

金钱鱼繁殖生物学及诱导产卵试验

蔡泽平¹, 王毅², 胡家玮², 张俊彬³, 林岳光¹

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室, 广东 广州 510301; 2. 阳东玮丰渔农经济有限公司, 广东 阳东 529900; 3. 上海海洋大学, 上海 201306)

摘要: 金钱鱼(*Scatophagus argus*)是一种具有观赏和食用价值的名贵海水经济鱼类, 环境适应性和抗病抗逆性极强。本文首次较系统研究了金钱鱼养殖群体的繁殖生物学特性和人工诱导产卵技术。结果表明: 金钱鱼雌雄性比为 1.31:1, 雌、雄鱼最小生殖生物学年龄均为 1 龄; 2 龄以上亲鱼生殖机能较健全, 适合人工繁殖。4—8 月是南方沿海金钱鱼的生殖期, 盛期为 5—7 月。雌鱼个体绝对生殖力 F 为 337309—635755 粒, 平均 456320 粒, 个体相对生殖力(F/W , W 体重)为 720.4—963.3 粒·g⁻¹, 平均 843.1 粒·g⁻¹; 金钱鱼性腺雌雄异体, 雌鱼性腺成熟系数(gonadosomatic index, GSI)最高达 14.7%, 雄鱼 GSI 最高 2.2%, 为多次性产卵类型。金钱鱼能在淡水或低盐海水中正常生长发育, 但需要在较高的盐度中生殖, 在环境适宜条件下, 性成熟的雌鱼经过混合激素的诱导[1. 每千克体重 15μg 的 LHRH-A₂(促黄体素释放激素类似物, Luteinizing Hormone Releasing Hormone-analogue)+每千克体重 3.0—4.0mg 的 DOM(地欧酮 Domperidone); 或 2. 每千克体重 15μg 的 LHRH-A₂+每千克体重 1000—1500IU 的 HCG (人体绒毛膜促性腺激素, Human Chorionic Gonadotropin, HCG)] 能自然产卵和受精, 月相盈亏和潮汐变动对金钱鱼的人工诱导产卵结果没有明显影响。金钱鱼产浮性卵, 单油球, 卵子直径 750μm 左右, 受精卵每克约 3500—3800 粒, 在水温 27—29℃, 盐度 25‰条件下, 胚胎经过 20—24h 发育, 孵化出仔鱼。刚出膜的仔鱼全长 1.75—1.88mm, 4 日龄仔鱼全长 2.6—2.8mm, 卵黄囊消失, 开始摄食浮游动物幼体, 仔鱼处于内、外源营养转变期。研究工作为深入开展金钱鱼生殖调控和产业化种苗繁育技术开发研究提供繁殖生物学基础资料和实用技术。

关键词: 金钱鱼; 繁殖生物学; 诱导产卵; 人工繁殖; 海水养殖

中图分类号: P735.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)05-0180-06

Reproductive biology of *Scatophagus argus* and artificial induction of spawning

CAI Ze-ping¹, WANG Yi², HU Jia-wei², ZHANG Jun-bin³, LIN Yue-guang¹

(1. Key Laboratory of Marine Bio-resources Sustainable Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China; 2. Yangdong Weifeng Fishery Economy Ltd, Yangdong 529900, China; 3. Shanghai Oceanology University, Shanghai 201306)

Abstract: *Scatophagus argus* is a highly commercially valuable fish, which is strongly resistant to environmental stress. In this study, the authors focus on the reproductive biological feature and general growth activity of cultured *Scatophagus argus* using experiments of artificial induction of spawning. The results indicate that the sex ratio of male to female *Scatophagus argus* is 1:1.31. The minimum biological age of reproduction is 1 for both female and male. Two-year-old parent fish adapts quickly to artificial breeding. The period from April to August is the reproductive season for *Scatophagus argus* in South China coastal waters. The peak of spawning season is between May and July. The absolute fecundity of individual female is 337309 to 635755 in number, with an average of 456320. The relative fecundity of individual is 720.4 to 963.3 per gram in number and 843.1 on average. *Scatophagus argus* is dioecious. The GSI (gonadosomatic index) of female fish is up to 14.74% while that of male is up to 2.2%. It is necessary for this fish to spawn in water of higher salinity. The fish is capable of multiple spawning during its reproductive period. Under appropriate circumstances, sexually mature female fish is able to spawn by the

收稿日期: 2010-06-29; 修订日期: 2010-07-21。卢冰编辑

基金项目: 广东省中国科学院全面战略合作项目(2009B091300156); 广东省海洋渔业科技专项(A2009004-004)

作者简介: 蔡泽平(1957—), 男, 福建省漳州市人, 研究员, 博士, 主要从事鱼类繁殖发育生物学及遗传育种技术研究。E-mail: czeeping@sohu.com

induction of mixed hormone [$15\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ LHRH- A_2 (Luteinizing Hormone Releasing Hormone-analogue) + $3.0\text{--}4.0\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DOM (Domperidone) or $15\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ LHRH- A_2 + $1000\text{--}1500\text{IU}\cdot\text{kg}^{-1}$ HCG (Human Chorionic Gonadotropin)] and fertilize naturally in captivity. The phases of the moon and the tides do not influence the induction of *Scatophagus argus* spawning apparently. *Scatophagus argus* spawns pelagic eggs with single oil globules. The diameter of its eggs is about $750\mu\text{m}$. The number of its oosperms per gram is about 3500 to 3800. The development of embryos takes 20–24 h to hatch larvae at the water temperature of $27\text{--}29^\circ\text{C}$ and salinity 25‰. The length of newly hatched larvae is 1.75 to 1.88 mm. The length of four-day-old larvae, yolk sacs of which have disappeared, is 2.6 to 2.8 mm. Then the baby fish starts to feed on plankton larvae, and soon turns into nutritional transition period.

Key words: *Scatophagus argus*, reproductive biology, induction of spawning, artificial propagation, sea water farming

金钱鱼(*Scatophagus argus* Linnaeus1766)俗称金鼓鱼, 体形优美、色彩斑斓, 性情温顺, 肉质鲜美, 是一种具有观赏和食用价值的名贵海水经济鱼类。金钱鱼环境适应性和抗病抗逆性极强, 不仅能在海水和咸淡水中生长发育, 而且也适宜淡水中养殖, 成为近年来我国南方沿海池塘和网箱养殖的重要种类, 经济价值极高。由于沿海各类工程建设加剧, 环境污染及酷渔滥捕等, 严重影响渔业水域环境质量和水产资源的再生, 金钱鱼种质资源逐年锐减, 妨碍了养殖业健康持续发展。开展金钱鱼的人工繁育技术的研究与开发, 不仅有利于自然资源的保护和永续利用, 也是解决当前养殖生产种苗匮乏最快捷有效的措施。本文首次较系统地研究了金钱鱼养殖群体的繁殖生物学特性和人工诱导产卵试验; 分析了不同养殖类型的基本生长特征; 掌握了金钱鱼的性腺发育过程、成熟规律、亲鱼适宜的生殖生态条件及培育技术; 成功突破了金钱鱼人工繁殖技术; 通过自然产卵和受精, 培育出人工苗。为深入开展金钱鱼生殖调控、全人工繁殖和产业化种苗培育技术开发研究提供基础生物学资料和实用技术, 对发展金钱鱼新种质的繁养殖生产具有重要推动作用。

1 分类地位

金钱鱼隶属鲈形目(Perciformes), 金钱鱼科(Scatophagidae), 金钱鱼属(*Scatophagus*)。国际上金钱鱼科仅金钱鱼1属3种, 除金钱鱼外, 还有多带金钱鱼(*Scatophagus multifasciatus* Richardson1846)和四棘金钱鱼(*Scatophagus tetracanthus* Lacepe 1802)两种^[1]。金钱鱼是目前我国有记录的该科鱼类唯一的物种。

2 自然分布

金钱鱼属热带-亚热带广温广盐性种, 分布于印度-太平洋水域, 从科威特至瓦努阿图岛国, 日本南部至伯劳、密克罗尼西亚群岛等广大水域均有分布,

我国主要分布在南海、台湾海峡和东海近岸岩礁及海藻丛生的海水或咸淡水区域。是我国南方诸省沿海较常见种, 成鱼偶见钓捕或诱捕, 稚、幼鱼进入河口、红树林及沼泽湿地觅食。北部湾和粤西海陵湾是金钱鱼重要的繁殖场, 在生殖季节, 岸边水草区、红树林或浮筏式养殖网箱边常可见十几尾成群的稚、幼鱼摄食浮游生物、礁膜或网衣上的绿藻、硅藻和有机碎屑。

3 养殖状况

我国金钱鱼人工繁育研究正在进行, 产业化育苗关键技术问题尚未根本解决。目前养殖种苗仍然来自野生资源, 广东沿海养殖的种苗部分为当地海区捕获, 数量有限, 大部分来自广西沿岸野生苗, 种群资源呈逐年减少趋势。

3.1 淡水养殖

金钱鱼传统的淡水养殖主要作为观赏鱼培养。从海区捕获的幼鱼种苗经过一段时间驯化后过渡到淡水中养殖, 金钱鱼容易适应玻璃水族箱和小型水泥池生活环境, 没有明显的环境应激反应。近年来珠江口附近一些海水池塘经过逐步淡化后完全在淡水中养殖, 早期阶段以浮游生物和鱼浆为饵, 逐渐转变为投喂配合饲料, 生长良好, 取得较好的经济效益^[2]。

3.2 海水养殖

3.2.1 海水池塘养殖

咸淡水池塘养殖是目前金钱鱼海水养殖的主要方式, 作者在岸基土池进行粗放式半生态养殖试验, 苗种初始体长 10—12mm, 摄食浮游生物和鳗鱼粉状软性饲料, 放养密度为 $40\text{--}60\text{尾}\cdot\text{m}^{-3}$, 经过 20d 集中标粗, 长至体长 20—23mm 后, 分塘养殖, 逐步过渡到完全投喂海水鱼配合饲料。在水温 $8\text{--}36^\circ\text{C}$, 盐度 10‰—26‰环境下, 种苗密度为 $6\text{--}8\text{尾}\cdot\text{m}^{-3}$, 养殖过程中再分塘一次。

经过 12 个月饲养, 体长 12.6—14.1cm (平均

13.2cm), 体重 130—180g (平均 158.3g), 成活率 90%—94%; 饲养 24 个月, 体长 15.3—19.2cm(平均 18.5cm), 体重 220—400g(平均 360g), 成活率 90%, 单产约 $6300\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。当水温降至 15℃ 时, 摄食量有所减少; 低至 12℃ 时, 摄食量明显降低。金钱鱼有很强的抗低温能力, 养殖条件下不仅能顺利度过水温 8℃ 的寒冬, 在近年南方罕见的寒潮侵袭情况下仍安然无恙; 而且也能在 36℃ 高温酷暑的池塘中生活; 离水 1 小时仍然存活, 抗逆性极强。具有这种独特的生理生态习性的物种在我国海水鱼类养殖中极为少见。

3.2.2 海水网箱养殖

在上述海水池塘中经过 2 个月驯养, 随机移出部分幼鱼到自然海区网箱养殖基地饲养试验, 初始苗种体长 40—45mm, 网箱规格 $4\text{m}\times 4\text{m}\times 4\text{m}$, 密度 $40\text{—}60\text{尾}\cdot\text{m}^{-3}$, 投喂配合饲料, 每 2 个月淡水洗浴一次, 根据生长状况多次分网。

在水温 15—31.5℃、盐度 16‰—28‰ 的条件下, 经过 10 个月网箱精养, 体长达 12.5—15.0cm(平均 13.8cm), 体重 120—225g(平均 175g); 饲养 24 个月, 体长 15.7—20.8cm(平均 19.6cm), 体重 200—500g(平均 425g), 成活率 92%—95%, 饲料系数 2.1。海区网箱养殖金钱鱼生长速度高于池塘养殖约 18%。由于金钱鱼是以植食性为主, 兼动物食性的杂食鱼类, 喜食网衣上的附生植物、小型动物和有机碎屑, 具有网箱清道夫的美誉。网箱养殖过程中, 因饲料预处理不当, 早期曾发生过一次肠胃疾病, 经过连续三天投喂大蒜泥拌饲料, 迅速治愈。鱼虱病是金钱鱼海水网箱养殖的主要寄生虫病, 淡水添加抗生素浸泡 10min, 效果极佳。

4 金钱鱼繁殖生物学

金钱鱼繁殖生物学研究资料极少。目前对我国海域金钱鱼生殖期判断主要根据不同海区出现稚、幼鱼苗时间进行推测, 缺少系统的生殖生理生态学与发育生物学资料支持。兰国宝(2005)^[3]推测我国南方沿海金钱鱼生殖期为 4—9 月, 雌鱼性成熟最小体重为 150g。国外资料报道, 菲律宾金钱鱼种群初次性成熟体重 150g, 推测鱼龄为 8—9 月^[4]。在菲律宾 Panay 岛附近捕获最大成熟雌鱼体重 1200g, 体长 28cm, 最大雄鱼体重 1050g, 体长 27cm^[1]。有资料报道, 金钱鱼染色体 $2n=48$, 雄鱼具有 XY 异型性染色体^[5]。

4.1 亲鱼雌雄比及其生长差异

检测同一养殖群体中的 180 尾亲鱼, 结果显示, 养殖群体雌雄比为 1.31:1, 雌鱼数量多于雄鱼; 1 龄雌鱼体重为 155—225g(平均 183g), 群体中部分性腺开始发育; 2 龄雌鱼体重为 420—475g(平均 448g)。1 龄雄鱼体重 115—160g(平均 141g), 雄鱼已性成熟, 轻挤腹部有乳白色精液流出; 2 龄雄鱼体重 190—220g(平均 208g)。相同养殖条件下, 1 龄雌、雄鱼生长速度已经出现一定的差别。1 龄雄鱼性已成熟, 随着年龄增加雄鱼生长速度减缓, 而此时多数 1 龄雌鱼尚未完全成熟, 仍然保持较快的生长速度。2 龄雌鱼生长速度高于同龄雄鱼 100%以上, 金钱鱼雌雄生长存在显著性别差异。同龄的雌、雄性别容易从体形大小区别, 雌鱼头部顶端较平滑, 而雄鱼略凹陷, 头部形态也是性别区分的参考特征之一。

4.2 生殖年龄、生殖期及性腺发育

3 月份养殖群体不同年龄的个体性腺基本处于休止状态。4 月份粤西养殖海区水温 20.5—24℃, 群体中多数 2 龄雌鱼卵巢为 II 期, 尚未发育, 产卵板上除了直径 40—75 μm 密集的卵原细胞外, 部分卵母细胞处于 2 时相, 透明, 核大、胞质较少, 卵径 125—175 μm ; 5 月份部分 2 龄雌鱼卵巢开始发育 卵黄沉积, 卵母细胞直径 225—325 μm , 雄鱼部分成熟, 精液量少。而 3 龄以上的雌鱼, 4 月份卵巢开始发育, 大部分雌鱼卵母细胞为 3 时相, 卵黄密集, 直径 300—375 μm , 此时少数雄鱼成熟。5 月份卵径 425—475 μm , 即将成熟, 雄鱼轻挤腹部有乳白色精液释出。6 月—8 月群体中雌鱼卵巢以 IV 期居多, 卵径 425—500 μm , 部分雌鱼卵巢发育到 V 期, 若不能及时产卵, 在高温低盐环境中容易滞产而死, 7 月下旬雄鱼精液明显减少。9 月份卵巢开始退化, 生殖期结束。金钱鱼养殖群体性腺发育与海区温盐变化见表 1。

金钱鱼养殖群体生殖期为 4—8 月, 以 5—7 月为盛期; 雌、雄鱼最小生殖生物学年龄均为 1 龄, 雌鱼最小生殖个体体重为 200g, 雄鱼为 90g。通常 2 龄以上雌、雄鱼生殖机能较健全, 比 1 龄鱼早 1—1.5 个月性成熟。

4.3 个体生殖力和产卵类型

根据 15 尾体重为 420—800g、性腺发育为第 IV—V 期的成熟卵巢的解剖结果, 金钱鱼个体绝对生殖力 F 变动范围为 337309—635755 粒, 平均 456320 粒, F 随体重和年龄增加而增大; 个体相对生殖力, 即单位体重的怀卵量 F/W 为 720.4—963.3

表 1 金钱鱼养殖群体的性腺发育与海区温盐变化
Tab. 1 Gonadal development of cultured stock in *Scatophagus argus* and temperature and salinity of sea water

| 月份 | 水温/ | 盐度/‰ | 鱼龄 | 雌鱼卵巢发育 | | | 精巢发育* |
|----|-----------|-------|----|---------|-----------------------|------|-------|
| | | | | 发育期 | 卵母细胞直径/ μm | 发育时相 | |
| 3 | 19.5—22.0 | 25—26 | 1 | | 40—60 | 1 | 无精液 |
| | | | 2 | , II | 50—60, 100—150 | 1, 2 | 无精液 |
| | | | 3 | II | 125—200 | 2 | 无精液 |
| 4 | 20.5—24.0 | 25—26 | 2 | , II | 40—75, 125—175 | 1, 2 | 无精液 |
| | | | 3 | III | 300—375 | 3 | 精液量少 |
| 5 | 24.5—29.0 | 18—26 | 2 | II, III | 150—200, 225—325 | 2, 3 | 精液量少 |
| | | | 3 | III, | 250—300, 425—475 | 3, 4 | 精液流畅 |
| 6 | 26.0—30.0 | 16—25 | 1 | III | 150—250 | 3 | 精液量中 |
| | | | 2 | III, | 300—425, 450—500 | 3, 4 | 精液流畅 |
| | | | 3 | , | 425—500, 480—575 | 4, 5 | 精液流畅 |
| 7 | 29.0—31.9 | 17—22 | 1 | III, | 225—350, 300—400 | 3, 4 | 精液流畅 |
| | | | 2 | , | 450—500, 475—550 | 4, 5 | 精液量中 |
| | | | 3 | , , | 425—500, 500—575, 无 | 4, 5 | 精液量少 |
| 8 | 29.0—31.0 | 18—23 | 1 | | 425—500 | 4 | 精液量少 |
| | | | 2 | , , | 450—525, 475—525, 无 | 4, 5 | 精液量少 |
| | | | 3 | , | 450—550, 325—450 | 4 | 精液量少 |
| 9 | 27.8—30.2 | 23—26 | 2 | —II | 150—200 | 退化 | 无精液 |
| | | | 3 | —II | 125—200 | 退化 | 无精液 |

* 轻挤雄鱼腹部有无精液流出作为成熟的判断依据

粒 $\cdot\text{g}^{-1}$, 平均 843.1 粒 $\cdot\text{g}^{-1}$ 。

在金钱鱼已成熟排卵的卵巢中, 除了脱离滤泡膜进入卵巢腔的待产体外的卵子外, 还有一些卵泡已偏移、卵黄融化的 5 时相成熟卵母细胞和发育进程不同的 3、4 时相卵母细胞群, 这些卵母细胞群在条件适宜时可以继续发育和成熟。金钱鱼在一个生殖期里可以间歇性产卵, 成熟一批产出一批, 属于多次性产卵类型。

4.4 性腺形态和性腺成熟系数

金钱鱼性腺雌雄异体, 未发现雌雄同体的个体。性成熟的雌鱼卵巢拟三角形, 成对同形, 前部较尖, 后部略弧状, 肝脏覆盖卵巢前半部, 胆囊位于卵巢双叶中间; 雄鱼精巢也成对同形, 长囊状。金钱鱼性腺见图 1。

金钱鱼性腺成熟系数(gonadosomatic index,GSI)

变化见表 2。性腺成熟系数检测结果表明: 在人工培育条件下, I 期卵巢的产卵板上为正在增殖的卵原细胞, GSI 为 0.40%—0.48%, 主要出现在尚未进入生殖期的 1 龄和 2 龄的卵巢中; II 期卵巢的 GSI 为 0.99%—1.15%; III 期卵巢中卵母细胞卵黄出现沉积, GSI 为 2.85%—3.85%; IV 期卵巢即将成熟, 卵母细胞饱满, 充满卵黄, GSI 为 4.78%—7.82%; V 期卵巢完全成熟, 卵黄融合, 部分卵子脱离滤泡膜进入卵巢腔, GSI 达 10.56%—14.74%; VI 期卵巢 GSI 为 7.30%—9.60%, 卵巢内有正在退化吸收的滞产卵子和 4 时相、3 时相的卵母细胞群。在催产激素作用下, 卵巢快速发育成熟, V 期卵巢 GSI 最高达 45.6%, 卵巢巨大, 充满整个腹腔; III 期雄鱼精巢 GSI 为 0.32%—0.55%, 性成熟的精巢 GSI 为 1.30%—2.2%, 激素对提高性成熟雄鱼的释精量没有明显的作用。



图 1 金钱鱼的性腺
Fig. 1 Gonads of *Scatophagus argus*

表 2 金钱鱼养殖群体性腺成熟系数变化

Tab. 2 Gonadosomatic index of cultured *Scatophagus argus*

| 检测月份 | 性腺发育期 | 卵巢成熟系数/% | 卵母细胞直径/ μm | 精巢成熟系数/% |
|------|-------|-------------|-----------------------|-----------|
| 3 | | 0.40—0.48 | 40—60 | |
| 4 | | 0.99—1.15 | 100—200 | |
| 4、5 | | 2.85—3.85 | 200—375 | 0.32—0.55 |
| 6、7 | | 4.78—7.82 | 400—475 | |
| 6、7 | | 10.56—14.74 | 475—575 | 1.30—2.20 |
| 7、8 | | 7.30—9.60 | 350—500 | |

5 人工繁殖

5.1 亲鱼培育

亲鱼在粤西阳江港海区网箱中培养。幼鱼至成鱼主要投喂海水鱼配合饲料和适量饵料杂鱼,繁殖前 2 个月将亲鱼移到盐度较高、环境较稳定、水质清新的湾口强化培育,用新鲜杂鱼和鳗鱼软性饲料按一定比例混合后投喂,添加适量的复合维生素、乳化鱼油和新鲜蔬菜,通常日投喂 2 次。鉴于该金钱鱼亲鱼群体早晨食量少或基本不摄食,以傍晚投喂为主,日投饵率为 4%—6%。繁殖亲鱼为 2、3 龄,定期检查亲鱼性腺发育情况以便确定准确的诱导繁殖时间。

5.2 人工催产

3 月份海区水温逐渐回升,亲鱼摄食增强,4 月中旬水温达 22—23 $^{\circ}\text{C}$,生殖群体大部分雌鱼卵巢发育到 III 期,卵母细胞卵黄沉积,直径 300—375 μm ,少数雄鱼成熟释精。5 月中旬水温 27—29 $^{\circ}\text{C}$,卵母细胞发育到 4 时相,细胞圆形饱满,易分散,卵黄致密,卵径 450—475 μm ,雄鱼已成熟,可以进行人工催产繁殖。

在水质清新的海区浮筏式渔排上架设产卵网箱,规格为 4m×4m×2.6m,网衣孔径为 50 目,外套同样规格的大孔径无结节养殖网箱,起保护作用,防止产卵网箱破裂亲鱼逃遁。上盖黑色遮阳塑料布,防止阳光直射,保持生殖环境的安静,微充气。金钱鱼雌雄个体副性征不明显,性腺发育良好的雌鱼腹部略膨大,活检时卵母细胞易分散,而雄鱼通常个体较小,发育良好的雄鱼,腹部也不明显,轻挤有乳白色精液流出。

采用的催产激素有促黄体素释放激素类似物 LHRH-A₂(Luteinizing Hormone Releasing Hormone-analogue)、人体绒毛膜促性腺激素 HCG(Human Chorionic Gonadotropin)和多巴胺拮抗剂地欧酮

DOM(domperidon),雌鱼激素用量为每千克体重 15 μg 的 LHRH-A₂+3.0—4.0mg 的 DOM 或 15 μg 的 LHRH-A₂+1000—1500Iu 的 HCG,混合激素胸鳍基部注射,分两次进行,间隔时间 24—28h,第二次注射后,在水温 27—28 $^{\circ}\text{C}$ 条件下,催产效应时间约 20—36h。雄鱼不注射激素或剂量减半。

5.3 自然产卵和受精

注射激素后的亲鱼经过一段时间效应后腹部显著膨胀,在产卵网箱中自然产卵和受精,用孔径 50 目的捞网有规则地捞取各水层中的受精卵,清洗后进行孵化。金钱鱼产浮性卵,受精卵漂浮在盐度 24‰ 以上的水层中。经过试验观察,满月、朔月或上弦月期间,只要海况良好,环境适宜,人工诱导的金钱鱼基本能顺利产卵和受精,月相盈亏和潮汐变化对金钱鱼的人工诱导产卵结果没有明显影响。催产期间若遇上气候突变,海况恶劣,如持续暴雨、电闪雷鸣,狂风大浪,盐度剧降等,催产效果明显受影响,卵母细胞成熟发育减缓,效应时间延长,有些雌鱼出现滞产,导致卵子过熟或体内溃解,此时多数雄鱼因环境突变的刺激,精液自行释放。海况恢复正常后,尽管部分雌鱼仍能产卵,因雄鱼精液稀少,影响受精率。

5.4 受精卵孵化和仔鱼生长发育

受精卵圆球形,浮性,无色透明,卵径 700—800 μm ,以 750 μm 为主,单个油球,油球直径 250—300 μm ,每克受精卵约 3500—3800 粒。受精卵在水温 27—29 $^{\circ}\text{C}$ 、盐度 25‰ 条件下,经过 20—24h 胚胎发育,孵化出仔鱼。

刚孵出的仔鱼全长 1.75—1.88mm,肛前长 0.61—0.62mm,卵黄囊长径约 0.55—0.60mm,躯体尾部中间分布浅褐色素,依靠油球悬浮于水层中。一日龄仔鱼全长 2.15—2.30mm,卵黄囊明显吸收,长径 0.30—0.32mm,头腹部至尾部中间褐黑色素密集,胸鳍褶出现,在水中间歇性游动。二日龄仔鱼全长 2.25—2.35mm,卵黄囊长径约 0.25—0.30mm,眼囊黑色,躯干部黑色素粒浓密,游动较活泼。三日龄仔鱼全长 2.5—2.66mm,肌节 23 对,卵黄囊残余,口裂开启,游动活泼。四日龄仔鱼全长 2.6—2.8mm,卵黄囊消失,开始摄食轮虫、枝角类和桡足类等幼体,仔鱼处于内、外源营养转变期。

6 小结

金钱鱼环境适应性和抗逆能力极强,养殖条件下能顺利度过水温为 8 $^{\circ}\text{C}$ 的寒冬和 36 $^{\circ}\text{C}$ 的酷暑,能

在海水和淡水中正常生长发育,但需要在较高盐度中生殖,独特的生理生态习性有利于该物种在不同生态环境中养殖生产。

金钱鱼雌雄生长具有明显的性别差异。养殖条件下1龄雌、雄鱼生长速度已有一定差别;2龄的雌鱼生长速度高于同龄雄鱼100%以上,生长优势极显著。

金钱鱼性腺雌雄异体,养殖群体雌性数量多于雄性,性比为1.31:1;雌、雄鱼最小生殖生物学年龄均为1龄,在一个生殖期里可以间歇性产卵,成熟一批产出一批,属于多次性产卵类型;南方沿海养殖群体生殖期为4—8月,以5—7月为盛期。

个体绝对生殖力 F 变动范围为337309—635755粒,平均456320粒。个体相对生殖力 F/W (W 为体重)为720.4—963.3粒 $\cdot g^{-1}$,平均843.1粒 $\cdot g^{-1}$ 。养殖群

体雌鱼自然发育的V期卵巢GSI为10.56%—14.74%。在催产激素作用下,成熟的V期卵巢GSI最高达45.6%,充满整个腹腔,性成熟的精巢GSI为1.30%—2.2%。

雌鱼对催产激素敏感性较高,LHRH- A_2 或LHRH- A_2 + HCG混合激素对金钱鱼性腺发育均具有良好的促熟和催产效果,在水温27—28℃条件下,催产效应时间约20—36h。

金钱鱼产浮性卵,单油球,卵子直径750 μm 左右,受精卵每克约3500—3800粒,在水温27—29℃、盐度25‰条件下,胚胎经过20—24h发育,孵化出仔鱼。刚孵出的仔鱼全长1.75—1.88mm,一日龄仔鱼全长2.15—2.30mm,四日龄仔鱼全长2.6—2.8mm,卵黄囊消失,开始摄食浮游动物幼体,仔鱼处于内、外源营养转变期。

参考文献

- [1] FROESE R, PAULY D. Fishbase: A Biology Database on Fish[M]. Malila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1995: 146.
- [2] 盘润洪, 骆明飞. 金钱鱼池塘淡化养殖试验[J]. 海洋与渔业, 2008, 8: 43—44.
- [3] 兰国宝, 阎冰, 廖思明等. 金钱鱼生物学研究及回顾[J]. 水产科学, 2005, 24(7): 39—40.
- [4] BARRY T P, FAST A W. Biology of Spotted Scat (*Scatophagus argus*) in Philippines[J]. Asian Fisheries Science, 1992, 5: 163—179.
- [5] MANNA G K. Fish cytogenetics related to taxonomy, evolution and monitoring aquatic genotoxic agents[G]// DAS P, JINGRAN A G. Fish Genetics in India: Proceedings of the Symposium on Conservation and Management of Fish Genetics Resources of India 11-13, April, 1986. [S.l.]: Today & Tomorrow's Printers, 1989: 21—46.