

文章编号: 1674-5566(2018)02-0190-06

DOI:10.12024/jsou.20170802113

日粮蛋白含量及家系对黄颡鱼幼鱼生长性能和肝脏 IGF-I mRNA 表达水平的影响

秦 钦^{1,2}, 陈校辉¹, 潘建林¹, 刘文斌³

(1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 214081; 3. 南京农业大学动物科技学院 江苏省水产动物营养重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘 要: 采用 2×2 实验设计, 研究不同家系种质(G♂×S♀、S♂×S♀)和日粮蛋白含量(37%、40%)对黄颡鱼幼鱼生长性能及肝脏 IGF-I mRNA 表达水平的影响及其交互作用。各试验组设 3 个平行, 养殖 60 d。分析结果显示: 日粮蛋白含量、家系两因素对末重、增重率、特定生长率及 IGF-I mRNA 的相对表达量等指标均影响显著($P<0.05$), 两因素在对上述指标的影响上均不存在交互作用。P40/(G♂×S♀)获得最大末重、增重率和 IGF-I 基因表达量。结果表明黄颡鱼幼鱼可通过种质筛选和日粮蛋白营养调节达到更好的养殖效果, G♂×S♀家系在高蛋白日粮投喂下, 获得最佳生长性能。

关键词: 黄颡鱼; 日粮蛋白含量; 家系; 生长性能; IGF-I 表达

中图分类号: S 917; S 965.1 **文献标志码:** A

日粮对于生命体得以维持和发展的重要性是不言而喻的。从 20 世纪 80 年代开始, 人们对营养素功能的认识逐渐深入到了分子水平, 了解到饲料营养因子可直接、独立地调节动物基因表达, 其对基因表达的调控主要发生于转录或翻译前水平^[1]。与其他脊椎动物一样, 硬骨鱼类的生长也受到脑(各种神经内分泌因子)-脑垂体(由生长激素细胞分泌生长激素)-肝脏(肝细胞产生的类胰岛素生长因子)轴的调控。胰岛素样生长因子 I (Insulin-like growth factor I, IGF-I) 是一种分布于全身的促细胞分裂素, 促进鸟氨酸脱氢酶的活性及细胞内 DNA、RNA 和蛋白质的生物合成, 最终引起细胞的增殖与分化, 促进蛋白质的合成和结缔组织及骨髓的产生, 在鱼类的生长和生殖过程中具有重要意义^[2]。CAO 等^[3]首次在鱼类中克隆出 IGF-I cDNA, 随后水产学家逐渐展开了鱼类 IGFs 促进生长发育的研究。蛋白质是动物体最关键的营养素之一。有关蛋白质对 IGF-I 表达影响的研究, 在牛^[4]、小鼠^[5-6]、绵羊^[7]等

动物上有所报道, 但相关水产动物类研究还非常有限。

黄颡鱼 (*Pelteotagrus fulodracus*) 又名黄刺骨、嘎牙子、黄腊丁、昂刺鱼等, 隶属于鲇形目 (Siluriformes), 鲿科 (Bagridae), 黄颡鱼属 (*Pelteobagrus*), 为底栖温和肉食性的小型经济鱼类, 广泛分布于我国长江、黄河、黑龙江和珠江等流域。黄颡鱼无肌间刺, 身体光滑无鳞片, 肉嫩味美, 营养丰富, 钙磷含量居江河鱼类之冠。同时, 黄颡鱼具有一定的滋补作用和药用价值, 为名优养殖鱼类品种之一, 深受国内外广大消费者的青睐。

本试验拟研究黄颡鱼家系种质、日粮蛋白含量 2 种因素对黄颡鱼幼鱼生长性能及肝脏 IGF-I mRNA 表达的影响, 探讨家系遗传基础和日粮蛋白营养对生长速度的决定作用及其作用途径和机理, 为从黄颡鱼育种和营养 2 个方面改进黄颡鱼幼鱼的生长性能提供理论基础。

收稿日期: 2017-08-07 修回日期: 2017-10-31

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金 (CARS-46); 江苏省农业重大新品种创制项目 (PZCZ201742); 江苏省农业科技自主创新资金项目 CX(11)1036

作者简介: 秦 钦 (1980—), 女, 副研究员, 研究方向为水产动物遗传育种及生态养殖。E-mail: qinqinapple1980@163.com

1 材料与方 法

1.1 试验设计

养殖试验于江苏省淡水水产研究所禄口基地进行,试验鱼种为基地当年繁殖家系鱼苗,家系构建及苗种保持环境标准化和数量标准化。采用 2×2 试验设计,选取(溇湖♂×石臼湖♀)、(石臼湖♂×石臼湖♀)2 个家系组的黄颡鱼苗 [(0.77±0.03) g] 300 尾/家系,每家系鱼苗随

机分为 2 组,每组 3 个重复,每个重复 50 尾,投入室内循环水系统(3.0 m×0.8 m×0.6 m),分别进行流水冲气培育。养殖用水为曝气自来水。水温(27±3)℃,pH 为 7.3~7.5,保证溶解氧充足。分别饲喂日粮蛋白含量 37% (P37) 和 40% (P40) 的饲料。每天定时投喂 3 次,每次投喂时间为 40 min,保证饲料被鱼充分摄食,剩饵捞出烘干,统计各养殖池的摄食量,养殖期 60 d。饲料的配方及概略养分含量见表 1。

表 1 饲料的配方及概略养分含量(风干基础)

Tab. 1 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)

项目 Item	P37 含量 Content	P40 含量 Content
原料 Ingredients		
鱼粉 Fish meal	33.50	35.00
酪蛋白 Casein	11.35	12.85
豆粕 Soybean meal	15.50	17.00
糊精 Dextrin	20.23	19.59
豆油 Soybean oil	2.89	2.83
鱼油 Fish oil	2.89	2.83
微晶纤维素 Microcrystalline cellulose	8.84	5.10
磷酸二氢钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1.80	1.80
复合预混料 Premix1	1.00	1.00
羧甲基纤维素 Carboxymethyl cellulose	2.00	2.00
干物质 Dry matter	91.96	92.75
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels		
粗蛋白质 CP	36.61	39.82
粗脂肪 EE	7.65	7.67
粗灰分 Ash	8.42	8.05
粗纤维 CF	10.99	8.07
无氮浸出物 NFE	28.31	29.16
能量 Energy (kJ/g)	16.96	17.63

注:预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: CuSO₄·5H₂O 2.0 g, FeSO₄·7H₂O 25 g, ZnSO₄·7H₂O 22 g, MnSO₄·4H₂O 7 g, Na₂SeO₃ 0.04 g, KI 0.026 g, CoCl₂·6H₂O 0.1 g, V_A 900 000 IU, V_D 200 000 IU, V_E 4 500 mg, V_{K3} 220 mg, V_{B1} 320 mg, V_{B2} 1 090 mg, 烟酸 nicotinic acid 2 000 mg, V_{B6} 500 mg, V_{B12} 1.6 mg, V_C 5 000 mg, 泛酸 pantothenic acid 1 000 mg, 叶酸 folic acid 165 mg, 胆碱 choline 60 000 mg, 肌醇 inositol 1 000 mg, 生物素 biotin 1.2 mg

1.2 检测指标

1.2.1 样品采集与生长性能测定

在养殖试验开始和结束时,各取鱼 3 尾/家系,以 75% 酒精擦拭消毒,用经高压灭菌的剪刀和镊子将其剪开,迅速取出约 0.1 g 肝胰脏,液氮速冻,-80℃ 冰箱保存,用作 IGF-I mRNA 定量分析。养殖试验结束后,禁食 24 h,统计各池存活的鱼尾数,并称总质量。另取鱼 30 尾/池,采集、记录个体质量、体长数据,使用浓度为 100 mg/L 的 MS-222 麻醉剩下的鱼,于冰盘上采尾静脉血,解剖分离脏、肝胰脏、胴体称质量。生长性

能参数的计算公式如下:

$$\text{存活率 } R_S (\%) = (N_t / N_0) \times 100;$$

$$\text{体重绝对增长率 } W_{AGR} (\text{g/d}) = (W_t - W_0 + W_d) / t;$$

$$\text{增重率 } R_{WC} (\%) = 100 \times (W_t - W_0 + W_d) / W_0;$$

$$\text{饲料系数 } R_{FC} = I / (W_t - W_0 + W_d);$$

$$\text{肝体比 } I_{HS} (\%) = \text{肝脏质量} / W \times 100;$$

$$\text{脏体比 } VSI (\%) = \text{内脏质量} / W \times 100;$$

$$\text{肥满度 } F_C = W / L^3 \times 100;$$

$$\text{胴体率 } P_D (\%) = \text{胴体质量} / \text{全鱼质量} \times$$

100。

式中: I 为饲料总投喂量的干物质含量; W_t 为试验末全鱼总质量(g); W_0 为初始全鱼总质量(g); t 为试验的天数(d); N_t 和 N_0 分别为试验末和试验初鱼的数量; W_d 为试验末死亡鱼体总的质量(g); $W(g)$ 为体质量(g); L 为体长(cm)。

1.2.2 IGF-I mRNA 表达定量

依据黄颡鱼 IGF-I cDNA 序列设计定量引物:

IGF-I-F:5'AACGACTCGAGATGTACTGCG3';

IGF-I-R:5'GTTTCTTTGGTGTTTTGGACG 3'。

管家基因 β -actin 引物序列为:

actin-F:5'TCCGTGACATCAAGGAGAAGC3';

actin-R:5'AGAGGAGGAAGAGGCAGCACT3'。

按照 RNAiso Plus 试剂盒说明书操作提取不同试验组肝组织总 RNA,1.0% 琼脂糖凝胶电泳检测总 RNA 质量。逆转录按照 SYBR[®] PrimeScript TMRT-PCR Kit 使用说明进行。实时荧光定量检测技术(Real-time quantitative, QRT-PCR)检测 IGF-I mRNA 的相对表达量,按照 SYBRGreenI 嵌合荧光法进行,每样品 3 个重复,以养殖试验开始前时间点 0 d 为基准,应用 $2^{-\Delta\Delta C_T}$ 法^[8]计算 IGF-I mRNA 相对表达量。

1.3 数据统计分析

生长性能和 IGF-I mRNA 的表达以“平均数 \pm 标准差 (Mean \pm SD)”表示。所有数据运用 SPSS 13.0 软件进行分析,饲料中的蛋白质和苗种家系为影响因素,采用双因素方差分析(two-way ANOVA)统计试验数据。 $P < 0.05$ 视为差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 家系和日粮蛋白含量对黄颡鱼幼鱼生长性能及形体指标的影响

黄颡鱼幼鱼生长性能及形体指标试验结果如表 2 所示。分析表明,家系和日粮蛋白含量均对末重、增重率、特定生长率影响显著($P < 0.05$)。P40 组各生长性能指标显著高于 P37 组($P < 0.05$);G δ \times S η 组各生长性能指标均显著

高于 S δ \times S η 组($P < 0.05$)。各组中以 P40/(G δ \times S η) 组末重、增重率、特定生长率较高。家系与蛋白之间在末重、增重率、特定生长率指标上不存在交互作用。黄颡鱼幼鱼形体指标试验结果表明家系和日粮蛋白含量对黄颡鱼幼鱼脏体比、胴体率、肥满度、肝体比均无显著影响($P > 0.05$)。

2.2 家系和日粮蛋白含量对肝脏 IGF-I 表达的影响

2.2.1 检测 RNA

总 RNA 经 1.0% 琼脂糖凝胶电泳检测结果如图 1 所示,28 s 和 18 s 条带清晰。

2.2.2 中间片段 PCR

PCR 扩增基因片段的长度为 102 bp,经序列测定,证明所克隆的片段为 IGF-I 基因片段。

2.2.3 IGF-I 基因荧光定量 PCR 检测

IGF-I mRNA 基因在 85 $^{\circ}$ C 为单一峰,被特异扩增。从 16 ~ 30 个循环均能检测出,扩增曲线较理想,数据能够用于肝组织 IGF-I mRNA 的相对定量分析。

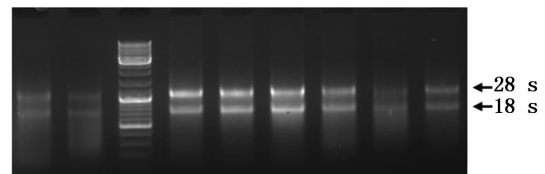


图 1 电泳检测总 RNA

Fig. 1 The total RNA by electrophoresis

IGF-I mRNA 的相对表达量结果如表 2 所示。各试验组均以饲养 0 d 时 IGF-I 基因相对表达量水平为基准,对比饲养 0 d 时 IGF-I 基因相对表达量经过 60 d 的养殖,4 个试验组的表达量水平平均相对提高。Two-way ANOVA 分析表明,家系和日粮蛋白含量均对 IGF-I mRNA 表达量有显著影响($P < 0.05$)。P40 组 IGF-I 基因的相对表达量显著高于 P37 组($P < 0.05$);G δ \times S η 组相对表达量显著高于 S δ \times S η 组($P < 0.05$)。各组中以 P40/(G δ \times S η) 组 IGF-I mRNA 表达量较高。家系与蛋白之间在 IGF-I mRNA 表达量指标上不存在交互作用。

表 2 日粮蛋白含量对不同家系黄颡鱼幼鱼生长性能、形体指标和肝脏 IGF-I mRNA 表达的影响
 Tab. 2 The effects of feed protein contents on growth performance, body condition index and hepatic IGF-I mRNA expression of juvenile yellow catfish of different families

组别 Groups	存活率/% SR	末重/g FW	增重率/% WG	特定增长率/% SGR	肝体比/% HSI	脏体比/% VSI	胴体率/% DP	肥满度 CF	IGF-I mRNA
P37/(G ♂ × S ♀)	92 ± 2	4.77 ± 0.15	505.22 ± 17.10	3.30 ± 0.05	1.55 ± 0.07	5.98 ± 0.21	59.42 ± 0.97	1.70 ± 0.03	1.71 ± 0.28
P37/(S ♂ × S ♀)	93 ± 3	4.43 ± 0.30	457.76 ± 31.89	3.07 ± 0.12	1.61 ± 0.05	6.18 ± 0.19	60.89 ± 0.46	1.64 ± 0.03	1.26 ± 0.52
P40/(G ♂ × S ♀)	93 ± 3	5.21 ± 0.18	547.04 ± 24.763	3.43 ± 0.06	1.46 ± 0.04	5.98 ± 0.34	59.89 ± 0.66	1.72 ± 0.05	2.16 ± 0.45
P40/(S ♂ × S ♀)	93 ± 1	4.83 ± 0.08	530.86 ± 18.25	3.28 ± 0.04	1.43 ± 0.09	5.94 ± 0.44	59.06 ± 0.81	1.67 ± 0.08	1.79 ± 0.36
蛋白质水平/% Protein content									
37	92 ± 2	4.63 ± 0.21	481.49 ± 16.29	3.24 ± 0.08	1.57 ± 0.06	6.07 ± 0.20	59.80 ± 0.72	1.70 ± 0.03	1.48 ± 0.46
40	93 ± 2	5.07 ± 0.14	539.42 ± 18.50	3.40 ± 0.05	1.46 ± 0.05	5.97 ± 0.39	59.47 ± 0.73	1.72 ± 0.05	2.01 ± 0.44
家系 Families									
G ♂ × S ♀	93 ± 2	4.99 ± 0.18	525.13 ± 15.01	3.36 ± 0.05	1.56 ± 0.07	5.97 ± 0.27	59.88 ± 0.81	1.71 ± 0.04	1.96 ± 0.43
S ♂ × S ♀	93 ± 2	4.67 ± 0.17	493.31 ± 19.08	3.17 ± 0.08	1.62 ± 0.06	6.06 ± 0.31	59.9 ± 0.64	1.66 ± 0.05	1.49 ± 0.51
双因素方差分析 (Two-way ANOVA)									
蛋白质 Protein	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	*
家系 Families	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*
交互 Interaction	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注: * 表示显著水平达 $P < 0.05$; ** 表示显著水平达 $P < 0.01$; ns 表示无显著差异
 Note: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; ns not significant

3 讨论

3.1 家系和日粮蛋白含量对黄颡鱼幼鱼生长性能的影响

日粮蛋白营养是研究鱼类生长营养需求的重要内容之一。本研究结果表明 P40 组黄颡鱼末质量、增重率、特定增长率显著高于 P37 组 ($P < 0.05$), 与王武^[9] 等对江黄颡鱼幼鱼适宜蛋白水平 (39.73%) 的研究结果相似, 分析原因, 可能是由于江黄颡鱼和黄颡鱼同属鲇形目、鲇科、黄颡鱼属, 在食性和摄食行为上有着一定的相似之处。邹社校等^[10] 研究认为黄颡鱼的最适蛋白需求量为 37%, 可能由于其养殖鱼规格较大, 在蛋白营养需求量上有所下降。此外, 吴代武等^[11] 研究了粗蛋白营养水平为 40% 的无鱼粉日粮中添加 12% 鱼蛋白水解物对黄颡鱼生长速度、饲料效率、血清生理指标的影响, 各试验组取得了较好的养殖效果。在筛选有效蛋白源营养家系选育方面的研究较少, 相关黄颡鱼家系选育方面的研究尚属空白。本研究中, G ♂ × S ♀ 组各生长性能指标均显著高于 S ♂ × S ♀ 组 ($P < 0.05$), 表明 G ♂ × S ♀ 家系种质可有效利用日粮营养, 发挥生长优势。家系和日粮蛋白含量对黄颡鱼幼鱼体征指标均无显著影响 ($P > 0.05$), 可能由于 37%、40% 两试验组蛋白水平差距不大, 而且试验鱼体规格较小, 与养殖时间偏短有关。

3.2 家系和日粮蛋白含量对黄颡鱼幼鱼肝脏 IGF-I 基因表达的影响

动物生长是一个非常复杂的生理调节过程, 涉及多个基因的控制以及整合。营养物质的成分组成以及摄入量等会影响蛋白质的合成, 从而调控基因表达, 并进一步对代谢产生影响, 促进动物生长所需物质的重新分配。对不同水平高蛋白代乳料饲喂犊牛的短期效应研究表明, 高水平的高蛋白代乳料通过 GH-IGF-I 轴的短期调控, 可以促进肝脏 GHR 和 IGFIR 的 mRNA 表达, 提高血液中 GH 和 IGF-I 的水平, 从而促进生长^[4]。不同蛋白质水平的日粮投喂绵羊的研究结果显示, 日粮蛋白质水平显著影响绵羊平均日增重、外周血中的 IGF-I 浓度以及皮肤组织 IGF-I 基因的表达丰度^[7]。多个研究结果显示, 用低蛋白质或无蛋白质的日粮饲喂小鼠, 可引起小鼠肝中 IGF-I 表达的明显降低^[6]。可见 IGF-I 转录水平与饥饿和营养缺乏密切相关。IGF-I 家族基因是日粮蛋白研究的重要分子指标。

牟玉超等^[12] 研究了不同水平低分子水解鱼蛋白对大菱鲆幼鱼生长性能、鱼体组成及肝脏中类胰岛素生长因子 I 受体 (IGF-IR) 表达的影响。姜松等^[13] 研究发现不同蛋白水平饲料对斑节对虾家系生长及生长相关基因 mRNA 表达影响显著, 家系对斑节对虾生长的影响属遗传效应。本研究中日粮低蛋白组 IGF-I mRNA 表达显著低于

高蛋白组,当日粮蛋白营养供给不足时,生长受到限制,当日粮蛋白含量增加到适当高度时,IGF-I mRNA 表达上升,促进生长,G δ × S δ 组 IGF-I mRNA 表达量显著高于 S δ × S δ 组($P < 0.05$)。研究从分子水平上阐明了 G δ × S δ 家系种质的生长优势。家系与蛋白之间在 IGF-I 基因表达量指标方面不存在交互作用,以 P40/(G δ × S δ) 组 IGF-I 基因表达量最高。可见,黄颡鱼及其他鱼虾品种的蛋白质营养可以调控生长相关基因的表达及生长速度,可通过种质筛选和日粮蛋白营养调节达到更好的养殖效果。

4 结论

黄颡鱼家系种质及日粮蛋白水平对其生长及 IGF-I mRNA 表达丰度的影响显著。G δ × S δ 家系在高蛋白日粮投喂下,可获得最佳生长性能。

参考文献:

- [1] KIM M J, BERDANIER C D. Nutrient-gene interactions determine mitochondrial function: effect of dietary fat [J]. *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 1998, 12(12): 243-248.
- [2] DUAN C M. Nutritional and developmental regulation of insulin-like growth factors in fish [J]. *The Journal of Nutrition*, 1998, 128(2 Suppl): 306S-314S.
- [3] CAO Q P, DUGUAY S J, PLISETSKAYA E, et al. Nucleotide sequence and growth hormone-regulated expression of salmon insulin-like growth factor I mRNA [J]. *Molecular Endocrinology*, 1989, 3(12): 2005-2010.
- [4] SMITH J M, VAN AMBURGH M E, DÍAZ M C, et al. Effect of nutrient intake on the development of the somatotrophic axis and its responsiveness to GH in Holstein bull calves [J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(6): 1528-1537.
- [5] STRAUS D S, TAKEMOTO C D. Effect of fasting on insulin-like growth factor-I (IGF-I) and growth hormone receptor mRNA levels and IGF-I gene transcription in rat liver [J]. *Molecular Endocrinology*, 2013, 4(1): 91-100.
- [6] VANDEHAAR M J, MOATS-STAATS B M, DAVENPORT M L, et al. Reduced serum concentrations of insulin-like growth factor-I (IGF-I) in protein-restricted growing rats are accompanied by reduced IGF-I mRNA levels in liver and skeletal muscle [J]. *Journal of Endocrinology*, 1991, 130(2): 305-312.
- [7] 闫云峰, 杨华, 杨永林, 等. 日粮不同蛋白质水平对绵羊 IGF-I 和 GH 分泌及基因表达的影响 [J]. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(1): 85-95.
YAN Y F, YANG H, YANG Y L, et al. Effects of different dietary protein levels on the secretion and mRNA expression of IGF-I and GH in sheep [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2015, 46(1): 85-95.
- [8] LIVAK K J, SCHMITTGEN T D. Analysis of relative gene expression data using Real-time quantitative PCR and the method [J]. *Methods*, 2001, 25(4): 402-408.
- [9] 王武, 石张东, 甘炼. 江黄颡鱼幼鱼最适蛋白质需求量的研究 [J]. *上海水产大学学报*, 2003, 12(2): 185-188.
WANG W, SHI Z D, GAN L. Studies on the protein requirements of juvenile *Pelteobagrus vachelli* [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2003, 12(2): 185-188.
- [10] 邹社校. 黄颡鱼幼鱼蛋白质需要量的研究 [J]. *湖北农学院学报*, 1999, 19(2): 143-145.
ZOU S X. Studies on the protein requirement of fingerling of *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1999, 19(2): 143-145.
- [11] 吴代武, 何杰, 叶元土, 等. 日粮中鱼蛋白水解物对黄颡鱼生长、体成分和血清生理指标的影响 [J]. *水产学报*, 2017, 41(3): 415-427.
WU D Y, HE J, YE Y T, et al. Effects of fish protein hydrolysate on growth, body composition and serum biochemical parameters of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(3): 415-427.
- [12] 牟玉超, 梁萌青, 郑珂珂, 等. 高植物蛋白饲料中不同水平低分子水解鱼蛋白对大菱鲂 (*Scophthalmus maximus* L.) 幼鱼生长及肝脏 IGF-I 受体表达的影响 [J]. *渔业科学进展*, 2016, 37(3): 49-57.
MU Y C, LIANG M Q, ZHENG K K, et al. Effects of small molecule weight fish protein hydrolysate in high plant protein diets on the expression of liver IGF-I receptor and the growth of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(3): 49-57.
- [13] 姜松, 杨其彬, 黄建华, 等. 不同蛋白水平饲料对斑节对虾家系生长及生长相关基因 mRNA 表达量的影响 [J]. *海洋渔业*, 2015, 37(3): 244-252.
JIANG S, YANG Q B, HUANG H, et al. Impacts of diets with different protein levels on the growth and mRNA expression of growth-related genes in *Penaeus monodon* families [J]. *Marine Fisheries*, 2015, 37(3): 244-252.

Effects of families and feed protein contents on growth performance and hepatic expression of IGF-I mRNA of juvenile yellow catfish

QIN Qin^{1,2}, CHEN Xiaohui¹, PAN Jianlin¹, LIU Wenbin³

(1. Jiangsu Institute of Freshwater Fisheries, Nanjing 210017, Jiangsu, China; 2. Wuxi Fishery College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, Jiangsu, China; 3. Key Lab of Aquatic Animal Nutrition and Feed Science of Jiangsu Province, College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of families ($G \delta \times S \varphi$, $S \delta \times S \varphi$) and feed protein contents (37%, 40%) on growth performance and hepatic expression IGF-I of juvenile yellow catfish. Fish were fed for 60 days in 3 reduplications. Results: the final weight, weight gain, specific growth rate and the hepatic IGF-I expression were significantly affected by families and dietary protein contents ($P < 0.05$). There was not interaction between the two factors in these indexes. P40/($G \delta \times S \varphi$) group obtained the maximum final weight, weight gain rate and the highest hepatic IGF-I expression level. The results showed that juvenile yellow catfish achieved better breeding effect through family breeding and feed protein nutrition regulation. $G \delta \times S \varphi$ in high protein diet feeding gained the best growth performance.

Key words: juvenile yellow catfish (*Pelteotagrus fulodraco*); feed protein contents; families; growth performance; IGF-I expression