

# 长江天鹅洲故道银鮡的年龄、生长和死亡率研究

王海生<sup>1</sup>, 沈建忠<sup>1</sup>, 李 霄<sup>1</sup>, 胡少迪<sup>1</sup>, 龚 成<sup>2</sup>, 孙广文<sup>1</sup>, 黄 丹<sup>1</sup>

(1. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070;

2. 长江天鹅洲白鱓豚国家级自然保护区管理处, 湖北 石首 434400)

**摘要:** 根据2011年3月至2012年1月在长江天鹅洲故道采集的银鮡(*Squalidus argentatus*)样本873尾, 用鳞片为年龄鉴定和生长推算材料, 研究银鮡的年龄、生长特性及死亡率。结果表明, 雌雄群体均由1~6龄组成, 雌鱼87.35%为1~3龄, 雄鱼87.01%为1~3龄。雌雄鱼体长( $L$ )和体重( $W$ )关系表现为异速生长, 雌鱼 $W=0.009L^{3.2285}$ , 雄鱼 $W=0.009L^{3.2254}$ 。以推算体长拟合 von Bertalanffy 方程, 得到生长参数为: 雌鱼 $L_{\infty}=17.1797$  cm,  $k=0.1820$ ,  $t_0=-1.2673$  和雄鱼 $L_{\infty}=11.5069$  cm,  $k=0.4074$ ,  $t_0=-0.5764$ 。雌雄鱼的自然死亡率分别为 $M=0.6048/a$ 和 $M=1.1459/a$ , 远高于一般鱼群自然死亡率( $M=0.2\sim0.3/a$ ); 开发率分别为 $E=0.5711$ 和 $E=0.4183$ 。长江天鹅洲故道银鮡雌鱼处于过度开发的状态, 应加强管理。

**关键词:** 银鮡; 年龄; 生长; 死亡率; 长江天鹅洲故道

**中图分类号:** Q112 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2013)02-0007-07

长江天鹅洲故道位于湖北省石首市境内(112°13'~112°48'E, 29°30'~29°37'N), 呈新月形(李思发, 2001), 现有2个国家级自然保护区, 即白鱓豚自然保护区和麋鹿自然保护区, 具有极高的生态价值。作为半自然迁地保护区, 生活在其中的长江江豚(*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*; Pilleri & Gehr, 1972)依靠自然捕食, 每年有2~3头幼豚出生, 现有群体数量30头以上(蒋文华, 2010)。江豚为杂食性, 主要以小型鱼类为食(陈佩薰等, 1997; 于道平等, 2001); 因此, 加强故道里小型鱼类资源的管理, 对江豚的保护意义重大。

银鮡(*Squalidus argentatus*)又名银色颌须鮡、亮壳等(Sauvage & Dabry de Thiersant, 1874), 隶属于鲤科(Cyprinidae)、鮡亚科(Gobioninae)、银鮡属(*Squalidus*)。广布于东亚淡水水体的中下游, 如中国大陆、台湾及海南(乐佩琦, 2000)。国内对银鮡生物学特性已做过许多研究, 包括繁殖生物学(李修峰等, 2005a)和胚胎发育(李修峰等, 2005b)、早期发育和饥饿仔鱼的不可逆点(PNR)(王芊芊等,

2010)、栖息环境与摄食(水生生物研究所鱼类研究室, 1976)、下咽骨附着肌与下咽齿的组成(曾燊和刘焕章, 2009)、地理亲缘关系演化(Yang et al, 2012)以及基因多样性与保护(Sun et al, 2011)等; 对银鮡的年龄只进行了简单描述(李修峰, 2008), 关于生长方面的研究至今未见报道。

在长江天鹅洲故道, 银鮡为常见的小型鱼类, 是网箱饲养江豚的优质饵料鱼。对其年龄、生长和死亡率进行分析, 一方面可丰富银鮡的生物学知识, 另一方面可为其资源管理制定合理的措施, 有利于保护长江江豚。

## 1 材料和方法

### 1.1 样本采集

银鮡样本全部取自长江天鹅洲故道(图1), 采集网具主要是围网(150 m×20 m, 2a=2 cm), 以地笼(40个)和三层刺网(内网目4 cm)作为补充。标本采集时间自2011年3月至2012年1月, 分别为3、5、7、9、10及1月。共采集样本873尾, 雌542尾和雄279尾, 雌雄不辨52尾; 其中, 598尾(雌442尾, 雄156尾)样本用于年龄鉴定和生长推算。

### 1.2 方法

1.2.1 样本处理 银鮡样本在新鲜状态下进行体长( $L$ )(精度1 mm)和体重( $W$ )(精度0.01 g)等常规生物学测量, 解剖后确定性别。每尾鱼取10~15枚鳞片用于年龄鉴定, 清洗干净后夹于两片载玻片之间备用。鳞片在Leica MZ75体视解剖镜(25倍)

收稿日期: 2013-03-12

**基金项目:** 世界自然基金会项目-长江天鹅洲故道小型鱼类资源评估(2985); 湖北长江天鹅洲白鱓豚国家级自然保护区管理处委托项目-天鹅洲故道水生生物资源调查。

**通讯作者:** 沈建忠, 1964年生, 男, 博士, 副教授, 从事鱼类生态学和养殖方面的研究。E-mail: jzhsh@mail.hazu.edu.cn

**作者简介:** 王海生, 1985年生, 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类生态学。E-mail: wanghaisheng200@163.com

下观察,用 Leica DFC300FX 数码照相系统在透射光下拍照。选择轮纹清晰和形状规则的鳞片,以侧区和后区交界处作为测量的生长轴线,轮径的测量使用 Fish BC 3.0 软件。

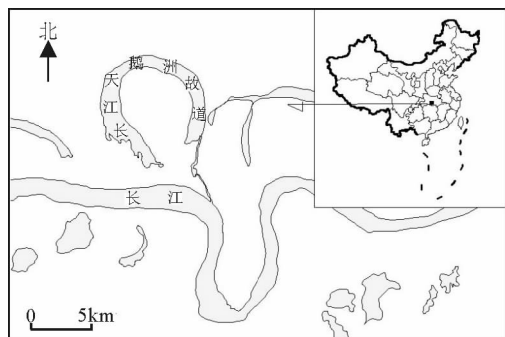


图1 长江天鹅洲故道

Fig.1 Map of Tian-e-zhou Oxbow of Yangtze River

1.2.2 年龄鉴定 年龄组的划分以1月1日为年龄递增日期(邓中舜等, 1981)。年龄确定采用同一研究者对每尾鱼的鳞片进行2次独立读龄,比较2次结果的吻合率,不吻合的则进行第3次读龄,如果与前2次均不吻合则舍去(Joung et al, 2008)。使用变异系数(CV)评价2次年龄读数的精确度(Chang et al, 1982)。

用边缘增长率(MIR)确定鳞片年轮形成周期和时间,计算公式为:

$$MIR = (R - R_n) / (R_n - R_{n-1})$$

式中: $R$ 为鳞径; $R_n$ 为近边缘第一圈年轮的轮径; $R_{n-1}$ 为近边缘第二圈年轮的轮径。

1.2.3 体长和体重关系 采用 Keys 公式  $W = aL^b$  拟合体长和体重的关系。将相关式转化为对数表达式为: $\log W = \log a + b \cdot \log L$  (Ricker, 1975),其参数  $a$  和  $b$  通过最小二乘法获得。协方差分析雌雄之间体长和体重关系的差异(Zar, 1984)。采用  $t$  检验分析幂指数  $b$  值是否与等速生长的期望值3存在显著性差异(Pauly, 1984)。

1.2.4 体长与鳞径的关系 体长( $L$ )和鳞径( $R$ )相关式采用  $L = a + b \cdot R$ 。协方差分析雌雄体长和鳞径相关式斜率之间的差异(Zar, 1984)。

1.2.5 生长方程计算 采用 von Bertalanffy 生长方程(VBGF)描述生长情况,表达式为:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}];$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b,$$

式中: $t$ 为年龄; $L_t$ 和  $W_t$ 为  $t$ 龄时的平均体长和体重; $L_\infty$ 和  $W_\infty$ 为平均渐进体长和体重; $k$ 为生长系数; $t_0$ 为假设的理论生长起点年龄。

根据 Ford-Walford 方法(Everhart & Youngs, 1975),以退算体长拟合生长方程各参数。

1.2.6 死亡率 总死亡率( $Z$ )采用 FiSAT\_II 软件(Gayanilo & Pauly, 1997)中的体长转换渔获物法(Pauly, 1983)获得。

自然死亡率( $M$ )根据 Pauly (1980)经验公式:

$$\log M = 0.0066 - 0.279 \log L_\infty + 0.6543 \log k + 0.4634 \log T;$$

式中: $T$ 为长江天鹅洲故道的年均水温( $21.5^\circ\text{C}$ )(李思发, 2001); $L_\infty$ 和  $k$ 为估算的 von Bertalanffy 生长方程参数。

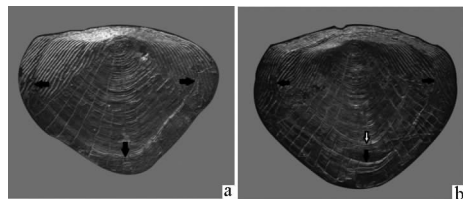
捕捞死亡率( $F$ )的计算公式为: $F = Z - M$  (Sainsbury, 1982);开发率( $E$ )为: $E = F / (F + M)$  (Ricker, 1975)。

1.2.7 数据处理 数据统计分析和图片处理应用 WPS2012 表格、SPSS18.0 和 Adobe Photoshop CS2 软件。文中数据采用平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果

### 2.1 年龄鉴定

2.1.1 年轮特征 银鮠鳞片为较小的圆鳞,呈不规则的六边形。鳞焦位于前区,前区短而宽,边缘几成平直,形成钝角,后区长,形成长尖角。环片在前区排列致密,两侧区较整齐,后区排列松散,且有放射沟分布。鳞片上的年轮标志主要表现为:1)无明显切割及疏密,前侧区及后区的年轮形成处具有环片的凸起,形成明显加厚的脊(图2-a);2)侧区具有切割现象并在后区形成明显加厚的脊(图2-b);此外,个别鳞片也有副轮存在,副轮多不完整,无规律,仅在后区形成加厚的脊,与正常的年轮容易区分(图2-b)。由于鳞片的年轮特征多数无明显的切割及疏密现象,故判定边缘新年轮的形成以后区加厚的脊为主要依据。



a: 环片叠加; b: 切割和环片叠加(黑色箭头示年轮,白色箭头示副轮)

图2 银鮠鳞片的年轮特征

a: The segistration of circuli; b: Cutting type and the segistration of circuli (black arrow shown annuli, white arrow shown false ring)

Fig.2 Rings characteristics of the scale of *S. argentatus*

2.1.2 年轮形成周期和时间 如图3所示,边缘增长率均值在3月时达到最大值,至5月时急剧下降,随后则缓慢上升(5-7月),7-9月时急剧上升,再往后增速又放缓,到达1月时和3月趋于一致;同时观察到,在5月初新年轮外已有新的环片形成。以上结果表明,鳞片上每年形成1个年轮,年轮形成时间在4-7月,高峰期在4-5月。1<sup>+</sup>龄个体的年轮出现时间最早,5月已全部形成,其它龄组要持续到7月时才结束。

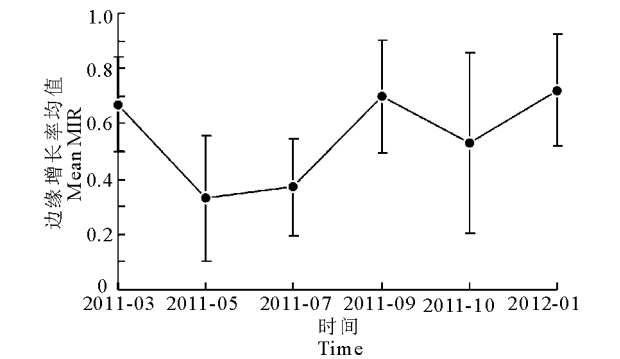
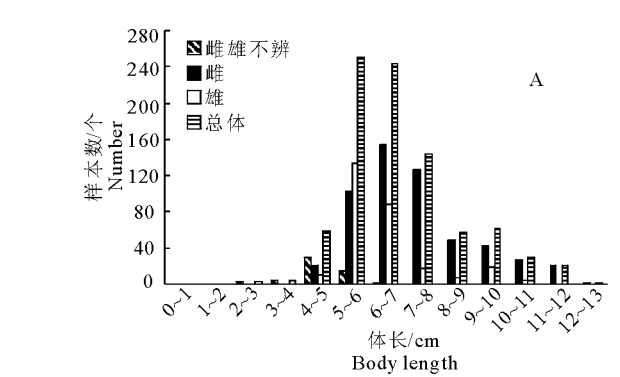


图3 银鮡鳞片平均边缘增长率的月变化

Fig.3 Monthly variations of the mean marginal increment rate for *S. argentatus*

2.1.3 年龄鉴定精确度 598尾样本的鳞片,2次读龄吻合的519尾,吻合率为86.79%,不吻合的79



尾。对不吻合的进行第3次读龄,其中62尾的读数与第1次或第2次的结果相吻合,取与前2次任一次相同的读数作为年龄,舍去因年龄标志不明显3次读龄都不吻合的17尾样本。2次读龄的总变异系数为6.94%。

2.2 群体结构组成

2.2.1 体长和体重分布 所获873尾银鮡样本,体长范围2.3~12.1 cm,平均体长(6.85±1.66) cm,优势体长5.0~8.0 cm,占样本总数的72.97%,体长小于5.0 cm的个体占7.56%,8.0 cm以上个体占19.47%(图4-A);体重范围0.16~31.59 g,平均体重(5.56±4.93) g,优势体重在7.50 g以下,占样本总数79.84%,大于7.50 g的样本占20.16%(图4-B)。

雌性样本542尾,体长4.2~12.1 cm,优势体长5.0~8.0 cm,占70.66%;体重0.97~31.59 g,优势体重7.50 g以下,占73.24%。雄性样本279尾,体长4.4~10.8 cm,优势体长5.0~7.0 cm,占79.21%;体重1.02~19.14 g,优势体重在5.00 g以下,占75.08%。未辨性别样本52尾,体长2.3~6.5 cm,体重0.16~4.08 g(图4-B)。雌雄的体长分布、体重分布均差异显著(Mann-Whitney test:  $U=44884$ ,  $P_L=0.0000$ ;  $U=44503$ ,  $P_W=0.0000$ )。

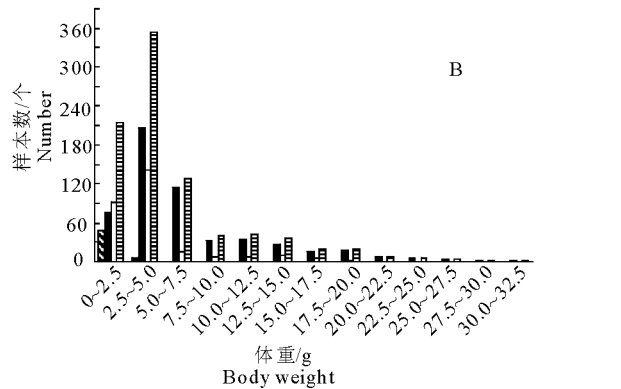


图4 银鮡体长和体重分布

Fig.4 Distribution of body length and weight for *S. argentatus*

2.2.2 年龄结构 雌雄银鮡均由1~6龄组成,群体的优势龄组为1~3龄,占全部样本的87.26%;其中,2龄鱼最多,占到群体的49.53%,6龄鱼雌雄各1尾,仅占0.34%。雌鱼87.35%为1~3龄,雄鱼87.01%为1~3龄,但3龄雌鱼的比例远高于雄鱼(图5)。

2.3 生长

2.3.1 体长和体重关系 体长( $L$ )和体重( $W$ )关系的相关式为:

未辨性别:  $W = 0.016L^{2.8628}$  ( $R^2 = 0.8724$ ,  $n = 52$ )

雌:  $W = 0.009L^{3.2285}$  ( $R^2 = 0.9613$ ,  $n = 542$ )

雄:  $W = 0.009L^{3.2254}$  ( $R^2 = 0.9857$ ,  $n = 279$ )

协方差检验表明,雌雄之间体长和体重关系存在显著性差异( $F = 5.425$ ,  $P < 0.05$ ),因此不能合并。 $t$ 检验结果表明,性别未辨的 $b$ 值显著小于3( $P < 0.05$ ),雌雄鱼 $b$ 值显著大于3( $P < 0.05$ ),表明性别未辨个体为负的异速生长,优先进行体长生

长,雌雄鱼为正的异速生长,更侧重于体重的生长。

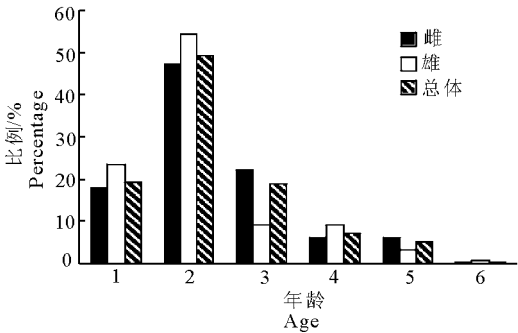


图5 银鮡的年龄组成

Fig. 5 The age composition of *S. argentatus*

2.3.2 体长与鳞径关系 体长(*L*)和鳞径(*R*)呈显著的线性相关,关系式为:

雌:  $L = 32.654R + 1.8402$  ( $R^2 = 0.9097$ ,  $n = 427$ )

雄:  $L = 34.866R + 1.4158$  ( $R^2 = 0.8963$ ,  $n = 154$ )

协方差检验表明,雌雄体长和鳞径相关式的斜率之间存在显著性差异( $F = 4.326$ ,  $P < 0.05$ ),因此二者的关系式不能合并。

2.3.3 生长退算 将鳞片轮径带入体长(*L*)和鳞径(*R*)关系式中,计算雌雄各龄的退算体长(表1)。

表1 银鮡各龄的退算体长

Tab. 1 Back-calculated standard length at ages of *S. argentatus*

| 项目     | 年龄 | 样本数/尾 | 实测体长/cm | 各龄鱼退算体长/cm            |                       |                       |                       |                       |
|--------|----|-------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|        |    |       |         | <i>L</i> <sub>1</sub> | <i>L</i> <sub>2</sub> | <i>L</i> <sub>3</sub> | <i>L</i> <sub>4</sub> | <i>L</i> <sub>5</sub> |
| 雌      | 1  | 76    | 5.64    |                       |                       |                       |                       |                       |
|        | 2  | 202   | 6.84    | 5.85                  |                       |                       |                       |                       |
|        | 3  | 95    | 8.58    | 5.60                  | 7.66                  |                       |                       |                       |
|        | 4  | 27    | 9.90    | 5.58                  | 7.74                  | 9.14                  |                       |                       |
|        | 5  | 26    | 11.28   | 5.75                  | 7.93                  | 9.32                  | 10.48                 |                       |
|        | 6  | 1     | 12.10   | 4.93                  | 6.55                  | 8.44                  | 10.37                 | 11.67                 |
| 样本数/尾  |    | 427   |         | 351                   | 149                   | 54                    | 27                    | 1                     |
| 均值/cm  |    |       |         | 5.75                  | 7.71                  | 9.21                  | 10.47                 | 11.67                 |
| 年增长/cm |    |       |         |                       | 1.96                  | 1.50                  | 1.26                  | 1.20                  |
| 雄      | 1  | 36    | 5.55    |                       |                       |                       |                       |                       |
|        | 2  | 84    | 6.27    | 5.46                  |                       |                       |                       |                       |
|        | 3  | 14    | 8.04    | 5.44                  | 7.39                  |                       |                       |                       |
|        | 4  | 14    | 9.67    | 5.47                  | 7.62                  | 8.81                  |                       |                       |
|        | 5  | 5     | 10.26   | 5.26                  | 7.64                  | 8.80                  | 9.72                  |                       |
|        | 6  | 1     | 10.50   | 5.04                  | 7.37                  | 8.42                  | 9.37                  | 10.34                 |
| 样本数/尾  |    | 154   |         | 118                   | 34                    | 20                    | 6                     | 1                     |
| 均值/cm  |    |       |         | 5.46                  | 7.52                  | 8.79                  | 9.67                  | 10.34                 |
| 年增长/cm |    |       |         |                       | 2.06                  | 1.27                  | 0.88                  | 0.67                  |

各龄雌鱼体长均显著大于雄鱼(*t*检验,  $P < 0.05$ )。从退算体长结果看,雌雄鱼在1龄时生

长最快,但随着年龄的增长,年增长量逐年降低。除2龄外,雌鱼的年均增长量均略大于雄鱼。

2.3.4 生长参数 根据退算体长数据,以Walford线法,计算渐进体长 $L_{\infty}$ 和生长系数 $k$ ,雌雄鱼分别为: $L_{\infty} = 17.1797$ ,  $k = 0.1820$  ( $R^2 = 0.9978$ ) 和  $L_{\infty} = 11.5069$ ,  $k = 0.4074$  ( $R^2 = 0.9975$ )。再以Beverton法计算 $t_0$ ,雌雄分别为: $t_0 = -1.2673$  ( $R^2 = 0.9995$ ) 和  $t_0 = -0.5764$  ( $R^2 = 0.9990$ )。

银鮡体长生长方程的关系式为:

雌:  $L_t = 17.1797[1 - e^{-0.1820(t + 1.2673)}]$

雄:  $L_t = 11.5069[1 - e^{-0.4074(t + 0.5764)}]$

银鮡体重生长方程如下:

雌:  $W_t = 83.3769[1 - e^{-0.1820(t + 1.2673)}]^{3.2285}$

雄:  $W_t = 23.7823[1 - e^{-0.4074(t + 0.5764)}]^{3.2254}$

对雌雄银鮡各龄的理论体长和各龄实测体长进行 $\chi^2$ 检验,分别为: $\chi^2 = 0.2132 < \chi^2_{0.05} = 11.07$  和  $\chi^2 = 0.2855 < \chi^2_{0.05} = 11.07$ ,结果表明无显著差异,说明von Bertalanffy方程可以很好地拟合银鮡的生长。

2.4 死亡率

根据体长转换渔获物法计算雌雄的总死亡率( $Z$ ),分别为 $Z = 1.41/a$ 和 $Z = 1.97/a$ 。由Pauly经验公式得到雌雄的自然死亡率( $M$ ),分别为 $M = 0.6048/a$ 和 $M = 1.1459/a$ 。雌雄鱼捕捞死亡率( $F$ )分别为 $F = 0.8052/a$ 和 $F = 0.8241/a$ ;最后计算得到雌雄的利用率( $E$ )分别为0.5711和0.4183。

3 讨论

3.1 银鮡鳞片的年轮特征

鱼类通常采用鳞片、鳍条、鳃盖骨等钙化组织进行年龄鉴定,鳞片具有取材方便、易于处理、对鱼体伤害小的优点,因而常常作为鱼类年龄鉴定的主要材料。鱼类鳞片上的年轮特征主要有切割型和疏密型,在侧区明显,如鮡亚科的圆口铜鱼(*Coreius guichenoti*) (杨志等, 2011)、长鳍吻鮡(*Rhinogobio ventralis*) (辛建峰等, 2010)、圆筒吻鮡(*R. cylindricus*) (王美荣等, 2012);而银鮡鳞片在侧区多数无明显切割及疏密现象,其主要特征表现为在年轮形成处有明显加厚的脊,这与严云志(2005)在麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)鳞片观察到的年轮特征一致。银鮡鳞片的年轮特征清晰明显,2次重复读龄的吻合率可达86.79%,同时采用边缘增长率对鳞片的年轮形成周期进行分析,结果表明,银鮡鳞片上1年形成1个年轮,故用鳞片鉴定年龄是可行的。

3.2 生长参数比较

体长和体重关系式中的幂指数  $b$  值具有物种的特异性 (Mayrat, 1970), 反应了不同发育时期和生长环境中鱼类的生长发育情况 (辛建峰等, 2010)。银鮡与鮡亚科中具有类似形态特征的小型鱼类如神农架关门河的嘉陵颌须鮡 (*Gnathopogon herzensteini*)、似鮡 (*Pseudogobio vaillanti*)、天津地区以及长江天鹅洲故道的麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*) 相比, 其  $b$  值较大, 说明银鮡体重生长优势明显, 在同一长度时体型更丰满。生长系数 ( $k$ ) 值是决定鱼体接近渐进体长 ( $L_{\infty}$ ) 的速度曲率参数。本研究表明, 雌鱼渐进体长大于雄鱼, 生长系数小于雄鱼, 因此雌鱼较雄

鱼生长至渐进体长需要更长的时间。将银鮡生长参数与其它鮡亚科小型鱼类进行比较, 结果如表 2 所示。从生长系数来看, 它们都属于生长较快的种类, 达到渐进体长的速度较快, 但其生长性能各不相同, 渐进体长、生长系数两两之间有相近之处, 如银鮡雌鱼的渐进体长 (17.1797) 与嘉陵江颌须鮡 (15.7390) 相近, 生长系数 (0.1820) 同麦穗鱼 (0.1670) 相近, 雄鱼的渐进体长 (11.5069) 与麦穗鱼 (11.8280) 相近, 嘉陵江颌须鮡的生长系数 (0.2401) 和似鮡 (0.2580) 相近等等, 反应了同一亚科小型鱼类的生长特点。总体来看, 银鮡的生长性能优于麦穗鱼, 近似于嘉陵颌须鮡, 但劣于似鮡。

表 2 鮡亚科各个水体不同鱼类体长-体重关系 (a、b) 及生长参数 ( $L_{\infty}$ 、 $k$ 、 $t_0$ ) 比较

Tab.2 Comparison of the parameters of standard length-weight relationship (a, b) and growth ( $L_{\infty}$ ,  $k$ ,  $t_0$ ) for various species of Gobioninae from different freshwater bodies

| 鱼名    | 采样地区    | 性别    | 数量/尾 | a                       | b      | $L_{\infty}$ /cm | $k$    | $t_0$   | 参考文献             |
|-------|---------|-------|------|-------------------------|--------|------------------|--------|---------|------------------|
| 嘉陵颌须鮡 | 神农架关门河  | ♀ + ♂ | 263  | $1.0980 \times 10^{-5}$ | 3.1450 | 15.7390          | 0.2401 | -0.1870 | 谢从新, 1985        |
| 似鮡    | 神农架关门河  | ♀ + ♂ | 281  | $1.2300 \times 10^{-5}$ | 3.0396 | 23.8000          | 0.2580 | -0.8050 | 谢从新等, 1986       |
| 麦穗鱼*  | 天津地区    | ♀ + ♂ | 480  | $4.6060 \times 10^{-2}$ | 2.5242 | 11.8280          | 0.1670 | -0.4468 | 杨竹舫等, 1989       |
| 麦穗鱼   | 长江天鹅洲故道 | ♀ + ♂ | 30   | $1.3000 \times 10^{-2}$ | 3.1200 |                  |        |         | Wang et al, 2012 |
| 银鮡    | 长江天鹅洲故道 | ♀     | 542  | $9.0000 \times 10^{-3}$ | 3.2285 | 17.1797          | 0.1820 | -1.2673 | 本研究              |
|       |         | ♂     | 279  | $9.0000 \times 10^{-3}$ | 3.2254 | 11.5069          | 0.4074 | -0.5764 |                  |

注: \* 表示根据资料的退算体长数据获得。  
Note: \* indicates calculated base on back-calculated standard lengths of article.

3.3 长江天鹅洲故道银鮡的保护对策

长江天鹅洲故道作为江豚的迁地保护区, 饵料鱼是否充足直接影响其生存和繁衍。银鮡是天鹅洲故道的常见鱼类, 2011 年渔业资源调查显示, 银鮡约占小型鱼类渔获物总数量的 3.22%, 是饲喂江豚的优质饵料, 其资源量对江豚有一定影响。但银鮡属于产漂流性卵鱼类, 产卵场需要流水环境 (李修峰等, 2005b); 而天鹅洲故道已基本与长江干流隔绝, 不具备银鮡的产卵条件, 据本次对银鮡成熟个体的跟踪观察, 确实没有产卵迹象, 长江天鹅洲故道银鮡群体全部来自长江“灌江纳苗”, 对银鮡进行资源管理十分重要。从死亡率方面分析, 雄性银鮡的总死亡率 ( $Z$ ) 和自然死亡率 ( $M$ ) 均较雌鱼高, 这与采样时雌多雄少的现象相吻合。Pauly (1980) 总结了 174 个鱼类种群的自然死亡率,  $M = 0.2 \sim 0.3/a$ 。本研究中雌雄鱼的自然死亡率分别为  $M = 0.6048/a$  和  $M = 1.1459/a$ , 说明银鮡在故道里的自然死亡率很高, 这与其生长较快、体型较小的生物学特性一致。最佳开发率应为  $F = M$  或  $E = 0.5$  (Gulland, 1971)。雌雄鱼的开发率 ( $E$ ) 分别 0.5711 和 0.4183。雌鱼的开发率偏高, 已处于过度捕捞状态。

为了保护长江天鹅洲故道银鮡的种群数量, 建

议保护区管理处首先积极开展“灌江纳苗”工作, 以期获得足够的补充群体; 其次加强对捕捞活动的管理, 严格遵守禁渔期制度, 限制渔具的种类和网目尺寸, 控制捕捞数量及规格。通过有效管理, 促进银鮡资源的恢复和增加, 从而缓解故道鱼产力下降的压力, 满足长江江豚的捕食需求。

参考文献

陈佩薰, 刘仁俊, 王丁, 等. 1997. 白鱘豚生物学饲养与保护 [M]. 北京: 科学出版社.  
邓中彝, 余志堂, 许蕴珩, 等. 1981. 汉江主要经济鱼类的年龄与生长 [C]. 鱼类学论文集 [M] (第 1 辑). 北京: 科学技术出版社: 97-116.  
蒋文华. 2010. 长江江豚迁地保护概述 [J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 34(4): 104-108.  
乐佩琦. 2000. 中国硬骨鱼类·硬骨鱼纲·鲤形目 (下卷) [M]. 北京: 科学出版社.  
李思发. 2001. 长江重要鱼类生物多样性和保护研究 [M]. 上海: 上海科学技术出版社: 96-97.  
李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 2005a. 汉江银鮡的繁殖生物学 [J]. 水利渔业, 25(2): 23-24.  
李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 2005b. 汉江银鮡的胚胎发育 [J]. 大连水产学院学报, 20(3): 181-185.

- 李修峰. 2008. 汉江中游银鮡的繁殖生物学和早期发育研究 [D]. 武汉: 华中农业大学.
- 水生生物研究所鱼类研究室. 1976. 长江鱼类 [M]. 北京: 科学出版社: 78–79.
- 王美荣, 杨少荣, 刘飞, 等. 2012. 长江上游圆筒吻鮡年龄与生长的研究 [J]. 水生生物学报, 36(2): 262–269.
- 王芊芊, 吴金明, 张富铁, 等. 2010. 赤水河银鮡的早期发育与仔鱼的耐饥饿能力 [J]. 动物学杂志, 45(3): 11–20.
- 谢从新, 刘齐德. 1986. 似鮡生物学的初步研究 [J]. 华中农业大学学报, 5(1): 73–82.
- 谢从新. 1985. 神农架嘉陵颌须鮡年龄与生长的初步研究 [J]. 华中农学院学报, 4(1): 41–48.
- 辛建峰, 杨宇峰, 刘焕章. 2010. 长江上游长鳍吻鮡年龄与生长的研究 [J]. 四川动物, 29(3): 352–356.
- 严云志. 2005. 抚仙湖外来鱼类生活史对策的适应性进化研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院.
- 杨志, 万力, 陶江平, 等. 2011. 长江干流圆口铜鱼的年龄与生长研究 [J]. 水生态学杂志, 32(4): 46–52.
- 杨竹舫, 李明德. 1989. 天津地区麦穗鱼的生物学 [J]. 动物学杂志, 24(1): 11–14.
- 于道平, 董明利, 王江等. 2001. 湖口至南京段长江江豚种群现状评估 [J]. 兽类学报, 21(3): 174–179.
- 曾燊, 刘焕章. 2009. 鮡亚科鱼类下咽骨和下咽齿的形态差异及其功能适应 [J]. 动物学研究, 30(6): 699–706.
- Chang WYB. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 39: 1208–1210.
- Everhart WH, Youngs WD. 1975. Principles of Fishery Science [M]. New York: Cornell University Press: 349.
- Gayanilo FC, Pauly D. 1997. FAO-ICLARM stock assessment tools Reference manual [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gulland JA. 1971. The fish resources of the oceans [M]. England Surrey: Fishing News Books: 225.
- Joung SJ, Chen CT, Lee HH, et al. 2008. Age, growth and reproduction of the silky sharks *Carcharhinus falciformis* in northeastern Taiwan waters [J]. Fisheries Research, 90: 78–85.
- Mayrat A. 1970. Allométrie et taxinomie [J]. Révue de Statistique Appliquée, 18(4): 47–58.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. ICES Journal of Marine Science, 39(2): 175–192.
- Pauly D. 1983. Length-converted catch curve: A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I) [J]. Fishbyte, 2(3): 9–10.
- Pauly D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators [J]. Manila: ICLARM Studies and Reviews, 8: 5–6.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation interpretation of biological statistics of fish populations [J]. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada, 191: 203–382.
- Sainsbury KJ. 1982. Population dynamics and fishery management of the paua, *Haliotis iris* I: Population structure, growth, reproduction, and mortality [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater, 16: 147–161.
- Sun Y, Lin HD, Tang WQ, et al. 2011. Polymorphic microsatellite loci isolated from the *Squalidus argentatus* using PCR-based isolation of microsatellite arrays (PIMA) [J]. International Journal of Molecular Sciences, 12: 5666–5671.
- Wang T, Wang HS, Sun GW, et al. 2012. Length-weight and length-length relationships for some Yangtze River fishes in Tian-e-zhou Oxbow, China [J]. Journal of Applied Ichthyology, 28(4): 650–662.
- Yang JQ, Tang WQ, Liao TY, et al. 2012. Phylogeographical analysis on *Squalidus argentatus* recapitulates historical landscapes and drainage evolution on the island of taiwan and mainland China [J]. International Journal of Molecular Sciences, 13: 1405–1425.
- Zar JH. 1984. Biostatistical Analysis [M]. 2<sup>nd</sup> Edition. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs: 718.

(责任编辑 万月华)

A Study of the Age, Growth and Mortality of *Squalidus argentatus* in  
Tian-e-zhou Oxbow of Yangtze River

WANG Hai-sheng<sup>1</sup>, SHEN Jian-zhong<sup>1</sup>, LI Xiao<sup>1</sup>, HU Shao-di<sup>1</sup>,  
GONG Cheng<sup>2</sup>, SUN Guang-wen<sup>1</sup>, HUANG Dan<sup>1</sup>

(1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P. R. China;  
2. Tian-e-zhou National Reserve for Lipotes Vexillifer, Shishou 434400, P. R. China)

**Abstract:** According to those 873 specimens of *Squalidus argentatus* collected from Tian-e-zhou oxbow of Yangtze River from March 2011 to January 2012, using their scales as the material of age identification and back-calculation of growth, this paper researches the age, growth characteristics and mortality of *S. argentatus*. The results shows that the ages for both sexes range from 1 to 6 years old, and most individuals are 1 to 3 years old for males and females accounting for 87.01% and 87.35% of total, respectively. The length-weight relationship between males and females shows an allometric growth. And it can be expressed respectively as  $W=0.009L^{3.2254}$  and  $W=0.009L^{3.2285}$ . The von Bertalanffy growth equation is fitted on the back-calculation body length data, resulting in parameter values of  $L_{\infty}=11.5069$  cm,  $k=0.4074$ ,  $t_0=-0.5764$  for male and  $L_{\infty}=17.1797$  cm,  $k=0.1820$ ,  $t_0=-1.2673$  for female. For males and females, the natural mortality is  $M=1.1459$  per year and  $M=0.6048$  per year. It indicates that the mortality of *S. argentatus* is much higher than the ordinary ones ( $M=0.2-0.3$  per year); and the exploitation rate is  $E=0.4183$  and  $E=0.5711$ . In conclusion, the female of *S. argentatus* in Tian-e-zhou Oxbow of Yangtze River is overexploited, so we should strengthen management on them to protect them better in the future.

**Key words:** *Squalidus argentatus*; age; growth; mortality; Tian-e-zhou Oxbow of Yangtze River