

厚颌鲂 (*Megalobrama pellegrini*) 的繁殖生物学特征

李文静^{1 2 3}, 王剑伟^{1,*}, 谢从新², 谭德清¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 3. 集美大学水产学院, 厦门 361021)

摘要: 从长江上游一级支流龙溪河收集了 1382 尾厚颌鲂开展繁殖生物学研究。结果表明, 厚颌鲂繁殖期为 4~7 月份, 盛期为 4~5 月份, 在繁殖季节可借第二性征辨别性别。繁殖群体主要由 2、3 龄个体组成, 总性比 ♀:♂ = 1:1.83。厚颌鲂 2 龄初次性成熟 (♀:75%; ♂:94.7%) 3 龄个体全部成熟。最小性成熟雌性全长 189.0mm, 体长 158.0mm, 体重 72.1g, 成熟系数 2.7%; 雄性全长 179.0mm, 体长 149.0mm, 体重 57.1g, 成熟系数 2.2%。厚颌鲂绝对怀卵量为 (59587.22 ± 59018) 粒, 相对怀卵量为 (212.64 ± 89.50) 粒/g 或 (230.96 ± 137.63) 粒/mm, 绝对怀卵量和相对怀卵量均在 5 龄大幅增长。比较繁殖力以 3 龄组最高, 2、4、5 龄组相近。集群繁殖需要 18℃ 以上水温和其他一些生态因子刺激, 亲鱼追逐约 1h 左右产卵。

关键词: 厚颌鲂, 特有鱼类, 繁殖, 生物学

文章编号: 1000-0933(2007)05-1917-09 中图分类号: Q178.1, Q958.1, Q959.4 文献标识码: A

Reproductive biology and spawning habitats of *Megalobrama pellegrini*, an endemic fish in upper-reaches of Yangtze River basin

LI Wen-Jing^{1 2 3}, WANG Jian-Wei^{1,*}, XIE Cong-Xin², TAN De-Qing¹

1 Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China

2 Fishery College, HuaZhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

3 Fishery College, Jimei University, Xiamen 361021, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27 (5): 1917-1925.

Abstract: *Megalobrama pellegrini*, a cyprinid fish belonging to Cultrinae, is an endemic fish of Yangtze river, lives only in the upper reaches of the Yangtze River basin, mainly in Sichuan Province. Due to the loss of habitat after the completion of the Three Gorges Project and other water-energy projects, it was forecasted that the population sizes of *M. pellegrini* might decreased sharply in the future. Taking suitable countermeasures for the conservation and resource-recovery of this endemic species becomes very urgent. Supported by the ecological and environmental monitoring network of the Three Gorges Project, studies on habitat, biology, reproductive ecology, artificial breeding and stocking of *M. pellegrini* have been making since 2001. The present paper deals with the reproductive biology of *M. pellegrini*. 1382 specimen were collected during April 2001 to October 2003 from Longxi River, the first step branch of Yangtze River. The result shows that the spawning of *M. pellegrini* population takes place from April to July, mainly in April and May. The sex-ratio of reproductive population of male Vs female is 1.83:1. The maturing factor varies from 1.6%—42.1% of the matured females and 0.6%

基金项目: 国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境资助项目 (合同号: SX2001-017)

收稿日期: 2006-03-27; 修订日期: 2007-02-20

作者简介: 李文静 (1973~) 男, 安徽舒城人, 博士, 主要从事鱼类生态学研究. E-mail: lwj0715@hotmail.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangjw@ihb.ac.cn

致谢: 集美大学水产学院黎中宝教授对本文写作给予帮助, 特此致谢

Foundation item: The project was financially supported by environment protection item of the Three Gorges project committee of the state department (No.: SX2001-017)

Received date: 2006-03-27; **Accepted date:** 2007-02-20

Biography: LI Wen-Jing, Ph. D., mainly engaged in fishery ecology. E-mail: lwj0715@hotmail.com

—11.5% of matured males. the average maturing factor of male shows just a peak in June during a year , meanwhile two peaks of the female were observed in a one-year cycle , which appears in April and July ,and the crest is in July. The absolute fecundities of the matured females varies are varied from 11011 to 249150 , and 59587.22 ± 59018 on average. The minimum size of matured male is 179.0mm in length and 57.1g in weight ; while that of matured female is 189.0mm in length and 72.1g in weight , both of them are 2 year-old. Statistical analysis of the maturing condition shows that nearly 75% of the female and 94.7% of the male were matured in the 2-year group ; all of the 3-year group were matured. The breeding population mainly consists by 2-age and 3-age group (74.6%) , which means the supplementary population dominates the breeding population.

Key Words : *Megalobrama pellegrini* ; endemic fish ; reproduce ; biology

厚颌鲂 (*Megalobrama pellegrini*) 隶属于鲤科 (Cyprinidae) 鲃亚科 (Cultrinae) 鲂属 (*Megalobrama*)。曾被被认为是鲂 (*M. terminalis*) 的同种异名, 后经性状差异分析被确立为有效种^[1], 原始分布仅限于长江上游地区^[2]。“三峡工程生态环境监测系统”所属的“特有鱼类实验站”从 2000 年开始开展了长江上游特有鱼类资源调查工作, 调查显示, 厚颌鲂在长江上游干流和大型支流已经很少见到, 只在一些小型缓流支流尚有一定数量的分布, 其分布范围和种群规模已经呈明显的下降趋势。

鲂属鱼类中的鲂、团头鲂 (*M. amblycephala* Yih) 的生物学研究开展较早, 已有较多报道^[3-8]。厚颌鲂是长江上游特有鱼类, 目前基础生物学资料几近空白。从 2001 年开始开展了厚颌鲂生物学的系统研究, 以期对厚颌鲂的资源保护提供基础资料。本文报道的是厚颌鲂繁殖生物学的研究结果。

生物学材料收集及生境调查均在龙溪河实施。龙溪河是长江北岸的一级支流, 起源于重庆市永川区, 在四川省泸州市龙马潭区汇入长江。河流全长 97km, 流域面积 521km², 平均比降 1.8‰, 多年河口平均流量 6.7m³/s。河道上兴建了 5 座梯级电站, 将河道分割成数个狭长的河流山谷型水库, 在龙溪河下游存在天然悬崖阻隔, 使得龙溪河厚颌鲂成为封闭种群。在电站坝下的泻水口附近流水区域存在厚颌鲂的天然产卵场, 多年可监测到自然集群产卵。

1 材料与方法

1.1 样本来源

生物学材料共 1382 尾, 采自 2001 年 4 月 ~ 2003 年 10 月, 周年采样。样本数 30 尾/月以上, 4 ~ 9 月份样本数达到 100 尾/月以上。部分冬季样本委托当地渔民代购, 用 5% ~ 8% 的福尔马林固定保存后解剖。

1.2 材料处理和数据分析

样本全部进行生物学解剖和测量。长度精确到 1.0mm, 质量精确到 0.2g (部分数据精确到 0.1g)。大部分样本新鲜解剖, 福尔马林浸泡样本质量数据失真, 但长度、性腺发育以及摄食强度等参数基本准确, 分析时数据选择使用。

鳞片是有效的年龄鉴定材料^[9], 使用鳞片鉴定年龄。在背鳍和侧线之间矩形区域取鳞, 选择侧线以上 2 ~ 3 行鳞片并剔除再生鳞、畸形鳞。鳞片经清洗、干燥、装片后在解剖镜下以透射光读取年龄。

性腺发育期的判别按照黄海水产研究所 (1981) 的六期划分标准目测分期。成熟系数 (GSI) 按性腺重/空壳重 $\times 100\%$ 求得, 用 IV 期卵巢统计怀卵量, 取 1g 卵巢以 5% 中性福尔马林固定, 记数所有开始沉积卵黄的卵粒, 1 克卵巢怀卵数乘以性腺重获得绝对怀卵量, 相对怀卵量分别通过绝对怀卵量/体长、绝对怀卵量/空壳重求得。

用 IV 期卵巢测量卵径, 每尾随机测量 800 粒以上, 解剖镜下以目测微尺测量, 辅以台测微尺校正。

繁殖季节根据 IV、V 期性腺出现的时间以及群体成熟系数峰值区间确定, 辅以野外调查证实。在繁殖季节进行产卵场调查, 测量记录产卵场水文状况、水质等环境背景值。

用 Microsoft excel XP 进行数据分析, 用 statistics 6.0 统计软件绘图。

2 结果

2.1 副性征

成熟个体在繁殖季节具有显著的第二性征,可借此鉴定性别。生殖季节雄鱼全身体表都被有细小的珠星(追星),以鳃盖、胸鳍、尾柄等处最多,繁殖前夕尤其显著,抚摸有明显粗糙感;成熟雄鱼胸鳍第一根鳍条明显增粗并略呈“S”型弯曲,肥满度较小,体形更侧扁,生殖孔不突出;成熟度好的雄鱼轻压腹部有乳白色精液流出。雌鱼体表的珠星不显著,胸鳍条不增粗和弯曲,腹部膨胀松软,肥满度较高,成熟好的雌鱼外观有明显的卵巢轮廓;生殖季节的雌鱼生殖孔圆形、微突,呈粉红色。

2.2 初次性成熟大小

性腺发育达 IV 期的个体中,雌、雄最小个体分别为:雌性全长 189.0mm,体长 158.0mm,体重 72.1g,成熟系数 2.7%;雄性全长 179.0mm,体长 149.0mm,体重 57.1g,成熟系数 2.2%。雌雄均为 2 龄。

27 尾 2 龄初次性成熟个体 (♀ 4, ♂ 23) 的平均体长 (201.0 ± 19.4)mm, 体重 (170.2 ± 48.3)g, 性腺重 (7.5 ± 8.1)g, 成熟系数为 4.90% ± 4.81%。其中雌性体长 (208.2 ± 16.3)mm, 体重 (189.6 ± 43.2)g, 性腺重 (19.5 ± 10.9)g, 成熟系数 9.7% ± 6.4%; 雄性体长 (198.0 ± 19.8)mm, 体重 (162.2 ± 48.3)g, 性腺重 (4.1 ± 1.9)g, 成熟系数为 2.8% ± 1.1%。雄性初次性成熟个体的体长、体重、成熟系数均小于雌性。

2.3 繁殖群体组成

2.3.1 繁殖群体年龄组成

将 331 尾 (雌 117 雄 214) 性腺发育在 IV 期以上的个体年龄组成作图 1。繁殖群体优势龄组为 3 龄,其次为 2 龄,4 龄以上个体仅占繁殖群体的 20.9%。雌性群体平均年龄 3.03 龄,雄性为 2.55 龄。总性比雌:雄 = 1:1.83,雄鱼总数和低龄组个体显著多于雌鱼,4 龄以上雌鱼数量多于雄鱼。

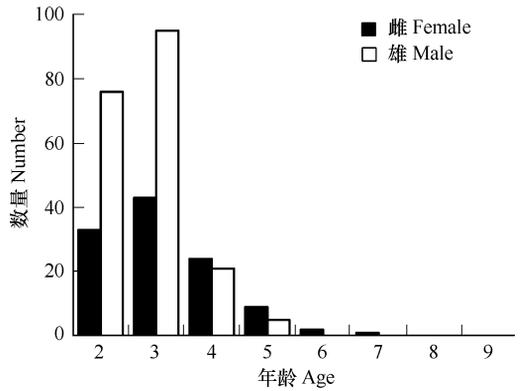


图 1 繁殖群体年龄结构

Fig. 1 The age structure of reproductive population of *M. pellegrini*

2.3.2 繁殖群体的体长、体重分布

厚颌鲂繁殖群体的体长分布范围为 146.0 ~ 365.0mm,主要分布于 165 ~ 285mm (91.7%)。其中雌性的主要分布于 185 ~ 285mm (81.1%),雄性的主要分布于 165 ~ 265mm (90.7%),体长 325mm 以上的个体全部为雌性 (表 1)。

表 1 厚颌鲂繁殖群体的体长组成

Table 1 The body-length distribution of reproductive population of *M. pellegrini*

体长 Body-length (cm)		数量 Number			百分比 Percentage (%)		
范围 Area	均值 Average	总数 Total	♀	♂	总 Total	♀/♀T	♂/♂T
145 ≤ L < 165	155.7 ± 7.8	5	1	4	1.5	0.9	1.9
165 ≤ L < 185	176.2 ± 5.3	30	4	26	9.1	3.4	12.2
185 ≤ L < 205	195.4 ± 6.3	54	13	41	16.3	11.1	19.2
205 ≤ L < 225	214.7 ± 6.1	52	19	33	15.7	16.2	15.4
225 ≤ L < 245	234.9 ± 5.3	87	26	61	26.3	22.2	28.5
245 ≤ L < 265	252.9 ± 5.9	57	24	33	17.2	20.5	15.4
265 ≤ L < 285	271.7 ± 4.6	23	13	10	7.0	11.1	4.7
285 ≤ L < 305	290.0 ± 4.3	10	7	3	3.0	6.0	1.4
305 ≤ L < 325	314.0 ± 6.5	7	4	3	2.1	3.4	1.4
325 ≤ L	346.3 ± 14.5	6	6	0	1.8	5.1	0
平均 Average	229.8 ± 51.0		♀ 244.6 ± 40.3			♂ 221.7 ± 31.5	
最大值 Max			♀ 365.0			♂ 317.0	
最小值 Min			♀ 158.0			♂ 146.0	

繁殖群体体重分布范围为 57.1 ~ 1057.4g ,其中雌性主要分布于 150 ~ 400g (69.3%) ,雄性主要分布于 100 ~ 300g (73.9%)。450g 以上的个体主要由雌性构成。雌性平均体重比雄性高 100g 左右 (表 2)。

表 2 厚颌鲂繁殖群体的体重组成

Table 2 The body-weight distribution of reproductive population of *M. pellegrini*

体重 Body-weight (g)		数量 Number			百分比 Percentage (%)		
范围 Area	均值 Average	总数 Total	♀	♂	总 Total	♀/♀T	♂/♂T
50 ≤ W < 100	85.7 ± 12.0	11	1	10	3.3	0.8	4.7
100 ≤ W < 150	125.3 ± 13.1	45	6	39	13.6	5.1	18.2
150 ≤ W < 200	172.4 ± 12.6	60	20	40	18.1	17.1	18.7
200 ≤ W < 250	223.2 ± 15.0	47	15	32	14.2	12.8	15.0
250 ≤ W < 300	272.5 ± 13.9	71	24	47	21.5	20.5	22.0
300 ≤ W < 350	324.3 ± 14.5	32	10	22	9.7	8.6	10.3
350 ≤ W < 400	373.6 ± 14.6	25	12	13	7.6	10.3	6.1
400 ≤ W < 450	426.7 ± 15.0	11	6	5	3.3	5.1	2.3
450 ≤ W < 500	483.2 ± 9.7	8	6	2	2.4	5.1	0.9
500 ≤ W	731.0 ± 196.3	21	17	4	6.3	14.5	1.9
平均 Average	273.1 ± 140.7		♀ 344.6 ± 208.5			♂ 234.0 ± 104.1	
最大值 Max			♀ 1057.4			♂ 658.3	
最小值 Min			♀ 72.1			♂ 57.1	

2.3.3 繁殖群体的组成变化

繁殖群体在繁殖季节不同阶段的组成不同 (表 3)。雄鱼在繁殖初期大量出现 4、5 月份出现的成熟个体分别占总数的 47.39% 和 35.55% ,繁殖后期雄性数量下降显著 6、7 月份全部成熟雄性仅占总数的 17.06%。雌性数量在 4、5 月份持平 ,各占总数的 31.86% ,6 月份个体最少 ,仅为 12.39% ,7 月份回升 ,个体数占 23.89%。不同月份繁殖群体的性比差异很大 雌雄个体数的相对消长使雌性比例逐渐上升。

表 3 繁殖群体在不同月份的组成变化

Table 3 The constitutions of reproductive population of *M. pellegrini* in each month (from Apr to Sept)

性别 Sex	项目 Items	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sept.
♀	数量 Number	36	36	14	27	0	0
	体长 Length (cm)	258.2 ± 29.4	251.9 ± 51.6	220.1 ± 22.1	222.3 ± 24.4		
	体重 Weight (g)	390.6 ± 151.6	400.5 ± 289.8	230.9 ± 73.8	236.2 ± 92.8		
♂	数量 Number	100	75	18	18	0	1
	体长 Length (cm)	232.8 ± 22.6	210.6 ± 37.3	212.1 ± 36.8	212.3 ± 20.6		230.0
	体重 Weight (g)	258.8 ± 74.0	211.7 ± 133.0	210.4 ± 107.6	196.7 ± 63.4		263.4
	性比 ♀:♂	1:2.78	1:2.08	1:1.29	1:0.67		

雌性亲鱼的平均个体大小在繁殖季节后期显著下降。4、5 月份雌性群体平均体长、体重接近 4 龄雌性群体的平均值 ,而在繁殖后期的 6、7 月份 ,个体平均体长、体重介于 2、3 龄个体大小 (数据来源于作者对厚颌鲂年龄于生长的研究)。通过对各月繁殖群体的年龄结构分析显示 ,在 4 月份参与繁殖雌性主要由剩余群体构成 6、7 月份则主要由补充群体构成。雄性亲鱼平均体长、体重在 4 月份略大 ,其他月份非常接近 ,体长、体重介于 2、3 龄雄性个体大小 ,说明雄性主要由补充群体构成。

4 ~ 5 月份的繁殖群体中雌性数量和个体大小都是全年最高水平 ,繁殖规模最大 ,此阶段为繁殖盛期。

2.4 成熟系数变化和繁殖季节

将 1061 尾个体 (雌 521 雄 540) 的平均成熟系数按性别和采样时间统计并作图 2 ,将龙溪河的月平均水

温作图 3。

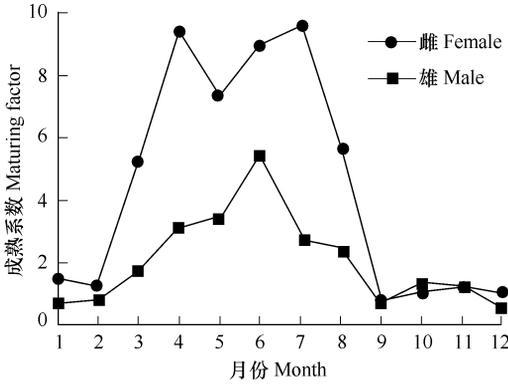


图 2 厚颌鲂种群成熟系数月变化

Fig. 2 The mature coefficients monthly change of *M. pellegrini* around the year

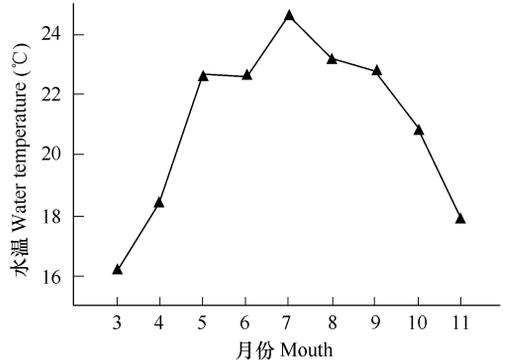


图 3 繁殖季节水温变化

Fig. 3 The water temperature of Longxi River from March to November

群体的成熟系数峰值区域出现在 4~7 月份。雌、雄峰值区域出现时间一致，雌性分别在 4 月份和 7 月份出现 2 个峰值，5、6 月份也维持在较高水平；雄性成熟相对集中，峰值出现在 6 月。繁殖前夕的 2~4 月份成熟系数快速上升阶段，8~9 月份由于产后性腺退化吸收成熟系数快速下降。9 月份到翌年 2 月份，成熟系数徘徊在低谷区域，12 月份为全年最低值，雌雄分别为 1.01% 和 0.56%。雌性总体成熟系数高于雄性。成熟系数的变化和水温变化保持同步，显示水温是性腺发育和繁殖的重要生态因子。

厚颌鲂 3 月份样本中没有性成熟个体出现，4 月上旬开始出现性腺发育达 IV 期的个体，但样本中没有产后的 VI 期性腺，4 月中旬样本中开始大量出现 IV 期及 V 期性腺，并在下旬样本中出现产后性腺，和成熟系数的变化规律及野外监测的集群繁殖时间吻合。

在 IV 期性腺中，雌性最小成熟系数为 1.6%，最大为 42.1%，雄性最小 0.6%，最大 11.5%。

2.5 怀卵量

取 50 尾性腺 IV 期的雌性性腺统计怀卵量，亲鱼体长 198.0~332.0mm，体重 154.2~1059.4g，年龄 2~6 龄。绝对怀卵量介于 11011~249150 粒 (F)，其平均值 (59587.22 ± 59018) 粒。相对怀卵量 F/W 为 54.50~474.56 粒/g，均值 (12.64 ± 89.50) 粒/g。F/L 为 52.25~750.45 粒/mm，均值 (230.96 ± 137.63) 粒/mm。

2.5.1 绝对怀卵量与体长、体重

厚颌鲂的绝对怀卵量与体长、体重均呈直线关系，和体重的相关程度更高。与体长的关系可以表达为 $F = 954.01L - 174212$ ($R = 0.7490, n = 50$)；与体重的关系可表述为 $F = 197.3W - 10227$ ($R = 0.8637, n = 50$)。

2.5.2 相对怀卵量与体长、体重

相对怀卵量 F/W 与体长、体重的相关均不显著；F/L 与体长相关性不显著，与体重关系相对密切，方程为 $F/L = 0.5231W + 15.132$ ($R = 0.7801, n = 50$)

2.5.3 怀卵量与年龄

2~4 龄阶段，绝对怀卵量随年龄增长，但增长幅度不一致；相对怀卵量 F/W 下降，说明此时绝对怀卵量增长速度慢于体重增长；性成熟后体长生长速度逐渐下降，使得 F/L 在 3 龄上升，4 龄略降。F、F/W、F/L 在 5 龄均大幅上升，开始进入生殖盛期。性成熟后亲鱼倾向于增加能量储备提升繁殖力，体重增长快于体长生长，使得 F/W 的年增长幅度小于 F/L 的增长 (表 4)。高龄个体样本量较少，对于生殖衰退期难以统计。

2.5.4 比较繁殖力

通过比较各年龄组的总怀卵量可以估算出各个年龄组对种群补充的贡献率 (表 5)。结果显示，3 龄组的繁殖贡献率最大，约占繁殖群体总怀卵量的 1/3。3 龄群体的高贡献率主要是由于该年龄组显著的数量优势。

2、4、5 龄组的贡献率相近,各为 20% 左右。2 龄亲鱼的数量较多,而 5 龄组的单体绝对怀卵量较大,使得几个龄组的贡献率相当。值得注意的是 6 龄个体仅 2 尾 (1.82%) 却有 7.6% 的贡献率,显示了绝对怀卵量的巨大增长潜力,保持一定规模的补充群体对于扩大种群的繁殖规模和增加个体补充十分有益。

表 4 厚颌鲂不同年龄的平均怀卵量 (粒)

Table 4 Absolute and relative fecundity of *M. pellegrin* in different age groups (egg)

年龄 Age	样本数 Number	F		F/W		F/L	
		均值 Average	涨幅 (%) Increase	均值 Average	涨幅 (%) Increase	均值 Average	涨幅 (%) Increase
2	14	34439 ± 23509.0		224.1 ± 171.4		164.5 ± 114.6	
3	19	52282 ± 30074.6	51.8	221.1 ± 82.6	-1.3	216.2 ± 111.6	31.5
4	11	56773 ± 22995.8	8.6	170.0 ± 47.9	-22.6	214.2 ± 79.4	-0.9
5	5	128148 ± 84664.1	125.7	221.0 ± 89.1	29.2	405.0 ± 240.5	89.1
6	1	238612	86.2	308.4	35.6	718.7	77.5

表 5 各年龄组雌鱼对繁殖的贡献率

Table 5 The contribution to reproduction of different age groups

年龄组 Age group	成熟雌鱼数 Matured female	平均绝对怀卵量 (粒) Fecundity on average (egg)	总怀卵量 (×10 ⁴ 粒) Total fecundity (×10 ⁴ egg)	贡献率 (%) Proportion
2	36	34439 ± 23509.0	124.0	19.8
3	39	52282 ± 30074.6	203.9	32.5
4	24	56773 ± 22995.8	136.0	21.7
5	9	128148 ± 84664.1	115.3	18.4
6	2	238612	47.7	7.6

2.6 产卵类型

测量了不同年龄雌鱼的 IV 期卵巢卵径分布 (图 4), IV 期卵巢的卵径分布具有 2 个峰值,第一个卵径峰值区间为 0.1 ~ 0.3mm,占全部卵数的 50% 以上,主要为 2 时相的卵母细胞,尚未沉积卵黄,解剖镜下细胞核清晰可见,当年难以发育成熟。第 2 个峰值范围是 0.9 ~ 1.3mm,占全部卵数的 30% ~ 40%,为接近成熟的卵母细胞,它们代表了当年的繁殖力。卵径分布特征初步说明厚颌鲂为单次产卵类型。如果补充全年不同时期样本的卵径分布情况,或者通过卵巢切片进行研究,能进一步确认厚颌鲂的产卵类型。

另外,卵子质量随亲鱼年龄增长逐渐提高,表现在平均卵径增长,成熟卵的卵径相对一致,分布峰值比较集中,卵子饱满且形态规则,畸形卵的比例下降等方面。

2.7 繁殖习性

实施繁殖生态监测的重点河段是一个长 4km,宽 40 ~ 80m,最大深度十余米的水库,位于 5 个梯级电站最后一级坝上。电站发电时引流渠流速 1.5 ~ 2.5m/s,流速向下游逐渐减缓,坝下 1km 以内河水可见显著流动。

厚颌鲂产卵的一般规律:厚颌鲂在 4 ~ 7 月份都会出现集群产卵,以 4 月中旬到 5 月下旬最集中,调查到的 9 次集群产卵有 7 次发生在此时间段里。集群繁殖多发生在雨后初晴的夜间,时间为 22:00 ~ 24:00。集群地点位于电站引流渠与敞水区交界的流动区域,产卵区域流速约 1.5 ~ 2.0m/s,河床底质以砾石为主,水质清澈,透明度 80cm 以上, pH 值 6.5,产卵水温 18℃ 以上。集群需要电站泄洪或者发电造成一定涨水和较大流速的刺激,产卵前日间较强的日照对集群也有显著的刺激作用。产卵前 1h 左右开始发情追逐,高潮时可观察到亲鱼在水面激起明显的浪花。整个集群产卵时间历时约 1h。

厚颌鲂卵遇水后即呈强粘性,顺水漂流并黏附于河底砾石及石质河床上孵化。观察的结果显示,厚颌鲂对卵的孵化基质具有选择性。产卵场下游沿岸消落带有大量草本植物,但数次在集群繁殖发生后检查均未发现粘附有孵化中的鱼卵;在人工繁殖试验中,曾多次在产卵池设置不同材质的鱼巢(棕、麻、聚氯乙烯等),但是未见厚颌鲂在鱼巢上产卵。

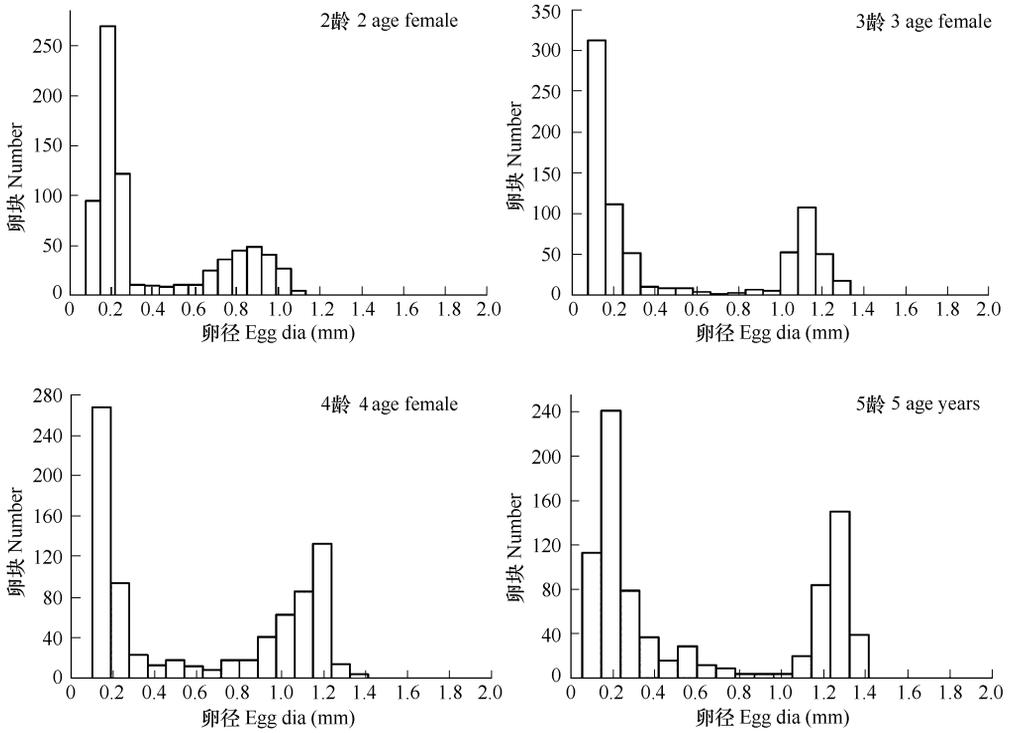


图4 厚颌鲂 IV 期卵巢的卵径分布

Fig. 4 The distribution of egg-diameter in IV maturity stage ovary

3 讨论

3.1 厚颌鲂繁殖生态和其他鲂属鱼类的比较

厚颌鲂分布区域属于鲂属鱼类分布区的边缘地带,环境条件与鲂属鱼类的主要分布区有较大差异,在长期的独立演化中形成了一系列独特的生活史对策,为了解厚颌鲂繁殖生态的分化程度,将厚颌鲂的繁殖生态与其他鲂属鱼类做了比较(表6)。

表6 鲂属鱼类繁殖生态特性比较

Table 6 Aspects about reproductive ecology of species in *Megalobrama*

项目* Items	鲂 <i>M. skolkovii</i> Dybowsky		团头鲂 <i>M. amblycephala</i> Yih		广东鲂 <i>M. hoffmanni</i>		厚颌鲂 <i>M. pellegrini</i>	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
初次成熟年龄 (a)	3	2	2	2	3	2	2	2
最小成熟体长 (mm)	240	235	298	307	254	215	158	149
最小成熟体重 (g)	280	250	450	400	320	180	72	57
绝对怀卵量 ($\times 10^4$ egg)	17.7 ~ 38.0		6.4 ~ 36.4		5.4 ~ 37.5		3.4 ~ 23.9	
相对怀卵量 (F/W)	123 ~ 153		168 ~ 214		82 ~ 106		55 ~ 475	
雌性成熟系数	5.50 ~ 6.40		2.35 ~ 7.60				7.84 ~ 12.49	
卵径 (mm)	1.1 ~ 1.3		1.05 ~ 1.15				0.9 ~ 1.3	
群体性比 (♀:♂)	1:1.08		80% ~ 90% ♂				1:1.83	
繁殖季节 (月份 Month)	5 6		5 6		4 ~ 8		4 ~ 7	
繁殖水温 (°C)	19 ~ 28		20 ~ 28		>20		>18	
数据来源 Data resource	[3, 4, 5]		[3]		[8]		本文 This paper	

* 初次成熟年龄 Age of first time mature ;最小成熟体长 The minimum body-length of the matured ;最小成熟体重 The minimum body-weight of the matured ;绝对怀卵量 Absolute fecundity ;相对怀卵量 Relative fecundity ;雌性成熟系数 Mature coefficient of matured female ;卵径 Egg-diameter ;繁殖季节 Spawning season ;繁殖水温 Water temperature of the spawning ground

同其他鲂属鱼类比较,厚颌鲂的性成熟年龄偏小,性成熟最小型和初次性成熟的平均体长、体重均远小于同属鱼类,绝对怀卵量最小,相对怀卵量波动范围大,相对怀卵量远高于同属鱼类,成熟系数属内最高,有较大的繁殖投入比例,卵径波动范围较大,但并不显著小于同属鱼类,繁殖群体性比种间差异很大,繁殖季节长于鲂、团头鲂,短于广东鲂。

环境压力是影响鱼类繁殖策略主要因素。相对于环境的自然变迁,人类的干预更加剧烈,对种群的影响也相对显著。龙溪河渔业作业强度很高,厚颌鲂种群面临持续的高强度捕捞压力,而封闭的环境使得种群难以通过迁徙等渠道补充,资源量持续下降。物种必然通过繁殖策略的调整来应对环境压力,包括幼鱼提前性成熟以及成熟个体增加繁殖投入,通过这些调节来增加种群的个体补充量,弥补个体损失。这种调节必然缩短个体性成熟前营养生长周期,降低性成熟后营养生长的速度,导致个体小型化。在高强度开发的水域,普遍存在鱼类小型化的问题,鱼类的小型化是环境压力造成的适应性改变,这种改变短期内并不稳定,但如果持续给予压力,就会加剧小型化趋势,甚至造成物种灭绝。由于缺乏历史资料和横向比较,厚颌鲂不同于其他鲂属鱼类的繁殖生态特征是环境压力下的繁殖策略还是稳定的遗传性状,需要进一步研究和探讨。

3.2 关于资源保护

鲃亚科鱼类是东亚特有种属,是中国江河平原体系的代表性种类。鲃亚科鱼类主要分布在我国秦岭以南的华东和华南地区,目前发现有 15 种鲃亚科鱼类仅在长江上游地区分布,他们是长江上游鱼类区系和生态系统的组成部分。长江上游地区是鲃亚科鱼类分布的边缘区域,这些鱼类对于鲃亚科鱼类的系统发育和地理分布的研究也有很大意义。长江上游的水域生境具有显著特点,特有鱼类经过长期进化,其生理结构、生态习性都是和上游流水环境相适应的,生活史过程需要在流水环境中完成。与此同时,长江上游水域生态系统的生境范围相对狭窄,相互隔离性较强,生态系统稳定性差,对于人为干扰表现出更高的脆弱性。

近年来,长江上游地区的大范围水利工程建设显著改变了特有鱼类赖以生存的流水环境,水文情势大范围变迁,加上生境阻隔和破碎化,水域污染和过渡捕捞等问题是上游特有鱼类共同面临的环境压力。由此带来的后果是栖息地面积萎缩、生境破碎化和物种隔离等一系列问题。一些特有鱼类生活史某些阶段对生境有特殊要求,环境的急剧变迁直接造成了生活史阻断,特有鱼类资源现状和发展前景都不容乐观。在整个鱼类生活史过程中,繁殖和早期发育是环境要求相对苛刻的阶段,容易受到环境变化的干扰,直接造成种群的个体补充受阻。通过繁殖生物学研究,可以预测环境变迁对厚颌鲂种群的影响方式和程度,预测种群发展趋势,为实施有效的物种保护方式提供依据,也为可能需要的迁地保护选择合适生境提供参考。

厚颌鲂的繁殖策略呈现不同于其他鲂属鱼类的特点。繁殖生态条件要求比其他鲂属鱼类严格,对水温、水文、流速、产卵场基质等有选择性,显示了对流水环境的适应和依赖。在人工养殖环境中,性腺能够顺利发育,但是不能发生自然繁殖行为。2003 年 4 月初,曾将性腺发育良好的亲鱼转入 150m²的流水池中饲养,池水日交换量为池容的 4 倍以上,而且流量和短期的水位因降雨等发生过明显的变化。但直到 6 月底清池时,亲鱼自产的情况一直没有出现,而邻近池中的鲤、鲫、团头鲂都出现了自产的情况。

针对厚颌鲂资源现状,目前可以实施的保护措施包括:严格限制捕捞,特别是针对幼鱼和繁殖期亲鱼的捕捞,栖息地环境保护,限制围网养殖和网箱养殖,减少环境污染,原栖息地实施再引入,逐步恢复资源,加强繁殖生态研究和人工繁殖放流试验,为可能需要的繁殖放流进行技术储备。长江上游环境变迁对于鱼类的影响范围是广泛的,特有鱼类面临的问题具有共性,厚颌鲂的研究和保护工作的顺利实施对于其他特有鱼类的保护和增殖具有一定参考意义。

References :

- [1] Luo Y L. A revision of fishes of the cyprinid genus *Megalobrama*. Acta Hydrobiologica Sinica, 1990, 14 (2) : 160 - 165.
- [2] Chen Y Y. Fauna Sinica : Osteichthyes Cypriniformes II. Beijing : Science Press, 1998.
- [3] Cao W X. Morphologic compare of *Megalobrama anbycephala* Yih and *Megalobrama terminalis* (Richardson) in Liangzihu Lake. Hydrobiology Journal, 1960 (1) : 57 - 78.

- [4] Cao L W, Zhao J, Chen X L. Study on reproductive of the *Megalobrama Skolkovii* in Nanshui Reservoir. Journal of Shaoguan University (Natural Science), 2001, 22 (9): 118 - 122.
- [5] Huang D M, Lin Y T, Wan C Y, et al. Reproductive biology of the Fish, *Megalobrama Skolkovii* in Fuqiaohe Reservoir. Acta Hydrobiologica Sinica, 1997 21 (1): 15 - 23.
- [6] Huang D M, Lin Y T, Wan C Y. Age and growth of *Megalobrama Skolkovii* in Jinshahe reservoir. Reservoir Fisheries, 1996, 85 (5): 16 - 21.
- [7] Li S F, Zhu Z W, Zou S M, et al. Interspecific phylogenesis and intraspecific genetic differences of genus *Megalobrama*: bluntnose black bream (*M. Amblycephala*), guangdong black bream (*M. Hoffmanni*) and black bream (*M. Terminalis*). Acta Zoologica Sinica, 2002, 48 (3): 339 - 345.
- [8] Wang J C, Huang Y W. The age and growth of guangdong bream (*Megalobrama Hoffmanni*) in the Pearl river with reference to its maximum sustaining yield. Journal of Fisheries of China, 1990, 14 (4): 313 - 320.
- [9] Cao W X. Account about foundation of endemic fish nature reserve in upper Yangtze river basin and some correlative questions. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2000, (2): 131 - 132.
- [10] Yang M S, Wang J W, Li W J. Comparison on age material of *Megalobrama pellegrini*. Chinese Journal of Zoology, 2004, 39 (2): 58 - 61.

参考文献:

- [1] 罗云林. 鲂属鱼类的分类整理. 水生生物学报, 1990, 14 (2): 160 ~ 165.
- [2] 陈宜瑜, 等编. 中国动物志 (硬骨鱼纲, 鲤形目), 中卷. 北京: 科学出版社, 1998. 200 ~ 208.
- [3] 曹文宣. 梁子湖的团头鲂和三角鲂. 水生生物学集刊, 1960, (1): 57 ~ 78.
- [4] 曹立文, 赵俊, 陈湘麟. 南水水库鲂鱼繁殖生物学研究. 韶关学院院报 (自然科学版) 2001 22 (9): 118 ~ 122.
- [5] 黄道明, 林永泰, 万成炎, 刘元军. 浮桥水库鲂繁殖生物学的研究. 水生生物学报, 1997. 21 (3): 15 ~ 23.
- [6] 黄道明, 林永泰, 万成炎. 金沙河水库鲂的年龄与生长. 水利渔业, 1996 85 (5).
- [7] 李思发, 朱泽闻, 邹曙明, 等. 鲂属团头鲂、三角鲂及广东鲂种间遗传关系及种内遗传差异. 动物学杂志, 2002 48 (3): 339 ~ 345.
- [8] 王金潮, 黄毅文. 珠江广东鲂的年龄、生长及其最大持续渔获量. 水产学报, 1990, 14 (4): 314 ~ 320.
- [9] 杨明生, 王剑伟, 李文静. 厚颌鲂年龄材料的比较. 动物学杂志, 2004 39 (2): 58 ~ 61.