

# 中华花鳅的繁殖生物学特性研究

周贤君, 杨引欢, 董芳, 张桓桥

(贵州大学动物科学学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:**探究中华花鳅(*Cobitis sinensis*)的繁殖生物学特性,可为其人工增殖和资源保护利用提供科学依据。2017年11月至2018年5月,在贵州境内舞阳河施秉段采集中华花鳅样本381尾,以鳞片作为年龄鉴定材料,将样本解剖后进行性别鉴定和性腺分期。结果表明,舞阳河中华花鳅体长( $L$ )为58.9~100.2 mm,体重( $W$ )为2.0~13.7 g,年龄在1~4龄。381尾样本中,性别不可辨样本有23尾,雄248尾,雌110尾,性腺发育至IV期最多。经肉眼观察发现,中华花鳅的精巢和卵巢均可分为6期,有70尾雌鱼性腺发育达到IV期,其绝对繁殖力( $F$ )为542~2865粒,体长相对繁殖力( $F_L$ )为6.6~28.6粒/mm,体重相对繁殖力( $F_w$ )为99.8~490.7粒/g;绝对繁殖力( $F$ )、体长相对繁殖力( $F_L$ )均与体长( $L$ )、体重( $W$ )、净体重( $W_0$ )、性腺重( $W_1$ )、成熟系数(GSD)之间具有极显著相关性( $P < 0.01$ ),体重相对繁殖力( $F_w$ )与性腺重( $W_1$ )、成熟系数(GSD)之间具有极显著相关性( $P < 0.01$ )。实地调查发现,中华花鳅的产卵场主要在砂质底质、水质清新、水流较缓、水草丰富的浅水区,繁殖期为5~8月,繁殖高峰期5月中旬至6月上旬。研究显示,中华花鳅的繁殖力较低,繁殖高峰期时间较短,低龄化严重,亟需对其进行资源保护和系统研究。

**关键词:**中华花鳅;繁殖生物学;个体繁殖力

**中图分类号:**Q178 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2021)01-0123-06

中华花鳅(*Cobitis sinensis*)俗名花泥鳅,隶属于鲤形目、鳅科、花鳅属,广泛分布于欧亚大陆、北非等地。在我国常见于长江以南各江河水系的山涧溪流中(陈景星,1981)。中华花鳅产非粘性卵,营底栖生活,以滤食砂泥中的植物碎屑、藻类或以其他小型底栖无脊椎动物为主要的食物来源。中华花鳅因外形漂亮,具有独特的斑点,深受观赏鱼爱好者的青睐,常常作为观赏鱼进行养殖;因其味道鲜美、无肌间刺,深受消费者的喜爱,为产区的土著经济鱼类之一。近年来,随着生活水平的提高,人们对野生鱼类的需求量增加,使得野生中华花鳅的捕捞强度很大,再加上环境胁迫因素的影响,导致其资源量不断下降,有些区域甚至难寻踪影。因此,亟需对其进行深入的科学研究和资源保护。

由于鳅科的复杂性,目前对于中华花鳅的研究大部分集中在分类学(陈景星,1981)、系统发育(唐琼英,2005)和染色体(胡克坚,2006)等方面,鲜见关

于其基础生物学方面的研究,尤其是缺少其繁殖生物学方面的报道。因此,项目组采用常规生物学方法研究中华花鳅的繁殖生物学特性,并通过相关分析和回归分析,拟合出中华花鳅个体繁殖力与各生物学指标之间的回归方程,探究影响其个体繁殖力的生物学指标;同时,通过实地调查,对中华花鳅的生活水域状况及集群繁殖时间等进行调查,旨在为其人工增殖和自然资源保护性开发提供基础生物学资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本采集

2017年11月至2018年5月,在贵州境内的舞阳河施秉县河段共计采集中华花鳅样本381尾,采样工具为0.5 cm网眼的地笼网,获取样本后充氧运回实验室。中华花鳅的产卵条件以实地调查方式进行。

### 1.2 实验方法

用纱布和吸水纸将鱼体表面的水分擦干,使每尾样本在测量时都保持一样的状态,对每尾样本进行全长、体长、体重等的测量。全长、体长的测量采用游标卡尺,精确到0.1 mm;体重使用电子天平进行称量,精确到0.1 g。

收稿日期:2019-02-25

基金项目:中华花鳅的繁殖特性及人工繁殖研究(黔科合LH字[2015]7675号);清水江花鳅的生物学特性及种群资源现状研究(贵大人基合字[2014]11号)。

作者简介:周贤君,1978年生,女,副教授,主要从事鱼类生物学及营养学研究。E-mail: cqjzhou@126.com

以鳞片作为中华花鳅的年龄鉴定材料(贾砾,2013)。取背鳍起点正下方至侧线上方的鳞片做水镜片,在显微镜下进行年龄鉴定。解剖中华花鳅,取出性腺,参照殷名称(1995)的方法进行性腺发育分期,使用电子天平称量净体重和性腺重(精确到0.01 g)。将每尾鱼的性腺分别装入10 mL离心管中,以10%的福尔马林固定备用。

### 1.3 鱼类繁殖力

取70尾性腺发育到IV期的中华花鳅卵巢前、中、后端各一部分混合,称取0.1 g以统计卵粒数,只计数发育到III期及以上的卵粒。根据卵粒数计算每尾鱼的绝对繁殖力( $F$ )、体长相对繁殖力( $F_L$ )、体重相对繁殖力( $F_w$ )和性体指数(GSI)。取10尾性腺发育至IV期的性腺样本,每尾随机抽取200粒卵在体视显微镜下测量其卵径,共计2 000粒,做卵径分布图。各指标计算公式如下:

$$F = (n/W_2) \times W_1 \quad (1)$$

$$F_L = F/L \quad (2)$$

$$F_w = F/W_0 \quad (3)$$

$$GSI = W_1/W_0 \times 100\% \quad (4)$$

式中: $F$ -绝对繁殖力; $F_L$ -体长相对繁殖力; $F_w$ -体重相对繁殖力;GSI-性体指数; $n$ -样品卵粒数; $W_2$ -样品重; $L$ -样本鱼体长; $W_0$ -样本鱼净体重; $W_1$ -性腺重。

### 1.4 数据处理

所有数据采用Excel 2012和IBM SPSS Statistics 19软件进行处理和分析。中华花鳅个体生殖力与生物学指标的最佳回归方程根据判定系数( $R^2$ )最大者进行选择,并通过 $t$ 检验显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 体指标与年龄

采集中华花鳅样本381尾,体长范围58.9~100.2 mm,体重范围2.0~13.7 g,年龄范围1~3<sup>+</sup>。可鉴别雌雄的样本为358尾,其中雄鱼248尾,雌鱼110尾,不能辨认雌雄的样本为23尾(表1)。

表1 中华花鳅的体指标统计

Tab.1 Characteristics of sex, body length, body weight and net body weight of the collected 381 *C. sinensis* specimens

性别	尾数	体长/mm		体重/g		净体重/g		年龄
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	
雄	248	58.9~85.2	69.1±4.6	2.0~7.3	3.6±0.9	1.9~6.5	3.2±0.8	1~3 <sup>+</sup>
雌	110	61.7~100.2	82.6±7.0	3.0~13.7	6.9±2.0	1.9~9.8	3.8±1.3	1~3 <sup>+</sup>
未知	23	60.2~79.5	68.3±5.0	2.3~6.7	3.5±1.0	2.1~4.7	3.0±0.8	1~2 <sup>+</sup>

### 2.2 性比与卵径

381尾样本中,可分辨雌雄的样本有358尾,其雌雄性比为1:2.2。

雄性群体中,最小性成熟个体体长为60.7 mm,体重为2.6 g,年龄为1龄;雌性群体中,最小性成熟个体体长为68.4 mm,体重为3.6 g,年龄为1龄。样本中雌鱼的性腺发育至第IV期的个体占比最高,占全部雌鱼的63.6%;雄鱼的性腺发育至III期的个体占比最高,占全部雄鱼的76.21%,其余个体处于IV期和V期。

卵径的频率分布如图1。可以看出,大部分卵径在1.2~1.5 mm,集中形成一个峰值,说明中华花鳅为一次产卵类型。

### 2.3 繁殖力

381尾样本中,70尾雌鱼的性腺达到IV期,其GSI为9.8%~42.3%,均值为(26.3±7.6)%; $F$ 为542~2 865粒,均值为(1 403±526)粒。 $F_L$ 为7~29粒/mm,均值为(16±5)粒/mm; $F_w$ 为100~491粒/g,均值为(255±80)粒/g。不同年龄组的个体繁殖力见表2。

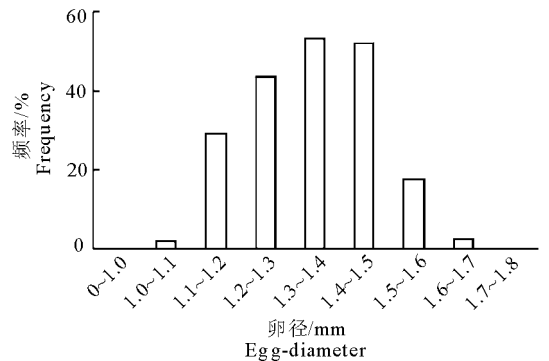


图1 中华花鳅的卵径频率分布

Fig.1 Frequency distribution of the egg diameter of the *C. sinensis*

### 2.4 个体繁殖力与生物学指标的相关性

中华花鳅个体繁殖力 $F$ 、 $F_L$ 、 $F_w$ 与体长( $L$ )、体重( $W$ )、年龄( $A$ )、净体重( $W_0$ )、性腺重( $W_1$ )、GSI的生物学指标相关系数见表3。根据 $t$ 检验, $F$ 、 $F_L$ 分别与 $L$ 、 $W$ 、 $W_0$ 、 $W_1$ 、GSI达到极显著性相关( $P < 0.01$ ),与 $A$ 未达到显著性相关( $P > 0.05$ )。 $F_w$ 与 $L$ 、 $W$ 、 $A$ 、 $W_0$ 的相关性均不显著( $P > 0.05$ ),仅与 $W_1$ 、GSI相关性极显著( $P < 0.01$ )。

表2 不同年龄组中华花鳅的繁殖力比较

Tab.2 Individual fecundity comparison for different age groups of *C. sinensis*

年 龄	尾 数	F/粒		F <sub>L</sub> /粒·mm <sup>-1</sup>		F <sub>w</sub> /粒·g <sup>-1</sup>	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值
2	34	542~2350	1363±482	7~27	16±5	105~491	260±87
3	31	545~2865	1377±526	7~29	16±5	100~434	250±73
4	5	975~2462	1838±724	11~28	20±8	143~366	252±100

表3 中华花鳅个体繁殖力与各生物学指标的相关性

Tab.3 Correlation coefficient between individual fecundity and various biological indicators of *C. sinensis*

指标	L	W	A	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	GSI
F	0.538**	0.698**	0.155	0.571**	0.830**	0.732**
F <sub>L</sub>	0.371**	0.580**	0.120	0.434**	0.777**	0.770**
F <sub>w</sub>	0.039	0.164	-0.050	-0.046	0.457**	0.708**

注：“\*\*”表示达到0.01显著性水平。

Note：“\*\*”statistically significant (P<0.01).

表4 中华花鳅的个体繁殖力与各单一生物学指标的回归方程

Tab.4 Regression equations for individual fecundity and individual biological indicator of *C. sinensis*

指标	个体生殖力指标		
	F/粒	F <sub>L</sub> /粒·mm <sup>-1</sup>	F <sub>w</sub> /粒·g <sup>-1</sup>
L/mm	$F = 48.622L - 2691.7$ $R^2 = 0.289$ $P < 0.01$	$F_L = 0.3565L - 13.503$ $R^2 = 0.1375$ $P < 0.01$	$P > 0.05$
W/g	$F = 3.7635W^2 + 153.33W + 75.033$ $R^2 = 0.5248$ $P < 0.01$	$F_L = 0.0257W^2 + 1.5156W + 4.0735$ $R^2 = 0.379$ $P < 0.01$	$P > 0.05$
A/龄	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$
W <sub>0</sub> /g	$F = 252.8W_0 + 8.389$ $R^2 = 0.326$ $P < 0.01$	$F_L = 2.0424W_0 + 5.2506$ $R^2 = 0.1884$ $P < 0.01$	$P > 0.05$
W <sub>1</sub> /g	$F = 1033.2W_1^{0.7705}$ $R^2 = 0.6978$ $P < 0.01$	$F_L = 12.611W_1^{0.6867}$ $R^2 = 0.6393$ $P < 0.01$	$F_w = 60.218W_1 + 166.24$ $R^2 = 0.2089$ $P < 0.01$
GSI	$F = 4563.6GSI^{0.9044}$ $R^2 = 0.6006$ $P < 0.01$	$F_L = 51.92GSI^{0.872}$ $R^2 = 0.6439$ $P < 0.01$	$F_w = 169.53\ln GSI + 489.84$ $R^2 = 0.5059$ $P < 0.01$

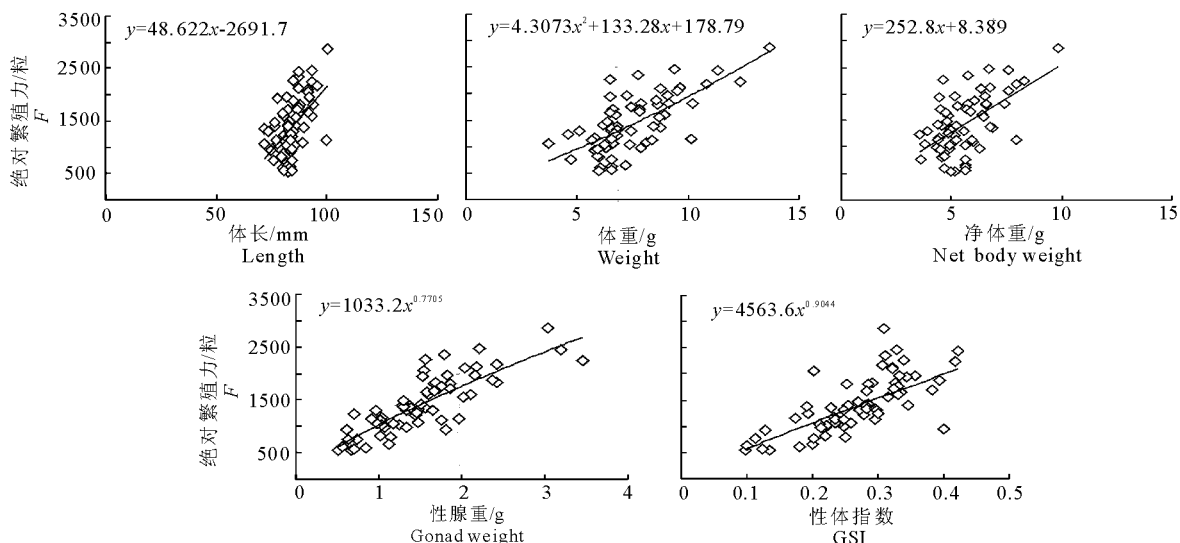


图2 中华花鳅的绝对繁殖力与体长、体重、净体重、性腺重和性体指数的最佳拟合方程

Fig.2 Best-fit equations expressing absolute fecundity *F* as a function of standard length, body weight, net weight, gonad weight, GSI of *C. sinensis*

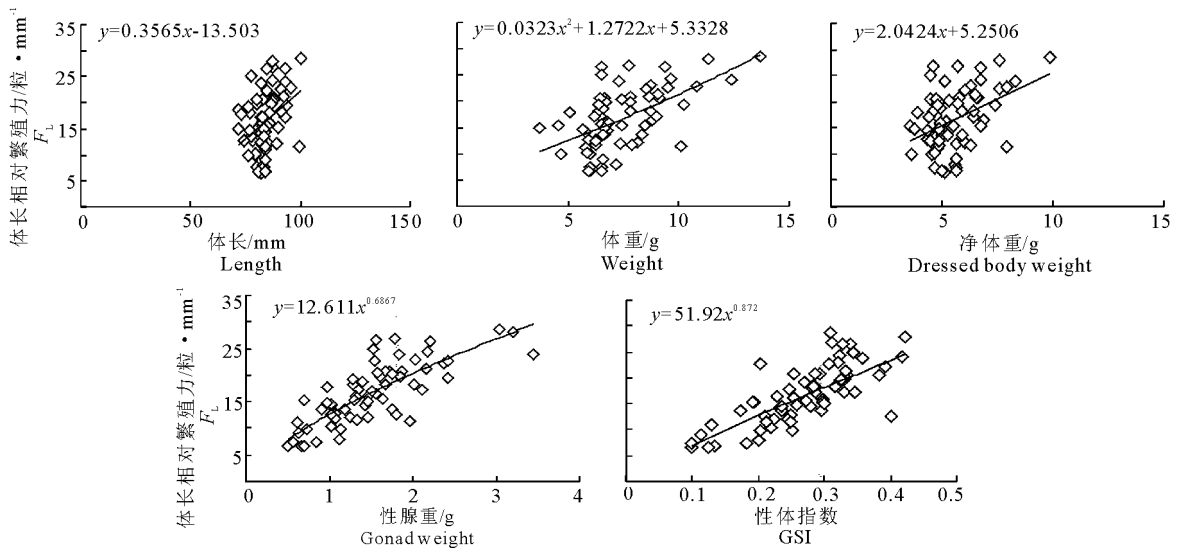


图3 中华花鳅的体长相对繁殖力与体长、体重、净体重、性腺重和性体指数的最佳拟合方程

Fig.3 Best-fit equations expressing relative fecundity  $F_L$ , as a function of standard length, body weight, net weight, gonad weight, GSI of *C. sinensis*

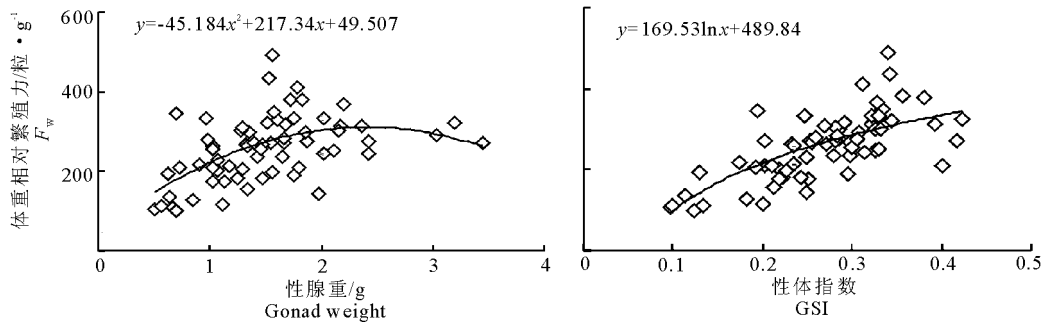


图4 中华花鳅的体重相对繁殖力与性腺重和性体指数的最佳拟合方程

Fig.4 Best-fit equations expressing relative fecundity  $F_w$  as a function of gonad weight and GSI of *C. sinensis*

## 2.6 个体繁殖力与各生物学指标的多元逐步回归

从单一指标本身看,可能与个体繁殖力关系并不密切,但可能与其它指标之间存在协同效应。因此,还需对中华花鳅的生物学指标进行多元逐步回归分析。将70尾性腺发育到IV期的中华花鳅 $F$ 分别与 $L$ 、 $W$ 、 $A$ 、 $W_0$ 、 $W_1$ 和GSI共6个生物学指标进行多元逐步回归分析,筛选出统计极显著的指标所得标准化回归方程为:

$$F = 342.373 + 725.326 W_1 \\ (R^2 = 0.842, P < 0.01)$$

$$F_L = 3.081 + 4.549 W_1 + 25.937 \text{GSI} \\ (R^2 = 0.82, P < 0.01)$$

$$F_w = -341.46 + 1392.26 \text{GSI} - 108.229 W_1 + \\ 4.644L \\ (R^2 = 0.766, P < 0.01)$$

由上式回归方程可见, $W_1$ 与 $F_L$ 呈正相关; $W_1$ 和GSI与 $F_L$ 均呈正相关,其偏相关系数分别为0.389和0.361; $W_1$ 和GSI与 $F_w$ 均呈正相关,其偏

相关系数分别为0.571和0.54; $L$ 与 $F_w$ 呈负相关,其偏相关系数为-0.16。

## 2.7 中华花鳅的产卵条件

对产卵场的实地调查发现,中华花鳅喜生活在低污染且以泥沙和砂砾为底质的清澈水体中。中华花鳅的产卵时间为每年的5月上旬至8月下旬,其中5月中旬至6月上旬是其产卵高峰,当水温上升至 $15^\circ\text{C}$ 以上时,中华花鳅开始集群产卵。

## 3 讨论

### 3.1 中华花鳅个体繁殖力及繁殖策略

本研究结果显示,中华花鳅的绝对繁殖力( $F$ )为542~2865粒,平均为 $(1403 \pm 526)$ 粒;与其他鳅科鱼类相比,中华花鳅的绝对繁殖力较低,如叶尔羌高原鳅[*Triplophysa (Hedinichthys) yarkandensis*]为1101~56320粒,平均为 $(9944 \pm 5487)$ 粒(陈生熬等,2013);秀丽高原鳅(*Triplophysa venusta*)为233~6971粒,平均为1928粒(梁祥等,

2017);宽体沙鳅(*Botia reevesae*)为414~9 625粒,平均为3 230粒(黄燕等,2011);长薄鳅(*Leptobotia elongata*)为11 688~30 900粒,平均为19 206粒(梁银铨等,1999);中华沙鳅(*Botia superciliaris*)的平均为6 780粒(杨明生和丁夏,2010);花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)为28 763粒(杨明生等,2017);大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)为6 784粒(刘晓敏等,2016)。中华花鳅的绝对繁殖力较低,可能是其长期适应外界环境的结果,也可能是由其种的遗传性所决定,具体原因有待进一步探究。

### 3.2 中华花鳅个体繁殖力与各生物学指标的关系

分析发现,中华花鳅的绝对繁殖力( $F$ )和体长相对繁殖力( $F_L$ )均与体长、体重、净体重之间达到了极显著相关性水平( $P < 0.01$ ),体重相对繁殖力( $F_w$ )与体长、体重、净体重、年龄之间的相关性均不显著( $P > 0.05$ ),表明中华花鳅的 $F_w$ 不随体长和体重的增加而变化, $F_w$ 仅和性腺重相关,与其他生物学指标之间的相关性也不显著。此结论与乌苏里白鲑(*Coregonus ussurinsis*)(李培伦等,2015)、泉水鱼(*Pseudogyrinocheilus prochilus*)(熊美华等,2012)的研究结果基本一致。

已有研究表明,鱼类的绝对繁殖力( $F$ )与其 $L$ 、 $W$ 之间的最佳拟合方程多为幂函数、线性函数(肖海和代应贵,2010)。本研究采用多种相关式拟合中华花鳅个体繁殖力与各生物学指标之间的关系,结果显示 $F$ 和 $F_L$ 与 $L$ 、 $W_0$ 拟合度最好的为线性函数,与 $W_1$ 、GSI为幂函数,与体重为二次函数; $F_w$ 仅与 $W_1$ 、GSI显著相关,分别呈线性相关和对数相关,这与其它鱼类的研究结果不太一致,反映出中华花鳅的独特性,也强调了在进行回归分析时,采用不同类型的函数进行拟合,并通过相关性检验找出其最佳拟合方程的必要性。由于 $F$ 和 $F_L$ 与 $L$ 、 $W$ 、 $W_0$ 、 $W_1$ 、GSI的拟合方程类型相同,推测中华花鳅的 $F$ 和 $F_L$ 与 $L$ 、 $W$ 、 $W_0$ 、 $W_1$ 、GSI的变化相似。

中华花鳅个体繁殖力 $F$ 、 $F_L$ 、 $F_w$ 与各生物学指标的逐步回归分析中,均与 $W_1$ 显著相关,这表明性腺是影响中华花鳅个体繁殖力最重要的指标。在 $F_w$ 的单一指标中, $L$ 与 $F_w$ 无相关性,但在多元逐步回归分析中, $L$ 与 $F_w$ 呈负相关。因此,在分析个体繁殖力与各生物学指标的关系时,除了考虑单一指标之外,还需要进行多元逐步回归分析。

### 3.3 中华花鳅的资源现状

一般而言,鱼类的绝对繁殖力越大,在早期生活史阶段死亡率越高(肖海和代应贵,2010)。中华花鳅的绝对繁殖力与其他鳅类如叶尔羌高原鳅(陈生熬等,2013)、秀丽高原鳅(梁祥等,2017)、宽体沙鳅(黄燕等,2011)、长薄鳅(梁银铨等,1999)、中华沙鳅(杨明生等,2010)、花斑副沙鳅(杨明生等,2017)、大鳞副泥鳅(刘晓敏等,2016)相比较低,表明其早期生活史阶段的死亡率可能比较低,但实际情况是否如此,有待进一步研究。对于中华花鳅这种繁殖力较低的鱼类,资源一旦遭受破坏,将很难恢复。从这几年的连续采样调查来看,中华花鳅的分布区域越来越小,捕获量也越来越少,急需对其进行资源保护和适当的增养殖。

#### 参考文献

- 陈景星,1981. 中国花鳅亚科鱼类系统分类的研究[C] // 鱼类学论文集(第1集). 北京:科学出版社:21-32.
- 陈生熬,马春晖,丁慧萍,等,2013. 塔里木河叶尔羌高原鳅繁殖生物学研究[J]. 水生生物学报,37(5):810-816.
- 胡克坚,2006. 中华花鳅的染色体组型及其多态性形成的分析[D]. 长沙:湖南师范大学.
- 黄燕,岳兴建,王芳,等,2011. 沱江宽体沙鳅个体生殖力的研究[J]. 四川动物,30(6):916-920.
- 贾砾,2013. 长江宜宾段中华金沙鳅食性与生长研究[D]. 重庆:西南大学.
- 李培伦,刘伟,王继隆,等,2015. 黑龙江乌苏里白鲑的个体繁殖力[J]. 中国水产科学,22(6):1234-1242.
- 梁祥,冷云,李光华,等,2017. 秀丽高原鳅繁殖生物学研究[J]. 江苏农业科学,45(20):187-189.
- 梁银铨,胡小建,黄道明,等,1999. 长薄鳅生物学的某些资料[J]. 水利渔业,19(1):8.
- 刘晓敏,石英,刘凯,等,2016. 1龄大鳞副泥鳅个体繁殖力研究[J]. 天津农业科学,22(10):27-31.
- 唐琼英,2005. 鳅超科鱼类分子系统发育研究[D]. 武汉:华中农业大学.
- 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,31(3):64-70.
- 熊美华,邵科,史方,等,2012. 乌江泉水鱼个体生殖力的研究[J]. 水生态学杂志,33(5):41-46.
- 杨明生,李建华,黄孝湘,2007. 澧河花斑副沙鳅的繁殖生态学[J]. 水利渔业,27(5):84-85.
- 杨明生,丁夏,2010. 中华沙鳅的繁殖生物学研究[J]. 水生态学杂志,31(2):38-41.
- 殷名称,1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社.

## Reproductive Biology of *Cobitis sinensis*

ZHOU Xian-jun, YANG Yin-huan, DONG Fang, ZHANG Huan-qiao

(College of Animal Science, Guizhou University, Guiyang 550025, P.R.China)

**Abstract:** *Cobitis sinensis* is a popular ornamental fish because of its beauty, and a commercially important native fish species because of its good taste. In recent years, the wild population of *C. sinensis* in Wuyang River has sharply declined due to pollution, over fishing and hydropower development. In this study, we investigated the reproductive biology of *C. sinensis* and looked for biological indicators of individual fecundity using correlation and regression analysis. The objective was to provide a basic reference for artificial reproduction, genetic resource conservation and resource development of *C. Sinensis* populations. From November 2017 to May 2018, 381 *C. sinensis* specimens were collected in the Shibing section of Wuyang River, Guizhou province. Body length ( $L$ ), body weight ( $W$ ), net weight ( $W_0$ ) and gonad weight ( $W_1$ ) were measured. The age of each specimen was determined using scales as the age structure and egg diameter was measured with the aid of a microscope. To investigate reproductive biology, the gonad-somatic index (GSI) was calculated, absolute fecundity ( $F$ ) was obtained by counting all eggs and relative fecundity per millimeter ( $F_L$ ) and relative fecundity per gram ( $F_w$ ) were calculated. The body length ( $L$ ) range was 58.9 – 100.2 mm, the body weight ( $W$ ) range was 2.0 – 13.7 g, and the age range was 1 – 4 years. Among the 381 specimens, there were 248 males, 110 females and the sex of 23 individuals were not identified. The egg diameter of *C. sinensis* with ovary at stage IV ranged from 1.2 mm to 1.5 mm, and eggs were adhesive, spherical and golden yellow and gray white in color. The size distribution of eggs indicates that *C. sinensis* spawns once each year. The range of absolute fecundity was 542 – 2 865 eggs, and the ranges of relative fecundity,  $F_L$  and  $F_w$ , were 6.6 – 28.6 eggs/mm and 99.8 – 490.7 eggs/g. The absolute fecundity ( $F$ ) and body length relative fecundity ( $F_L$ ) of *C. sinensis* correlated significantly with body length, body weight, net weight, gonad weight and GSI ( $P < 0.01$ ). The body weight relative fecundity ( $F_w$ ) correlated significantly with gonad weight and GSI ( $P < 0.01$ ). Through field investigation, we also found that *C. sinensis* preferred spawning in fresh shallow water with sandy bottom, slow current and abundant aquatic plants. *C. sinensis* spawns from May to August, peaking from mid-May to mid-June. Our research shows that the reproductive ability of *C. sinensis* is poor, the spawning period is short and the trend toward younger *C. sinensis* is severe. Protection of the *C. sinensis* resource is urgently needed.

**Key words:** *Cobitis sinensis*; reproductive biology; individual fecundity