

岷江眉山段四川华鲮的繁殖生物学资料

李斌^① 解崇友^① 张婷^① 王志坚^{②*}

① 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室 内江师范学院生命科学院 内江 641112;

② 西南大学生命科学学院 水产科学重庆市市级重点实验室 重庆 400715

摘要: 于2013年3月至2014年1月对岷江眉山段四川华鲮 (*Sinibrama taeniatus*) 的繁殖生物学进行了研究。四川华鲮的繁殖时间主要集中在4~5月份, 最小性成熟雌性个体体长70 mm, 体重7.1 g; 最小性成熟雄性体长为65 mm, 体重为4.5 g。四川华鲮种群性比(雌:雄)为1.00:1.57, 主要由4个年龄组组成, 其中1龄个体数量占绝对优势。性成熟系数4~5月份最大, 同期丰满度最小。卵径(1.05 ± 0.17) mm, 大小分布呈单峰型, 为单批产卵型鱼类。绝对繁殖力(2 734 ± 258) 粒, 相对繁殖力为(236 ± 20) 粒/g, 绝对繁殖力随着鱼体长、体重增长而增大。分析显示, 选择适合的渔具、渔法对保护岷江眉山段四川华鲮自然种群资源十分重要。

关键词: 四川华鲮; 繁殖生物学; 资源保护; 岷江

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 04-563-08

The Reproductive Biology of *Sinibrama taeniatus* from the Minjiang River (in Meishan City)

LI Bin^① XIE Chong-You^① ZHANG Ting^① WANG Zhi-Jian^{②*}

① Key Laboratory of Sichuan Province for Fishes Conservation and Utilization in the Upper Reaches of the Yangtze River, School of Life Sciences, Neijiang Normal University, Neijiang 641112; ② Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: *Sinibrama taeniatus* is an endemic fish in the upper Yangtze River, and distributes in Sichuan Province and Chongqing City, China. At present, due to the loss of habitat after the completion of the Three Gorge Project, Xiangjiaba Dam Project, and other hydroelectricity projects, it was forecasted that the population seizes of the endemic fish (*S. taeniatus*) might decreased sharply in the future. So, this paper describes and characterizes the reproductive biology of *S. taeniatus* in the Minjiang River, a first-order tributary river of the Yangtze River. 570 specimens were collected during March 2013 to January 2014 in Meishan section of the Minjiang River. The data for standard length, body weight, net body weight and gonad weight of each specimen, and eggs' diameter of 60 females in IV stage were measured. The scale were mainly

基金项目 水产科学重庆市级重点实验室开放课题, 内江师范学院校级重点项目 (No. 13ZA02);

* 通讯作者, E-mail: wangzj1969@126.com;

第一作者介绍 李斌, 男, 博士研究生; 研究方向: 渔业生态学; E-mail: libin2004xinyang@126.com。

收稿日期: 2014-11-23, 修回日期: 2015-03-31 DOI: 10.13859/j.cjz.201504008

used to determine the ages. Egg diameters were measured with the Motic Image-Pro Plus 6.0 software. The gonads' stage were divided into six stages according to YIN Min-Chen (1993). Statistic analysis of all data were taken using Microsoft excel 2003 and SPSS 16.0. The results showed that the ages of the specimens ranged from 0 to 3 years old (Table 1) and the main spawning of *S. Taeniatus* population took place from April to May. The minimum size of mature female was 70 mm in length and 7.1 g in weight, while that of mature male was 65 mm in length and 4.5 g in weight (Fig. 1). The sex-ratio of females to males was 1.00 : 1.57 (χ^2 , $P < 0.01$). The population included 4 age-groups and 1 year-old *S. Taeniatus* reached their first sexual maturity. The gonadosomatic index (GSI) began to increase in March and reached to the peak in May (Fig. 2). On the contrary, fullness decreased to the lowest in the same time (Fig. 3). The distribution of eggs diameter shows one peak (Fig. 4). The absolute fecundity, ranged from 301 to 8 789 eggs (average $2\ 734 \pm 258$ eggs) and the relative fecundity per gram, ranged from 15 to 1 003 eggs (average 236 ± 20 eggs). The absolute fecundity was power correlated to body length and body weight (Fig. 5). The multiple stepwise regression equation were as follow: $F = 84.58L - 4751.70$ ($R^2 = 0.17$, $P < 0.05$, $n = 60$), $F = 226.59W - 586.00$, ($R^2 = 0.29$, $P < 0.05$, $n = 60$). Our data suggest that the resource of *S. taeniatus* had already been fished properly in Meishan section of the Minjiang River. However, in order to better protect the resource of *S. taeniatus*, measures such as strict ban to unresonable catching should be enhanced.

Key words: *Sinibrama taeniatus*; Reproduction biology; Resource conservation; Minjiang River

在鱼类生活史中, 繁殖不仅是种群得以存在和发展的基础, 也是决定种群动态的关键, 同时是影响种群波动的重要因子, 当种群个体数量持续减少时, 必须通过繁殖来维持和补充 (Winemiller 2005, Shen et al. 2008)。鱼类繁殖群体的丰度、结构和素质决定了鱼类繁殖后代的质和量, 其 (丰度、结构和素质) 主要包括性比组成、性腺发育程度、繁殖周期、繁殖力等几个方面 (谢从新 2010)。鱼类繁殖的成功与繁殖策略有重要关联, 包括鱼类繁殖过程中时间和地点的选择, 以及鱼类能量在繁殖周期中分配的比例和合理性 (Wootton 1990, Rao et al. 2009)。因此, 开展鱼类繁殖生物学研究对自然水域鱼类资源的增殖和保护, 以及鱼类人工繁殖和养殖都有重要意义。

四川华鳊 (*Sinibrama taeniatus*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae) 鲃亚科 (Cultrinae) 华鳊属, 其身体纵向有明显黑线, 又称墨线鱼。四川华鳊是我国长江上游特有的小型鱼类, 主要分布在长江上游干、支流水域, 包括岷江、青衣江及大渡河, 生活在水体的中、

上层, 在一些水体中常成为优势类群 (丁瑞华 1994)。近年来随着长江上游干、支流生态环境的破坏, 以及渔业捕捞强度的加大和非法捕捞工具的使用, 致使四川华鳊生存空间被压缩, 种群数量持续锐减。鱼类的繁殖生物学特征是决定种群动态的关键因子 (Fleming 1996), 对四川华鳊繁殖策略进行研究是岷江眉山段四川华鳊资源保护与利用的基础。因此, 本文对岷江眉山段四川华鳊样本进行了繁殖生物学方面的研究, 旨在积累相关基础资料, 了解其繁殖生物学规律, 为长江上游特有鱼类四川华鳊的资源增殖保护和开发利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 标本来源

实验材料于 2013 年 3 月到 2014 年 1 月期间收集于四川省眉山市长江上游一级支流岷江水域眉山段, 共 570 尾, 主要通过渔民采用定置刺网捕捞获得。现场测量样本鱼的体长和体重, 解剖后称量性腺重、空壳重 (净体重)。卵巢用 10% 福尔马林固定, 待实验分析。

1.2 实验方法

长度指标用直尺测量, 精确至 1 mm; 重量指标用电子天平 (JA1003A, 精确度 0.001 g) 称量, 体重和空壳重精确到 0.1 g, 性腺重精确到 0.01 g。用鳞片鉴定年龄, 在背鳍和侧线之间矩形区域取鳞, 取侧线以上 3~4 行的鳞片, 处理后在解剖镜下读取鱼类年轮数据。参照国内常用的关于性腺发育分期方法 (殷名称 1995), 将性腺发育分为 6 个时期。从每尾 (共计 60 尾) 性成熟的雌性个体 IV 期卵巢中称取 0.1 g 卵粒, 计算卵粒数, 统计整个卵巢的怀卵量, 然后随机挑取一定量的卵粒 (多于 100 粒) 在解剖镜下观察并拍照, 用 Image-Pro Plus 6.0 软件测量卵径, 每个卵巢测量数量不少于 30 粒。

1.3 数据分析

利用 Spss 16.0 采用 χ^2 检验来判断雌雄性别是否符合 1:1。计算成熟系数、肥满度和繁殖力 (段中华等 1999): 成熟系数 (I_{GS}) = 性腺重 (g) / 空壳重 (g) $\times 100\%$, 肥满度 = 空壳重 (g) / 体长³ (mm), 绝对繁殖力 (粒) = 每克卵巢卵粒数 \times 卵巢重 (g), 相对繁殖力 (粒) = 绝对繁殖力 / 体重 (g)。

2 结果与分析

2.1 四川华鳊不同年龄组个体数、体长及体重组成

共采集到四川华鳊样品 570 尾。四川华鳊作为小型经济鱼类, 寿命相对较短, 年龄介于 0⁺ 至 3⁺ 龄, 多数 (雌、雄) 个体年龄范围 1⁺ 至 2⁺, 少数雌性个体年龄达到 3⁺ (表 1)。岷江水域眉山段所采集四川华鳊个体体长 71~91 mm, 体重 8.1~17.0 g (图 1)。

2.2 四川华鳊初次性成熟大小、性比

最小性成熟雌性个体体长 71 mm, 体重 7.1 g, 卵巢为 IV 期, 绝对繁殖力为 1 163 粒。雄性体长 65 mm, 体重 4.5 g, 精巢为 IV 期。最小性成熟个体 (雌雄) 均为 5 月份采到的 1 龄个体。1 龄性成熟个体共 34 尾, 占总数的 6.4%。

在 570 尾样本中, 雄鱼 324 尾, 雌鱼 206 尾, 肉眼未能分辨雌雄的个体 40 尾, 雄: 雌性比为 1.57:1, 雄雌之比不符合 1:1 的理论值 (χ^2 检验, $P < 0.01$), 雄性个体在数量上显著多于雌性个体, 但在个体体重上普遍小于雌性个体。在繁殖季节, 性腺达到 IV 期及以上的性成熟个体中, 雄性个体数量也显著多于雌性个体, 雄雌之比为 1.75:1 (χ^2 检验, $P < 0.01$)。在非繁殖季节, 雄性个体数量的比例仍然大于雌性 (χ^2 检验, $P < 0.05$)。四川华鳊雌雄成年个体在外形上几乎没有差异, 但在繁殖季节, 雌性个体一般腹部饱满, 个体明显大于雄性。

2.3 繁殖期确定

雄鱼 (324 尾) 和雌鱼 (206 尾) 成熟系数的周年变化见图 2, 雌性成熟系数从 12 月开始上

表 1 四川华鳊不同年龄组的生长参数 (平均值 \pm 标准差)

Table 1 Growth indice of *Sinibrama taeniatus* in different age groups (Mean \pm SD)

| 年龄 Age | 雌鱼 Female (n = 206) | | | 雄鱼 Male (n = 324) | | | 性别未辨 Undetermined (n = 40) | |
|----------------|-------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | 样本量 Sample size n | 体长 (mm) Standard length | 体重 (g) Weight | 样本量 Sample size n | 体长 (mm) Standard length | 体重 (g) Weight | 体长 (mm) Standard length | 体重 (g) Weight |
| 未测 | 33 | 86.90 \pm 10.19 | 12.59 \pm 4.52 | 13 | 79.82 \pm 8.34 | 9.26 \pm 2.94 | 70.05 \pm 6.16 | 6.09 \pm 1.44 |
| 0 ⁺ | 10 | 82.67 \pm 7.63 | 10.36 \pm 3.84 | 20 | 78.54 \pm 5.47 | 7.01 \pm 1.87 | | |
| 1 ⁺ | 111 | 83.79 \pm 8.99 | 11.52 \pm 4.29 | 215 | 80.77 \pm 6.16 | 9.88 \pm 2.38 | | |
| 2 ⁺ | 48 | 87.69 \pm 8.99 | 12.58 \pm 4.24 | 76 | 83.88 \pm 5.95 | 9.13 \pm 5.83 | | |
| 3 ⁺ | 4 | 90.50 \pm 11.00 | 13.18 \pm 4.31 | 0 | | | | |

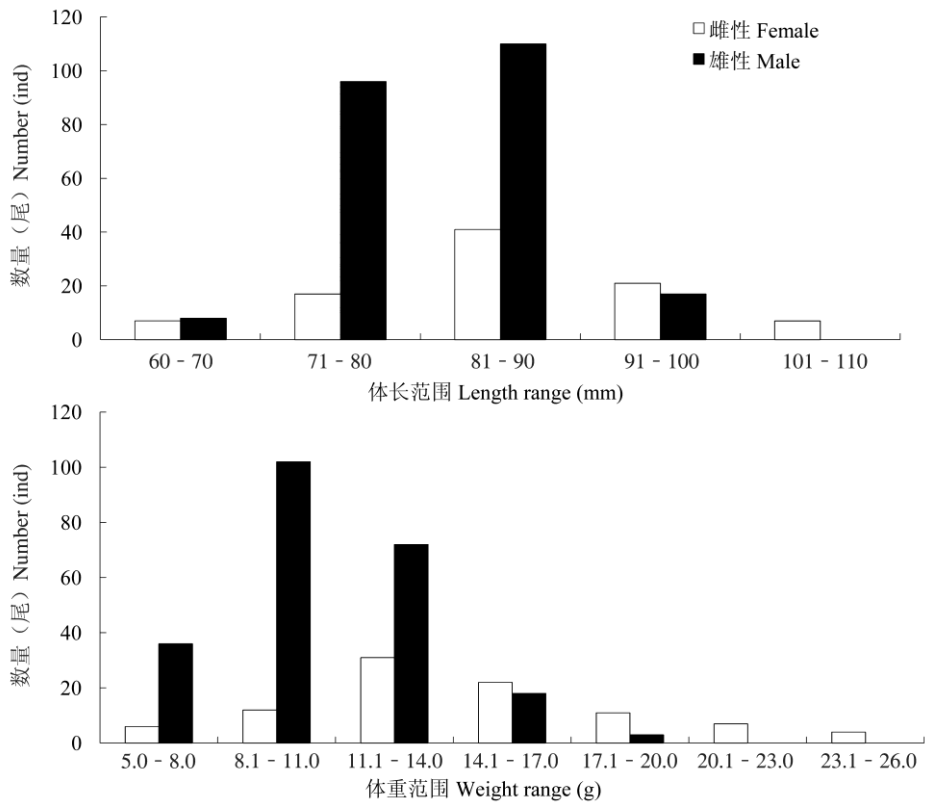


图 1 四川华鲮体长、体重的组成

Fig. 1 The standard length and the total weight of *Sinibrama taeniatus*

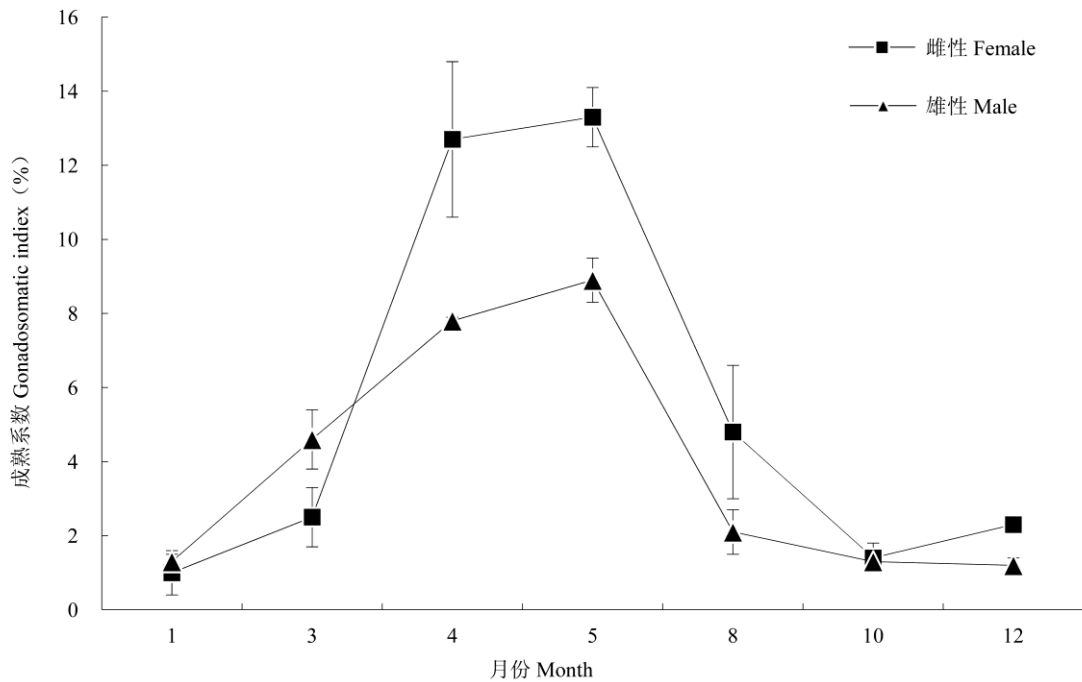
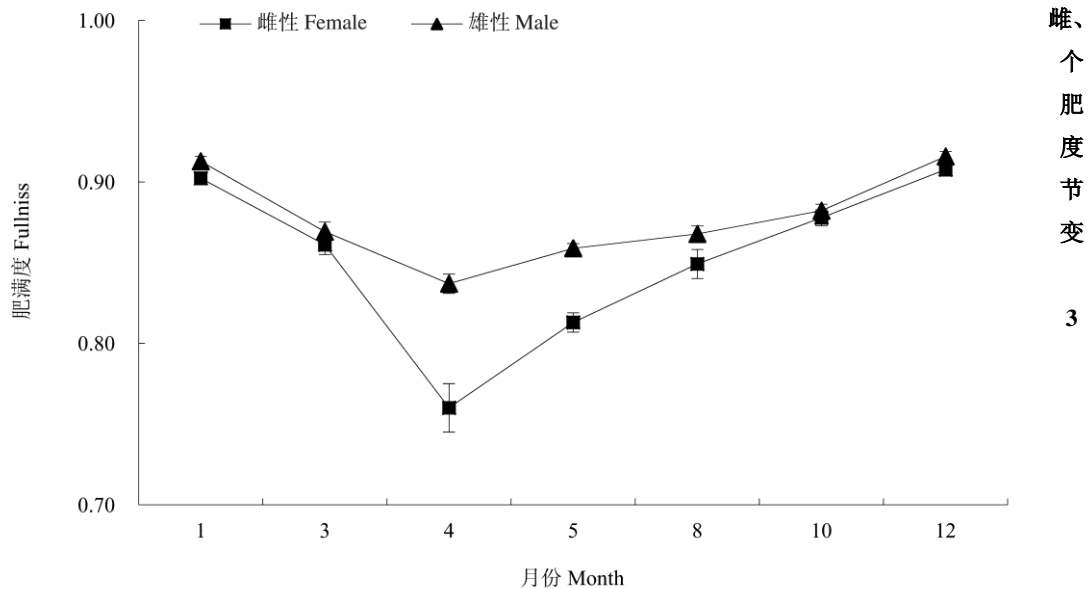


图 2 雌、雄性成熟系数的季节性变化

Fig. 2 Seasonal changes of gonadosomatic indices (GIS)

图 3
雄
体
满
季
性
化
Fig.



Seasonal change of fullness between female and male

升, 在翌年的4~5月份达到峰值, 之后下降, 8~10月最低; 雄性成熟系数从1月份开始上升, 4~5月份达到峰值, 之后下降。说明四川华鲮繁殖季节主要集中在4月初到5月底。此外图2显示, 相对于雌性而言, 雄性个体性成熟时间相对较早。四川华鲮雌雄个体肥满度周年变化规律, 除了4月份雌性个体肥满度低于雄性个体外, 两性个体的周年变化趋势基本一致(图3), 即先下降(1~4月份)后上升(5~12月份)。

2.4 卵径与繁殖力

测量了 60 尾个体IV期卵巢中卵粒的卵径和繁殖力(图4, $n = 1800$, 每尾鱼测量 30 粒卵), 卵径为 0.35 ~ 1.49 mm, 平均 (1.05 ± 0.17) mm, 卵径分布呈单峰型, 卵径大小主要集中在 0.9 ~ 1.3 mm。卵具有微黏性。60 尾卵巢为IV期个体的体长 71 ~ 107 mm, 体重 7.1 ~ 25.1 g, 年龄 1 ~ 3 龄, 绝对繁殖力 301 ~ 8789 粒, 平均 (2734 ± 258) 粒, 相对繁殖力 15 ~ 1003 粒/g, 平均 (236 ± 20) 粒/g。

四川华鲮绝对繁殖力(F)随着体长(L)、体重(W)的增加呈增大趋势(图5), 与体长的关系可表达为 $F = 84.58L - 4751.70$ ($R^2 =$

0.17, $P < 0.05$, $n = 60$); 与体重的关系可表达为 $F = 226.59W - 586.00$, ($R^2 = 0.29$, $P < 0.05$, $n = 60$)。

3 讨论

3.1 与鲃亚科几种小型鱼类繁殖生态的比较

四川华鲮仅分布于我国长江上游水域, 属于华鲮属鱼类分布区域的边缘地带, 环境条件与其他华鲮属鱼类的主要分布区域差异明显, 在漫长的演化过程中形成了一系列特有的生活史对策, 为了解四川华鲮繁殖生态特征, 将四川华鲮和同属的大眼华鲮(*Sinibrama macrops*)及鲃亚科中几种长江上游特有小型鱼类进行比较(表2)。依据卵径分布类型, 成熟系数和丰满度曲线等指标(王剑伟 1992, 李文静等 2007), 可以推断四川华鲮为单批产卵型鱼类, 与鲃亚科中的鲮(*H. leucisculus*) (杨泽均等 1992)、张氏鲮(*Hemiculter tchangi*) (孙宝桂等 2010)相同, 但不同于大眼华鲮(分批产卵)(刘国栋等 2011)。四川华鲮的绝对繁殖力较低, 最小性成熟个体相对偏小, 在群体结构组成中雄性个体比例显著大于雌性个体, 相比之

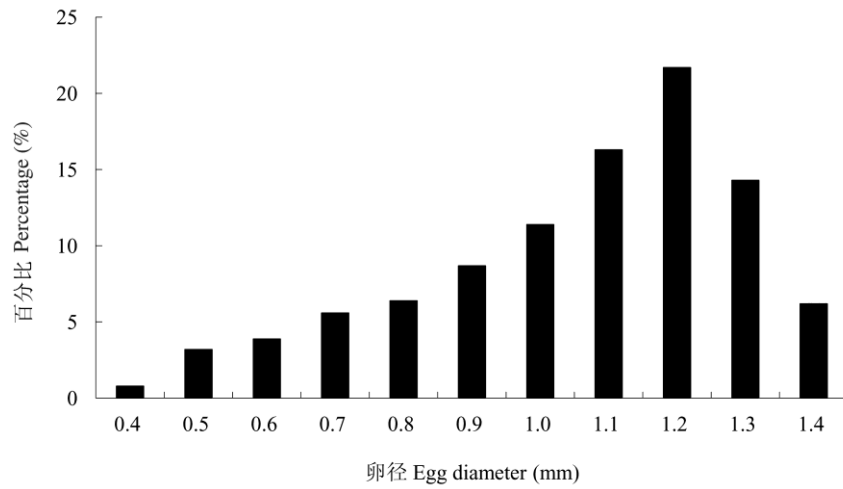


图 4 四川华鲮的卵径分布

Fig. 4 The distribution of egg-diameter of *Sinibrama taeniatus*

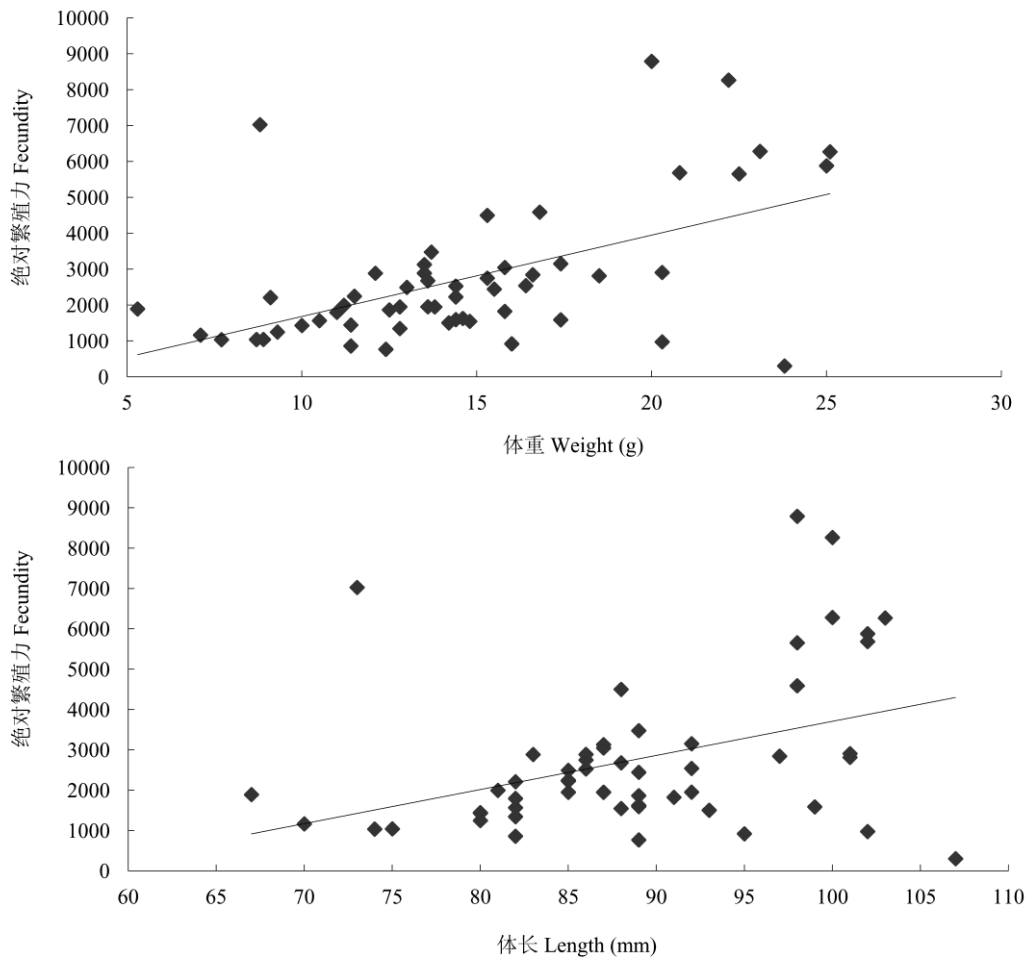


图 5 四川华鲮绝对繁殖力与体重、体长的关系

Fig. 5 The relationship between fecundity and weight, standard length for *Sinibrama taeniatus*

表 2 四川华鲮与鲃亚科几种鱼类繁殖生态特征比较

Table 2 Comparison of reproductive ecology between *Sinibrama taeniatus* and other Culterinae fish

| 采样区域 Sampling areas | 种类 Species | 最小性成熟个体体长 (mm) Minimum size of matured | | 性比 (♀:♂) Sex-ratio | 绝对繁殖力 (粒) Absolute fecundity (particle) | 产卵时间 (月份) Spawning season (Month) | 产卵类型 Spawning type | 数据来源 Data sources |
|---|----------------------------|---|-----|--------------------------|---|---|----------------------------------|----------------------|
| | | ♀ | ♂ | | | | | |
| 嘉陵江南充段 Nanchong section of Jialing River | 鲃 <i>H.leucisculus</i> | 84 | 89 | 1 : (1.29 ~ 4) | 3 780 ~ 40 257 | 5 ~ 8 | 单批产卵 Single batch spawning | 杨泽均等 1992 |
| 赤水河河口段 Chishui River section | 张氏鲃 <i>H. tchangi</i> | 77 | 108 | 1.07 : 1.00 | 1 164 ~ 65 963 | 5 ~ 9 | 单批产卵 Single batch spawning | 孙宝桂等 2010 |
| 千岛湖 Qiandao Lake | 大眼华鲮 <i>S.macrops</i> | — | — | ♀ > ♂ | 1 870 ~ 18 665 | 5 ~ 6, 8 ~ 11 | 分批产卵 Batch spawning | 刘国栋等 2011 |
| 岷江眉山段 The Meishan section of Minjiang River | 四川华鲮 <i>S.taeniatus</i> | 70 | 65 | 1.00 : 1.56 | 301 ~ 8 789 | 4 ~ 5 | 单批产卵 Single batch spawning | |

“—”表示无数据。“—” means no date source.

下产卵时间(4~5月份)略早于其他几种鱼类,表明岷江四川华鲮的繁殖策略与其他几种小型鱼类存在差异。可能与岷江眉山段水域生态环境由于抽沙、修护堤、建桥梁等工程项目而破坏严重以及捕捞业发达有关(李文静等 2007)。

3.2 个体繁殖力与体长、体重之间的关联

鱼类个体繁殖力不仅与鱼的本质特征、外界生态环境及营养状况有关,还与生物学指标存在显著关联(王银东等 2007)。研究表明,四川华鲮的绝对繁殖力与体长、体重密切相关。不同鱼类个体繁殖力与鱼体生物学指标的关系不尽相同。如香鱼(*Plecoglossus dtivelis*) (曹克驹等 1982)、大眼鳊(*Siniperca kneri*) (王广军等 2006)的个体繁殖力与体重呈直线相关,而与体长呈幂函数关系;白班狗鱼(*Esox lucius*) (张桂蓉等 2004)和黑莓鲈(*Pomoxis nigromaculatus*) (Steve et al. 1994)的个体繁殖力与体长、体重均呈幂函数关系。研究中应用相关分析探讨了四川华鲮个体繁殖力与体长、体重之间的关系,与鲃(*Silurus asotus*) (魏刚等 1997)、厚颌鲂(*Megalobrama skolkovii*) (李文静等 2007)等鱼类呈现相似的规律,即均呈直线相关。根据四川华鲮个体繁殖力与体长、

体重之间的关系,可以快速估算和预测种群繁殖能力,对指导渔业资源有重要作用(王银东等 2007)。

3.3 资源与保护

环境压力是影响鱼类繁殖策略的主要因素(殷名称 1995)。相对于环境的自然变迁,人为活动的干扰更加剧烈,对种群的影响愈加明显(李文静等 2007)。长江上游岷江段四川华鲮分布水域的生态环境破坏严重,渔业作业强度高,四川华鲮面临持续的高强度捕捞压力,而种群补充缓慢,可能导致资源量持续下降和个体小型化。野外调查及解剖发现岷江眉山段四川华鲮的年龄组成以1~2龄为主,3龄及以上个体极少,而同属的大眼华鲮(千岛湖,刘国栋等 2011)有0⁺~5⁺共6个年龄组组成。张堂林(2005)研究发现同种或同属鱼类年龄组成在不同的地理水域可能存在差异,主要与温度、食物等水域环境因子有关。岷江眉山段四川华鲮低龄鱼比例偏大,高龄鱼比例偏小。针对四川华鲮资源现状,可以实施严格限制针对幼鱼和繁殖期亲鱼的捕捞,如依法取缔电捕,刺网网孔不能小于2 cm等,并保护栖息地,加强繁殖生态学和人工繁殖技术研究,为以后可

能需要的增殖放流做好技术储备等措施。

参 考 文 献

- Fleming I A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6(4): 379–416.
- Rao A C, Krishnan L. 2009. Studies on the reproductive biology of the female spiny cheek grouper, *Epinephelus diacanthus* (Valenciennes, 1828). *Indian Journal of Fisheries*, 56(2): 87–94.
- Shen K N, Tzeng W N. 2008. Reproductive strategy and recruitment dynamic of amphidromous goby *Sicyopterus japonicus* as revealed by otolith microstructure. *Journal of Fish Biology*, 73(10): 2497–2512.
- Steve C B, Roy C H. 1994. Individual and relative fecundity of Black Crappie (*Pomoxis nigromaculatus*) in Baldwin Cooling pond. *Transaction of the Illinois State Academy of Science*, 87(3): 145–150.
- Winemiller K O. 2005. Life history strategies, population regulation and implications for fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(4): 872–885.
- Wootton R J. 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Michigan: University of Michigan, Chapman and Hall, 1–370.
- 曹克驹, 李明云. 1982. 鳊溪香鱼繁殖生物学的研究. *水产学报*, 6(2): 107–118.
- 丁瑞华. 1994. *四川鱼类志*. 成都: 四川科学技术出版社.
- 段中华, 孙建贻. 1999. 瓦氏黄颡鱼的繁殖生物学研究. *水生生物学报*, 23(6): 610–616.
- 李文静, 王剑伟, 谢从新, 等. 2007. 厚颌鲂 (*Megalobrama pellegrini*) 的繁殖生物学特性. *生态学报*, 27(5): 1917–1926.
- 刘国栋, 何光喜, 刘其根, 等. 2011. 千岛湖大眼华鳊年龄、生长和繁殖的初步研究. *上海海洋大学学报*, 20(3): 382–391.
- 孙宝桂, 李晋, 但胜国, 等. 2010. 张氏鲮的繁殖生物学特性. *水生生物学报*, 34(5): 998–1003.
- 王广军, 谢骏, 庞世勋, 等. 2006. 珠江水系大眼鳊的繁殖生物学. *水产学报*, 30(1): 50–55.
- 王剑伟. 1992. 稀有鮡鲫的繁殖生物学. *水生生物学报*, 16(2): 166–174.
- 王银东, 熊邦喜, 马徐发, 等. 2007. 湖北道观河水库青稍鲌 (*Culter dabry*) 的个体生殖力. *海洋与湖沼*, 38(2): 180–186.
- 魏刚, 黄林. 1997. 鲢繁殖生物学的研究. *水产学报*, 21(3): 225–232.
- 谢从新. 2010. *鱼类学*. 北京: 中国农业出版社.
- 杨泽均, 何晓红, 赖朝文, 等. 1992. 鲮的性状、年龄与生长及性腺发育. *四川动物*, 11(1): 28–40.
- 殷名称. 1995. *鱼类生态学*. 北京: 中国农业出版社.
- 张桂蓉, 杜劲松, 严安生, 等. 2004. 额尔齐斯河白班狗鱼的个体繁殖力. *华中农业大学学报*, 23(3): 335–337.
- 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. 武汉: 中国科学院水生生物研究所博士学位论文.