

大泷六线鱼全人工繁育技术研究

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

(山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266104)

摘要: 2012年~2014年, 作者在山东省海洋生物研究院鳌山卫中试基地进行了大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)全人工繁育研究, 通过人工促熟、激素诱导, 培育 F1 代全人工亲鱼 558 尾(雄鱼 231 尾, 雌鱼 327 尾), 获得受精卵 33.0 万粒, 孵化 F2 代仔鱼 30.0 万尾, 受精率 98%, 孵化率 91%。在水温 16~17℃、盐度 31、pH 7.8~8.1、溶解氧 6 mg/L 条件下, 历时 110 d, 培育平均全长 6.2 cm F2 代苗种 11.7 万尾, 苗种成活率 39%。作者在国内外首次开展了大泷六线鱼全人工繁育技术研究, 丰富了大泷六线鱼养殖基础资料, 为大泷六线鱼产业的发展奠定基础。

关键词: 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*); 人工繁育

中图分类号: S917.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)03-0071-06

doi: 10.11759/hyhx20140722001

大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)又名欧氏六线鱼、六线鱼, 俗称黄鱼, 为冷温性近海底层岩礁鱼类, 属鲷形目(Scorpaeniformes)、六线鱼科(Hexagrammidate)、六线鱼属(*Hexagrammos*)。大泷六线鱼耐低温, 生存温度 2~26℃, 主要分布于中国黄海和渤海, 也见于朝鲜、日本和俄罗斯远东诸海^[1], 中国主要分布于山东、辽宁和江苏等地的近海多岩礁海区。大泷六线鱼因肉质细嫩、味道鲜美、口感独特, 素有“北方石斑”之称, 经济价值较高, 深受广大消费者和养殖者青睐。大泷六线鱼是中国北方海上网箱养殖的理想种类, 也是开展渔业增殖放流和发展休闲渔业理想品种, 作为北方特有名贵海水鱼类推广前景广阔。

国内外关于大泷六线鱼的研究多集中于基础生物学方面^[2-6], 早期人工繁育试验均未取得突破^[7-9]。自 2009 年山东省海洋生物研究院开始大泷六线鱼人工繁育技术的系统研究, 相继在亲鱼促熟培育、生殖调控、人工授精、孵化、苗种培育方面进行了系列报道^[10-16], 获得规模化人工繁育的成功, 为大泷六线鱼产业的健康持续发展奠定了基础。作者以人工繁殖培育的 F1 代成鱼为亲本, 在 2012~2014 年成功地建立了大泷六线鱼的规模化全人工繁育技术, 培育 F2 代全人工苗种 11.7 万尾, 这些结果不仅丰富了大泷六线鱼养殖基础资料, 也将对大泷六线鱼全人工养殖的产业开展和发展进行指导。

1 材料与方法

1.1 亲鱼来源与培育方法

实验所用亲鱼为 2010 年人工繁育的大泷六线鱼 F1 代, F1 代苗种培育成功后, 先进行 1 年的室内工厂化中间培育, 2012 年 5 月挑选 1 万尾移入大连市长海县海上网箱养殖, 网箱规格为 6 m×6 m×6 m, 每箱放鱼 5 000 尾, 后期分箱 1 次, 主要投喂玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)等新鲜小杂鱼, 每日投喂 1~2 次, 按鱼体质量 3% 投喂, 冬季水温低于 3℃, 夏季水温高于 23℃ 时停止投喂, 养殖区海水深度 18~20 m, 盐度 31。

1.2 亲鱼促熟培育

2013 年 10 月, 海上网箱养殖的大泷六线鱼逐渐成熟, 起捕后挑选全长 30 cm 以上、健康活泼成鱼 800 尾, 采用活水车运输至青岛进行室内营养强化培育, 投喂优质新鲜的玉筋鱼、小虾等, 并适量添加复合维生素和卵磷脂等, 日投喂 2 次, 投喂量为鱼体质量的 2%~3%。亲鱼培育密度为 3~5 尾/m³, 雌、雄比例为 2 : 1。流水培育, 日流量为 3~5 个全量, 培育

收稿日期: 2014-07-22; 修回日期: 2015-12-14

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

[Foundation: Development Program of Science and Technology in Shandong Province (Grant No. 2011GHY11502); Restoration of Fisheries Resources Action Program in Shandong Province]

作者简介: 胡发文(1982-), 男, 山东临沂人, 助理研究员, 主要从事海水鱼类繁育与增养殖学研究, E-mail: fwhu88@163.com; 郭文, 通信作者, 研究员, E-mail: yzszsjd@126.com

用水为沙滤自然海水, 水温 16~18℃, 盐度 31, pH 7.8~8.1, 连续充气, 溶解氧保持在 6 mg/L 以上, 光照强度控制在 500~800 lx, 光照时间为 6:00~22:00。

1.3 人工授精与孵化

经过一段时间的促熟培育后, 观察发现部分雌鱼腹部膨大松软、生殖孔红肿, 轻挤腹部即有鱼卵排出, 鱼卵圆润、规格均匀, 镜检卵子均成熟良好, 可进行人工授精。对于发育滞后的雌鱼可进行人工激素催产, 采用促黄体素释放激素 A₂(LHRH-A₂, 宁波第二激素厂), 背部肌肉注射, 注射剂量 50 μg/kg 体质量, 分 2~3 次注射完毕, 每次间隔 24 h。雄鱼成熟一般早于雌鱼, 一般自然成熟, 无需注射激素即可人工挤出精液, 镜检精子活力好, 成熟良好, 即可用于人工授精。

人工授精采用半干法授精, 选择性腺发育良好的雌鱼, 直接将鱼卵挤入容器内。同时, 选择性腺发育良好的雄鱼, 尽快将精液挤入同一容器内, 混合均匀后将鱼卵整形成单层平面薄片状。2 min 后加入海水, 受精卵片凝结变硬, 3~5 次洗卵后, 移入孵化网箱中流水孵化, 孵化密度(1.0~1.5)×10⁵ 粒/m³, 日流量为 8~10 个全量, 孵化用水为沙滤自然海水, 水温 16~17℃, 盐度 31, pH 7.8~8.1, 溶解氧 6 mg/L 以上, 光照强度 500~800 lx^[11]。在上述条件下, 受精卵经过 20~23 d 孵化破膜。

1.4 鱼苗培育

仔鱼孵出后, 多集中于孵化网箱底部和边缘, 随后逐渐活跃上浮到水体中上层, 此时, 小心收集仔鱼转移至培育池培育, 培育池规格为 3 m×1 m×0.8 m。

初孵仔鱼放养密度 5 000~8 000 尾/m³, 并随鱼苗生长及时分池, 鱼苗全长 3~5 cm 后, 控制在 800~1 000 尾/m³。开始放苗时培育池中水位只需达到 1/2 池深即可, 此后每日添加新水 10% 至池满为止, 后改为换水培育, 初期日换水量为 15%, 随着苗种生长发育和摄食量的增加换水量逐渐增大到 200%~400%。苗种培育期间, 每天向育苗水体加入新鲜小球藻(*Chlorella vulgaris*), 保持培育水体藻液浓度 50×10⁴ 个/mL, 饵料系列依次为强化的轮虫(*Rotifer*)、卤虫(*Artemia nauplii*)无节幼体和配合饲料(图 1)。

苗种培育期间, 水温 16~17℃, 盐度 31, pH 7.8~8.1, 溶解氧 6 mg/L 以上, 每天昼夜两次监测培育水体的水质情况, 保证水质指标稳定。每天使用清底器吸底 1 次, 保证培育池底清洁无死鱼、残饵。

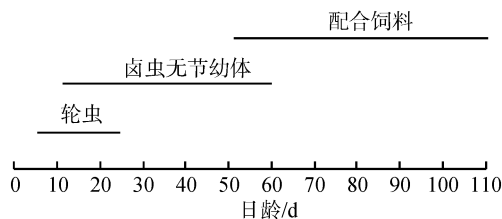


图 1 大泷六线鱼苗种培育饵料系列

Fig.1 Food serials during seedling production of *Hexagrammos otakii*

2 结果

2.1 大泷六线鱼 F1 代存活与生长情况

实验用大泷六线鱼亲鱼为 2010 年 11 月人工繁育获得的 F1 代, 初孵仔鱼平均全长 0.6 cm±0.09 cm, 平均体质量 5 mg±0.8 mg, 经过 4 个月苗种培育, 至 2011 年 3 月, 平均全长 6.3 cm±1.1 cm, 平均体质量 1.7 g±0.4 g, 此后至 2012 年 5 月下网箱前为中间培育期, 平均全长 16.2 cm±2.0 cm, 平均体质量 46.2 g±6.8 g, 海上养殖半年后 2012 年 11 月平均全长 26.1 cm±2.4 cm, 平均体质量 309.8 g±11.7 g, 再经 1 年养殖, 2013 年 10 月进入大泷六线鱼繁殖季节, 部分 F1 代成鱼开始成熟, 平均全长 32.5 cm±3.1 cm, 平均体质量 680.6 g±14.9 g(图 2)。

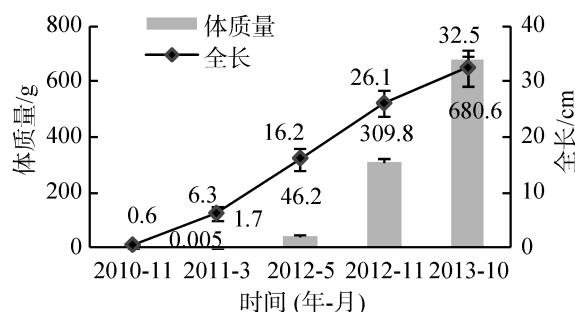


图 2 大泷六线鱼 F1 代生长情况

Fig. 2 Growth of *Hexagrammos otakii* F1 generation

2013 年 10 月, 起捕收获成鱼 7322 尾, 共计 4983 kg, 海上网箱养殖成活率 73.2%。

2.2 F1 代亲鱼人工繁育情况

成鱼起捕后, 选取全长 30 cm 以上、色泽正常、体形完整、无病无伤成鱼 800 尾, 活水车运回青岛, 经过室内人工促熟培育后, 筛选用于全人工繁育亲鱼 558 尾, 其中雄鱼 231 尾, 雌鱼 327 尾(表 1)。

人工授精共采集鱼卵 33.7 万粒, 鱼卵为沉性卵, 油球多而分散, 平均卵径 1.97 mm±0.21 mm(n=60),

获得受精卵 33.0 万粒, 受精率 98%。
在水温 16~17℃, 盐度 29~31 条件下, 受精卵经

过 20~23 d 孵化破膜, 共获 F2 初孵仔鱼 30 万尾, 孵化率 91%。

表 1 大龙六线鱼 F1 人工繁育情况

Tab. 1 Seedling production of *Hexagrammos otakii*

采卵量(万粒)	受精卵(万粒)	受精率(%)	初孵仔鱼(万尾)	孵化率(%)	平均全长(mm)	苗种数量(万尾)	成活率(%)
33.7	33.0	98	30	91	62.4±4.3	11.7	39

2.3 F2 苗种培育情况

在水温 16~17℃, 盐度 29~31, 溶解氧 6 mg/L 条件下, 经过 110 d 的培育, 共培育 6 cm 以上 F2 代苗种 11.7 万尾, 育苗成活率 39%(图 3)。

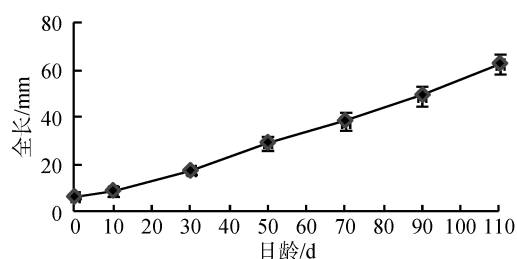


图 3 大龙六线鱼 F2 代苗种生长情况(16~17℃)

Fig. 3 Growth of *Hexagrammos otakii* F2 generation

3 讨论

3.1 繁殖习性

六线鱼科鱼类包括六线鱼属在内共 5 属 12 种, 在中国分布的仅有 4 种, 分别为斑头六线鱼(*H. agrammus*)、大龙六线鱼(*H. otakii*)、长线六线鱼(*H. lagocephalus*)、叉线六线鱼(*H. octogrammus*)^[17]。斑头六线鱼和叉线六线鱼栖息在相对水深较浅的藻礁, 而大龙六线鱼栖息于较深的岩礁区域^[18-19]。大龙六线鱼性成熟较早, 雄鱼一般 2 龄成熟, 雌鱼一般 3 龄才达性成熟。大龙六线鱼产黏性卵, 雌鱼怀卵量较少, 一般在万粒之内, 多产卵于岩礁、砾石、贝壳或海藻上^[10, 20]。雌鱼产卵后, 雄鱼排出精液完成交配, 雄性则开始护巢直到仔鱼孵化^[21]。六线鱼科鱼类胚胎孵化时间较长, 大龙六线鱼 20 d 左右^[11-12], 单鳍多线鱼 40~45 d^[22]。

根据鱼类自然产卵季节光照时间的长短, 分为长光照型和短光照型鱼类。长光照型鱼类多在春、夏季产卵, 如真鲷(*Pagrososmus major*), 而同为鲷科鱼类的金头鲷(*Sparus aurata*)则为短光照型, 在秋、冬季产卵^[23], 大龙六线鱼繁殖季节为 10 月下旬到 11 月中下旬^[11], 属短光照型鱼类, 另外六线鱼科

鱼类多属短光照型鱼类, 且彼此繁殖季节出现重叠, 存在自然杂交现象^[24], 有关六线鱼科鱼类杂交方面还需进一步研究。

3.2 人工繁殖

六线鱼科鱼类人工繁殖方面的研究仅见于大龙六线鱼。山东省海洋生物研究院从 20 世纪末就开始大龙六线鱼的人工育苗技术研究^[9], 经过两代人的努力, 最终实现了大龙六线鱼全人工繁殖。

培育优质亲鱼是全人工繁育成功的关键, 亲鱼质量的好坏直接影响人工繁育的成败。本试验采用大龙六线鱼亲鱼为山东省海洋生物研究院人工繁育的 F1 代(其亲本为野生海捕亲鱼), 经过海上网箱养殖, 共捕获成鱼 7 332 尾, 从中筛选 800 尾作为预备亲鱼在车间促熟培育, 亲鱼群体大, 数量充足, 个体均匀, 为大龙六线鱼全人工繁育的成功奠定了基础。经过促熟培育后, 最终筛选用于全人工繁育亲鱼 558 尾, 其中雄鱼 231 尾, 雌鱼 327 尾。研究发现雄鱼成熟早于雌鱼, 且成熟度好于雌鱼, 为了获得同步成熟的雌雄亲鱼, 在亲鱼生殖调控方面还需进一步研究。

大龙六线鱼鱼卵有高黏性, 易黏结成块, 人工授精与孵化困难, 是水产业公认的人工繁育难度大的品种。2009 年, 山东省海洋生物研究院首次突破人工繁育难关, 采用人工平面授精孵化方式, 受精率达 90% 以上, 孵化率 80% 以上, 成功培育苗种 4.1 万尾^[11]。此次全人工繁育同样采用上述人工授精和孵化方式, 共采集受精卵 33.0 万粒, 受精率 98%, 受精卵经过 20~23 d 孵化破膜, 共获初孵 F2 代仔鱼 30 万尾, 孵化率 91%, 取得较为理想的效果。

3.3 苗种培育

有学者认为仔、稚鱼由吸收卵黄囊内源性营养转变为摄取人工培养的浮游动物或人工配合微粒饲料等外源性营养后, 某些营养物质的缺乏是导致仔、稚鱼大量死亡的一个重要原因^[23, 25]。所以保证充足、均衡的营养是保证苗种培育成活率的首要任务。大龙六线鱼为秋、冬季产卵鱼类, 水温低, 正是海水水

质较瘦的季节,因此,人工培养饵料质量好坏、充足与否直接关系到育苗是否成功。苗种培育初期,每日向育苗水体添加新鲜的小球藻,一方面可以改善水质,另一方面可以作为池中轮虫的饵料,保证轮虫的营养质量。

大龙六线鱼苗种培育采用的饵料系列为轮虫、卤虫无节幼体和配合饲料。有学者研究了青岛近海大龙六线鱼的生长和食性,发现幼鱼饵料中端足类、等足类和幼蟹等较为常见,成鱼则以鱼虾蟹为主,但均属底栖动物食性,并认为大龙六线鱼成鱼和幼鱼之间食性转换不明显^[26, 27]。为了提高育苗成活率,作者建议苗种培育过程中适当延长轮虫和卤虫的投喂时间,同时为了保证营养,轮虫、卤虫在投喂之前,需先进行营养强化。为了进一步提高开口期仔鱼成活率,还应开展贝类担轮幼虫或S型轮虫的开口投喂试验。

幼鱼阶段鱼苗逐渐潜入水底,开始寻找遮蔽物躲藏,此时应及时在池底设置空心砖、水泥制件等供其栖息躲藏。除此之外,在培育水体中适量添加有益菌(益生菌、光合细菌等),通过改善水质,稳定环境,提高苗种成活率。

3.4 发展前景

大龙六线鱼作为中国北方优良的养殖品种,在生态习性、繁殖特点、养殖方法等方面独具特色,是典型的底层岩礁性鱼类,栖息于0~50 m水深的近海岩礁区,是网箱养殖、渔业增殖放流、休闲渔业等的理想品种。

中国网箱养殖大龙六线鱼有多年历史^[28],目前主要采用网箱单养或与许氏平鲷(*Sebastes schlegelii*)等鱼类混养的模式。由于生长速度相对较慢,室内工厂化养殖仅处于试验阶段^[29],还有待于进一步研究。

大龙六线鱼全人工繁育的成功,使人工繁育摆脱了对野生亲鱼的依赖,人工苗种产量更加稳定可控,为渔业增殖放流、休闲渔业和网箱养殖奠定了坚实基础,对近海渔业资源修复与养护具有重要意义,发展前景广阔。

参考文献:

- [1] 成庆泰. 中国经济动物志(海产鱼类)[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 135-137.
Cheng Qingtai. Economic animals of China (marine fisheries)[M]. Beijing: Science Press, 1962: 135-137.
- [2] 刘奇, 王亮, 高天翔, 等. 北黄海大龙六线鱼主要生物学特征比较研究[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(9): 13-18.
- [3] Liu Qi, Wang Liang, Gao Tianxiang, et al. Comparison of biological characteristics of *Hexagrammos otakii* in the Northern Yellow Sea[J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(9): 13-18.
- [3] 温海深, 王连顺, 牟幸江, 等. 大龙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.
Wen Haishen, Wang Lianshun, Mou Xingjiang, et al. Study on the annual variation of testis development of *Hexagrammos otakii*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2007, 37(4): 581-585.
- [4] Chen Songlin, Miao Guidong, Shao Changwei, et al. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from fat greenling (*Hexagrammos otakii*)[J]. Conserv Genet, 2009, 10: 1429-1431.
- [5] Matsumiya Masahiro, Arakane Yasuyuki, Haga Atsunobu, 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.
- [6] 冯昭信, 韩华. 大龙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.
Feng Zhaoxin, Han Hua. Rational utilization of *Hexagrammos otakii* resources[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 1998, 13(2): 24-28.
- [7] Osamu Fukuhara, Toru Fushimi. Development and early life history of the greenlings *Hexagrammos otakii* (pices: *Hexagrammidae*) reared in the laboratory[J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1983, 49(12): 1843-1848.
- [8] 吴立新, 秦克静, 姜志强, 等. 大龙六线鱼(*Hexagrammos otakii*)人工育苗初步试验[J]. 海洋科学, 1996, (4): 32-34.
Wu Lixin, Qin Kejing, Jiang Zhiqiang, et al. Preliminary experiment on the artificial breeding of the fat greenling *Hexagrammos otakii*[J]. Marine Sciences, 1996, (4): 32-34.
- [9] 庄虔增, 于鸿仙, 刘岗, 等. 六线鱼苗种生产技术的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(1): 103-106.
Zhuang Qianzeng, Yu Hongxian, Liu Gang, et al. Studies on the production techniques of greenling (*Hexagrammos otakii*) seed stock[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1999, 6(1): 103-106.
- [10] 郭文, 于道德, 潘雷, 等. 六线鱼科鱼类特殊体色与繁殖特性[J]. 海洋科学, 2011, 35(12): 1-5.
Guo Wen, Yu Daode, Pan Lei, et al. Special coloration changes and reproductive characteristics of greenlings (family Hexagrammidae)[J]. Marine Sciences, 2011, 35(12): 1-5.
- [11] 潘雷, 胡发文, 高凤祥, 等. 大龙六线鱼人工繁殖及育苗技术初步研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(12): 39-44.
Pan Lei, Hu Fawen, Gao Fengxiang, et al. Study of artificial breeding and seedling culture technique for

- greenling *Hexagrammos otakii*[J]. Marine Sciences, 2012, 36(12): 39-44.
- [12] 胡发文, 潘雷, 高凤祥, 等. 大泷六线鱼胚胎发育及其与水温的关系[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(1): 28-33.
Hu Fawen, Pan Lei, Gao Fengxiang, et al. Embryonic development of *Hexagrammos otakii* and its relationship with incubation temperature[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(1): 28-33.
- [13] 高凤祥, 潘雷, 胡发文, 等. 大泷六线鱼的外形特征与消化系统结构[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(2): 24-28.
Gao Fengxiang, Pan Lei, Hu Fawen, et al. Configurational character and morphological structure of digestive system of *Hexagrammos otakii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(2): 24-28.
- [14] 菅玉霞, 潘雷, 胡发文, 等. 温度和盐度对大泷六线鱼仔鱼存活与生长的影响[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(5): 24-29.
Jian Yuxia, Pan Lei, Hu Fawen, et al. The effects of temperature and salinity on survival and growth of larvae of *Hexagrammos otakii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(5): 24-29.
- [15] 胡发文, 郭文, 潘雷, 等. 大泷六线鱼仔稚幼鱼形态发育与生长特性[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(6): 16-22.
Hu Fawen, Guo Wen, Pan Lei, et al. Morphological development and growth of larval and juvenile fish of *Hexagrammos otakii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(6): 16-22.
- [16] 潘雷, 房慧, 张少春, 等. 大泷六线鱼仔、稚、幼鱼期消化酶活力的变化[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(3): 54-60.
Pan Lei, Fang Hui, Zhang Shaochun, et al. Research on the variation of digestive enzymes in larval and juvenile periods of *Hexagrammos otakii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(3): 54-60.
- [17] 金鑫波. 中国动物志[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 550-561.
Jin Xinbo. Fauna Sinica[M]. Beijing: Science Press, 2006: 550-561.
- [18] Crow K D, Munehara H, Kanamoto Z, et al. Maintenance of species boundaries despite rampant hybridization between three species of reef fishes (*Hexagrammidae*): implications for the role of selection[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 2007, 91(1): 135-147.
- [19] Crow K D, Munehara H, Bernardi G. Sympatric speciation in a genus of marine reef fishes[J]. Molecular Ecology, 2010, 19(10): 2089-2105.
- [20] 刘奇. 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)生物学特征与遗传多样性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 5-15.
Liu Qi. Studies of biology characteristics and genetic diversity on populations of *Hexagrammos otakii*[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010: 5-15.
- [21] Crow K D, Powers D A, Bernardi G. Evidence for multiple maternal contributors in nests of kelp greenling (*Hexagrammos decagrammus*, *Hexagrammidae*)[J]. Copeia, 1997, 1: 9-15.
- [22] Nichol D G, Somerton D A. Diurnal vertical migration of the atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* as shown by archival tags[J]. Marine Ecology Progress Series, 2002, 239: 193-207.
- [23] 王彦怀, 康文义, 许文静, 等. 金头鲷全人工育苗技术研究[J]. 水产科学, 2007, 26(12): 675-677.
Wang Yanhuai, Kang Wenyi, Xu Wenjing, et al. Artificial propagation and fry rearing in gilthead bream (*Sparus aurata*)[J]. Fishery Science, 2007, 26(12): 675-677.
- [24] Munehara H, Kanamoto Z, Miura T. Spawning behavior and interspecific breeding in three Japanese greenlings (*hexagrammidae*)[J]. Ichthyological Research, 2000, 47(3): 287-292.
- [25] 刘镜恪, 徐世宏. 海水仔稚鱼必需脂肪酸和磷脂的营养需求[J]. 海洋科学, 2006, 30(11): 75-81.
Liu Jingke, Xu Shihong. Nutrient requirement of marine fish larvae for essential fatty acids and phospholipids[J]. Marine Sciences, 2006, 30(11): 75-81.
- [26] 叶青. 青岛近海欧氏六线鱼食性的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1992, 14(4): 50-55.
Ye Qing. Feeding habits of greenling from coastal waters off Qingdao[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1992, 14(4): 50-55.
- [27] 叶青, 郑家声. 青岛近海欧氏六线鱼(J&S)年龄和生长的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1993, 23(2): 59-68.
Ye Qing, Zheng Jiasheng. A study on age and growth of greenling in coastal waters of Qingdao[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1993, 23(2): 59-68.
- [28] 史会来, 楼宝, 毛国民. 六线鱼科鱼类人工繁养技术[J]. 水产养殖, 2009, 9: 10-11.
Shi Huilai, Lou Bao, Mao Guomin. Artificial breeding technique of Hexagrammidae[J]. Aquaculture, 2009, 9: 10-11.
- [29] 苏利, 邢光敏, 黄学玉. 大泷六线鱼地下水室内养殖试验[J]. 水产科技情报, 2011, 38(3): 160-162.
Su Li, Xing Guangmin, Huang Xueyu. Study on greenlings (family Hexagrammidae) culture with underground sea water[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2011, 38(3): 160-162.

An artificial breeding technique for the fat greenling *Hexagrammos otakii*

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

(Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China)

Received: Jul. 22, 2014

Key words: *Hexagrammos otakii*; artificial breeding

Abstract: This article presents the results of an artificial technique used for breeding the fat greenling *Hexagrammos otakii* from 2012 to 2014 together with key technologies, such as broodstock culture, induced spawning, egg incubation, and larval culture. Using 558 first filial broodstocks (231 males, 327 females), 30×10^4 larvae were hatched from 33×10^4 artificially fertilized eggs. The average rates of fertilization and incubation reached 98% and 91%, respectively. Total 11.7×10^4 healthy second filial fries were successfully cultivated with an average total length of 6.2 cm and survival rate of 39% at a water temperature of 16–17°C, salinity 31, pH 7.8–8.1, and oxygen 6 mg/L. This study was conducted for the first time with *Hexagrammos otakii* artificial breeding technology, which enriched the *Hexagrammos otakii* base data and laid a solid foundation for the development of *Hexagrammos otakii* industry.

(本文编辑: 谭雪静)