

北江侧条光唇鱼的年龄与生长特征

蓝昭军^{①②} 李 强^③ 赵 俊^{①*} 钟良明^②

① 华南师范大学生命科学学院 广东省高等学校生态与环境科学重点实验室 广东省水产健康安全养殖重点实验室
广州 510631; ② 韶关市水产研究所 韶关 512006; ③ 广州大学生命科学学院 广州 510006

摘要: 于2007年7月至2009年6月间,在北江中上游地区采集了358尾侧条光唇鱼(*Acrossocheilus parallens*)样本,以鳞片作为年龄鉴定材料,对其年龄与生长特征进行了研究。侧条光唇鱼鳞片上年轮结构清晰,前区主要为疏密型,而侧区主要为切割型;鳞片的边缘生长率显示,其年轮的主要形成期为2~3月份。样本中的雌性由1⁺~5⁺龄5个龄组组成,优势龄组为1⁺~3⁺龄;而雄性由1⁺~4⁺龄4个龄组组成,优势龄组为1⁺~2⁺龄。雌鱼的体长(L , cm)范围为5.7~14.8 cm,集中于7.0~13.0 cm之间;体重(W , g)范围为4.75~108.40 g,集中于10.00~30.00 g之间。雄鱼的体长范围为5.7~12.6 cm,集中于7.0~11.0 cm之间;体重范围为4.40~61.50 g,主要集中于10.00~20.00 g之间。体长与体重的关系为 $W = 0.017L^{3.167}$ 、 $W_{\text{♀}} = 0.017L^{3.198}$ 、 $W_{\text{♂}} = 0.023L^{3.025}$,协方差分析表明,雌、雄个体在体长与体重关系上,差异显著。体长(L , cm)与鳞径(R , mm)呈线性关系, $L_{\text{♀}} = 3.126R + 1.869$ 、 $L_{\text{♂}} = 2.875R + 2.152$ 。拟合出Von Bertalanffy生长参数,雌性 $L_{\infty} = 17.143$ 5 cm, $k = 0.270$ 5, $W_{\infty} = 150.347$ 4 g, $t_0 = -0.614$ 6 龄;雄性 $L_{\infty} = 17.236$ 5 cm, $k = 0.226$ 9, $W_{\infty} = 126.468$ 6 g, $t_0 = -0.921$ 5 龄。雌鱼体重生长的拐点年龄为3.68 龄,拐点体长约为11.8 cm,体重约为45.26 g;雄鱼的拐点年龄为3.96 龄,拐点体长约为11.5 cm,体重约为37.60 g。作为渔业对策,建议起捕年龄3 龄以上或体长10 cm 以上的个体。

关键词: 侧条光唇鱼; 年龄; 生长; 北江

中图分类号: Q958.8 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2015) 04-518-11

Age and Growth of *Acrossocheilus parallens* in the Beijiang River

LAN Zhao-Jun^{①②} LI Qiang^③ ZHAO Jun^{①*} ZHONG Liang-Ming^②

① Key Laboratory of Ecology and Environment Science in Guangdong Higher Education, Guangdong Provincial Key Laboratory for Healthy and Safe Aquaculture, College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631; ② Shaoguan Fisheries Research Institute, Shaoguan 512006; ③ College of Life Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

Abstract: By measuring the growth rings of the scales, the age and growth of 358 specimens of *Acrossocheilus parallens* collected from July 2007 to June 2009 in the Beijiang River were studied. The annuli on scales were clear, the pattern of sparseness-denseness was visible in the prezone region while the

基金项目 广东省海洋渔业科技专项 (No. A201001E04), 公益性行业 (农业) 科研专项经费 (No. 201303048);

* 通讯作者, E-mail: zhaojun@scnu.edu.cn;

第一作者介绍 蓝昭军, 男, 硕士; 研究方向: 鱼类分类学及生态学; E-mail: lanzhj@163.com。

收稿日期: 2014-08-20, 修回日期: 2015-05-19 DOI: 10.13859/j.cjz.201504003

cut pattern was present on the rear-side region. The annuli on scales was formed once a year, the annuli formation took place primarily between February and March each year. Ages ranged from 1⁺ to 5⁺ years for females, mainly in 1⁺ to 3⁺ years; and 1⁺ to 4⁺ for males, mainly in 1⁺ to 2⁺ years for males. The standard length of female ranged from 5.7 to 14.8 cm, with the majority from 7.0 to 13.0 cm; while the male ranged from 5.7 to 12.6 cm, with the majority from 7.0 to 11.0 cm. The body weight of female ranged from 4.75 to 108.40 g, but most fish ranged from 10.00 to 30.00g; while the male ranged from 4.40 to 61.50 g, with the majority from 10.00 to 20.00 g. The relationship between standard length (cm) and body weight (g) was $W_{\text{♀}} = 0.017L^{3.198}$; $W_{\text{♂}} = 0.023L^{3.025}$, $W = 0.017L^{3.167}$ for the combined sexes. Females and males exhibited statistically significant differences in growth. The relationship between standard length and scale radius (R) was $L_{\text{♀}} = 3.126R + 1.869$ and $L_{\text{♂}} = 2.875R + 2.152$. The von Bertalanffy growth parameters based on length-at-age data were $L_{\infty} = 17.143$ 5 cm, $k = 0.270$ 5/a, $W_{\infty} = 150.347$ 4 g, $t_0 = -0.614$ 6 year for females, and $L_{\infty} = 17.236$ 5 cm, $k = 0.226$ 9/a, $W_{\infty} = 126.468$ 6 g, $t_0 = -0.921$ 5 year for males. The growth inflexion point were 3.68 years and 3.96 years for females and males respectively, when $L_i = 11.8$ cm, $W_i = 45.26$ g for females, and $L_i = 11.5$ cm, $W_i = 37.60$ g for males. To protect the population of *A. parallens* in Beijiang River, we suggest that only fish longer than 10.0 cm (age 3) should be harvested.

Key words: *Acrossocheilus parallens*; Age; Growth; Beijiang River

北江是珠江流域的第二大水系, 主要位于广东省的中北部, 约 23°10' ~ 25°31'N, 111°55' ~ 114°50'E 之间, 发源于南岭山地, 在三水河口以上干流长 468 km, 流域面积约 47 800 km² (潘炯华 1987)。

侧条光唇鱼 (*Acrossocheilus parallens*) 属鲤形目鲤科鲃亚科光唇鱼属, 俗称石斑鱼、石花鱼等 (潘炯华等 1991, 乐佩琦等 2000), 为喜流水中下层鱼类, 在北江流域主要分布于干流中上游及各支流, 为北江流域山区及丘陵地区常见的小型经济鱼类。此外, 因其体侧有多条斑纹, 体色鲜艳, 亦可作为观赏鱼进行开发。迄今为止, 有关侧条光唇鱼生物学的研究仅见关于个体繁殖力 (蓝昭军等 2010) 及流溪河种群生物学特征的研究 (徐嘉良 2010)。在 2007 年 7 月至 2009 年 6 月间, 作者在北江中上游采集了侧条光唇鱼样本 358 尾, 对其年龄与生长进行了研究, 以期为北江的侧条光唇鱼保护及合理利用提供基础资料及科学依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集

于 2007 年 7 月至 2009 年 6 月在韶关市仁化县、乳源县桂头镇、韶关市及英德市大湾镇等地采集侧条光唇鱼样本 358 尾, 采集时间选取在每月中、下旬。全部样本在新鲜状态下进行常规生物学测量, 包括体重 (上海恒平科学仪器有限公司 MP3002 电子天平, 精确至 0.01 g)、体长 (精确至 1 mm)。

以取自背鳍起点下方至侧线鳞上方的鳞片作为年龄鉴定材料 (殷名称 1995)。每尾样本选取 10 枚左右的鳞片, 除去黏液、表皮后, 清洗干净, 夹入两片载玻片中, 封片后以待观察。材料的观察、测量和拍照在 OLYMPUS BX51 显微镜下进行。

1.2 数据处理与分析

相关生物学分析采用殷名称 (1995) 的方法。鳞片的边沿生长率为 $I = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$, 式中, I 为边缘生长率 (%), R 为鳞径 (mm), r_n 和 r_{n-1} 分别为从鳞焦到近边缘第 1 圈和第 2 圈年轮轮纹的距离 (mm)。体长和体重关系 $W = aL^b$, W 为体重 (g), L 为体长 (cm), a 、 b 为常数; Von Bertalanffy 生长方程 $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ 、 $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$, t 表示年龄

(a), L_t 和 W_t 为 t 龄时的平均体长和体重, L_∞ 和 W_∞ 是平均渐进体长和体重, k 为生长系数, t_0 是理论生长起点的年龄; 生长速度 $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)}$ 、 $dW/dt = bW_\infty k e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-1}$; 生长加速度: $d^2L/dt^2 = -L_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}$ 、 $d^2W/dt^2 = bW_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{(b-2)} [b e^{-k(t-t_0)} - 1]$; 生长拐点由 $t_1 = \ln b/k + t_0$ 计算。

以体长的自然对数值作为协变量进行方差分析, 检验雌、雄个体间体长与体重的关系是否存在差异(李鸿等 2009)。根据 Pauly (1984) 的方法对体长与体重关系式的 b 值进行 t 检验, 以检验 b 值是否偏离 3。体长与鳞径的关系以直线、幂函数、对数、指数、二项式及三项式多种函数拟合, 选取 R^2 最高者作为选取型式进行体长推算。

2 结果

2.1 年轮特征及年轮形成期

侧条光唇鱼鳞片上的年轮, 前区主要表现为疏密型, 侧区则主要为切割型。疏密型年轮主要表现为疏密和切割结构在同一个年轮处出现, 切割面的内缘呈密环, 外缘呈疏环; 切割型主要表现为翌年的环片和当年的环片在侧区呈切割状(图 1a)。鳞片上偶见副轮, 但认真观察后, 便可将其鉴别, 因为副轮具有轮纹不

清晰、不完整等特点(图 1b)。侧条光唇鱼鳞片上边缘生长率的周年变化显示, 其边沿生长率在 2、3 月份较其他月份低, 并维持在比较低的水平(图 2), 这说明其年轮的形成期主要为 2、3 月份。

2.2 体长及体重分布

358 尾侧条光唇鱼样本中包括雌性 166 尾, 雄性 192 尾。雌性的体长 5.7 ~ 14.8 cm, 体重 4.75 ~ 108.40 g; 雄性体长 5.7 ~ 12.6 cm, 体重 4.40 ~ 61.50 g。在体长及体重的分布上, 雌、雄存在一定的差异(图 3), 雌鱼的体长集中于 7.0 ~ 13.0 cm 之间, 体重在 10.00 ~ 30.00 g 之间, 而雄鱼的体长集中于 7.0 ~ 11.0 cm 之间, 体重在 10.00 ~ 20.00 g 之间。

2.3 体长与体重的关系

对样本实测体长与体重的数据进行拟合, 得到全部样本、雌性和雄性的体长与体重的关系式如下: $W = 0.017L^{3.167}$ ($R^2 = 0.945, P < 0.01, n = 358$), $W_\text{♀} = 0.017L^{3.198}$ ($R^2 = 0.947, P < 0.01, n = 166$), $W_\text{♂} = 0.023L^{3.025}$ ($R^2 = 0.930, P < 0.01, n = 192$)。

根据实测数据体长-体重关系(图 4), 对全部样本、雌性和雄性的体长与体重的关系式的 b 值进行 t 检验, 3 个关系式的幂指数均没

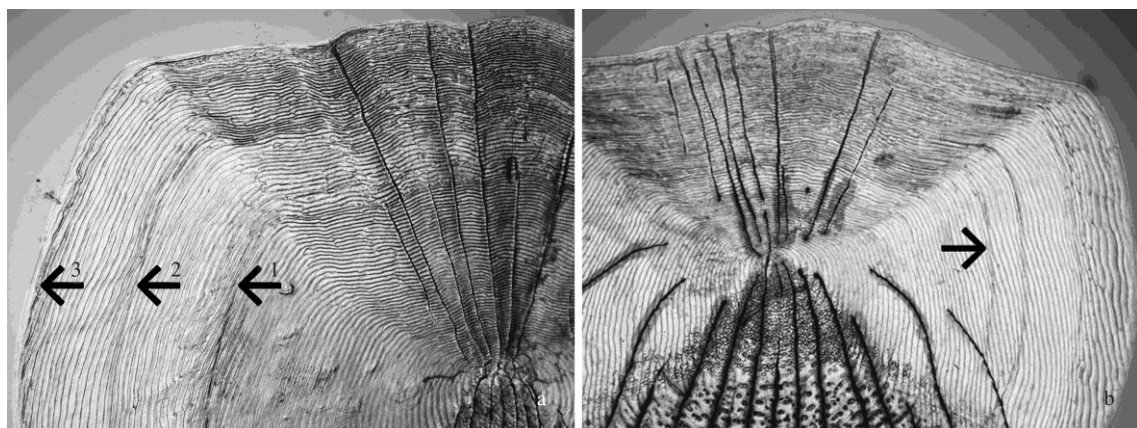


图 1 侧条光唇鱼鳞片上的年轮及副轮

Fig. 1 Showing the annulus and pseudoannulus on scales of *Acrossocheilus parallens*

a. 箭头示鳞片上的年轮; b. 箭头示鳞片上的副轮。a. Showing the annulus on scales; b. Showing the pseudoannulus on scales.

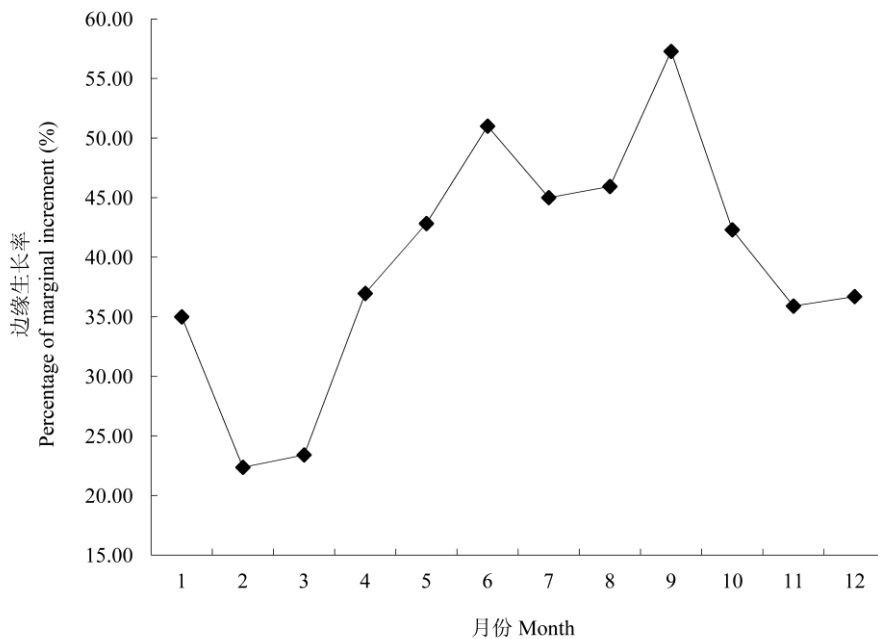


图 2 鳞片边沿生长率的周年变化

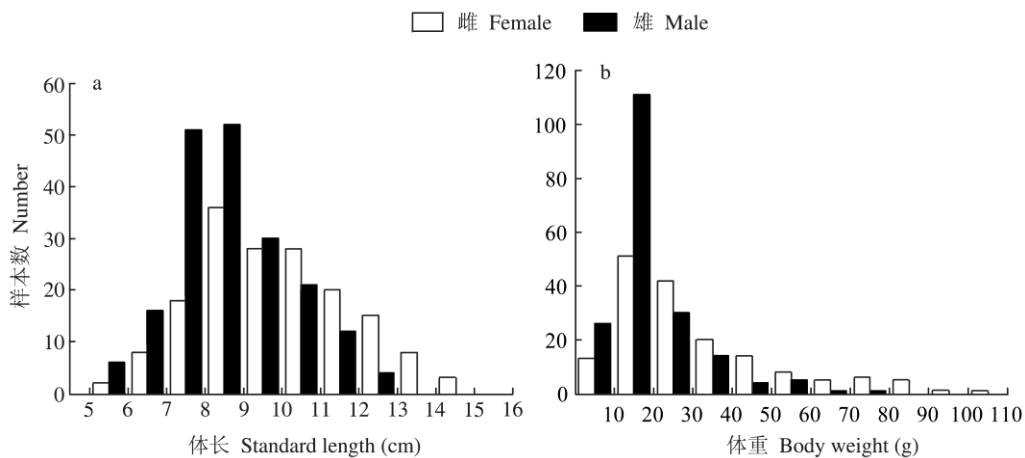
Fig. 2 Percentage of marginal increment at the scales in *Acrossocheilus parallens* throughout the year

图 3 侧条光唇鱼体长 (a) 及体重 (b) 的分布

Fig. 3 Distributions of the standard length (a) and body weight (b) frequency of *Acrossocheilus parallens*

有偏离 3。对雌、雄体长与体重关系进行协方差检验, 两者存在显著差异 ($P < 0.05$)。因此, 对雌、雄分别进行生长退算, 不能合并。

2.4 年龄组成与实测生长

侧条光唇鱼的年龄组成及各年龄组的实测体长、体重见表 1。在 358 尾样本中, 雌鱼 166 尾, 雄鱼 192 尾, 雌雄性比为 1 : 1.16。雌性样

本中最大 5⁺龄, 优势年龄组为 1⁺ ~ 3⁺龄; 雄性样本中最大 4⁺龄, 优势年龄组为 1⁺ ~ 2⁺龄。

2.5 生长退算

共测量了 358 尾标本的鳞径, 拟合体长 (L , cm) 与鳞径 (R , mm) 的关系, $L_{\text{♀}} = 3.126R + 1.869$ ($R^2 = 0.763$, $P < 0.01$, $n = 166$), $L_{\text{♂}} = 2.875R + 2.152$ ($R^2 = 0.746$, $P < 0.01$, $n = 192$)。

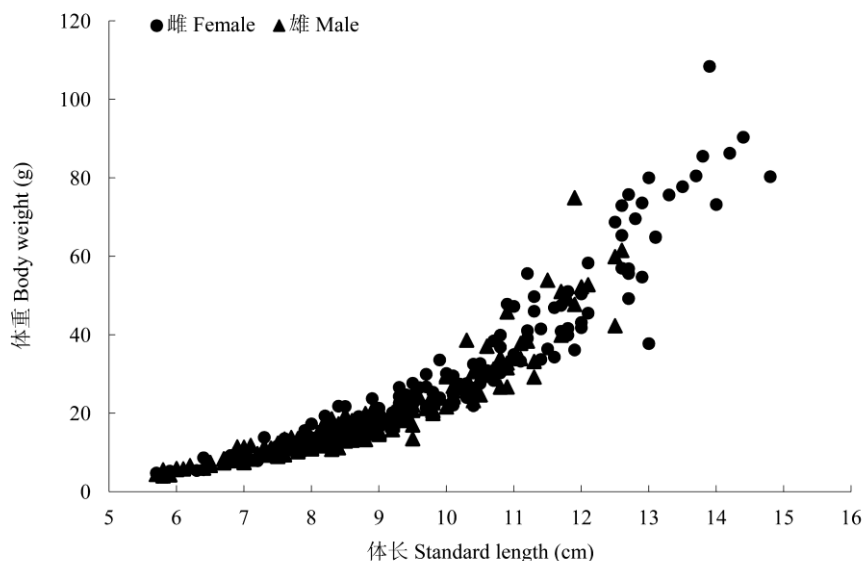


图 4 侧条光唇鱼体长与体重的关系

Fig. 4 The standard length-weight relationships of *Acrossocheilus parallens*

表 1 侧条光唇鱼各年龄组的实测体长和体重

Table 1 Growth situation of standard length and body weight in different age groups of *Acrossocheilus parallens*

性别 Sex	年龄 组 Age	样本数 Number	体长 Standard length (cm)			体重 Body weight (g)		
			幅度 Range	平均 Mean ± SD	年增长 Annual increase	幅度 Range	平均 Mean ± SD	年增长 Annual increase
雌 Female	1 ⁺	49	5.7 ~ 9.8	8.10 ± 1.04	8.10	4.75 ~ 25.15	14.50 ± 5.17	14.50
	2 ⁺	68	6.9 ~ 12.0	9.68 ± 1.17	1.58	8.05 ~ 46.90	24.83 ± 8.79	10.33
	3 ⁺	32	8.9 ~ 14.8	11.53 ± 1.21	1.85	22.05 ~ 80.29	44.62 ± 14.37	15.50
	4 ⁺	15	11.0 ~ 14.0	13.03 ± 0.85	1.50	37.75 ~ 108.40	72.22 ± 16.98	27.60
	5 ⁺	2	14.2 ~ 14.4	14.30 ± 0.14	1.27	86.27 ~ 90.35	88.31 ± 4.97	16.50
雄 Male	1 ⁺	86	5.7 ~ 9.8	7.80 ± 0.97	7.80	4.02 ~ 20.81	12.1 ± 4.07	12.10
	2 ⁺	86	6.9 ~ 12.5	9.00 ± 1.17	1.20	9.01 ~ 45.82	19.00 ± 7.90	6.90
	3 ⁺	14	9.7 ~ 12.5	11.09 ± 0.80	2.09	21.20 ~ 59.91	37.82 ± 10.98	13.10
	4 ⁺	6	11.3 ~ 12.6	11.85 ± 0.46	0.76	33.20 ~ 74.92	54.55 ± 13.68	16.73

雌雄个体的体长与鳞径均呈直线相关，随鳞径增加而增长(图 5)。各年龄组推算体长见表 2。

2.6 生长方程

根据 Ford 方程求得渐近体长 $L_{\infty} = 17.1435 \text{ cm}$ (♀)、 $L_{\infty} = 17.2365 \text{ cm}$ (♂)，生长系数 $k = 0.2705$ (♀)、 $k = 0.2269$ (♂)。根据体长体重关系求得渐进体重 $W_{\infty} = 150.3474 \text{ g}$

(♀)、 $W_{\infty} = 126.4686 \text{ g}$ (♂)。根据 Beverton 法从 $\ln(L_{\infty} - L_t) = \ln L_{\infty} + kt_0 - kt$ 求得理论体长或体重等于零时的年龄 $t_0 = -0.6146$ (♀)、 $t_0 = -0.9215$ (♂)。根据以上生长参数，分别得到体长和体重生长方程， $L_{t♀} = 17.1435[1 - e^{-0.2705(t+0.6146)}]$ ， $L_{t♂} = 17.2365[1 - e^{-0.2269(t+0.9215)}]$ ， $W_{t♀} = 150.3474[1 - e^{-0.2705(t+0.6146)}]^{3.198}$ ， $W_{t♂} =$

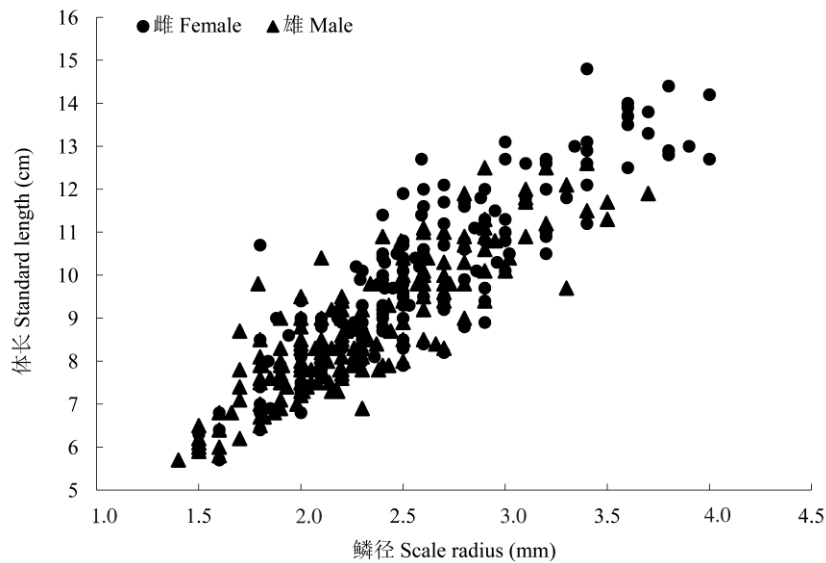


图 5 侧条光唇鱼体长与鳞径的关系

Fig. 5 Relationship between scale radius and standard length of *Acrossocheilus parallens*

表 2 侧条光唇鱼各年龄组退算体长

Table 2 Back-calculated standard length f of *Acrossocheilus parallens*

性别 Sex	年龄 Age	标本数 Number	退算体长 Back-calculated standard length (cm)				
			L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
雌 Female	1 ⁺	49	6.81				
	2 ⁺	68	5.98	8.62			
	3 ⁺	32	5.91	8.83	10.78		
	4 ⁺	15	5.98	8.86	10.82	12.55	
	5 ⁺	2	6.09	8.75	10.622	12.18	13.44
	加权平均值 Weighted mean			6.21	8.71	10.79	12.51
雄 Male	1 ⁺	86	6.49				
	2 ⁺	86	5.87	8.27			
	3 ⁺	14	5.93	8.56	10.25		
	4 ⁺	6	6.42	8.76	10.49	11.64	
	加权平均值 Weighted mean			6.17	8.34	10.32	11.64

$126.4686[1 - e^{-0.2269(t + 0.9215)}]^{3.025}$ 。

体长生长曲线是一条不具拐点的曲线，低龄时上升较快，随着年龄的增加逐渐趋向渐近值，体重生长曲线是一条不对称的曲线(图 6)。

2.7 生长速度与生长加速度

对雌雄个体的体长、体重生长速度求一阶和二阶导数，得到体长、体重的生长速度及生长加速度方程，雌性： $dL/dt = 4.6373e^{-0.2705(t + 0.6146)}$ 、 $dW/dt = 130.0594e^{-0.2705(t + 0.6146)} [1 - e^{-0.2705(t + 0.6146)}]^{-2.198}$ 、 $d^2L/dt^2 = -1.2549e^{-0.2705(t + 0.6146)}$ 、 $d^2W/dt^2 = 35.1954e^{-0.2705(t + 0.6146)} [1 - e^{-0.2705(t + 0.6146)}]^{1.198} [3.198e^{-0.2705(t + 0.6146)} - 1]$ ；

雄性： $dL/dt = 3.9110e^{-0.2269(t + 0.9215)}$ 、 $dW/dt = 86.8046e^{-0.2269(t + 0.9215)} [1 - e^{-0.2269(t + 0.9215)}]^{2.025}$ 、 $d^2L/dt^2 = -0.8877e^{-0.2269(t + 0.9215)}$ 、 $d^2W/dt^2 = 19.7022e^{-0.2269(t + 0.9215)} [1 - e^{-0.2269(t + 0.9215)}]$ 。

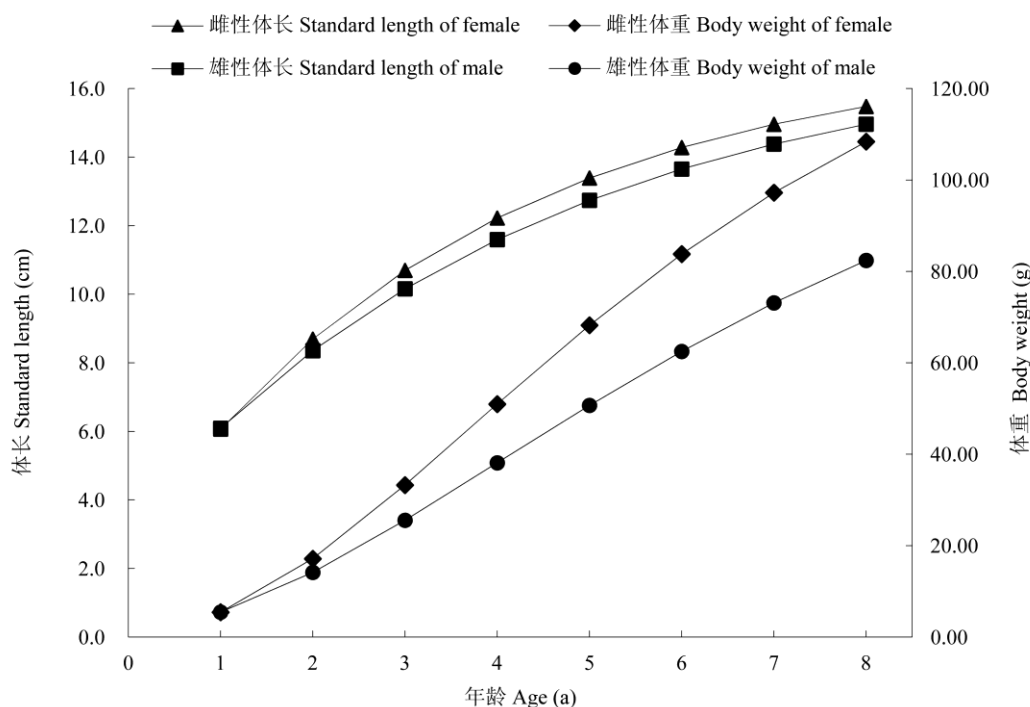


图 6 侧条光唇鱼体长与体重生长曲线

Fig. 6 The growth curves of standard length and body weight in von Bertalanffy functions of *Acrossocheilus parallens*

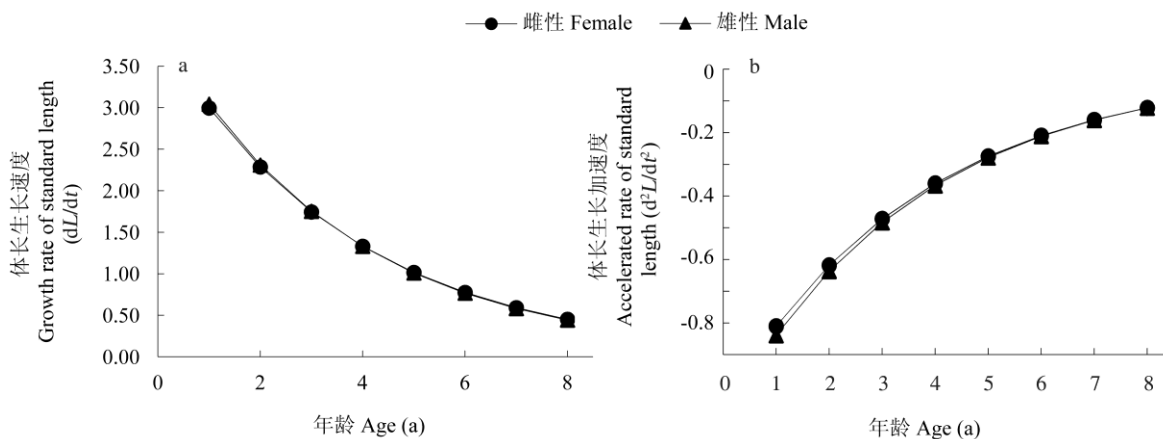


图 7 侧条光唇鱼体长生长速度 (a) 及生长加速度 (b) 曲线

Fig. 7 Curves of growth rate (a) and accelerate (b) of standard length in von Bertalanffy functions of *Acrossocheilus parallens*

$$0.9215)^{1.025} \times [be^{-0.2269(t+0.9215)} - 1].$$

雌、雄个体体长生长速度均为正值，均随年龄的增加而逐渐下降（图 7），体长生长加速度随年龄的增加而不断减小，且均为负值。雌、

雄个体体重生长速度和加速度曲线均具有明显拐点（图 8），体重生长加速度为 0 时的年龄即为生长拐点 t_1 。分别将雌、雄个体 von Bertalanffy 生长方程中的参数 b 、 k 和 t_0 代入方程求得侧条

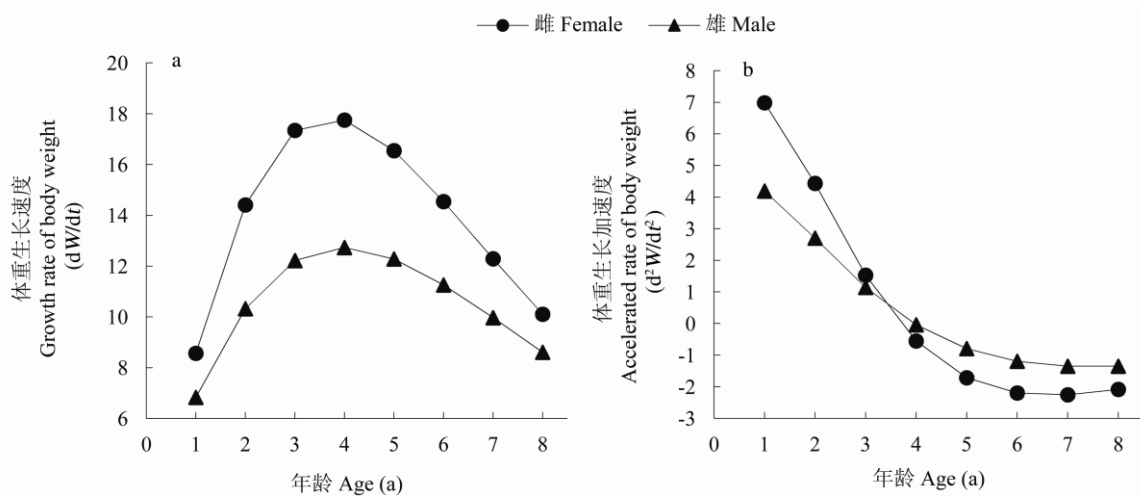


图 8 侧条光唇鱼体重生长速度 (a) 及生长加速度 (b) 曲线

Fig. 8 Curves of growth rate (a) and accelerate (b) of body weight in von Bertalanffy functions of *Acrossocheilus parallens*

光唇鱼生长的拐点年龄为 3.68 龄 (♀) 和 3.96 龄 (♂)。雌鱼生长拐点的体长约为 11.8 cm, 体重约为 45.26 g; 雄鱼生长拐点体长约为 11.5 cm, 体重约为 37.60 g。体重生长速度在拐点年龄前呈迅速上升趋势, 在拐点年龄之后逐渐下降, 但均为正值。体重生长加速度先减小, 在体重生长拐点年龄前为正值, 在拐点年龄后为负值。

3 讨论

3.1 年龄鉴定材料

鱼类的鳞片是一种应用十分广泛的年龄鉴定材料, 利用鳞片进行年龄鉴定有取材方便、处理方法简单等优点。对于淡水鱼类, 鳞片一般可以用于年龄较低、年龄结构相对简单的鱼类种群的年龄鉴定, 如厚颌鲂 (*Megalobrama pellegrini*) (李文静等 2007)、似刺鲃 (*Paracanthobrama guichenoti*) (徐刚春等 2009)、大眼鲃 (*Siniperca kneri*) (刘凌志等 2012)、秦岭细鳞鲑 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) (薛超等 2013) 等。但对于某些鱼, 不能仅用鳞片进行年龄鉴定。如蓝鳍金枪鱼 (*Thunnus maccoyii*) 的鳞片只适合于鉴定 1~3 龄的个体, 而其他龄组要用耳石作为鉴定

材料 (Gunn et al. 2005), 扁鲆 (*Pomatomus saltatrix*) 的鳞片适用于 1~5 龄个体的年龄鉴定, 此年龄段之外应用耳石鉴定年龄 (Robillard et al. 2009), 色林错裸鲤 (*Gymnocypris selincuoensis*) (陈毅峰等 2002a)、青海湖裸鲤 (*G. przewalskii*) (熊飞等 2006)、软刺裸裂尻鱼 (*Schizopygopsis malacanthus*) (沈丹舟等 2007) 等种类, 其高龄个体的鳞片会出现轮纹重叠或副轮十分常见且复杂等现象, 利用鳞片较难鉴定其真实年龄, 而应选用其他鉴定材料。由此可知, 对于不同的鱼来说, 不同的年龄鉴定材料各有优缺点。

在本研究中, 根据我们观察发现, 侧条光唇鱼的鳞片年轮标志清晰, 生长中心明确, 且副轮等干扰年龄判断的因素较容易被排除。另外, 样本中雌鱼最高为 5⁺ 龄, 雄鱼最高为 4⁺ 龄, 且高龄鱼数量较少, 其年龄结构较简单。因此, 利用鳞片作为侧条光唇鱼的年龄鉴定材料, 不但取材方便, 处理方法简便, 且其结果亦较为可信。

3.2 雌雄生长差异

不同的鱼类, 雌、雄生长往往有所不同。有些雌鱼的生长速度大于雄鱼, 故体型亦相应较大, 如色林错裸鲤 (陈毅峰等 2002b)、日本

银鲈 (*Gerres equulus*) (Khan et al. 2006)、日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) (谢正丽等 2010) 等, 而侧条光唇鱼也属于这一类。有些鱼雌雄的生长速度没有显著差异, 如圆口铜鱼 (*Coreius guichenoti*) (周灿等 2010) 及长鳍吻鲈 (*Rhinogobio ventralis*) (辛建峰等 2010) 等。还有些鱼类雌鱼的生长速度明显慢于雄鱼, 体型亦小于雄鱼, 如马德拉鲈 (*Scorpaena maderensis*) (Mesa et al. 2005)、黑腹无鳔鲈 (*Helicolenus dactylopterus*) (Abecasis et al. 2006)、黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*) (李秀启等 2006) 及亚东鲑 (*Salmo trutta fario*) (豪富华等 2007) 等。

雌、雄大小异型是鱼类中的一种普遍现象, 通常是自然选择或性选择的作用产物 (Shine 1989)。为提高雌性的繁殖投入和种群的适合度, 自然选择往往导致雌性个体较雄性具有更大的个体, 这样对雌性来说更有利于其繁殖投资和后代输出 (Hedrick et al. 1989, Henderson et al. 2003)。相反, 对于雌性繁殖来说如果自然选择弱于性选择, 那么在配对系统中, 雄性之间会竞争, 为使雄性个体在繁殖过程中具有更强的竞争能力并获得足够的繁殖机会, 性选择往往导致雄性个体较雌性具有更大的个体 (Pyron 1996, Henderson et al. 2003)。

侧条光唇鱼为喜流水环境的中下层鱼类, 多生活于河流的中上游及各支流, 其生境相对河流中下游而言较为动荡。在动荡的环境下, 鱼类的种群结构及其动态主要决定于栖息地的非生物环境因素, 在该环境下, 鱼类通过早熟和高繁殖投入等途径来维系种群 (Jobling et al. 1998)。因此, 侧条光唇鱼的雌鱼体重生长略快于雄鱼, 体型亦大于雄鱼, 这样有利于雌鱼提高繁殖投入和后代输出, 以维持种群的延续。

3.3 与流溪河种群生长特征的比较

由于不同水域中的环境因子诸如饵料生物、水温、捕捞压力和种间竞争压力的不同, 鱼类不同种群的生长参数会存在一定的差异 (李秀启等 2006)。与流溪河种群相比 (徐嘉良 2010), 北江种群的侧条光唇鱼有着更大的个体、更大的渐近体长及体重、更高的体重生长拐点 (表 3)。两者的差异可以从其栖息地环境特点得到解释。研究表明, 由于河流上下游栖息地环境特征不同, 鱼类在河流上下游的不同种群可能会呈现出不同的生活史特征。例如, Goto (1998) 研究了日本 Hokkaido 地区的小型溪流中大棘杜父鱼 (*Cottus nozawae*) 不同种群的生活史特征, 结果显示, 相对于上游种群而言, 下游种群具有更低的密度、更快的增长速度、性成熟时的个体大小和年龄都较大。何珊

表 3 侧条光唇鱼北江种群与流溪河种群生长特征的对比

Table 3 Aspects about growth characteristics between Beijiang River population and Liuxihe River population of *Acrossocheilus parallens*

性别 Sex	北江 Beijiang River		流溪河 Liuxihe River (徐嘉良 2010)	
	雌性 Female	雄性 Male	雌性 Female	雄性 Male
年龄范围 Range of age (a)	1 ⁺ ~ 5 ⁺	1 ⁺ ~ 4 ⁺	0 ⁺ ~ 4 ⁺	0 ⁺ ~ 3 ⁺
体长范围 Range of standard length (cm)	5.7 ~ 14.8	5.7 ~ 12.6	5.0 ~ 14.3	4.0 ~ 10.2
体重范围 Range of body weight (g)	4.75 ~ 108.40	4.40 ~ 61.50	2.99 ~ 77.99	1.39 ~ 45.69
L_{∞} (cm)	17.143 5	17.236 5	14.495 4	
W_{∞} (g)	150.347 4	126.468 6	76.143 4	
t_0	- 0.614 6	- 0.921 5	- 0.675 7	
k	0.270 5	0.226 9	0.303 8	
t_i	3.68	3.96	2.94	

(2011) 对光唇鱼 (*Acrossocheilus fasciatus*) 生活史的研究发现, 相对于清弋江源头性支流浦溪河的种群而言, 清弋江的四级支流徽水河种群的个体明显增大, 尤其是实测体重约为浦溪河的 2~3 倍。在本研究中, 北江种群的采样点大多位于北江一级支流的中下游, 其栖息环境相对较稳定, 有利于其生长及种群的稳定, 而流溪河的采样点位于流溪河上游的小支流 (徐嘉良 2010), 其栖息环境相对较动荡。因此, 两种群间栖息地环境特征的差别, 可能促成了两种群在年龄与生长特征方面的差异。

3.4 侧条光唇鱼的保护

光唇鱼属鱼类, 喜生活于水质清澈, 为砂石底且有一定流速的环境中, 因此易受水环境污染、水文变化等因素的影响。目前受过度捕捞、水环境污染及水利枢纽工程建设等因素的影响, 光唇鱼属鱼类资源呈明显的衰退趋势, 如温州光唇鱼 (*A. wenchowensis*) (汪松等 2009)、光唇鱼 (巫一安等 2009)、半刺光唇鱼 (*A. hemispinus*) (刘丽丽等 2010) 等, 温州光唇鱼已被列入《中国物种红色名录》(汪松等 2009)。根据我们自 2005 年至 2014 年的调查, 与光唇鱼属其他鱼类一样, 北江水系的侧条光唇鱼种群数量亦呈下降趋势, 分布区域不断缩小, 其主要原因可能有过度捕捞、水利工程建设造成的生境变迁及萎缩等。

本研究表明, 侧条光唇鱼生长的拐点年龄约为 3.68 龄 (♀) 和 3.96 龄 (♂), 过早捕捞不能发挥其生长潜力。在本研究中, 2⁺ (3 龄) 及以下的个体约占 80.73%, 即大部分个体未到拐点年龄即被起捕。因此, 建议起捕 3 龄以上或体长 10 cm 以上的个体。此外, 应开展人工驯养及繁殖的研究, 为其资源恢复奠定基础。

致谢 华南师范大学的陈龙秀和袁秀琛同学在样品采集中提供了帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

Abecasis D, Costa A R, Pereira J G, et al. 2006. Age and growth of bluemouth, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) from

the Azores. *Fisheries Research*, 79(1/2): 148–154.

Goto A. 1998. Life-history variations in the fluvial sculpin, *Cottus Nozawae* (Cottidae), along the course of a small mountain stream. *Environmental Biology of Fishes*, 1998, 52(1/3): 203–212.

Gunn J S, Clear N P, Carter T I, et al. 2005. Age and growth in southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau): Direct estimation from otoliths, scales and vertebrae. *Fisheries Research*, 92(2/3): 207–220.

Hedrick A V, Temeles E J. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. *Trends in Ecology and Evolution*, 4(5): 136–138.

Henderson B A, Collins N, Morgan G E, et al. 2003. Sexual size dimorphism of wall eye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(11): 1345–1352.

Jobling S, Nolan M, Tyler C R, et al. 1998. Widespread sexual disruption in wild fish. *Environmental Science and Technology*, 32(17): 2498–2506.

Khan M I, Yasuji M, Hiroshi S, et al. 2006. Age and growth of the Japanese silver-biddy, *Gerres equulus*, in western Kyushu, Japan. *Fisheries Research*, 77(1):45–52.

Mesa M L, Mesa G L, Micalizzi M. 2005. Age and growth of madeira scorpionfish, *Scorpaena maderensis* Valenciennes, 1833, in the central Mediterranean. *Fisheries Research*, 74(1/3): 265–272.

Pauly D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Studies and Reviews*, 8: 325.

Pyron M. 1996. Sexual size dimorphism and phylogeny in North American minnows. *Biological Journal of the Linnean Society*, 57(4): 327–341.

Robillard E, Reiss C S, M. Jones C. 2009. Age-validation and growth of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) along the East Coast of the United States. *Fisheries Research*, 95(1): 65–75.

Shine R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4): 419–461.

陈毅峰, 何德奎, 陈宜瑜. 2002a. 色林错裸鲤的年龄鉴定. *动物学报*, 48(4): 527–533.

- 陈毅峰, 何德奎, 曹文宣, 等. 2002b. 色林错裸鲤的生长. *动物学报*, 48(5): 667-676.
- 豪富华, 陈毅峰, 唐卫星, 等. 2007. 亚东蛙的年龄与生长的研究. *水生生物学报*, 31(5): 731-737.
- 何珊. 2011. 徽水河光唇鱼的生活史策略研究. 合肥: 安徽师范大学硕士学位论文.
- 蓝昭军, 赵俊, 李强, 等. 2010. 北江侧条光唇鱼的个体生殖力. *华南师范大学学报: 自然科学版*, (1): 92-97.
- 李鸿, 沈建忠, 马徐发, 等. 2009. 新疆乌伦古湖拟鲤的生长特征. *华中农业大学学报*, 28(2): 202-206.
- 李文静, 王剑伟, 谢从新, 等. 2007. 厚颌鲂的年龄结构及生长特性. *中国水产科学*, 14(2): 215-212.
- 李秀启, 陈毅峰, 李莹. 2006. 抚仙湖外来黄颡鱼种群的年龄和生长特征. *动物学报*, 52(2): 263-271.
- 刘丽丽, 郑欣欣, 尤永隆, 等. 2010. 半刺厚唇鱼的人工繁殖试验. *淡水渔业*, 40(2): 57-61.
- 刘凌志, 李桂峰, 陈石娟, 等. 2012. 广西龟石水库大眼鳊的年龄与生长特征. *中国水产科学*, 19(2): 229-236.
- 潘炯华. 1987. 珠江水系北江渔业资源. 广州: 广东科技出版社, 1-2.
- 潘炯华, 钟麟, 郑慈英, 等. 1991. 广东淡水鱼类志. 广州: 广东科技出版社, 145-146.
- 沈丹舟, 何春林, 宋昭彬. 2007. 软刺裸裂尻鱼的年龄鉴定. *四川动物*, 26(1): 124-126.
- 汪松, 解炎. 2009. 中国物种红色名录 第二卷 脊椎动物 (上册). 北京: 高等教育出版社, 226.
- 巫一安, 潘坛仁. 2009. 光唇鱼的驯养与人工繁殖试验. *水产养殖*, 30(11): 10-11.
- 谢正丽, 郭弘艺, 唐文乔, 等. 2010. 长江口降海洄游鳊的年龄结构与生长特征. *水产学报*, 34(2): 245-254.
- 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. *四川动物*, 29(3): 352-356.
- 熊飞, 陈大庆, 刘绍平, 等. 2006. 青海湖裸鲤不同年龄鉴定材料的年轮特征. *水生生物学报*, 30(2): 185-191.
- 徐钢春, 顾若波, 闻海波, 等. 2009. 澄湖似刺鳊的年龄和生长特征. *中国水产科学*, 16(3): 307-315.
- 徐嘉良. 2010. 广州从化侧条光唇鱼基础生物学的研究. 广州: 华南师范大学硕士学位论文.
- 薛超, 危起伟, 孙庆亮, 等. 2013. 秦岭细鳞鲑的年龄与生长. *中国水产科学*, 20(4): 743-749.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 11-55.
- 乐佩琦. 2000. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 (下卷). 北京: 科学出版社, 99-100.
- 周灿, 祝茜, 刘焕章. 2010. 长江上游圆口铜鱼生长方程的分析. *四川动物*, 29(4): 510-516.