

甬江溪口段宽鳍鱮的种群结构及繁殖力初步研究

曹安娜¹, 李强², 包薇红³, 罗艳³, 徐润林¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275;

2. 广州大学生命科学学院, 广东 广州 510006;

3. 宁波市环境保护与规划设计研究院, 浙江 宁波 315010)

摘要:利用鱼类种群调研法,于2015年8月至2016年4月在甬江溪口段收集宽鳍鱮(*Zacco platypus*)个体样本,研究该区域宽鳍鱮种群的年龄组成、性比、个体大小以及繁殖力等种群结构生物学特征。结果表明:(1)调查期间甬江溪口段宽鳍鱮种群由3个年龄组组成,其中2龄为优势年龄组;雄性个体中2龄组占雄性总数的55.5%,雌性个体中的2龄组占雌性总数的63%;(2)宽鳍鱮全长(L)的分布区间为7.0~14.0 cm,8.0~12.0 cm的个体占总数的87.83%;(3)体重(W)分布范围为4.0~36.0 g,其中体重5.0~13.0 g的个体占总个体数的72.75%;(4)根据不同性别(性别难辨、雌、雄、群体)拟合体重与体长的幂函数关系式: $W_{\text{♂}} = 1 \times 10^{-4} L^{2.4917}$ 、 $W_{\text{♀}} = 2 \times 10^{-5} L^{2.9337}$ 、 $W_{\text{♂}} = 3 \times 10^{-5} L^{2.8471}$ 和 $W = 4 \times 10^{-5} L^{2.8035}$;(5)雌雄个体比例127:238与理论值1:1存在极显著差异($P < 0.01$);(6)重量法计数得出种群个体的绝对繁殖力平均值为(2 850.39 ± 2 107.49)粒,分布区间为532.00~13 717.89粒,其中1 000~3 000粒占绝对优势(65.12%);个体体长相对繁殖力为(354.39 ± 234.47)粒/cm,分布区间74.93~1 541.34粒/cm;体重相对繁殖力平均值为(363.73 ± 178.55)粒/g,分布区间为91.25~1 027.56粒/g;比较了国内外不同地区间宽鳍鱮种群结构和繁殖力的异同。

关键词:宽鳍鱮;种群结构;繁殖力;甬江

中图分类号:Q112 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2019)02-0094-08

宽鳍鱮(*Zacco platypus*)隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鱮属(*Zacco*),为中国、朝鲜、日本以及东亚国家常见的一种急流性鱼类(Katano et al, 2003; Kang et al, 2017)。宽鳍鱮分布于我国的澜沧江、珠江、长江、黄河、黑龙江及东部沿海各溪流,多栖息于江河支流水流湍急的沙石浅滩之中(陈宜瑜等,1998);因其个体较小、生长速度快、种群数量较大、味道鲜美,是南方部分省份山区较为特殊的小型经济鱼类之一。

由于分布范围较广,不同地区宽鳍鱮的研究报道也相对较多。李红敬和谢素霞(2007)比较了宽鳍鱮在广东南岭和海南五指山两个地理种群的形态;邢迎春等(2007;2011)先后分析了宽鳍鱮的食性并探讨了北京怀沙河和怀九河宽鳍鱮的早期发育规律;李红敬等(2003)通过形态学测量,比较了华南地区森林溪流中宽鳍鱮的外形数据,发现该物种外形变化无特定的规律性;梁晓旭等(2010)研究了广东境内9条水系宽鳍鱮种群的遗传变异和亲缘地理关

系;邢迎春(2006)进行了我国六大水系宽鳍鱮线粒体细胞色素b基因测序。在华东的黄山地区,不同河流中的宽鳍鱮生长与繁殖、年龄与生长关系也受到关注(严云志等,2012;项秀颖等,2009);此外,付世建(2011)还探讨了乌江上游宽鳍鱮的运动能力。

甬江水系是浙江省七大水系之一,甬江全长130.96 km,流域面积4 572 km²。奉化江是甬江的干流,发源于四明山东麓的秀尖山,全长98 km,流域面积2 223 km²(包薇红等,2013)。前人对于甬江水系的鱼类研究报道很少,且重点是针对甬江水系中的姚江段(李思发,1979);而对甬江奉化江段鱼类群落未见报道。本研究旨在分析甬江水系奉化江溪口江段宽鳍鱮种群结构指标以及繁殖生物学基础资料,补充甬江鱼类信息;通过比较该区域宽鳍鱮种群与国内其他种群间的异同,丰富其自然种群的描述,为保存其种质自然资源和合理利用提供参考依据。

1 材料与方法

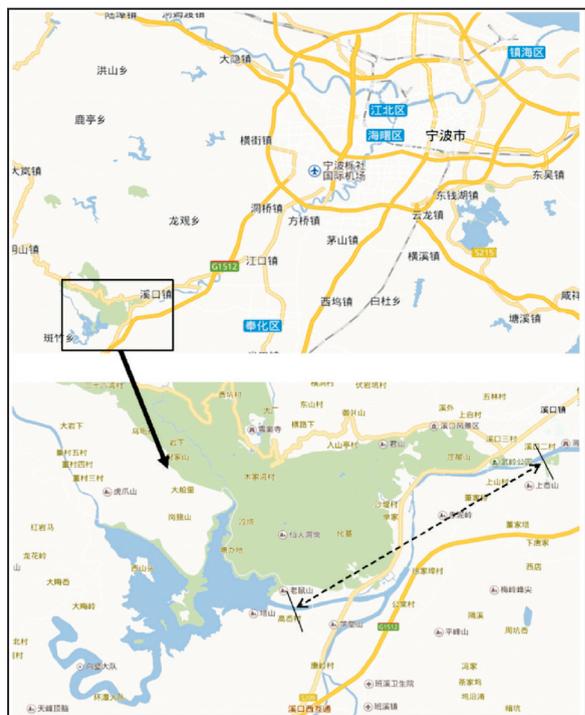
1.1 标本采集

采样区域从奉化江源头至宁波市奉化溪口镇,全长约5 km(图1)。

收稿日期:2017-08-14

作者简介:曹安娜,1992年生,女,硕士研究生,研究方向为动物学。E-mail: 15521338372@163.com

通信作者:徐润林。E-mail: xurunlin_1960@yahoo.com



(虚线范围为采样区域)

图 1 甬江水系与采样区域

(The dotted line ranged the sampling area)

Fig.1 The Yongjiang River and location of the sampling area

采样时间为 2015 年 8 月至 2016 年 4 月, 每季采样 1 次。采样方式为跟随村民随机撒网捕鱼, 渔网规格为 3 层, 网高 1 m, 网长 35 m, 网眼直径约 1 cm, 收集捕获的全部宽鳍鱻。2015 年 8 月、2015 年 10 月、2016 年 1 月、2016 年 4 月分别采集宽鳍鱻标本 131、54、45、181 尾, 共计采样 411 尾。

1.2 标本处理

现场对采集到的样本进行全长、体长、体重等相关数据的测量记录, 解剖并提取性腺, 根据性腺判断性别并称量性腺重、空壳重。性腺称重后, 卵巢用 10% 福尔马林固定并编号保存, 用于后期的卵粒计算, 得出绝对繁殖力。鱼体用 95% 酒精进行浸泡。每份样本取 3~5 枚鳞片作为鉴定材料(殷名称, 1993)。

1.3 年龄鉴定

将鳞片浸泡在 2% 的 NaOH 溶液中, 浸泡过夜后, 选择形状规则和完整的鳞片进行制片, 注明标本编号和采集日期, 并于解剖镜下观察。年龄计算参照严志云等(2012)的方法。

1.4 体长与体重关系

实测全部标本的体长与体重值。参考黄真理和常剑波(1999)探讨体长与体重拟合关系, 通过幂函数模型对各性别组数据分别进行相关分析。

1.5 性比分析

参考苏锦祥等(1993)的方法分析标本的性腺特征, 得到雌雄个体数。对部分性腺不成熟, 特征不明显的标本归类为雌雄不辨组, 用符号 ui 表示。统计种群的实际雌雄比后, 以卡方检验分析实际雌雄比与 1:1 是否存在显著性差异。

1.6 繁殖力测算

以重量法计算个体的绝对繁殖力。重量法计数卵粒, 用滤纸吸干卵巢表面水分后, 用电子天平(ES-06B, 200 g/0.01 g)称量总质量, 然后选取 0.05 g 卵巢, 计数卵巢中的全部卵粒数量, 再换算成总怀卵粒数。个体的绝对繁殖力(F) = 样品卵粒数/样品重 × 性腺重(粒)(殷名称, 1995); 个体的体长相对繁殖力(F_L) = 绝对繁殖力(F)/体长(L)(粒/cm); 个体的体重相对繁殖力(F_W) = 绝对繁殖力(F)/空壳重(W_{net})(粒/g); 成熟系数(GSI) = 性腺重(W_G)/空壳重(W_{net}) × 100; 肥满度(K) = $W_{net}/L^3 \times 100$ 。

1.7 个体绝对繁殖力与各生物学指标的关系

统计 43 尾处于 IV 期的雌性宽鳍鱻相关数据, 用 SPSS 软件进行 5 种数学模型(直线、幂、指数、对数和二次方程)的相关分析, 再将个体的绝对繁殖力(F)与全长(L_T)、体长(L)、体重(W)、空壳重(W_{net})、性腺重(W_G)、年龄(A)、肥满度(K)和成熟系数(GSI)共计 8 个生物学指标进行回归方程拟合, 选取 R^2 最大的函数作为其关系式; 然后将 F 与 8 个生物学指标再进行多元回归分析, 为了排除生物学指标间共线性作用, 采取逐步回归分析法得到其回归方程。

2 结果

2.1 宽鳍鱻种群年龄组成

宽鳍鱻的鳞片为小圆鳞, 鳞焦偏向顶区, 基区边缘光滑整齐或波浪状褶皱。疏密型年轮是常见的类型, 表现为内密外疏, 密环与疏环交界处认定为一年轮(图 2)。

对全部 411 尾标本的鉴定结果表明, 甬江溪口江段的宽鳍鱻种群由 1 龄、2 龄和 3 龄共 3 个年龄组组成, 其中 2 龄组在种群占绝对优势, 构成了宽鳍鱻种群的主要部分(表 1)。

2.2 宽鳍鱻种群的体长与体重

测量全部样本得出甬江溪口江段宽鳍鱻体长的分布区间为 6.0~11.6 cm, 79.56% 的个体全长集中在 7.0~10.0 cm; 小于 7.0 cm 的个体仅占总数的

13.87%，大于 10.0 cm 的个体占总数的 6.57%。宽鳍鱮体重范围为 4.0~36.0 g,72.75%的个体分布在 5.0~13.0 g；小于 5.0 g 的个体占总数的 3.16%；大

于 13.0 g 的个体占总数的 24.09%。各年龄组的平均体长和平均空壳重，雄性宽鳍鱮远大于同年龄组的雌性(表 2)。



A:1 龄鳞片(无年轮);B:2 龄鳞片(1 个年轮);C:3 龄鳞片(2 个年轮)

图 2 宽鳍鱮鳞片的年轮鉴定

A: Scale from a 1-year *Zacco platypus* with no annual ring; B: Scale from a 2-year *Zacco platypus* with 1 annual ring; C: Scale from a 3-year *Zacco platypus* with 2 annual rings

Fig.2 Scales of *Z. platypus*

表 1 甬江溪口段宽鳍鱮种群的年龄组成比

Tab.1 Age composition of *Z. platypus* population in the Xikou section of Yongjiang River

性别	不同年龄比例/%		
	1	2	3
♂	34.5	55.5	10.0
♀	20.5	63.0	16.5

2.3 宽鳍鱮种群体长与体重的相关性

根据不同性别(性别难辨、雌、雄、群体)拟合体长与体重的幂函数关系式(图 3),分别为:

$$W_{ui} = 1 \times 10^{-4} L^{2.4917} (R^2 = 0.8276, n = 46)$$

$$W_{\text{♀}} = 2 \times 10^{-5} L^{2.9337} (R^2 = 0.8009, n = 127)$$

$$W_{\text{♂}} = 3 \times 10^{-5} L^{2.8471} (R^2 = 0.8333, n = 238)$$

$$W = 4 \times 10^{-5} L^{2.8035} (R^2 = 0.8552, n = 411)$$

表 2 宽鳍鱮各年龄组实测体长与体重

Tab.2 Measured body length and weight of *Z. platypus* for each age group

年龄	性别	样本/尾	体长范围/cm	体长均值/cm	空壳重范围/g	空壳重均值/g
1	♀	26	6.1~9.6	7.46±0.91	3.77~13.35	6.25±2.72
	♂	82	6.8~11.6	8.74±1.15	4.45~30.37	10.45±5.13
	ui	8	6.8~8.9	7.54±0.71	4.37~8.65	5.97±1.53
2	♀	80	6.0~9.8	7.40±0.77	3.51~16.66	6.23±2.24
	♂	132	6.3~10.8	8.50±1.11	4.18~23.35	9.93±3.93
	ui	31	6.2~9.8	7.17±0.82	3.49~12.27	3.49±2.10
3	♀	21	7.0~9.7	7.67±0.75	4.3~12.78	6.32±2.34
	♂	24	7.3~10.5	8.27±0.92	4.99~21.01	8.70±4.14
	ui	7	7.0~7.9	7.39±0.36	4.24~7.31	5.51±1.09

注:性别“ui”表示雌雄难辨个体。

Note:“ui”indicates individuals for which sex was not identified.

2.4 宽鳍鱮种群性比

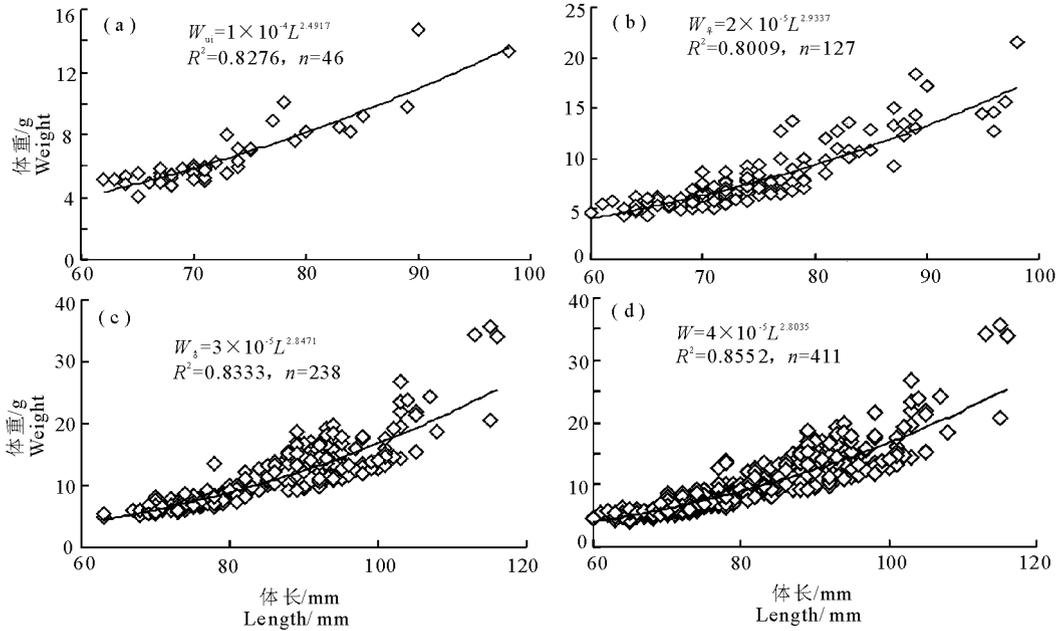
在全部宽鳍鱮标本中,雌性(♀)个体 127 尾,雄性(♂)个体 238 尾,余下的 46 尾为雌雄不辨个体。甬江溪口江段宽鳍鱮的 ♀/♂ 为 127:238 (0.53:1),与理论值 1:1 存在着极显著差异 ($X^2 = 17.3, P < 0.01$)。对不同龄期的雌雄性比分别与理论值 1:1 进行卡方检验。1 龄组的 ♀/♂ 为 26:82 (0.32:1), $X^2 = 15.565, P < 0.01$,说明 1 龄组雌雄实际比例与理论值间存在着极显著差异; 2 龄组的 ♀/♂ 为 80:132 (0.61:1), $X^2 = 6.475,$

$0.01 < P < 0.05$,说明 2 龄组雌雄实际比例与理论值间存在显著差异; 3 龄组的 ♀/♂ 为 21:24 (0.88:1), $X^2 = 0.101, P > 0.05$,说明 3 龄雌雄比例与理论值间无显著差异。

2.5 宽鳍鱮种群繁殖力

分析 43 尾性腺处于 IV 期雌性宽鳍鱮的繁殖力,得到个体的绝对繁殖力(F)为 532.00~13 717.89 粒,平均值为 $(2 850.39 \pm 2 107.49)$ 粒。图 4 显示甬江溪口段的宽鳍鱮种群的绝对繁殖力主要集中在 1 000~3 000 粒,占比为 65.12%,绝对繁殖力小于

1 000 粒的比例为 4.65%, 大于 5 000 粒的个体占 6.98%。



a: 雌雄难辨; b: ♀; c: ♂; d: 群体

图 3 宽鳍鱻体长(L)与体重(W)的幂函数关系

a: unclear individuals; b: ♀ individuals; c: ♂ individuals; d: all individuals

Fig.3 Relationship of body length (L) and body weight (W) expressed as a power function for *Z. platypus*

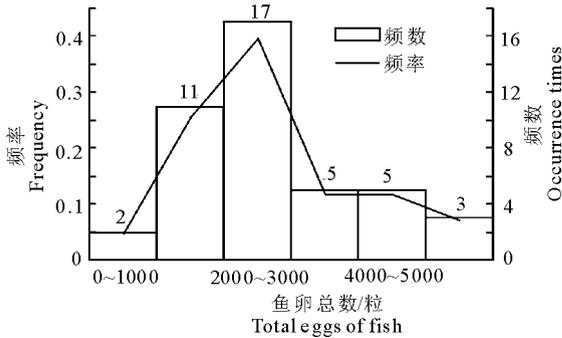


图 4 宽鳍鱻个体绝对繁殖力的频率和频数分布

Fig.4 Frequency and occurrence distribution of *Z. platypus* absolute fecundity

宽鳍鱻个体的体长相对繁殖力为 74.93 ~ 1 541.34 粒/cm, 平均值为 (354.39 ± 234.47) 粒/cm。个体的体重相对繁殖力为 91.25 ~ 1 027.56 粒/g, 平均值为 (363.73 ± 178.55) 粒/g。

2.6 个体绝对繁殖力与各生物学指标的关系

用 5 种数学模型分别将宽鳍鱻种群个体的绝对繁殖力(F)与全长、体长、体重及空壳重等 8 个生物学指标进行函数关系拟合, 回归方程如表 3 所示。

2.7 个体绝对繁殖力与生物学指标的多元回归

通过 SPSS 进行个体绝对繁殖力(F)与 8 个生物学指标的多元逐步回归分析, 得到回归方程:

$$F = 3392.97 + 1563.72W_G - 1267.53A$$

$$(R^2 = 0.381, n = 43, P < 0.01, F = 1658.5)$$

从多元逐步回归方程中可以看出, 个体绝对繁殖力(F)与性腺重(W_G)和年龄(A)有关, 与 W_G 正相关, 与 A 负相关。

表 3 甬江溪口段宽鳍鱻种群个体绝对繁殖力与生物学指标的回归方程

Tab.3 Regression equation between absolute fecundity and each biological index of *Z. platypus* population in the Xikou section of Yongjiang River

生物学指标	回归方程	R ²	n	F	P
全长/cm	$F = 5.84 F_L^{2.69}$	0.27	43	15.05	<0.01
体长/cm	$F = 13.89 L^{2.51}$	0.25	43	13.96	<0.01
体重/g	$F = 954.50e^{0.09W}$	0.33	43	20.51	<0.01
年龄	$F = 13472.61 - 9476.20A + 1968.12A^2$	0.30	43	8.46	<0.01
性腺重/g	$F = 1193.27e^{0.54W_G}$	0.39	43	26.14	<0.01
空壳重/g	$F = 405.25W_{net}^{0.89}$	0.29	43	16.91	<0.01
成熟系数	$F = 1222.16e^{0.04K}$	0.17	43	8.43	<0.01
肥满度		0.13	43	3.09	>0.05

3 讨论

3.1 不同地区宽鳍鱻个体大小及年龄组成差异

作为一种分布广泛的淡水鲤科鱼类, 国内外学者对多个河流中的宽鳍鱻种群先后进行了研究。比较这些研究结果, 发现由于分布地点不同、生长环境差异, 造成了宽鳍鱻不同种群生长上也有较大的差异。本研究得到的甬江溪口段宽鳍鱻种群的个体大

小结果,与前人在安徽不同河流研究中得到的结果接近,而与华南地区或日本的宽鳍鱥个体大小有较

大差异,表明宽鳍鱥不同种群间存在着一定的差异(表4)。

表4 不同地区宽鳍鱥个体大小比较

Tab.4 Comparison of body length of *Z. platypus* populations from different areas

地区	宽鳍鱥全长	资料来源
广东南岭及海南五指山	87~99 mm	李红敬和谢素霞,2007
日本	70~114 mm	Katano et al,2003
安徽浦溪河	31.69~129.34 mm,85.55%介于50~100 mm	项秀颖等,2009
安徽徽水河	52.00~153.63 mm,90.91%介于70~120 mm	严云志等,2012
浙江甬江溪口段	70~140 mm,87.83%介于80~120 mm	本研究

与本文一样,国内外不同学者均采用鳞片作为判定宽鳍鱥种群年龄结构的材料(殷名称,1993;Katano et al, 2003;张学健和程家骅,2009;严云志等,2012)。在相同判定材料前提下,宽鳍鱥不同种群中最高龄期均为3龄,种群内部的年龄结构存在一定差异。在同属华东地区的安徽徽水河和浦溪河中的宽鳍鱥种群3龄组占比最少(项秀颖等,2009;严云志等,2012);而在北京的怀沙河和怀九河及嘉陵江水系,宽鳍鱥种群的年龄组成较小,雄鱼最大3龄,雌鱼最大则仅为2龄(邢迎春等,2007;蒋国福和何学福,2008);嘉陵江水系的雄鱼寿命长于雌鱼(蒋国福和何学福,2008)。甬江溪口段宽鳍鱥种群的雌雄间虽存有差异,但均表现出2龄组在种群占绝对优势,并构成了种群的主要部分(雌性63.0%,雄性55.5%),3龄组的比例最少(雌性16.5%,雄性10%)。这些结果表明宽鳍鱥是自然寿命较短的种类。

3.2 宽鳍鱥种群的性比及体长差异

在种群的性比上,甬江溪口段宽鳍鱥的雌雄比与理论值(1:1)存在着极显著差异($P < 0.01$)。该结果与徽水河、浦溪河、北京地区和广东岭南种群的结果一致(李红敬和谢素霞,2007;邢迎春,2007;项秀颖,2009;严云志等,2012),说明宽鳍鱥自然种群的性比普遍为雄体多于雌体。虽然有报道称海南五指山宽鳍鱥种群的雌体多于雄体(性比1.39:1)(李红敬和谢素霞,2007),但由于所取样本数过于小,可能导致分析结果存在误差。

两性个体大小异型是鱼类中的一种普遍现象,被认为是自然选择或性选择的作用结果。由于种类不同,其选择策略也分为两类:一类是为提高雌性繁殖投入和种群的适合度,选择常导致雌体大于雄体;另一类是为提高雄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,选择往往导致雄体大于雌体(Shine, 1989)。就宽鳍鱥而言,黄山浦溪河、北京地区宽鳍鱥种群雄性的体长和体重明显大

于雌性(邢迎春等,2007;项秀颖等,2009)。本文得到的甬江宽鳍鱥种群各年龄组的雄性体长均值和空壳重均值也较雌性高。结合不同作者对宽鳍鱥种群的研究,本研究认为宽鳍鱥不同性别个体大小异型是性选择的结果。

3.3 宽鳍鱥体长与体重的关系

体长-体重($L - W$)关系是鱼类生物学研究中经常涉及的内容之一,且应用较为普遍,依此原理构建的数学方程式反映鱼类生长特征的基础(von Bertalanffy, 1938;黄真理和常剑波,1999),并广泛的应用在淡水鱼鱼类种群特征描述(孔德平等,2005;王雪辉等,2006)。针对宽鳍鱥不同种群,不同作者也分别得到了 $L - W$ 关系式(表5)。

表5 宽鳍鱥不同种群体长-体重的比较

Tab.5 Body length-weight relationship for different *Z. platypus* populations

地区	$L - W$ 关系式	相关性	资料来源
北京	$W_{\delta} = 1 \times 10^{-5} L^{3.1441}$	$R = 0.9785$	邢迎春等, 2007
	$W_{\text{♀}} = 7 \times 10^{-6} L^{3.2374}$	$R = 0.9379$	
安徽徽水河	$W_{\delta} = 7 \times 10^{-6} L^{3.09}$	$R^2 = 0.7300$	严云志等, 2012
	$W_{\text{♀}} = 5 \times 10^{-6} L^{3.15}$	$R^2 = 0.8400$	
安徽浦溪河	$W_{\delta} = 6.26 \times 10^{-6} L^{3.1025}$	$R^2 = 0.9552$	项秀颖等, 2009
	$W_{\text{♀}} = 4.88 \times 10^{-6} L^{3.1581}$	$R^2 = 0.9197$	
甬江溪口段	$W_{\delta} = 3 \times 10^{-5} L^{2.8471}$	$R^2 = 0.8333$	本研究
	$W_{\text{♀}} = 2 \times 10^{-5} L^{2.9337}$	$R^2 = 0.8009$	

从表5可明显看出,不同水域的宽鳍鱥种群雄性 $L - W$ 关系式比雌性 $L - W$ 关系式的系数大。因此,若体长相同,雄性宽鳍鱥个体的体重比雌性大,雄性个体更肥硕。杨代勤等(1999)认为雌鱼进入繁殖年龄后大部分能量用于性腺发育,雄鱼则用于增长和增重,故雌鱼生长速度较雄鱼慢,体重明显低于雄鱼,本研究结果也符合这一观点;同时,由于气候条件不同,鱼类生长速度不同。比较不同地区研究结果,嘉陵江的宽鳍鱥种群比北京、徽水河和浦溪河宽鳍鱥种群的体长与体重关系式要大。黄山徽水河和浦溪河两个宽鳍鱥种群 $L - W$ 关系式较北京宽

鳍鱮种群小,可能与黄山地区存在大量用电鱼、药鱼和炸鱼等非法捕鱼现象有关,导致鱼类小型化(严云志等,2007)。

3.4 宽鳍鱮种群繁殖力

鱼类的繁殖策略是其在适应环境后形成的,繁殖力是衡量鱼类繁殖投入大小的重要指标,而鱼类个体繁殖力是评估其繁殖能力的主要参数(曹立文,2001);研究鱼类繁殖力是正确估测种群数量的基础(殷名称,1995)。鱼类繁殖力的测算主要有两种,即相对繁殖力和绝对繁殖力(水柏年,2015)。

由于生境不同,同一种鱼类、不同种群的繁殖投入是不同的,其不同可通过繁殖力所体现(蓝昭军等,2010)。如本研究得到的甬江宽鳍鱮种群的绝对繁殖力的平均值为(2 580.39±2 107.49)粒,而徽水河宽鳍鱮种群的为(758±58)粒(严云志等,2012),北京地区宽鳍鱮种群为 1 715 粒。类似的现象在其他鱼类中也同样存在,如马口鱼(*Opsariichthys bidens*)锦江河种群(梁正其和杨梦双,2015)与广东北江种群(李强等,2010);光唇裂腹鱼(*Schizothorax lissolabiatu*)北盘江种群(肖海和代应贵,2010)与四川和云南种群(陈永祥和罗泉笙,1995;徐伟毅等,2006)以及黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)梁子湖种群(杜金瑞,1963)与洞庭湖和东江种群(肖调义等,2003;张乐等,2012)。鱼类的繁殖特征是其内源性繁殖周期和外源性环境条件相结合的产物,随着环境条件如温度、光周期、营养状况等变化,鱼类不同地理种群常表现出繁殖时间、繁殖力和初次性成熟等方面的差异(殷名称,1995)。由于宽鳍鱮不同种群繁殖力研究中多未更深入地探讨影响因子对繁殖力的作用,因而目前尚无法明确导致宽鳍鱮繁殖力不同种群间出现较大差异主要原因。

3.5 宽鳍鱮个体繁殖力与生物学指标

不同鱼类个体相关繁殖力与生物学指标的关系存在差异。以绝对繁殖力与体长体重的拟合方程做比较,马口鱼(李强等,2010)、黄颡鱼(张乐等,2012)、光唇裂腹鱼(肖海和代应贵,2010)等鱼类个体的绝对繁殖力与体长和体重的关系均为二次方程;侧条光唇鱼(*Acrossocheilus parallens*)和宽体沙鳅(*Sinibotia reevesae*)等鱼类个体的绝对繁殖力与体长和体重的关系均可用幂函数表示(蓝昭军等,2010;黄燕等,2011);中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)个体的绝对繁殖力与体长、体重呈线性关系(张健东,2002);而小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)个体的绝对繁殖力与体长呈幂函数关系,与体

重则呈线性关系(水柏年,2000);Baker & Heindinger(1994)研究发现,黑斑刺盖太阳鱼(*Pomoxis nigromaculatus*)个体的绝对繁殖力与体长、体重呈对数函数关系。本研究得到宽鳍鱮个体的绝对繁殖力与体重呈指数函数关系,与体长呈幂函数关系。

通过鱼类个体繁殖力与各生物学指标的单项回归分析,能直观地反映两者的关系(李强等,2010;肖海和代应贵,2010)。但繁殖力的变化是各因素相互作用的结果,为了能很好地阐明各生物学指标对于繁殖力的贡献程度和相对重要性,常采用逐步回归法,将个体相关繁殖力与 8 个生物学指标进行方程拟合。研究表明,入选宽鳍鱮个体绝对繁殖力逐步回归方程的生物学指标有性腺重和年龄,其中个体绝对繁殖力与性腺重正相关,与年龄负相关。

参考文献

- 包薇红,杨国靖,滕丽华,等,2013. 甬江干流水体主要理化因子的时空变化及水质评价[J]. 华南农业大学学报, 34(3):324-329.
- 曹立文,赵俊,陈湘麟,2001. 南水水库鲂鱼繁殖生物学研究[J]. 韶关学院学报(自然科学版), 22(9):118-122.
- 陈宜瑜,1998. 中国动物志:硬骨鱼纲:鲤形目(中卷)[M]. 北京:科学出版社.
- 陈永祥,罗泉笙,1995. 乌江上游四川裂腹鱼繁殖力的研究[J]. 动物学研究, 16(4):324.
- 杜金瑞,1963. 梁子湖黄颡鱼的繁殖和食性的研究[J]. 动物学杂志, (2):74-77.
- 付世建,2011. 乌江宽鳍鱮(*Zacco platypus*)运动能力的研究[A]. 第七届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会论文摘要集[C]. 金华:浙江金华出版社.
- 黄燕,岳兴建,王芳,2011. 沱江宽体沙鳅个体生殖力的研究[J]. 四川动物, 30(6):916-920.
- 黄真理,常剑波,1999. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 23(4):330-336.
- 孔德平,潘晓斌,杨君兴,等,2005. 独龙江流域鳊鱼类分布特征及其体长与体重的关系[J]. 动物学研究, 26(6):632-637.
- 蓝昭军,赵俊,李强,2010. 北江侧条光唇鱼的个体生殖力[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1(1):92-97.
- 李红敬,常红军,李先文,2003. 宽鳍鱮鉴定的初步探讨[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 16(3):305-306.
- 李红敬,谢素霞,2007. 侧条光唇鱼和宽鳍鱮的两个地理种群形态比较[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 20(2):201-203.
- 李强,蓝昭军,赵俊,2010. 广东北江马口鱼个体生殖力研究[J]. 四川动物, 29(3):440-445.
- 李思发,1979. 姚江鱼类种群生态特点和鱼产力估量[J]. 水

- 生生物学报, 3(4):393-408.
- 梁晓旭, 庆宁, 杨柯林, 2010. 广东地区宽鳍鱮种群遗传变异和亲缘地理[J]. 水生生物学报, 34(4):806-814.
- 梁正其, 杨梦双, 2015. 锦江河马口鱼的繁殖力及其与生物学指标关系的研究[J]. 铜仁学院学报, 17(4):24-29.
- 沈建忠, 曹文宣, 崔奕波, 2001. 用鳞片 and 耳石鉴定鲫年龄的比较研究[J]. 水生生物学报, 25(5):462-466.
- 水柏年, 2000. 小黄鱼个体生殖力及其变化的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 19(1):58-69.
- 水柏年, 2015. 鱼类学[M]. 上海: 同济大学出版社.
- 苏锦祥, 1993. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社:311-312.
- 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 2006. 南海北部主要经济鱼类体长与体重关系[J]. 应用海洋学学报, 25(2):262-266.
- 项秀颖, 储玲, 周瑞龙, 2009. 黄山浦溪河宽鳍鱮的年龄和生长[J]. 淡水渔业, 39(6):10-15.
- 肖海, 代应贵, 2010. 北盘江光唇裂腹鱼个体繁殖力的研究[J]. 水生态学杂志, 3(3):64-70.
- 肖调义, 章怀云, 王晓清, 2003. 洞庭湖黄颡鱼生物学特性[J]. 动物学杂志, 38(5):83-88.
- 邢迎春, 2006. 基于细胞色素 b 基因对宽鳍鱮(*Zacco platypus*)在中国东部系统演化的探讨[A]. 中国海洋湖沼动物学会鱼类学分会第七届会员代表大会暨朱元鼎教授诞辰 110 周年学术研讨会学术论文摘要集[C]. 北京: 中国动物学会.
- 邢迎春, 赵亚辉, 张洁, 等, 2007. 北京地区宽鳍鱮的生长及食性[J]. 动物学报, 53(6):982-993.
- 邢迎春, 赵亚辉, 李高岩, 2011. 北京地区宽鳍鱮的早期发育[J]. 水生生物学报, 35(5):808-816.
- 徐伟毅, 刘跃天, 冷云, 2006. 云南裂腹鱼繁殖生物学研究[J]. 水利渔业, 26(2):32-33.
- 严云志, 郭丽丽, 陶捐, 2007. 黄山浮溪、香溪和浦溪上游鱼类资源现状的调查研究[J]. 生物学杂志, 24(3):41-44.
- 严云志, 闫莉莉, 储玲, 等, 2012. 徽水河宽鳍鱮的年龄、生长和繁殖[J]. 水生生物学报, 36(3):474-481.
- 杨代勤, 陈芳, 方长琰, 1999. 月鳢年龄与生长的研究[J]. 中国水产科学, 6(3):11-14.
- 殷名称, 1993. 太湖似刺鳊鮰年龄和生长的研究[J]. 生态学报, 13(1):38-44.
- 殷名称, 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社.
- 张健东, 2002. 中华乌塘鳢的生长、生长模型和生活史类型[J]. 生态学报, 22(6):841-846.
- 张乐, 李皎, 丁悦秀, 2012. 黄颡鱼个体繁殖力的研究[J]. 安徽农学通报, 18(11):164-167.
- 张学健, 程家骅, 2009. 鱼类年龄鉴定研究概况[J]. 海洋渔业, 31(1):92-99.
- Baker S C, Heidinger R C, 1994. Individual and relative fecundity of black crappie (*Pomoxis nigromaculatus*) in Baldwin cooling pond[J]. Transactions of the Illinois State Academy of Science, 87(3):145-150.
- Kang H, Hur J W, Park D, 2017. The effects of cold water released from dams on *Zacco platypus* gonad maturation in the Nakdong River, South Korea[J]. Journal of Civil Engineering, 21(4):1473-1483.
- Katano O, Hosoya K, Iguchi K, et al, 2003. Species diversity and abundance of freshwater fishes in irrigation ditches around rice fields[J]. Environmental Biology of Fishes, 66(1):107-121.
- Shine R, 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence[J]. The Quarterly Review of Biology, 64(4):419-461.
- Von Bertalanffy L, 1938. A quantitative theory of organic growth[J]. Human Biology, 10(2):181-213.

(责任编辑 万月华)

Population Structure and Fecundity of *Zacco platypus* in the Xikou Section of Yongjiang River

CAO An-na¹, LI Qiang², BAO Wei-hong³, LUO Yan³, XU Run-lin¹

(1.School of Life Sciences, SunYat-sen University, Guangzhou 510275, P.R.China;

2.School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, P.R.China;

3.The Environmental Protection and Planning and Design Institute of Ningbo,
Ningbo 315010, P.R.China)

Abstract: *Zacco platypus* is an important economic species in the Yongjiang River, Zhejiang Province. However, there are few reports on the biological characteristics and population structure of *Z. platypus*. This article analyzes the population structure of *Z. platypus* in the Xikou section of Yongjiang River, focusing on age composition, sex ratio, body volume and fecundity and compares the structures of *Z. platypus* population from different areas. The study will supplement the biological baseline of the natural *Z. platypus* population and provide reference for the conservation and reasonable exploration of the natural *Z. platypus* germplasm resources. A total of 411 *Z. platypus* specimens were collected in the Xikou section of Yongjiang River from August 2015 to April 2016. The total length, body length and weight of the specimens were measured in situ, scales and gonads were collected for age and sex identification, and 43 female *Z. platypus* with ovaries at stage IV were selected for determination of fecundity. Results show that: (1) The *Z. platypus* population was composed of three age groups, dominated by 2-year-olds that accounted for 55.5% of the males and 63% of females. (2) The range of body length (L) was 7.0 – 14.0 cm and the group 8.0 – 12.0 cm accounted for 87.83%. (3) The range of body weight (W) was 4.0 – 36.0 g and the group 5.0 – 13.0 g accounted for 72.75%. (4) The body length-weight relationship for different groups were as follows: $W_{\text{♂}} = 1 \times 10^{-4} L^{2.4917}$, $W_{\text{♀}} = 2 \times 10^{-5} L^{2.9337}$, $W_{\text{♂}} = 3 \times 10^{-5} L^{2.8471}$ and $W = 4 \times 10^{-5} L^{2.8035}$. (5) The female-male ratio was 127 : 238, significantly different from the theoretical ratio 1 : 1 according to the chi-square test ($P < 0.01$). (6) The range in absolute fecundity (gravimetric method) was 532 – 13 717.89 eggs, with an average value of $(2\ 850.39 \pm 2\ 107.49)$ eggs and the group with fecundity of 1 000 – 3 000 eggs was dominant (65.12%). The range for relative fecundity by weight was 91.25 – 1 027.56 eggs/g and, by length, 74.93 – 1 541.34 eggs/cm, with average values of (363.73 ± 178.55) eggs/g and (354.39 ± 234.47) eggs/cm. The age composition and sex ratio of the *Z. platypus* population in Yongjiang River were in good agreement with those of *Z. platypus* populations in and out of China.

Key words: *Zacco platypus*; population structure; fecundity; Yongjiang River