

长江干流长鳍吻鲟(*Rhinogobio ventralis*) 繁殖生物学*

曲焕韬 郭文韬^① 杨元金 刘 勇 管 敏
李 莎 刘雪涛 胡美洪

(中国长江三峡集团公司中华鲟研究所 宜昌 443100)

摘要 2012 年 3 月–2014 年 12 月对长江上游宜宾江段采集的 521 尾野生长鳍吻鲟进行了繁殖生物学研究。结果显示,长鳍吻鲟种群雌雄比为 1.41 : 1,繁殖期为 3–5 月,盛期为 4 月上旬至 5 月上旬。繁殖季节可通过吻端细小“珠星”鉴别雌雄,雄鱼最小性成熟年龄为 2⁺龄,最小成熟体长为 173 mm,体重为 90.4 g,成熟系数为 0.36%;雌鱼最小性成熟年龄为 3⁺龄,最小成熟体长为 185 mm,体重为 119.6 g,成熟系数为 11.30%。繁殖群体中,雌性优势龄组为 3⁺龄,雄性优势龄组为 2⁺龄和 3⁺龄。统计结果显示,长鳍吻鲟绝对繁殖力(F)为 16399–39835(26816±7875)粒/尾,体重相对繁殖力(F_w)为 162–234(189±23)粒/g,体长相对繁殖力(F_L)为 877–1659(1231±246)粒/cm。通过对性腺成熟系数、卵径分布频率以及性腺组织切片结果的综合分析认为,长鳍吻鲟属于完全同步产卵类型。

关键词 长鳍吻鲟;繁殖生物学;性成熟;繁殖力

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)01-0001-07

繁殖是动物生活史的重要环节,其活动的变化对于维持种群数量稳定和保证物种繁衍质量等具有重要意义。诸多研究表明,鱼类繁殖与其繁殖策略密切相关,这通常表现在繁殖时间、繁殖地点和繁殖资源分配等方面。不同种属鱼类长期形成的繁殖策略不同,如鸭绿江花羔红点鲑(*Salvelinus malma*)、细鳞鱼(*Brachymystax lenok*)和长白哲罗鱼(*Hucho taimen*)繁殖地点和繁殖方式相同,但三者初次性成熟年龄和规格以及繁殖时间的选择等方面存在明显差别(黄权等, 2001)。就同一物种而言,其繁殖策略也会因地域环境而发生改变。吴朗等(2011)¹⁾报道,随着栖息水域纬度升高,太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)繁殖时间逐渐缩短,繁殖力增加,但卵径明显减小。可见,鱼类繁殖生物学特征与物种和环境密切相关。因此,开展

实际环境中相应物种的繁殖生物学研究对于明确该环境下生物的繁殖策略,为生产上合理开发利用鱼类资源,实现环境和生物可持续和谐发展具有重要意义。

长鳍吻鲟(*Rhinogobio ventralis*)隶属鲤形目(Cypriniforme)、鲤科(Cyprinidae)、鲟亚科(Gobioninae),俗称洋鱼、土耗子,是长江上游特有鱼类,具有较高的经济和营养价值(罗云林等, 1997; 施白南, 1990)。近年来,由于水质污染、水利工程建设及过度捕捞等原因,长江干流长鳍吻鲟的资源量急剧下降,亟需开展繁殖生物学研究,为合理开发利用长鳍吻鲟资源提供科学参考。目前,国内外学者对长鳍吻鲟的研究主要集中在生物学、遗传学、种群生态学以及资源量等方面(邓辉胜等, 2005; 辛建峰等, 2010; 徐念等, 2009),有关其繁殖生物学的研究资料极为缺乏。本文对长江

* 中国长江三峡集团公司“野生长鳍吻鲟驯化养殖与人工繁殖研究”课题资助。曲焕韬, E-mail: quhuantao35@163.com

① 通讯作者: 郭文韬, 高级工程师, E-mail: 924314937@qq.com

收稿日期: 2015-05-28, 收修改稿日期: 2015-07-06

1) 吴朗, 谢松光, 刘家寿. 太湖新银鱼在不同纬度的繁殖策略. 渔业科技创新与发展方式转变. 中国水产学会学术年会论文摘要集, 2011

上游宜宾江段长鳍吻鲈种群繁殖生物学进行了研究,旨在为长鳍吻鲈人工繁殖研究和种群资源恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源与样本处理

2012年3月–2014年12月,在长江上游宜宾江段逐月采集野生长鳍吻鲈样本共521尾,用于繁殖生物学研究。野生鱼捕捞工具为三层流刺网,布网断面水深为15–20 m,水温为12.6–24.9℃,采捕江段周年流速为1.1–2.5 m/s。现场测量实验鱼标准体长(SL , mm)、体重(W , g)、空壳重(W_N , g)、肝脏重(W_H , g)、内脏重(W_V , g)以及性腺重(W_G , g)等常规生物学指标,然后解剖鱼体,卵巢取出称重后置于10%福尔马林中固定,以用于后续测定。

1.2 实验指标测定

1.2.1 相关指数计算 根据1.1测定的生物学指标计算长鳍吻鲈性腺指数(GSI)、肥满度指数(K)和肝脏指数(HSI),计算公式如下:

$$GSI = W_G/W_N \times 100\%$$

$$K = W_N/SL^3 \times 10^5$$

$$HSI = W_H/W_N \times 100\%$$

1.2.2 性别年龄鉴定 根据性腺外观鉴别长鳍吻鲈性别,并在解剖镜下透光观察侧线和背鳍之间2–3行鳞片以鉴定实验鱼的年龄。

1.2.3 性腺发育分期和繁殖力 参考叶富良等(2002)的方法,将长鳍吻鲈性腺发育分为6个时期。选取性腺发育IV期的雌鱼12尾,分别剪取卵巢前、中、后段各1 g,统计卵的数量,按照重量法计算绝对繁殖力(F)、体长相对繁殖力(F_L)和体重相对繁殖力(F_w),计算公式如下:

$$F = 1 \text{ g 卵数量} \times \text{卵巢重}$$

$$F_L = F/SL \text{ (粒/mm)}$$

$$F_w = F/W_N \text{ (粒/g)}$$

1.2.4 繁殖季节和产卵类型 随机选取2个IV期卵巢进行卵径分布频率分析,以奥林巴斯(OLYMPUS)BX51显微镜观察并测量卵径(精确至0.01 mm),每个卵巢测量鱼卵500粒以上。根据卵径大小制作不同区间的卵径分布图,同时与 GSI 周年变化曲线结合进行分析,推测判断长鳍吻鲈繁殖季节和产卵类型。

1.3 数据处理

实验数据以平均值±标准差(Mean±SD),运用

Statistica 6.0及Excel 2007软件处理和分析数据,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 副性征

在非繁殖季节,难以从外形上区分长鳍吻鲈雌雄个体;在繁殖季节,成熟个体可通过副性征进行雌、雄亲鱼的辨别,雌鱼腹部松软膨胀,卵巢轮廓较为明显,生殖孔圆形,微突;雄鱼体型细长,吻端和胸鳍不分支,鳍条和吻端均有细小的“珠星”,肉眼观察不明显,但用手触摸有一定粗糙感。

2.2 性比

本研究共采集野生长鳍吻鲈样本521尾,其中,雌鱼305尾,雄鱼216尾,雌雄比例为1.41:1。通过对不同体长组长鳍吻鲈性比变化的研究分析发现,除体长为161–190 mm、221–250 mm两组雌雄比例接近1:1外,其余各组雌鱼的数量均显著多于雄鱼,其中,体长为250 mm以上组雌雄比例最高,达到2.67:1;体长为191–220 mm组次之,雌雄比例为2.32:1(表1)。

表1 不同体长组长鳍吻鲈性比的变化

Tab.1 The sex ratio of *R. ventralis* in different size groups

体长组 Size group(mm)	数量 Number			比例 Percentage(%)		
	总样本 Total	雌鱼 Female	雄鱼 Male	总样本 Total	雌鱼 Female	雄鱼 Male
101–130	53	34	19	10.17	6.53	3.65
131–160	91	56	35	17.47	10.75	6.72
161–190	219	112	107	42.03	21.50	20.54
191–220	93	65	28	17.85	12.48	5.37
221–250	54	30	24	10.36	5.76	4.61
>250	11	8	3	2.11	1.54	0.58
总计 Total	521	305	216	100	58.50	41.50

从表2可以看出,在1年中,长鳍吻鲈的性比随着季节而发生变化,其显著特征表现为除繁殖季节(4、5月)外,种群中的雄性个体数量均略多于雌性个体,其中,2月雄鱼数量最多,雌雄比例达到0.6:1。4–5月随着繁殖活动的开始,雌鱼开始大量聚集,数量显著增加,4月雌雄比例为2.12:1;5月雌鱼数量继续增加,雌雄比例达到2.19:1;而在繁殖后的6月雌鱼数量急剧减少,雌雄比例降至0.86:1。7月至翌年3月,长鳍吻鲈种群中雄性个体的数量基本高于雌性个体。

2.3 繁殖群体组成

通过繁殖前夕和繁殖期样本解剖分析发现(表3),

表 2 不同月份长鳍吻鲃性比变化

Tab.2 The sex ratio of *R. ventralis* in different months

月份 Month	数量 Number			百分比 Percentage(%)		
	总样本 Total	雌鱼 Female	雄鱼 Male	总样本 Total	雌鱼 Female	雄鱼 Male
1	6	3	3	1.15	0.58	0.58
2	8	3	5	1.54	0.58	0.96
3	33	15	18	6.33	2.88	3.45
4	81	55	26	15.55	10.56	4.99
5	230	158	72	44.15	30.33	13.82
6	52	24	28	9.98	4.61	5.37
7	25	10	15	4.80	1.92	2.88
8	13	5	8	2.50	0.96	1.54
9	17	8	9	3.26	1.54	1.73
10	17	7	10	3.26	1.34	1.92
11	24	10	14	4.61	1.92	2.69
12	15	7	8	2.88	1.34	1.54
总计 Total	521	305	216	100	58.5	41.5

长鳍吻鲃性腺发育达到 IV 期的性成熟个体中, 雌性个体最小年龄为 3⁺龄, 雄性个体最小年龄为 2⁺龄, 雌性个体最小体长为 185 mm, 体重为 119.6 g, 成熟系数为 11.30%; 雄性最小个体体长为 173 mm, 体重为 90.4 g, 成熟系数为 0.36%。在初次性成熟个体中, 雌性($n=38$)平均体长为(192±5) mm, 体重为(121.7±23.1) g; 雄性($n=21$)平均体长为(181±5) mm, 体重为(102.1±22.6) g, 雌雄个体大小无显著性差异。

在长鳍吻鲃繁殖群体中, 雌性的优势龄组为 3⁺龄, 占成熟雌性个体的 51.4%, 其次为 4⁺龄和 5⁺龄组; 雄性优势龄组为 2⁺龄和 3⁺龄, 分别占成熟雄鱼的 35.6%和 44.1%。在繁殖群体中雌鱼体长分布范围为 185–331 mm, 体重为 79.4–459.8 g; 雄鱼体长分布范围为 173–290 mm,

体重为 84.4–280.9 g。

2.4 性成熟系数和性腺发育期周年变化

长鳍吻鲃雌雄个体成熟系数周年变化见图 1。从图 1 可以看出, 雌鱼平均成熟系数为 0.78%–18.22%, 周年内在 2–5 月出现一个峰值, 2 月(平均水温为 13.7℃)为卵巢发育启动阶段, 越冬后的 II 期卵巢逐渐向 III 期过渡, 性成熟系数为(4.16±2.50)%。3 月初开始 III 期雌鱼比例不断升高, 3 月下旬出现少量 IV、V 期雌鱼, 性成熟系数较 2 月显著增高($P<0.05$), 达到(8.39±3.01)%; 4–5 月为繁殖盛期, 卵巢主要为 IV 和 V 期, 4 月(平均水温为 15.8℃)卵巢成熟系数达到年度最高峰值($P<0.05$), 为(18.22±2.09)%。5 月(平均水温为 21.0℃)随着部分亲鱼产卵活动结束, VI 期卵巢比例不断升高。受产卵活动影响, 5 月卵巢平均成熟系数开始下降, 与 4 月相比有显著性差异($P<0.05$)。6 月(平均水温为 22.5℃)以 VI 期卵巢为主, 约持续 30 d, 7 月(平均水温为 24.3℃)至翌年 1 月(平均水温为 12.6℃)卵巢发育始终处于 II 期, 为产后休整期, 成熟系数没有显著变化($P>0.05$), 维持在较低水平, 一般在(0.78±0.22)%–(1.27±0.28)%之间, 长鳍吻鲃以 II 期卵巢越冬。周年内雄鱼平均成熟系数为 0.01%–0.44%, 显著低于雌性个体, 但其随季节的变动趋势与雌鱼基本一致, 在 4 月时雄鱼成熟系数达到周年峰值, 为(0.44±0.12)%。

2.5 肥满度指数

在一年内长鳍吻鲃丰满度指数(K)表现出明显的周年月份波动, 分析结果显示, 其变动趋势与水温变化存在一定的关联。越冬期水温较低(12.6–13.7℃), 鱼类摄食量少, 丰满度指数维持在较低水平, 为

表 3 长鳍吻鲃繁殖群体各年龄组体长和体重分布

Tab.3 The standard lengths and total weights of *R. ventralis* in different age groups

性别 Sex	年龄 Age	样本数 Number	体长 Standard length(mm)		体重 Total weight(g)	
			幅度 Range	平均体长 Average SL	幅度 Range	平均体重 Average weight
雌鱼 Female	3 ⁺	38	185–198	192±5	79.4–160.3	121.7±23.1
	4 ⁺	19	200–218	210±6	110.2–216.6	155.9±31.0
	5 ⁺	10	205–289	232±21	159.4–268.3	216.7±41.5
	6 ⁺	7	247–331	286±37	158.5–456.8	322.8±106.4
雄鱼 Male	2 ⁺	21	173–189	181±5	84.4–160.9	102.1±22.6
	3 ⁺	26	184–199	190±4	95.2–180.2	120.8±19.5
	4 ⁺	7	195–211	204±6	115.6–184.9	158.2±28.9
	5 ⁺	3	220–264	243±22	163.4–199.9	178.7±18.9
	6 ⁺	2	284–290	280±4	221.1–280.9	256.9±34.1

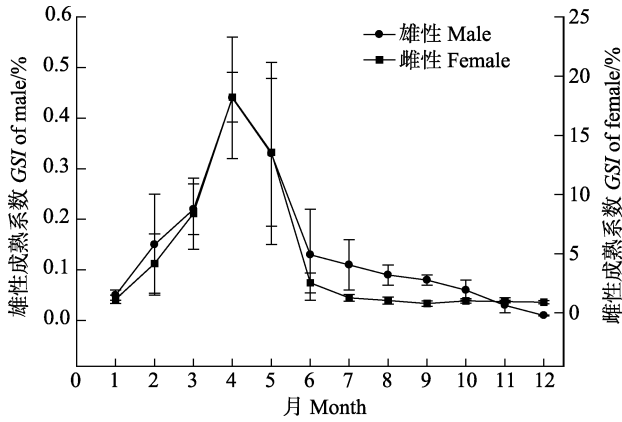


图1 长鳍吻鲈雌、雄鱼性成熟系数周年变化
Fig.1 Monthly changes in the gonadosomatic index of *R. ventralis*

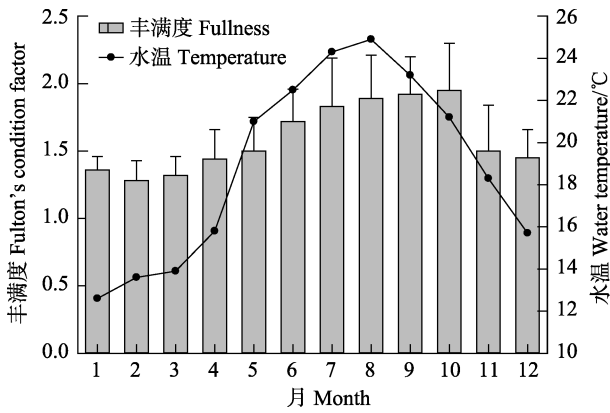


图2 长鳍吻鲈肥满度周年变化
Fig.2 Monthly changes in the fulton's condition factor of *R. ventralis*

(1.28±0.08)–(1.36±0.10); 4月水温逐步上升, 鱼类摄食活动开始增强, 丰满度指数也随之升高, 10月达到年度最高水平, 为(1.95±0.31); 进入11月, 水温降至18.3°C, 丰满度指数也开始随之下降。

2.6 肝脏指数

从图3可以看出, 在整个繁殖周期内长鳍吻鲈的肝脏指数(HSI)与成熟系数(GSI)表现出相反的变化趋势。2月性腺发育启动, 卵巢处于II期向III期过渡的大生长期, HSI开始急剧下降, 达到(1.81±0.15); 3月

HSI降至(1.25±1.03), 为年度最低值; 进入繁殖期后, HSI开始缓慢上升, 9月达到年度峰值, 为(3.56±0.65)。10月, 随着水温逐步降低, HSI开始缓慢下降, 但总体仍处于较高水平。

2.7 繁殖力

在繁殖季节选择了12尾成熟雌鱼进行繁殖力测定和分析研究。结果显示, 长鳍吻鲈绝对繁殖力(F)为16399–39835粒/尾, 平均值为(26816±7875)粒/尾; 体重相对繁殖力(F_w)为162–234粒/g, 平均值为(189±23)粒/g; 体长相对繁殖力(F_L)为877–1659粒/cm, 平均为(1231±246)粒/cm。将测定的绝对繁殖力数据采用多种函数进行拟合分析, 并选出最佳的拟合方程。结果显示, 绝对繁殖力与体长呈多项式关系(图4):

$$F = -265.2SL^2 + 14953SL - 170415 \quad (R^2=0.8525, n = 12)$$

绝对繁殖力与体重呈对数关系:

$$F = 26583\ln(W) - 107966 \quad (R^2 = 0.9466, n = 12)$$

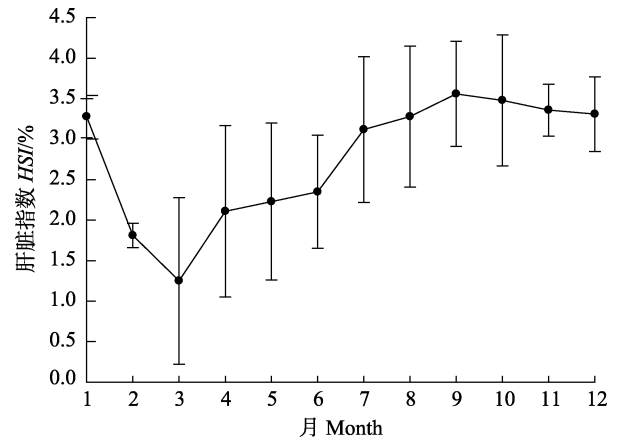


图3 长鳍吻鲈肝脏指数周年变化
Fig.3 Annual changes in the hepatosomatic index of *R. ventralis*

2.8 产卵类型

图5显示了雌鱼IV期中卵巢(A)和IV期末卵巢(B)中卵母细胞卵径的分布情况。卵径测定分析表明, 长鳍吻鲈IV期卵巢卵径分布仅有1个峰值, 呈单峰型, 其中, IV期中卵巢卵径峰值区间为1.0–1.5 mm, 占

表4 长鳍吻鲈各年龄组繁殖力情况

Tab.4 The fecundity of *R. ventralis* in different age groups

年龄组 Age	样本数 Number	绝对繁殖力 F (粒)		体重相对繁殖力 F _w (粒/g)		体长相对繁殖力 F _L (粒/cm)	
		幅度 Range	均值 Average F	幅度 Range	均值 Average F _w	幅度 Range	均值 Average F _L
3 ⁺	3	16399–18755	26816±7875	162–188	175±13	877–992	937±58
4 ⁺	6	23250–35340	26484±4594	179–234	208±26	1134–1659	1257±202
5 ⁺	3	33015–39835	36771±3462	170–186	178±8	1378–1581	1471±102

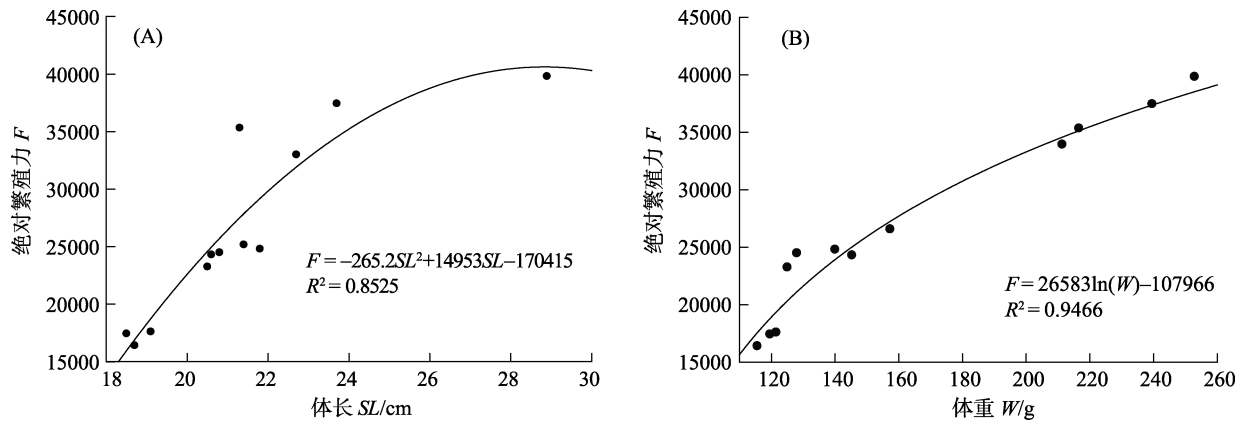


图 4 绝对繁殖力与体长(A)、体重(B)间的关系

Fig.4 The relationship between the absolute fecundity and the body length (A) and weight (B)

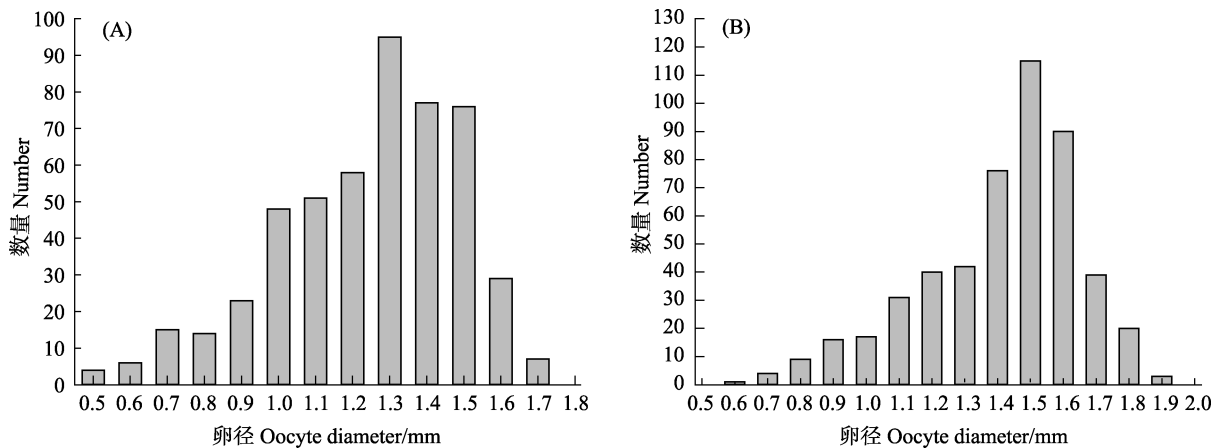


图 5 长鳍吻鲈 IV 期中(A)和 IV 期末(B)卵巢中卵母细胞卵径分布

Fig.5 The distribution of egg diameters in ovaries at the middle (A) and final (B) maturity stage

全部卵数的 80.5%，主要为 4 时相中期卵粒，卵黄颗粒已开始积累，卵径较第 4 时相初期显著增大，卵径平均为 (1.29 ± 0.25) mm；IV 期末卵巢卵径峰值区间为 1.4–1.6 mm，占全部卵数的 55.9%，主要为 4 时相末期卵粒，卵黄颗粒大量沉积，卵径较中期进一步增大，卵径平均为 (1.45 ± 0.25) mm。根据长鳍吻鲈卵径分布特征和性腺发育成熟系数，可以推测其为同步产卵类型鱼类。

3 讨论

3.1 繁殖季节与产卵类型

在鱼类整个生活史过程中，其性腺发育和产卵繁殖不仅受到内在生理因子(如性激素)的调控，同时也会受到外界环境因子(如水温、水流、光照以及营养因子等)影响(何长才, 1996; 何德奎等, 2006; Lashari *et al*, 2007)。本研究通过对长鳍吻鲈性成熟系数和肝体指数周年变化规律、IV 和 V 期卵巢出现时间以及持续时间等理化指标特征的监测和分析认为，长鳍吻

鲈的繁殖期为 3–5 月，繁殖盛期为 4 月上旬至 5 月上旬。鱼类繁殖活动的启动与环境水温存在显著的响应关系，水温的变化往往会引起鱼类繁殖生理机能发生适应性调整，从而提早或延缓性腺发育和成熟产卵的时间(Duarte *et al*, 2001; Hoar *et al*, 1983)，张学健等(2011)研究发现，水温差异是导致黄、渤海黄鮫鲷(*Lophius litulon*)产卵时间不同的主要影响因素。本研究表明，长鳍吻鲈最适产卵温度为 16.5–18.3℃；而水域环境监测结果显示，4 月江水水温由 15.8℃ 迅速升至 21.0℃，光照和水体流速增加，饵料丰沛度升高，这种环境条件的变化不仅有利于受精卵漂流孵化，同时也最大程度的保证了仔鱼孵化出膜的成活率水平(Wootton, 1990)。因此，这种繁殖时间和繁殖水温的选择也是长鳍吻鲈繁殖策略的体现。此外，周年采样过程中，12 月江水水温较低，大部分野生鱼游向深水越冬。因此，在该时间段内采集的样本数量有限，样本的稀少可能会对这 60 d 内繁殖生物学相关研究(如性别比例、性腺发育期等)产生一定程度的影响。因此，后续研究过程应进一步有针对性的加强上述时

间段的样本采集工作,以补充完善相关研究。

根据年度繁殖期内产卵频次不同,可将鱼类产卵类型划分为完全同步、分批同步和分批非同步 3 种(陈生熬等, 2013)。综合本研究 *GSI* 周年变化和卵径分布频率特点,同时结合性腺组织切片结果,分析认为:长鳍吻鲈属于完全同步产卵类型。其依据为长鳍吻鲈精巢和卵巢成熟系数在周年内仅在 4、5 月出现 1 个峰值; IV 期末卵巢中卵径分布相对集中,仅在 1.40–1.60 mm 范围内有 1 个显著突出的峰值; III 期卵巢向 IV 期过渡过程中,卵母细胞发育基本保持同步。产后的 VI 期卵巢中也只存在第 2 时相卵母细胞、空滤泡以及少量第 3 时相卵母细胞,这些卵母细胞在本年度内基本不存在再成熟的可能。因此,这也进一步佐证了长鳍吻鲈为一次性同步产卵类型的鱼类。

3.2 性腺发育过程中肝体指数的变化

鱼类的性腺发育是机体通过摄取食物并将获得的能量和物质逐步转移储存到性腺的过程,体现了繁殖阶段能量分配的变化(Ghosh *et al*, 2009),其表征特点是性腺体积不断增大,成熟系数逐步增加。肝脏是鱼类营养吸收、储存和运输的器官,肝细胞能够合成卵黄前体物质卵黄蛋白原,为卵母细胞发育和成熟提供物质基础(姚俊杰等, 2009; 李川等, 2009)。国内外学者研究指出,鱼类 *GSI* 与 *HSI* 的周期变化存在密切的关系(Duarte *et al*, 2001)。朱玲等(2002)研究发现,珠江流域雌性鲢鱼(*Silurus asotus*)的 *GSI* 和 *HSI* 之间存在极显著的负相关关系($P < 0.05$, $r = -0.883$),在本研究中也发现,长鳍吻鲈二者之间存在这种相反的变化趋势。2 月长江干流水温开始上升,长鳍吻鲈卵巢开始由 II 期向 III 期过渡,该阶段是卵母细胞营养物质大量积累的重要时期, *HSI* 急剧下降,达到 (1.81 ± 0.15) ; 3 月 *HSI* 降至年度最低值;进入繁殖期后,卵母细胞营养积累基本完成,开始进入依赖激素调控性腺发育的生理成熟阶段,此时 *HSI* 开始缓慢上升,9 月达到最高峰值。10 月至翌年 1 月 *HSI* 均呈现缓慢下降趋势,分析其原因可能是受到水温波动的影响,10 月水温开始下降,自然水域饵料丰沛度降低,鱼类摄食活动趋于减弱。

3.3 野生长鳍吻鲈种群资源保护

繁殖力测定结果显示,长鳍吻鲈的绝对繁殖力为 16399–39835 粒/尾,平均为 26816 粒/尾,相比赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)(89131 粒/尾)和中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)(3.8 万–30 万粒/尾)等产漂流性卵的鱼类其繁殖力明显偏低(杨明生等, 2005; 蔡焯值等,

2003)。此外,本研究发现,野生长鳍吻鲈繁殖群体中能够达到自然成熟并实现产卵的个体数量很少,性腺存在严重的发育迟滞现象:即在繁殖期内(3–5 月)大量已达到性成熟年龄(3–5 龄)的雌鱼卵巢发育始终处于 II 期,体内肠脂大量积累,卵母细胞不能够进入营养物质快速积累的生长主要时期,从而无法达到性成熟。长鳍吻鲈繁殖群体性腺发育迟滞的问题势必对其种群资源补充产生严重的不利影响,若不加以重视并采取有效措施,其种群规模必然会急剧下降。因此,下阶段应有针对性地开展长鳍吻鲈性腺发育影响因子的研究,以促进野生鱼在自然水域的发育成熟;同时,还应进一步加强其繁殖生态学和繁殖生理技术研究,通过人工繁殖和增殖放流活动的实施补充和恢复野生种群,最终达到物种保护目的。

参 考 文 献

- 邓辉胜,何学福. 长江干流长鳍吻鲈的生物学研究. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(5): 704–708
- 叶富良,张健东. 鱼类生态学. 广州: 广东高等教育出版社, 2002, 80–81
- 朱玲,温海深,毛玉泽. 野生鲢性腺发育及其与肝脏重指数关系的研究. 水利渔业, 2002, 22(5): 26–27
- 伍献文,罗云林,乐佩琦,等. 中国鲤科鱼类志(下卷). 上海: 上海人民出版社, 1997, 511–512
- 李川,姚俊杰,何登菊. 水产动物卵巢脂类积累影响卵细胞成熟的研究进展. 贵州农业科学, 2009, 37(6): 130–131
- 杨明生,陈金安,黄孝湘,等. 赤眼鲮繁殖生物学研究. 淡水渔业, 2005, 35(3): 38–40
- 何长才. 两种海拔最高的鱼类及其分布. 四川动物, 1996, 15(3): 116–117
- 何德奎,陈咏霞,陈毅峰. 高原鳅属 *Triplophysa* 鱼类的分子系统发育和生物地理学研究. 自然科学进展, 2006, 16(11): 1395–1404
- 辛建峰,杨宇峰,段中华,等. 长江上游长鳍吻鲈的种群特征及其物种保护. 生态学杂志, 2010, 29(7): 1377–1381
- 张学健,程家晔,沈伟,等. 黄颡鱼繁殖生物学研究. 中国水产科学, 2011, 18(2): 290–298
- 陈生熬,马春晖,丁慧萍,等. 塔里木河叶尔羌高原鳅繁殖生物学研究. 水生生物学报, 2013, 37(5): 810–816
- 施白南. 四川江河渔业资源和区划. 重庆: 西南师范大学出版社, 1990, 122
- 姚俊杰,姜海波,胡先成,等. 黄颡鱼繁殖期主要组织器官中氨基酸和脂肪酸的组成. 贵州农业科学, 2009, 37(5): 115–118
- 徐念,史方,熊美华,等. 三峡库区长鳍吻鲈种群遗传多样性的初步研究. 水生态学杂志, 2009, 2(2): 113–116
- 黄权,周景祥. 鸭绿江花羔红点鲑. 细鳞鱼和长白哲罗鱼的繁殖策略比较研究. 吉林农业大学学报, 2001, 23(2): 93–95
- 蔡焯值,何长仁,蔡焯强,等. 中华倒刺鲃生物学初步研究.

- 淡水渔业, 2003, 33(3): 16–18
- Duarte R, Azevedo M, Landa J, *et al.* Reproduction of anglerfish (*Lophius budegassa Spinola* and *Lophius piscatorius Linnaeus*) from the Atlantic Iberian coast. *Fish Res*, 2001, 51(2–3): 349–361
- Ghosh S, Mohanraj G, Asokan PK, *et al.* Trophodynamics and reproductive biology of *Otolithoides biauritus* (Cantor) landed by trawlers at Vanakbara, Diu along the west coast of India. *Indian J Fish*, 2009, 56(4): 261–265
- Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM. *Fish Physiology: Volume IX reproduction (Part B: behavior and fertility control)*. London: Academic Press, 1983: 69–75
- Lashari PK, Narejo NT, Laghari MY, *et al.* Studies on the gonadosomatic index and fecundity of a carp *Cirrhinus reba* (Hamilton) from fishponds of district Jacobabad, Sindh, Pakistan. *Pakistan J of Zool*, 2007, 39 (2): 95–98
- Wootton RJ. *Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries Series 1*. London: Chapman and Hall Ltd. 1990, 159–161

(编辑 马瑾艳)

The Reproductive Biology of *Rhinogobio ventralis* in the Main Stream of the Yangtze River

QU Huantao, GUO Wentao^①, YANG Yuanjin, LIU Yong, GUAN Min,
LI Sha, LIU Xuetao, HU Meihong

(China Yangtze Three Gorges Group Company of the Chinese Sturgeon, Yichang 443100)

Abstract *Rhinogobio ventralis* is an endemic fish species in the upper stream of the Yangtze River that has high commercial values. However, a series of hydroelectricity projects dramatically changed the aqua environment and damaged the habitat of this species. In order for the protection of *R. ventralis* resource, we conducted the reproductive biology research on 521 *R. ventralis* collected in the upper Yangtze River (Yinbin section) from March 2012 to December 2014. The overall sex ratio of female to male was 1.41:1. Females outnumbered males except for the groups in which the fish body lengths were in the ranges of 161–190 mm and 221–250 mm. The monthly average gonadosomatic index of females varied between 0.78% and 18.22%. A *GSI* peak value appeared in April, and the ovary stage was IV or V from April to May. The hepatosomatic index (*HSI*) also changed over the development of gonad, which indicated that liver might play an important role in the maturity of *R. ventralis*. Analysis on the monthly gonadosomatic index (*GSI*) and the percentage of females at different gonadal stages revealed that the breeding season for *R. ventralis* was from March to May, and the optimal time window was from the beginning of April to the beginning of May. During the breeding season the nuptial organs was a prominent sexual characteristic. The mature age of males started at 2-year old, and the minimum size of a mature male was 173 mm in length and 90.4 g in weight. The females became sexually mature at 2-year old, and their minimum size was 185 mm in length and 119.6 g in weight. The predominant age groups were 3 years for females, and 2 years and 3 years for males. The absolute fecundity of *R. ventralis* was 16399–39835 (26816±7875). The relative fecundity to the body weight was 162–234 (189±23), and it was 877–1659 (1231±246) in terms of the body length. The egg diameters of *R. ventralis* exhibited a unimodal distribution pattern. In conclusion, our study suggested that the reproduction of *R. ventralis* could be one-time spawning.

Key words *Rhinogobio ventralis*; Reproductive biology; Sexual maturity; Fecundity

① Corresponding author: GUO Wentao, E-mail: 924314937@qq.com