

温度、盐度对斑点鲟发眼卵孵化的影响

菅玉霞, 潘 雷, 胡发文, 高凤祥, 张少春, 王 雪, 李 莉, 郭 文

(山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266002)

摘要: 为了确定斑点鲟(*Oncorhynchus mykiss*)发眼卵孵化的适宜温度、盐度条件, 作者通过设置不同的孵化温度和盐度, 研究了温度、盐度对斑点鲟发眼卵孵化的影响。结果表明, 发眼卵孵化的适宜温度范围为 8~16℃, 孵化率都在(73.33±2.04)%以上, 最适温度为 10℃, 孵化率达(87.77±1.23)%。温度高于 24℃时发眼卵不能孵化。温度在 6~22℃内, 斑点鲟发眼卵孵化时间与温度成负相关关系。斑点鲟胚胎发育的平均积温值为 343℃·d。发眼卵孵化的适宜盐度范围为 0~15, 孵化率都在(85.33±1.92)%以上, 最适盐度为 0, 孵化率达(97±1.13)%。盐度高于 15 时的孵化率为 0。盐度在 0~15 内, 发眼卵孵化时间与盐度成正相关关系。

关键词: 斑点鲟(*Oncorhynchus mykiss*); 发眼卵; 温度; 盐度; 孵化

中图分类号: S965.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)09-0047-06

doi: 10.11759/hyxx20130517001

斑点鲟(*Oncorhynchus mykiss*), 俗称尊贵鱼, 是鲑科(Salmonidae)鱼类的一种, 因全身布满斑点而得名, 属溯河洄游鱼类, 是由道氏虹鲟(*Oncorhynchus mykiss*)与虹鲟(*Oncorhynchus mykiss*)的降海型品种硬头鲟(*Oncorhynchus mykiss*)杂交而成的虹鲟新品种, 2010 年由山东省海洋生物研究院与青岛福卡海洋生物科技有限公司联合引进中国^[1-3]。斑点鲟肉质细嫩、营养价值高、少肌间刺、出肉率高, 是制作生鱼片、烟熏三文鱼(*Oncorhynchus keta*)的首选鱼类, 深受消费者喜爱。斑点鲟是广温、广盐性鱼类, 生存温度 0~24℃, 适宜水温 8~21℃, 最适生长水温 10~18℃; 对盐度的适应能力也很强, 在 0~33 盐度范围内均能存活^[4]。抗病力强, 生长速度快。

目前国内外关于温度、盐度对鱼类包括虹鲟胚胎发育影响的报道较多^[5-21]。斑点鲟作为一种虹鲟鱼类养殖的新品种, 目前相关报道还很少^[1-4], 温度、盐度对斑点鲟发眼卵孵化的影响也均未见报道。作者研究了温度、盐度对斑点鲟发眼卵孵化的影响, 以期丰富斑点鲟早期发育阶段的生物学基础数据和资料, 为苗种培育和工厂化养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验在山东省海洋生物研究院海水良种繁育中

心内进行。实验材料为同一批受精发育的斑点鲟发眼卵, 于 2012 年 2 月 27 日由美国空运至我实验基地, 此时的发眼卵有效积温为 245℃·d, 已受精 24.5 d。实验在 2 000 mL 的烧杯中进行。

1.2 方法

1.2.1 不同温度下发眼卵的孵化

共设置 10 个温度梯度: 6、8、10、12、14、16、18、20、22、24℃。在 2 000 mL 烧杯中放发眼卵 60 粒进行温度实验, 孵化用水为淡水, 每组设 3 个平行。每天用相同温度水全量换水一次。烧杯置于规格为 67cm×46 cm×35 cm 的塑料箱内, 以 WEIPRO MX300 IC 控温仪保持各实验组温度恒定, 实验期间温度波动±0.5℃。发眼卵置入烧杯后, 以 1℃/h 的速度升温到设计温度。观察记录不同水温下的孵化时间、孵化率。

1.2.2 不同盐度下发眼卵的孵化

设置 9 个盐度梯度: 0、5、10、15、20、25、30、35、40; 高盐度海水以砂滤海水添加海水水晶配制而成; 低盐度海水以砂滤海水加淡水(充分曝气除氯)配制。

收稿日期: 2013-05-17; 修回日期: 2014-04-23

基金项目: 山东省农业重大应用技术创新课题资助项目; 青岛市关键技术攻关计划项目(12-4-1-56-hy)

作者简介: 菅玉霞(1979-), 女, 山东邹平人, 助理研究员, 农学学士, 主要从事海水鱼类养殖及单细胞藻类培养, E-mail: jianyuxia79@163.com, 电话: 0532-86513001; 郭文, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-86513001, E-mail: yzsjsjd@126.com

盐度用海水比重计(精确度 ± 1)来标定。在 2 000 mL 烧杯中分别放入 60 粒发眼卵进行盐度实验, 每个实验组设 3 个平行。每天用相同盐度水全量换水一次。实验过程中及时清除死卵并记录。观察记录不同盐度条件下的孵化时间和孵化率。根据温度孵化实验设计实验水温为 (10 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 。烧杯置于规格为 67 cm $\times$ 46 cm $\times$ 35 cm 的塑料箱内, 以 WEIPRO MX300 IC 控温仪保持塑料箱内温度恒定。

1.3 数据处理

实验数据用 Spss19.0 软件进行统计, 采用单因素方差分析(ANOVA)和 Duncan 检验法统计分析, 采用 Microsoft Excel 2003 进行了数据处理和图表制作。

2 结果与分析

2.1 温度对发眼卵孵化的影响

2.1.1 温度对斑点鲮发眼卵孵化率的影响

图 1 表明, 温度对斑点鲮发眼卵孵化率影响显著($P<0.05$)。由图 1 可知, 在水温 6~22 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,

各实验组发眼卵都能完成孵化, 其中 10 $^{\circ}\text{C}$ 的孵化率最高。当孵化温度低于 10 $^{\circ}\text{C}$ 时, 斑点鲮发眼卵孵化率随温度升高而升高; 孵化温度高于 10 $^{\circ}\text{C}$ 时, 斑点鲮发眼卵孵化率随温度升高而降低, 22 $^{\circ}\text{C}$ 的孵化率最低。当水温超过 24 $^{\circ}\text{C}$ 时, 斑点鲮发眼卵不能孵化出仔鱼。从孵化率的角度评估, 最佳孵化温度是 10 $^{\circ}\text{C}$ 。斑点鲮发眼卵的孵化见图 2。

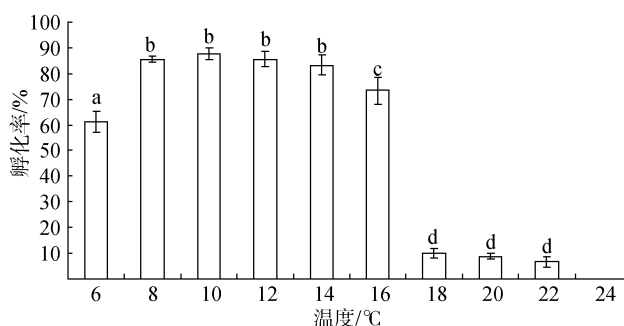


图 1 斑点鲮发眼卵在不同温度下的孵化率

Fig.1 Hatching rate of eyed eggs of *Oncorhynchus mykiss* under different water temperature

图中无相同字母表示存在显著性差异($P<0.05$), 下同
Figure in the same letters without significant difference($P<0.05$), the same below



图 2 斑点鲮发眼卵的孵化

Fig.2 Hatching of eyed eggs of *O. mykiss*

A. 即将孵化的发眼卵 1; B. 即将孵化的发眼卵 2; C. 初孵仔鱼

A. the incubation of eyed eggs 1; B. the incubation of eyed eggs 2; C. the newly hatched larvae

2.1.2 温度对斑点鲮发眼卵孵化时间的影响

斑点鲮发眼卵的孵化时间指的是发眼卵全部孵化出仔鱼所需要的时间。由图 3 可知, 在 6~22 $^{\circ}\text{C}$, 随着水温的升高, 斑点鲮发眼卵的发育时间逐渐缩短。6 $^{\circ}\text{C}$ 时斑点鲮由发眼卵至破膜孵化出仔鱼长达 15 d, 而 22 $^{\circ}\text{C}$, 孵化出仔鱼仅需 4d。发眼卵孵化时间 $N(\text{d})$ 与温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 成负相关关系, 符合对数关系式: $N = -5.031 \ln(T) + 15.378 (R^2 = 0.9924)$ 。

2.1.3 胚胎发育的有效积温值

对于鱼类的发育过程, 每个阶段的积温是该阶段的平均温度和该阶段所持续时间的乘积, 而孵化过程的总积温为各个阶段的积温之和^[22]。由表 1 可知, 本实验条件下斑点鲮胚胎发育的积温范围为

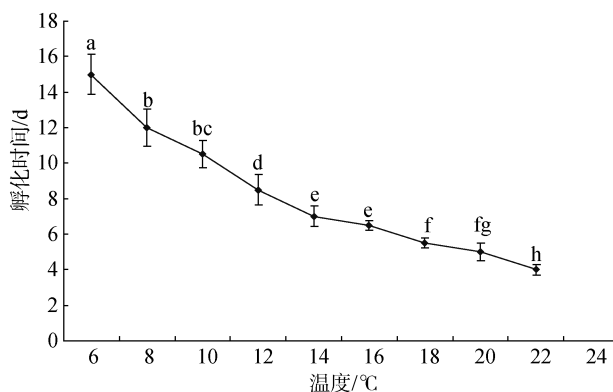


图 3 温度对斑点鲮发眼卵孵化时间的影响

Fig.3 Effect of temperature on hatching days of eyed eggs of *O. mykiss*

333~350 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 平均积温值为 343 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

表 1 斑点鲮发眼卵发育与水温的关系

Tab.1 Relationship between development of eyed eggs of *Oncorhynchus mykiss* and water temperature

组别	孵化水温(℃)	孵化时间(d)	培育期积温 (℃·d)	引进时积温 (℃·d)	总积温值 (℃·d)
1	6	15	90	245	335
2	8	12	96	245	341
3	10	10.5	105	245	350
4	12	8.5	102	245	347
5	14	7	98	245	343
6	16	6.5	104	245	349
7	18	5.5	99	245	344
8	20	5	100	245	345
9	22	4	88	245	333

2.2 盐度对发眼卵孵化的影响

2.2.1 盐度对斑点鲮发眼卵孵化率的影响

图 4 表明, 盐度对斑点鲮发眼卵孵化率影响显著($P<0.05$), 盐度超过 20, 发眼卵不能孵化。盐度高于 30 的实验组, 实验开始 10 h 后就出现死卵, 20 h 后发眼卵全部变浑浊死亡。在盐度 0~15 范围内, 随着盐度升高斑点鲮发眼卵孵化率逐渐降低。盐度 0 时的孵化率最高, 达到 97%。

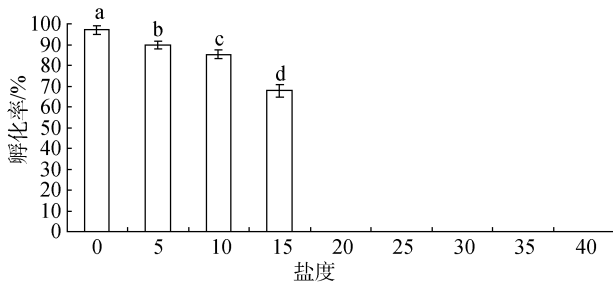


图 4 斑点鲮发眼卵在不同盐度下的孵化率(10±0.5)℃

Fig.4 Hatching rate of eyed eggs of *O. mykiss* under different salinity(10±0.5)℃

2.2.2 盐度对斑点鲮发眼卵孵化时间的影响

盐度超过 20 发眼卵不能孵化, 所以孵化时间只统计到盐度 15。由图 5 可知, 在 0~15 范围内, 随着盐度的升高, 斑点鲮发眼卵的孵化时间逐渐变长。盐度 0 时斑点鲮由发眼卵至破膜孵化出仔鱼需要 11 d, 而在盐度 10~15 时则需要 13d。胚胎孵化时间 $N(d)$ 与盐度 $S(‰)$ 成正相关关系, 二者回归结果符合乘幂函数关系式: $N=11.023S^{0.1299}$ ($R^2=0.9604$)。

3 讨论与结论

3.1 温度对发眼卵孵化的影响

水温是影响鱼类胚胎发育和孵化时间的重要环

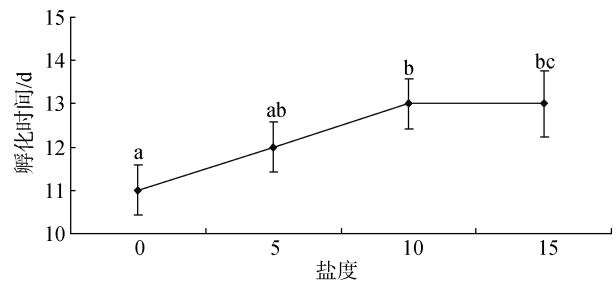


图 5 盐度对斑点鲮发眼卵发育时间的影响

Fig.5 Effect of salinity on hatching days of eyed eggs of *O. mykiss*

境因子之一, 任何一种鱼类的胚胎发育都需要在适宜的温度条件下进行, 不同的鱼种胚胎发育要求的温度条件不同, 对温度的适应范围也有很大差异。本实验条件下, 斑点鲮发眼卵全部孵化时 6℃时的积温值为 335℃·d, 8℃时的积温值为 341℃·d, 与虹鳟 6.3℃时的积温值为 328.12℃·d^[23]、硬头鲮水温 8~10℃时的积温范围为(340~360)℃·d^[24]相似。高于山女鲮(*O. masou*)^[25]平均水温 6.2℃、积温达 297℃·d, 山女鲮平均水温 8.4℃, 积温达 252℃·d 时才全部孵化。而低于白点鲑(*Salvelinus leucomaenis*)^[15]在平均温度 5.16℃、积温 423.87℃·d 时才能全部孵化; 也低于洄游性大西洋鲑(*Salmo salar*)在水温 8~10℃、积温达到 485℃以上时才孵化^[26]。其产生差异的原因可能与这几种鲑科鱼类的生活习性、亲鱼培育的环境条件有关。另外, 不同的水温下, 仔鱼出膜所需的发育积温也略有差异, 例如虹鳟在 9℃时约为 343.0℃·d, 10℃时约为 309.73℃·d, 12℃时约为 308.2℃·d^[27], 本实验条件下斑点鲮在 6℃时的积温值为 335℃·d, 10℃时为 350℃·d, 18℃时为 344℃·d, 也验证了这一点。

鱼类的胚胎发育时间长短与水温有着密切关系。本实验条件下, 斑点鲮在平均水温 6℃时全部孵出需要 39.5 d, 16℃时全部孵出需要 31 d, 而在平均

温度为 22℃ 时, 28.5d 左右即可全部出膜。斑点鲮发眼卵发育速度随着水温的升高而加快, 这同其他鱼类是一致的^[28]。如, 虹鲮在平均水温 7.5℃ 时, 从受精至孵出需要 46 d, 平均水温为 9℃ 时, 孵化期则为 30~38 d, 而在平均温度为 12℃ 时, 26 d 左右即可出膜; 山女鲮在 8℃ 的水温孵化约需 60 d, 而在绥芬河(平均孵化水温低于 4℃) 的山女鲮则需要 90 d 的孵化才破膜而出^[29]。哲罗鱼(*Hucho taimen* Pallas)^[30]在水温 8.3~11.6℃ 时, 从卵受精到破膜需 38~41 d。陆封型大西洋鲑发眼卵在水温 3~11℃ 时破膜需要 24 d, 而水温 2~8℃ 时破膜则长达 45 d^[31]。

鱼类胚胎的孵化出膜主要靠两方面的作用: 胚体的运动和孵化酶的作用^[10]。楼允东^[32]、樊廷俊等^[33]的研究表明, 孵化酶的作用受温度的影响较明显, 在孵化酶分泌过程中温度的下降, 不仅能显著延迟孵化, 而且胚胎的存活率也降低。温度主要通过影响孵化酶的分泌及其活性控制仔鱼的孵出, 通常低温抑制孵化酶的分泌和作用, 高温则使孵化酶失活。孵化期水温能够影响仔鱼对营养物质的吸收以及器官发育分化等, 这些对于仔鱼初孵时迅速适应环境和成活至关重要。从实验结果看, 水温升高到 18℃ 以上时, 仔鱼的孵化时间大大缩短, 但是仔鱼的存活率也大大降低。胚胎发育所需时间和发育速率通常在一定范围内与温度成负相关, 这与本实验结果一致。

张耀光等^[34]认为一般把孵化率最高的温度做为鱼类胚胎发育的最适温度。本实验条件下, 10℃ 时的孵化率最高, 温度 18~22℃ 范围内虽能孵化出仔鱼, 但是孵化率比较低, 当温度高于 24℃ 时, 斑点鲮发眼卵不能孵化出仔鱼。从孵化率的角度评估, 可以得出斑点鲮发眼卵的适宜孵化水温为 8~16℃, 最适温度为 10℃。

3.2 盐度对发眼卵孵化的影响

海水盐度是直接影响鱼类胚胎发育的主要因素, 盐度对于鱼类的生长和繁殖具有重要的影响。从本研究结果看, 斑点鲮的发眼卵孵化率随盐度的升高而降低, 这与一般的海产鱼类条斑星鲷(*Verasper moseri*)^[5]、半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)^[8]、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)^[10]等孵化率随盐度的升高而升高相反, 究其原因与斑点鲮的生活习性相关。斑点鲮属于溯河洄游鱼类, 鱼卵在淡水中孵化, 仔鱼孵出后能逐渐适应盐度的升高, 最后可适应在海水中

的生长, 因此, 发眼卵的孵化率随盐度的升高呈现降低的趋势。王宏田等^[35]的研究表明, 当盐度过高或过低时, 卵膜由于难以调节细胞与周围介质之间的物质平衡会导致卵细胞受到损伤或破裂, 从而出现死卵。盐度高于 20 时发眼卵不能孵化出仔鱼, 鱼卵发白变浑浊死亡。盐度高于 30 的实验组, 实验开始 10 h 后就出现死卵, 20 h 后发眼卵全部变浑浊死亡。

盐度同样影响斑点鲮发眼卵的胚胎发育时间, 在 0~15 范围内, 随着盐度的升高, 斑点鲮发眼卵的发育时间逐渐变长。因此, 结合盐度对孵化率及孵化时间的影响, 可以得出斑点鲮发眼卵的适宜孵化盐度为 0~15, 最适盐度为 0。

作者只对温度、盐度对进入发眼期的斑点鲮胚胎进行了研究, 至于温度、盐度对整个胚胎发育阶段的影响, 还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 王波, 郭文, 刘学政, 等. 斑点鲮引种养殖前景初步分析[J]. 齐鲁渔业, 2011, 28(5): 50-51.
- [2] 郭文, 高凤祥, 潘雷, 等. 斑点鲮仔、稚、幼鱼的形态发育[J]. 海洋渔业, 2012, 34(3): 263-269.
- [3] 郭文, 胡发文, 菅玉霞, 等. 温度变化对斑点鲮仔鱼存活与生长的影响[J]. 水产养殖, 2012, 33(7): 44-46.
- [4] 郭文, 潘雷, 张少春, 等. 斑点鲮发眼卵孵化及苗种培育试验[J]. 水产科技情报, 2012, 40(3): 113-115.
- [5] 王妍妍, 柳学周, 刘新富, 等. 温度、盐度对条斑星鲷胚胎发育的影响[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(6): 27-32.
- [6] 关键, 柳学周, 兰春燕, 等. 温度、盐度对褐牙鲈(♀) × 犬齿牙鲈(♂) 杂交子一代胚胎发育和仔鱼存活的影响[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 31-37.
- [7] 陈朴贤. 盐度对褐毛鲷胚胎发育和早期仔鱼存活率的影响[J]. 海洋科学, 2012, 36(11): 24-29.
- [8] 张鑫磊, 陈四清, 刘寿堂, 等. 温度、盐度对半滑舌鲷胚胎发育的影响[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(3): 342-348.
- [9] 胡发文, 潘雷, 高凤祥, 等. 温度和盐度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响[J]. 海洋科学, 2012, 36(7): 44-48.
- [10] 徐永江, 柳学周, 王妍妍, 等. 温度、盐度对条石鲷胚胎发育影响及初孵仔鱼饥饿耐受力[J]. 渔业科学进

- 展, 2009, 30(3): 25-31.
- [11] 柴学军, 孙敏, 许源剑. 温度和盐度对日本黄姑鱼胚胎发育的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 43-49.
- [12] 黄金善, 范兆廷, 贾忠贺, 等. 沉性大卵径鱼卵的观察方法与虹鳟的胚胎发育[J]. 经济动物学报, 2005, 9(4): 235-238.
- [13] 张北平, 蔡林纲, 吐尔逊, 等. 高白鲑受精卵人工孵化及胚胎发育观察[J]. 水产学杂志, 2001, 14(2): 24-27.
- [14] 豪富华, 陈毅峰, 蔡斌. 西藏亚东鲑的胚胎发育[J]. 水产学报, 2006, 30(3): 289-296.
- [15] 张永泉, 刘奕, 王炳谦, 等. 白点鲑胚胎与仔鱼发育[J]. 动物学杂志, 2010, 45(5): 111-120.
- [16] Mihelakakis A, Kitajima C. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate, and morphogenesis of the silver sea bream, *Sparus sarba*[J]. Aquaculture, 1994, 126(3-4): 361-371.
- [17] Morgan R P, Rasin V J. Influence of temperature and salinity on development of white perch eggs[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1982, 111(3): 396-398.
- [18] Yasuhisa K, Tsuzumi M. Effects of salinity on the embryonic development and larval survival activity index of red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. Saibai Giken, 1993, 22(1): 35-38.
- [19] Turner M A, Viant M R, Teh S J, et al. Developmental rates, structural asymmetry, and metabolic fingerprints of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs incubated at two temperatures[J]. Fish Physiology Biochemistry, 2007, 33: 59-72.
- [20] Svecevicus G. Avoidance response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* to heavy metal model mixture after long-term exposure in early development[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2003, 71: 226-233.
- [21] Lazorchak J M, Smith M E. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) 7-day survival and growth test method[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2007, 53: 397-405.
- [22] 童永, 沈建忠. 盘丽鱼胚胎发育的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2633-2635.
- [23] 黄金善, 范兆廷, 贾忠贺, 等. 沉性大卵径鱼卵的观察方法与虹鳟的胚胎发育[J]. 经济动物学报, 2005, 9(4): 235-238.
- [24] 徐绍刚, 田照辉, 杨贵强. 硬头鲂苗种培育技术[J]. 中国水产, 2009, 4: 47-48.
- [25] 王昭明, 王新军, 陈惠, 等. 山女鲂人工受精孵化技术初步研究[J]. 水产学杂志, 2000, 13(2): 1-5.
- [26] 米成志, 邹积敏, 赵学伟. 洄游型大西洋鲑苗种培育技术[J]. 中国水产, 2004, 11: 45-46.
- [27] 王玉堂, 熊贞. 淡水冷水性鱼类养殖新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [28] 扬州, 华洁, 陈晰. 暗纹东方鲀胚胎发育历期与温度的关系[J]. 淡水渔业, 2004, 34(2): 6-8.
- [29] 范兆廷, 姜作发, 韩英. 冷水性鱼类养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [30] 徐伟, 尹家胜, 匡友谊, 等. 哲罗鱼人工育苗技术研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 452-456.
- [31] 夏重志, 牟振波, 陆久韶, 等. 陆封型大西洋鲑发眼卵孵化及苗种培育试验[J]. 水产学杂志, 2002, 15(1): 1-4.
- [32] 楼允东. 鱼类的孵化酶[J]. 动物学杂志, 1965, 7(3): 97-101.
- [33] 樊廷俊, 史振平. 鱼类孵化酶的研究进展及其应用前景[J]. 海洋湖沼通报, 2002, 53(1): 48-56.
- [34] 张耀光, 何学福, 蒲德永. 长吻脆胚胎和胚后发育与温度的关系[J]. 水产学报, 1991, 15: 172-176.
- [35] 王宏田, 张培军. 环境因子对海产鱼类受精卵及早期仔鱼发育的影响[J]. 海洋科学, 1998, 22(4): 50-52.

Effects of temperature and salinity on the hatching of eyed eggs of *Oncorhynchus mykiss*

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

(Ocean and Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, 266002, China)

Received: May, 17, 2013

Key words: *Oncorhynchus mykiss*; eyed eggs; temperature; salinity; hatch

Abstract: In order to determine the suitable temperature and salinity for eyed eggs of *Oncorhynchus mykiss*, we studied the effect of temperature and salinity on the hatching of eyed eggs by setting different temperatures and salinities. The results showed that the suitable temperature range for hatching was 8~16°C with hatching rate higher than (73.33±2.04)%. The most suitable temperature was 10°C with a high hatching rate of (87.77±1.23)%. The eyed eggs didn't hatch when the temperature was higher than 24°C. In the temperature range of 6~22°C, there was a negative correlation between the hatching time and temperature. The average accumulated temperature for embryo development was 343°C·d. The suitable salinity range for hatching was 0~15 with hatching rate higher than (85.33±1.92)%. The most suitable salinity was 0 with a high hatching rate of (97±1.13)% . The hatching rate was 0 when the salinity was more than 15. In the salinity range of 0~15, there was a positive correlation between the hatching time and salinity.

(本文编辑: 谭雪静)