

# 沱江史家段四川华吸鳅个体生殖力研究

王永明<sup>1,2</sup>, 蒋维维<sup>2</sup>, 彭述东<sup>2</sup>, 严林<sup>2</sup>, 史晋绒<sup>2</sup>, 谢碧文<sup>2</sup>, 黄先全<sup>3</sup>

- (1. 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 水产科学重庆市重点实验室, 重庆 400715;
2. 内江师范学院生命科学学院, 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室, 四川内江 641100;
3. 四川省资中县农业农村局, 四川资中 641200)

**摘要:**为了解沱江史家段四川华吸鳅(*Sinogastromyzon szechuanensis*)的个体生殖力,于2018年3-5月采集性腺发育到IV期的雌性个体83尾,测量所有样本的体长( $L$ )、体重( $M$ )、净体重( $W$ )、卵巢重( $W_a$ ),并计算成熟系数(GSI)和丰满度( $K$ );取鳞片鉴定年龄,测定卵粒直径,通过重量法计数个体绝对生殖力( $F$ )、体长相对生殖力( $F_L$ )以及体重相对生殖力( $F_W$ ),用5种数学模型及回归方程拟合个体生殖力与形态指标的关系。结果显示,调查样本由2、3、4龄组成,分别占繁殖群体总数的26.51%、50.60%、20.89%;繁殖群体优势体长组为50.0~70.0 mm( $n=59$ ),占总数的71.08%;优势体重组为3.01~5.00 g( $n=31$ ),占总数的37.35%。 $F$ 为(829.09±627.54)粒,变幅80~3 790粒; $F_L$ 为(12.95±8.46)粒/mm,变幅1.40~48.58粒/mm; $F_W$ 为(206.97±114.73)粒/g,变幅25.21~614.45粒/g。 $F$ 和 $F_L$ 与体长、体重、净体重、成熟系数和年龄, $F_W$ 与体长、成熟系数和年龄呈二次函数相关;多元逐步回归分析发现,绝对生殖力、体长相对生殖力与成熟系数和体长呈正相关,回归方程分别为 $F = -163.533 + 82.148 \text{ GSI} + 78.691L$ ( $R^2=0.675, P<0.01$ ), $F_L = -1.866 + 1.195 \text{ GSI} + 0.305L$ ( $R^2=0.646, P<0.01$ )。体重相对生殖力与成熟系数呈正相关,与体重呈负相关,回归方程为 $F_W = -0.590 + 17.177 \text{ GSI} - 12.727W$ ( $R^2=0.639, P<0.01$ )。四川华吸鳅卵径分布只出现了一个较大的峰值,推测其为一次产卵类型。

**关键词:**四川华吸鳅;个体生殖力;形态指标;沱江

**中图分类号:**Q958 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2021)06-0105-06

四川华吸鳅(*Sinogastromyzon szechuanensis*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)、平鳍鳅科(Balitoridae)、华吸鳅属(*Sinogastromyzon*),主要分布于长江干流金沙江及其支流雅砻江、岷江、嘉陵江和乌江水系,为长江上游特有鱼类(丁瑞华,1994;吴金明等,2011);因产卵场较为集中(刘飞等,2014),其天然资源量更易受到酷捕和水利工程建设的影响,已被列为四川省重点保护鱼类(杨青瑞等,2011)。

鱼类的个体生殖力可体现物种或种群对环境的适应性,其变动及调节规律是阐明种群补充过程最主要的手段之一,也是正确估测种群数量变动的基础(殷名称,1995)。目前,有关四川华吸鳅的研究报道较少,主要集中在早期发育(吴金明等,2011)、资源调查(杨青瑞等,2011)、鱼卵漂流密度的昼夜变化(刘飞等,2014)及线粒体基因组与系统发育分析(Zou et al,2018)。本文通过研究沱江四川华吸鳅的生殖力,探讨其个体生殖力与鱼

体各形态指标间的关系,旨在了解其种群繁殖能力,为种质资源保护和人工繁殖提供理论参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

2018年3-5月于沱江史家段采集性腺发育至IV期的四川华吸鳅雌性个体83尾。

### 1.2 实验方法

1.2.1 常规生物学数据测定 新鲜状态下测量所有样本的体长( $L$ , mm)、体重( $M$ , g)、净体重(去内脏及性腺后的体重)( $W$ , g)、卵巢重( $W_a$ , g)等常规生物学数据。长度使用直尺测量,精确至1.0 mm,体重采用JA1003A电子天平(上海精天电子仪器有限公司)称量,精确至0.01 g。选取身体两侧背鳍前部下方与侧线上方的鳞片用于鉴定年龄。成熟系数(GSI)= $W_a/W \times 100\%$ ;丰满度( $K$ )= $100 \times (W/L^3)$ 。

1.2.2 卵径测定 采用国标GB 12763.6-91判定性腺分期,选取发育到IV期鱼类卵巢置于10%福尔马林中固定,用于卵径分布频率分析。每尾试验鱼随机抽取30粒卵用Nikon SM1体式显微镜拍照, Motic Images Plus 2.0图像分析软件进行卵径测定,每粒卵测2次,数据精确到0.01 mm。卵径( $D$ , mm)计算公式为: $D = (D_1 + D_2) / 2$ ,  $D_1$ 和 $D_2$ 为同一卵粒两次测定的卵径值。

收稿日期:2019-11-05 修回日期:2021-05-15

**基金项目:**淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室、水产科学重庆市重点实验室开放课题(Klas-2019-02);内江师范学院大学生创新创业项目(X2017079)。

**作者简介:**王永明,1985年生,男,副教授,主要从事鱼类形态及繁殖生物学研究。E-mail: wym8188@126.com

**通信作者:**谢碧文。E-mail: xiebw6873@163.com

1.2.3 繁殖力测定 采用重量法(殷名称,1995)计数个体绝对生殖力,即卵巢称重后,随机从卵巢前、中、后部称取约 0.05 g 样品置于 10% 福尔马林中固定,在 Nikon SM1 体式显微镜下统计卵黄沉淀的卵粒数量。个体绝对生殖力( $F$ , 粒)=(样品卵粒数/样品体重) $\times W_a$ ; 体长相对生殖力( $F_L$ , 粒/mm)= $F/L$ ; 体重相对生殖力( $F_w$ , 粒/g)= $F/W$ 。

### 1.3 数据处理

实测数据以(平均值 $\pm$ 标准差)表示,经 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析。个体生殖力和形态学指标关系以 5 种函数模型(线性函数、幂函数、指数函数、对数函数和二次函数方程)进行拟合,选取判定系数( $R^2$ )最大者为最佳回归方程。采用单因素方差分析和最小显著性差异(Least significant difference, LSD)比较分析个体生殖力与形态学指标及年龄的关系, $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 繁殖群体组成

四川华吸鳅雌性繁殖群体( $n=83$ )组成见表 1。其中,最小个体为 2 龄,体长 43.0 mm,体重 1.56 g,净体重 1.29 g,卵巢重 0.16 g,成熟系数 12.14%,丰满度 1.62。2、3、4 龄鱼分别占繁殖群体总数的 26.51%、50.60%、20.89%;繁殖群体优势体长组为 50.0~70.0 mm( $n=59$ ),占总数的 71.08%;优势体重组为 3.01~5.00 g( $n=31$ ),占总数的 37.35%(表 2)。

表 1 四川华吸鳅雌性繁殖群体组成

Tab.1 Biological indices of spawning female *S. szechuanensis* specimens

指标	范围	平均值 $\pm$ 标准差
体长/mm	43.0~80.0	62.05 $\pm$ 8.68
体重/g	1.56~11.39	4.93 $\pm$ 2.17
净体重/g	1.28~9.05	4.10 $\pm$ 1.76
卵巢重/g	0.11~2.18	0.51 $\pm$ 0.37
成熟系数/%	4.35~28.99	12.08 $\pm$ 5.11
丰满度	1.30~2.36	1.62 $\pm$ 0.19
年龄	2~4	

### 2.2 卵径分布与产卵类型

四川华吸鳅 IV 期卵呈球形或椭圆形,卵径 0.55~1.20 mm,平均为(0.92 $\pm$ 0.08) mm( $n=2\ 490$ );卵径分布只出现一个峰值,推测其为一次产卵类型(图 1)。

### 2.3 个体生殖力

四川华吸鳅个体绝对生殖力( $F$ )为(829.09 $\pm$ 627.54)粒,变幅 80~3 790 粒(图 2-a);体长相对生殖力( $F_L$ )为(12.95 $\pm$ 8.46)粒/mm,变幅 1.40~48.58 粒/mm(图 2-b);体重相对生殖力( $F_w$ )为(206.97 $\pm$ 114.73)粒/g,变

幅 25.21~614.45 粒/g(图 2-c)。综合图 2 可知, $F$  为 501~1 000 的个体共 39 尾,占总数的 46.99%, $F_L$  为 1.40~20.00 粒/mm 的个体 69 尾,占总数的 83.13%, $F_w$  为 130.01~260.00 粒/g 的个体 41 尾,占总数的 49.40%。

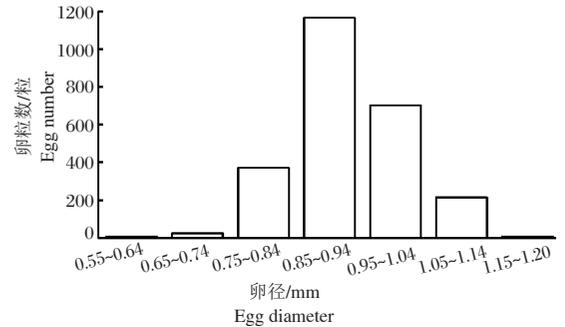


图 1 四川华吸鳅卵径分布

Fig.1 Egg diameter distribution of *S. szechuanensis*

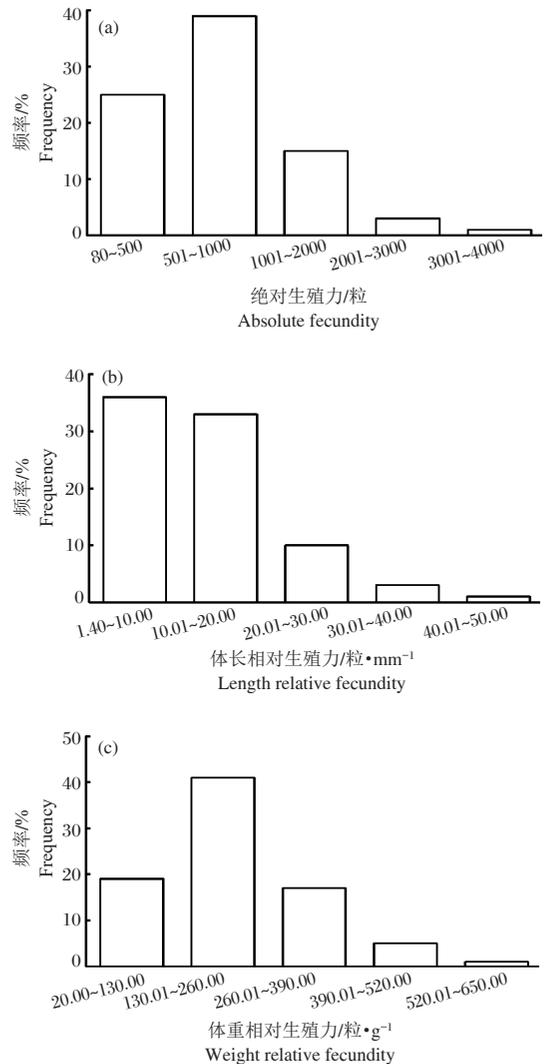


图 2 四川华吸鳅个体生殖力的频率分布

Fig.2 Frequency distribution of *S. szechuanensis* individual fecundity

2.4 个体生殖力与形态学指标和年龄的关系

不同体长、体重、净体重、成熟系数、丰满度和年龄组的个体生殖力如表 2 所示。由表 2 可知,  $F$  和  $F_L$  随体长、体重、净体重、成熟系数和年龄的增加而增加 ( $P<0.05$ ), 随丰满度呈先增加后降低趋势, 但变化不显著 ( $P>0.05$ )。其中, 体长大于 71.0 mm、体重大于 7.01 g、净体重大于 5.01 g、性成熟系数大于

23.51% 及 4 龄的个体绝对生殖力和体长相对生殖力显著增加。  $F_w$  随成熟系数的增加而增加 ( $P<0.05$ ), 随体长的增加逐渐下降 ( $P<0.05$ ), 随净体重和年龄的增加呈先下降、后上升的趋势 ( $P<0.05$ ), 随丰满度的增加呈先上升、后下降的趋势 ( $P<0.05$ ), 随体重的变化不显著 ( $P>0.05$ )。

个体生殖力与形态学指标的回归方程见表 3。

表 2 四川华吸鳅各形态学指标及个体生殖力

Tab.2 Individual fecundity of *S. szechuanensis* grouped by morphology

指标	分组	样本/尾	绝对生殖力( $F$ )/粒		体长相对生殖力( $F_L$ )/粒·mm <sup>-1</sup>		体重相对生殖力( $F_w$ )/粒·g <sup>-1</sup>	
			范围	M±SD	范围	M±SD	范围	M±SD
体长	43.0~50.0 mm	8	255~1601	603.88±435.19 <sup>a</sup>	5.55~33.35	12.83±8.93 <sup>ab</sup>	130.45~614.45	324.28±156.51 <sup>b</sup>
	51.0~60.0 mm	29	80~1393	589.03±329.40 <sup>a</sup>	1.40~25.34	10.45±5.76 <sup>a</sup>	30.85~512.86	207.32±107.65 <sup>a</sup>
	61.0~70.0 mm	30	157~2433	807.83±529.51 <sup>a</sup>	2.34~34.76	12.21±7.56 <sup>a</sup>	25.21~399.21	174.54±90.03 <sup>a</sup>
	71.0~80.0 mm	16	319~3790	1416.81±901.53 <sup>b</sup>	4.20~48.58	18.90±11.42 <sup>b</sup>	35.30~501.85	206.97±114.73 <sup>a</sup>
体重	1.56~3.00 g	17	80~747	408.18±192.42 <sup>a</sup>	1.40~15.25	8.19±3.94 <sup>a</sup>	32.85~401.89	213.61±116.61 <sup>a</sup>
	3.01~5.00 g	31	277~1601	677.74±330.69 <sup>ab</sup>	4.43~33.35	11.68±6.49 <sup>ab</sup>	69.59~614.45	212.37±121.67 <sup>a</sup>
	5.01~7.00 g	18	230~2003	909.50±475.74 <sup>bc</sup>	3.83~29.90	13.57±6.88 <sup>bc</sup>	56.29~393.17	185.92±89.25 <sup>a</sup>
	7.01~9.00 g	14	157~2433	1249.57±618.41 <sup>c</sup>	2.34~34.76	17.14±8.65 <sup>c</sup>	25.21~399.21	196.48±103.75 <sup>a</sup>
	9.01~11.39 g	3	319~3790	2334.33±1801.91 <sup>d</sup>	4.20~48.58	29.65±22.90 <sup>d</sup>	35.30~501.85	288.66±235.86 <sup>a</sup>
净体重	1.28~3.00 g	26	80~1601	528.39±344.60 <sup>a</sup>	1.40~33.35	10.23±6.84 <sup>a</sup>	32.85~614.45	236.75±139.85 <sup>b</sup>
	3.01~5.00 g	33	230~1402	671.39±280.20 <sup>a</sup>	3.83~21.34	10.84±4.62 <sup>a</sup>	56.29~369.85	176.02±76.57 <sup>a</sup>
	5.01~7.00 g	19	157~2433	1269.84±605.42 <sup>b</sup>	2.34~34.76	17.76±8.61 <sup>b</sup>	25.21~399.21	215.47±105.84 <sup>ab</sup>
	7.01~9.05 g	5	319~3790	1759.20±1502.50 <sup>b</sup>	4.20~48.58	22.67±18.87 <sup>b</sup>	35.30~501.85	224.01±189.55 <sup>ab</sup>
成熟系数	4.35%~10.50%	38	80~1258	517.24±244.07 <sup>a</sup>	1.40~17.47	8.13±3.21 <sup>a</sup>	32.85~204.75	130.62±34.42 <sup>a</sup>
	10.51%~17.00%	33	297~2003	907.79±465.68 <sup>b</sup>	4.20~29.90	14.44±5.79 <sup>b</sup>	35.30~401.89	248.32±84.54 <sup>b</sup>
	17.01%~23.50%	9	157~2894	1287.67±844.32 <sup>c</sup>	2.34~36.17	20.05±11.74 <sup>c</sup>	25.21~614.45	289.60±176.79 <sup>b</sup>
	23.51%~28.99%	3	1393~3790	2538.73±1201.99 <sup>d</sup>	25.34~48.58	36.23±11.69 <sup>d</sup>	399.21~512.86	471.31±62.68 <sup>c</sup>
丰满度	1.30%~1.59%	45	80~3790	723.71±620.36 <sup>a</sup>	1.40~48.58	11.25±7.88 <sup>a</sup>	32.85~501.85	193.20±99.14 <sup>ab</sup>
	1.60%~1.89%	32	230~2894	1000.43±628.14 <sup>a</sup>	3.83~36.17	15.34±8.28 <sup>a</sup>	56.29~512.86	225.70±111.80 <sup>a</sup>
	1.90%~2.19%	5	157~1055	526.53±398.45 <sup>a</sup>	2.34~18.20	8.79±6.81 <sup>a</sup>	25.21~274.94	129.44±104.39 <sup>b</sup>
	2.20%~2.40%	1	1600.69	-	33.35	-	614.45	-
年龄	2	22	80~1601	537.14±369.57 <sup>a</sup>	1.40~33.35	10.59±7.32 <sup>a</sup>	32.8~614.45	248.25±147.51 <sup>b</sup>
	3	42	157~2003	694.69±355.50 <sup>a</sup>	2.34~29.90	11.09±5.49 <sup>a</sup>	25.21~369.85	177.68±80.25 <sup>a</sup>
	4	19	319~3790	1464.37±880.19 <sup>b</sup>	4.20~48.58	19.70±11.42 <sup>b</sup>	35.30~501.85	223.92±124.60 <sup>b</sup>

注:同一列不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note:In the same column, different superscripts indicate significant differences ( $P<0.05$ ).

表 3 四川华吸鳅个体生殖力与形态指标和年龄的回归方程

Tab.3 Regression equations relating the individual reproductive capacity of *S. szechuanensis* to morphological index and age

参数	绝对生殖力( $F$ )	体长相对生殖力( $F_L$ )	体重相对生殖力( $F_w$ )
体长(L)	$F=2.471L^2-267.193L+7710.329$ $R^2=0.379, n=83, P<0.05$	$F_L=0.033L^2-3.672L+112.799$ $R^2=0.235, n=83, P<0.05$	$F_w=0.462L^2-59.057L+2057.694$ $R^2=0.143, n=83, P<0.05$
体重(M)	$F=10.586M^2+56.654M+243.678$ $R^2=0.399, n=83, P<0.05$	$F_L=0.137M^2+0.305M+7.485$ $R^2=0.248, n=83, P<0.05$	$F_w=3.467M^2-40.881M+308.040$ $R^2=0.035, n=83, P>0.05$
净体重(W)	$F=10.197W^2+101.387W+211.109$ $R^2=0.306, n=83, P<0.05$	$F_L=0.146W^2+0.605W+7.576$ $R^2=0.170, n=83, P<0.05$	$F_w=5.240W^2-55.137W+328.978$ $R^2=0.037, n=83, P>0.05$
成熟系数(GSI)	$F=1.487GSI^2+36.858GSI+128.240$ $R^2=0.455, n=83, P<0.05$	$F_L=0.012GSI^2+0.851GSI+0.551$ $R^2=0.551, n=83, P<0.05$	$F_w=-0.195GSI^2+23.129GSI-38.934$ $R^2=0.589, n=83, P<0.05$
丰满度(K)	$F=-1237.591K^2+4746.258K-3568.989$ $R^2=0.034, n=83, P>0.05$	$F_L=-6.577K^2+32.094K-21.561$ $R^2=0.046, n=83, P>0.05$	$F_w=152.115K^2-434.650K+506.527$ $R^2=0.028, n=83, P>0.05$
年龄(A)	$F=306.062A^2-1372.755A+2058.400$ $R^2=0.319, n=83, P<0.05$	$F_L=4.103A^2-20.017A+34.208$ $R^2=0.198, n=83, P<0.05$	$F_w=58.409A^2-362.613A+739.839$ $R^2=0.073, n=83, P<0.05$

由表 3 可见,  $F$  和  $F_L$  与体长、体重、净体重、成熟系数和年龄相关性显著,  $F_w$  与体长、成熟系数和年龄相关性显著, 个体生殖力与丰满度的相关性均不显著。  $F$ 、 $F_L$  和  $F_w$  与形态指标均呈二次函数, 其中与成熟系数的拟合度最高。

### 2.5 个体生殖力与各形态指标之间的多元回归

将个体生殖力分别与体长、体重、净体重、成熟系数、年龄、丰满度 6 个形态指标进行多元逐步回归分析。

绝对生殖力与成熟系数、体长呈正相关, 回归方程为  $F = -163.533 + 82.148GSI + 78.691L$  ( $R^2 = 0.675$ ,  $P < 0.01$ ), 偏相关系数分别为 0.747 和 0.642。

体长相对生殖力与成熟系数、体长呈正相关, 回归方程为  $F_L = -1.866 + 1.195GSI + 0.305L$  ( $R^2 = 0.646$ ,  $P < 0.01$ ), 偏相关系数分别为 0.771 和 0.466。

体重相对生殖力与成熟系数呈正相关, 与体重呈负相关, 回归方程为  $F_w = -0.590 + 17.177GSI - 12.727W$  ( $R^2 = 0.639$ ,  $P < 0.01$ ), 偏相关系数分别为 0.799 和 -0.359。

## 3 讨论

### 3.1 四川华吸鳅的产卵类型

鱼类的产卵类型可依据其卵径分布、成熟系数的周年变化和卵巢中卵母细胞的发育是否同步来确定(张耀光和谢小军, 1996; 王晓清等, 2005; 陈伟兴等, 2006)。根据四川华吸鳅卵径分布特征, 其不存在分批产卵类型中的多峰型, 为一次性产卵类型, 此结果与花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*) (杨明生等, 2007)、短体荷马条鳅(*Homatula potanini*) (陈玉龙等, 2009)、中华沙鳅(*Sinibotia supercilialis*) (王芳等, 2012) 和宽

表 4 几种鳅科鱼类的个体生殖力比较

Tab.4 Comparison of individual fecundity among Cobitidae fishes

物种	样本/尾	绝对生殖力( $F$ )/粒		体长相对生殖力( $F_L$ )/粒·mm <sup>-1</sup>		体重相对生殖力( $F_w$ )/粒·g <sup>-1</sup>		数据来源
		范围	数值	范围	数值	范围	数值	
四川华吸鳅	83	80~3790	829.09	1.40~48.58	12.95	25.21~614.45	206.97	本研究
泥鳅	113	325~63840	8564.00	4.00~311.00	57.00	74.00~805.00	347.00	金燮理和戴振炎, 1990
贝氏高原鳅	125	1018~4804	2519.00	13.40~45.51	27.29	265.27~865.48	540.61	何学福等, 1999
短体荷马条鳅	189	102~574	283.74	1.89~9.11	4.58	31.62~159.44	69.76	陈玉龙等, 2009
宽体沙鳅	128	414~9625	3230.00	5.00~83.70	32.40	21.00~789.00	227.00	黄燕等, 2011
中华沙鳅	178	560~4401	1915.00	6.30~45.80	21.70	39.00~424.00	230.00	王芳等, 2012

体沙鳅(*S. reevesae*) (王永明等, 2014) 的研究结果一致; 与泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*) (雷逢玉和王宾贤, 1990)、贝氏高原鳅(*Triplophysa bleekeri*) (何学福等, 1999)、长薄鳅(*Leptobotia elongata*) (梁银铨等, 1999) 的研究结果有所不同。

### 3.2 四川华吸鳅的个体生殖力与繁殖策略

个体生殖力大小是鱼类繁殖生物学的一个重要指标, 反映其繁殖投入和繁殖策略, 主要由遗传特性决定, 同时也受环境因素的影响(殷名称, 1995)。对比几种鳅科鱼类个体生殖力发现(表 4), 四川华吸鳅平均绝对生殖力和体长相对生殖力大于短体荷马条鳅(陈玉龙等, 2009), 小于泥鳅(金燮理和戴振炎, 1990)、贝氏高原鳅(何学福等, 1999)、中华沙鳅(王芳等, 2012) 和宽体沙鳅(黄燕等, 2011)。平均体重相对生殖力小于泥鳅(金燮理和戴振炎, 1990) 和贝氏高原鳅(540.61 粒/g) (何学福等, 1999), 与中华沙鳅(王芳等, 2012) 和宽体沙鳅(黄燕等, 2011) 相近, 大于短体荷马条鳅(陈玉龙等, 2009)。究其原因, 可能与鳅科鱼类生活环境及繁殖习性的差异, 在长期适应过程中形成了各自不同的繁殖策略有关(黄燕等, 2011; Plank et al,

2016)。四川华吸鳅生活于水流湍急的山涧砾石滩上, 其个体小, 性成熟早, 卵径小, 怀卵量大, 繁殖策略属于典型的 r-对策者。为保证种族的延续, 其在进化过程中表现出很强的扩散能力, 与中华沙鳅(王芳等, 2012) 和宽体沙鳅(黄燕等, 2011) 的研究结果一致。

### 3.3 个体生殖力与成熟系数反映种群繁殖力

鱼类个体生殖力与外界环境条件、营养状况及体征指标等密切相关, 且与形态学指标的关系随鱼种类的不同而有所差异(殷名称, 1995; Anibeze, 2000)。如西藏高原鳅(*Triplophysa tibetana*)  $F$  与体长、净体重和丰满度呈二次函数相关;  $F_w$  与体长、净体重以指数显著相关, 与成熟系数呈幂函数相关(刘鸿艳等, 2009); 短体荷马条鳅  $F$  与年龄相关性不显著, 繁殖季节  $F_w$  随年龄的增大而减小(陈玉龙等, 2009)。四川华吸鳅  $F$  和  $F_L$  除与丰满度相关性不显著外, 与其他形态学指标均呈二次函数相关,  $F_w$  与体长、成熟系数和年龄亦呈二次函数相关。结合多元回归分析结果, 适宜用个体生殖力与成熟系数的关系来预测四川华吸鳅的种群繁殖能力, 以了解其种群动态变化。

### 3.4 四川华吸鳅的资源保护政策与措施

本研究测得沱江史家段四川华吸鳅雌性繁殖群体由 2~4 龄组成, 群体组成简单。究其原因, 可能与沱江史家段位于上游的资中五里店水电站和下游的内江天宫堂水电站之间, 电站的开发改变了该江段的水文条件(杨丽虎等, 2007), 破坏了四川华吸鳅的原有生存环境, 使其繁殖群体群落结构简化; 此外, 沱江史家段四川华吸鳅个体生殖力变幅较大( $F$  为 80~3 790 粒,  $F_L$  为 1.40~48.58 粒/mm,  $F_w$  为 25.21~614.45 粒/g), 其原因可能与所研究繁殖群体主要集中于 3 龄、且 2 龄繁殖群体较 4 龄多、群体处于不同的年龄阶段有关。建议制定相关法规政策, 保护四川华吸鳅产卵场生态环境及野生资源, 同时选用 4 龄个体进行人工繁殖研究并实施增殖放流保护。

#### 参考文献

陈伟兴, 范兆廷, 杨洁, 2006. 黄颡鱼性腺的组织学观察[J]. 东北农业大学学报, 37(2):194-198.

陈玉龙, 董建彬, 邓玉江, 等, 2009. 嘉陵江下游短体副鳅个体生殖力的研究[J]. 安徽农业科学, 37(10):4525-4526, 4529.

丁瑞华, 1994. 四川鱼类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 437-439.

何学福, 贺吉胜, 严太明, 1999. 马边河贝氏高原鳅繁殖特性的研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 24(1):71-75.

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.

金燮理, 戴振炎, 1990. 泥鳅个体生殖力的研究[J]. 湖南农学院学报, 16(1):88-96.

雷逢玉, 王宾贤, 1990. 泥鳅繁殖和生长的研究[J]. 水生生物报, 14(1): 60-67.

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.

刘飞, 黎良, 刘焕章, 等, 2014. 赤水河赤水市江段鱼卵漂流密度的昼夜变化特征[J]. 淡水渔业, 44(6):87-92.

刘鸿艳, 谢从新, 郑跃平, 等, 2009. 青藏高原鳅个体繁殖力的研究[J]. 淡水渔业, 39(4):12-16.

王芳, 岳兴建, 谢碧文, 等, 2012. 中华沙鳅个体生殖力研究[J]. 湖北农业科学, 51(11):2302-2306, 2310.

王晓清, 莫艳秀, 钟蕾, 等, 2005. 长吻鮠性周期变化的组织学研究[J]. 淡水渔业, 35(4):18-20.

王永明, 谢碧文, 王芳, 等, 2014. 沱江宽体华鳅繁殖特性[J]. 动物学杂志, 49(5):699-706.

吴金明, 王芊芊, 刘飞, 等, 2011. 赤水河四川华吸鳅的早期发育[J]. 四川动物, 30(4):527-529, 536.

杨丽虎, 陈进, 黄薇, 等, 2007. 长江上游梯级水电开发情况及对生态环境的影响初探[J]. 中国农村水利水电, (3):79-81.

杨明生, 李建华, 黄孝湘, 2007. 澧河花斑副沙鳅的繁殖生态学研究[J]. 水利渔业, 27(5):84-85.

杨青瑞, 陈求稳, 马徐发, 2011. 雅砻江下游鱼类资源调查及保护措施[J]. 水生态学杂志, 32(3):94-98.

殷名称, 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社: 123.

张耀光, 谢小军, 1996. 南方鲇的繁殖生物学研究: 性腺发育及周年变化[J]. 水生生物学报, 20(1):8-16, 97.

Anibeze C I P, Inyang N M, 2000. Oocyte structure, fecundity and sex ratio of *Heterobranchus longifilis* Valenciennes 1840 in Idodo River basin (Nigeria) with comments on the breeding biology[J]. Journal of Aquatic Sciences, 15(1):59-62.

Plank M J, Pitchford J W, James A, 2016. Evolutionarily stable strategies for fecundity and swimming speed of fish[J]. Bulletin of Mathematical Biology, 78(2):280-292.

Zou Y C, Yan Y, Chen M, et al, 2018. Complete mitochondrial genome and phylogenetic analysis of *Sinogastromyzon szechuanensis* (Teleostei, Cypriniformes, Homalopteridae) [J]. Mitochondrial DNA Part B Resources, 3(1):272-273.

(责任编辑 万月华)

## Individual Fecundity of *Sinogastromyzon szechuanensis* in Shijia Section of Tuojiang River

WANG Yong-ming<sup>1,2</sup>, JIANG Wei-wei<sup>2</sup>, PENG Shu-dong<sup>2</sup>, YAN Lin<sup>2</sup>, SHI Jin-rong<sup>2</sup>,  
XIE Bi-wen<sup>2</sup>, HUANG Xian-quan<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development <Ministry of Education>,

Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Chongqing 400715, P.R.China;

2. College of Life Sciences, Neijiang Normal University, Conservation and Utilization of Fishes Resources  
in the Upper Reaches of the Yangtze River Key Laboratory of Sichuan Province,

Neijiang 641100, P.R.China;

3. Bureau of Agriculture and Rural Affairs of Zizhong County Sichuan province, Zizhong 641200, P.R.China)

**Abstract:** *Sinogastromyzon szechuanensis*, endemic to the upper Yangtze River, is listed as an important conservation species in Sichuan Province. In this study, we explored the individual fecundity of *S. szechuanensis* in Tuojiang River, including measurements of individual absolute fecundity ( $F$ ), relative fecundity per millimeter ( $F_L$ ), relative fecundity per gram ( $F_W$ ), maturity coefficient (GSI) and condition factor ( $K$ ). The relationship between measures of individual fecundity and morphological indices of the *S. szechuanensis* was also analyzed. The objective was to better understand the reproductive ability of *S. szechuanensis* and provide theoretical evidence for germplasm resource conservation and artificial reproduction of *S. szechuanensis*. From March to May of 2018, a total of 83 female *S. szechuanensis* in ovary stage IV were collected from the Shijia section of Tuojiang River. The body length ( $L$ ), body weight ( $M$ ), net body weight ( $W$ ), ovary weight ( $W_a$ ) and egg diameter of all specimens were measured. Age was determined using scale growth rings and  $F$ ,  $F_L$  and  $F_W$  were determined by gravimetry. Results show that the specimens collected were 2, 3 and 4 years old, respectively accounting for 26.51%, 50.60% and 20.89% of the total number collected. The body length of most fish (71.08%) fell into the range of 50.0–70.0mm ( $n=59$ ), and many (37.35%) had a body weight in the range of 3.01–5.00 g ( $n=31$ ). The ranges of  $F$ ,  $F_W$  and  $F_L$  were, respectively, 80–3 790 eggs, 25.21–614.45 eggs per gram, 1.40–48.58 eggs per mm, with an average value of (829.09±627.54) eggs, (206.97±114.73) eggs per gram and (12.95±8.46) eggs per mm.  $F$  and  $F_L$  increased with body length, body weight, net body weight, maturity coefficient and age ( $P<0.05$ ). These two measures of fecundity initially increased with condition factor and then decreased ( $P>0.05$ ).  $F_W$  increased with maturity coefficient ( $P<0.05$ ), decreased as body length increased ( $P<0.05$ ), decreased and then increased with net body weight and age ( $P<0.05$ ), and did not correlate with body weight ( $P>0.05$ ).  $F$  and  $F_L$  presented significant quadratic correlation with body length, body weight, net body weight, maturity coefficient and age, while  $F_W$  presented significant quadratic correlation with body length, maturity coefficient and age. Further, multivariate stepwise regression analysis showed that individual absolute fecundity, and relative fecundity by length were positively correlated with maturation coefficient and body length. The respective regression equations were  $F=-163.533+82.148\text{GSI}+78.691L$  ( $R^2=0.675$ ,  $P<0.01$ ) and  $F_L=-1.866+1.195\text{GSI}+0.305L$  ( $R^2=0.646$ ,  $P<0.01$ ). The relative fecundity by weight was positively correlated with maturity coefficient and negatively correlated with body weight, and the regression equation was  $F_W=-0.590+17.177\text{GSI}-12.727W$  ( $R^2=0.639$ ,  $P<0.01$ ). The distribution of egg diameters indicated that *S. szechuanensis* spawns once a year. These results provide valuable support for conserving *S. szechuanensis* populations.

**Key words:** *Sinogastromyzon szechuanensis*; individual fecundity; morphological index; Tuojiang River