

文章编号: 1674 - 5566(2011)03 - 0382 - 10

## 千岛湖大眼华鳊年龄、生长和繁殖的初步研究

刘国栋<sup>1</sup>, 何光喜<sup>2</sup>, 刘其根<sup>1</sup>, 张峻德<sup>1</sup>, 陈来生<sup>2</sup>, 洪荣华<sup>2</sup>, 陈马康<sup>1</sup>, 童合一<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 201306; 2. 浙江杭州千岛湖发展有限公司, 浙江 淳安 311700)

**摘要:** 为了解千岛湖大眼华鳊(*Sinibrama macrops*)的种群状况,于2008年7月-2009年4月在千岛湖采集了707尾实验样本,以其鳞片为材料进行年龄鉴定,对大眼华鳊种群的年龄、生长和繁殖特征进行了研究。结果表明:所获得的大眼华鳊样本年龄由雌性 $0^+ \sim 5^+$ (1~6龄)6个年龄组和雄性 $0^+ \sim 4^+$ (1~5龄)5个年龄组组成,雌雄的优势年龄组均为 $1^+ \sim 2^+$ 龄(2~3龄),占总数的71.4%;体长范围为9.2~20.4 cm,体重范围为18~195 g;体长和体重生长关系式为 $W = 0.0248L^{2.8985}$  ( $r = 0.9482$ );拟合的Von Bertalanffy方程为: $L_t = 24.04[1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}]$ ,  $W_t = 249.38[1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}]^{2.8985}$ ;生长拐点年龄为4.35龄时,拐点体长、体重为15.74 cm、73.13 g;雌、雄性比为1.27:1,绝对繁殖力为1 870~18 665粒,平均6 279粒,个体体长相对繁殖力平均为(408 ± 214.22)粒/cm,范围为134~989粒;个体体重相对繁殖力平均为(98 ± 40.49)粒/g,范围为38~215粒。调查期间,雌、雄鱼性腺成熟系数9月达到峰值,分别为22.85%、12.56%,表明9月也可能存在一个繁殖高峰。其1~4龄个体体长年增长率、瞬时增长率、生长常数、生长指标随年龄增长而下降,对应其个体体重年增长率、瞬时增长率、生长常数生长指标随年龄增长逐渐上升,丰满度在3月达到峰值。根据拐点体长、体重可知,目前存在过度捕捞的状况,应限制4龄以下个体的捕捞,有利于该物种自然资源的保护。

**研究亮点:** 大眼华鳊是中国特有的一种经济鱼类,长期以来有关其生态学方面的研究缺乏,本研究对其个体生态学资料研究可以有效填补这一研究方面的空白;此外,大眼华鳊是千岛湖水库生态系统最主要的经济鱼类,但为什么能在千岛湖成为最主要的优势种?其在千岛湖生态系统中的作用如何?本研究为解答这些问题提供了非常重要的资料。

**关键词:** 大眼华鳊;年龄;生长;繁殖;千岛湖

**中图分类号:** S 965.1

**文献标志码:** A

鱼类不但是湖泊及水库生态系统中的重要生物资源,同时也是水生生态系统中重要的高营养层消费者,其对湖泊或水库生态系统的影响正受到国内外生态学研究的广泛重视<sup>[1-3]</sup>。对于那些在水体中数量占优的鱼类,其在水体中的作用及其营养级联效应必然较显著,因而更值得关注。大眼华鳊是千岛湖天然经济鱼类中产量最高的鱼类之一,其为何能在千岛湖中形成和保持优势,以及作为优势种鱼类在千岛湖食物网中的

作用如何等都是生态学的极好课题,但相关的研究报道至今未见。实际上,由于千岛湖的渔业长期以来是以鲢、鳙放养为主,因此可供参考的有关千岛湖中所有天然鱼类的以往研究资料较为稀少,仅见罗仙池对千岛湖黄尾密鲴的生物学研究等少量文献<sup>[4-5]</sup>,以及陈马康等在钱塘江鱼类记录中对采自该水库的相关鱼类的一些简单生物学描述<sup>[6]</sup>,而有关千岛湖天然鱼类的系统生物学研究更是鲜见。

收稿日期: 2010-03-16

修回日期: 2010-12-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(30673088,31072218);上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 刘国栋(1983—),男,硕士,研究方向为水生态及渔业资源调查。E-mail:selinawolf@163.com

通讯作者: 刘其根,E-mail:qgliu@shou.edu.cn

大眼华鳊 (*Sinibrama macrops*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes)、鲤科 (Cyprinidae)、鳊亚科 (Abramidinae) 华鳊属 (*Sinibrama*), 是一类在河流和湖泊中栖息的中小型淡水鱼类<sup>[7]</sup>。目前国内对大眼华鳊的分类尚有一定的争议, 据中国动物志<sup>[8]</sup>的记载, 将分布于长江中、上游、瓯江、钱塘江、灵江、闽江等水域的华鳊定名为伍氏华鳊。而张鄂等<sup>[9]</sup>的研究认为, 大眼华鳊和伍氏华鳊的可数性状和可量性状等形态差异不显著, 两者应为同一种。因此认为, 根据国际动物命名法规, 伍氏华鳊应为大眼华鳊的同物异名。本研究采纳了上述学者的最新研究结果, 将千岛湖的华鳊定名为大眼华鳊。国内对大眼华鳊的研究, 除了这些分类的报道外, 陆清尔<sup>[10]</sup>在 1982 - 1983 年间对长潭水库大眼华鳊年龄与生长进行了初步研究。总体上对大眼华鳊生物学的系统研究较为少见, 而千岛湖大眼华鳊的年龄、生长和繁殖等基础研究资料更为缺乏。

本文通过对千岛湖大眼华鳊的年龄、生长和繁殖等个体生态学特征的研究, 为大眼华鳊的系统生态学研究积累基础生物学资料, 同时也为寻求其资源量优势现象的合理解释、了解和推断其种群未来演替趋势、以及为千岛湖大眼华鳊的资源保护和可持续利用提供一定的科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样本采集和处理

由于每年 4 月底至 7 月 15 日为千岛湖的禁捕期, 因此本次样品的采集时间为 2008 年 7 月中旬 - 2009 年 4 月。同时为了比较千岛湖不同水域大眼华鳊是否存在差异, 本次的采样地点分别选择在位于浙江省杭州市淳安县富文乡、汾口镇、临歧镇 3 个相距甚远的千岛湖水源头水域。本次实验共采集标本 707 尾; 采集网具为渔民生产用的单层刺网 (网目规格为 40 ~ 70 mm, 网长 300 ~ 400 m, 网高 5 ~ 6 m)。标本在新鲜状态下进行体长 ( $L$ ) ( $d = 1$  mm)、体重 ( $W_B$ ) ( $d = 1$  g) 以及去内脏体重 ( $W_S$ ) ( $d = 1$  g) 等常规生物学测量; 同时解剖标本鉴定性别, 并对性腺进行称重; 以鳞片为依据进行年龄鉴定。有关生物学测定方法和鳞片的处理、观察方法参照殷名称<sup>[11-12]</sup>。

## 1.2 数据处理与分析

### 1.2.1 年龄的鉴定和鳞径的测量

鳞片表面的环文是由中心向外随时间而逐次生长的。鱼类在一年当中的生长速率不均衡, 从而导致鳞纹的生长发生周期性变化, 将此作为年轮标志, 是研究鱼类年龄生长的重要材料。

鳞片观察在 Olympus SZX7 型解剖镜下进行, 运用 Nikon DS-Ri1 成像系统拍照、测量鳞径  $R$  ( $R$  为从鳞焦中心至前区与下侧区交界处边缘的直线距离, 此处年轮清晰, 便于确定测量点, 图版-1) 及每一年轮至鳞焦的距离 (从鳞焦向鳞片边缘依次为  $r_1, r_2, r_3, \dots$ )。鳞片上年轮的确认和计数采用常规方法<sup>[12-15]</sup>, 年龄组的表述方式依照邓中焜等<sup>[15]</sup>。

### 1.2.2 鳞片的生长率

在年龄计数过程中采用 HASS 和 RECKSLEK<sup>[16]</sup>所使用的边缘增长率 (Marginal increment ratio, MIR) 分析, 公式为

$$I = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}} \quad (1)$$

式中:  $R$  为鳞径;  $r_n$  为从鳞焦到近边缘第 1 圈年轮轮纹的距离;  $r_{n-1}$  为从鳞焦到近边缘第 2 圈年轮轮纹的距离;  $I$  为鳞片边缘增长率。

### 1.2.3 体长与体重关系

采用 Keys 公式  $W = aL^b$  拟合体长与体重的关系, 通过协方差分析检验雌、雄个体间体长 ( $L$ ) 与体重 ( $W_B$ ) 的关系是否存在差异。并依据 PAULY<sup>[17]</sup>提出的  $t$ -检验方法, 检验幂指数  $b$  是否偏离 3, 检验公式为

$$t = \frac{L_{(SD)}}{W_{B(SD)}} \times \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} \times \sqrt{n - 2} \quad (2)$$

式中:  $L_{(SD)}$ 、 $W_{B(SD)}$  分别为体长、体重对数值的标准差;  $n, r$  分别为标本数和相关系数。使用 Rosa-Lee 直线方程:

$$L_t = a + \frac{r_n}{R}(L - a) \quad (3)$$

进行体长退算。

### 1.2.4 生长方程

年龄和生长的关系用 von Bertalanffy 生长方程:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (4)$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (5)$$

式中: $L_t$ 、 $L_\infty$ 分别为 $t$ 时刻鱼体长和其渐近体长; $W_t$ 、 $W_\infty$ 分别为 $t$ 时刻鱼体重和其渐近体重。

拟合,其中参数使用最小二乘法求得<sup>[18]</sup>。各阶段生长指标(年增长量、年相对增长量、生长比速、生长常数、生长指标)由各年龄的平均推算体长<sup>[11]</sup>求得。

### 1.2.5 繁殖力

个体绝对繁殖力、个体相对繁殖力和丰满度、性腺成熟系数分别按下式计算:个体绝对繁殖力( $F$ ) = 单位卵巢重所含卵粒数 × 卵巢重,个体体长相对繁殖力( $F_L$ ) =  $F/L$ ,个体体重相对繁殖力( $F_w$ ) =  $F/W_s$ ;丰满度( $K$ ) =  $(W_s/L^3) \times 100$ ,成熟系数( $G$ ) = 性腺重( $W_G$ )/去内脏体重( $W_s$ ) × 100%。数据分析与图片处理采用 Microsoft Office Excel、SPSS 13.0 和 Photoshop CS3 软件。样本均值采用  $t$ -检验,检验总体均值与样本均值有无显著差异;VBGF 回归方程采用 F-检验,检验其回归显著性,用  $\chi^2$ -检验其曲线拟合程度。

## 2 结果

### 2.1 年轮特征

大眼华鲮鳞片较小,为圆鳞,其年轮标志较清晰,年龄特征属普通切割型(图版-2)。鳞片的骨质层所形成的环片围绕鳞焦,基本上呈同心圆排列,但不完整闭合,在后区被放射沟分割呈波纹状结构(图版-3)。年轮特征在鳞片前区和侧区

可见,表现为生长环片的内环被外环切割(图版-1),但下侧区与前区交界处轮纹和年轮标志更清晰易辨,且便于测量,是年龄鉴定的最佳区域(图版-1)。

### 2.2 鳞片边缘增长率

鳞片边缘增长率如图 1 所示。由图 1 可见,鳞片边缘增长率从 7 月至 9 月逐渐上升,至 9 月达到峰值。以后逐渐回落,除了 2 月出现异常上升外,总体呈下降趋势,4 月回落至最低值。

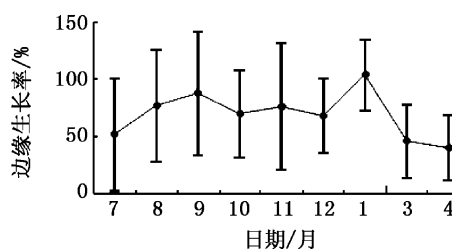


图 1 千岛湖大眼华鲮鳞片边缘增长率  
Fig. 1 Marginal increment ratio of scale of *Sinibrama* in Qiandao hu

### 2.3 种群年龄结构

千岛湖大眼华鲮渔获物由  $0^+$  ~  $5^+$  共 6 个龄组组成,其中雌雄的优势龄组均为  $1^+$  ~  $2^+$ , 占总数的 71.4%。按性别的年龄组统计发现,雌性有  $0^+$  ~  $5^+$  共 6 个龄组,而雄性则为  $0^+$  ~  $4^+$  共 5 个龄组。由图可知,在  $3^+$  ~  $4^+$  龄组中,雌性比例明显高于雄性(表 1)。

表 1 千岛湖大眼华鲮不同年龄组的生长参数  
Tab. 1 Growth indices of *Sinibrama* in different age groups from Lake Qiandao Lake

年龄组	性别	标本数	体长/cm		体重/g	
			范围	$\bar{x} \pm SD$	范围	$\bar{x} \pm SD$
$0^+$	♀	14	10.1 ~ 15.4	12.44 ± 1.68	29 ~ 84	45.50 ± 17.97
	♂	16	10.5 ~ 13.8	12.43 ± 1.02	26 ~ 59	42.19 ± 9.38
$1^+$	♀	47	10.9 ~ 16.8	13.91 ± 1.53	31 ~ 112	60.47 ± 19.96
	♂	51	9.3 ~ 15.9	13.31 ± 1.20	31 ~ 81	52.38 ± 14.00
$2^+$	♀	41	10.1 ~ 18.7	14.97 ± 1.67	31 ~ 171	72.22 ± 24.53
	♂	30	9.9 ~ 15.9	13.52 ± 1.43	33 ~ 79	54.78 ± 13.17
$3^+$	♀	19	12.6 ~ 20.4	16.07 ± 2.11	42 ~ 195	95.89 ± 42.31
	♂	5	13.9 ~ 15.3	14.68 ± 0.58	48 ~ 78	64.40 ± 10.71
$4^+$	♀	3	14.1 ~ 19.4	17.37 ± 2.86	65 ~ 139	113.00 ± 41.62
	♂	2	14.5 ~ 14.9	14.70 ± 0.28	63 ~ 71	67.00 ± 5.66
$5^+$	♀	2	16.3 ~ 18.9	17.60 ± 1.84	74 ~ 195	134.50 ± 85.56
	♂	0				

根据渔获物雌、雄个体的体长、体重频率分布(图 2)可知,群体体长范围为 9.2 ~ 20.4 cm, 体重范围为 18 ~ 195 g。雌鱼最大体长为 20.4

cm,最大体重为 195 g,雄鱼最大体长为 9.2 cm,最大体重为 126 g。渔获物中占优势的个体体长组雌性为 10.1 ~ 18.7 cm,雄性为 9.3 ~ 15.9 cm。

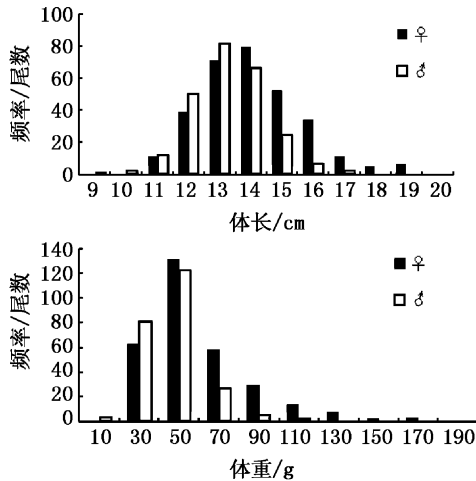


图2 千岛湖大眼华鳊雌、雄个体的体长和体重频率分布  
Fig.2 The frequency distribution of body length and body weight for female and male of *Sinibrama* in Qiandao hu

2.4 生长特征

2.4.1 体长的推算

将体长 ( $L$ , mm) 与鳞片轮径 ( $R$ , mm) 的实测数据作回归分析,得到了体长与鳞片轮径的线性回归关系见式(1),经  $F$  检验,  $P < 0.01$ ,表明大眼华鳊雌、雄个体的体长和鳞片轮径两者之间的回归关系极显著。又经协方差分析检验,雌、雄个体之间的回归关系无显著差异,因此可以将它们的数据合在一起进行拟合:

$$L = 41.296 + 42.761R, R = 0.8825 (n = 239) \quad (6)$$

将测量的鳞片轮径代入 Rosa-Lee 公式中进行计算,求得各龄组的推算体长(表2)。通过对各龄组推算平均体长和实测平均体长进行  $t$ -检验分析,发现两者差异不显著 ( $t = -1.449, P > 0.05$ ),表明大眼华鳊的推算平均体长和实测平均体长较为接近。

表2 千岛湖大眼华鳊各龄鱼的实测体长和推算体长

Tab.2 Back-calculated and measured body length at each age class for *Sinibrama* in Qiandao Lake

年龄组	标本数	推算体长/cm				
		$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
0+	30					
1+	98	10.88				
2+	71	10.00	12.78			
3+	24	9.87	12.30	14.16		
4+	5	7.94	10.50	12.82	14.67	
5+	2	9.47	11.80	13.73	15.56	16.69
推算平均体长		10.34	12.52	13.89	14.90	16.69
实测平均体长		13.60	14.38	15.78	16.30	17.60
比较体长离差		3.26	1.86	1.89	1.40	0.91

2.4.2 体长和体重的关系

以渔获物实测体长和体重数据作散点图分析(图3),拟合得到千岛湖大眼华鳊 ( $n_{\text{♀}} = 308, n_{\text{♂}} = 243$ ) 的体长与体重的关系式,经协方差分析检验,雌、雄个体性别间的体长和体重关系不存在显著性差异 ( $F = 1.816, P > 0.05$ ),因此可以用一个方程进行拟合:

$$W = 0.0248L^{2.8985} (r = 0.9482) \quad (7)$$

采用 PAULY<sup>[17]</sup> 的  $t$ -检验法检验体长与体重回归方程的幂指数  $b$  与 3 之间的差异,雌性:  $t = 0.55 < t_{0.05} = 1.96$ ,雄性:  $t = 0.64 < t_{0.05} = 1.96$ ,表明千岛湖大眼华鳊雌、雄个体均为等速生长。

2.4.3 生长方程

对表2中不同年龄组的推算体长平均值作 Warford 线图(图4),显示  $L_{i+1}$  与  $L_i$  之间呈线性相

关,其回归关系符合:  $y = 0.8573x + 3.4299 (r = 0.9423)$ ,可以满足 von Bertalanffy 生长方程描述的条件。

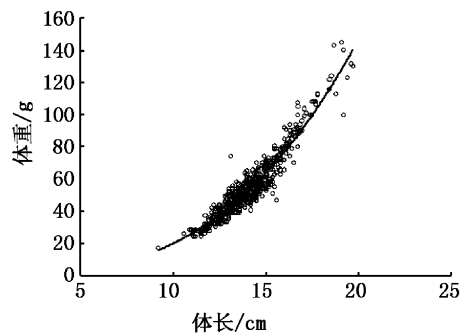


图3 千岛湖大眼华鳊体长与体重的关系  
Fig.3 Relationship between body length and body weight of *Sinibrama* in Qiandao hu

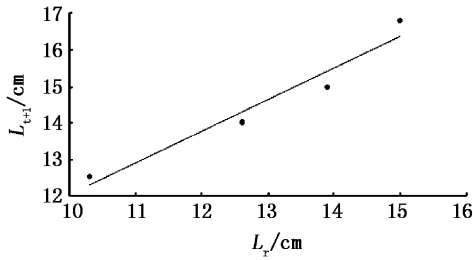


图 4 千岛湖大眼华鳊体长 ( $L_t$ ) Walford 图  
Fig. 4 Body length ( $L_t$ ) walford growth curve of *Sinibrama* in Qiandao hu

根据 FORD<sup>[19]</sup>、WALFORD<sup>[20]</sup> 方程和 Beverton 法求得拟合 von Bertalanffy 生长方程所需参数,从而得到千岛湖大眼华鳊体长和体重生长方程如下:

$$L_t = 24.04 [1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}] \quad (7)$$

$$W_t = 249.38 [1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}]^{2.8985} \quad (8)$$

上述方程经  $F$  检验,其回归极显著 ( $P < 0.01$ ),将各龄组的推算体长与理论体长进行  $\chi^2$  检验 ( $\chi^2 = 0.133, P > 0.05$ ),说明差异不显著, von Bertalanffy 生长方程可以真实地反应大眼华鳊种群在千岛湖中的生长规律。根据上述方程绘制体长、体重生长曲线(图 5)。

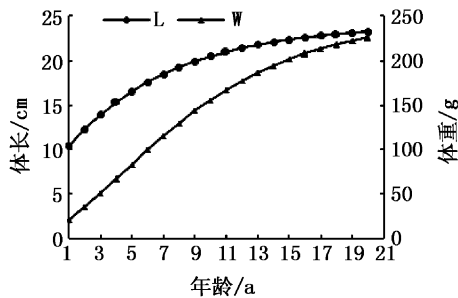


图 5 千岛湖大眼华鳊 Von Bertalanffy 生长方程曲线  
Fig. 5 Von Bertalanffy growth curves of *Sinibrama* in Qiandao hu

如图 4 所示,大眼华鳊体长生长曲线在 4 龄之前阶段生长速度较快,4 龄以后生长减缓而逐渐趋向于渐近体长。而体重生长曲线呈不规则“S”形,体重生长在拐点年龄以前呈现加速趋势,拐点处达到最大值,之后生长速度逐渐下降并趋向于渐进体重。

2.4.4 生长特征

为了研究生长随时间的变化特征,分别对生

长方程求一阶、二阶导数,得到体长、体重的生长速度 ( $dL/dt, dW/dt$ ) 及生长加速度 ( $d^2L/dt^2, d^2W/dt^2$ ) 的方程如下:

$$dL/dt = 3.55 e^{-0.1477(t+2.8540)} \quad (9)$$

$$dW/dt = 106.763 e^{-0.1477(t+2.8540)} [1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}]^{1.8985} \quad (10)$$

$$d^2L/dt^2 = -0.52 e^{-0.1477(t+2.8540)} \quad (11)$$

$$d^2W/dt^2 = 15.77 e^{-0.1477(t+2.8540)} [1 - e^{-0.1477(t+2.8540)}]^{0.8985} [2.8985 e^{-0.1477(t+2.8540)} - 1] \quad (12)$$

如图 6 所示,大眼华鳊个体体长生长速度和加速度不具有拐点,生长速度随年龄的增加逐渐下降,并趋近于 0;生长加速度随年龄的增加逐渐上升,但加速度一直小于 0,说明大眼华鳊体长生长速度在出生时最高,随着年龄增长,体长生长逐渐变慢。体重生长是一条具有拐点的曲线,其拐点年龄  $t_i = 4.35$  龄,该拐点年龄所对应的体长和体重分别是:  $L_{t_i} = 15.74$  cm,  $W_{t_i} = 73.13$  g。当  $t < t_i$  时,体重生长速度曲线上升,但加速度曲线下降,且为正值,表明 4.35 龄前,个体体重生长速度一直增加,直到 4.35 龄时达到最大值。当  $t > t_i$  时,体重生长速度和加速度均下降,其生长速度曲线逐渐变缓,并趋向于 0,此时体重生长加速度为负值,为体重生长递减阶段。

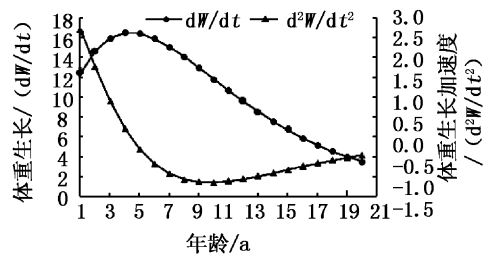
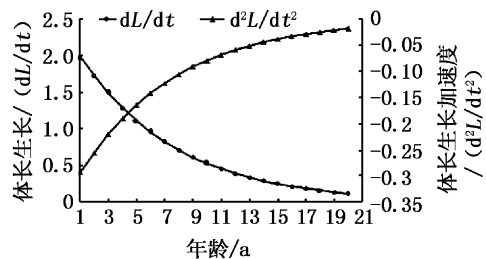


图 6 千岛湖大眼华鳊 Von Bertalanffy 生长方程的生长率曲线

Fig. 6 Growth rate and its acceleration in Von Bertalanffy function of *Sinibrama* in Qiandao hu

2.4.5 生长指标

根据体长、体重推算值代入经验公式可知,

大眼华鳊 1~4 龄个体体长年增长量、瞬时增长率、生长常数、生长指标均随年龄增长逐渐下降, 1~4 龄个体体重年增长量、瞬时增长率、生长常

数均随年龄增长逐渐上升, 1~5 龄生长指标随年龄增长逐渐上升(表 3)。

表 3 千岛湖大眼华鳊不同时期体长和体重生长指标

Tab.3 Growth indexes of body length and body weight of *Sinibrama* in Qiandao Lake

项目		年龄组				
		1	2	3	4	5
体长	退算体长/cm	10.34	12.52	13.89	14.90	16.69
	年增长量/cm		2.18	1.37	1.00	1.80
	瞬时增长率		19.16%	10.39%	6.97%	11.38%
	生长常数		0.29	0.26	0.24	0.51
	生长指标		1.98	1.30	0.97	1.70
体重	退算体长/g	21.62	37.68	50.92	62.31	86.68
	年增长量/g		16.06	13.24	11.40	24.36
	瞬时增长率		55.54%	30.11%	20.20%	33.00%
	生长常数		0.83	0.75	0.71	1.48
	生长指标		18.01	28.36	36.00	92.53

#### 2.4.6 丰满度

丰满度常用于衡量种群内随性别、个体发育阶段以及水域饵料保障季节变化所引起的群体条件状况的定量变化<sup>[11]</sup>。由图 7 可以看出, 秋季营养积累较为丰富, 丰满度较高, 而后随着性腺发育, 越冬期来临和饵料保障下降而下降。春季繁殖期之前达到峰值, 为夏、秋季繁殖创造良好条件。

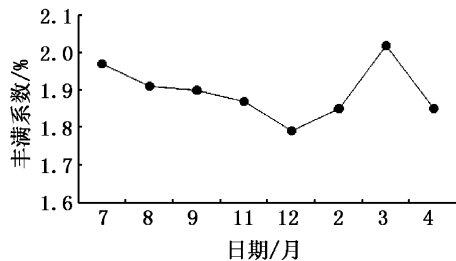


图 7 千岛湖大眼华鳊丰满度季节变化

Fig.7 Condition factor of season variation of *Sinibrama* in Qiandao hu

## 2.5 繁殖

### 2.5.1 性比

在 707 尾样本中, 552 尾可以用肉眼判断性别, 其中 308 尾雌性, 243 尾雄性, 不符合 1:1 的理论比例 ( $\chi^2 = 7.42 > \chi_{0.05}^2 = 3.841$ ,  $d_f = 1$ ,  $P < 0.05$ ), 雌、雄性比存在显著差异。在样本的解剖及观察中发现年龄组为 0<sup>+</sup> 及 1<sup>+</sup> 的样本个体中, 雌雄比大致相当, 而在 2<sup>+</sup> 及 3<sup>+</sup> 的样本个体中雌性个体数量占有明显优势, 其中 2<sup>+</sup> 雌性为 41 尾,

雄性 30 尾, 3<sup>+</sup> 中雌性为 19 尾, 雄性为 5 尾。

### 2.5.2 繁殖力

共计数了 56 尾 IV 期雌鱼的个体绝对繁殖力和相对繁殖力, 结果为个体绝对繁殖力 ( $F$ ): 平均为  $6\,279 \pm 3\,868.06$  粒, 范围为 1 870 ~ 18 665 粒; 个体体长相对繁殖力 ( $F_L$ ) 平均为  $408 \pm 214.22$  粒/cm, 范围为 134 ~ 989 粒; 个体体重相对繁殖力 ( $F_S$ ) 平均为  $98 \pm 40.49$  粒/g, 范围为 38 ~ 215 粒。

### 2.5.3 性腺成熟系数周年变化

根据每月性腺成熟系数的平均值, 绘制性腺成熟系数周年变化曲线(图 8)。根据变化曲线可知, 千岛湖大眼华鳊雌、雄鱼性腺成熟系数在调查的 7 月至翌年 4 月期间, 其性腺在 9 月达到顶峰, 分别为 22.85%、12.56%, 其他月份保持在 0.5% ~ 2% 之间, 周年变化幅度均较大, 表明 9 月存在一个产卵高峰期, 成熟系数产卵前达到高峰, 产卵季节过后迅速跌落。其中, 雌鱼性腺发育

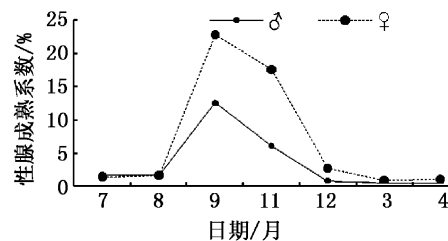


图 8 千岛湖大眼华鳊性腺成熟系数季节变化

Fig.8 Coefficient of maturing of *Sinibrama wui* in Qiandao hu

系数较雄鱼大,说明亲鱼资源物质主要分配给卵巢,使卵能够用以发育成为仔鱼,直接向外界摄食。而由于4-7月间数据缺失,因此期间是否也存在一个繁殖高峰不得而知,需以后实验补充。

#### 2.5.4 绝对繁殖力与体长、体重及年龄的关系

大眼华鲮个体绝对繁殖力与体长变化呈幂函数相关,关系式为  $F = 248.85e^{0.2079L}$  ( $R = 0.677, P < 0.01$ ); 而其个体绝对繁殖力与体重及年龄变化均呈线性相关,关系式为  $F = 83.935B - 692.75$  ( $R = 0.762, P < 0.01$ );  $F = 3556.9A - 961.93$  ( $R = 0.701, P < 0.01$ ), 与性腺成熟系数变化呈多项式相关,关系式为  $F = 9018.7G^2 + 21003G + 279.41$  ( $R = 0.73, P < 0.01$ ), (图9)。

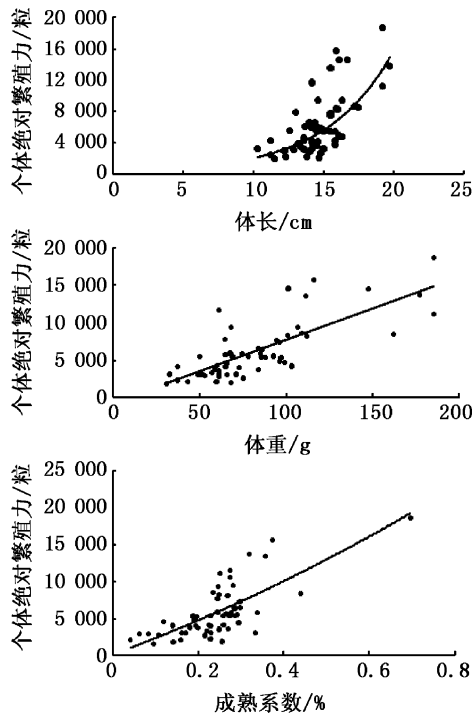


图9 千岛湖大眼华鲮个体绝对繁殖力与各项生物学指标(体长、体重、年龄及性腺成熟系数)的关系

Fig.9 Relationship between individual absolutely fecundity and every biology indexes(L,B,A,G) of *Sinibrama* in Qiandao hu

### 3 讨论

#### 3.1 千岛湖鱼类生长发育的季节变化问题

虽然本研究缺少了4月-7月之间的调查数据,但据现有调查资料(7月至翌年4月)可以推

断,千岛湖大眼华鲮在9月份可能存在一个繁殖高峰。通常这一地区的春季5-6月是很多鱼类的繁殖高峰,这也是千岛湖之所以将该期间设为禁捕期的原因。以往观察表明,大眼华鲮在此期间也有一个繁殖高峰;而本研究结果表明,除了春季繁殖期外,千岛湖的大眼华鲮可能在9月份存在第2个繁殖高峰期。

此外,从鳞片边缘增长率来看,其增长高峰也出现在9月,说明随着水温上升,千岛湖大眼华鲮的生长可持续到9月,以后随着水温的下降,其生长率又逐渐回落。分析认为,2月的鳞片边缘增长率数据出现异常增加可能源于实验误差。由于冬季水温低,渔民捕捞效率很低,即使去湖中捕捞的渔民其渔获量通常较少,本研究2月份采得的样本数少(仅4尾,而1月份更是1尾都没有捕到),使测定结果受个别鱼类的影响较大。实际上从图1可见,千岛湖大眼华鲮鳞片边缘增长率的标准差较大也表明了,即使在同一个月份,鳞片边缘增长率的个体差异本来就较大,我们在今后的研究中将加大2月份采样力度,以进一步查明导致2月份鳞片边缘增长较大的原因。

#### 3.2 千岛湖大眼华鲮保持优势的原因分析

鱼类的适合度主要体现在2个方面:存活率和繁殖力。虽然本研究没有对千岛湖大眼华鲮的存活率开展研究,但初步的调查表明,其繁殖力是比较强的。1年2次繁殖可能是千岛湖华鲮种群保持优势的一个重要原因。

个体生殖力可以用来比较不同种群鱼的繁殖力,它体现了鱼的繁殖策略。鱼类个体生殖力不仅与外界环境条件、营养状况、鱼的本质特性有关,还与体征指标存在显著性相关。根据个体生殖力与鱼体形态学指标间的关系,可以快速地估算鱼类个体生殖力并预测种群繁殖能力,对指导渔业生产有重要的作用<sup>[21]</sup>。千岛湖大眼华鲮的个体绝对繁殖力与体重的相关性高于性腺成熟系数、体长和年龄,因此,适宜用体重和繁殖力的关系来预测大眼华鲮的绝对繁殖力,就本研究来说,具有较高繁殖力的大眼华鲮个体体重范围主要集中于30~100g间,而根据体重频率分布图可知,其优势体重范围为30~90g间,可见,这对于其种群的繁殖也是比较有利的,从而也更有利于其后代补充。这可能是其保持优势的又一

个原因。

### 3.3 千岛湖大眼华鳊与长潭水库大眼华鳊的生长参数比较

从渔获物样本来看,千岛湖大眼华鳊种群由6个龄组组成,雌性性成熟年龄为2~3龄,雄性性成熟年龄为1~2龄,雌鱼平均性成熟年龄比雄鱼大。据与该地区的另一个水库长潭水库的大眼华鳊<sup>[10]</sup>生长参数相比较可知(表4),千岛湖大眼华鳊个体的 $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $L_{t_i}$ 、 $W_{t_i}$ 等参数均明显比

长潭水库大眼华鳊的明显高,这表明千岛湖大眼华鳊的生长速度优于长潭水库。分析其原因,可能是由于生长环境的差异所致。大眼华鳊通常以着生藻类为主要食物,卵粘性,附着在石砾上孵化。千岛湖沿岸底质多石质,水质透明度高,这些多为着生藻类的大量繁殖提供了条件,而充足的着生藻类也为大眼华鳊提供了充足的食物,同时,大量石质也为其繁殖提供了良好的条件,个体发育相对较快。

表4 不同生境华鳊属生长参数比较

Tab. 4 Growth indices among different habitats in *Sinibrama* genus

水体	$L_{\infty}$ /cm	$W_{\infty}$ /g	$k$	$t_0$	$t_i$	$L_{t_i}$ /cm	$W_{t_i}$ /g
千岛湖	24.04	249.38	0.147 7	2.854	4.35	15.74	73.13
长潭水库	13.98	56.01	0.678	0.326 8	1.95	10.99	16.64

### 3.4 资源的保护与利用

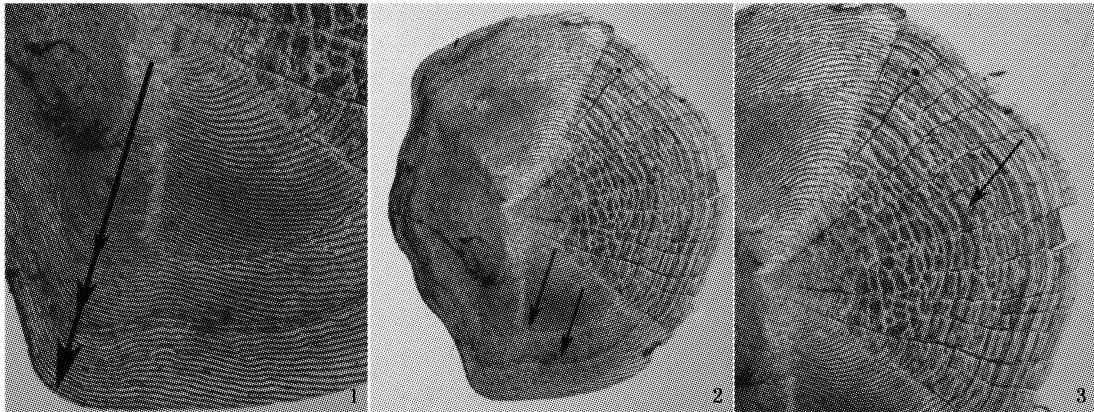
千岛湖渔业捕捞对象主要以鲤科(雅罗鱼亚科、鲢亚科、鳊亚科、鲮亚科、鮠亚科)为主,大眼华鳊的个体较小,属于小型鱼类,经济价值不高,就收集的渔具捕捞种类来说属于次要捕捞。从捕获的707尾样本来看,最大体长为19.7 cm,最大体重为145 g。渔获物中体长在10~15 cm的个体占75.1%,体重在70 g以下的个体占59.1%。230尾年龄样本中,4龄及以下的个体占97%。而大眼华鳊的体重生长拐点年龄为4.35龄,拐点体长、体重分别为15.74 cm、73.13 g,由此可见,此次渔获物样本的大部分个体正处于快速生长阶段,还未度过最佳生长期。因此,就本次调查结果来看,千岛湖目前的大眼华鳊捕捞强度可能仍偏大,使种群呈现一定的低龄化。为了保护大眼华鳊种群资源,建议将捕捞网目规格适当提高,将主要捕捞年龄提高到4龄(3<sup>+</sup>)以上,使大眼华鳊能够充分生长和繁殖,以保证种群的延续。

#### 参考文献:

- [1] STARLING F L R, ROCHA A J A. Experimental study of the impacts of planktivorous fishes on plankton community and eutrophication of a tropical Brazilian reservoir [J]. *Hydrobiologia*, 1990, 200/201(1): 581-591.
- [2] SVENSSON J M, BERGMAN E, ANDERSSON G. Impact of cyprinid reduction on the benthic macroinvertebrate community and implications for increased nitrogen retention [J]. *Hydrobiologia*, 1999(404): 99-112.
- [3] GRIFFITHS D. The direct contribution of fish to lake phosphorus cycles [J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2006, 15(1): 86-95.
- [4] 罗仙池, 吴振兴. 千岛湖黄尾密鲮年龄与生长的初步研究[J]. *浙江水产学院学报*, 1994, 13(3): 210-213.
- [5] 罗仙池, 吴振兴. 千岛湖黄尾密鲮产卵场及繁殖生态条件[J]. *水产科技情报*, 1993, 20(4): 173-176.
- [6] 陈马康, 俞泰济, 童合一. 钱塘江鱼类资源[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1990: 267.
- [7] 伍献文. 中国鲤科鱼类志(上卷)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1964: 109.
- [8] 陈宜瑜. 中国动物志: 硬骨鱼纲, 鲤形目[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 661.
- [9] 张鸷, 谢仲桂, 谢从新. 大眼华鳊和伍氏华鳊的形态差异及其物种有效性[J]. *水生生物学报*, 2004, 5(28): 511-518.
- [10] 陆清尔. 长潭水库大眼华鳊(*Sinibrama macrops*)年龄与生长的初步研究[J]. *浙江水产学院学报*, 1992, 2(11): 116-122.
- [11] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 295.
- [12] 殷名称. 太湖似刺鲃年龄和生长的研究[J]. *生态学报*, 1993, 13(1): 38-44.
- [13] 张觉明, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 260-284.
- [14] 豪富华, 陈毅峰, 唐卫星, 等. 东亚鲑的年龄与生长的研究[J]. *水生生物学报*, 2007, 31(5): 731-737.
- [15] 邓中彝, 余志堂, 许蕴于, 等. 汉江主要经济鱼类的年龄和生长[C]//鱼类学论文集(第一辑). 北京: 科学出版社, 1981: 97-121.
- [16] HASS R E, RECKSLEK W C. Age verification of winter flounder in Narragansett Bay [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1995, 124(1): 103-111.



- [17] PAULY D. Fish population dynamics in tropical waters; a manual for use with programmable calculators [ M ]. Philippines Manila; ICLARM Stud and Rev, 1984: 325.
- [18] von BERTALANFFY L. A quantitative theory of organic growth [ J ]. Human Biology, 1938, 10(2): 181 - 213.
- [19] FORD E. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 - 1933 [ J ]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1933(19): 305 - 384.
- [20] WALFORD L A. A new graphic method of describing the growth of animals [ J ]. The Biological Bulletin, 1946, 90(2): 141 - 147.
- [21] 王银东, 熊邦喜, 马徐发, 等. 湖北道观河水库青梢鲌 (*Culter dabryi*) 的个体生殖力 [ J ]. 海洋与湖沼, 2007, 38(2): 180 - 186.



图版 在 Olympus SZX7 型解剖镜下观察到的鳞片

Plate The scales observed under the dissecting microscope (Olympus SZX7)

1. 下侧区年轮疏密切割型结构(箭头所示); 2. 鳞片轮廓及年轮(箭头所示); 3. 前区放射沟(箭头所示)。

## Primary study on the age, growth and reproduction of *Sinibrama macrops* in Qiandao Lake

LIU Guo-dong<sup>1</sup>, HE Guang-xi<sup>2</sup>, LIU Qi-gen<sup>1</sup>, ZHANG Jun-de<sup>1</sup>, CHEN Lai-sheng<sup>2</sup>, HONG Rong-hua<sup>2</sup>, CHEN Ma-kang<sup>1</sup>, TONG He-yi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology (AGRA), Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Hangzhou Qiandaohu Exploitation Co. Ltd., Chun'an 311700, Zhejiang, China)

**Abstract:** To evaluate the current status of *Sinibrama macrops* population in Qiandao Lake, age, growth and reproduction characters were studied using 707 specimens collected from July 2008 to April 2009. Ages were determined by reading annuli on scales, The estimated age ranges were between 0<sup>+</sup> - 5<sup>+</sup> years for females and 0<sup>+</sup> - 4<sup>+</sup> years for males, the age group advantage is 1<sup>+</sup> - 2<sup>+</sup>, which accounts 74.1%. The body length and body weight range of population is 9.2 cm - 20.4 cm, 18 - 195 g. The growth trait of the length and weight was similar as  $W = 0.0248L^{2.8985}$  ( $r = 0.9482$ ), The body growth pattern can be well described by von Bertalanffy equation and they were  $L_t = 24.04(1 - e^{-0.1477(t+2.8540)})$ ,  $W_t = 249.38(1 - e^{-0.1477(t+2.8540)})^{2.8985}$ , The growth age at inflection point was 4.35 year old and the corresponding body length and body weight were 15.74 cm, 73.13 g. The sex ratio for female and male is 1.27:1, The individual absolute fecundity varied from 1 870 - 18 665 eggs (average 6 279), and the individual relative fecundity (FL) varied from 38 - 215 eggs/g (average 98), The gonadosomatic index for female and male is 22.85%, 12.56%, and the female fish are total spawners. Growth indexes in general declined with age growth, and the condition factor reached in its peak in March. According to the body length and body weight in inflexion there had overfished condition, therefore, the countermeasures should be taken such as restricting the individual which is below 4 age, in order to protect the resources of *Sinibrama macrops*.

**Key words:** *Sinibrama macrops*; age; growth; reproduction; Qiandao Lake