

doi: 10.7541/2019.154

长江安庆段仔稚鱼群落特征调查研究

李新丰¹ 丁隆强¹ 何晓辉¹ 刘 熠¹ 任 鹏² 方弟安^{1,2} 徐东坡^{1,2}

(1. 上海海洋大学水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306; 2. 农业农村部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

摘要: 安庆江段是长江下游重要渔业资源水域之一, 为了解该江段仔稚鱼群落特征及与环境因子的关系, 于2016年4月17日至8月15日对安庆江段仔稚鱼进行了逐日调查。结果显示: 研究共采集仔稚鱼个体92160尾, 鉴定90457尾, 隶属于7目11科49种, 其中鲤科(Cyprinidae)种类数居第一, 32种, 尾数占比为90.16%; 鰕虎鱼科(Gobiidae)居第二, 3种, 尾数占比为5.71%。在生态类型及产卵方式上, 淡水定居性鱼类和产漂流性卵鱼类数量占比最大, 分别为87.57%和88.30%。贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)是该江段第一优势种, 数量占比44.53%, 其余优势种为鲮(*Hemiculter leuciscus*, 占比14.21%)、银鲴(*Xenocypris argentea*, 占比8.11%)、子陵吻鰕虎(*Rhinogobius giurinus*, 占比5.60%)、飘鱼(*Pseudolaubuca sinensis*, 占比4.75%)、似鳊(*Pseudobrama simoni*, 占比4.13%)、寡鳞飘鱼(*Pseudolaubuca engraulis*, 占比4.50%)、鳊(*Parabramis pekinensis*, 占比2.63%)、刀鲚(*Coilia nasus*, 占比1.89%)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*, 占比1.57%)。仔稚鱼丰度出现4次明显的高峰时期, 第一次在5月1日, 后面三次集中出现在6月中下旬, 分别为1127.00、1608.44、1568.35 和1202.94 ind./100 m³。通过冗余分析(RDA)表明, 影响安庆江段仔稚鱼丰度的主要环境因子为水流量、水位、透明度($P < 0.05$), 大多数仔稚鱼丰度与水流量、水位呈现负相关, 与透明度呈现正相关, 可能与该年份过高的水流量、水位有关。研究表明, 安庆江段的仔稚鱼种类较丰富, 但主要以小型鱼类为主, 且经济性仔稚鱼类占比小。研究初步探明了安庆江段的仔稚鱼资源状况, 其结果为安庆鱼类早期资源进一步研究提供基础资料, 同时也为渔业资源保护策略制定提供科学依据。

关键词: 安庆段; 仔稚鱼; 种类组成; 丰度变化; 环境因子

中图分类号: S932.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2019)06-1300-11

鱼类早期资源调查具有样本量大、对资源破坏小、采样简单、费用较低的优势, 使其成为进行鱼类种群丰度评估研究重要手段之一^[1], 仔稚鱼作为鱼类早期生活史中重点研究对象, 对仔稚鱼在自然水域环境下的丰度动态变化研究可以了解鱼类早期栖息地分布及发育过程中的环境需求等基础资料^[2], 进而为渔业资源的合理开发以及鱼类资源保护政策制定提供科学依据。长江流域幅员辽阔, 鱼类区系种类组成复杂, 长江干流分布拥有丰富的产卵场、育幼场^[3-5], 国内学者自20世纪60年代开始大规模的进行长江鱼类早期资源调查, 时至今日

已经积累了大量的仔稚鱼类的形态特征、密度变化、群聚结构等较为完备的基础资料。近年来, 国内学者对长江流域的鱼类早期资源研究主要集中在中上游江段, 如段辛斌等^[6]就三峡蓄水产漂流性卵的鱼类产卵场影响进行了分析研究; 黎明政等^[7]对长江上游武穴段的鱼类早期资源群落结构做了调查; 万力等^[8]探讨了汉中的产漂流性早期鱼类的时空分布特征; 刘明典等^[9]阐述了长江中游宜昌江段鱼类早期资源群聚特征及四大家鱼的产卵场的现状; 对长江口鱼类早期的资源量、群落特征和产卵场分布亦有不少研究报道^[10-12]。然而关于长江

收稿日期: 2018-11-02; **修订日期:** 2019-05-11

基金项目: 长江下游鲴形目鱼类产卵场修复及技术研究(2017HYZD0104); 长江下游鱼类早期资源种群补充机制研究(2017JBFR04)资助 [Supported by the Studies of Repair and Technology about Siluriformes Spawning Grounds in the Lower Reaches of the Changjiang (2017HYZD0104); Studies of Early Fish Stocks Replenishment Mechanism in the Lower Reaches of Changjiang River (2017JBFR04)]

作者简介: 李新丰 (1992—), 男, 硕士研究生; 主要从事渔业资源研究。E-mail: 841179897@qq.com

通信作者: 徐东坡, 研究员; E-mail: xudp@ffrc.cn

下游段的鱼类早期资源的研究报道寥寥可数, 仅见刘熠等^[13]在2016年对长江湖口段仔稚鱼群落结构特征的研究, 因此, 基于上述背景本文选取安庆江段作为鱼类早期资源调查水域, 以期对长江下游早期资源研究提供基础资料。

长江下游安庆段, 位于安徽省境内, 全长约243 km, 多沙洲, 属于分汊型河段, 渔业资源丰富, 该江段拥有长江江豚自然保护区、大口鲶保护区、长江刀鲚国家级水产种质资源保护区等重要生态区域, 是重要的渔业资源水域^[14], 历史资料显示20世纪90年代该江段含有鱼类种数63种^[15], 张敏莹等^[16]在2006年报道46种, 张晓可^[17]在2016年调查发现仅有35种, 由于大量涉水工程实施、过度捕捞和水体污染等强烈的人为干扰因素^[18], 安庆江段的渔业资源日趋衰退。本文通过鱼类早期资源调查的手段来分析安庆江段的仔稚鱼种类组成、丰度时间变化以及与环境因子相关性研究, 以期对该江段渔业资源评估及保护政策的制定提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间和采样地点

本次研究, 首先通过查阅长江中上游鱼类早期资源调查的历史文献^[19, 20]及现场勘查, 然后于2016年4月17日至8月15日在长江下游安庆段选取一个断面(N30°28'59.07"; E116°59'39.36")进行鱼苗采集, 该断面江岸平直, 断面约宽1380 m。每天上午8:00—11:00进行1次采样, 单次拖拽时间根据鱼

苗高峰期实时调整。该断面设置3个采样点分别在断面的南岸、中间和北岸, 南北2个采样点距离岸边100 m左右, 在每个采样点的表层(1 m以内)进行鱼苗的采集。采样的网具为直径80 cm, 网深2.5 m, 网目40目, 孔径0.25 mm的圆锥网, 网后连接圆柱形集苗器(长20 cm, 直径10 cm)。过网口的水量采用德国JKY/Hydrobios/438115数字网口流量计测量(m^3), 采用温度计测量表层水温($^{\circ}C$), 透明度通过塞氏透明度盘测量(cm), 采样期间断面的水位和水流量数据来自长江水文网(<http://www.cjh.com.cn/>)的安庆水文站和大通镇水文站(由于大通水文站位于安徽省池州市距离调查断面下游80 km且无大型支流汇入长江干流, 故可以反映该断面的水流量情况, 图1)。

1.2 样品处理

在现场采集的鱼苗冰水保存, 然后立即带回实验室, 参考曹文宣等^[1]编著的《鱼类早期资源》描述的各种鱼类形态学特征, 通过形态手段方法在奥林巴斯解剖镜(型号: SZX16)进行种类鉴定, 并分类计数, 对形态破损或无法分辨的仔稚鱼进行编号保存于75%中性酒精中, 并通过分子生物学报进行种类鉴定, 由于该时期的体长较小, 因此对整个个体提取DNA, 然后经过PCR扩增COI基因序列, 最后在NCBI网站中与已经用成鱼建立的长江鱼类条形码数据库进行比对, 取遗传相似度 $\geq 99\%$ 为对应种类^[21], 若存在不同物种, 则舍弃该样本。对已经鉴定完成的样品, 适量选取形态较好的鱼苗转入

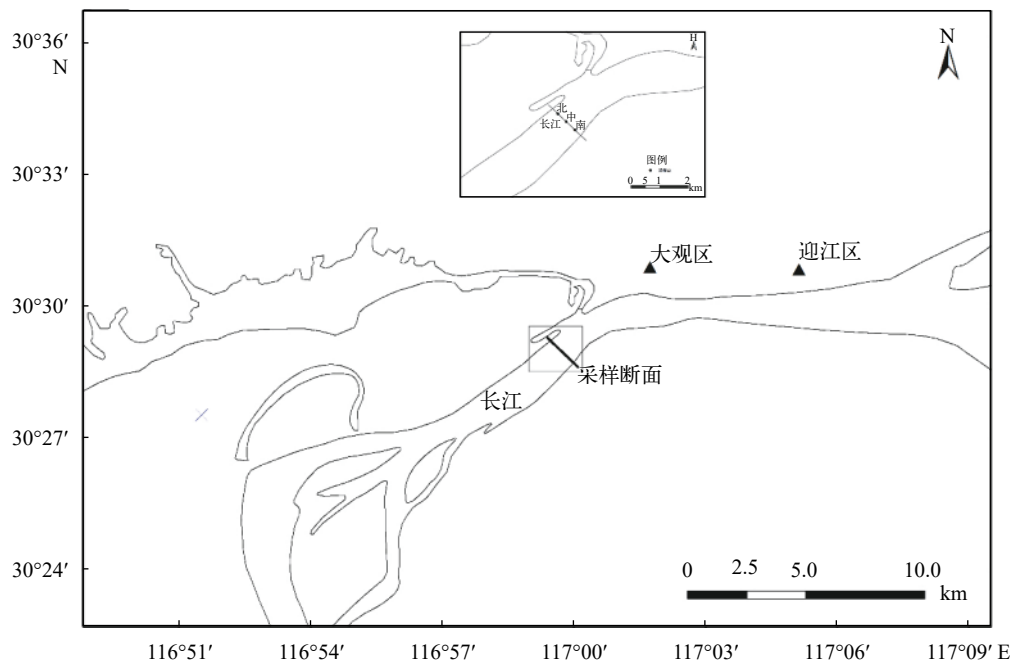


图1 安庆江段鱼类早期资源采样点设置

Fig. 1 The sampling sites on fisheries resources of early life history stages in Anqing section

5%的甲醛溶液, 浸泡1—2h, 最后通过奥林巴斯解剖镜SZX16拍照软件进行形态上的拍照保存。

1.3 数据分析

仔稚鱼的丰度计算参考曹文宣等^[1]和刘熠等^[13]的计算方法, 以每100 m³水体含有仔稚鱼数量(ind.), 其计算公式为

$$D = N_i / Q \times 100 \times t_i$$

$$Q = C_i \times S \times 0.3 / t_i$$

式中, D 为采集期间的过网鱼苗的平均丰度(ind./100m³); N_i 为第 i 次采集仔稚鱼的数量(ind.); Q 为采集期间的过网水量(m³); S 为圆锥网的网口面积(m²); t_i 为第 i 次采集时间(s); C_i 为第 i 次采集时流量计的始末差值; 0.3为计算过网水量的公式系数。

生态优势度: 选用Pinkas的相对重要性指数^[22]描述出群落间的优势种和重要种, 定义 $IRI > 100$ 为优势种, $10 < IRI < 100$ 为常见种, $IRI < 10$ 为少见种^[13]。计算公式为:

$$IRI = N\% \times F\% \times 10000$$

$N\%$ 为某个物种占群落总数量的数量百分比, $F\%$ 为某个物种被采集到的总天数占调查总天数的百分比。

1.4 冗余分析(Redundancy analysis, RDA)

将水流量、水位、透明度4个理化因子与17种($IRI \geq 10$)仔稚鱼密度构成环境因子与物种矩阵, 首先对物种数据进行除趋势对应分析(Detrended correspondence analysis, DCA)所得排序轴梯度长度(Length of gradient, LGA)来判断哪种模型(线性或单峰)更为合适($LGA > 4$, 单峰模型; $3 < LGA < 4$, 两者皆可; $LGA < 3$, 线性模型), 本研究分析显示各个排序轴均小于3, 表明仔稚鱼密度变化与环境因子有较好的

线性关系(适合RDA分析)。由于各物种和环境因子之间的数据存在很大的差异性, 离散程度高, 为了降低极端数据带来的负面影响, 提高数据的正态性和方差齐性, 对物种数和环境因子数据均进行 $\log(x+1)$ 转化^[23], 并且通过蒙特卡洛检验(Monte-Carlo permutation test, $P < 0.05$)来筛选环境因子^[24]。

通过Excel 2016、SPSS22.0、Canoco 5.0和Origin9.1进行实验数据的分析和图形的绘制。

2 结果

2.1 仔稚鱼数量及种类组成

物种组成 本研究采集安庆江段仔稚鱼共计104d, 捕获92160尾, 实际鉴定90457尾, 共计49种, 隶属于7目11科(表1)。鲤科鱼类32种, 数量占比最大, 为90.16%; 其次是鰕虎鱼科, 3种, 数量占比为5.71%; 其余9科, 总数占比不足5%(表2)。

生态类型与产卵方式 鱼苗根据生态类型可分为3类: (1)江湖半洄游性鱼类, 如鳊(*Parabramis pekinensis*)、鳙(*Elopichthys bambusa*)等8种, 9533尾, 占比10.54%; (2)淡水定居性鱼类, 如贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)、鲮(*Hemiculter leuciscus*)、银鲮(*Xenocypris argentea*)等40种, 79217尾, 占比87.57%; (3)溯河洄游性鱼类, 如刀鲚(*Coilia nasus*) 1种, 1707尾, 占比1.89%。

从产卵方式可以分为3类: (1)产漂流性卵, 如贝氏鲮、鳊等20种79869尾, 占比88.30%; (2)产沉性卵, 如子陵吻鰕虎(*Rhinogobius giurinus*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、黄尾鲮(*Xenocypris davidi*)等25种8769尾, 占比9.69%; (3)产浮性卵, 如班鲮(*Siniperca scherzeri*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)、刀鲚等4种, 1819尾, 占比2.01%(表3)。

表1 2016年安庆江段4月17日—8月15日仔稚鱼种类组成

Tab. 1 Species composition of larval and juvenile fish in Anqing section from April 15th to August 17th, 2016

目 Order	科 Family	种名 Species	生态类型 Ecological patterns	产卵类型 Spawning patterns
鲱形目 Clupeiformes	鳊科 Engaulidae	刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	A	FE
颌针鱼目 Beloniformes	鱮科 Hemirhamphidae	间下鱮 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	R	DE
胡瓜鱼目 Osmeriformes	银鱼科 Salangidae	陈氏新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	R	DE
		大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>	R	DE
鲱形目 Cyprinodontiformes	青鳉科 Oryziatidae	青鳉 <i>Oryzias latipes</i>	R	DE
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	R	DE
		贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	R	PE
		鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	RL	PE
		鲮 <i>Hemiculter leuciscus</i>	R	PE
		草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	RL	PE
		赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	RL	PE

续表 1

目 Order	科 Family	种名 Species	生态类型 Ecological patterns	产卵类型 Spawning patterns
鲈形目Perciformes	鳊科Bagridae	达氏鲃 <i>Culter dabryi</i>	R	DE
		*大鳍鲃 <i>Acheilognathus macropterus</i>	R	DE
		鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	RL	PE
		*高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	R	DE
		寡鳞鳊 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	R	PE
		黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	R	DE
		*红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	R	DE
		花鲃 <i>Hemibarbus maculatus</i>	R	DE
		华鳊 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	R	PE
		黄尾鲃 <i>Xenocypris davidi</i>	R	DE
		鲫 ¹ <i>Carassius auratus</i>	R	DE
		鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	R	DE
		鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	RL	PE
		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	R	DE
		蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i>	R	PE
		泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	R	DE
		鳊鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	R	PE
		翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i>	R	PE
		*青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	RL	PE
		蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	R	PE
		似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	RL	PE
		似刺鳊鲃 <i>Paracanthobrama guichenoti</i>	R	PE
		细鳞鲃 <i>Plagiognathops microlepis</i>	R	DE
		兴凯鲃 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	R	DE
		银鲃 <i>Xenocypris argentea</i>	R	PE
		银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	R	PE
		鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	RL	PE
		紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniaps</i>	R	PE
		*波氏吻鰕虎 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	R	DE
		粘皮鰕鰕虎 <i>Mugilogobius myxodermus</i>	R	DE
		子陵吻鰕虎 <i>Rhinogobius giurinus</i>	R	DE
	鲈科Serranidae	斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	R	FE
		大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	R	FE
		鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	R	FE
	沙塘鳢科Odontobutidae	*小黄鲈 <i>Micropercops swinhonis</i>	R	DE
鲇形目Siluriformes	鲇科Bagridae	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	R	DE
		*瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	R	DE
	鲇科Siluridae	鲇 <i>Silurus asotus</i>	R	DE

注: (1)生态类型: 江湖半洄游性(RL), 淡水定居性(R), 溯河洄游性(A); (2)产卵类型: 漂流性卵(PE), 浮性卵(FE), 沉性卵(DE); (3)**: 形态学与分子生物学结合鉴定的种类

Note: (1)Ecological patterns: River-lake migratory (RL), Residents (R), Anadromous (A); (2) spawning patterns: pelagic eggs (PE), floatability eggs (FE), demersal eggs (DE); (3)**: Species identified by combination of morphology and molecular biology

2.2 仔稚鱼丰度变化与优势种组成

仔稚鱼丰度变化特征 2016年4月—8月期间, 仔稚鱼丰度变化范围37.48—1608.44 ind./100 m³, 均值为407.56±353.25(Mean±SD), 峰值出现在6月15日。在调查期间内仔稚鱼丰度出现4次明显的高峰时期, 第一次在5月1日、后面三次集中出现在6月中下旬, 4次的高峰时期的仔稚鱼丰度分别为1127.00、1608.44、1568.35 和1202.94 ind./100 m³。

表 2 各科所含的种类数和数量及其百分比

Tab. 2 The species number and quantity contained in each family and their percentages

科 Family	种类数 Species number	数量 Quantity	种类数 百分比 Percentage of species number (%)	数量百分比 Quantity percentage (%)
鲤科Cyprinidae	32	81555	63.27	90.16
鰕虎鱼科 Gobiidae	3	5162	6.12	5.71
鲢科Engraulidae	1	1707	2.04	1.89
银鱼科 Salangidae	2	1157	4.08	1.28
鲶科 Hemirhamphidae	1	345	2.04	0.38
鳅科Cobitidae	2	201	4.08	0.22
鲮科Bagridae	2	185	4.08	0.20
鲈科Serranidae	3	112	6.12	0.12
沙塘鳢科 Odontobutidae	1	19	2.04	0.02
青鳉科 Oryziatidae	1	9	2.04	0.01
鲚科Siluridae	1	5	2.04	0.01
总计Total	49	90457	100	100

在6月24日之前仔稚鱼的丰度变化是整体上呈现出上升趋势, 6月26日—7月4日一直维持着相对较高的水平且并无明显的涨幅, 但在7月4日之后仔稚鱼丰度开始骤然下降, 7月5日—8月15日的仔稚鱼平均丰度仅为139.08 ind./100 m³(图 2)。

仔稚鱼优势种组成 通过公式 $IRI=N\% \times F\% \times 10000$ 计算得出, 相对重要性指数不低于100的共有10种仔稚鱼, 按照其数值大小排列依次为贝氏鲻、鲻、银鲷、子陵吻鰕虎、瓢鱼(*Pseudolaubuca sinensis*)、似鲃(*Pseudobrama simoni*)、寡鳞鲈鱼(*Pseudolaubuca engraulis*)、鲃、刀鲚、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*), 该10种优势种数量占整个渔获物的91.92%。其中贝氏鲻为第一优势种, 数量占比约为44.53%, 在整个采样期间, 每天均有出现; 第二优势种为鲻, 数量占比约为14.21%; 四大家鱼仅鲢鱼成为优势种且数量占比比较小约为1.57% (表 4)。

表 3 仔稚鱼生态类型/产卵方式的种类数及数量百分比

Tab. 3 Species and quantity percentage of ecological type/spawning type of larvae and juveniles

生态类型/产卵方式 Ecological pattern/ Spawning method	种数 Species	数量 Quantity	数量百分比 Quantity percentage (%)
江湖半洄游性River-lake migratory	8	9533	10.54
淡水定居性Residents	40	79217	87.57
溯河洄游性Anadromous	1	1707	1.89
漂流性卵Pelagic eggs	20	79869	88.30
沉性卵Demersal eggs	25	8769	9.69
浮性卵Floatability eggs	4	1819	2.01

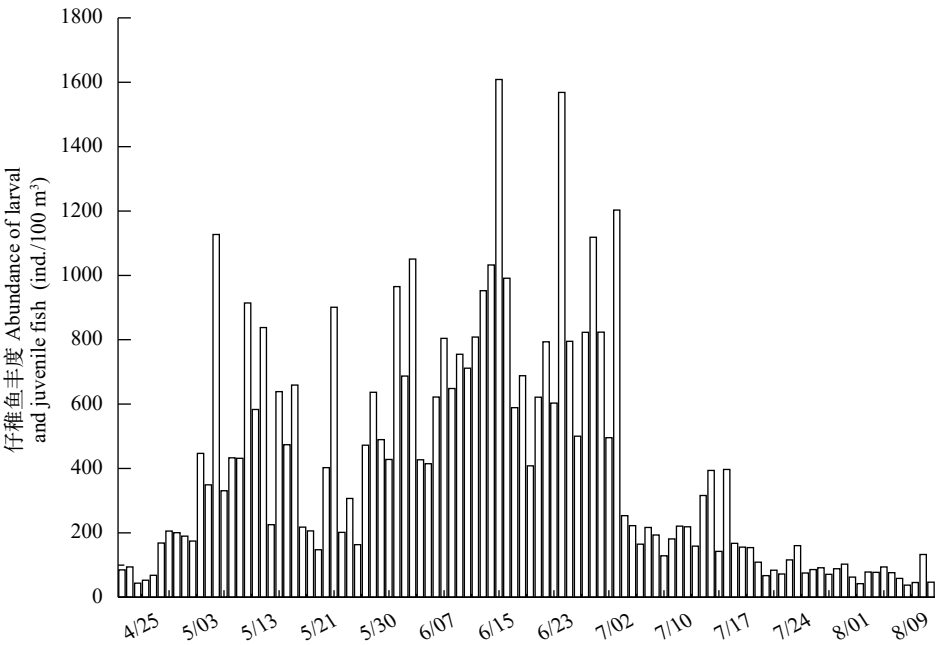


图 2 2016年4—8月安庆江段仔稚鱼丰度变化

Fig. 2 Abundance of larval and juvenile fish in Anqing section from April to August, 2016

表 4 安庆江段4—8月仔稚鱼优势种组成

Tab. 4 Dominant species composition of larval and juveniles in Anqing section from April to August

种类 Species	数量 Quantity	数量百分比 Quantity percentage	频数 Frequent number	频率 Frequency	相对重要性指 Index of relative importance (IRI)
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	40280	44.53	104	100	4452.94
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	12856	14.21	98	94.23	1339.23
银鲮 <i>Xenocypris argentea</i>	7333	8.11	92	88.46	717.12
子陵吻虾虎 <i>Rhinogobius giurinus</i>	5064	5.60	101	97.12	543.68
飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	4297	4.75	90	86.54	411.09
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	3739	4.13	94	90.38	373.60
寡鳞飘鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	4074	4.50	71	68.27	307.47
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	2382	2.63	92	88.46	232.95
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1707	1.89	79	75.96	143.35
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1419	1.57	95	91.35	143.29

优势种丰度变化分析 10种优势种类有着不同的繁殖高峰期, 贝氏鲮为第一优势种, 其丰度在整个监测期间都处于较高水平, 6月下旬之前呈上升趋势, 之后开始急剧下降, 最大值出现在6月下旬, 为428.79 ind./100 m³; 银鲮集中出现在5月上旬至6月下旬, 5月上旬丰度到最大值, 为74.97 ind./100 m³, 其余时期丰度处于较低水平; 鲢丰度整体不高, 在上升至7月上旬时达到最大值为16.47 ind./100 m³; 刀鲚集中出现在6月下旬至7月下旬, 7月上旬丰度达到最大值, 为21.06 ind./100 m³; 寡鳞飘鱼集中出现在6月下旬至7月下旬, 7月上旬丰度达到最大值, 为58.58 ind./100 m³; 其余鳊、鲮、飘鱼、似鳊、子陵吻虾虎的最大丰度均出现在6月上旬, 分别为31.84、124.46、43.82、43.45 和47.48 ind./100 m³ (图 3)。

2.3 仔稚鱼丰度变化与环境因子的相关性分析

环境因子特征 鱼类的生长发育与各项水质指标息息相关, 在4月17日—8月15日期间所记录的4个环境指标中水流量变化为34700—70700 m³/s,

有2次明显的上升时期分别在4月17日—4月25日和7月1日—7月15日, 在7月13日达到峰值, 之后开始快速下降; 水位变化为11.77—17.69 m, 其变化趋势与水流量较为相似; 透明度变化为16—38 cm, 其变化趋势在4月25日—5月10日和6月17日—7月14日波动性较大, 最小值出现在7月9日; 温度变化为18—30℃, 一直处于缓慢上升趋势(图 4)。

仔稚鱼密度变化与环境因子冗余分析(RDA)

RDA结果显示, 轴一、轴二、轴三的特征值分别为0.1673、0.0910和0.0136, 仔稚鱼丰度特征在轴一、轴二、轴三解释率分别为16.73%、9.09%和1.36%, 对仔稚鱼丰度与环境因子关系累计解释率达100%, 由此可知绘制的RDA分析图能够很好反映仔稚鱼丰度变化和环境因子的关系。水流量对仔稚鱼群落丰度变化贡献率最大, 依次为透明度、水位, 并且解释率分别为14.1%、6.0%和7.0%。透明度为主要的正相关因子($P<0.05$), 如与贝氏鲮、鲮、陈氏新银鱼(*Neosalanx tangkahkeii*)、鳊、间下鲮(*Hyporhamphus intermedius*)、似鳊、飘鱼、银鲮、子陵吻虾虎均呈正相关, 仅与寡鳞飘鱼呈负相关。水流量和水位为主要的负相关因子($P<0.05$), 如水流量和水位均与贝氏鲮、鲮、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、陈氏新银鱼、鳊、黄尾鲮、银鲮、似鳊、飘鱼、子陵吻虾虎呈负相关, 均与刀鲚、寡鳞飘鱼和翘嘴鲇(*Culter alburnus*)呈正相关(图 5)。

3 讨论

3.1 安庆江段仔稚鱼资源现状

鱼类的仔稚阶段是整个生命周期内最重要时期, 是生命活动的开端, 仔稚鱼群落的波动直接关

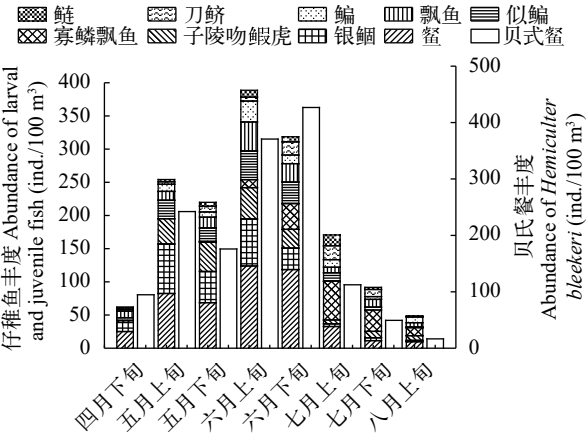


图 3 各月份优势种类丰度
Fig. 3 The abundance of dominant fish species in each month

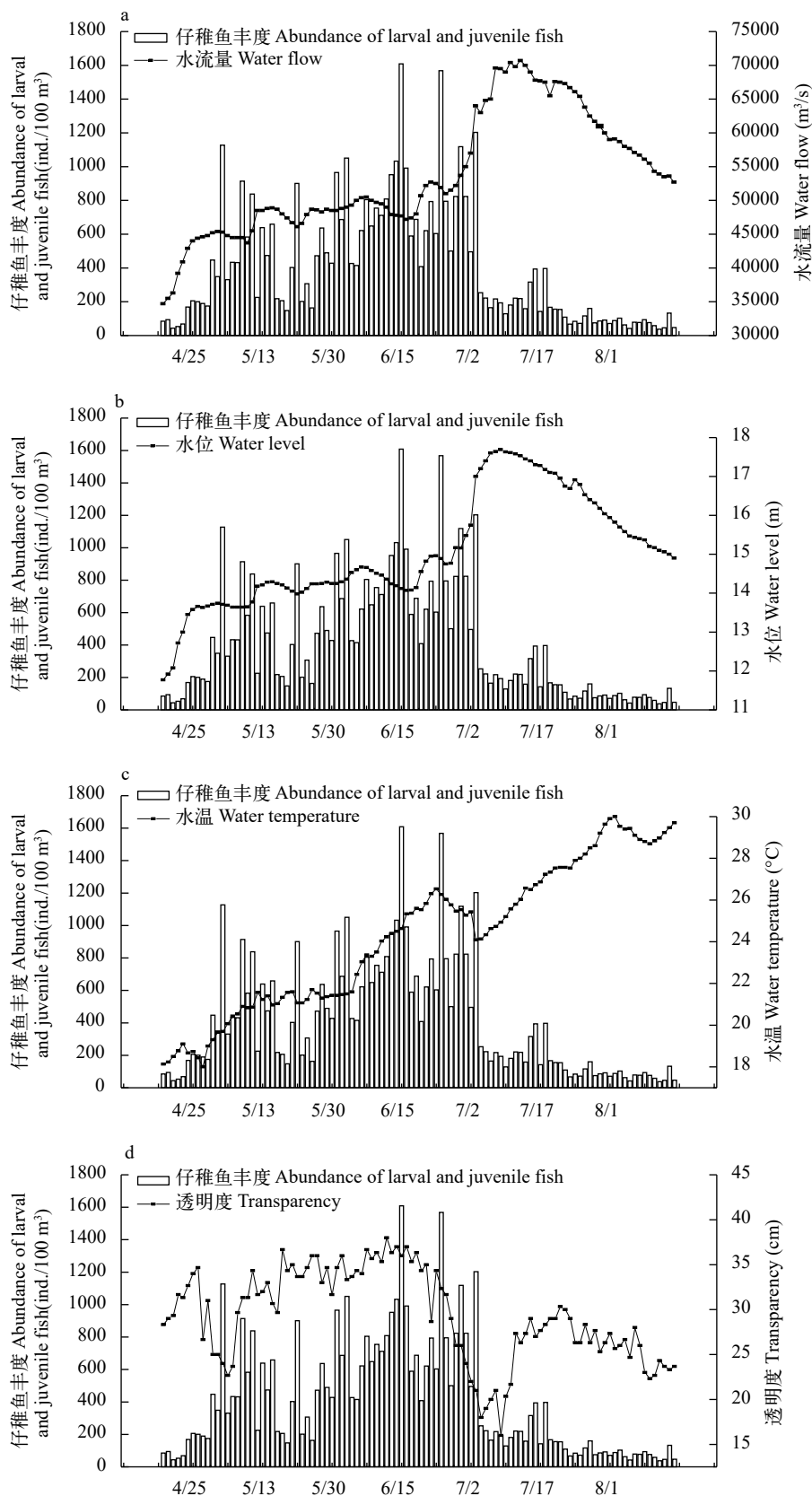


图4 2016安庆江段仔稚鱼丰度时间变化与环境因子的关系

Fig. 4 The relationship between the abundance of larvae and juvenile fish and environmental factors in Anqing section in 2016

系到成鱼的群落结构^[25], 基于安庆江段成鱼资源的日益衰退, 从早期鱼类调查的角度来了解该水域的

鱼类群落现状。本次调查显示, 仔稚鱼种类数为49种, 与中上游江段的仔稚鱼种类数相比^[7, 19], 安庆

动空间, 并且向新的岸边聚集, 而采样点并未变化, 样品的获得量可能具有误差, 因此呈现出不同的结果。透明度主要受水体中泥沙的含量影响, 一般认为当水流量和水位上升时, 透明度会下降, 本文RDA结果显示透明度对大多数仔稚鱼丰度的影响呈现正相关, 该种关系更可能为间接的作用。也有学者指出当透明度降低, 泥沙含量高, 能见度下降, 会通过增加仔稚鱼避害能力, 从而增加其丰度^[36]。多数学者认为水温也是影响仔稚鱼丰度的重要影响因子之一^[37, 38], 然而本次研究并未得出此结论, 可能由于调查周期跨度大, 7月之后水温仍继续上升与仔稚鱼在此之后的急剧下降属于自然的客观规律, 因此致使在整体上的RDA分析并无相关性, 但在7月之前水温的上升, 仔稚鱼丰度出现明显的增加。

参考文献:

- [1] Cao W X, Chang J B, Qiao Y, *et al.* Fish Resources of Early Life History Stages in Yangtze River [M]. Beijing: China Water Power Press. 2007, 2—10 [曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源. 北京: 中国水利水电出版社. 2007, 2—10]
- [2] Qiao Y. Early morphogenesis and species identification of fishes in Yangtze River [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2005 [乔晔. 长江鱼类早期形态发育与种类鉴别. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2005]
- [3] Survey Team of Spawning Grounds of Domestic Fishes in Changjiang River. A survey on the spawning grounds of the “four famous China carps” in the Changjiang River after dammed by the key water control project at Gezhouba [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1982, **64**(4): 287—305 [长江四大家鱼产卵场调查队. 葛洲坝水利枢纽工程截留后长江四大家鱼产卵场调查. 水产学报, 1982, **64**(4): 287—305]
- [4] Li X F, Huang D M, Xie W X, *et al.* Current status of spawning grounds of fish with pelagic eggs in the middle reaches of Hanjiang River [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2006, **21**(2): 105—111 [李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 汉江中游产漂流性卵鱼类产卵场的现状. *大连水产学院学报*, 2006, **21**(2): 105—111]
- [5] Wang S Y, Liao W G, Chen D Q, *et al.* Analysis of eco-hydrological characteristics of the four Chinese farmed carps spawning grounds in the middle reach of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, **17**(6): 892—892 [王尚玉, 廖文根, 陈大庆, 等. 长江中游四大家鱼产卵场的生态水文特性分析. *长江流域资源与环境*, 2008, **17**(6): 892—892]
- [6] Duan X B, Chen D Q, Li Z H, *et al.* Current status of spawning grounds of fishes with pelagic eggs in the middle reaches of the Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, **15**(4): 523—532 [段辛斌, 陈大庆, 李志华, 等. 三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状. *中国水产科学*, 2008, **15**(4): 523—532]
- [7] Li M Z, Jiang W, Gao X, *et al.* Status quo of early life history stages at Wuxue cross-section of the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, **34**(6): 1211—1217 [黎明政, 姜伟, 高欣, 等. 长江武穴江段鱼类早期资源现状. *水生生物学报*, 2010, **34**(6): 1211—1217]
- [8] Wan L, Cai Y P, Tang H Y, *et al.* Preliminary study on the larval resources of fishes spawning drifting eggs in the middle and lower reaches of the Hanjiang River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2011, **32**(4): 53—57 [万力, 蔡玉鹏, 唐会元, 等. 汉江中下游产漂流性卵鱼类早期资源现状的初步研究. *水生态学杂志*, 2011, **32**(4): 53—57]
- [9] Liu M D, Gao L, Tian H W, *et al.* Status of fishes at the early life history stage in the Yichang section in the middle reaches of the Yangtze River [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, **25**(1): 147—158 [刘明典, 高雷, 田辉伍, 等. 长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状. *中国水产科学*, 2018, **25**(1): 147—158]
- [10] Xu Z L, Yuan Q, Jiang M, *et al.* An investigation of fish eggs, larvae and juveniles in the Changjiang Estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, **6**(5): 63—64 [徐兆礼, 袁骥, 蒋玫, 等. 长江口鱼卵和仔、稚鱼的初步调查. *中国水产科学*, 1999, **6**(5): 63—64]
- [11] Han L, Day X J, Yang H, *et al.* Investigation on the resources status of fish larvae and juveniles in Yangtze Estuary Area [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, **37**(13): 6023—6026 [韩璐, 戴小杰, 杨红, 等. 长江河口区仔稚鱼资源现状的调查. *安徽农业科学*, 2009, **37**(13): 6023—6026]
- [12] Jiang M, Li L, Shen X Q, *et al.* Structure of community and biodiversity of larvae fish in spring and autumn 2010-2011 in Yang River Estuary and its adjacent waters [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2014, **36**(6): 131—137 [蒋玫, 李磊, 沈新强, 等. 2010-2011年长江河口及邻近水域春夏季仔稚鱼群落结构及其多样性的研究. *海洋学报*, 2014, **36**(6): 131—137]
- [13] Liu Y, Yang X W, Ren P, *et al.* Community characteristics of larvae and juvenile fish in Hukou section of the Yangtze River in spring and summer [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(1): 142—154 [刘熠, 杨习文, 任鹏, 等. 长江湖口段春夏季仔稚鱼群落结构研究. *水生生物学报*, 2019, **43**(1): 142—154]
- [14] Liu M D, Li P F, Huang C, *et al.* Spring community structure and species diversity of fish in the Anqing Section of Yangtze River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2017, **38**(6): 64—71 [刘明典, 李鹏飞, 黄翠, 等. 长江安庆段春季鱼类群落结构特征及多样性研究. *水生态学杂志*, 2017,

- 38(6): 64—71]
- [15] Hu J Y, Yao W Q. Fish in Yangtze River of Anhui region [J]. *Journal of Anhui University* (Natural Science Edition), 1996, **20**(1): 96—101 [胡菊英, 姚闻卿. 长江下游安徽江段的鱼类. 安徽大学学报(自然科学版), 1996, **20**(1): 96—101]
- [16] Zhang M Y, Xu D P, Liu K, *et al.* Ichthyologic survey and primary studies on diversity of fishery species in Anqing section of the Yangtze River [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2006, **18**(6): 670—676 [张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究. *湖泊科学*, 2006, **18**(6): 670—676]
- [17] Zhang X K, Yu D P, Wang H L, *et al.* Fish community structure in main habitat of the finless porpoise, the Anqing section of Yangtze River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, **36**(7): 1832—1839 [张晓可, 于道平, 王慧丽, 等. 长江安庆段江豚主要栖息地鱼类群落结构. *生态学报*, 2016, **36**(7): 1832—1839]
- [18] Xie P. Ecological impacts of three gorges dam on lakes Dongting and Poyang [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, **26**(10): 1607—1618 [谢平. 三峡工程对两湖的生态影响. *长江流域与资源*, 2017, **26**(10): 1607—1618]
- [19] Tang X L. Studies on early fish resources in Jiangjin cross-section in the upstream of Yangtze River [D]. Thesis for Master of Science. Southwest University, Chongqing. 2010 [唐锡良. 长江上游江津江段鱼类早期资源研究. 硕士学位论文, 西南大学, 重庆. 2010]
- [20] Gao T Y, Tian H W, Wang H, *et al.* Spatial and temporal distributions and influence factors of brass gudgeon (*Coreius heterodon*) eggs in Jianjin section of the upper Yangtze River [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, **39**(8): 1099—1106 [高天珩, 田辉伍, 王涵, 等. 长江上游江津断面铜鱼鱼卵时空分布特征及影响因素分析. *水产学报*, 2015, **39**(8): 1099—1106]
- [21] Li Y, Zhang L Y, Zhang R, *et al.* identification of several fish larvae based on DNA barcoding in the investigated waters of Cangnan [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2017, **47**(12): 72—79 [李渊, 张丽艳, 张然, 等. 基于DNA条形码技术对苍南海域仔稚鱼的物种鉴定. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2017, **47**(12): 72—79]
- [22] Pianka E R. Ecology of the Agamid Lizard *Amphibolurus isolepis* in Western Australia [J]. *Copeia*, 1971, (3): 527—536
- [23] Legendre P, Gallagher E D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data [J]. *Oecologia*, 2001, **129**(2): 271—280
- [24] Liu Q P, Lai Z N, Gao Y, *et al.* Characteristics of phytoplankton functional groups of intensive-culturing fishponds in the Pearl River Delta [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, **25**(1): 124—136 [刘乾甫, 赖子尼, 高原, 等. 珠江三角洲地区精养淡水鱼塘浮游植物功能群特征. *中国水产科学*, 2018, **25**(1): 124—136]
- [25] Coombs S H, Nichols J H, Fosh C A. Plaice eggs (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern North Sea: abundance, spawning area, vertical distribution, and buoyancy [J]. *Ices Journal of Marine Science*, 1990, **47**(2): 133—139
- [26] Ren P. Distribution and Annual Dynamics of Early Life History Resources of Fish in The Lower Reach of The Yangtze River, China [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2015 [任鹏. 长江下游鱼类早期资源的分布与周年动态研究. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2015]
- [27] Guo G Z. Study on fish early resources at Honghu section in the middle reaches of the Yangtze River [D]. Thesis for Master of Science. Southwest University, Chongqing. 2017 [郭国忠. 长江中游洪湖江段鱼类早期资源研究. 硕士学位论文, 西南大学, 重庆. 2017]
- [28] Hu X K. Study on Early fish resources at Huangshi Section in The middle reaches of the Yangtze River [D]. Thesis for Master of Science. Huangzhong Agricultural University, Wuhan. 2018 [胡兴坤. 长江中游黄石江段鱼类早期资源研究. 硕士学位论文, 华中农业大学, 武汉. 2018]
- [29] Xu D P. Study on fish community composition and biodiversity in lower reaches of Changjiang River [D]. Thesis for Master of Science. Nanjing Agricultural University, Nanjing. 2010 [徐东坡. 长江下游鱼类群落结构及物种多样性研究. 硕士学位论文, 南京农业大学, 南京. 2010]
- [30] Li F S, Han C, Lin D S, *et al.* Pollution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments from lakes of Anqing City and Anqing section of Yangtze River [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, **36**(3): 574—582 [李法松, 韩城, 林大松, 等. 安庆沿江湖泊及长江安庆段沉积物重金属污染特征及生态风险评价. *农业环境科学学报*, 2017, **36**(3): 574—582]
- [31] Chang J B, Cao W X. Fishery significance of the river-communicating lakes and strategies for the management of fish resources [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1999, **8**(2): 153—157 [常剑波, 曹文宣. 通江湖泊的渔业意义及其资源管理对策. *长江流域资源与环境*, 1999, **8**(2): 153—157]
- [32] Ru H J. Spatio-temporal and river-lake migration rhythms of fish assemblages in Dongting Lake, a Large Yangtze-Connected Lake [D]. Thesis for Master of Science. Northwest Normal University, Lanzhou. 2008 [茹辉军. 大型通江湖泊洞庭湖的鱼类时空格局及江湖洄游规律初探. 硕士学位论文, 西北师范大学, 兰州. 2008]
- [33] Lei H, Xie W X, Huang D M, *et al.* The early evolution of the fish with pelagic eggs resources in the upstream of Danjiangkou Reservoir after the cascade development [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2018, **30**(5): 1319—1331 [雷欢, 谢文星, 黄道明, 等. 丹江口水库上游梯级开发后产漂流性卵鱼类早期资源及其演变. *湖泊科学*, 2018,

- 30(5): 1319—1331]
- [34] Yin M C. Natural mortality of early life stages of fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, **20**(4): 363—372 [殷名称. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡. 水生生物学报, 1996, **20**(4): 363—372]
- [35] Sao B. Temporal and Spatial Variations of Fish Diversity in Sub-lakes Littoral Zone of Jiangxi Poyang Lake National Reserve [D]. Thesis for Master of Science. Nanchang University, Nanchang. 2017 [邵波. 江西鄱阳湖国家级自然保护区子湖沿岸带鱼类多样性时空格局. 硕士学位论文, 南昌大学, 南昌. 2017]
- [36] Shuai F M, Li X H, Liu Q F, *et al.* Spatial patterns of fish diversity and distribution in the Pearl river [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, **37**(9): 3182—3192 [帅方敏, 李新辉, 刘乾甫, 等. 珠江水系鱼类群落多样性空间分布格局. 生态学报, 2017, **37**(9): 3182—3192]
- [37] Zhang C L. Studies on The Survival Rate, Feeding Behavior and Growth Development of Larvae in Three Serranidae [D]. Thesis for Master of Science. Shanghai Ocean University, Shanghai. 2016 [张春禄. 三种鲈科鱼类仔稚鱼的存活率、摄食行为及其生长发育的观察研究. 硕士学位论文, 上海海洋大学, 上海. 2016]
- [38] Kadye W T, Magadza C H D, Moyo N A G, *et al.* Stream fish assemblages in relation to environmental factors on a montane plateau (Nyika Plateau, Malawi) [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2008, **83**(4): 417—428

THE COMMUNITY CHARACTERISTICS OF LARVAE AND JUVENILE FISH IN THE ANQING SECTION OF THE YANGTZE RIVER

LI Xin-Feng¹, DING Long-Qiang¹, HE Xiao-Hui¹, LIU Yi¹, REN Peng², FANG Di-An^{1,2} and XU Dong-Po^{1,2}

(1. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Changjiang River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS, Wuxi 214081, China)

Abstract: Anqing section is one of the important fishery resources waters in the lower reaches of the Yangtze River. To understand assemblage characteristics of larvae and juveniles fish and their correlation with environmental factors, the early fish resources in Anqing section were investigated day by day from April 17 to August 15, 2016. The results revealed that a total of 92160 larvae or juveniles were captured, and 90457 were identified, belonging to 7 orders, 13 families and 49 species, while Cyprinidae was the largest family including 32 species, accounting for 90.16% of the total number of tails; Gobiidae was the second largest family including 3 species, accounting for 5.71% of the total number of tails. As for ecological type and spawning type, fishery residents fishes and fishes with pelagic eggs accounted for the largest proportions of 87.57% and 88.30%, respectively. *Hemiculter bleekeri* (44.53%) was the largest dominant species in this section and the other dominant species were *Hemiculter leuciscus* (14.21%), *Xenocypris argentea* (8.11%), *Rhinogobius giurinus* (5.60%), *Pseudolaubuca sinensis* (4.75%), *Pseudobrama simoni* (4.13%), *Pseudolaubuca engraulis* (4.50%), *Parabramis pekinensis* (2.63%), *Coilia nasus* (1.89%) and *Hypophthalmichthys molitrix* (1.57%). Larvae or juveniles abundances have four obvious outbreak period with the first period on the 1st May and the other three in the mid to late June, which were 1127.00, 1608.44, 1568.44, 1202.94 ind./100 m³, respectively. Redundancy analysis (RDA) revealed that the main environmental factors affecting the abundance of larval and juvenile fish in Anqing river section are water flow, water level and transparency ($P < 0.05$). The abundance of most larval and juvenile fish were negatively correlated with water flow and water level, and positively correlated with transparency, which may explain by the excessive water flow and water level in that year. This study demonstrated that Anqing section was abundant of diverse species of early fish resources which mainly consisted of small fish, and the proportion of economic juvenile fish is small. These results provide basic information for the formulation of protection policy on Anqing fishery resources with scientific reference.

Key words: Anqing section; Larvae and juvenile fish; Species composition; Abundance change; Environmental factors