

沱江宽体华鳅的年龄与生长

王永明^① 谢碧文^{①*} 邹远超^① 王芳^① 岳兴建^①
齐泽民^① 王涪^① 吴英^②

① 内江师范学院生命科学院 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室 特色农业资源研究与利用四川省高校重点实验室 内江 641112; ② 内江市第六中学 内江 641000

摘要: 2010年4~11月,在沱江的资中-隆昌段采集宽体华鳅(*Sinibotia reevesae*) 573尾,研究了其年龄结构和生长特性。结果表明,微耳石厚度适中,易于磨片,且磨片后轮纹清晰,能准确反映宽体华鳅的年龄情况。收集到的沱江宽体华鳅体长主要分布在80~100 mm,占总数的67.54%;体重主要分布在8~20 g,占总数的69.11%;年龄由2~6龄组成,以3~4龄为主,占85.91%;种群雌雄性别比为1:1.11。体长(L ,单位mm)和体重(W ,单位g)关系,雌雄群体间无明显差异($P>0.05$),其表达式为 $W=5 \times 10^{-6} L^{3.2868}$ ($n=573$, $R^2=0.8202$),为近等速生长类型。von Bertalanffy生长方程为 $L_t=128.72[1-e^{-0.1974(t+1.66)}]$ 和 $W_t=42.95[1-e^{-0.1974(t+1.66)}]^{3.2868}$ 。体长生长速度和加速度方程为 $dL/dt=25.4133e^{-0.1974(t+1.66)}$ 和 $d^2L/dt^2=-5.0158e^{-0.1974(t+1.66)}$,体重生长速度和加速度方程为 $dW/dt=27.8666e^{-0.1974(t+1.66)}[1-e^{-0.1974(t+1.66)}]^{2.2868}$ 和 $d^2W/dt^2=5.5009e^{-0.1974(t+1.66)}[1-e^{-0.1974(t+1.66)}]^{1.2868} \times [3.2868e^{-0.1974(t+1.66)}-1]$ 。生长拐点年龄为4.37,此时的体长和体重分别为89.46 mm和12.99 g。分析显示,沱江资中-隆昌段宽体华鳅自然种群资源未遭到严重破坏,但合理开发水电资源和选择合适的渔具、渔法是其资源保护的最有效措施。

关键词: 宽体华鳅; 沱江; 年龄; 生长

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2015) 02-221-10

Age and Growth of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang River

WANG Yong-Ming^① XIE Bi-Wen^{①*} ZOU Yuan-Chao^① WANG Fang^① YUE Xing-Jian^①
QI Ze-Min^① WANG Yu^① WU Ying^②

① Conservation and Utilization of Fishes Resources in the Upper Reaches of the Yangtze River Key Laboratory of Sichuan Province, Key Laboratory of Regional Characteristic Agricultural Resources, Department of Education, College of Life Sciences, Neijiang Normal University, Neijiang 641112; ② Neijiang No.6 Middle School, Neijiang 641000, China

Abstract: *Sinibotia reevesae* is an endemic fish which lives only in the upper reaches of the Yangtze River.

基金项目 四川省教育厅重大培育项目 (No. 09ZZ012), 四川省省属高校科研创新团队项目 (No. KYTD201009), 四川省科技支撑项目 (No. 2011NZ0075);

* 通讯作者, E-mail: xiebw6873@163.com;

第一作者介绍 王永明, 男, 讲师; 研究方向: 鱼类形态及发育生物学; E-mail: wym8188@126.com.

收稿日期: 2014-05-07, 修回日期: 2014-09-29 DOI: 10.13859/j.cjz.201502008

The purpose of this study is to determine age structure and growth characteristics of *S. reevesae*, and to propose effective measures to protect this species. A total of 573 specimens were monthly collected from April to November 2010 in Zizhong-Longchang section of the Tuojiang River, a tributary river of the Yangtze River. Standard length and body weight of each specimen were measured. Calculation of increment rate and growth indexes of body length and body weight of *S. reevesae* by YIN Min-Chen's methods (1995). The growth of *S. reevesae* was fitted by the equation of Von Bertalanffy. Statistic analysis of all data were taken using Microsoft excel 2003 and SPSS 19.0. Lapillus moderate thick and there were clear rings or annuli on it which was the most accurate structure for age determination (Fig. 1). The standard length of the samples mainly ranged from 80 to 100 mm, accounting for 67.54% of the total (Fig. 2); total weight mostly ranged from 8 to 20 g and accounting for 69.11% of the total (Fig. 3). Age of the fishes was identified to five age classes (2 - 6 years old) and individuals of 3 - 4 years old were dominated with frequency of 85.91% (Fig. 4). Sex ratio (♀ : ♂) was 1 : 1.11. There was a linear correlation between standard body length and otolith radius, and the regression equation was $L = 125.25R_O - 11.706$ ($n = 362$, $R^2 = 0.8023$, $P < 0.01$) (Fig. 5). The increment rate and growth index were analysed by back-calculated body length. The results showed significant difference between 2 - 3 years old and 4 - 5 years old, among them 2 years old was the highest (Table 1). The relationship between standard length (L , unit mm) and total weight (W , unit g) showed no significant difference between males and females, which could be expressed as: $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2868}$ ($n = 573$, $R^2 = 0.8202$) (Fig. 6). The body length has increased rapidly before 4 years old and the increment rate of body weight was the highest between 3 and 4 years old (Table 2). The growth of *S. reevesae* was in a constant speed which can be described with von Bertalanffy equation: $L_t = 128.72[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]$, $W_t = 42.95[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{3.2868}$. Growth rate and acceleration growth rate equation of body length were $dL/dt = 25.4133 e^{-0.1974(t+1.66)}$ and $d^2L/dt^2 = -5.0158 e^{-0.1974(t+1.66)}$, respectively. Meanwhile, the growth rate and acceleration growth rate equation of weight were $dW/dt = 27.8666 e^{-0.1974(t+1.66)} [1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{2.2868}$ and $d^2W/dt^2 = 5.5009 e^{-0.1974(t+1.66)} [1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{1.2868} \times [3.2868 e^{-0.1974(t+1.66)} - 1]$, respectively. The growth inflexion points was 4.37 years with the corresponding standard body lengths 89.46 mm and body weights of 12.99 g (Fig. 7). Our data suggest that the resource of *S. reevesae* had already been fished properly in Zizhong-Longchang section of the Tuojiang River. However, in order to better protect the resource of *S. reevesae*, measures such as strict ban to unreasonable catching and exploring the hydropower resources should be enhanced.

Key words: *Sinibotia reevesae*; Tuojiang River; Age; Growth

宽体华鳅 (*Sinibotia reevesae*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes) 鳅科 (Cobitidae) 沙鳅亚科 (Botiinae), 是长江上游特有鱼类和重要经济鱼类, 其野生条件下鱼苗孵化需要在流速较大且较长的河段中进行 (岳兴建等 2011)。近年来, 由于酷捕以及水利工程建设和采砂作业对其繁殖环境和索饵场的破坏, 分布范围逐渐萎

缩, 野生资源量下降明显 (杨丽虎 2007)。鱼类的年龄与生长是研究鱼类生物学和生态学特性的重要组成部分, 也是分析和评价鱼类种群数量变动的的基本依据之一 (Beamish et al. 1983, 王晓辉等 2006)。本文就沱江资中-隆昌段宽体华鳅样本进行了年龄与生长的研究, 以了解其种群动态和生长规律, 为其资源保护和合理开

发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集

2010 年 4 ~ 11 月于沱江资中-隆昌段收集宽体华鳊标本 573 尾, 活体状态下测量体长(精确到 1.0 mm) 和体重(精确到 0.01 g), 解剖鉴别雌雄, 参考殷名称(1995) 的 6 期划分标准确定性腺发育状况。

1.2 年龄材料处理

宽体华鳊微耳石因厚度适中, 易于磨片, 且磨片后容易观测到轮纹, 适于作为年龄鉴定的材料。参考赵天等(2008) 的方法, 取微耳石磨片, Motic SMZ-168 型数码显微镜观察、鉴定年龄, 362 尾成功鉴定年龄。Moticam 2506 数码成像系统以及 Motic Images Plus 2.0 显微图像分析软件对耳石磨片拍照, 并如图 1 所示选择年轮最清晰处沿耳石中心到边缘的连线测定耳石半径 R_0 和轮径 R_{0i} , 用于年龄推算。耳石半径 R_0 为耳石中心至边缘的长度, 轮径 R_{0i} 为耳石中心至第 i 圈年轮轮纹的长度。

1.3 数据处理

参考殷名称(1995) 的方法, 拟合体长与耳石半径和体长与体重的相关方程, 计算相对

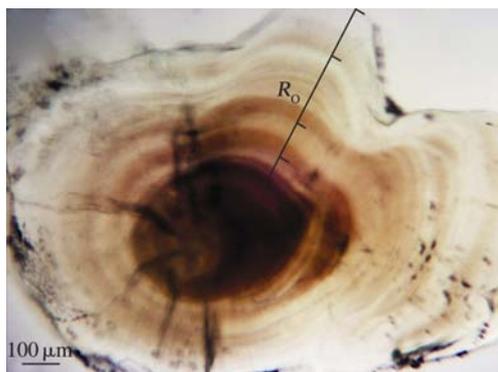


图 1 宽体华鳊微耳石上的年轮特征及耳石半径 (R_0) 测定方向

Fig. 1 Annuli characters on otolith of *Sinibotia reevesae* and measuring orientation of its otolith radius (R_0)

生长率和生长指标, 通过体长推算, 求出宽体华鳊体长、体重的生长方程。本文数据的统计分析和图形绘制主要采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 19.0 软件进行。

1.3.1 体长与耳石半径的关系及生长推算

采用线性函数、幂函数、指数函数、对数函数和二次函数方程 5 种函数模型拟合体长 (L , mm) 与耳石半径 (R_0 , μm) 间的关系, 选择判定系数 (R^2) 最大者为其最佳回归方程; 采用修正后的 Lee 方程 $L_i = [(a + b \cdot R_{0i}) / (a + b \cdot R_0)] L$ 推算各龄的体长, 式中, L 为实测体长 (mm), R_0 为耳石半径, L_i 为年龄 i 时的推算体长 (mm), R_{0i} 为耳石中心至第 i 圈年轮轮纹的长度 (μm), a 是 $L-R_0$ 回归方程的截距, b 是 $L-R_0$ 回归方程的斜率。

1.3.2 体长与体重的关系 采用 KEYS 公式 $W = aL^b$ 进行体长与体重的相关分析, 式中, W 为体重 (g), L 为体长 (mm), a 为常数, b 为幂函数指数。

1.3.3 生长率和生长指标 绝对生长率 (ΔV)、相对生长率 ($\Delta V/V$)、生长比速 (C_V)、生长常数 (C_{Vt}) 和生长指标 (G) 的计算公式 (费鸿年等 1990) 分别为: $\Delta V = (V_n - V_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$, $\Delta V/V = [(V_n - V_{n-1}) / V_{n-1}] \times 100$, $C_V = (\ln V_n - \ln V_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$, $C_{Vt} = [(\ln V_n - \ln V_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})] \cdot (t_n + t_{n-1}) / 2$, $G = [(\ln V_n - \ln V_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})] \cdot V_{n-1}$, 式中, V_n 和 V_{n-1} 分别为对应相邻 2 年 t_n 、 t_{n-1} 的体长 L_n 、 L_{n-1} 或体重 W_n 、 W_{n-1} 。

1.3.4 生长方程 用 von Bertalanffy 方程进行生长拟合。通过体长推算, 建立 Ford 方程, 采用最小二乘法求出宽体华鳊体长和体重的 von Bertalanffy 方程: $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$, 式中 t 为年龄, L_t 、 W_t 表示 t 龄时的平均体长 (mm) 和体重 (g), L_∞ 、 W_∞ 表示渐近体长 (mm) 和体重 (g), k 为生长常数, t_0 为假设的理论生长起点年龄, b 为体长体重关系式的幂函数系数。分别对体长和体重生长方程求一阶导数和二阶导数, 得到其生长速

度和生长加速度方程。

生长拐点年龄方程为 $t_i = \ln b/k + t_0$ 。

2 结果与分析

2.1 渔获物组成

2.1.1 渔获物体长及体重分布 573 尾宽体华鳅渔获物的体长变幅为 54 ~ 132 mm，平均

(86.87 ± 10.84) mm，以 80 ~ 100 mm 个体为主，占 67.54%，低于 80 mm、高于 100 mm 个体分别占 23.91%和 8.55% (图 2)。体重变幅为 2.12 ~ 41.60 g，平均 (12.43 ± 5.61) g，以体重 8 ~ 20 g 个体为主，占 69.11%，体重低于 8 g、高于 20 g 的个体分别占 21.82%和 9.07% (图 3)。

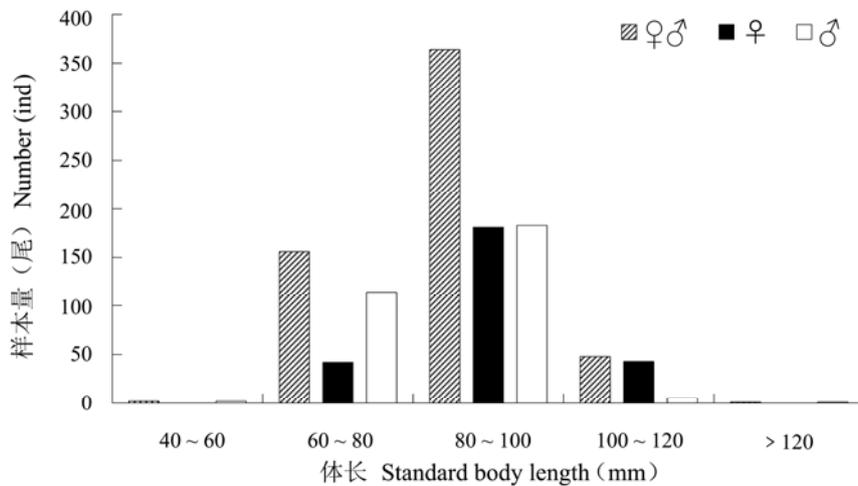


图 2 沱江宽体华鳅的体长分布

Fig. 2 Standard body length distribution of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang River

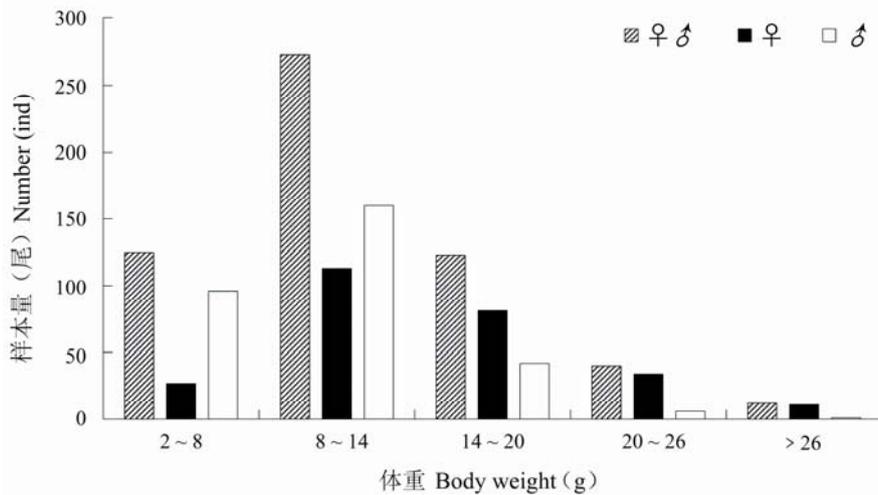


图 3 沱江宽体华鳅的体重分布

Fig. 3 Weight distribution of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang

2.1.2 渔获物年龄组成及性比 渔获物中鉴定年龄的样本 362 尾，由 2~6 龄组成，2、3、4、5、6 龄鱼分别占渔获物的 3.31%、25.69%、60.22%、10.50%和 0.28%，其中 3、4 龄占渔获物总量的 85.91%。低龄鱼中雄性占优势，2、3 龄鱼中雄性分别占 58.33%和 74.19%，4、5 龄鱼中雄性分别占 58.26%和 47.37%，6 龄仅 1 尾且为雄性（图 4）。同龄组中雌鱼的体长和体重均略大于雄鱼，但无明显差异（ $P > 0.05$ ）。种群性比为♀271：♂302 = 1：1.11，繁殖群体性比为♀225：♂258 = 1：1.15，繁殖期繁殖群体性比为♀156：♂181 = 1：1.16。

2.2 年轮特征

宽体华鳅耳石磨片上的年轮轮纹呈疏密相间的同心圆排列。透射光下微耳石磨片的中心为一近椭圆形的暗区，暗区外宽的暗带与窄的明带交替排列，每一暗带和明带组成一个生长年带，上一生长年带的明带与下一生长年带的暗带的交界处为年轮。微耳石磨片上离中心越远的暗带颜色越浅。磨片的长短径上年轮的清晰程度也不同，长径上明带和暗带分界较为清楚，适于进行年龄鉴定，短径上明带和暗带聚集在一起，无法准确判定年龄。2~3 龄年轮间

距明显大于 1~2 龄间距（图 1）。

2.3 生长

2.3.1 体长与耳石半径的关系及生长退算

运用线性、对数、指数、多项式和幂函数拟合的体长（ L ）与耳石半径（ R_0 ）回归方程中，线性回归方程的选择判定系数 R^2 最大，因此，宽体华鳅体长与耳石半径呈线性相关（图 5）。回归方程为 $L = 125.25R_0 - 11.706$ （ $n = 362$ ， $R^2 = 0.8023$ ， $P < 0.01$ ）。

采用修正后的 Lee 方程 $L_i = [(a + b \cdot R_{0i}) / (a + b \cdot R_0)] L$ 退算各年龄的体长及根据退算体长计算的生长率和生长指标见表 1。将退算体长与实测各年龄组的体长均值进行配对 t -检验，二者无显著差异（ $P > 0.05$ ），表明退算体长可信。运用退算体长进行生长率和生长指标分析发现，2 龄鱼和 3 龄鱼相对生长率、生长比速和生长指标明显高于 4 龄和 5 龄鱼，其中 2 龄鱼最高；2~5 龄鱼生长常数相当，但 3、4 龄鱼略大于 2 龄和 5 龄鱼。

2.3.2 体长与体重的关系 将 573 尾渔获物的实测体长和体重数据，以及渔获物中雄性和雌性的实测体长和体重数据分别拟合，发现宽体华鳅体重与体长呈幂函数相关（图 6），回归方

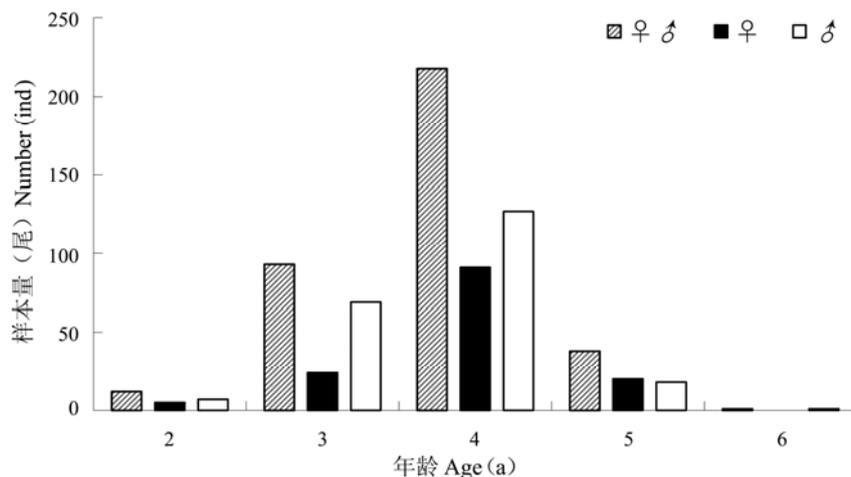


图 4 沱江宽体华鳅的年龄结构

Fig. 4 Age of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang River

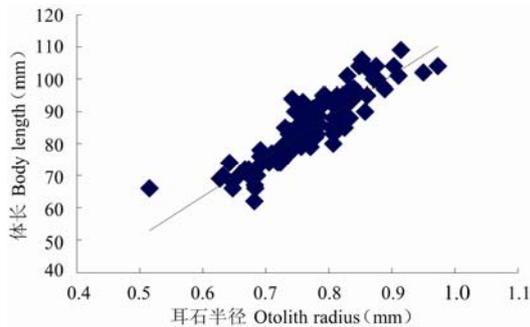


图 5 宽体华鳊耳石半径与体长的关系

Fig. 5 Relationship between standard body length and otolith radius of *Sinibotia reevesae*

程分别为♀ + ♂: $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2868}$ ($n = 573$, $R^2 = 0.8202$, $P < 0.01$), ♀: $W = 7 \times 10^{-6} L^{3.1996}$ ($n = 271$, $R^2 = 0.8026$, $P < 0.01$), ♂: $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2741}$ ($n = 302$, $R^2 = 0.8079$, $P < 0.01$)。通过残差平方和分析 (ARSS) (周灿 2007), 表明雌、雄鱼间无显著差异 ($P > 0.05$), 故可采用雌雄群体合并的 $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2868}$ ($n = 573$, $R^2 = 0.8282$, $P < 0.01$) 拟合体长与体重的关系。

2.3.3 增长率、生长指标和生长方程 沱江宽体华鳊的体长与体重增长率和生长指标见表 2。由于 6 龄样品仅 1 尾, 不能客观反映该年龄组的生长情况, 故不列入。3 龄和 4 龄鱼的体长相对增长率、生长比速、生长常数和生长指标高于 4 ~ 5 龄 (表 3)。体重相对增长率和生长比速 3 龄和 4 龄均较高, 之后降低; 生长常数和生长指标 4 龄和 5 龄均保持较高水平。表明宽体华鳊 4 龄前体长生长迅速, 4 龄后开始下降; 体重生长趋势是 2 ~ 3 龄生长较快, 3 ~ 4 龄生长最快, 4 ~ 5 龄仍然保持较快的生长; 体长的生长早于体重生长。

将各龄宽体华鳊的推算体长用最小二乘法列出的 L_{t+1} 与 L_t 、 $\ln(L_\infty - L_t)$ 与 t 间的线性方程分别为 $L_{t+1} = 22.925 + 0.8209L_t$ ($R^2 = 0.9953$) 和 $\ln(L_\infty - L_t) = 4.5317 - 0.1963t$ ($R^2 = 0.9992$), 求出 $L_\infty = 128.72$ mm, $k = 0.1974$, $t_0 = -1.66$, 根据体长与体重关系方程 $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2868}$ 求得 $W_\infty = 42.95$ g。据此得出宽体华

表 1 宽体华鳊各年龄组实测体长与推算体长

Table 1 Measured body length and back-calculated body length at each age class of *Sinibotia reevesae*

年龄 Age	样本数 (尾) Number (ind)			实测体长 (mm) Measured body length		推算体长 (mm) Back-calculated body length				
	♀♂	♀	♂	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
2	12	5	7	62 ~ 66	64.83 ± 2.33	52.42	64.98			
3	93	24	69	68 ~ 85	76.14 ± 3.77	52.62	65.48	77.80		
4	218	91	127	79 ~ 100	87.76 ± 6.17	52.87	65.42	77.54	86.42	
5	38	20	18	90 ~ 115	96.13 ± 9.26	51.98	65.24	77.82	86.84	93.66
推算体长均值 Weighted mean back-calculated body length						52.47	65.28	77.72	86.63	93.66
绝对增长率 (ΔV) Absolute increment rate (mm)							12.81	12.44	8.91	7.03
相对增长率 ($\Delta V/V$) Relative increment rate (%)							24.41	19.06	11.46	8.11
生长比速 (C_v) Specific speed of growth							0.22	0.17	0.11	0.08
生长常数 (C_{gt}) Growth constant							0.33	0.43	0.39	0.36
生长指标 (G) Growth index							11.54	11.10	8.55	6.93

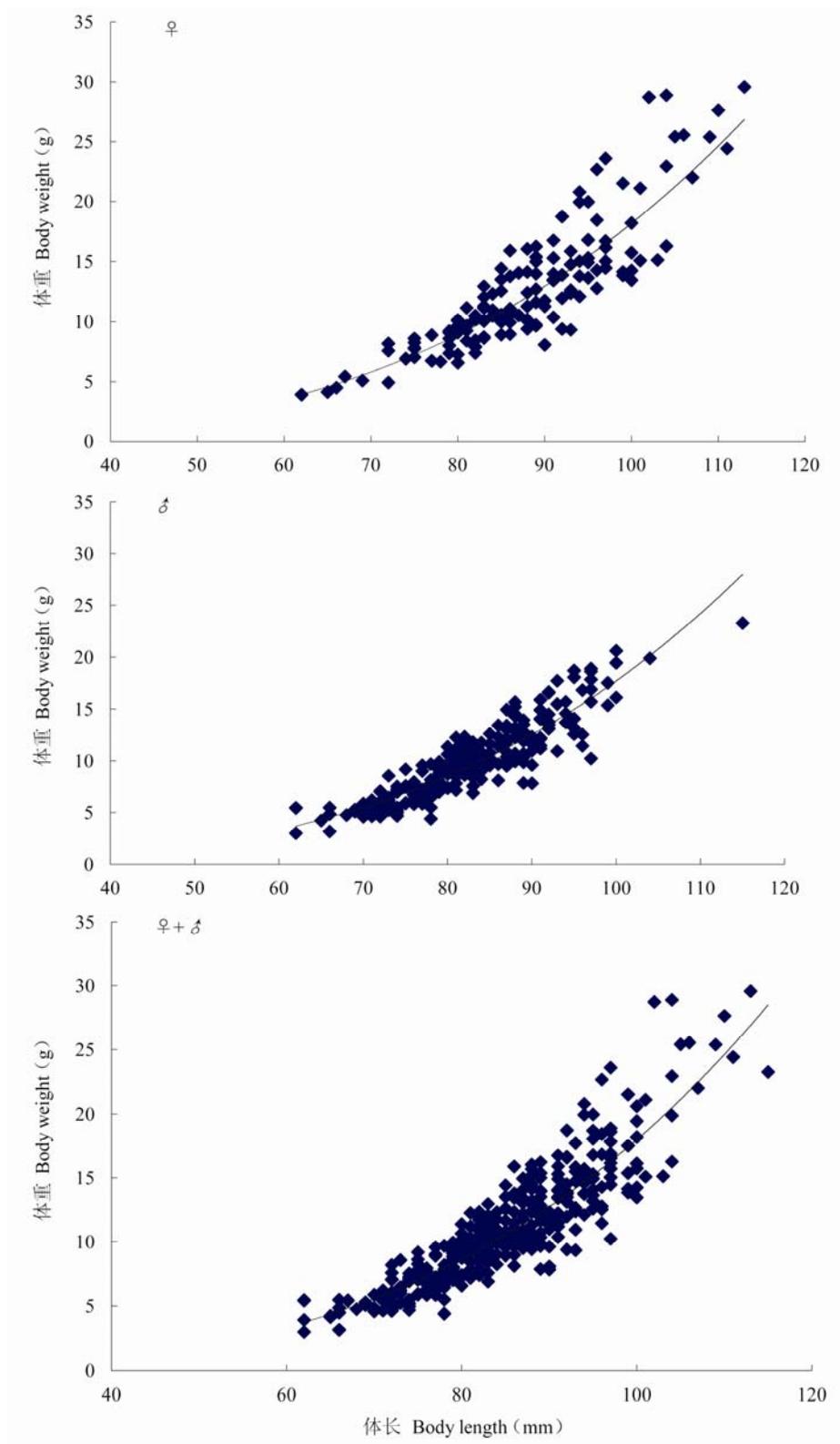


图 6 宽体华鳅体长和体重的关系

Fig. 6 Relationship between standard body length and body weight of *Sinibotia reevesae*

表 2 宽体华鳅体长与体重增长率和生长指标

Table 2 Increment rate and growth indexes of body length and body weight of *Sinibotia reevesae*

年 龄 Age	体长 Body length (mm)						体重 Body weight (g)					
	<i>L</i>	ΔL	$\Delta L/L$ (%)	C_v	C_{vt}	<i>G</i>	<i>W</i>	ΔW	$\Delta W/W$ (%)	C_v	C_{vt}	<i>G</i>
2	64.83 ± 2.33						4.58 ± 0.89					
3	76.14 ± 3.77	11.31	17.45	0.16	0.40	10.37	7.39 ± 1.74	2.81	61.35	0.48	1.20	2.20
4	87.76 ± 6.17	11.62	15.26	0.14	0.50	10.81	12.20 ± 3.64	4.81	65.09	0.49	1.72	3.62
5	96.13 ± 9.26	8.37	9.54	0.09	0.41	7.90	16.27 ± 5.65	4.07	33.36	0.30	1.35	3.66

L 表示体长均值; ΔL 代表体长绝对增长率; $\Delta L/L$ 代表体长相对增长率; *W* 代表体重均值; ΔW 代表体重绝对增长率; $\Delta W/W$ 代表体重相对增长率; C_v 代表生长比速; C_{vt} 代表生长常数; *G* 代表生长指标。

L is average body length; ΔL is absolute body length increment rate; $\Delta L/L$ is relative body length increment rate; *W* is average body weight; ΔW is absolute body weight increment rate; $\Delta W/W$ is relative body weight increment rate; C_v is specific speed of growth; C_{vt} is growth constant; *G* is growth index.

鳅体长和体重生长方程分别为 $L_t = 128.72[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]$ 和 $W_t = 42.95[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{3.2868}$ 。

将上述体长和体重生长方程分别求一阶和二阶导数, 得到体长和体重的生长速度方程和生长加速度方程: 体长生长速度方程为 $dL/dt = 25.413 3e^{-0.1974(t+1.66)}$, 体长生长加速度方程为 $d^2L/dt^2 = -5.015 8e^{-0.1974(t+1.66)}$, 体重生长速度方程为 $dW/dt = 27.866 6e^{-0.1974(t+1.66)}[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{2.2868}$, 体重加速度生长方程为 $d^2W/dt^2 = 5.500 9e^{-0.1974(t+1.66)}[1 - e^{-0.1974(t+1.66)}]^{1.2868} \times [3.2868e^{-0.1974(t+1.66)} - 1]$ 。

宽体华鳅的体长生长曲线和体长生长速度、加速度曲线都不具拐点, 随着年龄的增加, 体长逐渐趋向渐近值, 生长速度 dL/dt 减慢, 并逐渐趋于 0, 体长生长加速度 d^2L/dt^2 逐渐上升, 但位于 *t* 轴的下方, 表明随着体长生长速度的下降, 其递减速度渐趋缓慢 (图 7)。宽体华鳅的体重生长曲线为不对称的 S 形渐近曲线, 体重生长速度、加速度曲线具有明显的拐点, 其拐点年龄 $t_1 = 4.37$, 将 t_1 代入体长和体重生长方程, 求得拐点年龄处的体长和体重分别为 89.46 mm 和 12.99 g。当 $t < 4.37$ 时, 随着年龄的增长, dW/dt 递增, d^2W/dt^2 下降但为正; 当 $t = 4.37$ 时, dW/dt 达最大值, d^2W/dt^2 为 0; 当 $t > 4.37$ 时, dW/dt 和 d^2W/dt^2 均下降。表明

4.37 龄前为种群质量递增阶段, 4.37 龄后为种群质量递减阶段 (图 7)。

3 讨论

3.1 沱江宽体华鳅的生长特性

鱼类的体长和体重之间常有一定的相关性, 体长体重方程中指数 *b* 能反映鱼类在不同发育阶段和不同生境中的生长发育情况 (辛建峰等 2010)。当鱼类体长体重方程的 *b* 等于 3 或接近 3 时, 体长与体重的生长为等速生长 (殷名称 1995)。沱江宽体华鳅雌鱼和雄鱼体长、体重方程的指数 *b* 相似, 分别为 3.199 6 和 3.274 1, 与 3 接近, 表明其雌雄鱼生长无明显差异, 且其体长和体重生长模式均为近等速生长类型, 与澧河花斑副沙鳅 (*Parabotia fasciata*) 种群 (杨明生 2009) 和大渡河麻尔柯河高原鳅 (*Triplophysa markehenensis*) 种群 (张雪飞等 2010) 相似, 而与长江江津段 (赵天等 2008) 和合江段 (普炯等 2013) 的中华沙鳅 (*S. superciliaris*) 种群体长-体重呈异速生长不同。生长方程中生长系数 *k* 是决定鱼类达到其渐近体长 L_∞ 的速度曲率参数, 能反映鱼类不同种群生命周期的长短和生长速度。生长周期短鱼类 *k* 值大, 生长快; 生长周期长的鱼类 *k* 值小, 生长慢。Branstetter (1987) 认为 *k* 值为 0.05 ~

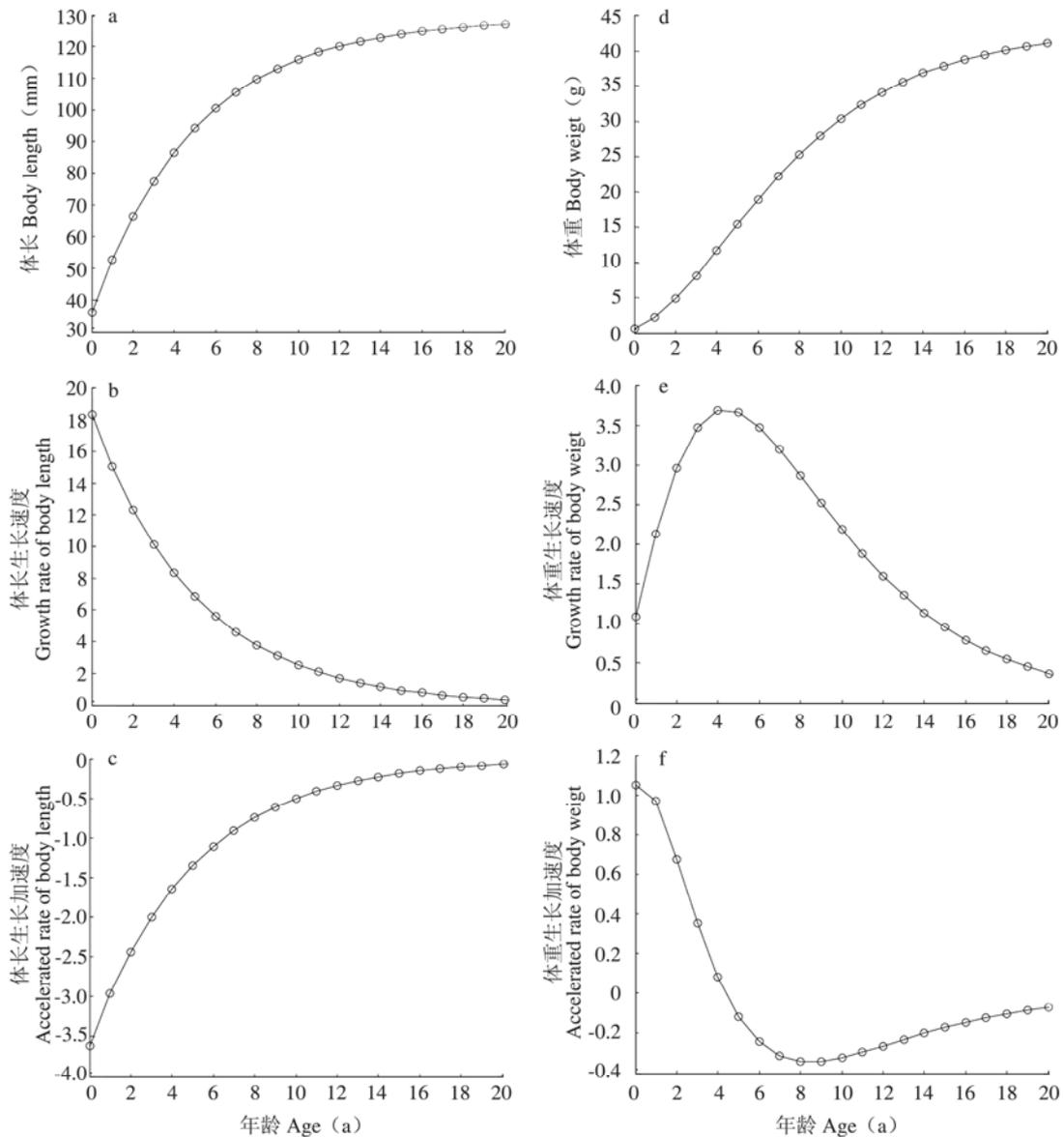


图7 宽体华鳅生长曲线

Fig. 7 The growth curves of *Sinibotia reevesae*

a. 体长; b. 体长生长速度; c. 体长生长加速度; d. 体重; e. 体重生长速度; f. 体重生长加速度。

a. Body length; b. Growth rate of body length; c. Accelerated rate of body length; d. Weight; e. Growth rate of body weight; f. Accelerated rate of body weight.

0.10 的鱼类是生长缓慢的鱼类, 0.10 ~ 0.20 是均速生长种, 0.20 ~ 0.50 是快速生长种。沱江宽体华鳅生长方程的 k 值为 0.1974, 为均速生长鱼类, 其生长速度快于长江合江段中华沙鳅

(0.1194, 普炯等 2013)、大渡河麻尔柯河高原鳅 (0.1597, 张雪飞等 2010) 和大宁河红尾荷马条鳅 (*Homatula variegates*) (郭志强等 2008), 慢于长江江津段中华沙鳅 (0.3851, 赵

天等 2008) 和澧河花斑副沙鳅 (0.286 7, 杨明生 2009)。

生长率和生长指标是衡量鱼类生长的重要参数, 相对生长率和生长比速能分别反映鱼类生长的阶段性特征和单位时间内瞬时的鱼体增长, 从而客观地反映鱼类的生长特性 (张其永等 1981, 高天祥 1993); 生长常数可用于划分鱼类的生长阶段, 生长指标主要用于比较鱼体的生长速率 (费鸿年等 1990)。综合运用宽体华鳅推算体长和实测体长、体重进行生长率和生长指标分析的结果, 及生长方程、生长速度和加速度方程的研究结果, 可将沱江宽体华鳅的生长分为 3 个阶段: 2 龄以前生长速度最快, 为幼鱼增长期; 2~4 龄生长速度较快, 为成鱼生长稳定期; 拐点年龄 4.37 龄之后生长减缓趋于稳定, 为生长衰老期。鱼类的生长拐点, 分为性成熟拐点和衰老拐点, 前者从性未成熟转入性成熟, 后者则从强壮期转入衰老期 (张其永 1981)。宽体华鳅两性的最小性成熟年龄均为 2 龄, 多数 3 龄性成熟, 繁殖群体以 3 龄和 4 龄为主 (王永明等 2014)。宽体华鳅的生长拐点年龄远大于性成熟年龄, 属于衰老拐点, 这有利于其增大繁殖力, 保证种群的延续。

3.2 沱江宽体华鳅的资源状况及保护

沱江宽体华鳅渔获物以 3 龄和 4 龄为主, 平均体长和体重与生长拐点年龄的体长和体重较为接近, 其种群以处于成鱼生长稳定期的繁殖群体为主, 其种群结构较为合理, 种群增长潜力大, 表明目前其自然资源还没有遭到严重破坏。根据作者的实地观察沱江宽体华鳅卵为沉性, 鱼苗自然孵化需要较长自然流水河段的特性使其更易受到水利工程建设导致的河流阻断的影响。因此, 合理开发水电资源和选择合适的渔具、渔法是其资源保护的最有效措施。2009 年位于内江城区下游的天官堂水电站截流后, 对沱江宽体华鳅资源的影响有待研究。

参 考 文 献

- Beamish R J, Mcfarlane G A. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112(6): 735-743.
- Branstetter S. 1987. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the Northwestern Gulf of Mexico. *Copeia*, (4): 964-974.
- 费鸿年, 张诗全. 1990. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社, 156-285.
- 高天祥. 1993. 青岛近海青鳞鱼年龄、生长与死亡特征的研究. *海洋湖沼通报*, (4): 86-92.
- 郭志强, 刘绍平, 段辛斌, 等. 2008. 大宁河红尾副鳅年龄与生长的研究. *淡水渔业*, 38(6): 15-18.
- 普炯, 贾砾, 苏胜齐, 等. 2013. 长江合江段中华沙鳅的年龄与生长研究. *淡水渔业*, 43(3): 38-42.
- 王晓辉, 代应贵. 2006. 瓣结鱼的年轮特征与年龄鉴定. *上海水产大学学报*, 15(2): 247-251.
- 王永明, 谢碧文, 王芳, 等. 2014. 沱江宽体华鳅的繁殖特性. *动物学杂志*, 49(5): 699-706.
- 辛建峰, 杨宇峰, 刘焕章. 2010. 长江上游长鳍吻鲈年龄与生长的研究. *四川动物*, 29(3): 352-356.
- 杨丽虎, 陈进, 黄薇, 等. 2007. 长江上游梯级水电开发情况及对生态环境的影响初探. *中国农村水利水电*, (3): 79-81.
- 杨明生. 2009. 花斑副沙鳅的年龄和生长特征. *孝感学院学报*, 29(6): 17-19.
- 岳兴建, 王芳, 谢碧文, 等. 2011. 沱江流域宽体沙鳅的胚胎发育. *四川动物*, 30(3): 390-393, 397.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 47-63.
- 张其永, 李福振, 杜金瑞. 1981. 厦门杏林湾鳊鱼年龄和生长的研究. *水产学报*, 5(2): 121-132.
- 张雪飞, 何春林, 宋昭彬. 2010. 大渡河上游麻尔柯河高原鳅的年龄与生长. *动物学杂志*, 45(4): 11-20.
- 赵天, 刘建虎. 2008. 长江江津江段中华沙鳅耳石及年龄生长的初步研究. *淡水渔业*, 38(5): 46-50.
- 周灿. 2007. 长江上游圆口铜鱼生长及种群特征. 山东: 山东大学硕士学位论文, 15-16.