

谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响

杨奇慧^{1,2}, 周歧存¹, 谭北平¹, 迟淑艳¹, 董晓慧¹, 杜昌钱¹, 王杏芬¹

(1. 广东海洋大学 水产学院 水产经济动物营养与饲料实验室, 广东 湛江 524025; 2. 四川农业大学 动物营养研究所, 四川 雅安 625014)

摘要: 以初始体质量为 (9.87 ± 0.20) g 的全雄奥尼罗非鱼 (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) 为实验对象, 研究饲料中不同水平谷氨酰胺对奥尼罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响。实验共设 6 个处理组, 每组谷氨酰胺添加量分别为饲料质量的 0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8% 和 2.0%, 各设 3 个平行。用开放式流水养殖, 饲养 8 周。之后注射嗜水气单胞菌 (*Aeromonas hydrophila*) 进行感染实验, 观察 7 d, 计算成活率。结果表明, 饲料中添加谷氨酰胺对杂交罗非鱼的增重率、特异生长率、成活率及饲料系数均无显著影响 ($P > 0.05$), 但对蛋白效率和蛋白质沉积率影响显著 ($P < 0.05$)。添加量为 0.6% 和 0.8% 组的蛋白质效率显著高于添加量为 0~0.4% 组 ($P < 0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。蛋白质沉积率则以添加 0.8% 组最高, 显著高于添加量为 0~0.4% 组 ($P < 0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。谷氨酰胺对杂交罗非鱼的肥满度和脾体比有显著影响 ($P < 0.05$), 但对肝体比和头肾体重比则影响不显著 ($P > 0.05$)。用嗜水气单胞菌分别攻毒 48 h、72 h 和 96 h, 谷氨酰胺 0.6%~0.8% 饲料组罗非鱼的存活率影响显著高于 0~0.4% 组 ($P < 0.05$); 而对攻毒后 1 h 及 24 h 的存活率各添加组间无显著影响 ($P > 0.05$)。综上结果, 建议奥尼罗非鱼配合饲料中谷氨酰胺的适宜添加水平为 0.6%~0.8%。[中国水产科学, 2008, 15 (6): 1 016-1 023]

关键词: 罗非鱼; 谷氨酰胺; 生长; 饲料利用; 抗病力

中图分类号: Q959

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)06-1016-08

谷氨酰胺 (Glutamine, Gln) 具有许多重要和独特的代谢功能, 如可作为氮和氨在生物体内运输的载体, 可生成脯氨酸、鸟氨酸、瓜氨酸等多种氨基酸的中间产物, 为嘌呤、嘧啶等合成提供前体, 并有促进动物消化道发育、提高其消化吸收能力以及抗氧化能力等作用^[1-4]。正常状况下, 动物体自身合成的 Gln 能满足生理需要, 但在应激、疾病等状态下, 机体对 Gln 的需要量大大超过了自身的合成量, 从而导致体内 Gln 水平的降低, 必需通过外源添加^[5]。

目前, 对于谷氨酰胺的研究主要集中在其对陆生动物消化道发育、结构和功能的影响上, 而关于谷氨酰胺对水产动物生产性能、饲料利用等影响的研究较少^[6-8]。罗非鱼属于鲈形目 (Perciformes)、鲷鱼科 (Cichlidae)、罗非鱼属 (*Tilapia*), 约有 60 种。目前, 中国养殖的杂交品种主要有奥尼罗非鱼 (*O. niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂)、红罗非鱼 (*S. nilotica* ♀ × *S. mossambica* ♂) 和福寿罗非鱼 (*S.*

mossambica ♀ × *S. nilotica* ♂) 等。罗非鱼具有生长快、养殖周期短、产量高、群体繁殖力强、对环境适应性强以及抗病力强等特点。本实验探讨了饲料中添加不同水平谷氨酰胺对罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响, 以期为进一步指导罗非鱼配合饲料的开发提供理论依据和数据参考。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

实验饲料为 6 组等氮等能的配合饲料, 主要以鱼粉、豆粕、花生粕、菜籽粕和棉粕为蛋白源, 以鱼油和豆油为脂肪源, 添加谷氨酰胺的后的饲料水平分别为 0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、2.0%, 分别用甘氨酸和次粉调整为等氮等能。各饲料原料粉碎过 60 目筛, 微量成分采取逐级扩大法添加, 与大原料混合均匀后, 用双螺杆制粒机挤压成 2.0 mm 和 3.0 mm 两种粒径的颗粒饲料, 风干后放入 -20℃ 冰箱中冷冻备用。实验饲料配方见表 1。

收稿日期: 2008-02-15; 修订日期: 2008-08-06.

基金项目: 广东省科技攻关项目 (2004B10401006); 广东省重大科技兴渔项目 (B200309D01)。

作者简介: 杨奇慧 (1978-), 女, 讲师, 在职博士研究生, 从事水产经济动物营养与饲料学的教学与科研工作。

Tel: 0759-2362232; E-mail: qihuiyang03@163.com

表 1 实验饲料配方以及主要营养成分
Tab.1 Ingredients and composition of experimental diet

组成 Ingredients	实验饲料组 Experimental diets group						%
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	
谷氨酰胺 Glutamine	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	2.00	
鱼粉 Fish meal	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
豆粕 Soybean meal	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
花生粕 Peanut meal	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
菜籽粕 Rapeseed meal	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	
棉粕 Cotton meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	
次粉 Wheat flour	26.822	26.725	26.628	26.530	26.433	25.850	
其他 * Others*	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	
复合多维 ** Vitamin mix**	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
复合多矿 *** Mineral mix***	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
甘氨酸 Glycine	1.028	0.925	0.822	0.720	0.617	0.000	
合计 Total	100	100	100	100	100	100	
主要营养成分 Proximate composition							
粗蛋白 Crude protein	37.48	37.87	37.46	37.09	37.40	37.37	
粗脂肪 Crude lipid	8.55	8.52	8.73	8.96	8.42	8.66	
粗灰分 Crude ash	8.26	8.18	8.11	8.25	7.97	8.54	

注: * 其他 (%): 啤酒酵母 3.0; 磷脂 1.5; 鱼油 1.8; 豆油 1.8; 磷酸二氢钙 1.5.

** 维生素预混料 (以 kg 计): 维生素 A 5 000 IU; 维生素 D 2 000 IU; 维生素 E 80 IU; 维生素 K 10 mg; 维生素 B₁ 10 mg; 维生素 B₂ 5 mg; 维生素 B₆ 10 mg; 泛酸 50 mg; 烟酸 121 mg; 胆碱 500 mg; 生物素 1 mg; 叶酸 5 mg; 肌醇 400 mg; 维生素 C 50 mg; 维生素 B₁₂ 0.05 mg.

*** 矿物质预混料 (以 kg 计): 铁 15 mg; 锌 20 mg; 锰 2 mg; 铜 1 mg; 碘 0.2 mg; 硒 0.05 mg; 钴 0.25 mg; 镁 0.06 mg; 钾 40 mg.

Note: * Others (%): Yeast powder 3.0; lecithin 1.5; fish oil 1.8; soya oil 1.8; calcium dihydrogen phosphate 1.5.

** Vitamin premix contained (per kg diet): Vitamin A 5000 IU; Vitamin D₂ 2 000 IU; vitamin E 80 IU; vitamin K 10 mg; vitamin B₁ 10 mg; vitamin B₂ 5 mg; vitamin B₆ 10 mg; Vitamin B₁₂ 0.05 mg; pantothenate acid 50 mg; niacin 121 mg; choline chloride 500 mg; biotin 1 mg; folic acid 5 mg; inositol 440 mg; vitamin C 50 mg; vitamin B₁₂ 0.05 mg.

*** Mineral premix contained (per kg diet): Fe 15.0 mg; Zn 20 mg; Mn 2 mg; Cu 1.0 mg; I₂ 0.2 mg; Se 0.05g; Co 0.25 mg; Mg 0.06 mg; K 40 mg.

1.2 实验分组和饲养管理

选择体格健康的全雄杂交罗非鱼苗, 暂养 7 d 后, 随机分为 6 个处理组进行实验, 各处理组分别饲喂不同谷氨酰胺含量的饲料, 每个处理组 3 个重复, 每个重复 30 尾鱼, 每个养殖桶水容量为 0.3 m³。将不添加谷氨酰胺的组设为对照。实验开始时, 每天按照鱼体质量的 5 % 分 3 次投喂饵料, 投喂时间分别为 7:30、11:30、18:00。每次投料前观察鱼的活动, 投喂 1 h 后观察残饵情况, 用虹吸法吸出残饵并及时调整投喂量, 每天记录水温、投喂量等。实验期间, 持续供氧, 每 2 天换水 1 次, 饲养实验共持续 8 周。实验采用开放式流水养殖系统, 实验期间平均水温为 (28.5±0.5) °C, pH 7.2~7.8, 氨氮含量低于 0.05 mg/L, 溶氧大于 6.0 mg/L。

1.3 样品采集和分析

饲养 8 周后, 称重计数, 从每个重复随机选择 5 尾鱼于 -20 °C 冷冻, 用于全鱼体成分分析。水分含量用 105 °C 常压干燥法, 总灰分含量用 550 °C 高温炉灼烧法, 粗脂肪含量用索氏抽提法测定, 粗蛋白的测定方法用半微量凯氏定氮法。

增重率 (Weight gain rate, WG, %) = $(W_t - W_0) \times 100 / W_0$

饲料系数 (Feed conversion rate, FCR) = 摄食量 / $(W_t - W_0)$

特定生长率 (Special growth rate, SGR, %·d⁻¹) = $(\ln W_t - \ln W_0) \times 100 / t$

蛋白质效率 (Protein efficiency rate, PER) = 体增重 / 蛋白质摄入量

蛋白质沉积率 (Productive protein value, PPV, %)=
 $(P_t - P_0) \times 100 / \text{蛋白质摄入量}$

肥满度 (Condition factor, CF)= $(W / L^3) \times 100$

肝体比 (Hepatopancreas somatic index, HSI, %)=
 肝脏质量 (g) $\times 100 /$ 全鱼体质量 (g)

头肾体质量比 (Head kidney body index, HKBI, %)= 头肾质量 (g) $\times 100 /$ 全鱼体质量 (g)

脾体比 (Spleen body index, SBI, %)= 脾脏质量 (g) $\times 100 /$ 全鱼体质量 (g)

式中: W_t : 终末体质量 (g); W_0 : 初始体质量 (g);
 t : 实验持续天数 (d);

P_t : 终末鱼体蛋白质含量 (g); P_0 : 初始鱼体蛋白质含量 (g); W : 体质量 (g); L : 体长 (cm)

1.4 攻毒实验

生长实验结束后, 每个桶随机选 10 尾鱼进行攻毒实验。经过 5 d 的适应期后, 分别用一次性注射器通过腹腔注射嗜水气单胞菌 (*Aeromonas hydrophila*) (中国科学院微生物研究所菌种保藏中心) 菌液 0.2 mL/尾 (菌液浓度为半数致死量 10^7 CFU/mL), 并将已注射细菌的鱼分别饲喂不同谷氨酰胺添加量的饲料。同时, 另取 10 尾鱼通过

腹腔注射等体积的生理盐水作为对照组^[9], 饲喂及饲养管理与饲养实验期间相同。同时, 观察鱼的行为、记录摄饵情况、死亡尾数和死亡时间, 实验期为 7 d。记录攻毒后 1 h、24 h、36 h、48 h、72 h、96 h 内鱼死亡情况, 并计算存活率。

1.5 数据统计与分析

实验数值用平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 采用 SPSS (13.0) 统计软件对数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 对方差有显著差异的 ($P < 0.05$), 结合 Duncan 氏法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长性能的影响

饲料中不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长性能的影响见表 2。由表 2 可见, 饲料中添加不同水平谷氨酰胺, 对于罗非鱼的增重率 (WG)、特定生长率 (SGR) 和成活率均无显著影响 ($P > 0.05$)。增重率、特定生长率 (SGR) 均以谷氨酰胺添加量为 0.8% 组最高, 对照组最低, 但各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。饲料中谷氨酰胺的添加水平对杂交罗非鱼的成活率无显著影响 ($P > 0.05$), 在实验期间各组的成活率均为 100%。

表 2 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长性能的影响

Tab.2 Effects of different supplementation levels of glutamine on growth performance of hybrid tilapia

n=3; $\bar{x} \pm SD$					
饲料谷氨酰胺水平 / % Glutamine level	初体质量 / g Initial body weight	末体质量 / g Final body weight	增重率 / % WG	特定生长率 / (%·d ⁻¹) SGR	成活率 / % Survival rate
0.0	9.89 $\pm$ 0.13	35.30 $\pm$ 1.46	256.56 $\pm$ 11.76	2.27 $\pm$ 0.06	100.00 $\pm$ 0.00
0.2	9.89 $\pm$ 0.14	35.24 $\pm$ 2.01	256.36 $\pm$ 23.01	2.27 $\pm$ 0.12	100.00 $\pm$ 0.00
0.4	9.64 $\pm$ 0.07	36.39 $\pm$ 0.96	277.74 $\pm$ 11.28	2.37 $\pm$ 0.05	100.00 $\pm$ 0.00
0.6	9.87 $\pm$ 0.20	36.88 $\pm$ 3.06	273.79 $\pm$ 38.79	2.35 $\pm$ 0.18	100.00 $\pm$ 0.00
0.8	9.74 $\pm$ 0.16	37.18 $\pm$ 2.55	285.40 $\pm$ 19.62	2.41 $\pm$ 0.09	100.00 $\pm$ 0.00
2.0	9.61 $\pm$ 0.26	37.00 $\pm$ 2.02	285.03 $\pm$ 13.56	2.41 $\pm$ 0.06	100.00 $\pm$ 0.00

2.2 杂交罗非鱼对饲料的利用

饲料中不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼饲料利用的影响见表 3。从表 3 可知, 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对罗非鱼的蛋白效率和蛋白质沉积率有显著影响 ($P < 0.05$), 对饲料系数影响不显著 ($P > 0.05$)。蛋白效率以饲料中添加 0.8% 谷氨酰胺组最高, 0.6% 组次之, 对照组最低, 添加 0.8% 和 0.6% 谷氨酰胺组显著高于对照组、0.2% 和 0.4%

组 ($P < 0.05$), 与添加 2.0% 谷氨酰胺组差异不显著 ($P > 0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。蛋白质沉积率以饲料中添加谷氨酰胺为 0.8% 组最高, 2.0% 组次之, 对照组最低; 添加谷氨酰胺为 0.8% 组显著高于对照组、0.2% 和 0.4% ($P < 0.05$), 与添加谷氨酰胺 0.6% 和 2.0% 组差异不显著 ($P > 0.05$); 其余各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼饲料利用的影响

Tab. 3 Feed utilization of hybrid tilapia fed diets containing different supplementation levels of glutamine

n=3; $\bar{x} \pm SD$

谷氨酰胺水平 / % Glutamine level	饲料系数 Feed conversion rate	蛋白效率 Protein efficiency rate	蛋白沉积效率 / % Productive protein value
0.0	1.74 $\pm$ 0.05	152.67 $\pm$ 3.09 ^b	79.48 $\pm$ 0.85 ^b
0.2	1.72 $\pm$ 0.07	157.05 $\pm$ 3.73 ^b	82.45 $\pm$ 2.78 ^b
0.4	1.69 $\pm$ 0.06	153.63 $\pm$ 5.62 ^b	83.71 $\pm$ 3.74 ^b
0.6	1.68 $\pm$ 0.14	167.11 $\pm$ 7.46 ^a	85.89 $\pm$ 4.64 ^{ab}
0.8	1.60 $\pm$ 0.10	170.02 $\pm$ 7.20 ^a	92.41 $\pm$ 6.47 ^a
2.0	1.66 $\pm$ 0.09	161.45 $\pm$ 5.08 ^{ab}	86.93 $\pm$ 8.24 ^{ab}

注: 同一列中肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

2.3 谷氨酰胺对杂交罗非鱼形态学指标的影响

饲料中不同水平谷氨酰胺对罗非鱼形态学指标的影响见表 4。表 4 结果显示, 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对罗非鱼的肥满度和脾体比有显著影响 ($P<0.05$), 对肝体比和头肾体质量比则差异不显著 ($P>0.05$)。肥满度以添加 0.4% 组最高, 0.2% 组次之, 0.4% 组显著高于 0.8% 和 2.0% 组

($P<0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P>0.05$)。脾体比, 以添加 2.0% 组最高, 且显著高于其余各组 ($P<0.05$); 其余各组间差异不显著 ($P>0.05$)。肝体比, 以添加 0.6% 组最高, 添加 0.8% 组次之, 但各组间没有显著性差异 ($P>0.05$)。头肾体质量比, 以添加 0.6% 组最高, 添加 0.2% 组次之, 但各处理组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼形态学指标的影响

Tab. 4 Morphology of Tilapia fed diets containing different supplementation levels of glutamine

n=3; $\bar{x} \pm SD$

谷氨酰胺水平 / % Glutamine level	肥满度 Condition factor	肝体比 / % Hepatopancreas body index	头肾体质量比 / % Head kidney body index	脾体比 / % Spleen body index
0.0	3.22 $\pm$ 0.11 ^{ab}	2.31 $\pm$ 0.41	0.14 $\pm$ 0.02	0.24 $\pm$ 0.01 ^b
0.2	3.23 $\pm$ 0.15 ^{ab}	2.24 $\pm$ 0.24	0.17 $\pm$ 0.03	0.23 $\pm$ 0.05 ^b
0.4	3.37 $\pm$ 0.08 ^a	2.12 $\pm$ 0.07	0.14 $\pm$ 0.02	0.17 $\pm$ 0.05 ^b
0.6	3.23 $\pm$ 0.04 ^{ab}	2.43 $\pm$ 0.29	0.23 $\pm$ 0.13	0.22 $\pm$ 0.02 ^b
0.8	3.19 $\pm$ 0.05 ^b	2.43 $\pm$ 0.16	0.17 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.03 ^b
2.0	3.21 $\pm$ 0.01 ^b	2.40 $\pm$ 0.40	0.16 $\pm$ 0.05	0.35 $\pm$ 0.11 ^a

注: 同一列中肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

2.4 谷氨酰胺对杂交罗非鱼体成份的影响

饲料中不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼体组成的影响见表 5。表 5 显示, 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对罗非鱼全鱼水分含量和蛋白质含量的影响显著 ($P<0.05$), 对脂肪和灰分含量无显著的影响 ($P>0.05$)。水分含量以添加量为 0.8% 组最低, 2.0% 次之, 添加量为 0.8% 组显著低于其余各组

($P<0.05$), 添加量为 2.0% 组显著低于添加量为 0.6% 组 ($P<0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P>0.05$)。全鱼蛋白质含量以谷氨酰胺添加量为 0.8% 组最高, 0.6% 组次之, 对照组最低; 添加量为 0.6%、0.8% 和 2.0% 组显著高于对照组和 0.2% 添加组 ($P<0.05$), 其余各组间差异不显著 ($P>0.05$)。鱼体粗脂肪和灰分含量各组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表5 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼体组成的影响

Tab. 5 Body composition of hybrid tilapia fed diets containing different supplementation levels of glutamine

n=3; $\bar{x} \pm SD$

谷氨酰胺水平 / % Glutamine level	水分 / % Moisture	粗蛋白 / % Crude protein	粗脂肪 / % Crude lipid	粗灰分 / % Crude ash
0.0	69.64 $\pm$ 0.53 ^{ab}	51.98 $\pm$ 1.94 ^b	31.20 $\pm$ 2.26	14.14 $\pm$ 1.31
0.2	69.60 $\pm$ 0.95 ^{ab}	52.01 $\pm$ 1.33 ^b	31.36 $\pm$ 1.13	13.75 $\pm$ 0.46
0.4	69.42 $\pm$ 0.24 ^{ab}	53.69 $\pm$ 0.17 ^{ab}	33.65 $\pm$ 2.10	13.49 $\pm$ 0.71
0.6	69.85 $\pm$ 0.66 ^a	54.14 $\pm$ 0.60 ^a	33.30 $\pm$ 1.52	13.57 $\pm$ 0.62
0.8	68.23 $\pm$ 0.26 ^c	55.57 $\pm$ 0.36 ^a	30.54 $\pm$ 1.70	13.81 $\pm$ 0.43
2.0	68.70 $\pm$ 0.53 ^{bc}	54.11 $\pm$ 1.53 ^a	33.64 $\pm$ 1.57	13.06 $\pm$ 0.14

注: 同一列中肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Values in the same row with different lowercase superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

2.5 谷氨酰胺对杂交罗非鱼的抗病力影响

饲料中不同水平谷氨酰胺, 杂交罗非鱼攻毒后的存活率见表6。分别对于攻毒后1 h、24 h、48 h、72 h和96 h记录罗非鱼存活率。结果显示, 罗非鱼的死亡主要在攻毒后48 h出现, 48 h和72 h对照组存活率显著低于其他各组 ($P<0.05$); 攻毒后48 h

和72 h罗非鱼的存活率随着饲料谷氨酰胺添加量的增加而上升, 但当谷氨酰胺添加量增加到2.0%时, 存活率较0.6%和0.8%添加组显著下降, 与0.2%和0.4%组无显著差异 ($P>0.05$)。96 h后, 谷氨酰胺添加量为0.8%的存活率组显著高于对照组和0.2%、0.4%添加组 ($P<0.05$); 其余各组之间的差异不显著 ($P>0.05$)。

表6 饲料中添加不同水平谷氨酰胺对杂交罗非鱼攻毒后成活率的影响

Tab. 6 Anti-disease ability of hybrid tilapia fed diets containing different supplementation levels of glutamine

n=3; $\bar{x} \pm SD$

谷氨酰胺水平 / % Glutamine level	攻毒后时间 Time after challenge				
	1 h	24 h	48 h	72 h	96 h
0.0	100.00 $\pm$ 0.00	93.33 $\pm$ 5.77	76.67 $\pm$ 20.82 ^c	46.67 $\pm$ 11.57 ^c	21.33 $\pm$ 5.01 ^b
0.2	100.00 $\pm$ 0.00	96.67 $\pm$ 5.77	86.67 $\pm$ 11.54 ^b	76.67 $\pm$ 20.82 ^b	26.67 $\pm$ 5.58 ^b
0.4	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00	86.67 $\pm$ 11.54 ^b	76.67 $\pm$ 20.82 ^b	26.67 $\pm$ 5.58 ^b
0.6	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00	93.33 $\pm$ 5.77 ^a	86.67 $\pm$ 11.54 ^a	33.33 $\pm$ 5.77 ^{ab}
0.8	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00	93.33 $\pm$ 5.77 ^a	86.67 $\pm$ 11.54 ^a	36.67 $\pm$ 5.77 ^a
2.0	100.00 $\pm$ 0.00	96.67 $\pm$ 5.77	86.67 $\pm$ 11.54 ^b	76.67 $\pm$ 20.82 ^b	33.33 $\pm$ 5.77 ^{ab}

注: 同一列中肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 不同谷氨酰胺水平与杂交罗非鱼的生长性能

本研究结果显示, 当饲料中谷氨酰胺添加量从0.2%上升到0.8%, 杂交罗非鱼的增重率和SGR呈上升趋势, 且均高于对照组。这可能是由于罗非鱼吸收外源性的谷氨酰胺, 提高了肠道的消化吸收能力^[8,10-11]而造成的。当添加量为2.0%时, 增重率和SGR较添加量为0.8%组低, 即随着谷氨酰胺添加量的进一步增加, 增重率却呈现降低趋势。这表明适量添加外源性的谷氨酰胺可以提高罗非鱼的

增重率, 但高水平的添加量并不能进一步地促进其生长, 这与在建鲤 (*Cyprinus carpio* Var. Jian)^[10]上的研究结果相一致。目前, 有关于添加谷氨酰胺提高动物生长的机理尚未清楚, 可能与添加以后, 某些激素如甲状腺素和类胰岛素生长因子 (IGF- I) 水平的改变有关。黄冠庆等^[12]研究表明, 谷氨酰胺可提高游离三碘甲腺原氨酸 (FT₃) 和游离甲状腺素 (FT₄) 含量。而甲状腺素的主要作用是促进机体大多数组织的物质代谢, 增加耗氧量和产热量, 提高基础代谢率, 加强能量代谢, 促进小肠吸收

和使肝糖原的分解, 血糖浓度升高; 促进脂肪组织与骨骼组织吸收和氧化葡萄糖, 增强肾上腺素对糖的代谢作用, 并通过刺激 mRNA 的形成, 促进蛋白质和各种酶的生成。T₃ 能增加胰岛素 RNA 含量及胰岛素水平, 促进肌肉蛋白质的合成与周转, 能和生长激素协同调控动物机体的正常生长发育, 刺激幼龄动物的生长^[13]。血液中 FT₃、FT₄ 的水平下降, 动物的生长速度减慢, 而 IGF-I 对动物的生长发育有重要作用, 而谷氨酰胺作为一种条件性的必需氨基酸, 当机体组织中的含量达到一定的水平之后, 其对机体的各种代谢的效应所产生的影响也出现较稳定^[14], 谷氨酰胺可能通过上调小肠黏膜细胞 IGF-I mRNA 的表达, 增加 IGF-I 的自分泌和旁分泌, 发挥其促进细胞分裂增殖和抑制细胞凋亡的作用, 从而终止小肠黏膜萎缩的发生^[15-16]。

3.2 不同谷氨酰胺水平与杂交罗非鱼的饲料利用

谷氨酰胺添加组与对照组的饲料系数没有显著差异, 但添加组均低于对照组, 在 0.2%~0.8% 添加水平范围内随添加量增加逐渐降低, 而添加 2.0% 组则有上升趋势。添加 0.6%~2.0% 组的蛋白效率和蛋白质沉积率, 都显著高于对照组, 在添加 0.2%~0.8% 组随添加水平增加蛋白效率和蛋白质沉积率有增大的趋势, 添加 2.0% 组则有所下降, 说明罗非鱼的饲料利用在一定范围内随着谷氨酰胺添加水平的提高而提高, 当谷氨酰胺的添加量进一步增加时, 则呈现降低趋势。这可能因为谷氨酰胺对氨从外周到内脏器官的运输中有重要作用, 为嘌呤、嘧啶等提供前体物, 也是蛋白质含量增加的物质基础^[17]。已有研究表明, 谷氨酰胺可抑制蛋白质分解, 降低机体的应激反应, 有利于蛋白质的沉积^[18-19]。目前关于谷氨酰胺对营养物质利用率的影响在水生动物上未见报道, 但在陆生动物上有相关报道。用添加谷氨酰胺的饲料饲喂大鼠后, 机体蛋白含量比对照提高 9%, 氮沉积提高 20%^[20], 能量转换效率提高 21%^[21]。Vincent 等^[22] 进行体外细胞培养时, 在培养基中添加 0.08~8.06 mmol/L 谷氨酰胺, 发现添加谷氨酰胺的量为 4.06 mmol/L 时, 细胞达到最大密度; 当细胞外谷氨酰胺添加量从 0.06 mmol/L 增至 1.06 mmol/L 时, 细胞数量增加 10 倍, 总蛋白和总 DNA 的变化趋势与之相似。Hankard 等^[23] 在健康成年人肠内供给谷氨酰胺后对蛋白质的降解没有影响, 使蛋白质的合成显著提高 8%, 说明谷氨酰胺可通过增加蛋白质的合成来提高蛋白沉积率。

3.3 不同谷氨酰胺水平与杂交罗非鱼的形态学指标

饲料中添加不同水平谷氨酰胺对罗非鱼的饱满度和脾体比有显著的影响 ($P<0.05$), 对肝体比和头肾体质量比则差异不显著 ($P>0.05$)。而肝脏、头肾和脾脏是罗非鱼的免疫器官, 一般认为免疫器官指数 (免疫器官与动物体质量比) 的提高为该器官成熟快的表现, 指数低则是成熟慢所致^[24], 而从实验结果可知, 添加 0.6% 组谷氨酰胺的肝体比和头肾体质量比最高, 但与对照组没有显著性差异, 这可能与谷氨酰胺对罗非鱼抗病力的提高主要通过作用于促进脾脏的发育, 提高脾体比而起作用的, 并非通过改变肝体比和头肾体质量比而实现。

3.4 不同谷氨酰胺水平与杂交罗非鱼体成份

谷氨酰胺提供小肠黏膜细胞增殖所需的能量和代谢底物^[25-26], 为诸如营养物质转移和高效率的细胞内蛋白质周转等肠道 ATP 依赖性的代谢过程提供能源^[26-27]。谷氨酰胺本身就是蛋白质、嘌呤和嘧啶核苷合成的前体, 是快速分化细胞如激活淋巴细胞和肠上皮细胞的主要燃料^[28]。谷氨酰胺对肠黏膜具有有益作用^[25-29], 是蛋白质代谢的重要调节因子, 可通过促进肠黏膜蛋白质合成^[30-31]或抑制 ATP 遍在蛋白依赖的蛋白水解途径^[31]的方式, 从而改善蛋白质代谢。

从本实验结果可见, 在配合饲料中添加谷氨酰胺对全鱼水分和蛋白质含量的影响显著 ($P<0.05$), 对全鱼体脂肪及灰分含量影响不显著 ($P>0.05$)。研究表明, 谷氨酰胺可通过体内的谷氨酰胺合成酶的作用作为快速生长细胞的重要能源物质, 被不同组织利用, 同时也是蛋白质代谢的重要调节因子^[32], 能促进细胞内蛋白质的合成, 减少肌蛋白的分解, 特别对机体在应激状态下的细胞代谢和各种调节功能具有重要意义^[33-35]。而谷氨酰胺在动物体内不与脂肪类物质和矿物质反应, 这也可能是全鱼体脂肪和灰分含量不受谷氨酰胺添加量影响的原因之一。

3.5 不同谷氨酰胺水平与杂交罗非鱼的抗病力

表 6 结果显示, 罗非鱼的死亡主要在攻毒 48 h 后出现, 当谷氨酰胺添加量为 0.6%~0.8% 时, 罗非鱼存活率明显高于对照组和 0.2%~0.4% 组, 然而随着谷氨酰胺添加量的增加, 添加量为 2.0% 时, 存活率下降; 对于第 72 h, 谷氨酸各处理组的存活率显著高于对照组; 对于第 96 h, 对照组和各处理组之间存活率的差异显著 ($P<0.05$), 这与林燕等^[10]

研究结果相一致。通过攻毒后罗非鱼的存活率并结合表3和表4结果进一步分析可知,在本实验条件下,以蛋白质沉积率、蛋白效率、肥满度、脾体比以及攻毒后的存活率为指标,对于体质量为9~37 g的杂交罗非鱼,饲料中谷氨酰胺的适宜添加量为0.6%~0.8%。

参考文献:

- [1] 焦洪超, 邴爱英, 宋志刚. 谷氨酰胺在维护动物肠道功能中的作用[J]. 饲料博览, 2002, 4: 35-36.
- [2] 黄英, 谢燕斌. 谷氨酰胺对免疫调节的影响[J]. 医药杂志, 2005, 27(2): 133-135.
- [3] 杨大柳. 谷氨酰胺的药理作用[J]. 氨基酸和生物资源, 1996, 18(2): 40-43.
- [4] 雷必勇, 姜延志, 王康宁. 谷氨酰胺的营养生理功及载体转运能系统的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2005, 41(1): 46-48.
- [5] Lacey J M, Wilmore D W. Is glutamine a conditionally essential amino acid? [J]. Nutr Rev, 1990, 48: 297-309.
- [6] Chamberlin M E, Glemet H C, Ballantyne J S. Glutamine metabolism in a holostean (*Amia calym*) and teleost fish (*Salvelinus namaycush*) [J]. Glutam Metab Fish, 1991: 260: 159-166.
- [7] Chew S F, Ong T F, Lillan H O. Urea synthesis in the African lungfish (*Protopterus dolloi*)—hepatic carbamoyl phosphate synthetase III and glutamine synthetase are up-regulated by 6 days of aerial exposure[J]. J Exp Biol, 2002, 206: 3 615-3 624.
- [8] Lin Y, Zhou X Q. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian Carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian) [J]. Aquaculture, 2006, 256: 389-394.
- [9] 杨奇慧, 周小秋. 维生素缺乏A对建鲤生长性能及免疫功能的影响[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 62-67.
- [10] 林燕. 氨酰胺对幼建鲤消化功能和免疫力的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2005: 1-78.
- [11] 姜俊. 谷氨酰胺对幼建鲤消化功能和免疫力的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2005: 1-55.
- [12] 黄冠庆, 傅伟龙, 高萍, 等. Gln、甘氨酸 Gln 对断奶仔猪生长及内分泌的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2004, 4(7): 11-13.
- [13] 谢建新, 顾岩. 联合应用生长激素和Gln对短肠大鼠小肠黏膜形态结构的影响——光镜、扫描电镜和透射电镜观察[J]. 解剖学杂志, 2001, 24(3): 225-230.
- [14] Cao Y H, Feng Z L, Hoos A N. Glutamine enhances gut glutathione production[J]. J Parenter Enteral Nutr, 1998, 22(4): 224-228.
- [15] 谢建新, 顾岩, 刘银坤, 等. 联合应用生长激素和谷氨酰胺对短肠大鼠小肠黏膜吸收功能的影响[J]. 解剖学杂志, 2001, 24(3): 231-234.
- [16] 谢建新, 顾岩, 刘银坤, 等. 联合应用生长激素和谷氨酰胺对短肠大鼠小肠黏膜 IGF-1mRNA 表达的影响[J]. 石河子大学学报, 2002, 6(4): 267-270.
- [17] Jow L Y, Chew S F, Lim C B, et al. The marble goby *oxyeleotris marmoratus* activates hepatic glutamine synthetase and detoxifies ammonia to glutamine during air exposure[J]. J Exp Biol, 1999, 202: 237-245.
- [18] Phyllis A E, Steele S L, Bernier N J, et al. Expression of four glutamine synthetase genes in the early stages of development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relationship to nitrogen excretion [J]. J Biol Chem, 2005, 280(21): 2 068-2 073.
- [19] 阎祥洲, 刘升伟, 丁升艳. 谷氨酰胺的生理功能及在动物营养中的应用[J]. 浙江畜牧兽医, 2003, 4: 10-11.
- [20] Yan G, Wu Z H. The anabolic effects of recombinant human growth hormone and glutamine on parenterally fed, short bowel rats, Gastroenterol[J]. 2002, 8(4): 752-757.
- [21] Opara E C, Petro A T, Allyson F M, et al. Glutamine supplementation of a high fat diet reduces body weight and attenuates hyperglycemia and hyperinsulinemia in C57BL/6 mice[J]. J Nutr, 1996, 126(1): 273.
- [22] Vincent D M, Kelly D, Daniel S, et al. Inhibition of glutamine synthetase decreases proliferation of cultured rat intestinal epithelial cells[J]. J Nutr, 1999, 129(1): 57-62.
- [23] Hankard R G, Darmaun D, Sager B K, et al. Response of glutamine metabolism to exogenous glutamine in humans[J]. Physiol Endocrinol Metab, 1995, 269: 663-670.
- [24] 张利华, 黎介寿. 谷氨酰胺与免疫[J]. 肠外及肠内营养, 1994, 1(1): 82-84.
- [25] Souba W W, Smith R J, Wilmore D W. Glutamine metabolism by the intestinal tract[J]. J Parenter Enteral Nutr, 1985, 9: 608-617.
- [26] Souba W W, Smith R J, Wilmore D W. Effects of glucocorticoids on glutamine metabolism in visceral organs[J]. Metabolism, 1985, 34(5): 450-456.
- [27] Reeds P J, Burrin D G, Stoll B, et al. Enteral glutamate is the preferential source for mucosal glutathione synthesis in fed piglets[J]. J Physiol Endocrinol Metab, 1997, 273: 408-415.
- [28] Wu G Y. Intestinal mucosal amino acid catabolism [J]. J Nutr, 1998, 128(8): 1 249-1 252.

- [29] Herbert G. Wind M, Albert E. Uptake and metabolism of plasma glutamine by the small intestine. *J Biol Chem*, 1974, 249: 5 070-5 079.
- [30] Moïse C, Sophie C, Bernadette H, et al. Enteral glutamine stimulates protein synthesis and decreases ubiquitin mRNA level in human gut mucosa [J]. *J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2003, 285: 266-273.
- [31] Corinne B D, Sophie C, Celine M, et al. Effects of enteral glutamine on gut mucosal protein synthesis in healthy humans receiving glucocorticoids [J]. *J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2000, 278: 677-681.
- [32] 冯自科, 王莉莉. 动物的谷氨酰胺的营养 [J]. *饲料博览*, 2002, 8: 7-10.
- [33] Ardawi M S, Newsholme E A. Glutamine metabolism in Lymphocytes of the rat [J]. *Biochem J*, 1983, 212 (3): 835-842.
- [34] Garcia C, Pithon C, Firmano M L. Effect of adrenaline on glucose and glutamine metabolism and Super-oxide production by rat neutrophils [J]. *Clin Sci (Lond)*, 1999, 96 (6): 549-555.
- [35] Burke D J, Ayo J C. Glutamine-supplemented total parenteral nutrition improves gut immune function [J]. *Arch Surg*, 1989, 124 (12): 1 396-1 399.

Effects of dietary glutamine on growth performance, feed utilization and anti-disease ability of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂)

YANG Qi-hui^{1,2}, ZHOU Qi-cun¹, TAN Bei-ping¹, CHI Shu-yan¹, DONG Xiao-hui¹, DU Chang-qian¹, WANG Xing-fen¹

(1. Laboratory of Aquatic Economic Animal Nutrition and Feed, Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 2. Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: This study was conducted to determine the effects of glutamine with different dietary supplementation levels (0, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 2.0%) on growth performance, feed utilization, body composition and anti-disease ability of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) for 8 weeks. Six iso-nitrogenous and iso-energetic diets were formulated as experimental diets. The results showed that the diet with glutamine supplementation significantly increase the protein efficiency ratio (PER) and productive protein value (PPV) ($P < 0.05$), but could not significantly increase the weight gain rate (WG), specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR) and survival rate of juvenile tilapia ($P > 0.05$). The whole condition factor (CF) and spleen body index (SBI) were significantly affected by the dietary glutamine supplementation levels ($P < 0.05$), while there was no significant effect of glutamine supplementation levels on hepatopancreas body index (HBI) and head kidney body index (HKBI) ($P > 0.05$). There were significant differences ($P < 0.05$) in moisture and protein content of whole body, but the variations were not marked ($P > 0.05$) in lipid and ash contents of whole body. The challenge trial was done by intraperitoneal (i.p.) injection of *Aeromonas hydrophila* at a concentration of 0.2 mL/ind (LD_{50} around 10^7 CFU/mL). The control group (non-infective group) was injected i.p. with 0.2 mL of 0.9% NaCl per fish. The survival rates of 48 h, 72 h and 96 h after challenge against *A. hydrophila* were significantly affected by the dietary glutamine supplementation levels ($P < 0.05$), but survival rate at 1 h and 24 h were not affected ($P > 0.05$). Based on PER, PPV and survival rate after challenge against *A. hydrophila*, the optimal dietary supplementation levels of glutamine for this diet formulation was 0.6%–0.8%. [*Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15 (6): 1 016–1 023]

Key words: *Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂; glutamine; growth performance; feed utilization; anti-disease ability