

丙氨酰 - 谷氨酰胺对不同养殖密度建鲤生长和
饲料利用的影响

申 斌¹, 韩宇田¹, 芦洪梅^{1,2}, 牛小天¹, 李子平¹, 赵朝阳³, 王桂芹¹

(1 吉林农业大学 动物科学技术学院, 吉林 长春 130118; 2 长春通威饲料有限公司, 吉林 长春 130456;
3 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)

摘要:以建鲤鱼种(10.07 ± 0.15) g 为研究对象,分别配成添加 0、0.30%、0.60%、0.90% 和 1.20% 丙氨酰 - 谷氨酰(Ala-Gln)的等氮等能(350 g/kg 粗蛋白、17 kJ/g)饲料,各饲喂 3 个养殖密度(20、40 和 80 g/L)的建鲤 8 周,探讨 Ala-Gln 对不同养殖密度建鲤生长和饲料利用的影响.结果表明,随着养殖密度的提高,饲料利用率、蛋白质生产率都显著下降,生长离散程度加大($P < 0.05$). Ala-Gln 在一定范围内添加,可提高建鲤对饲料摄食率和蛋白质生产率($P < 0.05$),降低高密度养殖所造成的生长离散程度,从而促进建鲤的生长.在该试验条件下,20、40 和 80 g/L 养殖密度建鲤的 Ala-Gln 的适宜需要量分别为 0.30% ~ 0.60%、0.60% ~ 0.88% 和 0.90% ~ 1.08%.

关键词:丙氨酰 - 谷氨酰胺; 建鲤; 养殖密度; 生长; 饲料利用
中图分类号:S963 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)02-0241-07

Effects of Ala-Gln on Growth and Feed Intake of *Cyprinus carpio* var. *jian*
Reared at Different Stocking Densities

SHEN Bin¹, HAN Yutian¹, LU Hongmei^{1,2}, NIU Xiaotian¹, LI Ziping¹, ZHAO Chaoyang³, WANG Guiqin¹

(1 College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
2 Changchun Tongwei Feed Limited Company, Changchun 130456, China;
3 Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture,
Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Science, Wuxi 214081, China)

Abstract: Isonitrogen (350 g/kg CP) and isoenergetic (17 kJ/g) feed were formulated at five Ala-Gln levels (0, 0.30%, 0.60%, 0.90% and 1.20%). *Cyprinus carpio* var. *jian* (10.07 ± 0.15) g of three stocking density (20, 40 and 80 g/L) were respectively fed with feed of five Ala-Gln levels. Effects of Ala-Gln on growth and feed intake of *C. carpio* var. *jian* reared at different stocking densities were investigated. Results indicated that feed intake and protein productive ratio were significantly lower with the increase of stocking density, but coefficient of mass variation was higher ($P < 0.05$). In a certain range of Ala-Gln, growth of *C. carpio* var. *jian* improved with the increase of feed intake and protein productive ratio and the decrease of coefficient of mass variation ($P < 0.05$). Under the current conditions, it could be concluded that optimum Ala-Gln level for *C. carpio* var. *jian* in the stocking densities of 20, 40 and 80 g/L should respectively be 0.30% - 0.60%, 0.60% - 0.88% and 0.90% - 1.08%.

收稿日期:2012-08-07 网络出版时间:2013-01-24
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130124.1001.006.html>
作者简介:申 斌(1987—),男,硕士研究生;通信作者:王桂芹(1968—),女,教授,博士, E-mail: wggjlau@yahoo.com.cn
基金项目:吉林省世行贷款农产品质量安全项目(2011-YS11);中国博士后基金项目(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开放基金项目(BZ2009-01)

Key words: Ala-Gln; *Cyprinus carpio* var. *jian*; stocking density; growth; feed intake

在鱼类养殖生产中,尤其是在集约化养殖条件下,增加放养密度是提高水产养殖产量、降低养殖成本的重要途径. 养殖密度是影响水产养殖生产力和水产品品质的重要因素. 为了预防和缓解拥挤胁迫所造成的负面影响,均衡充足的营养是保证养殖动物正常生长和健康的关键,通过营养学途径提高养殖动物的抗胁迫能力业已证明是行之有效的. 李大鹏等^[1]对史氏鲟 *Acipenser schrenckii* 稚鱼、程起群等^[2]对瓯江彩鲤 *Cyprinus carpio* var. *color* 的研究都表明,养殖密度可影响鱼类生长和饲料利用. 谷氨酰胺(Gln)具有一个 α -氨基和一个易水解的末端酰胺基,Gln 是哺乳动物体内含量最丰富的氨基酸,循环中 30% ~ 35% 的氨基酸转运靠 Gln 来完成,但 Gln 受热易分解生成有毒的焦谷氨酸和氨,这制约了 Gln 在饲料中的广泛应用. 而 Gln 二肽以其稳定性好、水溶性高以及体内利用效率高等特点,已在临床医学和畜禽生产中有较多的应用研究^[3-5]. 但对鱼类的研究较少,徐奇友等^[6]试验证明,日粮添加丙氨酰 - 谷氨酰胺(Ala-Gln)可以提高哲罗鱼

Hucho taimen 仔鱼的生长性能. 目前国内外鲜有关于谷氨酰胺二肽在建鲤 *Cyprinus carpio* var. *jian* 饲料中应用的研究. 所以本试验在饲料中添加不同水平的 Ala-Gln 饲喂不同养殖密度的建鲤,旨在探讨建鲤适宜的养殖密度和适当的调控策略,为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

以鱼粉为蛋白源,添加 0、0.30%、0.60%、0.90% 和 1.20% 的 N(2)-L-丙氨酰-L-谷氨酰胺(Ala-Gln),以丙氨酸调平,配制等氮等能(350 g/kg 粗蛋白质、17 kJ/g)的饲料,饲料原料经粉碎过 60 目筛,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/T6435—2006、GB/T6432—1994、GB/T6438—2007 和 GB/T6433—2006 法分别测定饲料中的水分、粗蛋白质、粗灰分和粗脂肪,弹式热量计测定能量,试验饲料配方及营养物质含量见表 1.

表 1 试验饲料原料组成和营养成分

Tab. 1 Ingredient and nutrient composition of the experimental diets

组别	饲料原料及比例/%								
	鱼粉	丙氨酰 – 谷氨酰胺	丙氨酸	鱼油	玉米油	氯化胆碱	维生素预混料 ¹⁾	无机盐预混料 ²⁾	磷酸二氢钙
对照组	51.50	0.00	1.20	1.44	1.43	0.50	1.00	1.00	0.50
0.30% 组	51.50	0.30	0.90	1.44	1.43	0.50	1.00	1.00	0.50
0.60% 组	51.50	0.60	0.60	1.44	1.43	0.50	1.00	1.00	0.50
0.90% 组	51.50	0.90	0.30	1.44	1.43	0.50	1.00	1.00	0.50
1.20% 组	51.50	1.20	0.00	1.44	1.43	0.50	1.00	1.00	0.50

组别	饲料原料及比例/%				营养成分比例/%				总能/ (kJ · g ⁻¹)
	糊精	面粉	纤维素	黏合剂	粗脂肪	粗蛋白质	粗灰分	水分	
对照组	6.10	32.00	2.33	1.00	7.25	35.62	9.58	8.45	17.39
0.30% 组	6.10	32.00	2.33	1.00	7.36	35.98	9.68	7.98	17.13
0.60% 组	6.10	32.00	2.33	1.00	7.41	36.17	9.72	8.39	17.69
0.90% 组	6.10	32.00	2.33	1.00	7.29	36.04	9.46	8.46	17.61
1.20% 组	6.10	32.00	2.33	1.00	7.34	35.46	9.61	8.06	17.95

1) 维生素预混料(mg/kg): 盐酸硫胺素 60;核黄素 200;叶酸 15;盐酸吡哆醇 40;尼克酸 800;泛酸钙 280;肌醇 400;生物素 6; Vit E 400; Vit B₁₂ 0.1; Vit A 1.2; Vit D₃ 0.05; Vit C 200. 2) 无机盐预混料: 七水硫酸镁 1.6 g/kg; 柠檬酸铁 0.8 g/kg; 七水硫酸锌 0.4 g/kg; 五水硫酸铜 6.0 mg/kg; 六水三氯化铝 3.0 mg/kg; 碘化钾 3.0 mg/kg; 亚硒酸钠 0.2 mg/kg; 一水硫酸锰 4.0 mg/kg; 六水氯化钴 2.0 mg/kg; 磷酸二氢钠 7.4 g/kg; 氯化钾 2.6 g/kg.

1.2 试验设计及饲养管理

采用5个 Ala-Gln 添加水平,每个水平设置3个重复.分别饲喂3个养殖密度(20、40和80 g/L)的建鲤,试验鱼来自吉林东辽安西渔场,为同一批人工孵化的2龄建鲤鱼种[体质量为 (10.07 ± 0.15) g].试验前暂养于室内水族箱中,挑选健壮、规格均匀的幼鱼1500尾.放室内水族箱中驯化,投喂可消化蛋白质质量分数为350 g/kg的试验饲料作为驯化饲料,饱食投喂,驯化15 d.试验中采用曝气的自来水养鱼,试验开始时,从暂养箱中捞取幼鱼随机放养于室内玻璃水族箱(50 cm×60 cm×80 cm)中,自然光照条件下,每个水族箱放养鱼70尾,每个水族箱水量、充气程度相同,把水族箱用纱网隔开,分别用1/4、2/4和4/4的空间养鱼,这样养殖密度分别为20、40和80 g/L,每2周取样时调整养殖密度为原来的设计密度.

饲养试验为期8周.试验开始之前,停止投喂24 h,然后挑选体格健壮、规格均匀的称体质量(精确至0.01 g),随机放养在室内水族箱中,每天饱食投喂2次(09:00、17:00),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.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.

1.3 样品收集及指标计算

饲养8周,取样前停食24 h,每组每个重复分别称质量,计算特定生长率(SGR),摄食率(FI),每组每个重复随机取鱼20尾分别称质量,计算鱼体质量变异系数(生长离散,CV).计算公式如下:

$$\text{特定生长率} = [(\ln m_t - \ln m_0) / t] \times 100\%,$$

$$\text{生长离散} = (S / \bar{X}) \times 100\%,$$

$$\text{饲料摄食率} = \{m_{\text{料}} / [(m_0 + m_t) / 2t]\} \times 100\%,$$

$$\text{饲料效率} = [(m_t - m_0) / m_{\text{料}}] \times 100\%,$$

$$\text{蛋白质效率} = (m_t - m_0) / (m_{\text{料}} \times w_c),$$

$$\text{蛋白质生产率} = [(w_{N_t} \times m_t - w_{N_0} \times m_0) / (m_{\text{料}} \times w_N)] \times 100\%.$$

式中, $m_{\text{料}}$ 为摄入饲料的干质量(g), m_0 和 m_t 为试验初始和试验结束时的鱼体总质量(g), t 为试验的时间(d), $\bar{X}$ 为平均体质量, S 为体质量标准差, w_c 为饲料蛋白质质量分数(%). w_N 为饲料氮的质量分数(%), w_{N_0} 和 w_{N_t} 为试验初始和试验结束时鱼体氮的质量分数(%).

1.4 统计分析

采用SPSS(16.0)软件进行分析,对养殖密度和

Ala-Gln 添加水平进行双因素方差分析,有交互作用的再进行单因素方差分析,差异显著时,用Duncan's多重比较进行组间差异显著性比较.

2 结果与分析

2.1 养殖密度和添加 Ala-Gln 对建鲤生长的影响

试验期各组的成活率均为100%.建鲤的特定生长率都是随着养殖密度的增加而显著降低,而生长离散程度则正相反($P < 0.05$).在Ala-Gln添加量为0~0.60%范围内,建鲤的特定生长率都是随着Ala-Gln添加量的增大而显著提高,但是在0.60%~1.20%范围内,建鲤的特定生长率不再继续提高且差异不显著.随着Ala-Gln添加量的增大,建鲤的生长离散程度逐渐降低,直到Ala-Gln增大到1.20%时,建鲤的生长离散程度显著低于对照组($P < 0.05$).养殖密度和添加Ala-Gln的交互作用对生长和生长离散都没有显著影响(表2).

在低密度养殖组中,当Ala-Gln为0.30%和0.60%时,特定生长率都显著高于对照组,当Ala-Gln为0.90%和1.20%时,其特定生长率显著低于0.30%和0.60%的添加组,但与对照组没有显著差异,对生长离散程度亦没有显著影响.在中密度养殖组中,当Ala-Gln为0.60%、0.90%和1.20%时,其特定生长率无显著差异,但都显著高于对照组;当Ala-Gln为0.90%时,生长离散程度显著低于对照组,同时与低密度组的对照组无显著差异.在高密度养殖组中,当Ala-Gln为0.90%和1.20%时,其特定生长率都显著高于对照组,但仍然显著低于低密度组的对照组($P < 0.05$),对生长离散程度没有显著影响.生长离散程度都显著高于低密度和中密度组($P < 0.05$).

将饲料Ala-Gln的不同添加水平(X)和不同养殖密度的建鲤的特定生长率(Y)作抛物线回归分析,低、中和高密度养殖密度所得的方程分别为:

$$Y = -0.6905X^2 + 0.8319X + 2.2597, R^2 = 0.7462 (X_{\max} = 0.60);$$

$$Y = -0.2910X^2 + 0.5137X + 2.0363, R^2 = 0.7125 (X_{\max} = 0.88);$$

$$Y = -0.2540X^2 + 0.5492X + 1.7230, R^2 = 0.7037 (X_{\max} = 1.08).$$

抛物线回归分析结果与方差分析结合起来得出低、中和高密度养殖建鲤最大生长的最适Ala-Gln分别为0.30%~0.60%、0.60%~0.88%和0.90%~1.08%.

表 2 养殖密度与饲料 Ala-Gln 及其互作对建鲤生长的影响¹⁾

Tab. 2 Effects of stocking density and dietary alanyl-glutamine and both interaction on growth of *Cyprinus carpio* var. *jian*

养殖密度/ (g · L ⁻¹)	Ala-Gln 添加比例/%	初始体 质量/g	特定生长 率 ²⁾ /%	生长 离散/%
20	0.00(对照)	10.03 ± 0.18	2.26 ± 0.08def	9.55 ± 1.01a
	0.30	10.04 ± 0.15	2.44 ± 0.11fg	10.17 ± 0.56ab
	0.60	9.93 ± 0.24	2.57 ± 0.14g	10.70 ± 1.08ab
	0.90	10.15 ± 0.20	2.38 ± 0.15ef	9.67 ± 1.15a
	1.20	10.18 ± 0.07	2.29 ± 0.06def	9.30 ± 0.29a
40	0.00(对照)	9.98 ± 0.20	2.05 ± 0.13bc	13.56 ± 1.00d
	0.30	10.11 ± 0.23	2.14 ± 0.13cd	13.30 ± 1.27cd
	0.60	10.09 ± 0.13	2.26 ± 0.09def	12.23 ± 1.16bcd
	0.90	10.10 ± 0.10	2.26 ± 0.04def	11.36 ± 1.75abc
	1.20	10.08 ± 0.13	2.23 ± 0.07de	12.03 ± 1.56bcd
80	0.00(对照)	10.12 ± 0.12	1.72 ± 0.12ab	19.29 ± 1.06e
	0.30	10.01 ± 0.07	1.87 ± 0.07ab	19.02 ± 0.84e
	0.60	9.98 ± 0.10	1.94 ± 0.04b	18.57 ± 0.59e
	0.90	9.95 ± 0.15	2.05 ± 0.05c	18.34 ± 1.72e
	1.20	10.11 ± 0.08	2.04 ± 0.04c	17.38 ± 1.42e
主效应			特定生长率/%	生长离散/%
养殖密度		20 g · L ⁻¹	2.39 ± 0.15 a	9.88 ± 0.91 a
		40 g · L ⁻¹	2.19 ± 0.12 b	12.50 ± 1.44 b
		80 g · L ⁻¹	1.91 ± 0.14 c	18.52 ± 1.22 c
Ala-Gln 添加比例		0.00(对照)	2.01 ± 0.25 a	14.13 ± 4.33 b
		0.30%	2.15 ± 0.26 b	14.16 ± 3.97 b
		0.60%	2.26 ± 0.29 c	13.83 ± 3.71 ab
		0.90%	2.22 ± 0.18 bc	13.12 ± 4.21 ab
		1.20%	2.18 ± 0.14 bc	12.90 ± 3.72 a
P		养殖密度	0.000	0.000
		Ala-Gln	0.000	0.088
		养殖密度 × Ala-Gln	0.120	0.661

1) 同列数据后凡是标有相同小写字母者表示组间差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法); 2) 指饲养期内每天的特定生长率。

2.2 养殖密度和添加 Ala-Gln 对建鲤饲料利用的影响

总体来说,当 Ala-Gln 在 0.30% -0.60% 范围内,建鲤摄食率随着 Ala-Gln 的增大而显著提高,在 0.90% ~1.20% 范围内,随着 Ala-Gln 添加水平的增大,建鲤的摄食率不再继续提高且差异不显著,在 Ala-Gln 为 0.60%、0.90% 和 1.20% 时,摄食率显著高于对照组。蛋白质效率随着 Ala-Gln 的增加先逐渐增加,然后随着 Ala-Gln 的增加而下降,蛋白质生产率随着 Ala-Gln 的增加先显著增加,然后随 Ala-Gln 继续增加而保持不变。养殖密度和添加 Ala-Gln 的交互作用只

对蛋白质生产率有显著影响($P<0.05$)(表 3)。

在低密度养殖组中,当 Ala-Gln 添加量为 1.20% 时,摄食率显著高于对照组 ($P<0.05$),当 Ala-Gln 添加量为 0.30% 和 0.60% 时,蛋白质生产率显著高于对照组,但当 Ala-Gln 添加量提高为 0.90% 和 1.20% 时,蛋白质生产率与对照组差异不显著 ($P>0.05$)。在中密度养殖组中,当 Ala-Gln 为 0.60%、0.90% 和 1.20% 时,摄食率显著高于对照组和 0.30% 组。当 Ala-Gln 添加量为 0 ~0.60% 时,蛋白质生产率随着饲料中 Ala-Gln 的增加而提高,0.60% Ala-Gln 组达显著水平 ($P<0.05$),但再继续升高为

0.90% 和 1.20% 时,蛋白质生产率均不再显著提高,且差异不显著 ($P > 0.05$). 在 高密度养殖组中,当 Ala-Gln 为 0.60%、0.90% 和 1.20% 时,摄食率显著高于对照组 ($P < 0.05$). 当 Ala-Gln 添加量为 0 ~ 0.60% 时,蛋白质生产率随着饲料中 Ala-Gln 添加量的增加差异不显著,再继续升高为 0.90% 和 1.20% 时,蛋白质生产率均高于对照组,但仍然显著低于低密度的对照组.

将饲料中 Ala-Gln 的不同添加水平和不同养殖密度的建鲤的蛋白质生产率作抛物线回归分析,低、

中和高养殖密度所得的方程分别为:

$$Y = -28.762X^2 + 35.157X + 37.321, R^2 = 0.742\ 3$$
$$(X_{\max} = 0.61);$$
$$Y = -9.463X^2 + 17.090X + 30.669, R^2 = 0.546\ 4$$
$$(X_{\max} = 0.90);$$
$$Y = -3.693X^2 + 10.760X + 22.327, R^2 = 0.568\ 5$$
$$(X_{\max} = 1.46).$$

上述结果与方差分析结合起来得出低、中和高密度养殖建鲤最大蛋白质生产率的最适 Ala-Gln 分别为 0.30% ~0.61%、0.60% ~0.90% 和 0.90% ~1.46%.

表 3 养殖密度与饲料 Ala-Gln 及其互作对建鲤饲料利用的影响¹⁾

Tab.3 Effects of stocking density and dietary alanyl-glutamine and both interaction on feed utilization of *Cyprinus carpio* var. *jian*

养殖密度/ (g · L ⁻¹)	Ala-Gln 添加比例/%	摄食率/%	饲料效率/%	蛋白质效率	蛋白质生产率/%
20	0.00(对照)	2.49 ± 0.07bcd	80.16 ± 4.07ab	2.29 ± 0.15abc	36.56 ± 2.91de
	0.30	2.53 ± 0.11bcde	84.07 ± 6.32b	2.41 ± 0.21bc	46.07 ± 2.31fg
	0.60	2.61 ± 0.14bcd	84.66 ± 7.94b	2.44 ± 0.26c	48.90 ± 5.96g
	0.90	2.68 ± 0.09de	77.58 ± 6.31ab	2.22 ± 0.19abc	41.90 ± 3.68ef
	1.20	2.73 ± 0.13e	74.18 ± 4.96ab	2.09 ± 0.13ab	39.60 ± 1.15e
40	0.00(对照)	2.46 ± 0.11b	75.25 ± 7.26ab	2.15 ± 0.19abc	30.69 ± 2.41bc
	0.30	2.48 ± 0.15b	77.29 ± 8.55ab	2.21 ± 0.27abc	32.85 ± 4.25cd
	0.60	2.59 ± 0.08 bcde	77.45 ± 4.67ab	2.22 ± 0.10abc	38.66 ± 2.08e
	0.90	2.67 ± 0.02cde	74.82 ± 1.50ab	2.14 ± 0.04abc	37.28 ± 3.28de
	1.20	2.68 ± 0.08de	73.80 ± 3.65ab	2.10 ± 0.09ab	37.08 ± 1.36de
80	0.00(对照)	2.27 ± 0.09a	70.56 ± 5.42a	1.99 ± 0.15a	22.47 ± 3.31a
	0.30	2.28 ± 0.03a	75.21 ± 3.14ab	2.15 ± 0.08abc	24.95 ± 1.57ab
	0.60	2.45 ± 0.08b	72.32 ± 3.77a	2.08 ± 0.13a	27.36 ± 1.74abc
	0.90	2.52 ± 0.02bcd	72.89 ± 3.30a	2.08 ± 0.08a	29.43 ± 3.40bc
	1.20	2.58 ± 0.16 bcde	70.86 ± 7.20a	2.01 ± 0.20a	29.73 ± 3.79bc
主效应		摄食率/%	饲料效率/%	蛋白质效率	蛋白质生产率/%
养殖密度	20 g · L ⁻¹	2.61 ± 0.13b	80.13 ± 6.26b	2.29 ± 0.21b	42.61 ± 5.49c
	40 g · L ⁻¹	2.58 ± 0.13b	75.72 ± 5.05a	2.17 ± 0.14ab	35.31 ± 3.95b
	80 g · L ⁻¹	2.42 ± 0.15a	72.37 ± 4.42a	2.06 ± 0.13a	26.79 ± 3.76a
Ala-Gln 添加比例	0.00(对照)	2.41 ± 0.13a	75.32 ± 6.48	2.14 ± 0.19ab	29.91 ± 6.62a
	0.30%	2.43 ± 0.15a	78.86 ± 6.84	2.26 ± 0.21b	34.62 ± 9.59b
	0.60%	2.55 ± 0.12b	78.14 ± 7.32	2.25 ± 0.22b	38.31 ± 9.89c
	0.90%	2.63 ± 0.09bc	75.10 ± 4.17	2.15 ± 0.12ab	36.20 ± 6.23bc
	1.20%	2.67 ± 0.13c	72.94 ± 4.99	2.07 ± 0.13a	35.47 ± 4.91bc
P	养殖密度	0.000	0.003	0.003	0.000
	Ala-Gln	0.000	0.176	0.109	0.000
	养殖密度 × Ala-Gln	0.990	0.918	0.880	0.033

1) 同列数据后凡是标有相同小写字母者表示组间差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's 法).

3 讨论

3.1 养殖密度与建鲤的摄食、饲料利用、生长与分化

鱼类是集群生活习性的动物,对高密度具有较强的耐受能力^[1],养殖密度对生长造成的影响与胁迫强度、物种、生长阶段及营养状况等有关^[7]. 养殖密度对鱼体生长的影响除表现在对空间的竞争外,还表现在对溶解氧、摄食等的竞争. 因本试验采用半流水养殖方式,溶解氧对鱼体没有影响,各组用水量都相同,均保持了良好的水质,同时采用饱食投喂的方式,水质和饲料的获得性不是影响生长和饲料利用的主要原因. 本试验随着养殖密度的升高,摄食率显著降低,这与高密度养殖环境下导致史氏鲟稚鱼和大鳞大马哈 *Chinook salmon* 的摄食率降低的研究结果相一致^[7-8]. 随着养殖密度的升高,建鲤对饲料的利用效率、蛋白质效率和蛋白质生产率都显著降低,表明养殖密度的升高不仅降低了鱼类对饲料的摄食,还降低了对饲料的利用,是造成生长下降的主要原因. 对史氏鲟稚鱼^[7]、虹鳟 *Oncorhynchus mykiss*^[9]、奥尼罗非鱼 *Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂^[10]、花鲈 *Lateolabrax japonicus*^[11] 和鲈 *Parasilurus asotus*^[12] 等的研究也得出相似的结果.

随着养殖密度的升高,建鲤的质量变异系数即生长分化程度显著增大,表明鱼类大小分化明显,当养殖密度超过临界密度后,随着养殖密度的升高,个体生长差异也越趋显著,即养殖密度对鱼群中每个成员的影响程度不一^[1-2],造成等级化摄饵模式^[13-14],这亦是导致生长降低的主要原因之一. 李大鹏等^[1]对史氏鲟、程起群等^[2]对瓯江彩鲤的研究表明,高密度养殖导致动物机体内能源主要用来弥补应激对能量的额外需求,能量危机在高密度组中由于鱼摄食量的减少而更为显著,从而导致生长下降. 也有报道表明,密度增大往往导致鱼类活动增加^[15],即活动耗能增加,也可能导致鱼体的特殊动力作用(SDA)增加^[16],从而导致整个代谢能比例增加,相应地使生长能比例减小. Cutts 等^[17]报道,鱼群密度增加会导致对食物和空间的竞争,建立社会等级制度,鱼群大小分布差异较大,从而使生长不均匀. 所以在本试验条件下,高密度组生长下降的原因是拥挤胁迫造成鱼类摄食率下降,产生等级化摄饵模式,从而导致能量分配不均,个体分化明显造成的. 在生产中,确定工厂化养殖建鲤的合理养殖密度,以达到充分利用水体,最大限度地提高生长速度和降低饲料消耗.

3.2 Ala-Gln 与建鲤的摄食、饲料利用、生长与分化

Gln 是近年来研究较多的营养素,它是动物体内含量最多的氨基酸,也称条件必需氨基酸. 本试验表明 Ala-Gln 可促进不同养殖密度建鲤的生长,降低高密度养殖所造成的生长离散程度. 本试验 Ala-Gln 在一定范围内添加,可提高建鲤对饲料摄食率和蛋白质生产率,从而促进建鲤的生长. 同样也有报道,日粮添加 Ala-Gln 可以提高哲罗鱼 *Hucho taimen* 仔鱼^[6]和鲑 *Salmo salar* L.^[18] 的生长性能. 研究报道,Gln 能够提高幼建鲤肠道皱壁高度^[19],增加草鱼肠道对亮氨酸和脯氨酸的吸收量^[20],从而增加了养分的吸收能力. Gln 二肽能被小肠黏膜完整吸收^[21],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^[3-4]. Gln 能够降低血清尿素氮含量,提高血清酶的活性,其在断奶仔猪日粮中最适宜的添加量为 1.2%^[22]. 朱青等^[23]在饲料中添加一定量的 Aln-Gln,以血清生化指标(血清总蛋白和球蛋白和血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶及碱性磷酸酶活性)及体组成为指标,得出能够促进鲤鱼营养代谢,提高全鱼蛋白质含量,并且以 0.75% ~ 1.50% 的添加量效果较好. 徐奇友等^[6]添加 Ala-Gln 可提高哲罗鱼仔鱼的生长性能和抗氧化能力,适宜的添加水平为 0.75%. 在本试验条件下,低、中和高密度养殖建鲤的 Ala-Gln 的适宜需要量分别为 0.30% ~ 0.60%、0.60% ~ 0.88% 和 0.90% ~ 1.08%.

参考文献:

- [1] 李大鹏,庄平,严安生,等. 光照、水流和养殖密度对史氏鲟稚鱼摄食、行为和生长的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 54-61.
- [2] 程起群,李思发,王成辉,等. 不同密度瓯江彩鲤生长速度及养殖效果[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(6): 858-860.
- [3] YU Jianchun, JIANG Zhuming, LI Demin. Glutamine: A precursor of glutathione and its effect on liver[J]. World J Gastro, 1999, 5(2): 143-146.
- [4] BABU R, EATON S, DRAKE D P, et al. Glutamine and glutathione counteract the inhibitory effects of mediators of sepsis in neonatal hepatocytes [J]. Ann Surg, 2001, 36(2): 282-286.
- [5] DE JESUS MAZZA R P, BERTEVELLO P L, DE MIRANDA TORRINHAS R M, et al. Effect of glutamine dipeptide on hepatic regeneration in partially hepatectomized malnourished rats[J]. Nutrition, 2003, 19(11/12): 930-935.
- [6] 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.
- [7] 庄平, 李大鹏, 王明学. 养殖密度对史氏鲟稚鱼生长的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 735-738.
- [8] MAZUR C F, IWAMA G K. Effect of handling and stocking density on hematocrit plasma cortisol and survival in wild and hatchery-reared Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Aquaculture, 1993, 112(2): 291-299.
- [9] TRZEBIATOW S R, FILIPLAK J, JAKUBOWSKI R. Effect of stocking density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Aquaculture, 1981, 22(4): 289-295.
- [10] 杨严鸥, 姚峰, 罗平. 密度对奥尼罗非鱼生长和饲料利用效率的影响[J]. 湖北农学院学报, 2004, 19(3): 193-195.
- [11] 张雅芝, 戴立欣. 饲养密度和饵料密度对花鲈稚鱼生长及存活的影响[J]. 集美大学学报, 2003, 8(3): 1-7.
- [12] OMAR E A. Optimum dietary protein level and stocking density for catfish (*Clarias lazera*) fingerlings in concrete ponds[J]. Anim Physiol Anim Nutr, 1996, 76(5): 122-131.
- [13] 张东鸣, 黄权, 刘春力, 等. 不同放养密度和投饵次数条件下对建鲤苗生长影响的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1997, 19(增): 102-105.
- [14] ELLIS T, NORTH B, SCOTT A P, et al. The relationship between stocking density and welfare in farmed rainbow trout[J]. Fish Biol, 2002, 61(2): 493-531.
- [15] MARCHAND F, BOISCLAIR D. Influence of fish density on the energy allocation pattern of juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*) [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1998, 55(4): 796-805.
- [16] MEDLAND T E, BEAMISH F W. The influence of diet and fish density on apparent heat increment in rainbow trout, *Salmo gairdneri* [J]. Aquaculture, 1985, 47(3): 1-10.
- [17] CUTTS C J, METCALFE N B, Taylor A C. Aggression and growth depression in juvenile Atlantic salmon; The consequences of individual variation in standard metabolic rate[J]. J Fish Biol, 1998, 52(2): 1026-1037.
- [18] 陈巨星, 孙祥明, 张元兴. 谷氨酰胺对鲑鱼胚胎(CHSE)细胞生长和代谢的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(4): 442-445.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] LIN Yin, XIAO Qiuzhou. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*) [J]. Aquaculture, 2006, 256(1/4): 389-394.
- [22] 陈静. 谷氨酰胺对早期断奶仔猪生长性能和免疫性能的影响[J]. 西北农业大学学报, 2006, 24(1): 28-36.
- [23] 朱青, 徐奇友, 王长安, 等. 丙氨酰-谷氨酰胺对德国镜鲤幼鱼(*Cyprinus carpio* L.)血清生化指标及体组成的影响[J]. 水产学杂志, 2009, 22(4): 12-16.

【责任编辑 柴 焰】