菌,可能是由于丁酸梭菌生长速度快,能够产生大量丁酸、醋酸和乳酸等有机酸,使肠道 pH 降低,不利于有害菌生长所致;同时丁酸梭菌可产生淀粉酶,淀粉酶水解淀粉和碳水化合物生成低聚糖,这些低聚糖更容易被双歧杆菌和乳酸菌所利用。谷氨酰胺则通过为肠道细胞提供能量,维持肠道细胞结构和肠道屏障功能的正常,降低有害菌的入侵,缓解断奶应激对肠道造成的损伤来维持肠道微生态的平衡,因此谷氨酰胺和丁酸梭菌在维持肠道微生态的平衡方面也有一定的协同作用。

4 结 论

① 饲料中添加 1% 谷氨酰胺或者 1% 谷氨酰胺与 500 mg/kg 丁酸梭菌的复合物可显著提高仔猪断奶后 0~21 d 平均日增重。

② 饲料中添加 1% 谷氨酰胺或者 500 mg/kg 丁酸梭菌可显著提高断奶仔猪血清 C3、C4 水平和溶菌酶活性,提高抗氧化能力,且二者复合添加作用效果更好。

③ 饲料中添加 1% 谷氨酰胺或者 500 mg/kg 丁酸梭菌可显著提高仔猪断奶后小肠绒毛高度,显著降低隐窝深度,且二者复合添加作用效果更好。

④ 饲料中添加 1% 谷氨酰胺与 500 mg/kg 丁酸梭菌复合物可显著提高仔猪断奶后第 14 天盲肠内乳酸菌和双歧杆菌的数量,显著降低大肠杆菌的数量。

参考文献:

- [1] 蒋宗勇. 仔猪早期断奶综合症的研究进展[G]//动物营养研究进展文集. 北京:中国农业科技出版社, 1994:101-110.
- [2] 冯俊,赵燕,王周,等. 谷氨酰胺、壳聚糖及二者复合添加对断奶仔猪生长性能和血液生化指标的影响[J]. 饲料工业,2008,29(8):12-17.
- [3] 尹兆正,郑跟华,邹晓庭,等. 谷氨酰胺对断奶仔猪

生长性能的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(5):649-653.

- [4] 刘涛,周诗其. 外源性谷氨酰胺和谷氨酸对早期断奶仔猪肠黏膜形态、结构和小肠吸收功能及骨骼肌中 DNA、RNA 浓度影响[J]. 中国兽医学报,2003,23(1):62-65.
- [5] 唐宝英,朱晓慧,刘佳. 丁酸梭菌对动物肠道致病菌体外拮抗作用的研究[J]. 生物技术,2005,15(1):37-39.
- [6] 张雪平,陆俭,傅恩武,等. 酪酸梭菌与双歧杆菌对肠道致病菌的体外生物拮抗作用[J]. 中国微生态学杂志,2001,13(5):260-262.
- [7] 赵熙,冉陆,杨宝兰,等. 丁酸梭菌活菌制剂对肠道菌群影响的研究[J]. 中国微生态学杂志,1999,11(6):332-338.
- [8] 杨彩梅,陈安国. 谷氨酰胺对早期断奶仔猪生长性能和小肠消化酶活性的影响[J]. 畜牧兽药杂志,2005,41(6):21-22.
- [9] 冯俊,梁国旗,赵燕,等. 谷氨酰胺和壳聚糖及其复合对断奶仔猪肠道酶活和形态及粪便菌群的影响[J]. 动物营养学报,2009,3:335-340.
- [10] 李鹏,武书庚,张海军,等. 复合酸化剂对断奶仔猪肠黏膜形态和肠道微生物区系及免疫功能的影响[J]. 中国畜牧杂志,2009,45(9):28-31.
- [11] 王保正,杨清付,董晓东,等. 丁酸梭菌对猪生长特性的影响[J]. 饲料工业,2007,28(16):39-40.
- [12] 邹晓庭,郑根华,乔云芳. 谷氨酰胺对断奶仔猪免疫功能的影响[C]//中国畜牧兽医学会. 中国畜牧兽医学会动物营养学分会第九届学术研讨会论文集. 北京:[s. n.],2004:19.
- [13] 张军民. 谷氨酰胺对早期断奶仔猪肠道的保护作用及其机理研究[D]. 博士学位论文. 北京:中国农业科学院,2000.
- [14] 王娟. 谷氨酰胺及其对早期断奶仔猪免疫的影响[J]. 家畜生态学报,2006,27(2):100-102.
- [15] 赵玉蓉,王红权,贺建华,等. 谷氨酰胺对断奶仔猪肠道微生物和小肠黏膜形态的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(2):158-161.
- [16] 杨彩梅. 谷氨酰胺和甘氨酸-谷氨酰胺对断奶仔猪小肠黏膜的影响[J]. 中国粮油学报,2006,21(4):119-122.

Effects of Glutamine and *Clostridium butyricum* on Growth Performance, Immune Function, Small Intestinal Morphology and Microflora in Weanling Piglets

LIU Tingting ZHANG Shuai DENG Feiyue CAO Guangtian CHEN Anguo YANG Caimei*

(Institute of Animal Production and Environmental Engineering, College of Animal Sciences,

Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of glutamine (Gln) and *Clostridium butyricum* (CB) on growth performance, immune function, small intestinal morphology and cecal microflora in weanling piglets. Two hundred and eighty-eight piglets weaned at the age of 21 d were randomly divided into four groups with three replicates in every group and twenty-four piglets in every replicate. The four groups were basal diet group (CT), basal diet + 1% glutamine group (GT), basal diet + 500 mg/kg *Clostridium butyricum* group (CBT), and basal diet + 1% glutamine + 500 mg/kg *Clostridium butyricum* group (GCT), respectively. The results were showed as follows: 1) during 14 to 21 d and 0 to 21 d after weaned, the average daily gain (ADG) of GT and GCT was significantly higher than that of CT, the ADG of GCT was significantly higher than that of CBT, and the feed to gain ratio of GCT was significantly lower than that of CT. 2) On the 7th day after weaned, the concentration of complement 4 (C4) in GCT and SOD activity in GT, CBT and GCT were significantly higher than those in CT, meanwhile, the T-AOC in CBT and GCT were significantly higher than that in CT. On the 14th day after weaned, the lysozyme activity, the concentration of complement 3 (C3) and T-AOC in GT, CBT and GCT were significantly higher than those in CT; the concentration of C4 and SOD activity in GT and GCT were significantly higher than those in CT, respectively. 3) On the 7th day after weaned, the villus height of duodenum in GT, CBT and GCT were significantly increased compared with that in CT ($P < 0.05$); the villus height of ileum in CBT was increased significantly compared with that in CT ($P < 0.05$); the crypt depth of jejunum and ileum in GCT were significantly reduced compared with those in CT ($P < 0.05$). On the 14th day after weaned, the villus height of duodenum and ileum in GCT were significantly increased compared with those in CT ($P < 0.05$), while the crypt depth of duodenum and ileum in GCT were significantly reduced compared with those in CT ($P < 0.05$). 4) On the 14th day after weaned, the number of *E. coli* in GCT was significantly less than that in CT ($P < 0.05$), while the number of *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* were significantly larger than those in CT ($P < 0.05$). [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(6):998-1005]

Key words: weanling piglet; glutamine; *Clostridium butyricum*; immune function; small intestinal morphology; cecal microflora