

长江上游圆筒吻鮡生长与食性*

熊星^{1,3} 李英文¹ 田辉伍^{2,3} 贾向阳^{1,3} 段辛斌³ 刘绍平³ 陈大庆^{3**}

(¹重庆师范大学生命科学学院, 重庆市动物生物学重点实验室, 重庆 400047; ²西南大学生命科学学院, 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715; ³农业部长江中上游渔业资源环境科学观测实验站, 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223)

摘要 2010年7月—2012年7月逐月在长江上游宜宾至万州江段采集圆筒吻鮡(*Rhinogobio cylindricus* Günther)样本547尾,以耳石为主要年龄鉴定材料,对其年龄结构与生长特性进行了研究,并对肠道内含物进行了分析。结果表明:耳石优于其他年龄材料,鉴定成功率为93.7%;圆筒吻鮡样本由7个年龄组组成,其中以2~4龄为主(79.89%),体长(L)与体重(W)的关系式为 $W=8\times 10^{-6}L^{2.977}$ ($r^2=0.955, P<0.01$),体长(L)与耳石半径(R)关系式为 $L=8\times 10^{-4}R^{2.149}$ ($r^2=0.945, P<0.01$); Von Bertalanffy 生长方程表达式为 $L_t=389.37(1-e^{-0.177(t+0.739)})$, $W_t=515.26(1-e^{-0.177(t+0.739)})^{2.977}$; 体重生长拐点年龄为 $t_i=5.44$ 龄;圆筒吻鮡全年摄食,主要食物为藻类、软体动物、水生昆虫等,从数量百分比看,藻类和软体动物居多(93.12%),从重量百分比看,藻类、软体动物、水生昆虫占主要(78.38%),为杂食性鱼类。与历史研究对比显示,圆筒吻鮡个体已出现小型化现象,但体重变化不大。对出现的过度捕捞状态,提出了合理的渔业资源保护建议。

关键词 圆筒吻鮡; 年龄结构; 生长特性; 食性

中图分类号 Q958 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)4-0905-07

Growth and feeding habits of *Rhinogobio cylindricus* Günther in the upper reaches of Yangtze River. XIONG Xing^{1,3}, LI Ying-wen¹, TIAN Hui-wu^{2,3}, JIA Xiang-yang^{1,3}, DUAN Xin-bin³, LIU Shao-ping³, CHEN Da-qing^{3**} (¹Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China; ²Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Ministry of Education), School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; ³Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Upper and Middle Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(4): 905-911.

Abstract: A total of 547 specimens of *Rhinogobio cylindricus* were monthly collected from the upper reaches of Yangtze River from July 2010 to July 2012. By using otolith as identification material, the age structure and growth characteristics of the specimens were studied, and the feeding habits of the specimens were analyzed by their intestinal inclusions. As a material for identification, the otolith was better than the others, and the success rate was 93.7%. The *R. cylindricus* population consisted of 7 age classes, mainly between 2-4 years old (79.89%). The relationships between body weight and length and between body length and otolith radius could be expressed as $W=8\times 10^{-6}L^{2.977}$ ($r^2=0.955, P<0.01$) and $L=8\times 10^{-4}R^{2.149}$ ($r^2=0.945, P<0.01$), respectively, and the Von Bertalanffy growth equation was $L_t=389.37(1-e^{-0.177(t+0.739)})$ and $W_t=515.26(1-e^{-0.177(t+0.739)})^{2.977}$. The age inflection point of body weight was estimated at 5.44 years. Diet habit analysis showed that *R. cylindricus* preyed all the year, with the main foods being algae, mollusks, and aquatic insects. In terms of numerical percentage, the majority of the foods were algae and mollusks (93.12%); in terms of weight percentage, the majorities were al-

* 中国长江三峡集团公司项目(0799527)、公益性行业(农业)科研专项(200903048)和国家自然科学基金项目(51249004)资助。

** 通讯作者 E-mail: chdq@yfi.ac.cn

收稿日期: 2012-09-11 接受日期: 2013-01-19

gae, mollusks and aquatic insects (78.38%). According to the results of this study, *R. cylindricus* was an omnivorous fish species. As compared with previous studies, the *R. cylindricus* had individually miniaturized, but its body weight changed little. Some suggestions for fishery resources protection were proposed to cope with the over exploitation of the *R. cylindricus*.

Key words: *Rhinogobio cylindricus* Günther; age structure; growth characteristics; feeding habit.

圆筒吻鮡(*Rhinogobio cylindricus* Günther), 俗名鳅子、黄鳅子、尖脑壳, 隶属于鲤形目鲤科鮡亚科(Gobioninae)吻鮡属(*Rhinogobio*), 是长江中上游特有的小型底栖鱼类, 通常以底栖无脊椎动物为食(丁瑞华等, 1994), 主要分布在长江中上游干流以及金沙江下游, 嘉陵江, 乌江, 沱江, 岷江等支流中, 具有较高经济价值(曹文宣, 1992)。国内目前对于圆筒吻鮡的研究报道主要集中在基础生物学方面, 温龙岚等(2006)对圆筒吻鮡的脾脏组织学进行了初步观察, 马惠钦和何学福(2004)研究了木洞江段圆筒吻鮡的年龄与生长, 王美荣(2012)研究了长江上游合江至木洞江段圆筒吻鮡的年龄与生长。

三峡水库2010年蓄水至175 m后库区的尾水可达重庆木洞江段, 同时向家坝水利工程也于2012年10月下闸蓄水, 使长江上游特有鱼类的原有生境发生巨大改变, 导致圆筒吻鮡的适宜生存环境不断缩小, 势必对圆筒吻鮡的生活与生长造成影响, 而相关历史研究的采样时间均在上述事件发生之前, 因此有必要进一步开展研究。本文以长江上游宜宾至万州江段以及主要支流的圆筒吻鮡为研究对象, 采样流域基本覆盖圆筒吻鮡可能生活水域, 以使研究结果能代表长江上游圆筒吻鮡当前生物学特征, 主要对其年龄结构、生长特性以及食性特征作了进一步的研究, 并与不同历史时期的研究结果进行比较分析, 弄清圆筒吻鮡生物学特征发生变化的可能原因, 以期对长江上游渔业资源保护及合理应用提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

2010年7月—2012年7月, 逐月(禁渔期除外, 表3)在长江上游宜宾至万州江段收集圆筒吻鮡547尾, 渔获物主要以3层流刺网(网长200 m, 高1.5 m, 外网目15 mm, 内网目4 mm)、百袋网(网衣网目15 mm, 集鱼袋网目8 mm)捕获。所有样本收集后现场进行常规生物学测定, 体长精确到0.1 mm, 体重精确到0.1 g。现场解剖并判断性腺发育时期, 性

腺发育期的确定参照黄海水产研究所的6期划分标准(殷名称, 2005)。肠道充塞度等级参照张堂林(2005)的方法进行分析, 取其肠道, 测量全肠, 并测量其肠重, 用中性甲醛保存。选取耳石, 鳞片, 脊椎骨, 鳃盖骨等作为年龄鉴定材料。

1.2 材料处理

1.2.1 耳石 本实验所取耳石为微耳石, 处理方法参照相关文献(沈建忠等, 2001)。

1.2.2 鳞片 年轮的确认和计数采用已有文献中的方法(陈毅峰, 2002)。

1.2.3 脊椎骨 取出后经自然腐烂, 洗净, 在显微镜下进行拍照。

1.2.4 鳃盖骨 洗净晾干后置于Olympus解剖镜下观察。各种年龄材料鉴定年龄时采取2次判读的方法(阴双雨等, 2011)。

1.2.5 食性分析 肠含物经稀释一定倍数后在解剖镜及显微镜下直接观察并鉴定种类, 食物种类尽量鉴定到最小阶元(张觉民和何志辉, 1991)。

1.3 指标计算

1.3.1 生长参数分析 体长体重关系式的拟合采用幂函数方程: $W = aL^b$, 式中, W 为体重, L 为体长, a 、 b 为常数。并使用Von Bertalanfy生长方程描述生长特征(殷名称, 1995)。

1.3.2 食性参数分析 空胃率 = (空胃数/解剖鱼总数) × 100%; 食性采用出现率(F) = (含某食物成分的胃肠数/捕食者有食物的胃肠数) × 100%; 数量百分比(N) = (某食物成分的个体数/食物团中食物成分的总个数) × 100%; 重量百分比(W) = (某食物成分重量/食物团重量) × 100%; 相对重要性指数(Pinkas *et al.*, 1971) $IRI = F\%(N\% + W\%)$ 。

1.4 数据处理

所有数据用Excel 2007和SPSS 16.0进行记录和分析。

2 结果与分析

2.1 年轮特征

圆筒吻鮡微耳石略呈新月形, 中间略凹, 两头凸

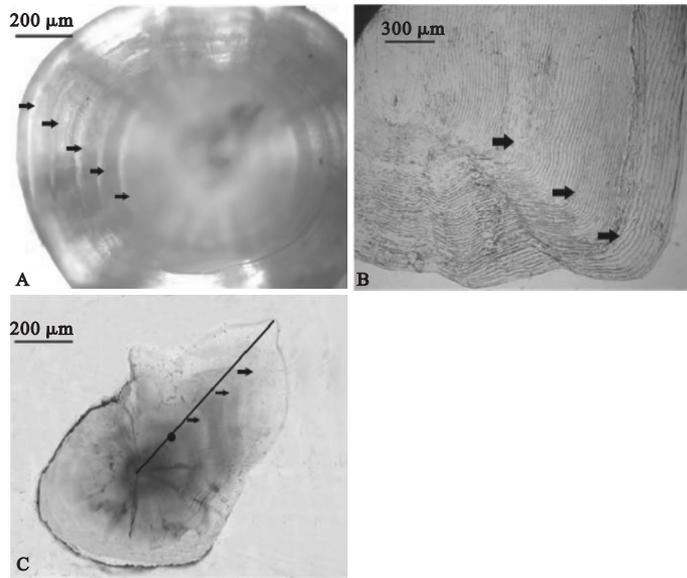


图1 圆筒吻鮰年龄鉴定材料及年轮

Fig. 1 Annuli on several kinds of material for age determination of *Rhinogobio cylindricus*

A, 脊椎骨; B, 鳞片; C, 耳石; → 示年轮; ● 示副轮。

起,在显微镜下耳石磨片轮纹清晰,有一个中心原点,在原点至1龄有明显的副轮出现,在显微镜透射光下,副轮外侧有明显亮暗相间的年轮轮纹,0至1龄轮纹间距最长,耳石匙状突一端生长快速,轮纹稀疏,2条轮纹间间距随匙状突的走向差别较大,耳石另3个方向生长较匙状突一端缓慢,轮纹致密,2条轮纹间间距差别不大,轮纹形态规整,环纹清楚。耳石磨片中偶尔有少数轮纹不清晰以致年龄不能鉴别,可能与耳石打磨程度有关。脊椎骨透射光下轮纹较清晰,在显微镜下能观察到椎体中央斜面上暗色与亮色交替的同心环纹,每一轮交替即为一个生长年轮,但脊椎骨近中心处轮纹较模糊。鳞片为圆鳞,年轮较明显,鉴定成功率仅次于耳石,主要为疏密和切割型轮纹,但有不少鳞片样本中心区域或边缘区域轮纹出现缺失或呈碎裂状,影响判读。鳃盖骨轮纹不明显,不适合进行年龄鉴定。通过比对4种年龄鉴定材料,结果显示耳石和鳞片的吻合率最高,达72.55%,其次为耳石和脊椎骨,达65.30%。耳石和鳃盖骨的吻合率最低,为40.39%。

2.2 渔获物结构

共收集样本547尾,总重49.51 kg,通过耳石鉴定其年龄,圆筒吻鮰渔获物群体由1~7龄个体组成,优势龄组为2~4龄(79.89%)。其中3龄个体比例最大(34.19%),其次是4龄个体(27.24%),7

龄鱼比例最小(0.54%)。总体状况为低龄和高龄鱼个体较少,中间个体占大多数(表2)。

2.3 体长与体重、耳石半径关系及生长退算

比较不同函数的相关系数发现,幂函数的关系度最高,故圆筒吻鮰体重(W)和体长(L)呈幂函数相关,关系式为 $W=8\times 10^{-6}L^{2.977}$ ($r^2=0.955$, $n=547$, $F=4439.22$, $P<0.01$)。

圆筒吻鮰体长与耳石半径呈指数相关,关系式为 $L=8\times 10^{-4}R^{2.149}$ ($r^2=0.945$, $n=547$, $F=419.20$, $P<0.01$),式中, L 为体长(mm), R 为耳石半径(μm)。

利用体长与耳石半径关系式计算各龄组体长退算值,结果见表4。对实测体长均值与退算体长均值进行配对样本 t 检验,结果显示实测体长和退算体长差异不明显($t=0.690$, $P>0.05$)。

表1 圆筒吻鮰年龄材料鉴定成功率(%)

Table 1 Success rate on several kinds of materials of *Rhinogobio cylindricus*

年龄	耳石	鳞片	脊椎骨	鳃盖骨	样本数
1	100.0	98.2	60.7	50.5	17
2	94.7	79.3	45.2	36.2	101
3	88.5	60.4	40.4	35.3	187
4	89.6	68.5	28.3	19.7	149
5	90.2	73.9	25.9	22.6	61
6	93.1	80.6	33.5	29.5	29
7	100.0	60.7	60.7	30.3	3
平均	93.7	74.5	42.1	32.0	

表2 圆筒吻鮡各年龄组体长和体重实测值

Table 2 Body length and body weight of *Rhinogobio cylindricus* in different age groups

年龄	样本数	比例 (%)	实测体长 (mm)		实测体重 (g)	
			范围	平均值±标准差	范围	平均值±标准差
1	17	3.11	72 ~ 132	118.40±10.61	3.8 ~ 37.7	23.49±10.68
2	101	18.46	143 ~ 183	167.40±9.19	27.0 ~ 79.5	55.93±23.12
3	187	34.19	165 ~ 212	201.97±9.38	35.1 ~ 111.0	76.08±15.90
4	149	27.24	201 ~ 234	214.90±21.92	77.6 ~ 126.1	109.08±31.53
5	61	11.15	229 ~ 245	234.59±6.36	93.6 ~ 147.8	128.20±28.64
6	29	5.30	240 ~ 266	242.60±10.60	148.1 ~ 172.0	150.51±10.96
7	3	0.54	274 ~ 280	277.00±2.83	234.3 ~ 254.7	245.70±8.04
总计	547	100				

表3 圆筒吻鮡各月样本数量统计

Table 3 Number samples of *Rhinogobio cylindricus* in different month

时间 (年·月)	样本数	时间 (年·月)	样本数	时间 (年·月)	样本数
2010.07	38	2011.01	7	2012.01	8
2010.08	41	2011.02	禁渔期	2012.02	禁渔期
2010.09	35	2011.03	禁渔期	2012.03	禁渔期
2010.10	27	2011.04	禁渔期	2012.04	禁渔期
2010.11	22	2011.05	21	2012.05	38
2010.12	5	2011.06	29	2012.06	44
		2011.07	35	2012.07	55
		2011.08	52		
		2011.09	44		
		2011.10	22		
		2011.11	13		
		2011.12	11		
合计	168	合计	234	合计	145

2.4 生长参数关系

圆筒吻鮡体长体重相关指数 b 值为 2.977, 接近 3, 说明圆筒吻鮡属于匀速生长型鱼类, 根据退算体长采用最小二乘法 (Pirmka, 1970) 求出各生长参数: $L_{\infty} = 389.37$ mm; $K = 0.177$; $t_0 = -0.739$ 龄; $W_{\infty} = 515.26$ g。生长特性用 Von Bertalanffy 方程进行描述, 得出体长和体重的生长方程: $L_t = 389.37 (1 -$

$$e^{-0.177(t+0.739)}), W_t = 515.26(1 - e^{-0.177(t+0.739)})^{2.977}。$$

圆筒吻鮡体长生长曲线不具有拐点, 随着年龄的生长, 逐渐趋向于渐进体长; 体重生长曲线是一条不对称的 S 形渐进曲线, 增长趋势为先增大后减小, 在拐点处时增速最大, 而后逐渐减小趋向于渐进体重 (图 2)。

用生长速度和生长加速度方程描述圆筒吻鮡生长过程变化的特征, 将上文所得 L_t 和 W_t 函数式对 t 分别求一阶和二阶导数, 得到体长体重生长速度和生长加速度方程。 $dL/dt = 68.72e^{-0.177(t+0.739)}$, $d^2L/dt^2 = -12.13e^{-0.177(t+0.739)}$, $dW/dt = 270.76e^{-0.177(t+0.739)}$, $d^2W/dt^2 = 47.79e^{-0.177(t+0.739)}(1 - e^{-0.177(t+0.739)})^{1.977}$, $d^2W/dt^2 = 47.79e^{-0.177(t+0.739)}(1 - e^{-0.177(t+0.739)})^{0.977}(2.977e^{-0.177(t+0.739)} - 1)。$

体长生长速度曲线是一条随时间 t 增大而逐渐减小的曲线, 表明其生长速度在不断减慢, 并趋向于 0; 体长生长加速度曲线则相反, 一直逐渐上升, 但始终不大于 0, 说明随着体长生长速度下降, 其递减速率渐趋缓慢 (图 3)。

体重生长速度和加速度曲线均具有明显拐点, 拐点年龄为 $t_i = 5.44$ 龄, 拐点体长 $L_i = 258.53$ mm, 拐点体重 $W_i = 151.00$ g。拐点之前 (即 $t_i < 5.44$ 龄) 加速度为正值, 是体重增加较快阶段; $t_i = 5.44$ 龄时

表4 圆筒吻鮡的实测体长和退算体长

Table 4 Actual body length and back calculated body length of *Rhinogobio cylindricus*

年龄	样本数	实测平均体长 (mm)	退算体长 (mm)					
			L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
1	17	118.40						
2	101	167.40	116.85					
3	187	201.97	114.93	168.21				
4	149	214.90	110.28	154.27	190.94			
5	61	234.59	109.55	143.18	185.29	220.16		
6	29	242.60	107.69	142.77	182.84	211.06	239.87	
7	3	277.00	105.83	146.43	179.56	202.49	235.76	265.07
		退算体长均值	110.86	150.97	184.66	211.24	237.82	265.07

表 5 圆筒吻鮡的食物组成及各类群食物的出现率

Table 5 Food composition and occurrence frequency of *Rhinogobio cylindricus*

食物类群	代表生物	F(%)	N(%)	W(%)	IRI
藻类	蓝藻门:鱼腥藻、色球藻、蓝纤维藻	82.97	0.52	13.53	306.41
	硅藻门:针杆藻、等片藻				
	绿藻门:纤维藻、鼓藻、团藻				
枝角类	平直溞	41.67	0.01	5.82	271.96
软体动物	楔蚌、矛蚌	100.00	0.41	48.27	7731.32
环节动物	水丝蚓	33.33	0.01	2.65	106.51
水生昆虫	摇蚊虫、石蝇、石蚕	100.00	0.04	16.58	2105.61
桡足类	哲水蚤	58.33	0.01	7.94	513.37
不可辨物		75.00	0.01	5.22	392.25

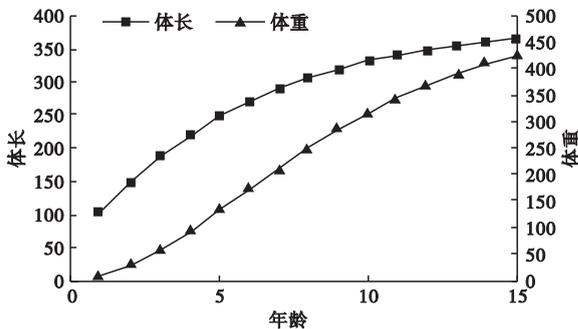


图 2 圆筒吻鮡体长和体重生长曲线

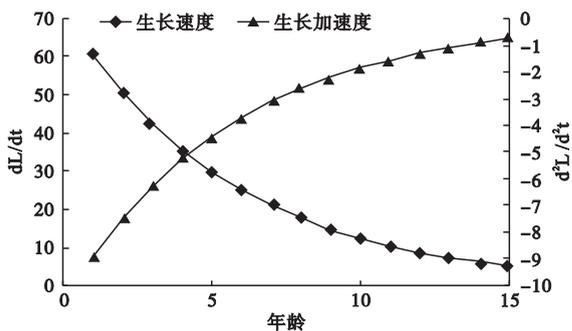
Fig. 2 Growth curves of body length and body weight of *Rhinogobio cylindricus*

图 3 圆筒吻鮡体长生长速度和生长加速度随年龄变化曲线

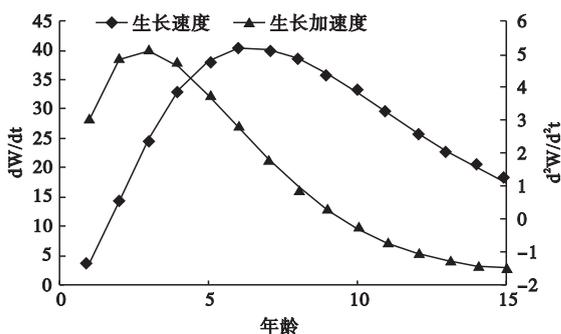
Fig. 3 Growth rate and acceleration curves of body length of *Rhinogobio cylindricus*

图 4 圆筒吻鮡体重生长速度和加速度随年龄变化曲线

Fig. 4 Growth rate and acceleration curves of body weight of *Rhinogobio cylindricus*

加速度为0,生长速度停止;拐点之后(即 $t_i > 5.44$ 龄)加速度为负值,体重增长速度进入递减阶段(图4)。

2.5 食物组成

用于食性分析的 157 尾圆筒吻鮡样本,其中 141 尾肠道内有食物,空肠率为 11.2%。对其肠道内含物鉴定结果表明,圆筒吻鮡所摄食的饵料生物包括藻类、枝角类、软体动物、环节动物、水生昆虫和桡足类等,另外部分肠道内含有泥沙和木屑。

对圆筒吻鮡食物组成及其出现率进行了分析(表5),软体动物(主要是蚌)和水生昆虫(主要是摇蚊成虫及幼虫)出现率最高(100%),其次是藻类(82.97%),出现率最低的是环节动物。藻类和软体动物在数量上明显多于其他食物(93.12%),重量上藻类、软体动物、水生昆虫占主要(78.38%),综合前面3项指标得出 IRI 最高的是软体动物(7731.32),其次是水生昆虫(2105.61),环节动物则最低(106.51)。从食物组成的数量和重量百分比来看,圆筒吻鮡是一种杂食性的鱼类。

3 讨论

3.1 年轮特征

圆筒吻鮡历史研究中通常将鳞片作为年龄鉴定的唯一材料(马惠钦和何学福,2004;王美荣,2012)。圆筒吻鮡喜流水生活(叶富良和张健东,2002),主要摄食底栖动物,受其生活习性的影响,鳞片易在生活中磨损或缺失后再生,导致纹线消失或产生次生鳞,另外鳞片上年轮两侧杂纹过多,这些都会影响年龄判读的准确性。有研究发现通过鳞片鉴定年龄存在低估鱼类年龄的问题(陈毅峰,2002),这种低估年龄的结果将导致鱼类生长估计过快和自然死亡率估计过高,因而对资源量做出过于乐观的估计,其结果通常造成资源的过度开发(沈建忠等,2001)。耳石至今一直是鉴定鱼类年龄

表6 各研究中圆筒吻鮡生长参数比较

Table 6 Comparison of growth parameters of *Rhinogobio cylindricus*

采样地点	b	k	t_0	t_i	L_∞ (mm)	w_∞ (g)	样本量	数据来源
木洞江段	2.731	0.21	-1.42	3.324	335.88	386.27	551	马惠钦(2004)
合江、木洞	3.099	0.18	-1.15	5.120	348.78	603.17	397	王美荣(2012)
长江上游宜宾至万州段	2.977	0.18	-0.74	5.442	389.37	515.26	547	本研究

的重要材料之一(Horn, 2002)。Barnes(1984)通过研究鲱形白鲑(*Coregonus clupeaformis*)发现,用鳞片鉴定年龄容易低估年龄,而耳石更适于鱼类年龄鉴定。Campana和Thorrold(2001)认为,耳石的特殊性在于其生长是连续的、与外界环境相对独立而且不会被重吸收、耳石在鱼体生长缓慢甚至几乎停止时依然保持生长,因此是较理想的年龄鉴定材料。而且耳石鉴定年龄具有比其他钙化结构更精准的优点(Summerfelt & Hall, 1987),因而被越来越多的研究者采用,甚至被用作比较其他材料准确性的基准(Niewinski & Ferreri, 1999)。本研究也发现,耳石年轮特征具有较鳞片等年龄材料更为准确的特点(表1)。圆筒吻鮡耳石轮纹清晰反映了个体生长过程之间的关系,耳石中心至1龄轮纹之间存在一明显副轮,鉴定年龄时需注意,以免造成年龄误判,副轮外侧存在亮暗相间的轮纹,这可能与圆筒吻鮡生活水域的水温变化有关。随着个体年龄的增长,耳石形状逐渐由新月型转变为匙状,其形态的变化有待进一步的研究。

3.2 生长特征变化

圆筒吻鮡生长特征历史上已有2次研究,历史研究所得生长参数值与本研究结果存在一定差异(表6)。

鱼类生长过程中,体长体重关系系数 b 值接近或者等于3,则为等速生长(Brown, 1957)。本研究中 b 值为2.977,介于马惠钦(2004)和王美荣(2012)的研究结果之间,但都接近于3,说明长江上游流域能满足圆筒吻鮡生长的物质营养条件,鱼体呈匀速生长。生长系数 k 规定了曲线接近渐进值的速率, k 越大,意味着曲线接近渐进值越快, L_∞ 和 W_∞ 越小(王美荣, 2012)。 k 值与王美荣(2012)研究中相近,略小于马惠钦的研究结果,说明鱼体需要较大年龄才能接近渐进值,因此 L_∞ 和 W_∞ 要高。 t_0 为假设的理论生长起点年龄,它的存在仅仅是方程数学结构的结果,本次 t_0 较前2次大,所以体长和体重均值较小,与前2次研究结果比较,鱼体已经相对历史研究趋于小型化,因此在渔业开发利用中应扩大渔网规格。渐进体重 W_∞ 是鱼体所能达到的最大

理论体重,渐进体长 L_∞ 是鱼体所能达到的最大理论体长,本实验渐进体长都大于前2次研究,渐进体重介于2次研究之间,比较结果表明,圆筒吻鮡的体长变化大于体重的变化,体长在减小的同时体重并未一起减少,可能是对现有生存环境的一种适应,也可能是因本研究采样范围涵盖较广,更能代表这一种群的生长特征。本研究拐点年龄较马惠钦较早的研究结果大,较王美荣的近期研究结果略大,可认为全流域来看圆筒吻鮡的生长潜力更大。

造成圆筒吻鮡生长特征变化的原因可能是多方面的。首先圆筒吻鮡历史研究中以鳞片为主要年龄鉴定材料,本研究中年龄鉴定以耳石为主,脊椎骨、鳞片及鳃盖骨为辅助鉴定材料,避免了单一年龄鉴定材料所引起的鉴定误差,同时避免引起与历次研究结果间的差异。另外,自从2003年三峡工程蓄水后,喜流水性底栖生活的圆筒吻鮡等鱼类的生活环境发生了巨大变化(刘军, 2004),生活水域被压缩至木洞以上江段。生境面积的缩小,可能会导致种内及种间在觅食方面形成了较大的竞争(许蕴珩等, 1981),在长江上游圆筒吻鮡产地能同时见到大量长鳍吻鮡(*Rhinogobio ventralis*)、吻鮡(*R. typus*)、蛇鮡(*Saurogobio dabryi*)以及铜鱼(*Coreius heterodon*),这些彼此间食性相差不大的鱼类生活在一个缩小后的水域,也可能是导致圆筒吻鮡生长特性产生适应性变化的原因之一。除环境胁迫外,人为影响也是其中不可忽视的重要因素,非法的电鱼、毒鱼行为,甚至会对鱼类种群造成破坏性的影响(陈大庆等, 2000),高强度的渔业捕捞对鱼类生长率是一个潜在的选择力(Ricker, 1982),鱼类通常表现出生长加快,个体变小,以适应高捕捞压力,本次研究发现渔获物中圆筒吻鮡多为小个体,大个体已非常少见,说明高强度的渔业捕捞已影响到了大个体鱼类的出现频率。

3.3 食性特征

圆筒吻鮡属于杂食性鱼类,食物组成主要以底栖动物为主,兼食一些浮游植物,其中软体动物蚌类重量比最大。肠道充塞度呈现一定的季节变化,春季大于秋冬季节,这可能与圆筒吻鮡的繁殖习性有

关,其繁殖季节在5—7月(乐佩琦和陈宜瑜,1998),鱼类临进入繁殖季节一般需要摄取大量食物以满足繁殖所需(殷名称,1995)。本研究圆筒吻鮡的空肠率为11.2%,这可能是同属或食性相近鱼类相互竞争的结果,也可能与被动性渔具操作时间较长从而导致食物消化有关。长江上游生态系统结构相对简单,主要分布着生藻类和水生昆虫食性鱼类(丁宝清和刘焕章,2011),一旦生态系统结构发生改变,对鱼类将会造成重大影响。因此,保持环境中着生藻类和水生昆虫的丰富度是保证圆筒吻鮡种群生长的前提。另外,解剖发现,鱼体腹腔内偶尔会有少量灰黑色寄生虫,可能是摄食软体动物后,将其带入体内继而寄生腹腔,这类鱼体基本比较消瘦,且内脏呈黑色。

3.4 资源保护与利用

圆筒吻鮡作为长江上游特有经济鱼类之一,具有较高的经济价值。近年来,由于三峡大坝的修建,蓄水水位的不断提高,长江上游流域生态环境的改变,很多支流小生态环境的消失,过度捕捞、水质污染等已导致鱼类种群数量急剧减少(马跃岗等,2012)。再加上受经济利益的驱使以及捕捞工具的革新,长江上游沿江城市餐饮业的快速发展,圆筒吻鮡等长江上游野生鱼类的捕捞强度一年比一年增大,已经导致圆筒吻鮡在渔获物中越来越少见。丁瑞华等(1994)研究发现,圆筒吻鮡可在攀枝花至宜昌江段生活。本次野外调查期间,未在攀枝花-宜宾,万州-宜昌江段发现圆筒吻鮡样本,同时一些历史上曾经出现的支流流域目前也很少能收到圆筒吻鮡样本,说明圆筒吻鮡的生活范围已大大减小,这可能与环境胁迫及捕捞压力有关。同时受金沙江梯级水利工程的开发以及其他人为因素的影响,圆筒吻鮡的生存必将面临更大的挑战,因此更需要有效的措施来保护圆筒吻鮡这一自然资源。如何加强对圆筒吻鮡这一鱼类资源的保护已经成为亟待解决的问题,建议渔政等相关部门应及时做好渔民思想工作,严格控制捕捞强度,限制渔网的网目规格,严厉打击电鱼、炸鱼、毒鱼等非法行为(段辛斌等,2002),科学研究上应加强对圆筒吻鮡产卵场调查、全人工繁殖、栖息地修复等方面的研究。

参考文献

曹文宣. 1992. 我国的淡水鱼类资源// 刘建康, 何碧梧. 中国淡水鱼类养殖学(3版). 北京: 北京科学出版社.
陈大庆, 段辛斌, 刘绍平, 等. 2000. 长江渔业资源变动和管理对策. 水生生物学报, 26(6): 685-690.

陈毅峰. 2002. 色林错裸鲤的年龄鉴定. 动物学报, 48(4): 527-533.
丁宝清, 刘焕章. 2011. 长江流域鱼类食性同资源集团组成特征分析. 四川动物, 30(1): 31-35.
丁瑞华, 邓其祥, 叶妙荣, 等. 1994. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社.
段辛斌, 陈大庆, 刘绍平, 等. 2002. 长江三峡库区鱼类资源现状的研究. 水生生物学报, 26(6): 605-611.
乐佩琦, 陈宜瑜. 1998. 中国动物志: 鲤形目. 北京: 科学出版社.
刘 军. 2004. 长江上游特有鱼类受威胁及优先保护顺序的定量分析. 中国环境科学, 24(4): 395-399.
马惠钦, 何学福. 2004. 长江干流圆筒吻的年龄与生长. 动物学杂志, 39(3): 55-59.
马跃岗, 朱 杰, 袁万安. 2012. 长江白甲鱼 ITS2 序列结构和群体遗传多样性. 生态学杂志, 31(3): 670-675.
沈建忠, 曹文宣, 崔奕波. 2001. 用鳞片和耳石鉴定鲫年龄的比较研究. 水生生物学报, 25(5): 462-466.
王美荣. 2012. 长江上游圆筒吻鮡年龄与生长. 水生生物学报, 36(2): 262-269.
温龙岚, 姚艳红, 王志坚, 等. 2006. 吻鮡、圆筒吻鮡和福建纹胸鮡脾脏的组织学初步观察. 遵义师范学院学报, 8(6): 49-51.
许蕴珩, 邓中彝, 余志堂, 等. 1981. 长江的铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响. 水生生物学集刊, 7(3): 271-294.
叶富良, 张健东. 2002. 鱼类生态学. 广州: 广东教育出版社.
阴双雨, 刘明典, 田辉伍, 等. 2011. 中华鲮龄龄鉴定及生长特征. 动物学杂志, 46(2): 20-29.
殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社.
张觉民, 何志辉. 1991. 中国内陆水域渔业资源调查手册. 北京: 中国农业出版社.
张堂林. 2005. 扁担塘鱼类生活史策略、营养特征及群落结构研究(硕士学位论文). 北京: 中国科学院研究生院.
Barnes MA, Power G. 1984. A comparison of otolith and scale ages for western Labrador lake whitefish, *Oregonus clupeiiformis*. *Environmental Biology of Fishes*, 10: 297-299.
Brown ME. 1957. Experimental Studies on Growth// The Physiology of Fishes. London: Academic Press; 361-400.
Campana SE, Thorrold SR. 2001. Otoliths, increments, and elements: Keys to a comprehensive understanding of fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 30-38.
Horn PL. 2002. Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand subantarctic to the Ross Sea, Antarctica. *Fisheries Research*, 56: 275-287.
Niewinski BC, Ferreri CP. 1999. A comparison of three structures for estimating the age of yellow perch. *North American Journal of Fisheries Management*, 19: 872-877.
Pinkas L, Oliphant M, Iverson I. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bulletin of State of California, Department of Fish and Game*, 152: 1-105.
Piranka ER. 1970. On *r* and *k* selection. *The American Naturalist*, 104: 592-597.
Ricker WE. 1982. Size and age of British Columbia sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to environmental factors and the fishery// Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. Nanaimo: Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch, Pacific Biological Station, 1115: 1-117.
Summerfelt RC, Hall GE. 1987. Age and Growth of Fish. Ames: Iowa State University Press; 15-42.

作者简介 熊 星,男,1986年生,硕士研究生,研究方向为鱼类生态学。E-mail: 191175005@qq.com

责任编辑 李凤芹