

# 不同盐度预处理后I龄暗纹东方 的摄食、生长和饲料利用

严美姣<sup>1,2</sup> 李钟杰<sup>2</sup> 熊邦喜<sup>1</sup>

(1. 华中农业大学 水产学院, 武汉 430070;

2. 中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

**摘要:**通过4周的生长实验,研究了I龄暗纹东方 (82.35±2.97g)在不同盐度预处理后的摄食、生长和饲料利用情况。结果显示:35‰的预处理盐度对暗纹东方 的生长有抑制作用,当这种盐度胁迫解除后,暗纹东方 的生长表现出明显的补偿现象。本实验中摄食率随前处理盐度的升高而增加,变化范围为1.83%—2.51%,特定生长率亦随前处理盐度增加而增加,即由0.83%增加到1.28%,饵料系数则随前期盐度实验中盐度的增加而降低,由1.67降至1.47。在盐度预处理实验及淡化养殖条件下的特定生长率除8‰外有显著差异。

**关键词:**暗纹东方 ; 盐度预处理; 摄食; 生长; 饵料系数

**中图分类号:**S965.225 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3207(2005)02-0142-04

鱼类生长受多种因素的影响。主要可分为外部因子和内部因子。外部因子包括食物、温度、溶解氧、盐度、pH、集群作用等,内部因子包括鱼类的遗传因素、鱼体大小、生理状况等<sup>[1]</sup>。当外部因子适宜时,鱼类就以较快的速度生长,当外部因子的变化超出一定的范围,鱼体不能做出充分的调整适应,环境就会成为影响鱼类生长的胁迫因子。在养殖的实际操作中,诸如搬运、拥挤、运输和很差的水质等因素都会对鱼类产生胁迫,导致疾病和死亡率的增加,因此是影响养殖的经济效益的重要因子<sup>[2]</sup>。多年来,鱼类养殖生产实践中产生的胁迫影响以及减小这种影响的方法受到重视<sup>[3,4]</sup>。鱼类受到的胁迫有很多种,如水体环境的胁迫、营养胁迫、操作胁迫等。对于不同胁迫,鱼类的反应亦有异。受到营养胁迫(如饥饿)时,鱼类的摄食率、生长率、饲料转化效率等受到影响<sup>[5-8]</sup>。受到环境胁迫时,鱼类的初始应急反应一般都是首先释放出皮质类固醇和儿茶酚胺,这两种物质又可诱导下一步反应,即使血浆中葡萄糖增高,同时也使鱼体渗透压产生波动。已有研究表明这种应急反应将导致生长率的下降和发病率的升高。美洲鲱(*Alosa sapidissima*)无论在淡水还是在海水中,受到胁迫后血浆中皮质醇浓度均快速升高,但

由于环境盐度不同,其升高的程度有异<sup>[9]</sup>。蓝非鲫(*Oreochromis aureus*)在受到盐度胁迫时其肾脏的组织结构会发生改变以适应水体渗透压的变化<sup>[10]</sup>。

暗纹东方 (*Takifugu fasciatus*)作为一种名贵养殖鱼类,近年来受到人们的重视<sup>[11,12]</sup>。暗纹东方 具有溯河产卵洄游习性,但过去多数文献只是对这种习性简单的描述,其具体的洄游时间和距离、洄游个体的大小、洄游期间鱼体内部的生理变化,以及在不同盐度水体间迁移时鱼体渗透压调节机制等研究未见报道。对暗纹东方 洄游时各种生理适应机制的探讨,不仅有助于了解暗纹东方 盐度耐受性,也可积累该鱼的生物学资料,为暗纹东方 适宜的养殖条件选择以及预防疾病等提供参考。在前期研究中,作者探讨了盐度对暗纹东方 生长的影响,发现在高、中盐度(35‰, 18‰)中,生长和饵料转化均比低盐度(8‰)差。是否所设置盐度不适合进而抑制了暗纹东方 的生长,解除这种胁迫后是否能产生补偿生长?本实验拟了解解除盐度胁迫后暗纹东方 的摄食、生长和饲料利用情况。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验设计及处理 前期实验将初始体重为

收稿日期:2004-02-26;修订日期:2004-09-20

基金项目:中国科学院知识创新工程前沿项目;湖北省科技攻关重大项目资助

作者简介:严美姣(1974—),女,湖北天门人,博士,水产养殖专业,现在扬州大学动物科学与技术学院工作

通讯作者:李钟杰,电话:027-68780717;电子信箱 Zhongjie@ihb.ac.cn

30.6—59.4g 的暗纹东方 在淡水 8‰、18‰、35‰四个不同盐度下进行 8 周生长实验, 实验结束时随机取样后, 剩下的暗纹东方 称重、测量体长后直接转入淡水饲养。

室内水泥池 3 口, 每池用聚乙烯网片隔成大小相等的 3 个小池, 水体体积 0.4m<sup>3</sup>, 每个小池做一个平行组。池中央有排污管排污, 池上方有带孔进水管进水, 进水流速 800L/h, 充气泵 24h 充气, 水中溶氧> 6mg/L。室内用 40W 日光灯照明, 光照周期 12L: 12D。实验期间随自然温度, 每天测量室温和水温。水温变化范围为 24.1—27.3℃。实验自 2000 年 7 月 9 日开始, 实验周期 4 周。开始前记录实验鱼来源(受到的前期处理盐度), 每隔两周称量一次体重, 称重前饥饿 24h。

1.2 饲料及投喂 以鱼粉为蛋白源的配合饲料粉加少许水后用制粒机加工成直径约 3mm 的软颗粒, 放冰箱内保存备用, 饲料的生化成分见表 1。每天两次(上午 8:30, 下午 17:30)饱食投喂。投喂完毕, 更换约 1/5 的新水, 吸除池底排泄物和残饵。

表 1 实验饲料化学成分(干物质含量, %)

Tab. 1 Chemical composition of the experimental diet (Dry matter)

成分	蛋白质	脂肪	水分	能值
Composition	Protein	Lipid	Moisture	Energy(J/mg)
含量 Content	50.5	3.1	34.2	17.6

1.3 数据处理 统计时先以体重为协变量进行协方差分析; 然后用 Duncan 氏多重比较法进行检验,  $P < 0.05$  被认为差异显著(运用 STATISTICA, 6.0)。

计算公式: 饵料系数(FCR) =  $\frac{I_{td}}{W_t - W_0}$ ;

摄食率(FR, %) =  $\frac{100 \times I_{td}}{(1/2) \times (W_t + W_0) \times t}$

特定生长率(SGR) =  $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$

表 2 盐度对暗纹东方 生长和食物转化效率的影响(均值±标准误)

Tab. 2 Effects of pretreatment salinity on food intake and food coefficient of pufferfish(Mean±SE)

组别	鱼体初重(g)	鱼体终重(g)	摄食率(%)	饵料系数
Groups	Initial body weight	Final body weight	FR	FCR
I	94.91±3.85	120.02±4.53	1.83±0.05a	1.67±0.21a
II	73.26±3.40	99.98±3.45	2.33±0.07b	1.53±0.07a
III	73.17±3.53	104.78±4.90	2.51±0.02b	1.47±0.08a

注: 组 I 前处理盐度为 8‰, 组 II 前处理盐度为 18‰, 组 III 前处理盐度为 35‰, 各列数据后字母不同者有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

Note: Groups I, II and group III means the fish had been reared in 8‰, 18‰ and 35‰ salinity respectively. Different letters show significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

其中  $I_{td}$ : 表示消耗饲料总量(干重)  
 $W_0$ : 表示鱼体初重(湿重)  
 $W_t$ : 表示鱼体末重(湿重)  
 $t$ : 表示实验时间(d)

2 结果与讨论

2.1 摄食率

随前处理盐度的增高, 日摄食率随之增高, 从 1.83% 增加到 2.51%, 前期在低盐度中生活的实验鱼摄食率显著低于另外两组(表 2)。这可能是由于前期实验中的高盐度抑制了暗纹东方 的食欲, 该组鱼前期摄食量较少, 不能满足其营养需求, 为了弥补这一不足, 当盐度抑制解除后, 暗纹东方 适应性的调整食欲, 使摄食率增高, 摄取较多食物, 获得更多能量, 分配用于生长的能量增多, 以赶上其他处理组实验鱼的生长; 也可能当盐度胁迫解除后, 消化酶的活性提高了, 所摄取的食物很快被消化吸收, 同化作用大于异化作用, 生长加快, 出现补偿现象。在鱼类补偿生长机制的研究方面, 大多数是对营养胁迫过后鱼类的补偿生长进行探讨, 如 Miglavs and Jobling<sup>[5]</sup> 以及 Jobling and Koskela<sup>[6]</sup> 报道北极鲑 *Salvelinus alpinus* 和虹鳟 *Oncorhynchus mykiss* 由限食转为不限量投喂时, 两种鱼的食欲大增, 摄食量增加, 其摄食率上升, 本实验探讨环境因子对鱼类的胁迫作用, 其摄食率变化规律与上述报道一致。

2.2 不同前处理盐度下暗纹东方 的饵料系数、特定生长率

实验阶段饵料系数、特定生长率的结果分别见表 2、图 1, 28d 的饲养结果表明, 特定生长率随前处理盐度的增高而增高, 饵料系数随盐度的增高而降低。前处理盐度对暗纹东方 的生长有显著影响, 对饵料系数的影响还未达到统计上的显著水平(表 2)。

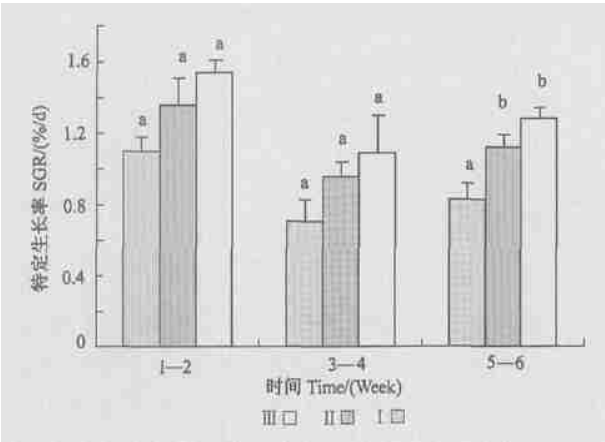


图 1 实验期间暗纹东方 特定生长率随时间的变化  
Fig. 1 SGR of pufferfish changing with time during the experimental span

经 Duncan 多重检验表明, SGR 在 3—4 周期间各处理间无显著差异, SGR 在实验的前 2 周内以及整个实验周期内不同处理间有显著差异, 1—2 周的生长率明显大于 3—4 周的, 显示补偿的幅度随时间后移而下降。从图 1 中可以看出, 组 III 即高盐度处理过的实验鱼, 在淡化阶段的饵料系数最小, 而特定生长率最大, 相对于另外两组, 显示出补偿生长的趋势, 由此可以推断, 高盐度水域对暗纹东方 I 龄鱼种阶段的生长有抑制作用, 进行淡化饲养时, 抑制解除, 暗纹东方 的生长就表现出补偿作用, 生长速度加快, 平均日增重约为 1.09g。同时摄食率和饲料转化效率也出现增高趋势。不同鱼类补偿生长时摄食及饲料转化不一样, 如罗非鱼的补偿生长并不伴随着食物转化效率的提高<sup>[7]</sup>, 异育银鲫<sup>[8]</sup>表现补偿生长时其摄食率、饲料效率均显著高于对照组。本实验中, 生长曾受阻的处理组的 平均体重并未赶上正常生长的实验鱼体重, 作者认为是实验时间太短的缘故。鱼类饥饿后恢复生长中产生的补偿生长现象表现为四种类型: 超补偿生长 (Over compensatory growth)、完全补偿生长 (Complete compensatory growth)、部分 (有限) 补偿生长 (Partial compensatory growth)、不能补偿生长 (Non-compensatory growth)。本实验中, 暗纹东方 解除胁迫后在短期 (4 周) 内生长速度加快, 但未受到胁迫组的终末体重仍明显大于胁迫组, 这表明暗纹东方 在本实验进行时间 (4 周) 内属于部分 (有限) 补偿生长。若延长考察时间, 可能会出现变化。

对于动物补偿生长的机理尚不清楚, Quinton and Blake 认为鱼类饥饿后再投喂, 蛋白质分解水平仍保持在较低水平, 而蛋白质合成水平迅速恢复到

正常水平, 使蛋白质沉淀量增加, 表现为体重增长加快, 这可能是补偿性生长的原因。本实验未测定鱼体在胁迫前后蛋白质代谢速率, 其补偿生长的生理机理是否如上所述还不得而知。

2.3 在不同盐度下的特定生长率的比较

在低盐度中养殖的暗纹东方 淡化养殖时特定生长率与低盐度时没有显著差异, 中盐度和高盐度中养殖过的暗纹东方 特定生长率有显著差异, 淡化养殖时生长率显著高于在盐水中养殖 (图 2)。众所周知, 鱼类一般不会在其生长受到限制的环境中生活, 它们在自然状态下所处生境亦是适合自身生长的环境, 从本实验的结果可推知, 高盐度水域不是 I 龄暗纹东方 合适的生活环境, 中低盐度较适宜暗纹东方 的生长。由此可以推测在 I 龄暗纹东方 没有洄游到海中去, 而是在河口水域中生活。同时, 在前期实验中还发现, 低盐度养殖时, 暗纹东方 极少有鱼病发生且生长迅速, 可见适宜的盐度有助于防病, 盐水能增强水体离子强度, 抑制鱼体血浆氯和钠的浓度降低, 有效缓解皮质醇的升高, 这样就减少了鱼体受到胁迫后的一般反应, 提高在海水中的存活率, 因此可以认为, 低盐度环境有利于 I 龄暗纹东方 的生长发育。Tsuzuki 等也报道, 适中的盐度能减少胁迫反应和离子/渗透压的不平衡, 这种功能使银汉鱼 *Odontesthes bonariensis* 在胁迫后降低死亡率。因此在实际养殖中可利用 I 龄暗纹东方 对盐度的适应性的养殖生物学特性以及补偿生长的作用, 将暗纹东方 在低盐度的水体中养殖, 达到预防和减少鱼病发生的目的, 可减少损失, 降低养殖风险和成本, 增加养殖利润, 在我国广阔的沿海水域因地制宜, 发展暗纹东方 养殖。

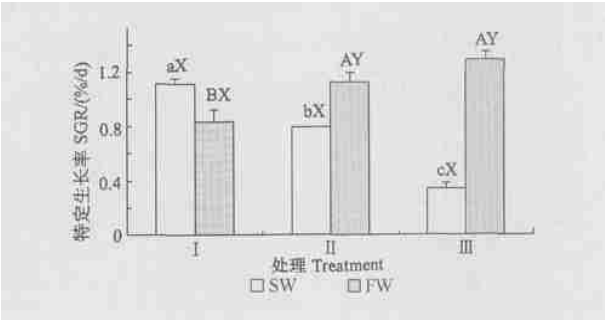


图 2 盐度实验及盐度预处理后淡化实验中特定生长率的比较  
Fig. 2 Comparison of specific growth rates when fish reared in salinity and freshwater

参考文献:

[ 1 ] Liu J K. Advanced Hydrobiology [ M ]. Beijing: Science press. 1999,

- 239[ 刘健康. 高级水生生物学. 北京: 科学出版社. 1999, 293]
- [ 2 ] Tsuzuki M. Y, Ogawa K, Strassmann C A, *et al.*, Physiology responses during stress and subsequent recovery at different salinities in adult pejerrey *Odontesthes bonariensis* [ M ]. *Aquaculture*, 2001, **200**: 349—362
- [ 3 ] Mazik P M, Simco B A, Parker N C, Influence of water hardness and salts on survival and physiological characteristics of striped bass during and after transport [ J ]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1991, **120**: 121—126
- [ 4 ] Cech Jr, J J, Bratholow S D, Young P S, *et al.*, Striped bass exercise and handling stress in freshwater: physiological responses to recovery environment [ J ]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1996, **125**: 308—320
- [ 5 ] Miglavs I, Jobling M. Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth [ J ]. *Journal of Fish Biology*, 1989, **34** ( 6 ): 947—957
- [ 6 ] Jobling M., Koskela J. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth [ J ]. *Journal of Fish Biology*, 1996, **49**: 658—667
- [ 7 ] Wang Y, Cui Y, Yang Y., *et al.*, Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater [ J ]. *Aquaculture*, 2000, **189**: 101—108
- [ 8 ] Qian X, Cui Y; Xiong B, *et al.*, Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation [ J ]. *Journal of Fish Biology*, 2000, **56**: 228—232
- [ 9 ] Shrimpton J M, Zydlewski J D, McCormick S D. The stress response of juvenile American shad to handling and confinement is greater during migration in freshwater than in seawater [ J ]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2001, **130**: 1203—1210
- [ 10 ] Jiang M, Liu X Y, Fan R Q. Preliminary study on the changes of structure of the kidney of *Oreochromis aureus* under the different osmotic pressure [ J ]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **20** ( 2 ): 186—189 [ 姜明, 刘晓云, 范瑞青, 1996, 蓝非鲫生活于不同渗透压下水肾脏显微与超显微结构变化的初步研究. 水生生物学报, 1996, **20** ( 2 ): 186—189]
- [ 11 ] Hua Y Y, Chen Y F, Hu Y L, *et al.*, A study on the sexual identification of *Takifugu obscurus* in reproduction period [ J ]. *Journal of Fisheries of China*, 1996, **20** ( 3 ): 209—214 [ 华元渝, 陈亚芬, 胡亚丽, 等. 暗纹东方 生殖期两性差别的研究. 水产学报, 1996, **20** ( 3 ): 209—214]
- [ 12 ] Zhao Q L, Zhao Q, Yin N, *et al.*, Preliminary studies on the sexual glands and toxicity of three year old *Fugu obscurus* cultured in fishery [ J ]. *Journal of Nanjing normal university*, 1999, **22** ( 4 ): 89—93. [ 赵清良, 赵强, 殷宁, 顾曙余, 养殖三龄暗纹东方 性腺发育及其毒性. 南京师大学报, 1999, **22** ( 4 ): 89—93]

## FOOD INTAKE, GROWTH AND FEED UTILIZATION OF PUFFERFISH ( *TAKIFUGU FASCIATUS* ) AFTER DIFFERENT SALINITY PRETREATMENTS

YAN Mei-Jiao<sup>1,2</sup>, LI Zhong-Jie<sup>2</sup> and XIONG Bang-Xi<sup>1</sup>

( 1. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

2. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, State key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan 430072)

**Abstract:** A 4-week trial was conducted to assess the further effects of salinity on growth and feed utilization of pufferfish *Takifugu fasciatus* (82.35 ± 2.97g). The fish were transferred to freshwater directly after reared in 8‰, 18‰ and 35‰ salinity for more than 2 months. Triplicate groups of each treatment were fed practical diets with 50.5% protein (dry matter) to satiation. The growth, food intake and food conversion ratios of pufferfish were investigated and also compared results between present study and prior salinity experiment. The results indicated that high salinity (35‰) could suppress the growth of pufferfish while compensatory growth was observed when fish were free from salinity stress. Food intakes increased with prior experimental salinity and its range was 1.83%—2.51% and there were significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ); Specific growth ratios exhibited the same tendency as food intake and increasing from 0.83% to 1.28% and there also showed significant difference; however, food coefficient decreased with prior salinity and from 1.67 to 1.47. Comparison between present SGR in freshwater and pre-experiment SGR in corresponding salinity showed significant differences except the fish in low salinity (8‰) of prior trial. The results observed in the pre- and present trials suggest that 1-year old pufferfish growth fast and scarcely suffer disease, therefore, 8‰ salinity could be assumed as suitable environment for this species in the stage.

**Key words:** *Takifugu fasciatus*; Salinity pretreatment; Food intake; Growth; Food conversion ratio