

DOI:CNKI:61-1390/S.20111216.1150.021

网络出版时间:2011-12-16 11:50

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20111216.1150.021.html>

丙氨酰-谷氨酰胺对建鲤的适宜投喂模式

王桂芹^{1,2}, 芦洪梅², 牛小天², 李子平², 韩宇田², 何义进¹, 赵朝阳¹

(1 中国水产科学研究院 淡水渔业研究中心, 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081;

2 吉林农业大学 动物科学技术学院, 吉林 长春 130118)

【摘要】【目的】探讨丙氨酰-谷氨酰胺(Ala-Gln)对建鲤适宜的投喂模式。【方法】以初始质量(33.52 ± 0.17) g 的建鲤鱼种为研究对象, 在室内单循环养殖系统中进行 8 周生长试验, 分别配制添加 0.0 g/kg(对照饲料)和 5.0 g/kg(试验饲料)Ala-Gln 的等氮(350 g/kg 粗蛋白)、等能(17 kJ/g)饲料, 采用 5 种不同的 Ala-Gln 投喂模式(I. 连续 8 周投喂对照饲料(对照组); II. 试验饲料 2 周间隔投喂; III. 前 4 周投喂试验饲料, 后 4 周投喂对照饲料的 4 周间隔投喂; IV. 前 4 周投喂对照饲料, 后 4 周投喂试验饲料的 4 周间隔投喂; V. 8 周连续投喂试验饲料), 研究 Ala-Gln 投喂模式对建鲤生长、饲料利用和体成分的影响。【结果】Ala-Gln 连续投喂和间隔投喂时, 建鲤的生长性能均显著高于对照组($P < 0.05$), 2 周间隔投喂组建鲤的平均增质量率和特定生长率均显著高于 4 周间隔和连续 8 周投喂组($P < 0.05$), 2 组 4 周间隔投喂组间无显著差异($P > 0.05$), 但前 4 周投喂试验饲料的 4 周间隔投喂组建鲤的平均增质量率和特定生长率高于 8 周连续投喂组($P < 0.05$), 2 周间隔投喂组和后 4 周投喂试验饲料的 4 周间隔投喂组建鲤的脏体比显著低于对照组($P < 0.05$); 在 Ala-Gln 的 4 种不同投喂模式下, 建鲤的摄食率均显著高于对照组($P < 0.05$), 2 周间隔投喂组和前 4 周投喂试验饲料的 4 周间隔投喂组建鲤的蛋白效率显著高于对照组($P < 0.05$), 2 周间隔投喂组和前 4 周投喂试验饲料的 4 周间隔投喂组建鲤的饲料系数显著低于对照组和连续 8 周投喂组($P < 0.05$); 只有 8 周连续投喂组建鲤的白肌粗蛋白质含量显著高于对照组($P < 0.05$)。【结论】在本试验条件下, 饲料中添加 Ala-Gln 可提高建鲤的生长、饲料利用和白肌粗蛋白质含量, 但不同投喂模式间有显著差异, 从建鲤生长性能、饲料利用和体组成的角度, 并结合经济性和适用性等进行考虑, 建议采用 2 周间隔投喂模式或前 4 周投喂添加 Ala-Gln 饲料的 4 周间隔投喂模式。

【关键词】 丙氨酰-谷氨酰胺; 建鲤; 生长性能; 饲料利用; 体组成

【中图分类号】 S965.116.373+.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)01-0001-07

Discussion on appropriate feeding modes of Ala-Gln in *Cyprinus carpio* var. Jian

WANG Gui-qin^{1,2}, LU Hong-mei², NIU Xiao-tian², LI Zi-ping², HAN Yu-tian²,
HE Yi-jin¹, ZHAO Chao-yang¹

(1 Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes,

Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Science, Wuxi, Jiangsu 214081, China;

2 College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objective】The research investigated the suitable feeding modes of Ala-Gln in *Cyprinus carpio* var. Jian. 【Method】The trial was carried out on healthy *C. carpio* var. Jian with the initial weight (33.52 ± 0.17) g in a controlled single recirculating system for 8 weeks. The present study was conducted to evaluate the effect of different feeding modes of Ala-Gln on growth, feed utilization and body composi-

* [收稿日期] 2011-06-08

[基金项目] 中国博士后科学研究基金项目(200763016); 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室基金项目(BZ2009-01)

[作者简介] 王桂芹(1968—), 女, 吉林东辽人, 教授, 博士, 主要从事鱼类营养与饲料学研究。E-mail: wgqjlau@yahoo.com.cn

tion of *C. carpio* var. Jian. Two isonitrogenous(350 g/kg crude protein) and isocaloric(17 kJ/g) diets were formulated at content ratios 0.0 g/kg (control diet) and 5.0 g/kg(trail diets) of dietary dry matter, which were fed the *C. carpio* var. Jian in five different feeding modes(permanently fed by control diet during eight weeks(Ⅰ, control group), trail diet at an interval of two weeks(Ⅱ), trail diet before four weeks at an interval of four weeks(Ⅲ), trail diet after four weeks at an interval of four weeks(Ⅳ), permanently fed by trail diet during eight weeks(Ⅴ)). 【Result】 The results indicated that different feeding modes of Ala-Gln significantly influenced growth, feed utilization and body composition in *C. carpio* var. Jian ($P < 0.05$). The growth of permanently and interval feeding was significantly higher than that of the control group($P < 0.05$); weight gain rate and specific growth rate of 2-week interval feeding were significantly higher than that of 4-week intervals and 8-week permanently feeding($P < 0.05$). Both of 4-week intervals feeding had no difference($P > 0.05$) but that of first four-week interval of four weeks was higher than that of permanently eight weeks($P < 0.05$). Viscerasomatic index of 2-week interval and post four-week interval was significantly lower than that of the control($P < 0.05$). Feeding rate of feeding modes was significantly higher than that of the control group($P < 0.05$). Protein efficiency of 2-week interval and first four-week interval was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$), but feed coefficient was significantly lower than that of the control group and permanent 8-week($P < 0.05$). White muscle protein content of permanent 8-week was significantly higher than that of the control group and the other feeding($P < 0.05$). 【Conclusion】 In the present study, it is concluded that adding Ala-Gln can promote growth, feed utilization and white muscle protein content of *C. carpio* var. Jian. There were significant differences among feeding modes. It is suggested that 2-week or first 4-week intervals feeding modes be recommended for the culture of *C. carpio* var. Jian considering economical cost and practicability.

Key words: Ala-Gln; *Cyprinus carpio* var. Jian; growth performance; feed utilization; body composition

谷氨酰胺(Gln)是脂肪族中性氨基酸,具有一个 α -氨基和一个易水解的末端酰胺基,因其独特而复杂的生理功能逐渐成为营养学、生理学、营养免疫学等学科领域的研究热点。Gln是哺乳动物体内含量最丰富的氨基酸,营养循环中30%~35%的氨基酸转运靠谷氨酰胺来完成,但Gln受热易分解生成有毒的焦谷氨酸和氨,因此制约了Gln在饲料中的广泛应用^[1]。而Gln二肽以其稳定性好及水溶性和体内利用效率高等特点,已在临床医学、畜禽生产和水产养殖等领域有较多的应用研究^[2-8]。研究表明,在断奶仔猪饲料中添加10 g/kg Gln,可防止仔猪断乳后7 d内空肠的萎缩,能维持小肠黏膜的正常结构和功能^[4-5]。在临床方面,罗湘玉等^[6]在食管癌手术试验中发现,添加Gln能增强重症患者的免疫力,减少应激状态下的炎症反应。目前,有关Gln在鱼类应激方面的研究尚比较少,现有的研究多集中在生长和免疫等方面。有试验证明,日粮中添加丙氨酰-谷氨酰胺(Ala-Gln)可以提高哲罗鱼仔鱼、罗非鱼和鲤鱼的生长性能,且能促进罗非鱼和鲤鱼肠上皮细胞的增殖与分化,增强其抗病能力及免疫功能^[1,7-8]。在已有的研究中,Gln或Gln二肽作为饲料添加剂

使用时均为连续投喂。但众多研究表明,免疫增强剂的使用效果存在时间效应,在最短时间内取得最佳的效果才是最好的^[9]。前期试验表明,建鲤饲料中Ala-Gln的适宜需求量为5.0 g/kg^[10],在此基础上探讨其适宜的使用周期是亟待解决的问题。为此,本试验进一步研究在Ala-Gln的适宜需求量下,不同投喂模式对建鲤生长、饲料利用和鱼体成分的影响,以期探讨Ala-Gln间隔投喂的可能性及适宜周期,为其在饲料中的合理应用和动物生产潜力的最大发挥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料的配制

以鱼粉为蛋白源,添加0.0和5.0 g/kg的Ala-Gln,以丙氨酸调平,配制等氮(350 g/kg粗蛋白)等能(17 kJ/g)饲料。饲料原料经粉碎过孔径0.246 mm(60目)筛后,按配方称质量,采用逐级扩大的方法均匀混合,加工成直径为1.0 mm的颗粒,晾干后置于-20℃冰柜中保存备用。采用GB/T 6435—2006^[11]、GB/T 6432—1994^[12]、GB/T 6438—2007^[13]和GB/T 6433—2006^[14]的方法分别测定饲

料中的水分、粗蛋白质、粗灰分和粗脂肪含量,用弹式热量计测定能量。试验饲料配方及营养水平见表 1 和表 2。

表 1 建鲤饲养试验的饲料配方

Table 1 Diet formulation in feeding trial of *C. carpio* var. Jian g/kg

日粮组成 Diet composition	对照饲料 Control diet	试验饲料 Experimental diet	日粮组成 Diet composition	对照饲料 Control diet	试验饲料 Experimental diet
鱼粉 Fish meal	515.0	515.0	无机盐预混料 Mineral premix	10.0	10.0
丙氨酰-谷氨酰胺 Ala-Gln	0.0	5.0	磷酸二氢钙 Calcium hydrogen phosphate	5.0	5.0
丙氨酸 Alanine	9.0	4.0	糊精 Dextrin	62.0	62.0
鱼油 Fish oil	14.4	14.4	面粉 Flour	322.0	322.0
玉米油 Corn oil	14.3	14.3	纤维素 Cellulose microcrystalline	23.3	23.3
氯化胆碱 Choline chloride	5.0	5.0	黏合剂 Binder	10.0	10.0
维生素预混料 Vitamin premix	10.0	10.0			

注:维生素预混料向每 kg 饲料提供:盐酸硫胺素 60 mg,核黄素 200 mg,叶酸 15 mg,盐酸吡哆醇 40 mg,尼克酸 800 mg,泛酸钙 280 mg,肌醇 400 mg,生物素 6 mg,Vit E 400 mg,Vit B₁₂ 0.1 mg,Vit A 1.2 mg,Vit D₃ 0.05 mg,Vit C 200 mg。无机盐预混料向每 kg 饲料提供:MgSO₄·7H₂O 1.6 g,C₆H₅FeO₇ 0.8 g,ZnSO₄·7H₂O 0.4 g,CuSO₄·5H₂O 6 mg,AlCl₃·6H₂O 3 mg,KI 3 mg,Na₂Se₂O₃ 0.2 mg,MnSO₄·H₂O 4 mg,CoCl₂·6H₂O 2 mg,NaH₂PO₄·2H₂O 7.4 g,KCl 2.6 g。

Notes:Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet:thiamin HCl 60 mg,riboflavin 200 mg,folic acid 15 mg,pyridoxine HCl 40 mg,nicotinic acid 800 mg,calcium pantothenate 280 mg,inositol 400 mg,biotin 6 mg,vitamin E 400 mg,cynocobalamin 0.1 mg,retinal acetate 1.2 mg,chelecalciferol 0.05 mg,ascorbic acid 200 mg. Mineral premix supplied the following per kilogram of diet:MgSO₄·7H₂O 1.6 g,Ferric citrate 0.8 g,ZnSO₄·7H₂O 0.4 g,CuSO₄·5H₂O 6 mg,AlCl₃·6H₂O 3 mg,KI 3 mg,Na₂Se₂O₃ 0.2 mg,MnSO₄·H₂O 4 mg,CoCl₂·6H₂O 2 mg,NaH₂PO₄·2H₂O 7.4 g,KCl 2.6 g.

表 2 建鲤饲养试验各配方饲料的营养水平

Table 2 Nutrition level of different diet formulations in feeding trial of *C. carpio* var. Jian

营养 Nutrition	对照饲料 Control diet	试验饲料 Experimental diet
粗蛋白/(g·kg ⁻¹) Crude protein	358.9	357.9
粗脂肪/(g·kg ⁻¹) Crude lipid	51.9	50.8
灰分/(g·kg ⁻¹) Crude ash	78.6	80.5
总能/(kJ·g ⁻¹) Gross energy	17.35	17.07

1.2 试验设计

饲料中 Ala-Gln 的添加水平设为 0.0 和 5.0 g/kg,分别配制成不添加 Ala-Gln 的对照饲料和添加 Ala-Gln 的试验饲料。根据投喂方式的不同分为 5 个处理组,分别用 I (0/0)、II (0/2)、III (4/0)、IV (0/4)和 V (4/4)表示,其中 I (0/0)组为连续 8 周投喂对照饲料的对照组;II (0/2)组为 2 周间隔投喂组,即前 2 周饲喂试验饲料,第 3、4 周饲喂对照饲料,以此类推每隔 2 周换喂饲料;III (4/0)组为前 4 周投喂试验组,该组在试验的前 4 周饲喂试验饲料,后 4 周饲喂对照饲料;IV (0/4)组为后 4 周投喂试验组,该组在试验前 4 周饲喂对照饲料,后 4 周饲喂试验饲料;V 组为 8 周连续投喂组,即试验 8 周内均连续饲喂试验饲料。

1.3 饲养管理

试验鱼为同一批人工孵化的 1 龄建鲤。试验前

暂养于室内水族箱中,挑选健壮、规格均匀的幼鱼 1 000 尾,放室内水族箱中驯化,投喂蛋白含量为 350 g/kg 的对照饲料作为驯化饲料,饱食投喂,驯化 15 d。饲养试验为期 8 周(2010-07-04—2010-08-28)。每个处理组重复 3 次。试验开始之前,停止投喂 1 d,然后挑选体格健壮、规格均匀、体质量为(33.52±0.17) g 的建鲤,随机放养于室内水族箱中,养殖密度均为 20 g/L,日投喂率为体质量的 2.5%~4.0%,视鱼体大小、水温及摄食情况作适当调整。每天投喂 2 次(09:00,17:00),投喂后收集残饵并称质量,计算摄食量。试验期间水温为 23~30 ℃,pH 为 7.1±0.1,溶解氧大于 5.0 mg/L,氨氮小于 0.5 mg/L。

1.4 样品收集与测定

各组建鲤按试验设计饲养 8 周,取样前停食 24 h,每个重复分别称质量,计算平均增质量率、特定生长率、饲料摄食率和饲料系数等。每组取 9 尾鱼(每重复 3 尾鱼),吸干鱼体表的水分后,取侧线以上、背鳍以下的白肌,测定其营养成分。每组每个重复测定 10 尾鱼的体质量和体长,然后去内脏,计算肥满度和脏体比。以上各指标的计算公式如下:

平均增质量率(WG)=[(W_t - W₀)/W₀]×100%,

特定生长率(SGR)=[(ln W_t - ln W₀)/t]×100%,

饲料系数(FCR)= $I/(W_t-W_0)$,
饲料摄食率(FI)= $100\% \times I/[(W_0+W_t)/2 \times t]$,
蛋白效率(PER)=(W_t-W_0)/($I \times P$),
脏体比(VI)=内脏质量(g) $\times 100\%$ /鱼体质量(g),
肥满度(CF)=(W/L^3) $\times 100$ 。

式中: W_0 和 W_t 为初始和终末的鱼体质量(g), t 为试验时间(d), I 为摄入饲料的干质量(g), P 为饲料蛋白质质量分数(%), W 和 L 分别为每尾鱼的体质量(g)和体长(cm)。

1.5 数据处理

试验数据以“平均值 $\pm$ 标准误”表示,用 SPSS (16.0)进行单因素方差分析,对差异显著者,再用

Duncan’法进行多重比较, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 Ala-Gln 投喂模式对建鲤生长性能的影响

由表 3 可以看出,采用 4 种不同的投喂模式饲喂 Ala-Gln 后,建鲤的平均增质量率和特定生长率呈现出相同的变化规律。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组建鲤的生长性能均显著高于对照组($P<0.05$)。Ala-Gln 各种投喂模式间建鲤的生长亦有显著差异($P<0.05$),Ⅱ组建鲤的平均增质量率和特定生长率均显著高于Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组($P<0.05$),Ⅲ组与Ⅳ组建鲤的生长无显著差异($P>0.05$),但Ⅲ组建鲤的平均增质量率和特定生长率均显著高于Ⅴ组($P<0.05$)。

表 3 Ala-Gln 投喂模式对建鲤生长性能的影响

Table 3 Effect of feeding modes of Ala-Gln on growth performance of *C. carpio* var. Jian

组别 Group	初始质量/g Initial mean body weight	终末质量/g Final mean body weight	平均增质量率/% Weight gain	特定生长率/ (%·d ⁻¹) Specific growth rate
I (0/0)	33.42 $\pm$ 0.13	98.33 $\pm$ 1.07 a	194.30 $\pm$ 4.33 a	1.92 $\pm$ 0.03 a
Ⅱ (0/2)	33.48 $\pm$ 0.15	128.20 $\pm$ 1.47 d	282.95 $\pm$ 5.07 d	2.40 $\pm$ 0.02 d
Ⅲ (4/0)	33.56 $\pm$ 0.11	120.30 $\pm$ 1.48 c	258.46 $\pm$ 5.14 c	2.28 $\pm$ 0.04 c
Ⅳ (0/4)	33.51 $\pm$ 0.09	115.57 $\pm$ 1.08 bc	244.92 $\pm$ 4.08 bc	2.21 $\pm$ 0.04 bc
Ⅴ (4/4)	33.63 $\pm$ 0.10	110.73 $\pm$ 1.13 b	229.30 $\pm$ 2.43 b	2.13 $\pm$ 0.02 b

注:表中同列数据后标不同小写字母者表示组间差异显著($P<0.05$)。下表同。

Notes:Data in the same column with different letter indicate differences at $P<0.05$. The same as following.

Ala-Gln 投喂模式对建鲤形态学指标的影响见表 4。由表 4 可以看出,4 种不同 Ala-Gln 投喂模式之间及其与对照组相比,建鲤的肥满度均无显著差

异($P>0.05$)。Ⅱ组和Ⅳ组建鲤的脏体比显著低于对照组($P<0.05$),但 4 种投喂模式相比建鲤的脏体比无显著差异($P>0.05$)。

表 4 Ala-Gln 投喂模式对建鲤形态学指标的影响

Table 4 Effect of feeding modes of Ala-Gln on morphological indicators of *C. carpio* var. Jian

组别 Group	肥满度/(g·cm ⁻³) Condition factor	脏体比/% Viscerasomatic index
I (0/0)	2.79 $\pm$ 0.15	9.65 $\pm$ 0.10 b
Ⅱ (0/2)	2.82 $\pm$ 0.03	8.81 $\pm$ 0.22 a
Ⅲ (4/0)	2.78 $\pm$ 0.02	9.15 $\pm$ 0.07 ab
Ⅳ (0/4)	2.76 $\pm$ 0.04	8.91 $\pm$ 0.18 a
Ⅴ (4/4)	2.80 $\pm$ 0.02	9.28 $\pm$ 0.15 ab

2.2 Ala-Gln 投喂模式对建鲤饲料利用的影响

由表 5 可以看出,在 Ala-Gln 的 4 种不同投喂模式下,建鲤的饲料摄食率无显著差异($P>0.05$),但均显著高于对照组($P<0.05$);Ⅱ组和Ⅲ组建鲤的蛋白效率显著高于对照组($P<0.05$),但Ⅳ组和

Ⅴ组与对照组无显著差异($P>0.05$),且Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组间亦无显著差异($P>0.05$);Ⅱ组和Ⅲ组建鲤的饲料系数显著低于($P<0.05$)对照组和Ⅴ组,Ⅳ组和Ⅴ组与对照组无显著差异($P>0.05$)。

表 5 Ala-Gln 投喂模式对建鲤饲料利用的影响

Table 5 Effect of feeding modes of Ala-Gln on feed utilization of *C. carpio* var. Jian

组别 Group	饲料摄食率/(%·d ⁻¹) Feed intake	蛋白效率 Protein efficiency	饲料系数 Feed conversion ratio
I (0/0)	2.76 $\pm$ 0.03 a	1.77 $\pm$ 0.02 a	1.57 $\pm$ 0.02 c
Ⅱ (0/2)	2.90 $\pm$ 0.07 b	2.01 $\pm$ 0.04 c	1.39 $\pm$ 0.03 a
Ⅲ (4/0)	2.90 $\pm$ 0.01 b	1.94 $\pm$ 0.03 bc	1.44 $\pm$ 0.02 ab
Ⅳ (0/4)	2.95 $\pm$ 0.02 b	1.86 $\pm$ 0.03 ab	1.50 $\pm$ 0.02 bc
Ⅴ (4/4)	2.95 $\pm$ 0.03 b	1.81 $\pm$ 0.02 ab	1.55 $\pm$ 0.02 c

2.3 Ala-Gln 投喂模式对建鲤鱼体成分的影响

Ala-Gln 投喂模式对建鲤白肌营养成分的影响见表 6。由表 6 可知,添加 Ala-Gln 能提高建鲤的白肌粗蛋白质含量,Ala-Gln 4 种不同投喂模式处理组建鲤的白肌粗蛋白质含量均高于对照组,但只有 V 组的白肌粗蛋白质含量显著高于对照组 ($P>$

0.05),各投喂组之间的白肌粗蛋白质含量无显著差异($P>0.05$)。Ala-Gln 4 种不同投喂模式下,建鲤的白肌水分、粗脂肪和粗灰分含量与对照组相比均无显著差异($P>0.05$),且 4 种不同投喂模式之间亦无显著差异($P>0.05$)。

表 6 Ala-Gln 投喂模式对建鲤白肌营养成分质量分数的影响

Table 6 Effect of feeding modes of Ala-Gln on nutrition composition in the muscle of <i>C. carpio</i> var. Jian					%
组别 Group	粗蛋白质 Crude protein	水分 Moisture	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude ash	
初始 Initial	16.21±0.14	79.04±0.16	1.35±0.04	1.26±0.15	
I (0/0)	16.65±0.30 a	79.02±0.31	1.43±0.02	1.40±0.03	
II (0/2)	17.46±0.11 ab	78.26±0.20	1.35±0.05	1.42±0.06	
III (4/0)	17.96±0.35 ab	78.16±0.41	1.33±0.03	1.39±0.02	
IV (0/4)	17.16±0.41 ab	78.77±0.39	1.35±0.06	1.42±0.01	
V (4/4)	18.19±0.07 b	78.56±0.06	1.39±0.02	1.37±0.02	

3 讨 论

3.1 Ala-Gln 投喂模式对建鲤生长性能的影响

Gln 是体内嘧啶和嘌呤核苷酸、核酸以及氨基糖生物合成的重要前体,是细胞快速生长和分化的重要功能物质,是胃肠道上皮细胞、淋巴细胞和巨噬细胞重要的代谢燃料。本试验发现,Ala-Gln 连续投喂和间隔投喂后,建鲤的生长性能均显著高于对照组,表明外源性 Ala-Gln 可以促进鱼的生长,这与徐奇友等^[13]对哲罗鱼仔鱼((0.11~0.12) g)、杨奇慧等^[7]对罗非鱼((9.87±0.20) g)、林燕^[15]对幼建鲤((7~40) g)、徐奇友等^[16]对虹鳟稚鱼((0.13 ±0.01) g)的研究结果相一致。此外也有针对其他动物的报道,如黄晓亮等^[17]对肉鸡、黄冠庆等^[18]对断奶仔猪的研究亦表明,Gln 具有促长作用。本试验表明,Ala-Gln 不同投喂模式对建鲤的生长亦会产生不同的影响,几种投喂模式对建鲤生长的促进作用由大到小依次为 2 周间隔投喂组>前 4 周投喂而后 4 周不投喂的间隔组>前 4 周不投喂而后 4 周投喂的间隔组>连续 8 周投喂组。

有关 Gln 促进动物生长的原因有如下几种:一是 Gln 可以促进肠道上皮细胞生长,使得吸收面积增大,提高了营养物质的吸收效率,进而促进了动物的生长,如 Gln 能够提高幼建鲤肠道皱壁高度^[15],增加草鱼肠道对亮氨酸和脯氨酸的吸收量^[19],从而增加了养分的吸收能力;二是 Gln 二肽能被小肠黏膜完整吸收^[20],从而可以改善体内氮平衡,减少机体内蛋白质的分解,提高蛋白质沉积率^[2-3];三是与 Gln 可改变甲状腺素和类胰岛素生长因子(IGF-I)等激素的水平有关。如黄冠庆等^[21]对断奶仔猪、谢

建新等^[22]对大鼠的研究表明,Gln 可提高游离三碘甲腺原氨酸(FT3)和游离甲状腺素(FT4)含量,也可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,促进蛋白质的合成,从而促进生长。本试验中,连续 8 周投喂添加 Ala-Gln 饲料的建鲤的生长性能显著低于 2 周间隔投喂组和前 4 周投喂试验饲料的间隔投喂组,表明 Ala-Gln 间隔投喂对建鲤生长的促进作用好于连续投喂。同样,韩加凤等^[9]对草鱼的研究亦表明,不连续饲喂添加壳聚糖组草鱼的生长率显著高于连续添加组;但王新霞等^[23]对虾幼体饲料中添加 β-葡聚糖的试验却得到了相反的结论。本研究表明,Ala-Gln 在鱼饲料中的使用时间过长,会引起免疫疲劳,从而不能达到促进生长的目的。

3.2 Ala-Gln 投喂模式对建鲤饲料利用的影响

本试验结果表明,在 Ala-Gln 的 4 种不同投喂模式下,建鲤的摄食率均显著高于对照组,表明 Ala-Gln 对动物的促生长作用与动物采食量的提高有关,这与林燕^[15]对鲤鱼的研究结果一致。Ala-Gln 连续投喂和间隔投喂模式下,建鲤的蛋白效率均高于对照组,且饲料系数均低于对照组,这与杨奇慧等^[7]对罗非鱼的研究结果相一致,表明饲料中添加 Ala-Gln 可提高饲料的利用效率和蛋白质的沉积率,从而促进鱼的生长。从饲料利用的角度看,间隔投喂模式的效果较好。在本试验中,2 周间隔投喂模式和前 4 周投喂的 4 周间隔投喂模式优于后 4 周投喂的 4 周间隔投喂方式,这与李明等^[24]在凡纳滨对虾饲料中添加中草药制剂后得到的间隔投喂效果较好的结果相一致。

3.3 Ala-Gln 投喂模式对建鲤体成分的影响

Gln 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所利用,同时其也是蛋白质代谢的重要调节因子^[25],能促进细胞内蛋白质的合成,减少肌蛋白的分解,从而提高蛋白沉积率^[26]。由本试验结果可见,添加 Ala-Gln 能提高建鲤白肌粗蛋白质含量,4 种不同投喂模式组的白肌粗蛋白质含量均高于对照组,但只有 8 周连续投喂组建鲤的白肌粗蛋白质含量显著高于对照组,而各投喂组间的白肌粗蛋白质含量无显著差异,表明建鲤蛋白质的沉积与 Ala-Gln 投喂量的增加有关,这与朱青等^[27]对德国镜鲤、杨奇慧等^[7]对罗非鱼的研究结论相一致。本试验中,在 Ala-Gln 的 4 种不同投喂模式下,建鲤的白肌水分、粗脂肪和粗灰分含量均无显著差异,表明 Gln 只参与蛋白质的代谢。

4 结 论

1) 在本研究的投饲策略下,饲料中添加 Ala-Gln 可促进建鲤的生长和饲料利用率,同时可提高建鲤肌肉中的蛋白质含量,促进蛋白质的沉积。

2) 在 Ala-Gln 的各种投喂模式中,2 周间隔投喂可使建鲤达到最大生长量,2 周间隔投喂模式和前 4 周投喂的 4 周间隔投喂模式对饲料的利用能力最好,8 周连续投喂模式下建鲤的蛋白质沉积率最高。综合考虑,达到建鲤最佳生长性能和饲料利用的 Ala-Gln 投喂模式为 2 周间隔投喂模式和前 4 周投喂的 4 周间隔投喂模式。

[参考文献]

- [1] 徐奇友,王常安,许 红,等. 饲喂丙氨酰-谷氨酰胺对哲罗鱼仔鱼生长和抗氧化能力的影响 [J]. 动物营养学报,2009,21(6): 1012-1017.
Xu Q Y, Wang C A, Xu H, et al. Effects of alanyl-glutamine on growth and antioxidant capacity of *Hucho taimen* Larva [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2009, 21(6): 1012-1017. (in Chinese)
- [2] Yu J C, Jiang Z M, Li D M. Glutamine: A precursor of glutathione and its effect on liver [J]. World J Gastroentero, 1999, 5(2): 143-146.
- [3] Babu R, Eaton S, Drake D P. Glutamine and glutathione counteract the inhibitory effects of mediators of sepsis in neonatal hepatocytes [J]. Ann Surg, 2001, 36(2): 282-286.
- [4] 彭 健, 刘 涛. 在日粮中添加谷氨酰胺和谷氨酸对断奶仔猪生产性能的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(5): 457-460.
Peng J, Liu T. Effect of glutamine and glutamate on the per-

- formance of early weaned piglets [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1999, 18(5): 457-460. (in Chinese)
- [5] 刘 涛, 彭 健, 周诗其, 等. 外源性谷氨酰胺和谷氨酸对早期断奶仔猪肠粘膜形态、结构和小肠吸收功能及骨骼肌中 DNA、RNA 浓度的影响 [J]. 中国兽医学报, 2003, 23(1): 62-65.
Liu T, Peng J, Zhou S Q, et al. Effects of glutamine and glutamate on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentrations in muscle tissue of early weaned piglets [J]. Chin J Vet Sci Jan, 2003, 23(1): 62-65. (in Chinese)
- [6] 罗湘玉, 郭家龙, 左顺庆, 等. 添加精氨酸和谷氨酰胺的肠外营养对食管癌术后应激和免疫状态的影响 [J]. 中国肿瘤临床与康复, 2009, 16(5): 73-75.
Luo X Y, Guo J L, Zuo S Q, et al. The effect of arginine and glutamine enhanced for parenteral nutrition on stress status and immune function in postoperative esophageal cancer patients [J]. Journal of Basic and Clinical Oncology, 2009, 16(5): 73-75. (in Chinese)
- [7] 杨奇慧, 周歧存, 谭北平, 等. 谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 1017-1023.
Yang Q H, Zhou Q C, Tan B P, et al. Effects of dietary glutamine on growth performance, feed utilization and anti-disease ability of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *aureus*) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(6): 1017-1023. (in Chinese)
- [8] 姜 俊, 周小秋. 谷氨酰胺对肠上皮细胞的调节作用 [J]. 饲料工业, 2004, 25(4): 31-33.
Jiang J, Zhou X Q. Glutamine on the regulation of intestinal epithelial cells [J]. Feed Industry, 2004, 25(4): 31-33. (in Chinese)
- [9] 韩加凤, 华雪铭, 黄旭雄, 等. 壳聚糖投喂方式对草鱼抗饥饿胁迫能力的影响 [J]. 水产学报, 2010, 34(3): 459-465.
Han J F, Hua X M, Huang X X, et al. Effect of feeding modes of chitosan on prevention of starvation of *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(3): 459-465. (in Chinese)
- [10] 芦洪梅. 谷氨酰胺二肽对建鲤生长、免疫和抗应激的影响 [D]. 吉林长春: 吉林农业大学, 2011: 58-68.
Lu H M. Effect of Ala-Gln on growth, immune and anti-stress in *Cyprinus carpio* var. Jian [D]. Changchun, Jilin: Jilin Agri Uni, 2011: 58-68. (in Chinese)
- [11] 孟凡胜, 陈淑沂, 孙延军, 等. GB/T 6435—2006 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定 [S/OL]. (2011-08-01). <http://www.9001.net.cn/>.
Men F S, Chen S Q, Sun Y J, et al. GB/T 6435—2006 Determination of moisture and other volatile matter content in feeds [S/OL]. (2011-08-01). <http://www.9001.net.cn/>. (in Chinese)
- [12] 马东霞. GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定方法 [S/OL]. (2011-02-09). <http://www.9001.net.cn/>.
Ma D X. GB/T 6432—1994 Method for the determination of crude protein in feedstuffs [S/OL]. (2011-02-09). [http://](http://www.9001.net.cn/)

- www.9001.net.cn/. (in Chinese)
- [13] 武润仙,杨林,何一帆,等. GB/T 6438—2007 饲料中粗灰分的测定 [S/OL]. (2011-01-11). <http://www.9001.net.cn/>.
Wu R X, Yang L, He Y F, et al. GB/T 6438—2007 Determination of crude ash in feeding stuffs [S/OL]. (2011-01-11). <http://www.9001.net.cn/>. (in Chinese)
- [14] 张苏,李丽蓓,范志影,等. GB/T 6433—2006 饲料粗脂肪测定方法 [S/OL]. (2011-02-25). <http://www.9001.net.cn/>.
Zhang S, Li L B, Fan Z Y, et al. GB/T 6433—2006 Determination of crude fat in feeds [S/OL]. (2011-02-25). <http://www.9001.net.cn/>. (in Chinese)
- [15] 林燕. 谷氨酰胺对幼建鲤肠道功能和免疫力的影响 [D]. 四川雅安:四川农业大学,2005;26-41.
Lin Y. Effect of glutamine on intestinal function and immunity in juvenile carp [D]. Yaan, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2005;26-41. (in Chinese)
- [16] 徐奇友,王长安,许红,等. 外源性谷氨酰胺对虹鳟稚鱼生长和肠道形态的影响 [J]. 中国粮油学报,2009,24(4):98-102.
Xu Q Y, Wang C A, Xu H, et al. Effects of L-Glutamine on growth performance and intestine of rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(4):98-102. (in Chinese)
- [17] 黄晓亮,黄冠庆,黄银姬. 谷氨酰胺、甘氨酸谷氨酰胺对肉鸡日增重和免疫器官发育的影响 [J]. 中国畜牧兽医,2007,34(6):9-11.
Huang X L, Huang G Q, Huang Y J. Effect of glutamine and glycyl-glutamine on daily gain and developing performance of immunity organs of yellow-feathered broilers [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2007, 34(6):9-11. (in Chinese)
- [18] 黄冠庆,傅伟龙,高萍,等. 甘氨酸谷氨酰胺二肽对断奶仔猪生长性能及血液激素水平的影响 [J]. 华南农业大学学报:自然科学版,2003,24(3):66-68,77.
Huang G Q, Fu W L, Gao P, et al. Effect of dipeptide glycyl-ghtamine on the growth performance of the weaned piglet and its blood hormone level [J]. Journal of South China Agricultural University, Nat Sci Ed, 2003, 24(3):66-68,77. (in Chinese)
- [19] 叶元土,王永玲,蔡春芳,等. 谷氨酰胺对草鱼肠道 L-亮氨酸、L-脯氨酸吸收及肠道蛋白质合成的影响 [J]. 动物营养学报,2007,19(1):28-32.
Ye Y T, Wang Y L, Cai C F, et al. Effects of the L-Glutamine on the absorption of L-leucine, L-proline and the protein synthesis in intestine of Grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) *in vitro* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(1):28-32. (in Chinese)
- [20] Yan L, Zhou X Q. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) [J]. Aquac, 2006, 256(1):389-394.
- [21] 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.
Huang G Q, Fu W L, Gao P, et al. Effects of glutamine and glycyl-glutamine on growth performance and endocrine function of weaned piglets [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2004, 4(7):11-13. (in Chinese)
- [22] 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.
Xie J X, Gu Y, Liu Y K, et al. Effect of combination treatment with growth hormone and glutamine on intestinal mucosal absorptive function in rates with small bowel syndrome [J]. Chinese Journal of Anatomy, 2001, 24(3):231-234. (in Chinese)
- [23] 王新霞,麦康森,谭北平,等. 不同投喂方式对中国明对虾幼体生长发育及抗病力的研究 [J]. 中国海洋大学学报,2009,39(3):397-403.
Wang X X, Mai K S, Tan B P, et al. Influence of different feeding schedule on survival, growth, development and immune responses of fenneropenaeus larvae (*Decapoda. penaeidae*) [J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(3):397-403. (in Chinese)
- [24] 李明,董晓慧. 复合中草药制剂对凡纳滨对虾生长和免疫指标的影响 [J]. 淡水渔业,2008,38(6):68-71.
Li M, Dong X H. Effects of compound chinese herbal medicines on growth and immunity of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. Freshwater Fisheries, 2008, 38(6):68-71. (in Chinese)
- [25] 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.
Feng Z K, Wang L L. Glutamine in animal nutrition [J]. Feed Review, 2002(8):7-10. (in Chinese)
- [26] Garcia C, Pithon C, Firmano M L. Effect of adrenaline on glucose and glutamine metabolish and superoxide production by rat neutrophils [J]. Clin Sci (Lond), 1999, 96(6):549-555.
- [27] 朱青,徐奇友,王长安,等. 丙氨酸-谷氨酰胺对德国镜鲤幼鱼血清生化指标及体组成的影响 [J]. 水产学杂志,2009,22(4):12-16.
Zhu Q, Xu Q Y, Wang C A, et al. Effect of alanyl-glutamine on serum biochemical index and body composition of juveniles german mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2009, 22(4):12-16. (in Chinese)