

桂江鱼类组成及其群落的时空变化

尹超^{1,2}, 黄健^{1,3}, 黄亮亮^{1,3}, 吴志强^{2,4}, 邓明星^{2,3}, 徐莉^{2,3}, 高明慧^{1,2}

(1. 桂林理工大学 环境科学与工程学院, 广西 桂林 541004;
2. 桂林理工大学 岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心, 广西 桂林 541004;
3. 桂林理工大学 广西环境污染控制理论与技术重点实验室, 广西 桂林 541004;
4. 广西大学, 广西 南宁 530004)

摘要:为探究桂江鱼类群落结构现状,维持水生生物多样性,于 2015 年 1 月(冬)、4 月(春)、7 月(夏)和 10 月(秋),对桂江平乐(S1)、昭平(S2)、五将(S3)、马江(S4)、木格(S5)、大郎(S6)、京南(S7)、倒水(S8)、梧州(S9)共计 9 个采样点,进行 4 次鱼类资源调查。结果表明,本次调查共采集鱼类 93 种,隶属于 6 目、17 科、66 属,其中以鲤形目为主(63 种),占总种数的 67.74%。鱼类相对多度(Relative density)显示,全年优势种为鲮(*Hemiculter leucisculus*),占总个体数的 12.75%。不同季节的优势种有差异,冬季优势种为伍氏半鲮(*Hemiculterella wui*)、鲮和宽鳍鱮(*Zacco platypus*);春季优势种不明显,个体数较多的有南方拟鲮(*Pseudohemiculter dispar*)和泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*);夏季优势种为鲮、大眼华鳊(*Sinibrama macrops*)和南方拟鲮;秋季优势种为鲮、莫桑比克罗非鱼(*Tilapia mossambicus*)和尼罗罗非鱼(*T. niloticus*)。无度量多维排序图(NMDS)和单因素相似性分析(ANOSIM)结果显示,除夏季与秋季外($P=0.178>0.05$),其余季节之间鱼类群落结构存在显著性差异($P<0.05$),这可能是珠江水系鱼类繁殖期(4-6 月)及降水的季节性变化所致。采样点 S1 与 S7、S8、S9, S6 与 S7、S8、S9, S2 与 S6、S9 之间存在显著性差异,河流库区化、过度开发以及外来入侵种是导致鱼类群落结构空间变化显著的原因。

关键词:鱼类;物种组成;时空变化;桂江

中图分类号:Q145 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2019)05-0048-07

桂江是西江水系主要支流之一,发源于桂林市兴安县猫儿山,上游漓江流经灵川、桂林、阳朔和平乐等县市,在平乐县纳恭城河和荔浦河后始称桂江,再经昭平、苍梧,于梧州汇入西江,全长 438 km,流域面积 18 790 km²。该区域已有的鱼类研究多聚焦于桂江上游的漓江河段(周解等,2005;蔡德所等,2009;朱召军等,2015;丁洋等,2016);而有关桂江鱼类资源调查研究的报道较少,尤其是缺乏有关该河段鱼类群落结构时空变化及河流健康评价。本文以桂江为研究区域,调查鱼类物种组成,分析其群落时空变化,旨在为桂江鱼类生物多样性保护和资源可持续利用提供科学依据,为区域内的河流健康评价作前期准备。

1 材料与方法

1.1 研究区域

桂江位于广西东南部(110°38′46.6″~111°19′13.5″E, 23°28′29.7″~24°38′20.88″N),整个区域为亚热带季风气候,全年雨量充沛,河流底质以卵石为主。流域多年平均径流深 1 020 mm,径流量 175×10⁸ m³。汛期(3-8 月)径流量 145.2×10⁸ m³,占年总径流量 81%。为了调节桂江流域年内降雨量的不均,从平乐县至梧州市建立并运行巴江口电站(2005 年运行,控制流域面积 12 621 km²)、昭平电站(1994 年运行,控制流域面积 13 170 km²)、下福电站(2005 年运行,控制流域面积 15 200 km²)、金牛坪电站(2007 年运行,控制流域面积 15 751 km²)、京南电站(1997 年运行,控制流域面积 17 338 km²)以及旺村水利枢纽(2015 年 10 月试运行,控制流域面积 18 261 km²)(图 1)。

1.2 采样方法

2015 年的 1 月、4 月、7 月、10 月对桂江进行 4 次鱼类样本采集,共设置了 9 个采样点(图 1)。以

收稿日期:2017-11-18
基金项目:国家自然科学基金(51509042);广西自然科学基金(2018GXNSFAA281022);广西“八桂学者”岗位专项经费。
作者简介:尹超,1990 年生,男,硕士研究生,研究方向为环境生态学。E-mail: yinchao31@163.com
通信作者:黄亮亮,1985 年生,男,副教授,主要从事于环境生态学研究。E-mail: llhuang@glut.edu.cn

背负式捕鱼器(功率 2 kW, 6 场管)和粘网(长 12 m、高 0.8 m、网目 10 mm)进行采样。以采样点为中心, 自上而下采样距离为 2 km 的区域面积(连续采集 2 个夜晚)。根据采样点生境不同, 综合考虑急流区、缓流区、水草覆盖区、深潭等因素, 选取具有代表性的栖息生境。鱼类样本现场用 10% 的福尔马林固定, 集中带回实验室进行鉴定和测量。依据《广西淡水鱼类志》《福建鱼类志》《珠江鱼类志》及上网查询(fishbase.org), 对采集到的鱼类鉴定到种, 鉴定完毕用 5% 的福尔马林保存于标本瓶中(周解等, 2005; 覃永义, 2014)。

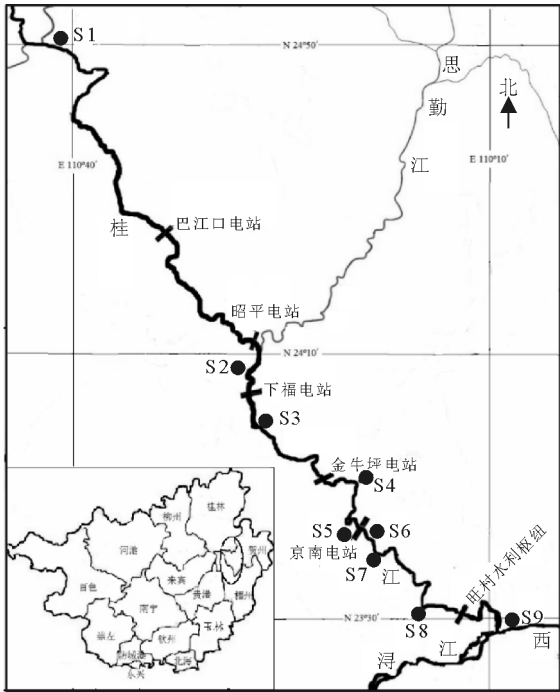


图 1 桂江采样点分布

Fig.1 Location of sampling sites in Guijiang River

1.3 数据处理

利用相对多度(Relative density, RD)对每个采样点全年出现的鱼类进行研究(朱瑜等, 2012)。计算公式为: 相对多度 = 某一鱼类的个体数 / 总渔获物个体数 × 100%。

一般将 RD > 10% 划为优势种, RD 在 1% ~ 10% 为亚优势种, RD < 1% 划为偶见种(王雪辉等, 2011; 陈校辉等, 2007)。

原始数据经 lg(x + 1) 转换后, 利用 Bray-Curtis 相似性系数构建相似性矩阵, 采用相似性分析(ANOSIM)和无度量多维排序图(NMDS)探究桂江鱼类群落结构的时空变化特征, 利用 PRIMER5.0 软件完成(Hossain, 2012; 师瑞丹等, 2015; 丁洋等, 2016)。

2 结果与分析

2.1 桂江鱼类组成

本次调查采样共获得鱼类标本 6 212 尾, 隶属于 6 目、17 科、66 属 93 种(表 1)。鲤形目鱼类 4 714 尾(3 科、63 种), 占总个体数的 75.89% 和总种数的 67.74%; 鲈形目鱼类 1 292 尾(8 科、15 种), 占 20.80% 和 16.13%; 鲇形目鱼类 183 尾(3 科、12 种), 占 2.96% 和 12.90%; 合鳃目鱼类 10 尾(1 科、1 种), 占 0.16% 和 1.07%; 鳗鲡目鱼类 8 尾(1 科、1 种), 占 0.13% 和 1.07%; 鲱形目鱼类 4 尾(1 科、1 种), 占 0.06% 和 1.07%。

相对多度结果显示, 桂江全年优势种为鲮(*Hemiculter leucisculus*), RD 值为 12.75%。统计结果表明, 不同季节的优势种存在一定差异, 冬季优势种为伍氏半鲮(*Hemiculterella wui*) (503 尾, RD = 23.42%)、鲮(329 尾, 15.32%)、宽鳍鱮(*Zacco platypus*) (237 尾, 11.03%); 春季优势种不明显, 但个体数最多的是南方拟鲮(*Pseudohemiculter dispar*) (155 尾, 9.25%) 和泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*) (152 尾, 9.13%); 夏季优势种为鲮(151 尾, 11.38%)、大眼华鲮(*Sinibrama macrops*) (144 尾, 10.85%) 和南方拟鲮(142 尾, 10.70%); 秋季优势种为鲮(205 尾, 15.97%)、莫桑比克罗非鱼(*Tilapia mossambicus*) (191 尾, 14.88%) 和尼罗罗非鱼(*T. niloticus*) (130 尾, 10.12%)。

不同空间位置上的优势种也存在一定差异, 如 S1 优势种为伍氏半鲮(123 尾, RD = 21.50%) 和银鲮(*Squalidus argentatus*) (102 尾, 17.83%)。S2 优势种为伍氏半鲮(147 尾, 15.87%) 和南方拟鲮(109 尾, 11.77%); S3 优势种为伍氏半鲮(117 尾, 13.62%) 和宽鳍鱮(110 尾, 12.81%); S4 优势种为莫桑比克罗非鱼(167 尾, 18.15%)、尼罗罗非鱼(120 尾, 13.04%) 和宽鳍鱮(106 尾, 11.52%); S5 优势种为鲮(431 尾, 55.88%); S6 优势种为伍氏半鲮(148 尾, 19.71%)、尼罗罗非鱼(94 尾, 12.52%)、鲮(88 尾, 11.72%) 和莫桑比克罗非鱼(80 尾, 10.65%); S7 优势种为宽鳍鱮(157 尾, 28.39%) 和南方拟鲮(144 尾, 26.04%); S8 优势种为大眼华鲮(72 尾, 17.96%); S9 优势种为赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*) (55 尾, 11.04%)、南方拟鲮(64 尾, 12.85%)、鲮(*Cirrhinus molitorella*) (72 尾, 14.46%)。

表 1 桂江鱼类名录

Tab.1 Fish species composition in Guijiang River

种 类	种 类
鳗鲡目 <i>Anguilliformes</i>	鲮亚科 <i>Acheilognathinae</i>
鳗鲡科 <i>Anguillidae</i>	短须鲮 <i>Acheilognathus barbatulus</i>
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	越南鲮 <i>A. tonkinensis</i>
鲤形目 <i>Cypriniformes</i>	高体鲫鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>
鲃科 <i>Cobitidae</i>	鲃亚科 <i>Barbinae</i>
条鲃亚科 <i>Noemacheilinae</i>	光倒刺鲃 <i>Spinibarbus hollandi</i>
横纹南鲃 <i>Schistura fasciolata</i>	倒刺鲃 <i>S.denticulatus</i>
沙鲃亚科 <i>Botiinae</i>	侧条光唇鱼 <i>Acrossocheilus parallens</i>
壮体沙鲃 <i>Botia robusta</i>	厚唇光唇鱼 <i>A. labiatus</i>
美丽沙鲃 <i>B. pulchra</i>	野鲮亚科 <i>Labeoninae</i>
点面副沙鲃 <i>Parabotia maculosa</i>	桂华鲮 <i>Sinilabeo decorus</i>
花斑副沙鲃 <i>P. fasciata</i>	鲮 <i>Cirrhinus molitorella</i>
漓江副沙鲃 <i>P.lijiangensis</i>	卷口鱼 <i>Ptychidio jordani</i>
大斑薄鲃 <i>Leptobotia pellegrini</i>	东方墨头鱼 <i>Garra orientalis</i>
斑纹薄鲃 <i>L. zebra</i>	纹唇鱼 <i>Osteochilus salsburyi</i>
花鲃亚科 <i>Cobitinae</i>	四须盘鲃 <i>Discogobio tetrabarbatus</i>
中华花鲃 <i>Cobitis sinensis</i>	鲤亚科 <i>Cyprininae</i>
泥鲃 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	尖鳍鲤 <i>Cyprinus acutidorsalis</i>
鲤科 <i>Cyprinidea</i>	三角鲤 <i>C.multitaeniata</i>
鱼丹亚科 <i>Danioninae</i>	鲤 <i>C. carpio</i>
宽鳍鱲 <i>Zacco platypus</i>	鲫 <i>Carassius auratus</i>
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	腹吸鲃亚科 <i>Gastromyzoninae</i>
南方波鱼 <i>Rasbora steineri</i>	平舟原缨口鲃 <i>Vanmanenia pingchowensis</i>
雅罗鱼亚科 <i>Leuciscinae</i>	信宜原缨口鲃 <i>V.inyiensis</i>
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	鲇形目 <i>Siluriformes</i>
赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	鲇科 <i>Siluridae</i>
鲃亚科 <i>Leuciscinae</i>	西江鲇 <i>Silurus gilberti</i>
细鲃 <i>Rasborinus lineatus</i>	南方鲇 <i>S. meridionalis</i>
大眼华鲃 <i>Sinibrama macrops</i>	越南鲇 <i>S. cochinchinensis</i>
海南似鲃 <i>Toxabramis houdemeri</i>	鲇 <i>S. asotus</i>
鲃 <i>Hemiculter leucisculus</i>	胡子鲇科 <i>Clariidae</i>
伍氏半鲃 <i>Hemiculterella wui</i>	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>
南方拟鲃 <i>Pseudohemiculter dispar</i>	鲢科 <i>Bagridae</i>
海南拟鲃 <i>P. hainanensis</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>
翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i>	瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>
海南鲃 <i>C. recurviceps</i>	叉尾鲃 <i>Leiocassis tenuifurcatus</i>
鲃 <i>Parabramis pekinensis</i>	长脂拟鲃 <i>Pseudobagrus adiposalis</i>
鲃亚科 <i>Leuciscinae</i>	越南拟鲃 <i>P.kyphus</i>
银鲃 <i>Xenocypris argentea</i>	白边拟鲃 <i>P. albomarginatus</i>
鲢亚科 <i>Hypophthalmichthyinae</i>	斑鲃 <i>Mystusguttatus</i>
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	大鳍鲃 <i>M.opterus</i>
鲃亚科 <i>Leuciscinae</i>	鲃形目 <i>Cyprinodontiformes</i>
间鱼骨 <i>Hemibarbus medius</i>	胎鲃科 <i>Poeciliidae</i>
花鱼骨 <i>H. maculatus</i>	食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i>
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	合鳃目 <i>Synbranchiformes</i>
黑鳍鲃 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>
银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	鲈形目 <i>Perciformes</i>
暗斑银鲃 <i>S.atromaculatus</i>	鲈科 <i>Serranidae</i>
点纹银鲃 <i>S. wolterstorffi</i>	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>
桂林似鲃 <i>Pseudogobio guilinensis</i>	中国少鳞鲃 <i>Coreoperca whiteheadi</i>
胡鲃 <i>Huigobio chenhsienensis</i>	漓江鲃 <i>Siniperca loona</i>
清徐胡鲃 <i>Huigobio chinssuensis</i>	斑鲃 <i>S.scherzeri</i>
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	丽鱼科 <i>Cichlidae</i>
福建小鲃 <i>Microphysogobio fukiensis</i>	莫桑比克罗非鱼 <i>Tilapia mossambicus</i>
洞庭小鲃 <i>M.tungtingensis</i>	尼罗罗非鱼 <i>Tilapia niloticus</i>
片唇鲃 <i>Platysmacheilus exiguous</i>	沙塘鳢科 <i>Odontobutidae</i>

续表 1

种 类	种 类
中华沙塘鳢 <i>Odontobutis sinensis</i>	圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i>
塘鳢科 Eleotridae	鳢科 Channidae
海南细齿塘鳢 <i>Philypnus chalmersi</i>	斑鳢 <i>Channa maculata</i>
虾虎鱼科 Gobiidae	月鳢 <i>C. asiatica</i>
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	刺鳅科 Mastacembelidae
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	大刺鳅 <i>Mastacembelus armatus</i>
斗鱼科 Belontiidae	刺鳅 <i>M. aculeatus</i>

2.2 鱼类群落结构的时空变化

无度量多维时间排序图(NMDS)显示,1月(冬季)、4月(春季)、7月(夏季)两两之间能完全分开,而7月(夏季)与10月(秋季)则混杂在一起(图2)。单因素相似性分析(ANOSIM)结果显示,除了7月(夏季)与10月(秋季)外($P=0.178>0.05$),其余月份之间鱼类群落结构均存在显著性差异($P<0.05$)(表2)。

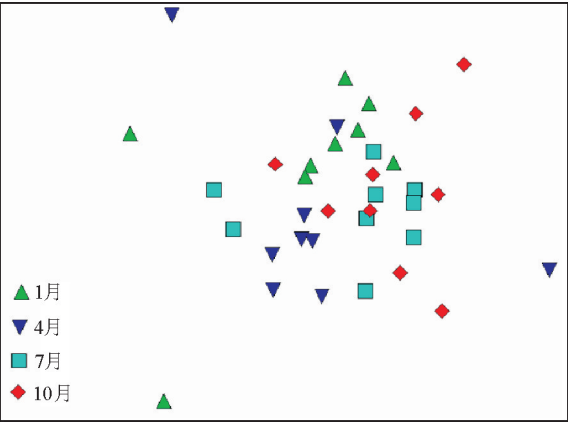


图 2 桂江鱼类群落无度量多维时间排序

Fig.2 NMDS ordination of the temporal variation of the fish community in Guijiang River

表 2 桂江鱼类群落结构季节间的相似性分析

Tab.2 Similarity analysis for temporal variation of the fish community among seasons in Guijiang River

月份	4 月	7 月	10 月
1 月	0.267(0.003)	0.200(0.007)	0.183(0.004)
4 月		0.336(0.001)	0.292(0.001)
7 月			0.054(0.178)

注: 表格中为总体 R 值, 括号内为显著性差异水平 P 值, $P<0.05$ 表示差异显著(加粗表示)。

Note: The number in the table is the R value, the number in the bracket is the P value; $P<0.05$ indicates a significant difference (in bold).

无度量多维空间排序图(NMDS)显示,平乐与京南、大郎、木格和马江,大郎与京南、昭平和倒水两两分开(图3)。ANOSIM 结果显示,除上述采样点外,梧州与倒水、大郎和昭平的鱼类群落结构在空间上也存在显著性差异($P<0.05$)(表3)。

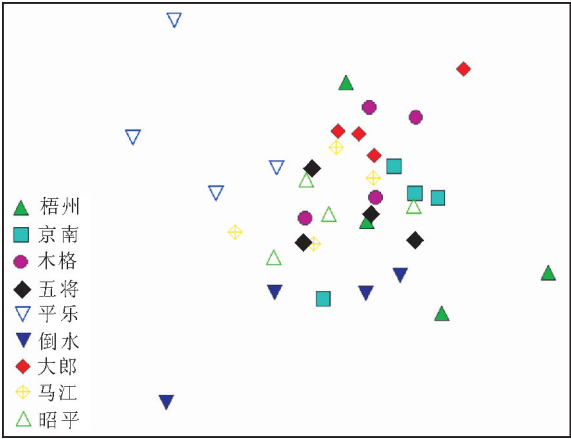


图 3 桂江鱼类群落无度量多维空间排序

Fig.3 NMDS ordination of the spatial variation of the fish community in Guijiang River

3 讨论

3.1 人类活动导致鱼类群落组成与种类变化

本次研究共采集鱼类 93 种,优势种主要以上层静水小型鱼类为主(如蟹、伍氏半蟹、大眼华鳊等)。桂江鱼类物种组成变化不但体现在物种数量上,而且也体现在物种分布上。鲢形目鱼类此次未捕获到,单种属鱼类占全部鱼类比例也有所增加。“四大家鱼”等经济鱼类此次捕获较少,历史资料显示的鲢(*Tenualosa macrura*)、卷口鱼(*Ptychidio jordani*)、中华鲟(*Acipenser sinensis*)早已绝迹,鳊(*Ochetobius elongatus*)、鳅(*Elopichthys bambusa*)、海南鲃(*Erythroculter pseudobrevicauda*)等也难觅踪迹(蒙国长,1996)。造成这一现象的原因主要有:(1)过度捕捞和生态破坏。目前桂江鱼类日捕获量高达 11 229 kg;此外,休渔期内(4-6 月)存在偷捕现象。据现场调查,桂江过度挖沙现象严重,导致部分河段河床裸露、河面变窄。生境破坏会威胁鱼类生存,导致鱼类生物多样性减少(Huang et al, 2013);(2)水利工程影响。桂江现已建立运行巴江口电站、昭平电站、下福电站、金牛坪电站、京南电站、旺村水利枢纽。大量研究表明,大坝会通过改变河流水文、水质、自然生境来影响鱼类,导致其多样

表 3 桂江鱼类群落结构空间的相似性分析

Tab.3 One-way analysis of similarity for the spatial variation of the fish community among all sites in Guijiang River

样点	倒水	京南	大郎	木格	马江	五将	昭平	平乐
梧州	0.448(0.029)	0.167(0.020)	0.427(0.029)	0.156(0.171)	0.333(0.057)	0.302(0.057)	0.365(0.029)	0.406(0.057)
倒水		0.375(0.057)	0.688(0.029)	0.354(0.057)	0.271(0.114)	0.031(0.371)	0.177(0.914)	0.260(0.057)
京南			0.490(0.029)	0.094(0.371)	0.156(0.200)	0.156(0.229)	0.313(0.057)	0.583(0.029)
大郎				-0.177(0.914)	0.240(0.057)	0.448(0.029)	0.448(0.029)	0.531(0.029)
木格					-0.229(0.971)	-0.094(0.686)	-0.094(0.771)	0.281(0.029)
马江						-0.073(0.571)	-0.042(0.657)	0.354(0.029)
五将							-0.094(0.686)	0.146(0.114)
昭平								0.229(0.057)

注:表格中为总体 R 统计值,括号内为显著性差异水平 P 值, $P<0.05$ 表示差异显著(加粗表示)。
Note: The number in the table is the R value, the number in the bracket is the P value; $P<0.05$ indicates a significant difference (in bold).

性减少或者灭绝。如大坝的建设导致桂江河流生境转向水库生境,水流减缓,喜急流性鱼类(南方白甲鱼、稀有白甲鱼未发现)和洄游性鱼类(花鳗鲡未发现)减少,静水性鱼类增多。大坝建成会阻碍洄游性繁殖鱼类生殖洄游(鳊、赤眼鲮等),还会影响鱼类“三场”(如“四大家鱼”);此外,定时的开闸放水,会使得部分鱼苗受到机械性损伤,水中氮气过饱和会导致鱼类死亡(梁锐生,2015;邹淑珍等,2010)。

3.2 内外因素影响鱼类群落结构的时空变化

鱼类群落结构时空变化主要表现为鱼类物种组成变化和鱼类群落多样性变化(Elron et al, 2006; 俞存根等,2010;徐兆礼,2010)。通常认为内源性因素(鱼类繁殖和洄游)和外源性因素(干旱和洪涝)是引起鱼类群落结构季节性变化的主要原因(Elron et al, 2006; Welcomme, 2010; Oliveira et al, 2012)。4-6月是珠江水系鱼类的禁渔期和繁殖期,1月(冬季)物种多样性指数(Shannon-Wiener 指数)最低(2.7),共捕获鱼类 49 种;4月(春季)物种多样性指数最高(3.31),共捕获鱼类 66 种,其中主要表现为鲤科鱼类的增多,包括草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*、海南拟鲈(*P. hainanensis*)、点纹银鲈(*Squalidus wolterstorffi*)、桂华鲮(*Sinilabeo decorus*)等。虽然 4 月(春季)鱼类物种数最多,但优势种却不明显,其他季度均有优势种,冬季优势种为伍氏半鲈、鲮、宽鳍鱲;夏季优势种为鲮、大眼华鲮和南方拟鲈;秋季优势种为鲮、莫桑比克罗非鱼和尼罗罗非鱼;此外,桂江属于亚热带季风气候,年内 72%以上降雨集中在春夏季,秋冬季则出现干旱,降水存在明显的季节性变化(韩耀全等,2007)。季节性干旱和洪涝会直接影响鱼类栖息地环境以及饵料

供应,本研究中,春夏季鱼类物种数明显多于秋冬季(夏季捕获鱼类 64 种,秋季捕获鱼类 50 种)。由于有些鱼类无法适应季节性气候变化而发生迁移,因此不同季节的优势种会存在差异,鱼类物种数和优势种的变化直接影响其群落结构的时间变化。

3.3 外来入侵种影响桂江鱼类群落的空间结构

鱼类群落结构的时空变化是栖息地环境因子和生物生态学特征共同作用的结果(Hughes et al, 1983;Yan et al, 2011)。S1 与 S7、S8、S9,S6 与 S7、S8、S9,S2 与 S6、S9 之间都有显著性差异。除 S1 外,其他点均位于库区内,且 S6 离大坝较近。大坝会破坏水流连续性,降低鱼类群落空间的相关性,促使鱼类群落结构发生变化(Yan et al, 2010)。采样中发现 S5-S7 段挖沙活动频繁,过度开采导致部分河床及周边水生环境发生巨大改变;S8 处旺村水利枢纽在采样期间处于试运行阶段,河道水深日周期变化较大;S9 处离西江较近,西江定居型鱼类(赤眼鲮和鲮)直接影响 S9 的鱼类物种组成(李捷等, 2010);此外,由于纬度关系,S1-S9 水温逐渐增加,而生长繁殖与水温呈正相关的莫桑比克罗非鱼和尼罗罗非鱼的数量也随之增加。秋季,莫桑比克罗非鱼和尼罗罗非鱼成为主要优势种,S4 和 S6 两地优势种也包含莫桑比克罗非鱼和尼罗罗非鱼。罗非鱼作为外来入侵物种,具有生长快、繁殖力强、适应性强等特点,据报道罗非鱼已遍布珠江整个流域,甚至出现在较寒冷的南盘江(Peterson et al, 2004;McCrary et al, 2007; 帅方敏等,2017),许多国家在引入罗非鱼后导致部分土著鱼种消失。本研究中,罗非鱼属个体数占总个体数的 14.8%,会对桂江鱼类群落空间结构产生一定的影响。

参考文献

- 蔡德所, 赵湘桂, 朱瑜, 等, 2009. 漓江鱼类资源调查及物种多样性分析[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 27(2): 130-136.
- 陈校辉, 边文冀, 赵钦, 等, 2007. 长江江苏段鱼类种类组成和优势种研究[J]. 长江流域资源与环境, 16(5): 571-577.
- 丁洋, 吴志强, 黄亮亮, 等, 2015. 漓江中下游鱼类物种组成及其多样性研究[J]. 四川动物, 34(6): 941-947.
- 丁洋, 吴志强, 黄亮亮, 等, 2016. 漓江中下游基于鱼类生物完整性指数的河流健康评价体系[J]. 四川动物, 34(2): 288-293.
- 韩耀全, 周解, 吴祥庆, 2007. 漓江的自然地理与水质调查[J]. 广西水产科技, (2): 8-16.
- 李捷, 李新辉, 贾晓平, 等, 2010. 西江鱼类群落多样性及其演变[J]. 中国水产科学, 17(2): 298-311.
- 梁锐生, 2015. 西江与桂江渔业资源开发利用和保护[J]. 当代畜牧, (35): 97-99.
- 毛志刚, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等, 2011. 太湖鱼类群落结构及多样性[J]. 生态学杂志, 30(12): 2836-2842.
- 蒙国长, 1996. 梧州市水产志[M]. 南宁: 广西人民出版社.
- 师瑞丹, 吴志强, 黄亮亮, 等, 2015. 湘江上游区桂北江段鱼类物种多样性研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 33(4): 128-135.
- 帅方敏, 李新辉, 刘乾甫, 等, 2017. 珠江水系鱼类群落多样性空间分布格局[J]. 生态学报, 37(9): 3182-3192.
- 覃永义, 韦慕兰, 唐秀剑, 等, 2014. 桂江鱼类资源调查研究[J]. 现代农业科技, (5): 279-280, 283.
- 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等, 2011. 北部湾鱼类多样性及优势种的时空变化[J]. 中国水产科学, 18(2): 427-436.
- 徐兆礼, 2010. 春夏季闽江口和兴化湾鱼类数量特征的研究[J]. 水产学报, 54(6): 981-987.
- 俞存根, 陈全震, 陈小庆, 等, 2010. 舟山渔场及邻近海域鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 41(3): 410-417.
- 郑慈英, 1989. 珠江鱼类志[M]. 北京: 科学出版社.
- 周解, 张春光, 2005. 广西淡水鱼类志[M]. 南宁: 广西人民出版社.
- 朱瑜, 蔡德所, 周解, 等, 2010. 漓江鱼类生态类型及生物多样性变化情况[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 30(4): 146-151.
- 朱召军, 吴志强, 黄亮亮, 等, 2015. 漓江上游鱼类物种组成及其多样性分析[J]. 四川动物, 34(1): 126-132.
- 邹淑珍, 吴志强, 胡茂林, 等, 2010. 赣江石虎塘航电枢纽工程对鱼类的影响[J]. 桂林理工大学学报, 30(2): 267-271.
- Elron E, Gasith A, Goren M, 2006. Reproductive strategy of a small endemic cyprinid, the Yarqon bleak (*Acanthobrama telavivensis*), in a mediterranean-type stream[J]. Environmental Biology of Fishes, 77(2): 141-155.
- Hossain M S, 2012. Fish diversity and habitat relationship with environmental variables at Meghna river estuary, Bangladesh[J]. Egyptian Journal of Aquatic Research, 38(3): 13-226.
- Huang L, Wu Z, Li J, et al, 2013. Fish Fauna, Biogeography and Conservation of Freshwater Fish in Poyang Lake Drainage, China[J]. Environmental Biology of Fishes, 96(10/11): 229-1243.
- Hughes R M, Omernik J M, 1983. An alternative for characterizing stream size[A]. In Dynamics of lotic ecosystems[C]. Edited by T D Fontaine III and S M Bartel. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Mich: 87-101.
- McCrary J K, Murphy B R, Stauffer J R, et al, 2007. Tilapia (Teleostei: Cichlidae) status in Nicaraguan natural waters[J]. Environmental Biology of Fishes, 78: 107-114.
- Oliveira J M, Pedro S, Santos J M, 2012. Modelling stream-fish functional traits in reference conditions: Regional and local environmental correlates[J]. PlosOne, 7(9): 1-11.
- Peterson M S, Slack W T, Brown-Peterson N J, et al, 2004. Reproduction in nonnative environments: establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Coastal Mississippi Watersheds[J]. Copeia, 4: 842-849.
- Welcomme R L, 2010. The biology and ecology of the fishes of a small tropical stream[J]. Journal of Zoology, 158(4): 485-529.
- Yan Y, He S, Chu L, et al, 2010. Spatial and temporal variation of fish assemblages in a subtropical small stream of the Huangshan Mountain[J]. Current Zoology, 56: 670-677.
- Yan Y, Xiang X, Chu L, et al, 2011. Influences of local habitat and stream spatial position on fish assemblages in a dammed watershed, the Qingyi Stream, China[J]. Ecology of Freshwater Fish, 20: 199-208.

(责任编辑 万月华)

Species Composition and Temporal-spatial Variation of the Fish Community in Guijiang River

YIN Chao^{1,2}, HUANG Jian^{1,3}, HUANG Liang-liang^{1,3}, WU Zhi-qiang^{2,4},
DENG Ming-xing^{2,3}, XU Li^{2,3}, GAO Ming-hui^{1,2}

(1.College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of
Technology, Guilin 541004,P.R.China;

2.Collaborative Innovation Center for Water Pollution Control and Water Safety in Karst Area,
Guilin University of Technology, Guilin 541004,P.R.China;

3.Guangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control Theory and Technology,
Guilin University of Technology, Guilin 541004,P.R.China;

4.Guangxi University, Nanning 530004,P.R.China)

Abstract: Guijiang River is the primary tributary of Xijiang River, with a total length of 438 km and water area of 18 790 km². In this study, we investigated the current status of fish resources in Guijiang River, focusing the field investigation on species composition, dominant species and spatio-temporal variations. The objectives were to provide scientific evidence for conserving biodiversity, sustainable development of fish resources and support the evaluation of river system health. In January, April, July and October of 2015, the investigation was conducted at nine sampling sites, representing different habitats: Pingle (S1), Zhaoping (S2), Wujang (S3), Majiang (S4), Muge (S5), Dalang (S6), Jingnan (S7), Daoshui (S8), Wuzhou (S9). Fish samples were collected using portable fishing equipment and nets, and all fish collected were identified by species. A total of 93 fish species were collected, falling into 66 genera, 7 families and 6 orders. Cypriniformes (63 species, 3 families) dominated the fish collected, accounting for 67.74% of the total species, followed by Perciformes (15 species, 8 families, 16.13%), Siluriformes (12 species, 3 families, 12.90%), Synbranchiformes (1 species, 1 family, 1.07%), Anguilliformes (1 species, 1 family, 1.07%) and Cyprinodontiformes (1 species, 1 family, 1.07%). *Hemiculter leucisculus* was the most dominant species over the study period [relative density (RD) of 12.75%], but the dominant species varied with season; *Hemiculterella wui*, *Hemiculter leucisculus* and *Zacco platypus* in winter; *Hemiculter leucisculus*, *Sinibrama macrops* and *Pseudohemiculter dispar* in summer; *Hemiculter leucisculus*, *Tilapia mossambicus* and *Tilapia niloticus* in autumn and no dominant species evident in spring. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination and one-way analysis of similarity (ANOSIM) showed that the fish community structure varied significantly with season ($P < 0.05$), except for between summer (July) and autumn (October) ($P = 0.178 > 0.05$). Structural differences were attributed to the effects of breeding season in the Pearl River (April – June) and seasonal variation in precipitation along the Guijiang River. Spatially, there were significant differences in the fish community between S1 and S7, S1 and S8, S1 and S9; S6 and S7, S6 and S8, S6 and S9; S2 and S6, S2 and S9. The static and deep water environment of reservoir after hydropower development, and alien species invasion were the primary factors leading to spatial changes in fish community structure.

Key words: fish species; species composition; temporal and spatial variation; Guijiang River