

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00474

## 徽水河宽鳍鱲的年龄、生长和繁殖

严云志<sup>1</sup> 闫莉莉<sup>1</sup> 储玲<sup>1</sup> 梁阳阳<sup>1</sup> 陈毅峰<sup>2</sup> 章星明<sup>3</sup>

(1. 安徽师范大学生命科学学院, 安徽省高校生物环境与生态安全省级重点实验室, 芜湖 241000;  
2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 3. 安徽省泾县水产站, 泾县 242500)

**摘要:** 认识鱼类的生活史特征及其对生态环境变化的响应, 是鱼类物种保护与资源合理利用的基础。于2009年5月至2010年4月研究了黄山地区徽水河中宽鳍鱲(*Zacco platypus*)的年龄、生长和繁殖。共采集标本352尾, 雌雄性比为0.49:1, 与1:1差异显著。以鳞片为年龄鉴定材料, 雌、雄个体的最大寿命均为3龄; 年轮主要形成于3月份。全长和体重呈幂函数关系, 两性间无显著性差异, 关系式表达为 $W = 6 \times 10^{-6} L^{3.10}$ ; 全长和鳞径呈线性关系, 且两性间差异显著, 关系式分别表达为 $L_{\text{♀}} = 29.58R + 38.84$  和 $L_{\text{♂}} = 33.17R + 34.99$ ; 2龄个体的退算全长在雌、雄两性间无显著性差异。繁殖时间为4—7月份; 2龄时达50%初性成熟, 其个体全长为98.22(雌)和105.69 mm(雄); 绝对繁殖力为(758 ± 362)卵粒, 相对繁殖力为(77.38 ± 22.15)卵粒/g。同已有的少量研究资料相比较, 徽水河宽鳍鱲的年龄结构较北京地区种群的相对简单, 个体生长较同为黄山地区的浦溪河种群相对快速, 这种生活史特征差异可能是生态环境空间异质性的作用结果, 但有关宽鳍鱲各生活史特征之间的权衡及其对生态环境的响应还有待于进一步研究。

**关键词:** 宽鳍鱲; 年龄; 生长; 繁殖; 徽水河

中图分类号: Q959.46 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2012)03-0474-08

宽鳍鱲(*Zacco platypus*)隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鱼丹亚科(Danioninae)、鱲属(*Zacco*), 广泛分布于我国、朝鲜和日本等东亚地区, 是我国常见的一种急流性鱼类, 多栖息于江河支流的水流湍急的沙石浅滩之中<sup>[1]</sup>。食性杂, 常摄食甲壳类、藻类和有机碎屑等; 个体较小, 成体的最大体长一般不超过20 cm, 但生长较快, 且在溪流中种群数量较大, 因而在我国南方省份山区形成一种特殊的小渔业, 为山区的主要经济鱼类之一。

掌握鱼类的生长和繁殖等生活史特征是制定合理渔业管理方案的科学基础, 对物种保护及其资源合理利用有着重要意义<sup>[2]</sup>。然而, 迄今为止, 有关我国宽鳍鱲的基础生物学特征的报道较少, 该物种不同区域种群的年龄、生长和繁殖等生活史特征尚不十分清楚。在仅有的2篇相关报道中, 邢迎春等和项秀颖等分别对我国北京地区和黄山地区宽鳍鱲的

年龄和生长特征进行了初步报道, 但未涉及其繁殖生物学特征<sup>[3, 4]</sup>。众所周知, 鱼类的生活史特征是内源性遗传因素和外源性环境因素的联合作用产物<sup>[2, 5]</sup>; 作为对周围环境的一种响应, 同一物种的不同地理种群间的生活史特征往往存在很大差异<sup>[6, 7]</sup>。在河流生态系统中, 从上游源头至下游河口, 各类理化环境因子具有极高的空间异质性, 如: 上游海拔较高, 水温较低且饵料较为贫乏, 但下游海拔较低, 水温较高且饵料较为丰富; 上游流量较小, 环境稳定性较低, 但下游流量较大, 环境稳定性较高<sup>[8]</sup>。已有研究表明, 河流纵向梯度下的环境条件(水温、饵料等)及其稳定性的差异能够引起河流鱼类不同种群或者亚群间生活史特征的变化<sup>[9, 10]</sup>。项秀颖等初步报道了黄山地区宽鳍鱲的年龄和生长特征, 并发现该地区种群同北京地区的种群相比, 其年龄结构和生长速度等都明显不同<sup>[3, 4]</sup>。但是, 由于项秀颖等所研究

收稿日期: 2011-05-05; 修订日期: 2012-02-07

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB119200); 国家自然科学基金(31172120); 安徽省自然科学基金(090413080); 安徽省教育厅自然科学基金(KJ2009A110, KJ2008B221)资助

通讯作者: 严云志 (1976—), 男, 安徽桐城人; 博士; 研究方向为鱼类生态学。E-mail: yanyunzhi7677@126.com

的宽鳍鱲源自浦溪河<sup>[4]</sup>, 该河流属于黄山地区青弋江水系的一条低级别的源头性支流, 那么他们所揭示的该地区宽鳍鱲的年龄和生长特征是否具有区域代表性? 宽鳍鱲在青弋江水系的河流纵向梯度上是否会呈现出生活史特征的变化?

本文对青弋江水系的一条4级支流<sup>[11]</sup>——徽水河中宽鳍鱲的年龄、生长和繁殖特征进行了研究, 一方面为该物种的基础生物学研究积累基础资料, 另一方面也探讨了该物种生活史特征对栖息地环境的生态响应, 从而为某种质资源保护与合理利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 标本采集与处理

2009年5月至2010年4月, 逐月在徽水河下游河段以电鱼器为渔具捕获宽鳍鱲标本, 每月采集标本约30尾, 共采集352尾。在新鲜状态下, 对渔获物进行常规生物学处理, 测量全长(Total length,  $L$ , 0.01 mm)、称量体重(Body weight,  $W$ , 0.01 g); 解剖并提取性腺, 根据性腺外形特征判定性别及性腺时期<sup>[2]</sup>; 称量去内脏重(Somatic weight,  $SW$ , 0.01 g)和性腺重(Gonad weight,  $GW$ , 0.01 g)。处理后的标本与性腺以8.0%福尔马林溶液固定, 带回实验室。

### 1.2 年龄

以鳞片作为年龄鉴定材料。鳞片取自背鳍前下方与侧线之间, 每尾标本取5—10枚鳞片, 于2%NaOH溶液中浸泡数小时或过夜, 然后在解剖镜下观察并拍照。年龄计数方法为: 鳞片上无年轮形成的计1龄, 有1个年轮的计2龄, 有2个年轮的计3龄, 依次类推。在“图像分析系统软件2.01”下进行鳞径(Scale radius,  $R$ )和轮径( $r_n$ )的测量。

根据鳞片上年轮的边缘增长率(Marginal increment ratio,  $MIR$ )来确定年轮形成时间:  $MIR = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$ , 式中 $R$ 为从鳞焦到边缘的直线距离, 即鳞径,  $r_n$ 为鳞焦到最外侧年轮的距离。

### 1.3 生长

全长与体重的关系采用幂函数进行计算:  $W = aL^b$ , 式中 $L$ 为全长,  $W$ 为体重,  $a$ 、 $b$ 为常数; 全长与鳞径的关系表达为:  $L = a + bR$ , 式中 $L$ 为全长,  $R$ 为鳞径,  $a$ 、 $b$ 为常数。采用Rosa Lee公式确定退算全长(Back-calculated length,  $L_n$ )的确定:  $L_n = (L - a) \times r_n/R + a$ , 式中 $L_n$ 为个体 $n$ 龄时的全长,  $R$ 为鳞径,  $r_n$

代表第 $n$ 轮的轮径,  $L$ 代表实测全长,  $a$ 为全长和鳞径关系曲线在y轴上的截距。

上述全长与体重、鳞径关系的计算与退算全长的确定均按照雌、雄两性独立进行。

### 1.4 繁殖

采用 $L_{50}$ 方法确定初次性成熟的年龄和全长: 分别将雌、雄性成熟个体按全长每增加5 mm所占百分比进行逻辑斯蒂回归<sup>[12]</sup>, 方程为  $P_L = 100/(1 + e^{(a+bL)})$ , 式中 $P_L$ 是性成熟的个体在全长 $L$ 时的百分比,  $a$ 、 $b$ 为常数; 初次性成熟全长为  $L_{50} = -a/b$ 。根据性腺指数(Gonado-somatic index,  $GSI$ )的年变化来反映繁殖季节, 性腺指数的计算公式为:  $GSI = 100 \times (GW/SW)\%$ , 式中 $GW$ 为性腺重,  $SW$ 为去内脏重。在确定繁殖季节的基础上, 对5月份10个成熟卵巢中的卵粒拍照, 使用“图像分析系统软件2.01版”<sup>[13]</sup>测量卵径, 根据不同卵径的卵粒的频率分布来确定产卵类型。

固定后的成熟卵巢(定义为性腺IV期的卵巢)中卵黄沉积的全部卵粒数直接计为绝对繁殖力(Absolute fecundity,  $AF$ ), 再根据绝对繁殖力与去内脏重的比值来确定相对繁殖力(Relative fecundity,  $RF$ )  $RF = AF/SW$ 。

### 1.5 统计分析

以卡方( $\chi^2$ )检验分析雌、雄性比与1:1之间是否存在显著性差异; 以协方差(ANCOVA)对雌、雄两性间的“全长—体重/鳞径”关系差异显著性进行检验; 以非配对 $t$ 检验(independent  $t$ -test)分析雌、雄两性间退算全长的差异显著性。视 $P < 0.05$ 为显著性水平。

## 2 结果

### 2.1 年龄

年轮特征 宽鳍鱲的鳞片较小, 为圆鳞。鳞焦偏向顶区, 基区边缘光滑, 有些鳞片基区边缘产生波浪状褶皱。鳞片环纹基本呈闭合同心圆排列。年轮特征在不同个体间不完全相同, 呈现为以下三种类型: 疏密型、切割型、疏密切割型。疏密型年轮的内环和外环轨迹较为一致, 但内环排列紧密而外环排列稀疏, 无明显的切割特征(图1a); 切割型年轮的内环与外环由于轨迹不一致而呈现出明显的切割现象, 无明显疏密特征(图1b); 疏密切割型年轮兼有疏密(内环紧密外环稀疏)和切割(内环和外环轨迹不一致)的特征(图1c)。

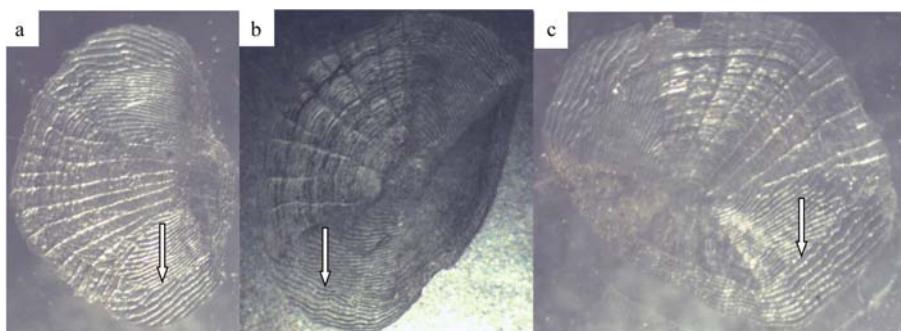


图 1 宽鳍鱲鳞片上的年轮(箭头示)

Fig. 1 Annulus on the scales of *Zacco platypus* (shown by arrows)

a、b、c 分别示疏密、切割、疏密切割型年轮

a, b and c representing the spacing, incising, and space-incising annuli, respectively

**年轮形成时间** 根据鳞片的边缘增长率 (MIR) 的逐月变化, 徽水河宽鳍鱲的年轮形成周期为 1 年 1 次。如图 2 所示, 相对于 1、2 月份而言, 3 月份 MIR 的出现明显的变化: (1)新轮开始出现, 部分个体的 MIR 接近零值; (2)由于新轮的形成, MIR 最大值与最小值的跨度增大; (3)平均 MIR 降低。至 4—6 月份, MIR 平均值逐渐回升。因此, 徽水河宽鳍鱲的年轮形成于 3 月份。尽管 7 月份及其以后 MIR 平均值较 6 月份的低, 但该时间段均没有出现接近零值的 MIR, 因此无新轮形成。

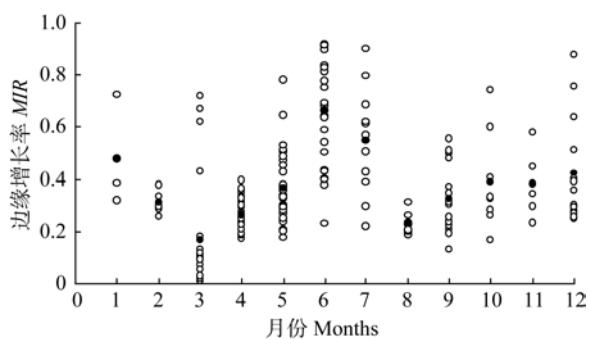


图 2 徽水河宽鳍鱲的年轮形成时间

Fig. 2 Timing of annulus formation for *Zacco platypus* in the Huishui Stream白色圆圈和黑色圆圈分别代表 MIR 的个体值与平均值  
White and black circles representing the individual and mean MIR, respectively

**年龄结构** 徽水河宽鳍鱲的年龄组成较为简单, 其雌、雄两性的最大寿命均为 3 龄。雌性各龄组个体的相对多度分别为: 48.08%(1 龄)、50.96%(2 龄) 和 0.96%(3 龄), 雄性各龄组个体的相对多度分别为: 45.33%(1 龄)、51.87%(2 龄) 和 2.80%(3 龄)。因此, 该种群主要由 1、2 龄两个年龄组组成。

## 2.2 生长

**全长与体重的分布** 徽水河宽鳍鱲全部渔获物的全长分布范围为 52.00—153.63 mm, 主要集中在 70—120 mm(占全部渔获物的 90.91%); 70 mm 以下与 120 mm 以上的个体的相对多度分别为 5.11% 和 3.98%。体重范围为 0.66—26.80 g, 主要集中在 2.50—17.50 g(93.47%), 2.50 g 以下与 17.50 g 以上的个体的相对多度分别为 3.69% 和 2.84%。

**全长-体重关系** 徽水河宽鳍鱲雌、雄两性的“全长-体重”关系分别为:

$$W_{\text{♀}} = 5 \times 10^{-6} L^{3.15} (R^2 = 0.84, N = 104);$$

$$W_{\text{♂}} = 7 \times 10^{-6} L^{3.09} (R^2 = 0.73, N = 214).$$

经协方差检验, 上述全长-体重关系在雌、雄两性间无显著性差异( $F = 0.04, P > 0.05$ )。因此, 以一总的关系式来显示徽水河宽鳍鱲的全长-体重关系:  $W = 6 \times 10^{-6} L^{3.10} (R^2 = 0.76, N = 318)$ (图 3)。

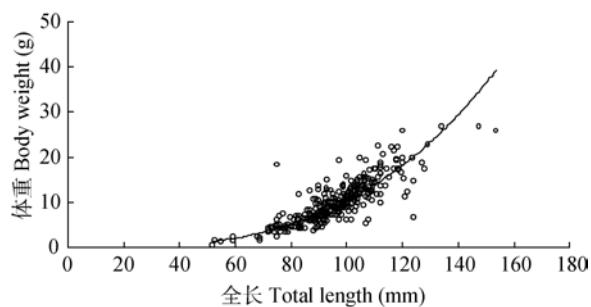


图 3 徽水河宽鳍鱲的全长与体重的关系

Fig. 3 Relationship between total length and weight of *Zacco platypus* in the Huishui Stream

**全长-鳞径关系** 徽水河宽鳍鱲雌、雄两性的全长-鳞径关系分别为:

$$L_{\text{♀}} = 29.58R + 38.84 (R^2 = 0.50, N = 104);$$

$$L_{\varnothing} = 33.17R + 34.99 (R^2 = 0.62, N = 214) \text{ (图 4)}$$

经过协方差检验, 全长-鳞径关系在雌、雄两性间存在显著性差异( $F = 7.24, P < 0.05$ )。因此, 不能以一总的关系式来反映徽水河宽鳍鱲的全长-鳞径关系。

退算全长    徽水河宽鳍鱲雌性个体 2 龄和 3 龄的退算全长分别为( $82.59 \pm 9.77$ ) mm 和 120.56 mm(仅 1 尾); 雄性个体的 2 龄和 3 龄的退算全长分别为( $84.65 \pm 11.77$ ) mm 和( $94.97 \pm 9.85$ ) mm。雌、雄两性间的 2 龄退算全长无显著性差异( $t$ -test,  $F = 0.68, P > 0.05$ ), 且雌、雄两性的 2 龄退算全长均显著低于实测全长( $\varnothing: F = 3.43, P < 0.05; \varnothing: F = 2.18, P < 0.05$ )。3 龄个体过少, 无法对其退算全长进行统计分析。

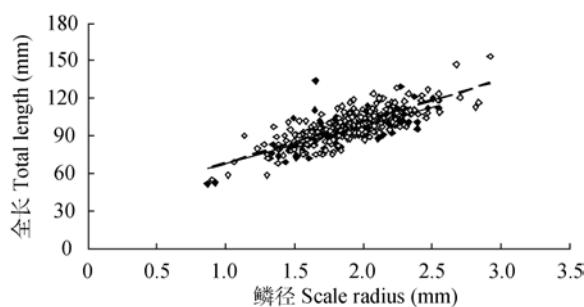


图 4 徽水河宽鳍鱲的全长与鳞径的关系

Fig. 4 Relationship between total length and scale radius of *Zacco platypus* in the Huishui Stream

黑块和实线代表雌性, 白块和虚线代表雄性

Black frame and solid line representing the females, white frame and dashed line representing the males

### 2.3 繁殖

性比    在全部采集的 352 尾宽鳍鱲标本中, 雌、雄两性个体数量分别为 104 和 214 尾, 剩下的 34 尾由于未达性成熟无法根据性腺特征来鉴定性别。徽水河宽鳍鱲种群的雌、雄性比为 0.49:1, 经  $\chi^2$  检验, 与 1:1 之间存在极显著性差异( $\chi^2 = 20.54, P < 0.05$ )。

繁殖季节    徽水河宽鳍鱲雌性个体的性腺指数( $GSI$ )从 4 月份开始急剧上升并达到最大峰值(17.99%), 至 5、6 月份  $GSI$  相对下降(5 月: 7.73%; 6 月: 6.53%), 至 7 月份又重新上升并达到第二峰值(12.42%)。 $GSI$  在 8 月份急剧下降并于 9 月份达到最低值。相对雌鱼而言, 雄鱼成熟个体  $GSI$  较低, 其周年变化不如雌鱼显著(图 5)。因此, 徽水河宽鳍鱲的繁殖季节为 4—7 月份。

产卵类型    在繁殖季节内, 5 月份时成熟卵

巢中卵粒的卵径频率分布如图 6 所示: 卵径频率分布呈现出明显的 3 个波峰, 第 1—3 波峰的卵径范围分别为 200—400  $\mu\text{m}$ 、400—800  $\mu\text{m}$  和 900—1350  $\mu\text{m}$ 。根据卵径测量过程中的卵粒颜色观察结果, 这 3 个波峰的卵粒依次为透明卵、半透明卵和卵黄沉积卵。因此, 徽水河宽鳍鱲的产卵为分批产卵。

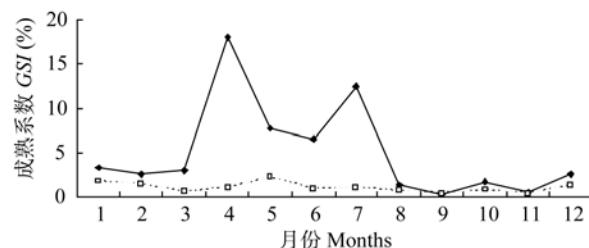


图 5 徽水河宽鳍鱲性腺指数的月变化

Fig. 5 Monthly changes in GSI of *Zacco platypus* in the Huishui Stream

实线和虚线分别代表雌性和雄性

Solid and dashed lines representing the females and males, respectively

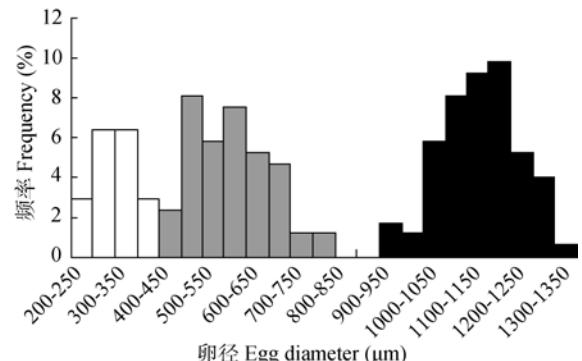


图 6 徽水河宽鳍鱲在繁殖季节内的卵径频率分布

Fig. 6 Frequency distribution of egg diameter in the breeding season for *Zacco platypus* in the Huishui Stream

初次性成熟    徽水河宽鳍鱲雌、雄两性均在 2 龄(即出生后的翌年)时达 50% 初次性成熟, 雌体和雄体的个体全长分别为 98.22 mm 和 105.69 mm(图 7)。最小性成熟年龄也为 2 龄, 其雌性与雄性的个体全长分别为 84.22 mm 和 92.52 mm。

繁殖力    根据繁殖季节内成熟卵巢中的卵黄沉积卵粒数目, 徽水河宽鳍鱲雌性个体的绝对繁殖力为( $758 \pm 362$ )卵粒, 相对繁殖力为( $77.38 \pm 22.15$ )卵粒/g。

### 3 讨论

#### 3.1 年轮形成与年龄结构

鱼类在不同季节间生长速度变化通常会在鳞片、耳石、脊椎骨等钙化组织上留下痕迹, 这种痕

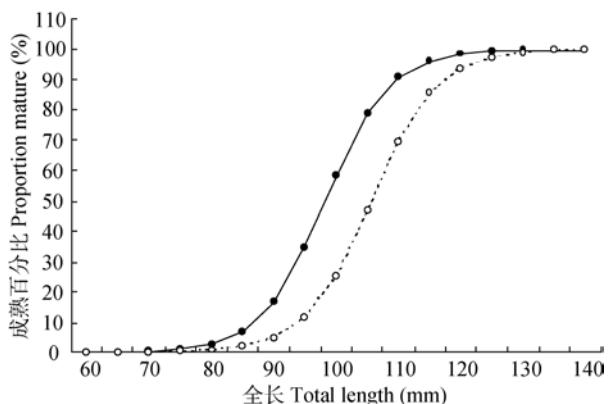


图 7 徽水河宽鳍鱲的初次性成熟个体全长

Fig. 7 Total length at first sexual maturity of *Zacco platypus* in the Huishui Stream

实线和虚线分别代表雌性和雄性

Solid and dashed lines representing the females and males, respectively

迹即为年轮,它是鱼类年龄鉴定的重要方法之一<sup>[2]</sup>。鱼类的年轮形成可能与外源性环境(如水温、饵料等)的周期变化相关,也可能与鱼类自身的生活史事件(如繁殖、洄游等)密切联系<sup>[7]</sup>。对于河流鱼类而言,其年轮形成的机制主要包括低温、干旱等恶劣环境条件与鱼类的繁殖<sup>[14]</sup>。本研究结果显示,徽水河宽鳍鱲的年轮主要形成于3月份,我们认为诱导其年轮形成的生态学机制是低温:徽水河地处我国亚热带季风气候区,冬季水温较低(接近4℃),造成宽鳍鱲机体生长受阻;当春季时,水温回升且饵料生物数量增多,机体又重新恢复快速生长,因而引发了新一轮的形成。该结果与邢迎春等对北京地区宽鳍鱲种群的结论一致<sup>[3]</sup>。

在本文的研究结果中,徽水河宽鳍鱲雌、雄两性的年龄结构均仅由1—3龄组组成,且3龄组个体相对多度极低(雌性,0.96%;雄性,2.80%)。该结果与项秀颖等对黄山浦溪河(青弋江水系的一条源头支流)中宽鳍鱲种群的研究结果一致:浦溪河宽鳍鱲种群雌、雄两性也仅含有1—3龄组,且3龄个体偏少<sup>[4]</sup>。但北京地区怀柔河和怀九河中宽鳍鱲的雌性年龄组成为1—3龄组,雄鱼为1—4龄组<sup>[3]</sup>。因此,本文的研究结果支持了项秀颖等的推测:黄山地区属我国亚热带地区,而北京地区则为温带地区,两地的气候条件差异可能导致了其宽鳍鱲种群年龄组成的不同,这是因为低温时鱼类生长缓慢但寿命较长<sup>[4, 5]</sup>。

### 3.2 生长

本研究结果显示,徽水河宽鳍鱲的2龄个体的

退算全长为82.59(雌性)和84.65 mm(雄性),3龄个体的为120.56(雌性)和94.97 mm(雄性)。2龄个体退算全长在雌、雄两性间不存在显著性差异;3龄个体由于雌鱼仅1尾而未进行两性差异显著性检验。根据项秀颖等的研究结果,浦溪河宽鳍鱲的2龄个体退算全长为62.59(雌性)和66.91 mm(雄性),3龄个体的为76.85(雌性)和89.96 mm(雄性)<sup>[4]</sup>。与浦溪河相比,徽水河宽鳍鱲的各龄段个体的退算全长均明显较大,这可能反映了徽水河宽鳍鱲的个体生长速度较高。由于邢迎春等在研究北京地区宽鳍鱲种群时采用的是体长而非全长数据,而本研究仅测量了宽鳍鱲标本的全长而无体长数据,因此我们无法通过直接比较其退算长度来确定各种群间的个体生长速度差异<sup>[3]</sup>。

河流生态系统具有极高的空间异质性,从源头至河口,河流中栖息地的多样性、复杂性和稳定性等都呈现出显著的空间梯度变化;同上游河段相比,河流下游的水温较高、营养较为丰富、栖息地更为多样且栖息地稳定性更高<sup>[15—17]</sup>。这种栖息地特征的变化对鱼类生活史特征具有重要影响:在群落水平上,上游鱼类一般具有寿命短、个体小、早熟等生活史策略,而下游鱼类则寿命较长、个体较大、性成熟较晚<sup>[9]</sup>;在种群水平上,Goto在研究日本Hokkaido地区的一种溪流鱼类(*Cottus nozawae*)的生活史特征时发现,同该物种的上游种群相比较,下游种群的个体生长速度较快、性成熟较晚但成熟时个体大小较大<sup>[10]</sup>。同浦溪河宽鳍鱲的生活史特征<sup>[4]</sup>相比较,徽水河宽鳍鱲种群的年龄结构尽管未出现明显变化,但其更大的退算全长显示了该种群中个体的生长速度较快,这与Goto的研究结果较为一致<sup>[10]</sup>。在1:300 000地图上,青弋江干流为5级河流<sup>[18]</sup>,其中徽水河和浦溪河分别为4级和2级支流,河流生态系统中的这种河流级别<sup>[11]</sup>的变化通常反映了河流大小及其栖息地条件的变化:低级别的源头性河段的海拔较高、水温较低、饵料主要以外源性营养为主且较为贫乏,而高级别的下游河段则相反<sup>[16, 19]</sup>。而事实上,在众多影响鱼类个体生长的外在环境因子中,水温和饵料往往极其重要<sup>[2, 5]</sup>。因此,徽水河宽鳍鱲种群较浦溪河种群具有更快的个体生长速度和个体大小,这可能是由两条河流在青弋江流域网络系统中的空间位置差异所引起的,其栖息地条件差异(尤其是水温和营养)可能是导致宽鳍鱲不同亚种群间个体生长速度差异的主要原因。

### 3.3 繁殖

根据性腺成熟系数(GSI)的逐月变化,徽水河宽鳍鱲的繁殖时间为4—7月份。繁殖时间是影响鱼类成功繁殖的重要因素之一,鱼类的产卵时间选择通常与幼鱼孵化时的饵料有效性和被捕食风险密切相关<sup>[20]</sup>;合理的繁殖时间将保障鱼卵和幼鱼能正常发育和存活<sup>[5]</sup>。河流鱼类的繁殖常具有明显的季节性,水文动态是决定亲流性鱼类繁殖策略和繁殖时间选择的重要驱动器<sup>[21]</sup>。很多河流鱼类的繁殖活动都与河流中的洪汛节律较为一致,汛期时,幼鱼的饵料十分充足(水流将周边陆地生态系统中大量的有机碎屑带入河流之中)且被捕食风险相对较低(水位升高、水面面积增大)<sup>[22]</sup>。徽水河地处我国亚热带季风气候区,主要年降水多集中于4—8月份,因此宽鳍鱲的繁殖时间与汛期基本同步,该现象可由上述Alkins-Koo的观点得到解释<sup>[22]</sup>。

初次性成熟是鱼类的个体生活史事件中的一个重要环节,受特定物种的生活史特征、遗传因素和环境因素的联合影响,因而常随着捕捞压力、捕食压力和饵料有效性等的变化而变化<sup>[2, 5]</sup>。鱼类的初次性成熟大小通常与其他生活史特征(如寿命、生长等)相权衡(Trade-off):早熟可能会导致寿命缩短、生长变缓且个体较小、绝对繁殖力较低等<sup>[23]</sup>。在本研究结果中,徽水河宽鳍鱲的初次性成熟年龄为2龄,即孵化后的第二年达性成熟;宽鳍鱲作为一种急流性小型鱼类,其生活史策略主要为机会型或周期型,早熟、怀卵量高、寿命短是这些急流性鱼类的共有的生活史特征<sup>[24]</sup>。一般认为,河流鱼类的上游种群具有性成熟早、寿命短等生活史策略,而下游种群则相反<sup>[9, 10]</sup>。但由于项秀颖等未研究浦溪河宽鳍鱲的初次性成熟特征,因此我们无法确定宽鳍鱲是否在徽水河和浦溪河之间出现了性成熟年龄及其大小的变化<sup>[4]</sup>。但是,徽水河宽鳍鱲的最大寿命(雌鱼和雄鱼均为3龄)与浦溪河并无差异,由于鱼类的寿命和初次性成熟年龄之间往往存在权衡且呈负相关<sup>[5]</sup>,因此我们认为宽鳍鱲的初次性成熟年龄在徽水河和浦溪河之间极有可能一致,但由于徽水河宽鳍鱲的个体生长速度较浦溪河的快,其初次性成熟时的个体大小可能较大,且这种个体大小差异有可能导致繁殖力大小的变化。对于上述推测,有必要在后续研究中继续扩大研究样点的空间范围(如海拔梯度和纬度梯度等)来比较研究环境梯度变化对宽鳍鱲

不同种群的生活史特征的影响,以探讨宽鳍鱲的种群适合度对生态环境空间异质性的生态响应。

### 参考文献:

- [1] Chen Y Y. Cypriniformes II, Osteichthyes, Fauna Sinica [M]. Beijing: Science Press. 1998, 40—43 [陈宜瑜. 中国动物志, 硬骨鱼纲, 鲤形目 (中卷). 北京: 科学出版社, 1998, 40—43]
- [2] Yin M C. Ecology of Fishes [M]. Beijing: Science Press. 1993, 1—10 [殷名称. 鱼类生态学. 北京: 科学出版社. 1993, 1—10]
- [3] Xing Y C, Zhao Y H, Zhang J, et al. Growth and diets of *Zacco platypus* distributed in Beijing [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2007, 53(6): 982—993 [邢迎春, 赵亚辉, 张洁, 等. 北京地区宽鳍鱲的生长及食性. 动物学报, 2007, 53(6): 982—993]
- [4] Xiang X Y, Chu L, Zhou R L, et al. Age and growth of *Zacco platypus* in Puxi River of Huangshan Mountain [J]. *Freshwater Fisheries*, 2009, 39(6): 10—15 [项秀颖, 储玲, 周瑞龙, 等. 黄山浦溪河宽鳍鱲的年龄和生长. 淡水渔业, 2009, 39(6): 10—15]
- [5] Wootton R J. Ecology of Teleost Fishes [M]. London and New York: Chapman & Hall. 1990
- [6] Yan Y Z, Chen Y F. Changes in the life history of *Abbottina rivularis* in Lake Fuxian [J]. *Journal of Fish Biology*, 2007, 70: 959—964
- [7] Yan Y Z, Chen Y F. Variations in reproductive strategies between one invasive population and two native populations of *Pseudorabora parva* [J]. *Current Zoology*, 2009, 55(1): 56—60
- [8] Vannote R L, Minshall G W, Cummins K W, et al. The river continuum concept [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1980, 37: 130—137
- [9] Schlosser I J. Environmental variation, life history attributes, and community structure in stream fishes: Implications for environmental management and assessment [J]. *Environmental Management*, 1990, 14: 621—628
- [10] Goto A. Life-history variations in the fluvial sculpin, *Cottus nozawae* (Cottidae), along the course of a small mountain stream [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1998, 52: 203—212
- [11] Strahler A N. Quantitative analysis of watershed geomorphology [J]. *Transactions-American Geophysical Union*, 1957, 38: 913—920
- [12] Licandeo R R, Lamilla J G, Rubilar P G, et al. Age, growth and sexual maturity of the yellownose skate, *Dipturus chilensis*, in the southeastern Pacific [J]. *Journal of Fish Biology*, 2006, 68: 488—506

[13] Zhu Q, Xia L Q, Chang J B. Computer identification on otolith microstructure of fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(6): 600—604 [朱旗, 夏立启, 常剑波. 鱼类耳石微结构的计算机自动识别. 水生生物学报, 2002, 26(6): 600—604]

[14] Welcomme R L. *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers* [M]. London: Longman. 1979

[15] Grossman G D, Dowd J F, Crawford M. Assemblage stability in stream fish: a review [J]. *Environmental Management*, 1990, **14**: 661—671

[16] Matthews W J. *Patterns in Freshwater Fish Ecology* [M]. New York: Chapman and Hall. 1998

[17] Yan Y Z, Zhan Y J, Chu L, et al. Effects of stream size and spatial position on stream-dwelling fish assemblages [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, **34**(5): 1022—1030 [严云志, 占姚军, 储玲, 等. 溪流大小及其空间位置对鱼类群落结构的影响. 水生生物学报, 2010, 34(5): 1022—1030]

[18] Yan Y Z, Xiang X Y, Chu L, et al. Influence of local habitat and stream spatial position on fish assemblages in a dammed watershed, the Qingyi Stream, China [J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2011, **20**: 199—208

[19] Matthews W J. Fish faunal “breaks” and stream order in the eastern and central United States [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1986, **17**: 81—92

[20] Lowe-McConnell R H. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities* [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 1987

[21] Humphries P. River regulation and fish larvae: variation through space and time [J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 1307—1331

[22] Alkins-Koo M. Reproductive timing of fishes in a tropical intermittent stream [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2000, **57**: 49—66

[23] Heino M, Sieckmann U, Godo O R. Measuring probabilistic reaction norms for age and size at maturation [J]. *Evolution*, 2002, **56**: 669—678

[24] Winemiller K O, Rose K A. Patterns of life-history diversification in North American fish: implications for population regulation [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1992, **49**: 2196—2218

## AGE, GROWTH AND REPRODUCTION OF *ZACCO PLATYPUS* IN THE HUISHUI STREAM

YAN Yun-Zhi<sup>1</sup>, YAN Li-Li<sup>1</sup>, CHU Ling<sup>1</sup>, LIANG Yang-Yang<sup>1</sup>, CHEN Yi-Feng<sup>2</sup> and ZHANG Xing-Ming<sup>3</sup>

(1. Provincial Key Laboratory of Biotic Environmental and Ecological Safety, College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 3. Fishery and Aquiculture Government of Jingxian County in Anhui Province, Jingxian 242500, China)

**Abstract:** Identifying the life history of fishes is the basis for scientifically protecting fish species diversity and reasonably managing fishery resources. In this study, age, growth and reproduction of *Zacco platypus* in the Huishui Stream were examined using 352 specimens collected monthly from May 2009 to April 2010. Sex ratio was 0.49:1 (female: male), which was significantly different from 1:1 by  $\chi^2$  test. Using scales for age determination, the largest longevities were both age 3 for females and males. Based on the monthly changes in marginal increment ratio (MIR), annuli on scales were formed during March, which was associated with the relatively low water temperature constraining the somatic growth in winter. The relationships between total length ( $L$ ) and weight ( $W$ ) were  $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.15}$  for females and  $W = 7 \times 10^{-6} L^{3.09}$  for males. Due to no significant difference discovered by ANCOVA between sexes,  $L-W$  relationship was combined as  $W = 6 \times 10^{-6} L^{3.10}$  for both sexes.  $L-R$  (scale radius) equations were  $L = 29.58R + 38.84$  for females and  $L = 33.17R + 34.99$  for males, and significant difference was observed between them. The back-calculated total lengths (BCL) at age 2 were  $(82.59 \pm 9.77)$  mm for females and  $(84.65 \pm 11.77)$  mm for males, and those age 3 were 120.56 mm (only one specimen) for females and  $(94.97 \pm 9.85)$  mm for males. According to  $t$ -test result, no significant difference was observed in BCL at age 2 between the two sexes. The monthly changes in gonado-somatic index (GSI) suggested that *Z. platypus* spawned from April through July, which was almost synchronous with local flooding period, because flood could bring sufficient food for larva and decrease the risk that larva were preyed by predators. Fifty percentage of individuals got the first maturity at age 2, when the average total lengths were 98.22 mm for females and 105.69 mm for males. In terms of the number of the oocytes with vitellinogenic granules from mature ovaries, the absolute fecundity (AF) and relative fecundity (RF) were  $(758 \pm 362)$  eggs and  $(77.38 \pm 22.15)$  egg/g. Comparing the observed results in this study with those in limited others, the age structure of the population of *Z. platypus* in the Huishui Stream was similar with that in the Puxi Stream but not with that in Beijing region. In addition, somatic growth of *Z. platypus* was faster in the Huishui Stream than that in the Puxi Stream, which was suggested by their difference in the back-calculated length at each age. These variations in the life history among different populations of *Z. platypus* were possibly associated with the spatial heterogeneity in ecological environment. However, the future studies should be operated to identify how this species trades off among different life-history variables (i.e., age and body size at sexual maturity, longevity, fecundity, and somatic growth rate) and how environment influences the trade-off in life history.

**Key words:** *Zacco platypus*; Age; Growth; Reproduction; The Huishui Stream