

三峡库区支流小江回水区鱼类早期资源状况

胡 莲¹, 姚金忠², 杨 志¹, 史 方¹, 彭建华¹, 丁庆秋¹, 陈小娟¹

- (1. 水利部中国科学院水工程生态研究所, 水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室,
湖北省水生态保护与修复工程技术研究中心, 湖北 武汉 430079;
2. 中国长江三峡集团有限公司流域枢纽运行管理中心, 湖北 宜昌 443100)

摘要:研究三峡库区回水区江段鱼类早期资源状况, 为鱼类资源保护提供科学依据。2019 年 3–6 月在三峡水库支流小江回水区用 2 种网具开展鱼类早期资源调查, 以了解该区域仔稚鱼的种类组成、仔稚鱼密度的时间动态, 并分析其与环境因子的关系。调查共采集到仔稚鱼 9 499 尾, 12 种, 以太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)、中华鲮(*Rhodeus sinensis*)、子陵吻虾虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、鲤(*Cyprinus carpio*)和鲫(*Carassius auratus*)仔稚鱼的数量较多; 其中产黏沉性卵鱼类 5 种, 产沉性卵鱼类 4 种, 产漂流性卵鱼类 2 种, 产浮性卵鱼类 1 种。4 月下旬至 6 月上旬为仔稚鱼采集的高峰期, 其中 4 月为鲤仔稚鱼密度出现的高峰期, 4–5 月上、中旬为鲫仔稚鱼密度出现的高峰期; 底质类型、透明度和水温是影响所有种类、鲤和鲫仔稚鱼密度空间变动的最重要的因素。研究结果表明 3–6 月三峡水库水位的快速消落很可能是影响黏草产卵鱼类产卵孵化的关键影响因素, 建议通过三峡水库的水位调度以及在库区支流回水区放置人工鱼巢来缓解该影响。

关键词:早期资源; 底质类型; 水温; 生态调度; 三峡水库

中图分类号: S932.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-3075(2022)04-0078-07

长江流域作为我国鱼类生物多样性丰富的地区之一, 在长期的历史过程中孕育了多种多样适合不同生境的鱼类(刘建康和曹文宣, 1992; Fan et al, 2006)。这些鱼类中, 除产漂流性卵鱼类以外, 还分布着数量众多的产黏性或普通沉性鱼卵的鱼类。这些产黏沉性卵鱼类中, 许多如鲤、鲫、鲃、黄颡鱼、长吻鮠等不仅是重要的渔业捕捞对象和人工养殖对象(刘建康和曹文宣, 1992; 张幼敏, 2002; Ye et al, 2014; 董纯等, 2019), 也是水生态系统的重要组成部分(Fan et al, 2006; Zhu & Chang, 2008)。保护这些产黏沉性卵的鱼类资源, 不仅可以保护长江流域的生物多样性(Fan et al, 2006; 谢平, 2017), 还可以保护这些鱼类在自然水体中的优质种质资源(张幼敏, 2002)。

三峡工程作为目前世界上已建的最大水利枢纽工程以及治理和开发长江的关键性骨干工程, 其修建不仅使得长江上游 600 余 km 的自然河段变为水域面积

约 1 080 km² 的巨型水库, 而且使得三峡库区由原有单一的激流生境转变为流水、缓流水以及静水区梯次排列的复杂生境(Lin et al, 2019), 从而使得库区回水区江段(特别是支流回水区江段)成为许多产黏性或普通沉性卵鱼类(特别是在水草上产卵的鱼类)重要的繁殖栖息场所(Lin et al, 2019)。已有学者(阮瑞等, 2017)对距离三峡大坝 150–330 km 的三峡水库干支流库区的鱼类早期资源的种类组成进行了研究, 但缺乏对于三峡库区回水区江段特别是典型支流回水区江段鱼类早期资源的动态分布特征及其与环境因子关系的研究。本研究通过整合三峡库区各支流消落区面积大小、鱼类资源状况、水草、岩石等鱼卵粘附基质的分布情况以及支流水电开发现状等信息, 选择消落区面积最大、鱼类资源较为丰富、河流港湾数量较多、鱼卵粘附基质分布较广以及支流水电开发较少的代表性支流——小江开展鱼类早期资源调查, 对该河流回水区江段鱼类早期资源的种类组成、仔稚鱼密度的时间动态及其与环境因子的关系进行了研究, 旨在通过对该区域鱼类(特别是产黏沉卵鱼类)早期资源现状的全面了解和认识, 为三峡库区鱼类资源保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查区域

调查江段为小江回水区江段, 包括重庆开州区

收稿日期: 2020-10-13 修回日期: 2022-06-20

基金项目:国家自然科学基金项目(51679153); 三峡集团公司项目《三峡库区典型支流产黏沉性卵鱼类资源及自然繁殖现状调查》; 财政项目《三峡水库重点支流水质监测站》。

作者简介: 胡莲, 女, 硕士, 正高级工程师, 主要从事水生态保护与修复技术研究。E-mail: huliann@mail.ihe.ac.cn

通信作者: 陈小娟, 女, 研究员。E-mail: 45923194@qq.com

汉丰湖调节坝至云阳县双江镇江段(图1)。小江(又名澎溪河)是三峡库区长江北岸流域面积最大的一级支流,流域面积5 172.5 km²,全长182.4 km,其中三峡库区境内117.5 km,主要涉及双江、黄石、高阳、渠马、养鹿、渠口6个乡镇(郑志伟等,2011)。小江河口距离三峡大坝247 km,年均流量116 m³/s,在三峡水库低水位运行时,养鹿乡上游白家溪至汉丰湖调节坝之间为自然流水江段,为许多产漂流性卵鱼类的产卵场(陈小娟等,2020)。

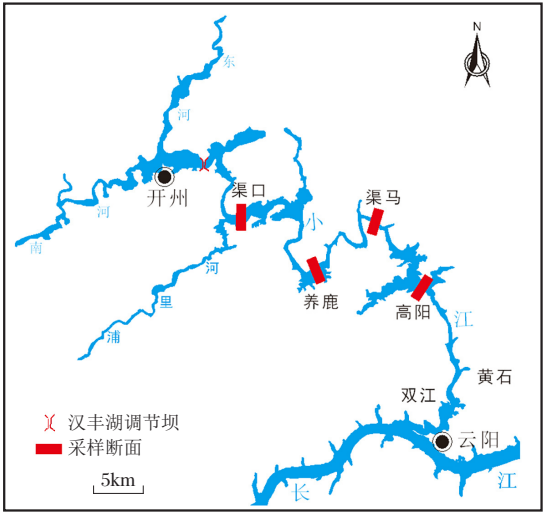


图1 小江回水区鱼类早期资源调查江段

Fig. 1 Location of the reaches sampled in the early stage fish resource survey in the backwater of Xiaojiang River

1.2 调查方法与时间

2019年3~6月用2种网具(手抄网和拖网)在小江回水区江段(汉丰湖调节坝至河口江段)开展鱼类早期资源调查。(1)使用手抄网在沿岸带不同基质上进行仔稚鱼采集,每次采集5~10组,每组采集距离由手持式测距仪(爱德克斯AS 600H)现场测定,通常为20~50 m。手抄网网口面积0.433 m²,网目40目。手抄网采样时间为3月26日至6月26日。(2)租用渔船,悬挂拖网(网口面积0.393 m²,网衣长2.5 m,网目80目)沿近岸带进行表层(0.5 m)仔稚鱼采集。根据不同江段的基质分布特征,每日沿河流纵向方向选择8~10个拖行样方,每个样方拖网拖行距离50~280 m。拖网采样时间为4月17日至6月8日。手抄网和拖网采样时,记录采样日期、天气状况、采样人、起止采样时间和采样样方的基质类型,并使用便携式水质分析仪YSI pro测定每次采样时采样样方的水温、溶解氧和pH,使用黑白盘测定每次采样时采样样方的透明度。

仔稚鱼采集后,对各样方采集到的样本进行分拣、计数,其中个体规格较大的仔稚鱼放入5%的中性福尔马林溶液中保存,而个体规格较小的仔稚鱼则放入95%的酒精溶液中固定(王红丽等, 2015)。样本固定后,带回实验室进行种类鉴定,其中保存在中性福尔马林溶液中的样本采用形态学方法进行种类鉴定,形态学鉴定主要根据不同种类仔稚鱼在可数性状、可量性状以及描述性状上的差异进行区别分类;固定在酒精溶液中的样本则采用分子生物学方法进行种类鉴定,分子生物学鉴定主要使用线粒体COI基因完成(高雷, 2014)。

1.3 数据分析

采用下列公式计算手抄网和拖网采样1次的密度:

$$D_{i拖}=a_i/(S_{i拖}\times T_i)$$
 ①

$$D_{i抄}=a_i/[S_{i抄}\times\cos(3.14\times A_i/180)\times T_i]$$
 ②

式中: $D_{i拖}$ 和 $D_{i抄}$ 分别为某一日拖网和手抄网第*i*次采集到的仔稚鱼的密度(个/m³), a_i 为第*i*次采样时采集到的仔稚鱼的数量(尾), T_i 为第*i*次采样时的采集作业距离(m), A_i 为第*i*次采样时采集网口与水流垂直面之间的夹角(°), $S_{i拖}$ 和 $S_{i抄}$ 分别为第*i*次采样时拖网和手抄网的网口面积(拖网:0.393 m²;手抄网:0.433 m²)。拖网和手抄网作业在不同基质类型间(主要包括:泥质+石质、水草、淤泥和基岩,其中在水草上采样次数最多)进行采样,考虑到水草基质是许多鱼类仔稚鱼主要的庇护生境,分别将每日拖网和手抄网各次在水草基质上采集到的仔稚鱼的密度进行平均,以近似求得手抄网和拖网采集到的仔稚鱼的逐日平均密度。同时,采用独立样本的*t*检验确定仔稚鱼逐日密度的平均值在2种网具间的差异(Bellier et al,2012)。

采用随机森林模型(Random Forest, RF)(Bellier et al,2012),分析手抄网仔稚鱼(相较之拖网,手抄网覆盖时间长,环境梯度变化更大)密度与环境因子的关系。随机森林是一种基于分类树(classification tree)的算法(Breiman, 2001),是机器学习中一种分类与回归的方法。在随机森林模型中,仔稚鱼密度为因变量或被预测的变量,而环境因子,包括底质类型(SUB)、透明度(TRA)、水温(WT)、溶解氧(DO)和pH,为解释变量。底质类型为分类变量,其中1~4分别代表泥质+石质、水草、淤泥和基岩底质,其他变量为连续变量,为某一日每次手抄网采样时对采样样方环境要素的实测值。建模之前,对所有变量进行lg(*X*+1)数据转换,*X*指任何一个变量的原始值;建

模时,采用 leave-one-out 方法作为模型的验证程序,并采用指标 %IncMSE (Mean Decrease Accuracy) 估测环境变量在预测手抄网仔稚鱼密度中的相对重要性(李雪柔等, 2020)。

采用 excel 365 和 CorelDRAW X8 绘图, 并使用 R i386 3.5.2 软件进行数理统计。本文的显著性水平设置为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 种类组成

调查期间,共采集到仔稚鱼 9 499 尾,12 种,隶属于 4 目 5 科 11 属,其中产黏沉性卵鱼类 5 种,产

沉性卵鱼类 4 种,产漂流性卵鱼类 2 种,产浮性卵鱼类 1 种。手抄网共采集到仔稚鱼 1 150 尾,10 种,而拖网共采集到仔稚鱼 8 349 尾,11 种(表 1)。手抄网采样中,采集到的中华鲢 (*Rhodeus sinensis*) 数量最多,占总采集仔稚鱼总数的 52.43%,其次为鲤 (*Cyprinus capio*),占 14.09%,最少为太湖新银鱼 (*Neosalanx taihuensis*) 和 鳊 (*Siniperca chuatsi*),各占 0.09%;拖网采样中,采集到的太湖新银鱼数量最多,占总采集仔稚鱼总数的 66.13%,其次为子陵吻虾虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*),占 18.42%,最少为中华纹胸鲃 (*Glyptothorax sinense*),占 0.01%(图 2)。

表 1 2019 年 3-6 月小江鱼类早期资源种类组成

Tab.1 Species composition of early stage fish resources in the Xiaojiang River from March to June in 2019						
序号	目	科	种	手抄网	拖网	鱼卵类型
1	鲑形目 Salmoniforme	银鱼科 Salangidae	太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i>	Y	Y	沉性
2	鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	Y	Y	沉性
3			贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	Y	Y	漂流性
4			鲃 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	Y	Y	黏沉性
5			中华鲢 <i>Rhodeus sinensis</i>	Y	Y	黏沉性
6			似鲃 <i>Pseudobrama simony</i>		Y	漂流性
7			鲤 <i>Cyprinus capio</i>	Y	Y	黏沉性
8			鲫 <i>Carassius auratus</i>	Y	Y	黏沉性
9	鲇形目 Siluriformes	鲃科 Sisoridae	中华纹胸鲃 <i>Glyptothorax sinense</i>		Y	黏沉性
10	鲈形目 Perciformes	鲈科 Serranidae	鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	Y		浮性
11		吻虾虎鱼科 Gobiidae	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	Y	Y	沉性
12			波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	Y	Y	沉性

注:Y-该种类被这种网具采集到。
Notes:Y - fish species captured with this type of net.

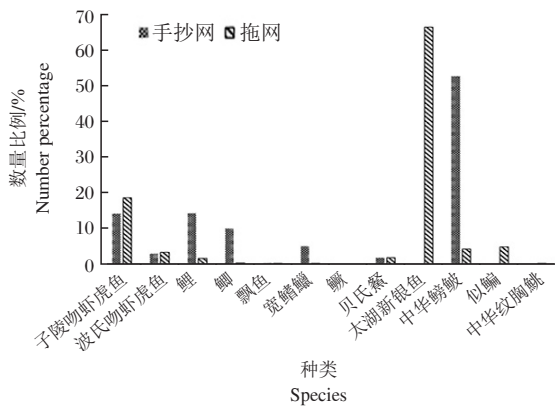


图 2 2019 年小江不同网具采集到的仔稚鱼的数量比例
Fig.2 Percentages of larvae and juveniles of different fish species collected by different kinds of nets in Xiaojiang River in 2019

2.2 仔稚鱼密度的时间动态

不同采样网具逐日仔稚鱼密度如图 3 和图 4 所示,其中手抄网采集到的仔稚鱼密度为 0~3.72 个/m³,平均 0.27 个/m³,拖网采集到的仔稚鱼密度为 0.06~28.25 个/m³,平均 6.57 个/m³。在手抄网采样中,小江回水区江段仔稚鱼

的逐日密度呈现明显的时空动态特征,其中 4 月初仔稚鱼开始集中出现,4 月下旬至 5 月中旬为仔稚鱼采集的高峰期,5 月中旬以后仔稚鱼的采集数量明显减少;在拖网采样中,仔稚鱼的高峰期处于 5 月下旬至 6 月初。独立样本的 *t* 检验显示:仔稚鱼的逐日密度在 2 种网具间具有显著性的差异,使用拖网采集到的仔稚鱼密度明显高于使用手抄网采集到的仔稚鱼密度($t=4.640, P<0.001$)。

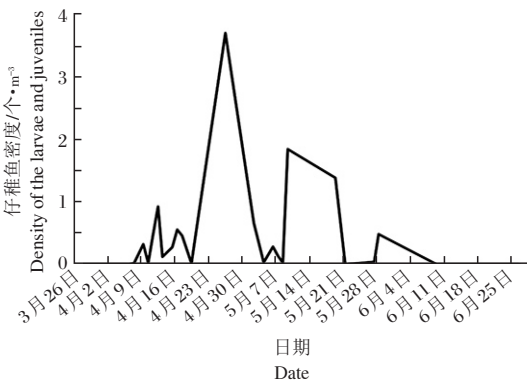


图 3 手抄网采集到的仔稚鱼的逐日密度变动
Fig.3 Daily density variations of larvae and juveniles collected by the hand net

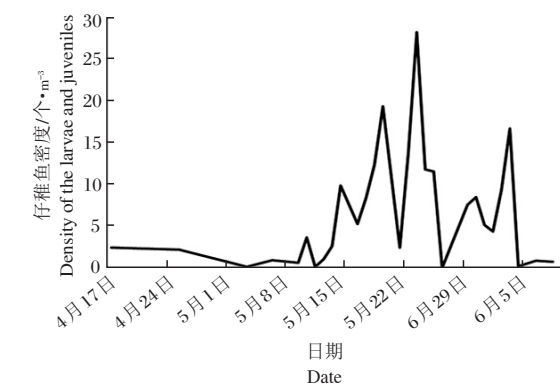


图4 拖网采集到的仔稚鱼的逐日密度变动

Fig.4 Daily density variations of larvae and juveniles collected by trawl

手抄网采集到的鲤和鲫仔稚鱼的逐日密度变动如图5和图6所示。鲤仔稚鱼的逐日密度处于0~0.51个/m³,平均0.04个/m³;鲫仔稚鱼的逐日密度处于0~0.42个/m³,平均0.04个/m³。鲤仔稚鱼密度出现高峰的时间为4月份,而鲫仔稚鱼密度出现高峰的时间为4~5月的上、中旬。

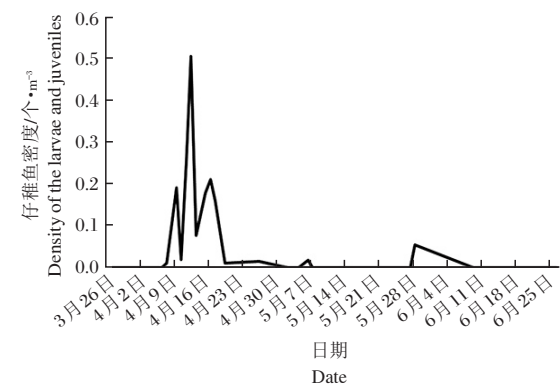


图5 手抄网采集到的鲤仔稚鱼的逐日密度变动

Fig.5 Daily density variations of larvae and juveniles of *Cyprinus carpio* collected by the hand net

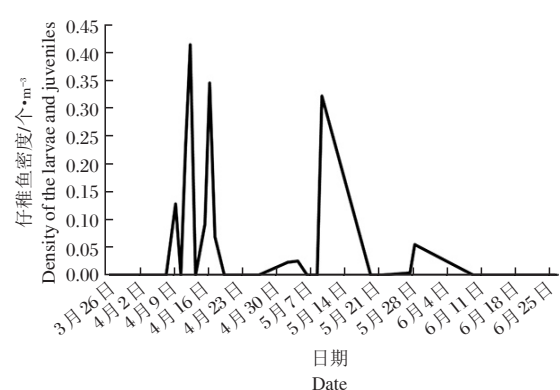


图6 手抄网采集到的鲫仔稚鱼的逐日密度变动

Fig.6 Daily density variations of larvae and juveniles of *Carassius auratus* collected by the hand net

2.4 仔稚鱼密度与环境因子的关系

随机森林模型的结果显示:底质类型(SUB)、透明度(TRA)、水温(WT)、溶解氧(DO)和pH 5个变量能够解释76.35%的所有种类仔稚鱼的密度变异、73.40%的鲤仔稚鱼的密度变异和70.94%的鲫仔稚鱼的密度变异,其中底质类型、透明度和水温的%IncMSE值在所有预测变量的重要性排序图中排在前3位,表明这3个预测变量是影响所有种类、鲤和鲫仔稚鱼密度空间变动的最主要的因素(图7)。相比于透明度和水温,底质类型在决定所有种类的密度变异以及鲫仔稚鱼的密度变异中处于最重要的地位,而水温为影响鲤仔稚鱼空间变动的最重要的环境因子(图7)。

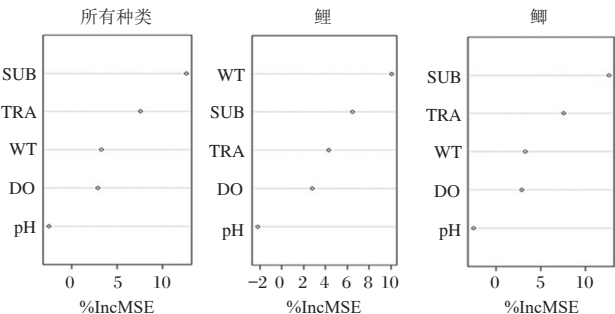


图7 使用随机森林模型预测手抄网采集到的所有种类、鲤和鲫仔稚鱼的密度

Fig. 7 Prediction of densities of larvae and juveniles of all species, common carps and crucian carps collected by the hand net

采集到的仔稚鱼(所有种类)以及鲤、鲫仔稚鱼的平均密度,以水草基质上的最大,分别为0.77、0.11和0.11个/m³,而在其他基质上的平均密度均很小(表2)。不同采样基质间存在极显著差异($P<0.01$)。

表2 仔稚鱼以及鲤、鲫仔稚鱼的平均密度及其在不同样基质间的差异

种类	不同基质上的平均密度/个·m ³				F	P
	泥质+石质	水草	淤泥	基岩		
仔稚鱼	0.00±0.01	0.77±0.96	0.00±0.01	0.05±0.05	6.010	0.002
鲤	0	0.11±0.14	0.00±0.01	0.03±0.04	4.986	0.005
鲫	0.00±0.01	0.11±0.15	0	0	5.507	0.003

3 讨论

3.1 鱼类早期资源的种类组成及其丰度

小江回水区江段采集到的仔稚鱼多为产黏沉性卵或产沉性卵鱼类,且种类数仅有12种,上述结果

与阮瑞等(2017)2016年4–6月在距离三峡大坝150–330 km的消落区的早期资源调查结果存在一定的差异,其中优势种类组成差别较为明显:阮瑞等的调查结果显示鲤和鲫为绝对优势类群,而本文的结果显示太湖新银鱼、中华鲮为绝对优势类群,子陵吻虾虎鱼、鲤和鲫为次要优势类群。这很可能是由于采样方法差异所致。阮瑞等(2017)采用普查的方法沿岸收集暴露于水面或残留浅滩的鱼卵及仔稚鱼,而本文则采用拖网和手抄网进行沿岸带仔稚鱼的采集。手抄网和沿岸普查采集均在沿岸带进行,而水草基质均分布在沿岸带,该区域是鲤、鲫等黏草产卵鱼类的产卵场及其仔鱼的庇护生境,因此更容易采集到鲤、鲫等鱼类的仔稚鱼(曹文宣等,2007)。由于船舶具有一定的吃水深度,因此拖网通常难以在离岸很近的区域进行仔稚鱼采集,其采集的样本多为具有一定游泳能力、能够在宽阔水面进行自由泳动的仔稚鱼(特别是适宜栖息在水体中上层的个体)。本文的结果也清晰地表明所采集仔稚鱼的种类组成及其相对丰度在拖网和手抄网间存在较大的差异。此外,手抄网所采集仔稚鱼的日均密度高峰值的出现日期早于拖网,与不同网具捕获仔稚鱼的个体规格有较大关系:手抄网在沿岸带产卵基质上直接进行采集,可以捕获到早期阶段的仔鱼(游泳能力较弱的个体),而拖网在宽阔水面上进行采集,其捕获的个体多为较大的、具有一定游泳能力的个体(阮瑞等,2017)。总之,为获得更为准确的回水区早期资源特征估计,应同时对沿岸带和宽阔水面不同水层进行调查。

3.2 鱼类早期资源密度与环境因子的相关性

研究已表明,许多因子包括底质形态特征、沿岸带生境类型的分布模式、局部微生境复杂度、水深、水温、流速、光照强度等理化因子以及风速能够显著影响仔稚鱼的时空分布特征(Aleman et al, 2006; Félix-Hackradt et al, 2013)。研究也表明,水温、溶解氧、庇护生境面积、食物丰度以及沿岸带利用率是影响库区仔稚鱼空间分布的决定性因素(Buczyńska et al, 2016; Ernandes-Silva et al, 2017)。本研究也得到类似结论:底质类型、透明度和水温是决定3–6月份小江回水区江段仔稚鱼空间分布特征的关键要素,其中底质类型影响沿岸带生境类型的分布模式,其能够为仔稚鱼提供庇护生境以及饵料来源(Duckworth, 2016);透明度影响饵料的分布特征以及种间的捕食效应(Balvay, 1990),而水温与仔稚鱼的生长发育紧密相关(Kumlu et al, 2000)。

结果显示3–6月小江回水区江段仔稚鱼主要分布在水草底质中,这与调查期间多数鱼类为黏草产卵类型鱼类有关。初春,在小江回水区江段产卵繁殖的鱼类很少,主要是鲤和鲫,这2种鱼类是典型的黏草产卵鱼类(曹文宣等,2007);随时间推移,其他黏草产卵鱼类,主要以小型野杂鱼类为主,逐渐开始产卵;鲇、瓦氏黄颡鱼、光泽黄颡鱼等肉食性的产黏沉性卵鱼类的仔稚鱼在6月及6月以前数量很少或难以采集,为充分了解小江回水区江段鱼类早期资源的状况,该区域的监测应延长到7月以后。

3.3 鱼类产卵孵化影响因子辨识及保护建议

研究结果显示水草基质在3–6月小江回水区江段仔稚鱼空间分布中起了至关重要的作用,表明充足水草基质的维持对于该期间小江回水区江段仔稚鱼的存活具有重要的意义。同时,对于鲤、鲫等黏草产卵鱼类而言,适宜水淹面积的水草是确定其繁殖成功的关键。然而,3–6月属于三峡水库水位快速消落期,鲤、鲫等黏草产卵鱼类的自然繁殖及其早期存活易受三峡水库水位快速消落的影响。因此,建议在这些黏草产卵鱼类的产卵繁殖高峰期(通常为4月)选择一定时间维持三峡水库水位的不变或缓慢消落,保证其产卵孵化及早期仔鱼存活。此外,人工鱼巢作为促进黏草产卵鱼类繁殖孵化的有力工具(杨雪军等,2020),具有成本低、简单易行、繁殖效率高、不受库区水位波动影响等优点,可在三峡库区支流回水区大力推行。

参考文献

- 陈小娟,唐会元,杨志,等,2020.三峡水库支流小江鱼类早期资源现状[J].三峡生态环境监测,5(1):42–47.
- 曹文宣,常剑波,乔晔,等,2007.长江鱼类早期资源[M].北京:中国水利水电出版社.
- 董纯,杨志,龚云,等,2019.三峡库区干流鱼类资源现状与物种多样性保护[J].水生态学杂志,40(1):15–21.
- 高雷,2014.长江口南支鱼类早期资源多样性与时空格局研究[D].武汉:中国科学院水生生物研究所.
- 刘建康,曹文宣,1992.长江流域的鱼类资源及其保护对策[J].长江流域资源与环境,1(1):17–23.
- 李雪柔,陈飞燕,林爱文,等,2020.基于随机森林回归的茶园扩张驱动机制分析[J].生态与农村环境学报,36(1):44–52.
- 阮瑞,张燕,沈子伟,等,2017.三峡消落区鱼卵、仔稚鱼种类的鉴定及分布[J].中国水产科学,24(6):1307–1314.
- 王红丽,黎明政,高欣,等,2015.三峡库区丰都江段鱼类早期资源现状[J].水生生物学报,39(5):954–964.

- 谢平, 2017. 长江的生物多样性危机——水利工程是祸首, 酷渔乱捕是帮凶[J]. 湖泊科学, 29(6): 1279–1299.
- 杨雪军, 王邢艳, 冯晓婷, 等, 2020. 基于不同人工鱼巢研究黄颡鱼的产卵偏好性[J]. 中国水产科学, 27(2): 213–223.
- 张幼敏, 2002. 长江鱼类资源的现状及其增殖保护[J]. 科学养鱼, (12): 4–5.
- 郑志伟, 邹曦, 安然, 等, 2011. 三峡水库小江流域消落区土壤的理化性状[J]. 水生态学杂志, 32(4): 1–6.
- Aleman F, Deudero S, Morales–Nin B, et al, 2006. Influence of physical environmental factors on the composition and horizontal distribution of summer larval fish assemblages off Mallorca island (Balearic archipelago, Western Mediterranean) [J]. Journal of Plankton Research, 28(5): 473–487.
- Balvay G, 1990. Long-term changes in zooplankton abundance and water transparency in Lake Geneva [J]. Hydrobiologia, 207(1): 31–36.
- Bellier E, Borcard D, Gillet F, et al, 2012. Numerical Ecology with R[J]. Journal of Agricultural Biological & Environmental Statistics, 17(2): 308–309.
- Breiman L, 2001. Statistical modeling: The two cultures[J]. Statistical Science, 16(3): 199–215.
- Buczyńska E, Buczyński P, Zawal A, et al, 2016. Environmental factors affecting micro-distribution of larval caddisflies (Trichoptera) in a small lowland reservoir under different types of watershed usage[J]. Fundamental & Applied Limnology, 188(2): 157–170.
- Duckworth A R, 2016. Substrate type affects the abundance and size of a coral-reef sponge between depths[J]. Marine and Freshwater Research, 67(2): 246–255.
- Ernandes–Silva J, Pinha G D, Mormul R P, 2017. Environmental variables driving the larval distribution of *Limnoperna fortunei* in the upper Paraná River floodplain, Brazil[J]. Acta Limnologica Brasiliensia, 29: e108.
- Fan X G, Wei Q W, Chang J B, et al, 2006. A review on conservation issues in the upper Yangtze River—a last chance for a big challenge: Can Chinese paddlefish (*Psephurus gladius*), Dabry's sturgeon, (*Acipenser dabryanus*) and other fish species still be saved? [J]. Journal of Applied Ichthyology, 22(Suppl.1): 32–39.
- Félix–Hackrad F C, Hackrad C W, Treviño–Otón J, et al, 2013. Environmental determinants on fish post-larval distribution in coastal areas of south-western Mediterranean Sea [J]. Estuarine Coastal & Shelf Science, 129: 59–72.
- Kumlu M, Eroldogan O T, Aktas M, 2000. Effects of temperature and salinity on larval growth, survival and development of *Penaeus semisulcatus* [J]. Aquaculture, 188(1/2): 167–173.
- Lin P C, Gao X, Liu F, et al, 2019. Long-term monitoring revealed fish assemblage zonation in the Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Oceanology and Limnology, 37: 1258–1267.
- Ye S W, Li Z J, Zhang T L, et al, 2014. Assessing fish distribution and threats to fish biodiversity in the Yangtze River Basin, China[J]. Ichthyological Research, 61(2): 183–188.
- Zhu D, Chang J B, 2008. Annual variations of biotic integrity in the upper Yangtze River using an adapted index of biotic integrity (IBI)[J]. Ecological Indicators, 8(5): 564–572.

(责任编辑 郑金秀)

Status of Early Stage Fish Resources in the Backwater Area of Xiaojiang River in Three Gorges Reservoir Area

HU Lian¹, YAO Jin-zhong², YANG Zhi¹, SHI Fang¹, PENG Jian-hua¹, DING Qing-qiu¹, CHEN Xiao-juan¹

- (1. Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Hubei Engineering Research Center of Hydroecology Protection and Restoration, Wuhan 430079, P.R. China;
2. Watershed Hub Operation Management Center, China Three Gorges Corporation, Yichang 443100, P.R. China)

Abstract: In this study, we investigated early stage fish resources in the backwater of Xiaojiang River, focusing on species composition, temporal dynamics of larval and juvenile density and their relationship with environmental factors. The aim was to assess the status of early stage fish resources in Xiaojiang River and provide scientific evidence for fish resource protection in the Three Gorges Reservoir area. Samples were collected using scoop nets and trawls from March to June in 2019 and water quality parameters, including water temperature, dissolved oxygen, pH and transparency were measured synchronously. A total of 12 fish species from 11 genera, 5 families and 4 orders were collected, and the number of *Neosalanx taihuensis*, *Rhodeus sinensis*, *Rhinogobius giurinus*, *Cyprinus carpio* and *Carassius auratus* larvae and juveniles were higher than for other species. The number of larvae and juveniles collected peaked from late April to early June, with *C. carpio* larvae and juveniles peaking in April and *C. auratus* larvae and juveniles peaking in early to middle April and May. Substrate type, transparency and water temperature were the most important factors associated with spatial variations in larval and juvenile densities of all species, especially *C. carpio* and *C. auratus*. Furthermore, the rapid decrease of water level in Three Gorges Reservoir from March to June is likely the key factor affecting spawning and hatching of fish that spawn sticky eggs on grasses. To alleviate the impact, we recommend regulating the water level of Three Gorges Reservoir and placing artificial nests in the backwater tributaries of Three Gorges Reservoir.

Key words: early stage fish resource; substrate type; water temperature; ecological regulation; Three Gorges Reservoir