

温度和盐度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响

胡发文, 潘 雷, 高凤祥, 菅玉霞, 张少春, 王 雪, 郭 文

(山东省海水养殖研究所, 山东 青岛 266002)

摘要: 研究了温度和盐度变化对大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)幼鱼存活与生长的影响。结果表明, 温度和盐度变化对大泷六线鱼 4 月龄幼鱼存活与生长的影响显著($P < 0.05$), 4 月龄幼鱼存活与生长适宜水温为 14~23℃, 最适水温为 17~23℃, 在适温范围内幼鱼具有较高的存活率和生长率, 温度过高或过低均对其生长发育有抑制作用。在 20℃ ± 0.5℃ 时生长率达到峰值, 为 20.89 mg/d。适宜盐度为 15~40, 最适盐度为 25~35, 在盐度 30 时生长率达到最大值 17.1 mg/d。

关键词: 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*); 温度; 盐度; 存活; 生长

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)07-0044-05

大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)又名欧氏六线鱼、六线鱼, 俗称黄鱼, 隶属鲷形目(Scorpaeniformes)、六线鱼科(Hexagrammidae)、六线鱼属(*Hexagrammos*), 为冷温性近海底层岩礁鱼类。主要分布于黄海和渤海沿岸, 也见于朝鲜、日本和俄罗斯远东诸海。此鱼耐低温, 生存温度 2~26℃, 在中国主要产自山东和辽宁等地的近海多岩礁海区^[1]。其肉质细嫩、味道鲜美, 素有“北方石斑”之称, 深受广大消费者喜爱, 经济价值较高。大泷六线鱼是中国北方网箱养殖的理想种类, 也是开拓礁湾增殖和发展游钓业的理想品种, 作为北方特有的名贵海水鱼类具有广阔的推广前景。

目前关于大泷六线鱼的研究主要集中在其基础生物学方面^[2-10], 全人工育苗仍处于试验阶段, 尚未取得大规模苗种培育的成功。在苗种培育过程中, 幼鱼阶段是非常关键的时期, 此时幼鱼的各种器官系统、生理机能均处于形成、发育和完善阶段, 对环境因子的变化非常敏感, 因此环境因子对幼鱼的存活与生长都有非常重要的影响, 温度和盐度就是其中的尤为重要因子^[11-16]。作者研究了温度和盐度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响, 旨在探索大泷六线鱼幼鱼阶段存活与生长的最适条件, 以期丰富大泷六线鱼早期发育阶段的生物学基础数据和资料, 为大泷六线鱼苗种培育与养成提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验于 2010 年 4 月在山东省海水养殖研究所暨

山卫中试基地进行。实验所用大泷六线鱼为山东省海水养殖研究所自行繁育的 4 月龄幼鱼, 平均体重 1 726.6 mg ± 0.5 mg, 平均体长 67.4 mm ± 0.5 mm, 体色正常, 健康活泼。实验前暂养海水盐度为 30, 温度为 17℃, pH 为 7.9, 连续充气, 日换水 2 次, 换水量为 1/2, 并投喂市售海水鱼配合饲料。

1.2 实验方法

1.2.1 温度实验

共设置 10 个温度梯度, 分别为 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32℃。每个温度梯度设 3 个平行组, 温度 17℃ 组为对照组, 实验在规格为 40 cm × 50 cm × 60 cm 的塑料水槽内进行, 各水槽水温均通过控温仪(WEIPRO MX300 IC)来调控, 实验期间温度波动 ± 0.5℃, 海水盐度为 30。实验开始前 24 h 停止投喂使其肠内排空, 然后将大泷六线鱼称质量后分别放到各水槽中, 每个水槽分别放健康大泷六线鱼 40 尾。实验期间的养殖管理与暂养期间的完全相同, 换水时分别加入相对应温度的海水。实验时间为 15 d, 观察并统计大泷六线鱼的存活和生长情况。实验结束时, 实验用鱼饥饿 24 h 后, 使其肠内排空, 然后称质量。

收稿日期: 2011-01-22; 修回日期: 2011-05-27

基金项目: 山东省渔业资源修复行动计划项目; 山东省科技发展计划资助项目(2011GHY11502)

作者简介: 胡发文(1982-), 男, 山东临沂人, 硕士, 助理研究员, 主要从事海水鱼类繁育与养成研究, 电话: 0532-86513609, E-mail: fwu88@163.com; 郭文, 通信作者, E-mail: yzsjsjd@126.com

1.2.2 盐度实验

共设置 10 个盐度梯度, 分别为 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45。每个盐度梯度设 3 个平行组, 盐度 30 组为对照组, 实验在规格为 40 cm × 50 cm × 60 cm 的塑料水槽内进行, 低盐度用正常海水加入曝气自来水调配, 高盐度用海水素调配, 用精密海水比重计和手持式盐度计校正各组盐度。实验开始前 24 h 停止投喂使其肠内排空, 然后将大泷六线鱼称质量后分别放到各水槽中, 每个水槽分别放健康大泷六线鱼 40 尾。实验水温 17℃, 实验期间的养殖管理与暂养期间的完全相同, 换水时分别加入相对应盐度的海水。实验时间为 15 d, 观察并统计大泷六线鱼的存活和生长情况。实验结束时, 实验用鱼饥饿 24 h 后, 使其肠内排空, 然后称质量。

1.3 数据计算与分析

1.3.1 生长率(R_G)的测定

在实验结束时, 测定幼鱼的体质量(W_1), 并与初始体质量(W_0)相比较。生长率(R_G)的计算公式为:

$$R_G = (W_1 - W_0) / (t_1 - t_0)$$

式中, t_1 和 t_0 分别为实验结束和开始时的时间, 本实验中 $t_1 - t_0 = 15$ d, 死亡幼鱼的体质量视为与初始体质量相等, 生长率视为零。 R_G 的单位为 mg/d。

1.3.2 存活率的测定

存活率(R_s)的计算公式为:

$$R_s (\%) = (\text{成活个体数} / \text{总个体数}) \times 100 \%$$

1.3.3 数据分析

所有数据均以 3 个平行组数据的平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示; 并采用单因素方差分析 (ANOVA) 和 Duncan 检验法统计分析。

2 结果

2.1 水温对大泷六线鱼幼鱼存活和生长的影响

表 1、图 1 表明, 温度对大泷六线鱼幼鱼存活率影响显著 ($P < 0.05$)。在实验温度范围内, 大泷六线鱼幼鱼存活率总体上呈现先升高后降低的趋势; 实验开始时, 5℃ 温度组大泷六线鱼幼鱼快速游动, 而后出现死亡, 至实验结束时存活率为 54.9%; 8~23℃ 温度组幼鱼无明显不适, 活力正常, 实验结束时幼鱼存活率均超过 70%, 其中 17、20℃ 温度组存活率达 98.3%; 26℃ 温度组, 幼鱼伏于池底, 呼吸急促, 活力极差, 反应迟钝, 稍后鱼体侧躺, 并出现死亡, 至实验结束时, 存活率仅为 36.8%; 29、32℃ 温度组, 大泷六线鱼幼鱼异常兴奋, 不时撞击水槽壁, 身体逐渐失去平衡, 随即出现死亡, 12 h 全部死亡。

由表 1、图 2 可见, 除 29、32℃ 温度组鱼全部死亡外, 其余各组大泷六线鱼幼鱼均出现不同程度的生长, 日生长率随着水温的升高而逐渐增大, 并于 20℃ 时达到峰值 (20.89 mg/d), 随后逐渐降低, 其中 17、20、23℃ 温度组幼鱼的生长率显著高于其余各组 ($P < 0.05$)。

2.2 盐度对大泷六线鱼幼鱼存活和生长的影响

实验开始时, 0、5 盐度组大泷六线鱼幼鱼四处游动, 呼吸急促, 稍后失去平衡并出现死亡, 6 h 全部死亡; 10、45 盐度组大泷六线鱼幼鱼活力较差, 实验结束时存活率分别为仅 21.3%、22.7%; 其余各实验

表 1 温度对大泷六线鱼存活与生长的影响

Tab. 1 Effect of temperature on the survival and growth rate of young *H. otakii*

温度 (℃)	实验时间 (d)	实验鱼数量 (尾)	实验前平均体质量 (mg)	实验后鱼 数量(尾)	实验后平均体 质量(mg)	平均存活率 (%)	平均增质量 率(mg/d)
5	15	40	1 726.6	21.96	1 795.6	54.9 ^a	4.6 ^a
8	15	40	1 726.6	28.67	1 843.3	71.6 ^b	7.78 ^{ab}
11	15	40	1 726.6	31.48	1 906.6	78.7 ^{bc}	12.0 ^b
14	15	40	1 726.6	36.8	1 922.9	92.0 ^c	13.09 ^b
17	15	40	1 726.6	39.33	2 014.6	98.3 ^c	19.2 ^c
20	15	40	1 726.6	39.33	2 039.9	98.3 ^c	20.89 ^c
23	15	40	1 726.6	36.24	1 999.6	90.6 ^{bc}	18.2 ^c
26	15	40	1 726.6	14.72	1 796.6	36.8 ^d	4.67 ^{ad}
29	15	40	1 726.6	0	--	0 ^e	0 ^e
32	15	40	1 726.6	0	--	0 ^e	0 ^e

注: 同一栏中无相同字母表示存在显著性差异 ($P < 0.05$), 下同; “--” 表示该组实验鱼全部死亡, 下同

组, 幼鱼无明显不适, 在盐度 15~40 范围内, 存活率成明显峰值变化, 于盐度 30 时达到最大值(98.3%),

25~35 盐度组幼鱼存活率显著高于其余各组 ($P<0.05$)(表 2、图 3)。

表 2 盐度对大泷六线鱼存活与生长的影响

Tab. 2 Effect of salinity on the survival and growth rate of young *H. otakii*

盐度	实验时间 (d)	实验鱼数量 (尾)	实验前平均体 质量(mg)	实验后平均 数量(尾)	实验后平均体 质量(mg)	平均存活率 (%)	平均增质量 率(mg/d)
0	15	40	1 726.6	0	--	0 ^a	0
5	15	40	1 726.6	0	--	0 ^a	0
10	15	40	1 726.6	8.52	1 695.1	21.3 ^b	-2.1
15	15	40	1 726.6	26.4	1 793.3	66 ^c	4.44
20	15	40	1 726.6	29.92	1 856.6	74.8 ^{cd}	8.67
25	15	40	1 726.6	37.4	1 938.1	93.5 ^e	14.1
30	15	40	1 726.6	39.33	1 983.1	98.3 ^e	17.1
35	15	40	1 726.6	36.16	1 930.6	90.4 ^e	13.6
40	15	40	1 726.6	25.76	1 743.1	64.4 ^{cf}	1.1
45	15	40	1 726.6	8.67	1 693.6	21.7 ^b	-2.2

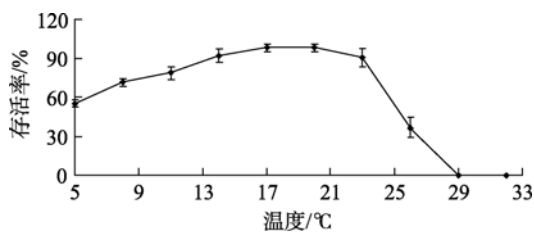


图 1 温度对大泷六线鱼幼鱼存活率的影响

Fig. 1 Effect of temperature on the survival rate of young *H. otakii*

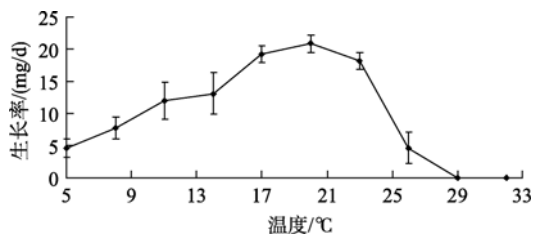


图 2 温度对大泷六线鱼幼鱼生长率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on the growth rate of young *H. otakii*

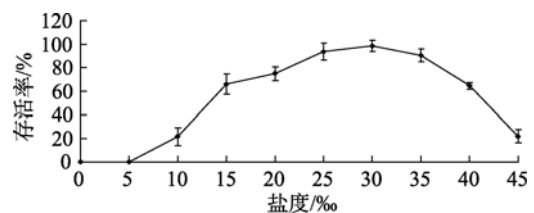


图 3 盐度对大泷六线鱼幼鱼存活率的影响

Fig. 3 Effect of salinity on the survival rate of young *H. otakii*

表 2、图 4 表明, 0、5 盐度组幼鱼全部死亡, 日增长率为 0, 10、45 盐度组幼鱼体质量出现负增长; 在盐度 15~40 范围内幼鱼生长率成明显的峰值变化, 在盐度 30 时达到峰值(17.1 mg/d), 25~35 盐度组幼鱼生长率显著高于其余各组 ($P<0.05$)。

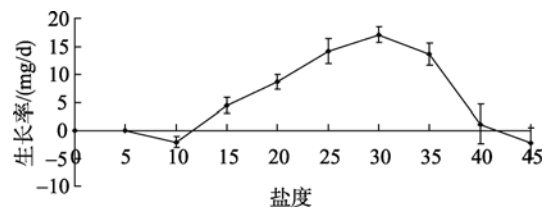


图 4 盐度对大泷六线鱼幼鱼生长率的影响

Fig. 4 Effect of salinity on the growth rate of young *H. otakii*

3 讨论

3.1 温度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响

温度是影响海水鱼类生存、生长最重要的环境因子之一。适宜的温度是鱼类正常存活生长的必要条件, 是维持正常生理状态、促进生长、减少病害、提高经济效益和保障鱼类品质的重要保障, 温度过高或过低均会对鱼类的生理生态状况产生不利影响^[17-19]。一般认为适当的水温变化对鱼类发育速度有促进作用, 而鱼类早期发育阶段被认为是发育过程中对温度敏感的时期, 此时的水温变化会对鱼类发育乃至生存产生重大影响。

鱼类的生长率在一定温度范围内随着水温的升高而增加^[11,12,20-21],但当水温超过其最适水温后,生长率则会下降^[13,22]。本研究表明,随着温度的升高,大泷六线鱼幼鱼存活率与生长率均呈现先升高后降低的趋势,这与上述报道基本一致,其中在 14~23 范围内幼鱼存活率均超过 90%,且显著高于其余温度组,而 20 时幼鱼生长率最高,17~23 范围内生长率显著高于其余温度组。因此可以得出,在本实验条件下 4 月龄大泷六线鱼幼鱼的适宜生长温度为 14~23,最适生长水温 17~23。另据庄虔增等^[8]报道,在水温 11.5~16.0 范围内,大泷六线鱼仔鱼生长速度与温度呈正相关,水温越高,仔鱼游动频率越高,死亡率也越高。与本实验结果有差异,出现这种差异的原因可能是鱼体的规格不同,由此可见大泷六线鱼早期各阶段对水温要求不尽相同。大泷六线鱼属于秋冬季产卵型鱼类,繁殖季节在 10 月下旬到 11 月上中旬,幼体培育期自然海水水温一般在 3~12,所以作者建议胚胎孵化和幼体培育期采用升温模式,维持水温在 17~23 范围内,具体幼体培育各不同阶段的最适水温还有待于进一步研究。

3.2 盐度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响

盐度也是影响海水鱼类存活与生长的重要环境因子。鱼类对盐度变化的适应能力受体内渗透压的控制,在等渗环境中,鱼类不需要进行耗能的渗透压调节,摄食能量可全部用于生长发育,此时鱼类摄食量最大、代谢率最低,生长和饲料转化效率也最大,而在非等渗环境中,鱼类需要消耗大量的能量来维持渗透压的平衡,表现为食欲下降,吸收率、转化效率和生长率显著降低,甚至出现负生长,直至死亡^[23]。

本实验结果显示,盐度变化对大泷六线鱼的存活与生长影响显著,且存活率与生长率表现出相似的先升高后降低的变化趋势,并均于盐度 30 时达到最大值,盐度 15~40 范围内幼鱼表现出较强的适应力,盐度 25~35 存活率与生长率显著高于其余各盐度组。由此作者认为,本实验条件下 4 月龄大泷六线鱼幼鱼适宜盐度范围为 15~40,最适盐度范围为 25~35。实验中,0、5 盐度组幼鱼全部死亡,而 10、45 盐度组幼鱼日益消瘦,体质量出现负增长,可见已经不同程度超过该阶段幼鱼的耐受范围,预计随时间的继续而全部死亡。作者认为,盐度的改变影响

了幼鱼原来正常的代谢,如渗透压调节、内分泌等,幼鱼需要耗费一些能量来满足离子和渗透压调节的消耗,幼鱼在短时间内难以适应盐度的变化,影响了实验阶段的存活与生长。在鱼类早期培育及养成过程中有必要进一步确认各不同时期的最适盐度条件。除此之外,由于本实验仅持续 15 d 时间,对于长时间的高或者低盐度是否对后期发育有不良影响,尚需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 中国科学院海洋研究所.中国经济动物志(海产鱼类)[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 135-137.
- [2] Masahiro M, Yasuyuki A, Atsunobu H, et al. Substrate specificity of chitinases from two species of fish, greenling, *Hexagrammos otakii*, and common mackerel, *Scomber japonicus*, and the insect, tobacco hornworm, *Manduca sexta*[J]. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 2006, 70 (4): 971-979.
- [3] Chen S L, Miao G D, Shao C W, et al. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from fat greenling (*Hexagrammos otakii*)[J]. Conservation Genetics, 2009, 10: 1429-1431.
- [4] 喻子牛, 孔晓瑜, 冯东岳, 等. 许氏平鲉 *Sebastes schlegelii*(Hilgendorf) 及欧氏六线鱼 *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 核型研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1992, 22(2): 118-124.
- [5] 庄虔增, 于鸿仙, 刘岗, 等. 山东沿岸六线鱼早期发育的研究[J]. 海洋学报, 1998, 20(6): 139-144.
- [6] 叶青. 青岛近海欧氏六线鱼 *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 年龄和生长的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1993, 23(2): 59-68.
- [7] 温海深, 王连顺, 牟幸江, 等. 大泷六线鱼精巢发育的周年变化研究[J]. 中国海洋大学学报, 2007, 37(4): 581-585.
- [8] 庄虔增, 于鸿仙, 刘岗, 等. 六线鱼苗种生产技术的研究[J]. 中国水产, 1999, 6(1): 103-106.
- [9] 冯昭信, 韩华. 大泷六线鱼资源合理利用研究[J]. 大连水产学院学报, 1998, 13(2): 24-28.
- [10] 康斌, 武云飞. 大泷六线鱼的营养成分分析[J]. 海洋科学, 1999, 68(6): 23-25.
- [11] 邱炜韬. 温度对倒刺鲃幼鱼能量收支的影响[D]. 广州: 暨南大学, 2004. 17-38.
- [12] 林祥日. 几种生态因子影响漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)稚幼鱼生长率、生化组成和能值的研究

- [D]. 厦门: 厦门大学, 2007: 19-73.
- [13] Hasan M R, MacIntoch D J. Effect of environmental temperature and feeding rate on the growth, food utilization and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry[J]. Fish Nutrition in Practice, 1991, 61: 767-778.
- [14] 秦志清, 张雅芝, 林越超, 等. 温度对漠斑牙鲆幼鱼生长与存活的影响[J]. 福建水产, 2009, 3: 49-53.
- [15] 张雅芝, 刘冬娥, 方琼珊, 等. 温度和盐度对斜带石斑鱼幼鱼生长与存活的影响[J]. 集美大学学报, 2009, 14(1): 8-13.
- [16] 舒琥, 黄惠华, 易祖盛, 等. 温度和盐度对星斑裸颊鲷胚胎发育和仔鱼存活的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(10): 583-586.
- [17] Jobling M. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning, Fish Ecophysiology[M]. London: Chapman & Hall, 1993: 1-44.
- [18] Sun L, Chen H, Huang L. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. Aquaculture, 2006, 261: 872-878.
- [19] Baum D, Laughton R, Armstrong J D, et al. The effect of temperature on growth and early maturation in a wild population of Atlantic salmon parr[J]. J Fish Biology, 2005, 67: 1370-1380.
- [20] Shimeno S, Shikata T. Effects of acclimation temperature and feeding rate on carbohydrate-metabolizing enzyme activity and lipid content of common carp[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59: 661-666.
- [21] Parpoura A C. Nutritional requirements of *Puntazzo puntazzo*: influence of rearing conditions (diet composition and temperature) on growth and body composition[D]. Athens: Department of Biology, University of Athens, 1998: 350.
- [22] 李大鹏. 环境因子对史氏鲟生长的影响及其调控机制的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2003: 21-145.
- [23] 王云峰, 朱鑫华. 盐度对鱼类生态生理学特征的影响[J]. 海洋科学集刊, 2002, 44: 151-158.

Effects of temperature and salinity on growth and survival rate of young *Hexagrammos otakii*

HU Fa-wen, PAN Lei, GAO Feng-xiang, JIAN Yu-xia, ZHANG Shao-chun, WANG Xue, GUO Wen

(Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China)

Received: Jan., 22, 2011

Key words: *Hexagrammos otakii*; temperature; salinity; survival; growth

Abstract: In this paper, the effects of temperature and salinity on growth and survival rate of young *Hexagrammos otakii* were studied. The results showed that the temperature and salinity changes had a significant effect on the growth and survival rate of 4-month young *H. otakii* ($P < 0.05$). The young *H. otakii* had a higher growth and survival rate under the proper temperature. Too high or too low temperature is not conducive to the growth and development of the young fish. The proper temperature range for 4-month young *H. otakii* is 14~23 °C, the most suitable temperature range is 17~23 °C, the growth rate reached the maximum (20.89 mg/d) at 20 ± 0.5 °C. The proper salinity range for young *H. otakii* is 15~40, the most suitable salinity range is 25~35, the growth rate reached the maximum (17.1 mg/d) at salinity 30.

(本文编辑: 谭雪静)