

# 光照对细鳞裂腹鱼受精卵孵化率及仔鱼生长、摄食的影响

秦希获<sup>1</sup>, 刘国勇<sup>1,2</sup>, 邬玉娇<sup>1</sup>, 石小涛<sup>2</sup>, 王小玲<sup>3</sup>

(1. 三峡大学生物与制药学院, 宜昌 44300;

2. 三峡库区生态环境教育部工程研究中心, 三峡大学, 宜昌 443002; 3. 武汉市农业综合执法监督总队, 武汉 430023)

**摘要:**研究光照对细鳞裂腹鱼胚胎孵化及20日龄内仔鱼生长、摄食的影响,探讨了细鳞裂腹鱼胚胎及仔鱼所需的适宜光照条件,为该鱼的基础生物学研究积累资料,也为人工繁殖和养殖生产提供参考。仔鱼为人工育苗池中随机抽取的初孵仔鱼,仔鱼饵料为小球藻和鲜酵母混合培育的褶皱臂尾轮虫。水源为天然河水,试验期间水温16.0~18.0℃、溶解氧6.8~8.5 mg/L、pH 6.5~6.8,采用三基色节能荧光灯为暗室内光源。结果表明,在10~360 lx范围内,随着光照强度的增加,孵化率逐渐升高,300~360 lx时达到最高的孵化率88.1%,此后孵化率随着光照强度的增大又有所下降,细鳞裂腹鱼受精卵孵化适宜的光照强度为300~720 lx。光照对细鳞裂腹鱼仔鱼的生长及摄食有显著影响。12日龄后的仔鱼在40~60 lx光照强度下生长最好,摄食强度最大,400~600 lx次之;此后随着光照强度的增大,摄食强度又显著下降。在40~6000 lx范围内随光照强度的增强,摄食强度下降,生长则变差。黑暗条件下的仔鱼摄食强度和摄食率最低,生长接近停滞,在15日龄时全部死亡。细鳞裂腹鱼仔鱼在20日龄以内的适宜光照强度为40~600 lx。

**关键词:**细鳞裂腹鱼;光照强度;孵化率;生长;摄食

**中图分类号:**S917.4;Q954 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)05-0097-06

细鳞裂腹鱼 (*Schizothorax chongi*) 隶属鲤科 (Cyprinidae) 裂腹鱼亚科 (*Schizothoracinae*), 俗称雅鱼, 又称洋鱼、细甲鱼等, 自然分布于中国的长江干流上游、雅砻江、嘉陵江及金沙江下游等水域, 是中国特有的重要冷水性经济鱼类 (丁瑞华, 1994)。目前对细鳞裂腹鱼繁殖生物学及早期发育的深入研究仍相对较少 (陈礼强等, 2008)。光照是影响鱼类胚胎发育及开口期前后仔鱼生长、发育的主要生态因子之一 (Bieniar, 1973; Blaxter, 1988; 王迎春等, 1997; 柳学周等, 2004; 徐永江等, 2005; 周秋白等, 2006; 秦志清等, 2009)。不同种类鱼的胚胎发育需要不同的光照条件 (Bolla & Holmefjord, 1988; 殷名称, 1999; 周玉等, 2001; Matthew & Michael, 2002; 戈志强等, 2003; 柴毅等, 2008; Mukai et al, 2012)。仔鱼孵出后的20日龄内的这段时间是仔鱼生长和发育的一个关键时期, 视觉是仔鱼摄食的唯一感觉 (殷名称, 1995; 王迎春等, 1999), 因此光照条件对

仔鱼的摄食、生长及发育也有重要的影响。

近年来, 由于梯级水电开发造成河流连续性的阻碍, 河流水文过程和水流情势的改变, 使裂腹鱼资源量不断减少, 影响细鳞裂腹鱼的生存 (韩京成等, 2009)。天然河道由于受到水电站下泄流量的变化和生态调度的影响, 将直接引起细鳞裂腹鱼产卵场水深和光照条件等的变化, 从而影响鱼类的产卵及其孵化和仔鱼生长。目前关于细鳞裂腹鱼早期生活史阶段的研究主要集中在胚胎发育、人工繁殖等方面 (陈礼强, 2007; 陈礼强等, 2008), 而有关影响受精卵孵化率及仔鱼生长和发育的外界环境因素的研究较少。陈礼强等 (2008) 对人工繁殖的细鳞裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的发育过程进行了连续观察, 但未见光照对细鳞裂腹鱼胚胎发育和20日龄内仔鱼生长和发育影响的报道。该文进行了光照对细鳞裂腹鱼胚胎孵化及20日龄内仔鱼生长、摄食影响的研究, 并探讨了细鳞裂腹鱼胚胎及仔鱼所需的适宜光照条件, 为该鱼的基础生物学研究积累资料, 也为人工繁殖和养殖生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源与处理

试验于2015年1-4月在四川省盐源县雅鱼繁殖基地进行, 亲鱼采自雅砻江下游支流的安宁河中

收稿日期: 2016-08-04

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51179096); 三峡库区生态环境教育部工程研究中心开放基金项目 (KF2015-07)。

作者简介: 秦希获, 1993年生, 男, 硕士研究生, 从事鱼类生态学。E-mail: 1432701401@qq.com

通信作者: 刘国勇, 1972年生, 男, 博士, 副教授, 从事鱼类生态学。E-mail: gyliuwh@126.com

段,在该繁殖基地进行人工催产授精。仔鱼生长试验所用仔鱼为人工育苗池中随机抽取的初孵仔鱼,仔鱼饵料为小球藻和鲜酵母混合培育的褶皱臂尾轮虫。

水源为天然河水,经3次过滤处理,以除去泥沙、杂质、悬浮物。试验期间,水温 $16.0 \sim 18.0^{\circ}\text{C}$ ,溶解氧 $6.8 \sim 8.5\text{mg/L}$ ,pH $6.5 \sim 6.8$ 。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 光照对受精卵孵化的影响** 采用三基色节能荧光灯(5、7、40 W)为暗室内光源。孵化筛网片离水面高度25 cm,用ZDS-10W-2D水下照度计测定水中光照强度,使各试验组放卵区光照强度分别为1 000~1 200、600~720、300~360、100~120、10~12、0 lx,其中0 lx为孵化筛上覆盖3层黑色塑料纸。每天光照时间为12 h(06:00~18:00)。每个光照强度放置4个孵化筛,即每个试验组有受精卵400粒,共计2 400粒。将孵化筛放在长方形孵化池(2 m×1.5 m,深度0.3 m)内微流水孵化。水交换量10~12 L/min。每12h吸底1次,及时去除死卵并记录死卵数量。

**1.2.2 光照对仔鱼生长发育的影响** 采用三基色节能荧光灯(5、7、40)为暗室内光源,暗室内设置5个光照度梯度,分别为4 000~6 000、1 400~1 800、400~600、40~60、0 lx,其中0 lx为玻璃水族箱上及四周覆盖3层黑色塑料纸。用照度计测量试验水体表面的光照度,每个光照梯度设3个重复。采用6 000 mL玻璃水族箱,每箱放入初孵仔鱼200尾;采用微充气,仔鱼开口后每天投喂轮虫2~3次,投喂密度为5个/L,后期随着仔鱼长大适当增加投喂量;每天吸污1次换水2次,每次换水1/3~1/2。每天光照时间为12 h(06:00~18:00)。

## 1.3 测定方法

**1.3.1 受精卵孵化率的测定** 受精卵孵化出膜后,用吸管及时吸出初孵仔鱼,统计每个孵化筛内孵出的细鳞裂腹鱼鱼苗总数,并计算孵化率和初孵仔鱼畸形率,记录仔鱼孵出的时间。在放大20倍的投影仪上测量各组初孵仔鱼的全长(王迎春等,1997)。

$$\text{孵化率} = \frac{\text{出膜苗数}}{\text{孵化卵数}} \times 100\% \quad (1)$$

**1.3.2 20日龄内仔鱼摄食和生长的测定** 仔鱼孵出后,每隔2~3 d从各光照度组随机捞出10~15尾仔鱼,在放大20倍的投影仪上测定全长。参照王迎春等(1999)的方法,测量仔鱼的摄食强度及摄食率。即自6日龄起,每隔3d测定1次各组仔鱼在10:00~14:00时段的摄食强度。测定时先准备好空

腹仔鱼10~15尾/组,10:00时投喂轮虫,14:00取出仔鱼在解剖镜下检查其消化道内轮虫咀嚼器的个数,由此确定每尾仔鱼摄食轮虫的个数,并计算各组仔鱼在该时段的摄食强度及摄食率。

## 1.4 数据处理分析

采用Excel软件和SPSS15.0软件对试验数据进行统计学分析,先对数据作单因素方差分析(ANOVA),组间若有显著差异,再作Duncans多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光照强度下细鳞裂腹鱼受精卵孵化率

不同光照强度条件下细鳞裂腹鱼受精卵的孵化率如图1。光照强度对细鳞裂腹鱼受精卵的孵化率有极显著影响( $F = 391.51, P < 0.01$ )。完全黑暗条件下(光照强度为0 lx)孵化率最低,为 $(16.5 \pm 1.19)\%$ ;在10~360 lx范围内,随着光照强度的增加,孵化率逐渐升高。在光照强度为300~720 lx时保持高的孵化率( $> 82.5\% \pm 1.65\%$ ),而在光照强度为300~360 lx时达到最高的孵化率( $88.1 \pm 1.47\%$ )。此后随着光照强度增加,孵化率逐渐降低,至1 000~1 200 lx时孵化率降至 $(69.1 \pm 2.04)\%$ 。可见细鳞裂腹鱼受精卵孵化适宜的光照强度范围为300~720 lx,在此光照范围内受精卵畸形率都在5%以下,为试验的最佳孵化光照强度。

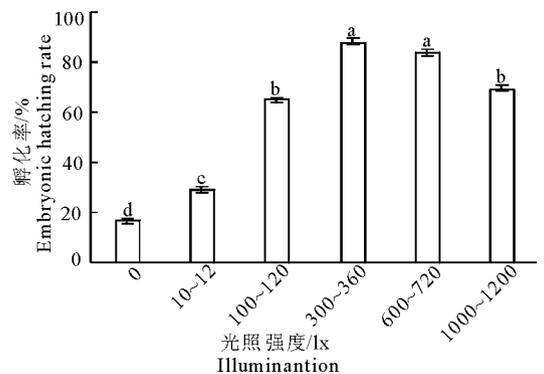


图1 不同光照强度下细鳞裂腹鱼受精卵的孵化率  
Fig.1 Hatching rate of *Schizothorax chongi* fertilized eggs at different illumination treatments

不同的光照强度对细鳞裂腹鱼受精卵的孵化时间影响差异不显著( $P > 0.05$ ),完全黑暗条件下的孵化时间比其他光照强度下稍长(表1)。完全黑暗条件下的畸形率达到14.3%,极显著高于其他试验组( $P < 0.01$ );试验组之间畸形率无显著差异( $P > 0.05$ )。当光照强度大于10~12 lx时,就可以使畸形率保持在5%以下。

## 2.2 不同光照强度下细鳞裂腹鱼仔鱼摄食强度和摄食率

光照强度对细鳞裂腹鱼仔鱼摄食强度的影响见图 2,光照强度对 6~20 日龄细鳞裂腹鱼仔鱼在 10:00~14:00 的摄食强度有显著影响 ( $P < 0.05$ )。除全黑暗条件以外,仔鱼都有一定的摄食强度且随日龄增加而增加。6 日龄和 9 日龄时

表 1 不同光照强度对细鳞裂腹鱼孵化时间和畸形率的影响

Tab. 1 Incubation time and deforming rate of *S. chongi* embryos under different light intensity

指标	光照强度/lx					
	0	10~12	100~120	300~360	600~720	1 000~1 200
孵化时间/h	180.5 ± 12.3 <sup>a</sup>	172.6 ± 11.4 <sup>a</sup>	171.8 ± 12.9 <sup>a</sup>	168.2 ± 14.1 <sup>a</sup>	169.8 ± 12.4 <sup>a</sup>	171.3 ± 13.6 <sup>a</sup>
畸形率/%	14.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.7 <sup>b</sup>	3.8 ± 0.5 <sup>b</sup>	3.9 ± 0.8 <sup>b</sup>	4.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	4.1 ± 0.4 <sup>b</sup>

注:同一行中字母不同表示存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

Note: Values in the same row with different superscripts display significant difference ( $P < 0.05$ ).

光照强度对细鳞裂腹鱼仔鱼摄食率的影响见图 3。全黑暗条件下无摄食,或者偶尔摄食,摄食率也低至 0~10%;而 15 日龄之后,全黑暗条件下的细鳞裂腹鱼仔鱼全部死亡,说明细鳞裂腹鱼仔鱼摄食完全依靠视觉。其他光照强度下,仔鱼的摄食率都在 80%~100%。

的摄食强度以 400~600 lx 组最大。9 日龄后,4 000~6 000、1 400~1 800 lx 光照强度下的摄食强度显著低于 40~60、400~600 lx 组 ( $P < 0.05$ )。6 日龄后,4 000~6 000、1 400~1 800 lx 光照强度组的摄食强度无显著性差异;而其他光照强度组的摄食强度在 12 日龄后就有显著差异 ( $P < 0.05$ ),其中 40~60 lx 组的摄食强度最大、400~600 lx 组次之。

## 2.3 不同光照强度下细鳞裂腹鱼仔鱼生长

对 0~6000 lx 光照强度之间的 5 组仔鱼的全长进行了测定,见图 4。在初孵后的 6 d 内是内源营养期,不同光照强度对仔鱼全长的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。9 日龄时 400~600 lx 和 1 400~1 800 lx 光照强度组的仔鱼全长无显著性差异;而其他光照强度组的仔鱼全长在达到 9 日龄时就有显著差异 ( $P < 0.05$ )。9 日龄后,以 40~60 lx 组仔鱼全长最大,400~600 lx 组次之,全黑暗条件下的仔鱼全长最小。15 日龄以后,40~60 lx 组和 400~600 lx 组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),而这 2 组光照强度下仔鱼的全长在 18 日龄后显著高于 1 400~1 800 lx 组和 4 000~6 000 lx 组。在全黑暗条件下的细鳞裂腹鱼仔鱼生长缓慢,15 日龄后仔鱼全部死亡。因此,在光照强度为 40~600 lx 范围内,细鳞裂腹鱼仔鱼生长最旺盛,为本试验中仔鱼生长的最适宜光照强度。

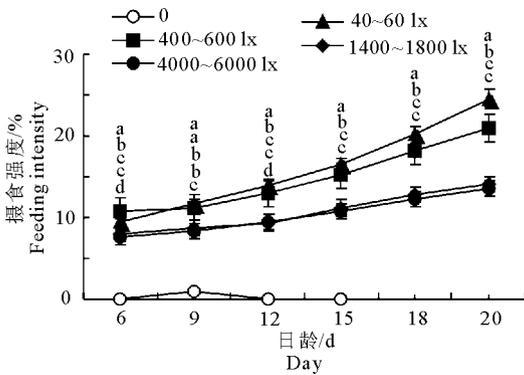


图 2 光照强度对细鳞裂腹鱼仔鱼摄食强度的影响

Fig. 2 Effect of light intensity on feeding intensity of

*S. chongi* larvae

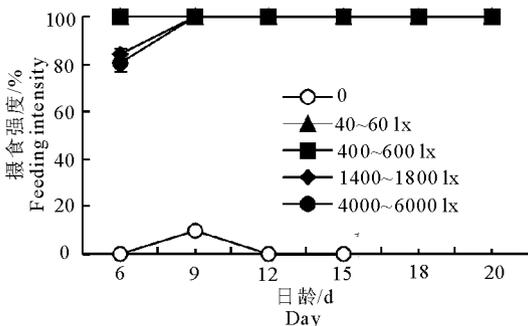


图 3 光照强度对细鳞裂腹鱼仔鱼摄食率的影响

Fig. 3 Effect of light intensity on feeding rate of

*S. chongi* larvae

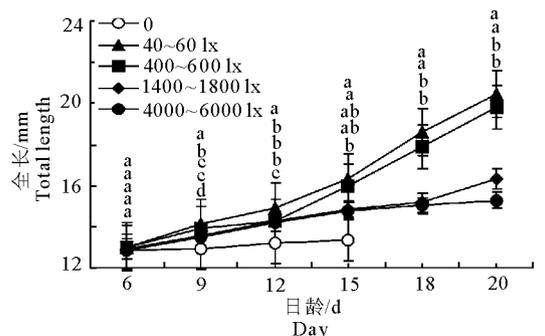


图 4 不同光照强度下细鳞裂腹鱼仔鱼全长的生长

Fig. 4 Increase in total length of *S. chongi* larvae reared under different levels of illumination

### 3 讨论

鱼类早期生活史阶段(包括孵化期、仔鱼从内源性营养转向外源性营养的时期和上游期等)存在着一个极易大量死亡的内在危险期及临界期,外界环境条件对这一时期鱼类生存有巨大影响(Blaxter, 1988; 殷名称, 1999)。以往的研究集中于某一外界条件对某一临界期的影响,而对2个及2个以上的临界期影响的综合研究则很少(叶乐等, 2014)。该研究对孵化期和20日龄内的仔鱼所需要的适宜光照强度进行了探讨。

鱼类受精卵的发育受到温度、盐度、溶解氧等外界因子的影响,而光是其中一个重要而复杂的生态因子(殷名称, 1999; Downing & Litvak, 2002; Villamizar et al, 2014)。鱼类产卵场是鱼类栖息地中重要且敏感的场所,除了需要一定的水力学条件外,适宜的光照强度和水深也是重要条件(柴毅等, 2008)。裂腹鱼类产卵场底质一般为由沙粒和中小型砾石构成的砂砾型河漫滩,其间混杂少量大砾石和岩石(倪静洁, 2013)。细鳞裂腹鱼产沉性卵,刚产出的卵具微粘性,卵粘附于砂砾和岩石之上,成熟的卵在吸水2 h后迅速膨胀(陈礼强, 2007; Villamizar et al, 2014),或者被流水带入砾石间隙继续发育。这表明细鳞裂腹鱼卵孵化需要一定的光照强度,当水深过深会引起水体压强增大,还会造成光照强度过低,不利于其鱼卵的孵化和仔鱼的生长(刘明洋等, 2014)。该试验结果表明,细鳞裂腹鱼受精卵孵化适宜光照为300~720 lx,其中在300~360 lx时孵化率可达88.1%,为最适宜的光照强度范围;当光照强度为1 000~1 200 lx时,孵化率为69.1%;而在完全黑暗条件下,孵化率低至16.5%,且初孵仔鱼的畸形率高。作者在调查雅砻江流域细鳞裂腹鱼产卵场时初步发现,产卵场水深在0.15~1.6 m,白天水底光照强度为0~1 300 lx(数据整理中,暂未发表),基本能满足细鳞裂腹鱼受精卵孵化的光照要求。大坝建成后,库区水位上升、水流减缓,细鳞裂腹鱼亲鱼选择在河流上游支流的岸边浅水区进行产卵繁殖,这可能是细鳞裂腹鱼长期在较浅水域、一定的弱光条件产卵的适应结果。另外,在细鳞裂腹鱼人工孵化过程中既要给予弱光光照,又要避免阳光直射。

河流中的光照强度往往跟水深有密切关系,合适的水深可以保证充足的溶氧、稳定的水温和流速,以及适宜的光照强度,从而获得较高受精卵孵化率。

易雨君等(2007)研究表明,在自然条件下长江中华鲟的产卵水深在8~15 m,当水深超过19 m时则很少产卵。柴毅等(2008)通过试验室研究证实,在0~40 cm水层中,随水深增加,中华鲟受精卵孵化率逐渐升高,最适孵化水深40~60 cm;中华鲟受精卵在750 lx以上和弱光100 lx以下孵化率均较低,受精卵孵化最适光照强度范围为250~500 lx。在自然环境中,中华鲟受精卵孵化时所处水深通常远远大于40 cm,这也可能是自然条件下孵化率较低的原因之一。陈毅峰和曹文宣(2000)研究表明齐口裂腹鱼产沉性卵,产卵繁殖期水深在0.15~1.5 m。陈明千(2012)对岷江上游天然河段齐口裂腹鱼产卵场的研究发现,齐口裂腹鱼产卵河段平均水深范围为1.18~1.76 m。而不同水深对细鳞裂腹鱼受精卵孵化率的影响,尚需进一步研究。

鱼类有许多是视觉摄食者,没有光照就不能产生视觉,因而无法摄食(秦志清等, 2009)。对视觉摄食的鱼类存在一个适宜的光照度范围,在此范围内,鱼类摄食最活跃,摄食强度最大。另外,还存在着一个摄食视觉阈值,低于此阈值则摄食强度很低或不摄食(谢从新等, 1997)。试验结果表明,细鳞裂腹鱼仔鱼也是视觉摄食者,其摄食的适宜光照为40~600 lx,最适宜的光照为40~60 lx。与黄盖鲮仔鱼(王迎春等, 1999)和漠斑牙鲆仔鱼(秦志清等, 2009)的适宜光照度为10~600 lx较接近。王迎春等(1999)、殷名称(1999)研究认为,过强的光照度尽管满足了仔鱼摄食所需要的光照条件,但仔鱼的摄食并不频繁,且仔鱼处于高活动状态,消耗能量多,长期下去则仔鱼生长差,死亡率明显增高,并可能对仔鱼代谢、内分泌及神经系统等方面也有着影响,这与该研究中4 000~6 000 lx光照强度下仔鱼生长变缓的结果相类似。在全黑暗条件下,细鳞裂腹鱼仔鱼基本无摄食,故其生长最差,15日龄后存活率也最低。斑马鱼仔鱼在全黑暗条件下也出现类似现象(Villamizar et al, 2014)。

综合考虑细鳞裂腹鱼受精卵孵化期和20日龄内的仔鱼所需要的光照条件,细鳞裂腹鱼受精卵孵化期适宜光照为300~720 lx,随后在仔鱼期(20日龄内)可以适当降低光照强度为40~600 lx。

#### 参考文献

- 柴毅, 谢从新, 危起伟, 等, 2008. 不同水深和光照强度对中华鲟受精卵孵化率的影响[J]. 水利渔业, 28(3): 32-33.

- 陈礼强, 2007. 细鳞裂腹鱼繁殖生物学研究[D]. 重庆: 西南大学: 36-41.
- 陈礼强, 吴青, 郑曙明, 等, 2007. 细鳞裂腹鱼人工繁殖研究[J]. 淡水渔业, 37(5): 60-63.
- 陈礼强, 吴青, 郑曙明, 等, 2008. 细鳞裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的发育[J]. 中国水产科学, 15(6): 927-934.
- 陈明千, 2012. 岷江上游齐口裂腹鱼产卵场水力生境研究及应用[D]. 成都: 四川大学: 12-60.
- 陈毅峰, 曹文宣, 2000. 裂腹鱼亚科[M]. 北京: 科学出版社: 273-390.
- 丁瑞华, 1994. 四川鱼类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社: 371-373.
- 戈志强, 朱江, 朱玉芳, 等, 2003. 不同光照、温度对大银鱼受精卵孵化率的影响[J]. 淡水渔业, 33(5): 23-24.
- 韩京成, 刘国勇, 诸葛亦斯, 等, 2009. 水电开发背景下雅砻江鱼类资源的生态保护[J]. 三峡大学学报, 31(5): 15-19.
- 刘明洋, 李永, 王锐, 等, 2014. 生态丁坝在齐口裂腹鱼产卵场修复中的应用[J]. 四川大学学报(工程科学版), 46(3): 37-43.
- 柳学周, 徐永江, 马爱军, 等, 2004. 温度、盐度、光照对半滑舌鲷胚胎发育的影响及孵化条件调控技术研究[J]. 海洋水产研究, 25(6): 1-6.
- 倪静洁, 2013. 阿海水电站人工模拟鱼类产卵场的设计与实施[J]. 云南水力发电, (4): 8-11.
- 秦志清, 林越赳, 张雅芝, 等, 2009. 光照对漠斑牙鲆仔鱼摄食、生长与存活的影响[J]. 集美大学学报(自然科学版), 14(3): 224-228.
- 王迎春, 苏锦祥, 孙琢鹏, 1997. 光照对牙鲆胚胎及 10 日龄内仔鱼生长和发育的影响[J]. 上海水产大学学报, 6(4): 286-290.
- 王迎春, 苏锦祥, 周勤, 1999. 光照对黄盖鲿仔鱼生长、发育及摄食的影响[J]. 水产学报, 23(1): 6-12.
- 谢从新, 熊邦喜, 周洁, 等, 1997. 不同光照强度下乌鲢鳙鱼摄食强度及其动力学[J]. 水生生物学报, 21(3): 213-217.
- 徐永江, 柳学周, 马爱军, 2005. 光周期和光照强度对克氏双半滑舌鲷胚胎发育及仔鱼生长与盐度的关系[J]. 海洋科学, 29(11): 39-43.
- 叶乐, 胡静, 王雨, 等, 2014. 光周期和光照强度对克氏双锯鱼仔鱼存活、生长和发育的影响[J]. 琼州学院学报, 21(5): 78-85.
- 易雨君, 王兆印, 陆永军, 2007. 长江中华鲟栖息地适合度模型研究[J]. 水科学进展, 18(4): 538-543.
- 殷名称, 1995. 鱼类仔鱼的摄食和生长[J]. 水产学报, 19(4): 335-342.
- 殷名称, 1999. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社: 136-139.
- 周秋白, 金善勉, 吴小波, 等, 2006. 水深和光照对黄鳝受精卵孵化率的影响[J]. 淡水渔业, 36(2): 31-33.
- 周玉, 张俊辉, 杨振国, 等, 2001. 温度和光照对神仙鱼胚胎发育的影响[J]. 水产科学, 20(3): 9-10.
- Bieniarz K, 1973. Effect of light and darkness on incubation of eggs, length, weight and sexual maturity of sea trout (*Salmo trutta* L), brown trout (*Salmo trutta fario* L) and rainbow trout (*Salmo irideus* Gibbons) [J]. Aquaculture, 2: 299-315.
- Blaxter, 1988. Pattern and variety in development [J]. Fish Physiology, 11: 1-8.
- Bolla S, Holmefjord L, 1988. Effect of temperature and light on development of Atlantic halibut larvae [J]. Aquaculture, 74: 355-358.
- Downing G, Litvak M K, 2002. Effects of light intensity, spectral composition and photoperiod on development and hatching of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryos [J]. Aquaculture, 213: 265-278.
- Matthew A Cook, Michael B Rust, 2002. The effect of light intensity on development and hatching success of lingcod, *Ophiodon elongatus* (Girard), eggs [J]. Aquaculture Research, 33(3): 217-222.
- Mukai Y, Lim L S, Kien C L, et al, 2012. Light intensity requirements for feeding behaviour by the brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* [J]. Sains Malaysiana, 41: 1193-1196.
- Villamizar N, Vera L M, Foulkes N S, 2014. Effect of Lighting Conditions on Zebrafish Growth and Development [J]. Zebrafish, 11(2): 173-181.

(责任编辑 张俊友)

## Effects of Light Intensity on the Hatching Rate of Fertilized *Schizothorax chongi* Eggs and on the Growth and Feeding of Larvae

QIN Xi-huo<sup>1</sup>, LIU Guo-yong<sup>1,2</sup>, WU Yu-jiao<sup>1</sup>, SHI Xiao-tao<sup>2</sup>, WANG Xiao-ling<sup>3</sup>

(1. College of Biological and Pharmaceutical Science, China Three Gorges University, Yichang 443002, P. R. China;

2. Engineering Research Center of Eco-environment in Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, China Three Gorges University, Yichang 443002, P. R. China;

3. Wuhan agricultural comprehensive administrative law enforcement team, Wuhan 430023, P. R. China)

**Abstract:** *Schizothorax chongi*, a cold water fish species naturally inhabiting the upper Yangtze and Jinsha River, Jialing River and Yalong River, has suffered quickly declining populations in recent years. Important factors in the decline include interruption of free flowing rivers and other changes in hydrological regime produced by damming. Secondary effects, such as light intensity and water depth in spawning grounds, also affect the survival of *S. chongi*. In this study, the effects of light intensity on the hatching rate of fertilized *S. chongi* eggs and on larval growth and feeding over the first 20 days were measured. Parental *S. chongi* were collected from the lower Yalong River and fertilized eggs were obtained by artificial insemination. The eggs were incubated under six illumination intensities (1 000 – 1 200, 600 – 720, 300 – 360, 100 – 120, 10 – 12, 0 lx). The number and date of newly hatched *S. chongi* larvae were recorded for each illumination treatment. Newly hatched *S. chongi* larvae were randomly assigned to one of five light intensity groups (4 000 – 6 000, 1 400 – 1 800, 400 – 600, 40 – 60, 0 lx), with 200 larvae per group. Every 2 – 3 days, *S. chongi* larvae in each light treatment were randomly selected for determination of total length, feeding intensity and feeding rate. Experimental conditions were as follows: water temperature, 16.0 – 18.0°C; DO, 6.8 – 8.5 mg/L and pH of 6.5 – 6.8. Illumination intensity had a significant effect on the hatching rate of *S. chongi* eggs ( $F = 391.51, P < 0.01$ ). From 10 to 360 lx, hatching rate increased with intensity, reaching the maximum value (88.1%) in the 300 – 360 lx group. The hatching rate declined slowly at illumination intensities above 360 lx and the suitable light intensity for hatching *S. chongi* eggs is 300 – 720 lx. Light intensity also had a significant effect on the growth and feeding of *S. chongi* larvae during the first 20 days. After 9 days, *S. chongi* larvae in the 40 – 60 lx treatment group displayed the fastest growth and highest feeding intensity, followed by the 400 – 600 lx group. Above 600 lx, feeding intensity dropped significantly with the illumination intensity, especially in the 4 000 – 6 000 lx group. All larvae in the 0 lx group had died of starvation by day 15. Suitable light intensity for larvae growth and feeding ranges from 40 to 600 lx. These findings provide basic data for artificial reproduction and cultivation of *S. chongi*.

**Key words:** *Schizothorax chongi*; illumination intensity; hatching rate; growth; feeding