

文章编号:2095-6134(2015)06-0769-06

漓江中游近岸水域仔稚鱼物种组成及其与生境的关系*

封文利¹, 吴志强^{1,2†}, 黄亮亮¹, 朱召军¹
(1 桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西 桂林 541004; 2 广西大学, 南宁 530004)
(2014 年 10 月 13 日收稿; 2015 年 5 月 11 日收修改稿)

Feng W L, Wu Z Q, Huang L L, et al. Species composition and habitats of larval and juvenile fish in the shoreline waters of the middle reaches of Lijiang river[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2015,32(6): 769-774.

摘 要 2014 年 5 月、6 月和 7 月对漓江中游近岸水域 4 种不同生境组合(A-复合河岸+卵石底质+有水生植物、B-天然河岸+沙底质+有水生植物、C-人工护岸+卵石底质+有水生植物、D-人工护岸+卵石底质+无水生植物)的仔稚鱼聚群进行了调查,共采集仔稚鱼样本 5 416 尾,经鉴定为 11 种,隶属于 3 目 5 科 10 属. 4 种生境间的 β 多样性 Cody 指数测度矩显示,生境 A、B 与生境 D 物种组成差异较大,生境 A 与生境 B 差异最小. 对 4 种生境仔稚鱼物种丰富度与丰度进一步做单因素方差分析(one-way ANOVA)和 LSD 多重比较,结果表明:有水生植物的生境仔稚鱼物种丰富度明显高于无水生植物的生境($P < 0.05$),有水生植物的天然河岸生境中仔稚鱼丰度大于无水生植物的人工护岸生境仔稚鱼丰度($P < 0.05$),而底质类型对仔稚鱼丰富度和丰度影响不显著($P > 0.05$).

关键词 仔稚鱼; 丰富度; 丰度; 生境类型

中图分类号:X826 文献标志码:A doi:10. 7523/j. issn. 2095-6134. 2015. 06. 007

Species composition and habitats of larval and juvenile fish in the shoreline waters of the middle reaches of Lijiang river

FENG Wenli¹, WU Zhiqiang^{1,2}, HUANG Liangliang¹, ZHU Zhaojun¹
(1 College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China;
2 Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract Larval and juvenile fish samples were collected from shoreline and shallow waters of the middle reaches of Lijiang River in May, June, and July of 2014. Four habitat types (A: compound bank with graint and aquatic plants, B: natural bank with sand and aquatic plants, C: constructed bank with graint and aquatic plants, and D: constructed bank and graints without aquatic plants) were investigated. We collected a total of 5416 individuals of 11 species, belonging to 3 genera, 5 families, and 10 orders. β -Cody diversity index measurement matrix demonstrated that types A and

* 国家自然科学基金(51379038)、广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 1355007-14)、广西教育厅高校科学研究项目(YB2014151)和广西自然科学基金(2014GXNSFBA118072)资助

† 通信作者, E-mail: fwlandy@sina.com

B and type D are significantly different in species richness level. One-way ANOVA and LSD analysis showed that the species richness and abundance of larval and juvenile fish were significantly higher in types A and B than type D, and were similar in types A and B. Aquatic vegetation had a significant impact on species richness and bank type combined with aquatic plant had a significant impact on larval and juvenile fish abundance. However, sediment had no significant impact on abundance. In a word, restoration of riparian and aquatic vegetation is crucial to the maintenance of species richness and abundance of larval and juvenile fish.

Key words larval and juvenile fish; species richness; abundance; habitat type

河岸带是指河水与陆地交界处的两边,直至河水影响消失为止的地带^[1]. 从 20 世纪 70 年代中期人们对河岸带生态系统展开基础研究. 80 年代中期由于气候变化及生物多样性问题的凸显,尤其是湿地生态破坏、河流生物多样性锐减等问题提出,人们对河岸带做了系统的研究. 目前,对河岸带生态学的研究是国内外流域生态学研究的热点. 河岸带有生物廊道、缓冲带和护岸功能,在河流生态系统中发挥着重要的作用,尤其是河岸带的生物廊道功能,体现在河岸带复杂的环境结构和平缓的水流条件为鱼类早期发育提供有利条件^[2]. 河流近岸水域属于河岸带功能区之一^[3]. 河流近岸水域是多种鱼类产卵和早期发育的重要场所,为鱼类产卵和早期发育提供了优越的饵料及环境条件,也是早期鱼类的避难场所^[4]. 正是处于早期发育阶段的鱼类对生境、水流、饵料等条件的特殊要求,使河流近岸水域对河流健康评价有重要作用^[5-7]. 因此,研究河流近岸水域仔稚鱼群聚对河岸带生态的保护与评价有重要作用. 漓江,作为全球最美丽的河流之一,曾经记载的鱼类有 144 种,但近几十年来,水生态环境压力的凸显,使鱼类自然资源量呈下降趋势. 2008 年韩耀全和许秀熙^[8]发现,有 50% 以上的鱼类物种消失,各分类单元多样性指数大幅下降. 因此,本文研究漓江哪些鱼类在中游河段进行繁殖,并从生态学角度探讨不同生境类型与仔稚鱼物种组成和丰度的关系,并分析其影响因素,以期为鱼类多样性保护及河流的管理和修复提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域

漓江位于广西壮族自治区东北部,发源于兴安县华江乡越城岭猫儿山,至平乐县平乐镇以下称桂江,最后至梧州汇入西江. 漓江全长 164 km,

总流域面积 6 050 km²,整个流域属岩溶地貌,河道复杂,滩潭众多,形成特色的生态系统,河床比降较大,平均比降为 4‰. 漓江地处亚热带地区,属于亚热带湿润季风气候,高温多雨,年均气温为 19.1 ℃,年均降雨量约为 1 627 mm,水位、水量受降雨影响明显,为典型雨源性河流^[9]. 汛期一般为每年 3—8 月,5—6 月水位达最高,汛期洪水暴涨暴落特征明显,8 月汛期结束,9 月—翌年 2 月底为枯水期,时间长 5 个月左右^[10].

依据其地理与水文特征,漓江可分为:上游——源头至桂林城区;中游——桂林城区至阳朔县城;下游——阳朔县城至平乐县城. 漓江中游长 83 km,沿途分布较多风景名胜,为桂林山水的精华,其间有桃花江、相思江、牛溪河等支流汇入. 近些年来,随着各行业发展,漓江中下游面临的主要生态环境问题为水土流失、石漠化,水域面积减少,枯水期水质易恶化等,水生态系统受到威胁^[11]. 自 2012 年桂林打造国际旅游胜地的规划以来,漓江作为旅游资源的开发不断加强,尤其是漓江沿岸自然河道的裁弯取直、渠道化、修筑硬质河岸等工程加剧^[12].

1.2 采样点与生境类型

在漓江中游沿岸选取南洲、解放桥、净瓶山、大圩、冠岩、杨堤、阳朔 7 处采样地(图 1),每处设 4~6 个采样点. 综合分析各采样点河岸、主要底质类型和水生植物情况的调查结果,可将采样生境大致分为 4 个组合类型:A:复合河岸+卵石底质+有水生植物、B:天然河岸+沙底质+有水生植物、C:人工护岸+卵石底质+有水生植物和 D:人工护岸+卵石底质+无水生植物(图 2). 各地采样点包括 2~4 种生境,属于生境类型 A、B、C、D 的采样点个数分别为 5、15、5、10 个(表 1).

1.3 采样方法

2014 年 5 月、6 月和 7 月进行采样. 漓江中游

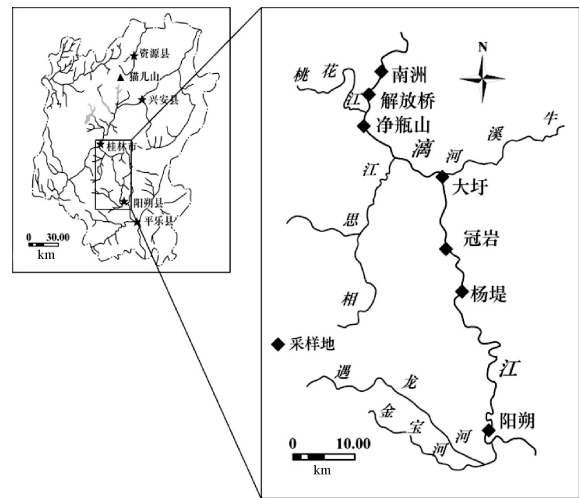


图1 漓江中游采样地分布

Fig.1 Distribution of plots in the middle reaches of Lijiang river

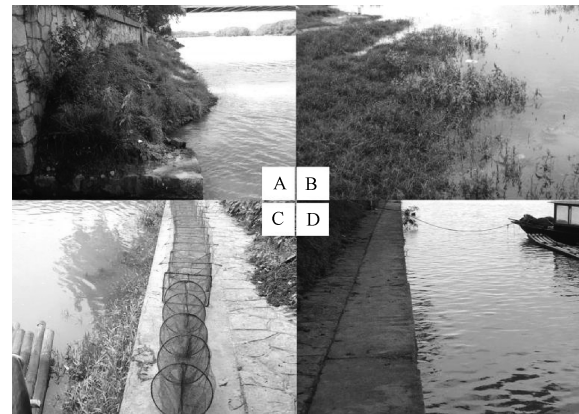


图2 漓江中游4种典型生境类型

Fig.2 Four habitat types in the middle reaches of Lijiang river

表1 采样点生境类型划分				
Table 1 Habitat classification of sampling sites				
项目	A	B	C	D
采样点数	5	15	5	10
河岸类型	复合	天然	人工	人工
主要底质类型	卵石	沙	卵石	卵石
水生植物	有	有	有	无

注:复合河岸为人工护岸与天然河岸的组合。

近岸水域河床多平缓^[13],因此选择长×宽×高=2 m×1 m×1 m,网孔为60目的小型浅滩围网^[7]在近岸浅水水域围成一定面积的区域,用网口直径40 cm、网孔为80目的抄网捞取,根据4月的预实验捕捞经验,最后4~5网无鱼为止,每次采样操作均为同一人。采集仔稚鱼样品用浓度为7%福尔马林溶液固定分拣,然后转至浓度5%福尔马林溶液中保存,采样结束带回实验室,依据《长

江鱼类早期资源》^[14]、《广西淡水鱼类志》^[15],在MoticSMZ-168型体视显微镜下进行形态学鉴定,并尽可能鉴定至种级水平。

1.4 数据处理

仔稚鱼的物种组成以科属种分类单元描述,优势种用优势度 Y 表示^[16],计算式为

$$Y = F_i \times n_i / N,$$

式中, n_i 为第 i 个物种的个体数, ind/m^3 ; N 为总个体数, ind/m^3 ; F_i 为第 i 个物种的出现频率。优势度 $Y \geq 0.02$ 为优势种。

描述不同生境的物种组成的差异用 β 多样性中的Cody指数(β_c)^[17],计算式为

$$\beta_c = (g + l) / 2,$$

式中, g 为生境A有而生境B无的物种数; l 为生境A无而生境B有的物种数。仔稚鱼丰度(d_i)^[18]计算式为

$$d_i = N_i / (2 \times h_i),$$

式中, d_i 为第 i 个采样点仔稚鱼丰度, ind/m^3 ; N 为第 i 个采样点的仔稚鱼数量; h_i 为第 i 个采样点的平均水深, m ;仔稚鱼的生境分布特征主要以物种丰富度和丰度描述,不同类型生境对仔稚鱼物种丰富度和丰度的影响采用单因素方差分析(one-way ANOVA),然后用LSD法进行多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。数据处理均采用Excel和SPSS 17.0软件进行。

2 结果

2.1 物种组成与分布

调查共采集仔稚鱼样本5 416尾,其中,经鉴定为11种,隶属于3目5科10属,1种鉴定到属为吻虾虎鱼(*Rhinogobius* sp.)。鲤形目6种,占总物种数的54.55%;鲈形目4种,占总物种数的36.36%;鲈形目1种,占总物种数的9.09%。鲤科鱼类6种,占总物种数的54.55%;虾虎鱼科2种,占总物种数的18.18%;鲈科、沙塘鳢科、胎鳉科各1种各占9.09%。优势种为高体鳊鲂(*Rhodeus ocellatus*)($Y = 0.031$)、(*Hemiculter leucisculus*) ($Y = 0.026$)、侧条光唇鱼(*Acrossocheilus parallens*) ($Y = 0.022$)、食蚊鱼(*Gambusia affinis*) ($Y = 0.021$)。其中,高体鳊鲂和侧条光唇鱼只在在大圩及生境D中未出现。广西副鱊(*Para-*

cheilognathus meridianus)、草 鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、斑 鳊 (*Siniperca scherzeri*)、吻 虾 虎 鱼只在单一采样点中出现. 采集仔稚鱼样品多为

外源营养期仔鱼和稚鱼,且大部分为小型鱼类. 漓江中游近岸水域仔稚鱼的种类组成及分布如表 2 所示.

表 2 漓江中游近岸水域仔稚鱼的种类组成及分布

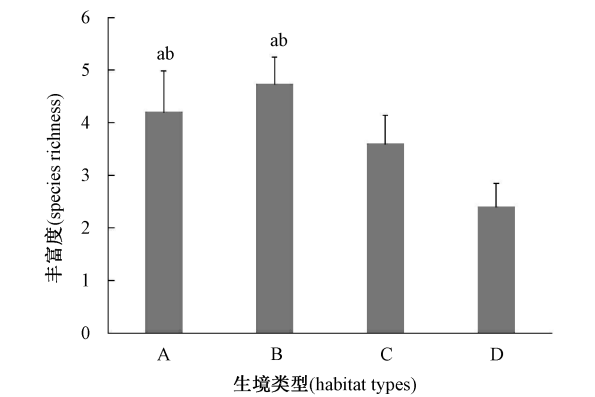
Table 2 Species composition and distribution of larval riverine fish in the middle reaches of Lijiang river											
种类组成	生境类型				采样地						
	A	B	C	D	南洲	解放桥	净瓶山	大圩	冠岩	杨堤	阳朔
鲤科 Cyprinidea											
宽鳍鳊 <i>Zacco platypus</i>	+	+						+			+
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>		+						+			
<i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
高体鳊鲂 <i>Rhodeus ocellatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
侧条光唇鱼 <i>Acrossocheilus parallens</i>	+	+	+		+	+	+		+	+	+
广西副鲮 <i>Paracheilognathus meridianus</i>			+	+							+
鲴科 Serranidae											
斑鲴 <i>Siniperca scherzeri</i>				+							+
沙塘鳢科 Odontobutidae											
中华沙塘鳢 <i>Odontobutis sinensis</i>	+	+					+			+	
虾虎鱼科 Gobiidae											
吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius</i> sp.	+		+		+			+			
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	+	+	+		+		+			+	
胎鳉科 Poeciliidae											
食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i>	+	+	+			+		+		+	

注:“+”表示出现.

2.2 生境类型与物种丰富度的关系

β 多样性是反映生境间物种组成差异的重要指标,不同生境间的共同种越多, β 多样性的数值就越小. Cody 多样性指数(β_c)是测度 β 多样性的一个重要方法^[19]. 4 种生境间的 β 多样性 Cody 指数测度矩(表 3)显示,以 2.5 为分界值,高于 2.5 的有 2 个,低于 2.5 的有 2 个. 高于 2.5 的是生境 D 分别与生境 A、B 的物种组成比较的结果,存在较大差异,而生境 A 与生境 B 比较结果最小,物种组成差异也最小. 物种丰富度是物种组成定量分析的一个简单指标. 4 种生境的仔稚鱼物种丰富度分别为 4. 20,4. 73,3. 60,2. 40,4 种生境的仔稚鱼物种丰富度的单因素方差分析和 LSD 多重比较,结果显示,生境 A、B 的物种丰富度显著高于生境 D ($P < 0.05$),表明有水生植物的生境仔稚鱼物种丰富

度显著高于无水生植物的生境,而生境 A、B 与生境 C 差异不显著 ($P > 0.05$),即河岸与底质类型对仔稚鱼物种丰富度的影响不显著(图 3).



“a; $P < 0.05$, ab; $P < 0.01$ ”为与生境 D 丰富度有显著性差异.

图 3 不同生境类型对仔稚鱼物种丰富度的影响
Fig.3 Effect of habitat types on larval and juvenile fish's species richness

表 3 4 种生境间的 β 多样性 Cody 指数测度矩
Table 3 Matrix of β -diversity measured by Cody index for four different habitats

生境类型	A	B	C	D
A		1.0	1.5	3.0
B			2.5	3.5
C				2.5
D				

2.3 生境类型与丰度的关系

仔稚鱼在近岸水域 4 种生境中均有分布,但在不同生境的丰度不同. 4 种生境中的仔稚鱼丰度分别为 61. 5,59. 8,49. 8 和 22. 2 ind/m³,4 种生境仔稚鱼丰度的单因素方差分析和 LSD 多重比较表明,生境 A 与生境 B 中仔稚鱼丰度显著高于

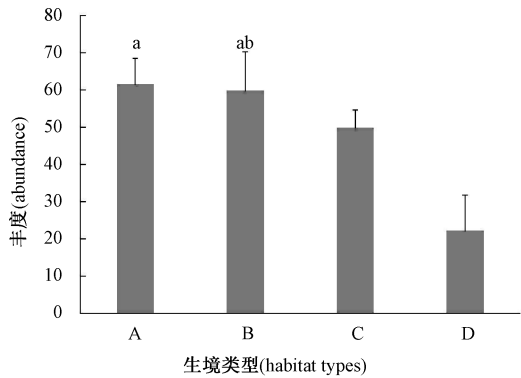
生境 D ($P < 0.05$), 生境 A 与生境 B 的仔稚鱼丰度无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 4, 图 4). 说明有水生植物的天然河岸生境中仔稚鱼丰度大于无水生植物的人工护岸生境仔稚鱼丰度, 而底质类型对仔稚鱼丰度影响不显著.

表 4 不同生境仔稚鱼丰度分析结果

Table 4 Analysis results of one-way ANOVA on abundance of larval fish for four different habitats

生境类型	A	B	C	D
A		1. 72 (0. 914)	11. 64 (0. 551)	39. 27 (0. 030)
B			9. 93 (0. 534)	37. 55 (0. 007)
C				27. 63 (0. 114)
D				

注:表中数据为不同生境仔稚鱼丰度均值差(I-J), 括号中数据为显著性差异水平(P), 其中存在显著差异($P < 0.05$)的数字用粗体表示.



“a: $P < 0.05$, ab: $P < 0.01$ ”为与生境 D 丰度有显著性差异.

图 4 不同生境类型对仔稚鱼丰度的影响

Fig. 4 Effect of habitat types on larval and juvenile fish's abundance

3 讨论

3.1 仔稚鱼物种组成变化分析

韩耀全^[20]分析 30 年来漓江鱼类数据表明, 漓江鱼类物种多样性呈现明显下降趋势, 其原因为流域生态变化, 水生环境处于亚健康状态, 致使生态系统中某层次食物链的断裂导致能量传递中断, 进而导致处于高营养级的鱼类种群数量枯竭. 本次调查所获仔稚鱼物种数较少, 组成也较简单. 近岸水域距居民生活区较近, 易受到人类活动干扰, 调查所选 7 处采样地, 南洲、解放桥、净瓶山 3 处位于桂林市区, 大圩、冠岩、杨堤、阳朔 4 处为风景名胜, 河道疏浚、航运、挖沙、护岸等工程较多, 近岸水域环境遭到破坏, 仔稚鱼处于早期发育

阶段对干扰耐受性低, 可能是导致渔获物种数减少的原因之一. 另外, 无度无序的过度捕捞, 以及不合理的捕鱼方法, 尤其是在鱼类繁殖季节捕捞, 严重破坏了鱼类的早期发育过程, 种群不能及时补充, 导致鱼类种类和数量下降. 调查采集仔稚鱼样品为 10 属 11 种, 多数为小型鱼类, 并呈现出较强的单属单种现象, 是鱼类多样性下降趋势的表现^[8].

3.2 生境类型对仔稚鱼丰富度的影响

鱼类与水生植物关系非常密切, 水生植物既能为鱼类提供饵料, 还能提供避难场所. 鱼类个体数与物种数与沉水植物及漂浮植物存在正相关关系^[21], 沉水植物与水环境关系较为密切, 其对水体生物的生产力产生关键性影响^[22]. 调查结果显示, 有水生植物的生境仔稚鱼物种丰富度显著高于无水生植物的生境, 说明多数仔稚鱼对水生植物生境具有一定的偏好性. 另外, 如高体鳊、侧条光唇鱼、食蚊鱼、广西副鱊等多种鱼类的仔稚鱼均出现在有水生植物的生境. 仔稚鱼处于鱼类发育早期阶段, 其捕食和避害能力均有限, 对饵料的大小和密度、水环境质量等要求均较高, 水生植物能减缓水流速度, 其叶片、根茎以及周围水环境中丰富的浮游生物, 为仔稚鱼提供饵料, 也能为仔稚鱼提供避难场所. 因此, 多种仔稚鱼常聚集在水生植物生境. 但水生植物的密度、种类与仔稚鱼的相关性需进一步研究.

3.3 生境类型对仔稚鱼的丰度影响

仔稚鱼丰度较高的生境, 水生植物量较大^[23]. 本文复合河岸在河流水体下的部分与天然河岸相近, 则生境 A 与生境 B 河岸类型相近, 且两种生境均有水生植物, 底质类型不同. 有水生植物的天然河岸生境中仔稚鱼丰度大于无水生植物人工护岸的生境仔稚鱼丰度. 反之, 由于河岸带缺乏水生植物及其他有效的遮蔽物, 仔稚鱼会遭遇来自捕食者的巨大压力, 进而导致其数量下降^[24]. 除此之外, 水生植物不仅为水生生物提供饵料和栖息场所、优化水质, 也可以固定河岸基质^[25-27]. 人工护岸多用石块或混凝土材料组成与土体隔绝, 在一定程度上对河流生态造成一定影响, 隔断了坡面上下水分、营养元素、能量等的自然运动和交流^[28], 破坏了水生环境, 不利于外源营养仔鱼、稚鱼摄食获取能量等, 另外, 内河航运波浪冲击、污染物排放等对岸栖鱼类的补充量造成不利影响^[29], 进一步导致仔稚鱼丰度下降. 相

关研究表明,沙类底质在静水环境下对水的调控作用与淤泥及防渗膜相比居中^[30]. 本研究结果表明底质对仔稚鱼丰度的影响并不显著,可能是优势种高体鳊、侧条光唇鱼、食蚊鱼的仔稚鱼均栖息于水体表层或中上层,加之河水有一定的流动性,其丰度受底质影响较小,而栖息于水体下层的稚鱼,如中华沙塘鳢(*Odontobutis sinensis*)和吻虾虎鱼属的仔稚鱼渔获个体数较少,对总体丰度的影响较小. 底质会直接影响水生植物的生长,但对鱼类的影响尚需进一步研究.

4 结论

由于受旅游资源的不断开发、航运、河道修筑工程等因素的影响,漓江中游天然河岸比例逐年下降,水生生物栖息地遭受破坏,导致鱼类资源量持续下降. 天然河岸有利于维护水生生态系统,水生植物不仅能为水生生物提供饵料和避难场所,同时还可优化水质、加固河岸基质. 河岸带生态保护与水生植物恢复对鱼类资源补充至关重要,有必要进行漓江中游河岸带生态保护与水生植物恢复工作. 因此,为打造桂林国际旅游胜地,营造漓江健康水生态环境,河流管理部门应该给予关注和思考,关注河岸带的保护与恢复,应用生态文明建设理念对河流进行管理,使旅游建设与生态保护和谐发展.

参考文献

- [1] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 439-448.
- [2] 张建春. 河岸带功能及其管理[J]. 水土保持学报, 2001, 15(6): 143-146.
- [3] 夏继红, 胡玲. 生态河岸带功能区划的定性定量研究[J]. 水利学报, 2007(增刊): 542-546.
- [4] Stouthamer C. E. Quantifying larval fish habitat in shoreline and shallow waters of the tidal hudson river (Section VII) [R]. New York; The Hudson River Foundation and The New York State Department of Environmental Conservation, 2012.
- [5] Scheidegger K. J., Bain M. B. Larval fish distribution and microhabitat use in free-flowing and regulated River [J]. Cupeia, 1995, 125-135.
- [6] Paul H., Lake P. S. Fish larvae and the management of regulated rivers [J]. Regulated rivers: research & management, 2000, 16:421-432.
- [7] Wintersberger H. Species assemblages and habitat selection of larval and juvenile fishes in the River Danube [J]. River Systems, 1996, 10(4): 497-505.
- [8] 韩耀全, 许秀熙. 漓江渔业资源现状评估与修复[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(5): 132-135.
- [9] 韦毅刚. 桂林漓江沿岸植物区系特点及其与景观的关系[J]. 广西植物, 2004, 24(6): 508-514.
- [10] 韩耀全, 周解, 吴祥庆, 等. 漓江的自然地理与水质调查[J]. 广西水产科技, 2002(2): 6-18.
- [11] 蔡德所, 马祖陆. 漓江流域的主要生态环境问题研究[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2008, 26(1): 110-112.
- [12] 黄莹, 阙欣欣, 李彩云. 漓江沿岸水陆交错带景观调查与生态修复技术[J]. 南方农业学报, 2013, 44(10): 1700-1704.
- [13] Kubečka J., Pivnička K. Numbers and production of juvenile cyprinids in the Klicava reservoir (Czechoslovakia) [J]. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, 1991, 5: 61-73.
- [14] 曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [15] 广西壮族自治区水产研究所, 中国科学院动物研究所. 广西淡水鱼类志[M]. 2版. 南宁: 广西人民出版社, 2006.
- [16] 孙军, 刘东艳, 王威, 等. 1998年秋季渤海中部及其临近海域网采浮游植物群落[J]. 生态学报, 2004, 21(8): 1643-1655.
- [17] 严家跃, 黄心一, 陈家宽. 鄱阳湖沿岸带螺类的物种组成及其生境[J]. 水生生物学报, 2014, 38(3): 407-413.
- [18] 沈长春. 福建三沙湾鱼卵、仔稚鱼种类组成及其丰度时空分布[J]. 海洋渔业, 2011, 33(4): 361-367.
- [19] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II β 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38-43.
- [20] 韩耀全. 漓江鱼类物种多样性及其演变态势研究[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(1): 22-28.
- [21] 黄亮亮. 东苕溪鱼类环境生物学及河流健康评价指标体系研究[D]. 上海: 同济大学, 2012.
- [22] 刘健康. 高级水生生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [23] Žiliukas V., Žiliukienė V. The structure of juvenile fish communities in the lower reaches of the Nemunas River [J]. Ekologija, 2009, 55(1): 39-47.
- [24] Jurajda P., Hohašová E., Gelnar M. Seasonal dynamics of fish abundance below a migration barrier in the lower regulated River Morava [J]. Folia Zoologica, 1998, 47(3): 215-223.
- [25] Boedeltje G., Bakker J. P., Heerd G. N. J. Potential role of propagule banks in the development of aquatic vegetation in backwaters along navigation canals [J]. Aquatic Botany, 2003, 77(1): 53-69.
- [26] 黄亮亮, 李建华, 邹丽敏, 等. 东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3415-3423.
- [27] Pusey B. J., Arthington A. H. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review [J]. Marine and Freshwater Research, 2003, 54: 1-16.
- [28] 谢三桃, 朱青. 城市河流硬质护岸生态修复研究进展[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(5): 83-87.
- [29] Verena K. H., Elisabeth S. Potential effects of navigation-induced wave wash on the early life history stages of riverine fish [J]. Aquatic Sciences, 2009, 71: 94-102.
- [30] 苏利, 姜志强. 3种底质对水质和红鲫生长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(2): 149-152.