

# 乌江中华倒刺鲃仔、稚鱼耳石的形态发育与生长

李忠利<sup>1</sup>, 梅杰<sup>1</sup>, 黄辉<sup>2</sup>, 饶振祺<sup>3</sup>, 邹陈海<sup>3</sup>, 何勇<sup>3</sup>

(1. 铜仁学院农林工程与规划学院, 贵州 铜仁 554300;

2. 西南大学荣昌校区水产系, 重庆 荣昌 402460; 3. 重庆大唐国际彭水水电开发有限公司, 重庆 彭水 409600)

**摘要:**研究中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)耳石的发育和生长特征, 补充早期生物学资料, 为进一步研究该鱼野生资源的早期生活史特征提供基础数据。在实验室养殖条件下观察了乌江中华倒刺鲃仔、稚鱼及3种耳石的形态发育过程和生长特点。结果表明, 在水温(26.0 ± 2.1)℃下, 初孵仔鱼微耳石和矢耳石已经形成, 星耳石在仔鱼出膜后第6天出现。在形态发育过程中, 微耳石由出膜时的近圆形经卵圆形发育成贻贝形, 且中心核位置偏移到前端靠近背侧; 矢耳石由近圆形经卵圆形发育成箭矢状; 星耳石由逗号形发育成不规则四边形。3种耳石形态发育的各阶段与鱼体发育阶段存在一定的对应关系。在生长上, 仔稚鱼鱼体、3种耳石的长径和短径与日龄均呈显著的线性关系( $P < 0.001$ ), 鱼体全长与3种耳石长径呈现出显著的线性关系( $P < 0.001$ ), 仔稚鱼鱼体、3种耳石的特定生长率随日龄增加均呈下降趋势。

**关键词:**中华倒刺鲃; 耳石; 形态发育; 生长; 乌江

**中图分类号:**S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)05-0080-07

鱼类的耳石是分布于头部听囊半规管内的钙化组织, 具有感知声音和平衡的作用(Degens et al, 1969), 其主要成分为碳酸钙、有机物及一些微量元素, 形成后结构稳定, 很少发生重吸收现象(高永华等, 2008)。作为耳石的2个基本参数, 耳石的形态和生长均受遗传和环境因素的影响(Vignon & Morat, 2010)。耳石形态具有种的特异性, 代表了一个种的特征, 可作为鉴定种类的理想材料, 甚至可以用于区别不同地理种群的同种鱼类(Campana & Caselman, 1993; Campana, 2004)。鱼类早期的生长发育状况对其种群结构有着重要的影响, 而近年来利用耳石微结构特征进行早期生活史的研究也越来越多, 根据鱼体长度与耳石长度的相关性可用耳石生长来推算鱼体的生长, 同时利用仔稚鱼耳石形态的变化也能对不同的种类进行有效区分(Sogard et al, 2010; 曾祥波和张国华, 2012)。

中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)属鲤形目

(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲃亚科(Barbinae)、倒刺鲃属(*Spinibarbus*), 俗称“青波”, 是长江中上游重要的经济鱼类之一, 近年来有关其营养特性、人工养殖和繁殖技术等的研究已非常成熟(蔡焰值等, 2003; 蔡焰值等, 2005; 林小植等, 2009; Dan et al, 2014; Ma et al, 2014)。而对该鱼早期生活史特征的相关资料目前报道较少, 尤其是受肆意捕捞及水体污染等因素的影响, 其野生种群资源量已日渐减少。对于中华倒刺鲃仔、稚鱼, 作者已进行了耳石微结构和日轮形成特征研究(李忠利等, 2015)。本研究以相同材料为试验对象, 研究其耳石的发育和生长特征, 补充该鱼的早期生物学资料, 为进一步研究该鱼野生资源的早期生活史特征提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料的采集

实验材料的采集参考李忠利等(2015)。

### 1.2 耳石测量

耳石先用OPTEC DV320显微照相系统照相, 用系统自带的测量软件测量耳石直径, 其中耳石前端到后端的距离记为长径( $D_1$ ), 耳石背侧到腹侧的距离记为短径( $D_2$ )(图1)。

### 1.3 发育时期的确定

中华倒刺鲃仔稚鱼和耳石形态发育分期参照殷名称(1991)的方法, 各个时期按50%以上个体达到该时期的时间来确定, 图片用Photoshop CS3整理。

收稿日期:2016-01-19 修回日期:2017-05-14

**基金项目:**贵州省科技厅联合基金项目(黔科合LH字[2014]7482); 贵州省教育厅创新人才团队项目(黔教合人才团队字[2012]08号); 重庆大唐国际彭水水电站环保项目[ps/sc018~2012]; 贵州省普通高等学校工程中心建设项目(黔教合KY[2012]028号)。

**作者简介:**李忠利, 副教授, 从事鱼类生态学研究。E-mail: lzl1982505@163.com

**通信作者:**黄辉, 副教授, 从事水产动物健康养殖研究。E-mail: huanghui516@163.com

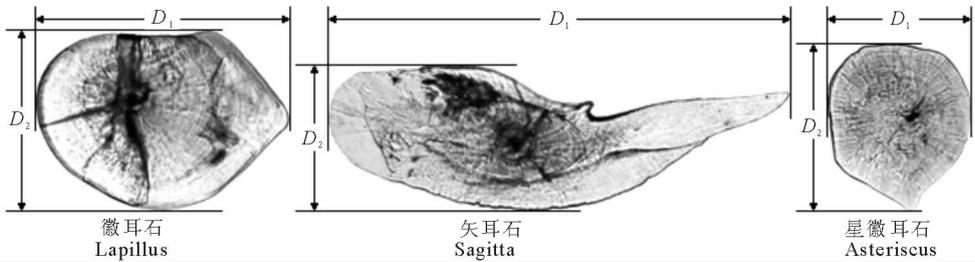


图 1 中华倒刺鲃仔、稚鱼耳石直径的测量

Fig. 1 Measurements of otolith length in larvae and juvenile *S. sinensis*

1.4 数据处理

原始数据通过 Excel 2007 整理后用 SPSS 17.0 进行统计分析。仔稚鱼全长、3 种耳石与日龄的关系采用回归分析拟合, 仔稚鱼全长与 3 种耳石的关系采用相关分析拟合。

鱼体全长、耳石长径和短径特定生长率( $g, /d$ )参照殷名称(1995)的方法, 计算公式为:

$$g = (\ln x - \ln y) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

式中: $t_1, t_2$  为日龄,  $x, y$  分别为  $t_1, t_2$  时的鱼体全长、耳石长径或短径。

2 结果与分析

试验共采集耳石标本 540 枚, 其中微耳石 197 枚、矢耳石 198 枚、星耳石 145 枚。

2.1 耳石形态发育

3 种耳石形态发育过程见图 2。

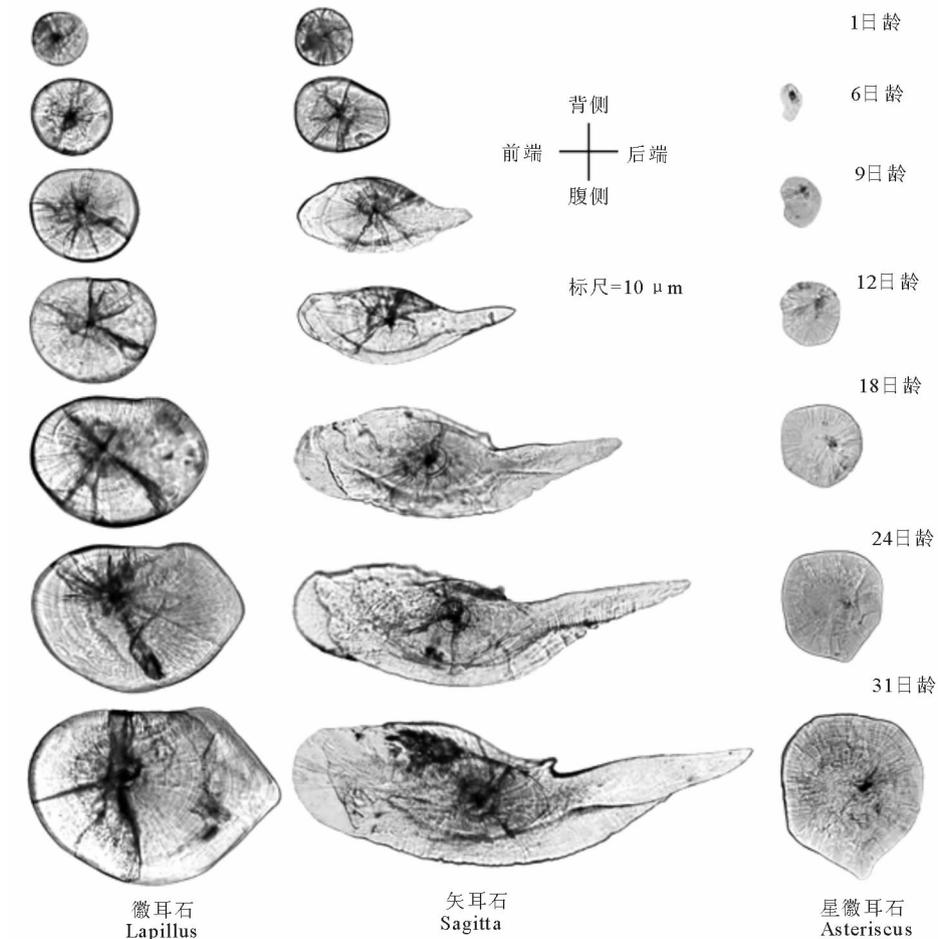


图 2 中华倒刺鲃仔、稚鱼的耳石形态发育

Fig. 2 Images showing otolith development in larvae and juvenile *S. sinensis*

微耳石的形态发育经历了由近似圆形到贻贝形的变化过程,且中心核位置有明显移位,初孵仔鱼略微居中,至31日龄偏移至耳石前端并靠近背侧。矢耳石在发育过程中形态变化很大,基本形态变化从近似圆形到梨形,至31日龄近似梭形,且后端明显变尖。星耳石在仔鱼出膜后第6天出现,从逗号形发育成31日龄的不规则四边形,且腹侧突起。仔、稚鱼鱼体形态发育和耳石形态发育特征见表1。

## 2.2 鱼体和耳石的生长

回归分析结果显示,鱼体全长、3种耳石长径和短径与日龄呈显著的线性相关( $P < 0.001$ ),关系式

表1 中华倒刺鲃仔、稚鱼鱼体和耳石形态发育特征

Tab. 1 Morphological development of body and otoliths in larvae and juvenile *S. Sinensis*

| 日龄 | 鱼体形态发育   | 耳石形态发育                    |  |                          |
|----|--|---------------------------|--|--------------------------|
|    |  | 微耳石                       | 矢耳石  | 星耳石                      |
| 1  | 全长7.0~8.1 mm (平均7.5 mm ± 0.3 mm), 全身透明, 浅黄色, 眼黑色, 胸鳍原基出现, 肌节30~34。                     | 出膜时已存在, 近似圆形。             | 出膜时已存在, 近似圆形。  | -                        |
| 6  | 全长9.8~11.2 mm (平均10.5 mm ± 0.5 mm), 卵黄吸尽。  | 近似圆形, 朝四方生长速率相近。          | 梨形, 前、后端生长快于背、腹侧。<br>梭形, 腹侧后方形成一枚尖形晶状突起, 背、腹侧各形成一条凹槽, 凹槽外变薄。 | 出现, 呈逗号形。                |
| 9  | 全长9.9~11.1 mm (平均10.5 mm ± 0.5 mm), 腹腔膜出现。   | 背侧延伸明显。                   | 继续向前、后端延伸。   | 前端生长加快。                  |
| 12 | 全长10.7~13.0 mm (平均12.1 mm ± 0.7 mm), 尾鳍上翘。   | 背侧平直, 腹侧成弧形。              | 前、后端继续延伸, 背侧中央形成一尖形晶状突起。                                     | 近似四边形, 前端和腹侧延伸明显。        |
| 18 | 全长13.3~15.3 mm (平均14.3 mm ± 0.6 mm), 腹鳍基出现。  | 后端形成圆形突起。                 | 背侧内凹明显, 后方略微上翘。  | 腹侧成圆形。                   |
| 24 | 全长13.7~17.5 mm (平均15.1 mm ± 0.7 mm), 尾柄出现一个黑斑。   | 背侧稍平直, 后端有一尖形突起, 腹侧成一圆弧状。 | 背侧前方微突, 后方凹陷, 腹侧成一圆弧状。                                       | 腹侧后端成一斜线形。               |
| 31 | 全长14.2~18.1 mm (平均15.7 mm ± 0.9 mm), 全身覆鳞, 尾柄一黑斑, 背鳍iii-11, 尾鳍34-36, 臀鳍ii-7, 腹鳍i-9-10。 |                           |  | 前端、背侧微平直, 后端成弧形, 腹侧明显突起。 |

表2 中华倒刺鲃仔稚鱼鱼体和耳石长径、短径的生长

Tab. 2 Growth in length and width of otoliths and total length of larvae and juvenile *S. Sinensis* by age (day)

| 指标  | 长径( $D_1$ ) - 日龄( $t$ )<br>关系式                 | 短径( $D_2$ ) - 日龄( $t$ )<br>关系式                 | 长径特定<br>生长率/d              | 短径特定<br>生长率/d              |
|-----|--|--|----------------------------|----------------------------|
| 矢耳石 | $D_1 = 4.4271t + 13.149$<br>( $R^2 = 0.9528$ ) | $D_2 = 0.777t + 17.865$<br>( $R^2 = 0.8565$ )  | 0.01~0.22<br>(0.09 ± 0.08) | 0.00~0.16<br>(0.04 ± 0.04) |
| 微耳石 | $D_1 = 2.0741t + 15.216$<br>( $R^2 = 0.9602$ ) | $D_2 = 1.2704t + 16.016$<br>( $R^2 = 0.9349$ ) | 0.02~0.23<br>(0.07 ± 0.06) | 0.01~0.15<br>(0.05 ± 0.04) |
| 星耳石 | $D_1 = 2.6305t - 1.2118$<br>( $R^2 = 0.9621$ ) | $D_2 = 2.5068t + 6.9993$<br>( $R^2 = 0.9632$ ) | 0.01~0.26<br>(0.08 ± 0.07) | 0.01~0.09<br>(0.05 ± 0.03) |
| 鱼体  | $L = 3.4246t + 79.3130$<br>( $R^2 = 0.9905$ )  |  | 0.01~0.10<br>(0.03 ± 0.02) |                            |

见表2。通过斜率的比较,在耳石的生长中,矢耳石长径生长最快,其短径生长最慢。耳石间长径生长的快慢顺序为:矢耳石 > 星耳石 > 微耳石,短径生长的快慢顺序为:星耳石 > 微耳石 > 矢耳石。

鱼体全长、耳石径每天的特定生长率比较见表2。鱼体的特定生长率变化在0.01~0.10,平均值都小于耳石( $P < 0.01$ );3种耳石长径特定生长率的平均值都大于短径( $0.01 < P < 0.05$ ),耳石间比较:矢耳石 > 星耳石 > 微耳石;3种耳石间短径特定生长率的平均值变化不大( $P > 0.05$ )。

## 2.3 耳石生长与鱼体生长的关系

3 种耳石长径与鱼体全长的关系见图 3。单尾检验(One-tailed Test of Significance)结果显示, 鱼体全长( $L$ )与 3 种耳石长径( $D_1$ )呈显著的线性相关( $P < 0.001$ ), 关系式如下:

微耳石:  $L = 1.611D_1 + 56.090$  ( $R^2 = 0.9352$ ,  $n = 197$ )

矢耳石:  $L = 0.750D_1 + 70.971$  ( $R^2 = 0.9375$ ,  $n = 198$ )

星耳石:  $L = 0.651D_1 + 39.891$  ( $R^2 = 0.8707$ ,  $n = 145$ )

31 日龄内鱼体全长、矢耳石、微耳石和星耳石长径的平均特定生长率见表 2, 大小关系为: 矢耳石长径 > 星耳石长径 > 微耳石长径 > 鱼体全长。

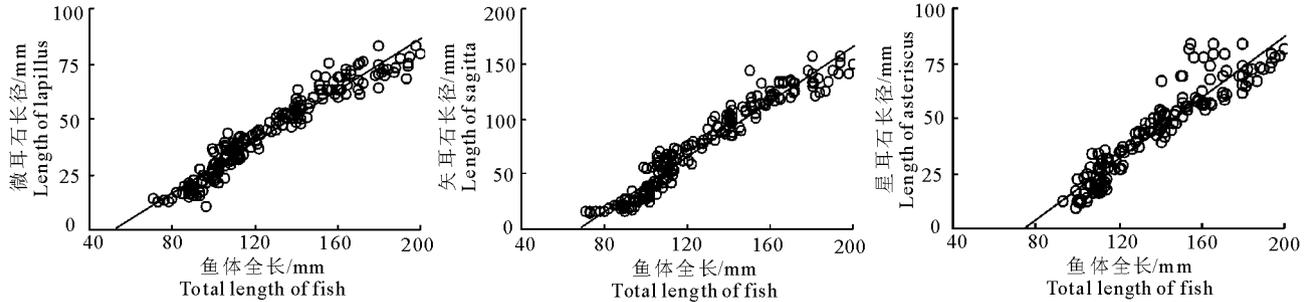


图 3 中华倒刺鲃 3 种耳石长径与仔稚鱼全长的关系

Fig. 3 Relationship between length of three otoliths and total length of larvae and juvenile *S. Sinensis*

## 3 讨论

### 3.1 耳石的形态发育

鱼类在早期发育过程中, 耳石形态会发生明显的变化, 主要是耳石各方向碳酸钙的沉积速度不同造成的。耳石生长主要受环境因素的控制, 其中温度是主要因素之一, 温度的升高会促进碳酸酐酶的生成, 提高耳石上碳酸盐和微量元素的沉积率, 从而促进耳石的生长 (Kalish, 1989; Gauldie et al, 1990; Begg et al, 2000; Waessle et al, 2003)。

对鲤形目鱼类而言, 3 种耳石早期发育的形态变化基本相似。已有报道指出, 矢耳石经历了由初孵仔鱼的近圆形, 经椭圆形变形为前端尖长后端圆钝的长箭矢形, 且在椭圆阶段之后的形态特征表现出一定的种的差异性。微耳石形态由初孵仔鱼的近似圆形发育成貽贝形。星耳石都在仔鱼出膜后数天内出现, 形态不规则, 由最初的心形、梨形等发育成星芒状 (史方等, 2006; Song et al, 2008; 严太明等, 2014)。本研究中华倒刺鲃 3 种耳石的基本形态变化与已有报道基本相似, 但矢耳石中间变形为侧放的梨形, 星耳石最初为逗号形, 而微耳石中心核的位移是耳石在发育过程中各方向的生长速度不一致造成的, 这一点在骨唇黄河鱼 (*Chuanchia labiosa*) 的研究中也有报道 (严太明等, 2014)。

### 3.2 耳石的生长变化

耳石形态受遗传因素控制, 耳石大小受环境条件影响, 二者共同约束了耳石的生长 (Antoni et al,

1993)。在对鲤形目鱼类仔稚鱼耳石生长的研究中, 李建军等 (2010) 认为四大家鱼耳石生长与日龄呈线性关系。向建国等 (2011) 在鳊 (*Elopichthys bambusa*) 微耳石生长的研究中提出了分段线性模型的特征, 即耳石在 13 日龄处存在 1 个节点, 节点前后为 2 个不同的线性方程, 且节点后生长明显快于节点前。在本研究中, 通过耳石长径、短径生长的对比可知, 矢耳石在 6 日龄处开始变形, 长径的生长明显快于短径。作者在对其耳石日轮特征的观察中发现, 矢耳石和微耳石日轮的变化由早期的圆形逐步变为椭圆, 这也说明了后期耳石的长径生长明显加快 (李忠利等, 2015)。

实质上, 耳石生长受生理因素和环境因素的双重影响 (Simkiss, 1974; Begg et al, 2000)。例如在海水鱼类的研究中, 随着水体深度的增加, 鱼体的新陈代谢过程明显减慢, 耳石大小也随之而减小, 但归根到底是由于温度降低而导致的 (Vermeij, 1978; Caselman, 1990)。随着温度的升高, 耳石上碳酸盐和微量元素的沉积率明显增加 (Kalish, 1989), 这是由于耳石的生长一定程度上取决于机体内一种对碳酸钙沉积起作用的酶即碳酸酐的量, 而碳酸酐的产量受温度的制约 (Gauldie et al, 1990)。

### 3.3 耳石与鱼体生长发育的关系

在鱼类的生长研究中, 耳石生长率伴随着鱼体生长率的增加而增加 (Mosegaard et al, 1988)。Sogard 和 Able (1992) 拟合了美洲拟鲈 (*Pseudopleuronectes americanus*) 耳石半径与体长的线性关系式,

认为耳石生长可以间接反映出鱼体的生长。对鲤形目鱼类而言,宋昭斌(2000)和李建军等(2010)通过对四大家鱼的研究指出耳石生长与鱼体生长呈显著的线性关系。Song等(2008)在对胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)耳石生长的研究中发现微耳石和矢耳石半径与鱼体体长的关系表现出阶段性的特征,在体长16 mm以前呈幂函数关系,之后呈线性关系。向建国等(2011)建立了微耳石半径与鱼体体长的分段线性关系,以仔鱼13日龄为节点成2段线性模型,节点后线性模型明显大于节点前。而在本研究建立的耳石与鱼体生长关系中,整个仔稚鱼阶段呈显著的线性相关,这可能与仔鱼从内源性营养向外源性营养转变过程中的营养源有关。

耳石形态发育与鱼体形态发育存在一定联系,刘志远等(2012)通过对照发现大黄鱼(*Larimichthys crocea*)仔稚鱼各发育阶段的矢耳石形态特征与鱼体形态特征存在对应关系。本研究中,在中华倒刺鲃仔稚鱼鱼体外部形态的各个变化时期,3种耳石都存在与之相对应的形态特征,例如在卵黄吸尽期,微耳石呈近似圆形,矢耳石梨形,星耳石刚出现、呈逗号形,这可能与鱼体不同发育阶段所处的生理条件、环境因素、营养吸收状况有关。

## 参考文献

蔡焯值,何长仁,蔡焯强,等,2003. 中华倒刺鲃生物学初步研究[J]. 淡水渔业, 33(3): 16-18.

蔡焯值,蔡焯强,何长仁,2005. 中华倒刺鲃人工繁殖技术研究[J]. 淡水渔业, 35(1): 35-38.

高永华,李胜荣,任冬妮,等,2008. 鱼耳石元素研究热点及常用测试分析方法综述[J]. 地学前缘, 15(6): 11-17.

李建军,吴志强,胡茂林,2010. 长江湖口水域四大家鱼幼鱼的耳石与生长研究[J]. 水生生态学杂志, 3(6): 56-61.

李忠利,黄辉,冉辉,等,2015. 中华倒刺鲃仔、稚鱼的耳石微结构与日轮形成特征[J]. 水生生态学杂志, 36(3): 83-88.

林小植,谢小军,罗毅平,2009. 中华倒刺鲃幼鱼饲料蛋白质需求量的研究[J]. 水生生物学报, 33(4): 674-681.

刘志远,李圣法,徐献明,等,2012. 大黄鱼仔稚鱼不同发育阶段矢耳石形态发育和微结构特征[J]. 中国水产科学, 19(5): 863-871.

史方,孙军,林小涛,等,2006. 唐鱼仔鱼耳石的形态发育及日轮[J]. 动物学杂志, 41(4): 10-16.

宋昭彬,2000. 四大家鱼仔幼鱼耳石微结构的特征及其应用

研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所:98-108.

向建国,向劲,王星璐,等,2011. 湘江鱧仔稚鱼个体和耳石生长发育研究[J]. 水生生物学报, 35(5): 817-822.

严太明,胡佳祥,杨婷,等,2014. 骨唇黄河鱼耳石早期形态发育和轮纹特征研究[J]. 水生生物学报, 38(4): 764-771.

殷名称,1991. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报, 15(4): 348-358.

殷名称,1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社:51-55.

曾祥波,张国华,2012. 基于傅立叶耳石形态分析法对几种家鱼仔稚鱼的种类判别分析[J]. 中国水产科学, 19(6): 970-977.

Antoni L, Jordi L, 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature[J]. Environ Biol Fishes, 37: 297-306.

Begg G A, Overholtz W J, Munroe N J, 2000. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank[J]. Fish Bull, 99: 1-14.

Campana S E, 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean[M]. Ottawa, Ontario :NRC Research Press:284.

Campana S E, Casselman J L, 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis[J]. Can J Fish Aquat Sci, 50: 1062-1083.

Casselman J M, 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish[J]. Trans Amer Fish Soc, 119: 673-688.

Dan X M, Yan G J, Zhang A J, et al, 2014. Effects of stable and diel-cycling hypoxia on hypoxia tolerance, postprandial metabolic response, and growth performance in juvenile qingbo (*Spinibarbus sinensis*) [J]. Aquaculture, 428-429: 21-28.

Degens E T, Deuser W G, Haedrich R L, 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths[J]. Mar Biol, 2(2): 105-113.

Gauldie R W, Neilson D G A, 1990. Otolith growth in fishes [J]. Comp Biochem Physiol, 97: 119-135.

Kalish J M, 1989. Otoliths microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 132: 151-178.

Ma X, Huang F, Wang Z, 2014. The complete mitochondrial genome sequence of *Spinibarbus sinensis* (Teleostei, Cypriniformes, Cyprinidae) [J]. Mitochondrial DNA, 25(1): 54-55.

Mosegaard H, Svedang H, Taberman K, 1988. Uncoupling of

- somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 45: 1514 – 1524.
- Simkiss K, 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing [C]// T B Bagenal. *Ageing of Fish*, Unwin Surrey. England; Brothers Ltd:1 – 121.
- Sogard S M, Able K W, 1992. Growth variation of newly settled winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in New Jersey estuaries as determined by otolith microstructure [J]. *Neth J Sea Res*, 29(1/2/3): 163 – 172.
- Song Z B, Fu Z D, Li J, et al, 2008. Validation of daily otolith increments in larval and juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus* [J]. *Environ Biol Fishes*, 82(2): 165 – 171.
- Vermeij G J, 1978. *Biogeography and adaptation patterns of marine life* [M]. Cambridge: Harvard University Press: 332.
- Vignon M, Morat F, 2010. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 411: 231 – 241.
- Waessle J A, Lasta C A, Favero M, 2003. Otolith morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Río de la Plata estuary (35 – 36 S) [J]. *Scientia Marina*, 67(2): 233 – 240.

(责任编辑 张俊友)

## Otolith Development in Larval and Juvenile qingbo *Spinibarbus sinensis* of Wujiang River

LI Zhong-li<sup>1</sup>, MEI Jie<sup>1</sup>, HUANG Hui<sup>2</sup>, RAO Zhen-qi<sup>3</sup>, ZOU Chen-hai<sup>3</sup>, HE Yong<sup>3</sup>

(1. College of Agroforestry Engineering and Planning, Tongren University, Tongren 554300, P. R. China;

2. Department of Fisheries, Southwest University, Rongchang 402460, P. R. China

3. Chongqing Datang International Pengshui Hydroelectric Department Co., LTD of China, Chongqing 409600, P. R. China)

**Abstract:** *Spinibarbus sinensis* (commonly known as qingbo) was an important commercial fish species widely distributed in Yangtze River and its tributaries. However, wild populations have declined sharply due to overfishing and habitat destruction. Artificial breeding of *S. sinensis* has been successful and we studied the morphological development and growth of otoliths in laboratory-hatched larvae and juveniles of known age: first generation off-spring (F1) of wild *S. sinensis* collected in Wujiang River. The results supplement information on the early life history of *S. sinensis* and provide base data for early life history research on wild populations. A total of 540 otoliths were collected, including 197 lapillus, 198 sagitta and 145 asteriscus. Sagitta, asteriscus and lapillus were extracted, cleaned and digitally imaged using an OPTEC DV320 microphotography system. The long diameter of the otoliths, from the anterior to posterior ( $D_1$ ), and the short diameter, from the dorsal to ventral ( $D_2$ ), were measured. Results show that, at a water temperature of  $(26.0 \pm 2.1)^\circ\text{C}$ , the sagitta and lapillus were present in newly hatched *S. sinensis*, while the asteriscus appeared approximately 6 days after hatching. During otolith development, the lapillus shape changed from nearly round to ovoid, and, by day 31, the ovoid had flattened on one side (mussel-shaped) and the nucleus had moved to the anterior dorsal region. The sagitta was more irregular in shape: nearly round in hatchlings, changing to ovoid and finally to a long ellipse with pointed posterior and rounded anterior. The morphology of the asteriscus was relatively stable, at first comma-shaped and changing to an irregular quadrilateral, with minor differences in outline and undulant margin. The development of the three otoliths was closely related to fish development. There was a significant linear relationship between the total length of larval/juvenile *S. sinensis* and the long diameter of all three otoliths ( $P < 0.001$ ). The equations are as follows: lapillus,  $L = 1.611 D_1 + 56.090$  ( $R^2 = 0.9352$ ,  $n = 197$ ); sagitta,  $L = 0.750 D_1 + 70.971$  ( $R^2 = 0.9375$ ,  $n = 198$ ); asteriscus,  $L = 0.651 D_1 + 39.891$  ( $R^2 = 0.8707$ ,  $n = 145$ ). The specific growth rate of the total body length and each otolith length exhibited a downward trend with daily age.

**Key words:** *Spinibarbus sinensis*; otolith; morphological development; growth; Wujiang River