

doi: 10.7541/2023.2022.0161

## 禁捕初期鄱阳湖鱼类群落的结构特征

阳敏<sup>1,2</sup> 盛漂<sup>1,2</sup> 张燕萍<sup>3</sup> 过龙根<sup>1</sup> 王海华<sup>3</sup> 高小平<sup>4\*</sup> 陈宇顺<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 江西省水产科学研究所, 南昌 330039; 4. 九江市农业科学院, 九江 332005)

**摘要:** 为掌握禁捕初期鄱阳湖鱼类群落的结构特征, 研究于2020年4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)和2021年1月(冬季)在鄱阳湖21个采样点开展了渔获物调查。全年共采集到57种鱼类, 隶属于8目12科43属。优势种有贝氏鲃(*Hemiculter bleekeri*)、短颌鲢(*Coilia brachygnathus*)、蛇鮈(*Saurogobio dabryi*)、和似鳊(*Pseudobrama simoni*)等4种鱼类。江湖洄游型、江海洄游型和河流型鱼类物种数共占比45.61%, 平均体重<20 g的物种的丰度占有渔获物丰度的88.47%。在空间结构上, 基于鱼类丰度的非度量多维排序分析将鄱阳湖分为通江水道和主湖区两个大的空间类群, 方差分析表明通江水道鱼类丰度显著低于主湖区, 但多样性高于主湖区。在季节变化方面, 不同季节渔获物丰度、生物量和多样性的差异极其显著, 高水位时期(夏、秋季)的多样性高于低水位时期(春、冬季)。2020年10月在鄱阳湖主湖区中部的S9和通江水道的S20两个采样点发现了鄱阳湖历史文献中没有记录的广盐性近海鱼类——鲮(*Mugil cephalus*), 可能得益于长江禁捕, 由于消除了捕捞压力, 促使了该鱼类的资源恢复和上溯, 也不排除其他人为因素的可能, 因而需要更长时间序列的跟踪和监测。研究为全面评估鄱阳湖禁捕的生态效果提供了基础数据, 也为制定鄱阳湖鱼类资源的保护政策提供了参考。

**关键词:** 长江禁捕; 通江湖泊; 鱼类群落; 季节变化; 鄱阳湖

**中图分类号:** S932.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3207(2022)10-1569-11



鄱阳湖是我国最大的淡水湖, 也是长江现存的两个大型通江湖泊之一, 是长江“十年禁捕”的重点水域。从2018年1月1日起, 长江流域332个水生生物保护区(即53个水生动植物自然保护区和279个水产种质资源保护区)率先逐步施行禁捕, 其中包括鄱阳湖内的4个水生生物保护区(即3个水生动植物自然保护区和1个水产种质资源保护区), 总面积1314.23 km<sup>2</sup>, 涉及沿湖8个县(市、区)。自2020年1月1日起, 长江干流江西段和鄱阳湖水生生物保护区已实行全面禁捕。自2020年3月1日起, 鄱阳湖内所有生产性捕捞作业以及其他任何形式的破坏渔业资源和渔业生态环境的作业活动已被禁止。2020年10月31日前, 鄱阳湖全湖所有退捕渔船网具已实现集中统一管理。自2021年1月1日起, 鄱阳湖已实行全面禁捕。

鄱阳湖是长江中下游典型的泛滥平原湖泊, 其复杂的水文动态增大了景观时空异质性, 促进了不同景观元素之间物质、能量和生物交换, 并干扰了各类群落的演替, 借此, 鄱阳湖孕育了丰富多样的生物资源<sup>[1]</sup>。据最新统计, 21世纪前鄱阳湖湖区记录有152个鱼类物种, 21世纪后物种多样性下降, 2000年至2017年共记录有111个鱼类物种<sup>[2]</sup>。关于鄱阳湖鱼类群落的研究, 文献报道了鄱阳湖湖区鱼类物种多样性和区系<sup>[3-5]</sup>, 钱新娥等<sup>[6]</sup>监测记录了1997—1999年鄱阳湖主要渔获物组成, 李敬鸿等<sup>[7]</sup>在2018年调查了鄱阳湖全湖鱼类多样性并分析了不同水情不同生境下鱼类群落结构(即物种组成)差异。此外, 鄱阳湖局部区域鱼类群落的研究较多, 如湖口<sup>[8]</sup>、通江水道<sup>[9, 10]</sup>、附属湖泊及支流<sup>[11, 12]</sup>。然而, 从鄱阳湖全湖尺度开展的鱼类群落生态学研

**收稿日期:** 2022-04-16; **修订日期:** 2022-06-30

**基金项目:** 国家重点研发计划(2019YFD0901203); 中国科学院重点部署项目(ZDRW-ZS-2017-3-2)资助 [Supported by the National Key R & D Program of China (2019YFD0901203); Chinese Academy of Sciences (Key Strategic Program ZDRW-ZS-2017-3-2)]

**作者简介:** 阳敏(1998—), 女; 硕士研究生; 研究方向为水生生态系统健康。E-mail: yangmin@ihb.ac.cn

**通信作者:** 高小平, E-mail: 407219499@qq.com 陈宇顺, E-mail: yushunchen@ihb.ac.cn \*共同通信作者

究相对较少,例如,杨少荣<sup>[13]</sup>于2010年四季定量调查了鄱阳湖全湖鱼类群落组成的时空动态,蒋祥龙等<sup>[5]</sup>比较了2010年和2019年春季鄱阳湖鱼类的差异。近年来,鄱阳湖水文、水质和生境均发生重大改变<sup>[14]</sup>,鱼类群落组成亦或发生重大变化。在鄱阳湖开始实行禁捕的背景下,本研究于2020年4月、7月、10月和2021年1月对鄱阳湖全湖21个采样点开展鱼类群落调查,旨在系统揭示鄱阳湖全湖鱼类资源现状,阐明鄱阳湖的鱼类群落随水位变动的季节动态及其空间差异,为全面评估鄱阳湖禁捕的生态效果和湖泊鱼类资源保护提供支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

鄱阳湖(28°22'—29°45'N, 115°47'—116°45'E)位于长江中下游南岸,江西省北部,鄱阳湖沿湖共9个县(市、区),包括湖口县、庐山市、都昌县、鄱阳县、余干县、进贤县、南昌县、新建区和永修县。鄱阳湖以松门山为界分为南北两部分,北面为狭长的通江水道,湖底高程低,沿岸为低山丘陵,底质多为沙质;南面为宽广的主湖区,湖盆自西向东、自北向南逐渐升高,沿岸地势低平,底质多为河流冲积物<sup>[3]</sup>。鄱阳湖承纳江西省全省所有水系来水,主要为赣江、抚河、修水、饶河和信江等五河,湖水由北方的湖口注入长江。受五河与长江水情的影响,鄱阳湖水位呈现高动态的季节变化,鄱阳湖各水文站多年水位差为10.3—16.7 m<sup>[15]</sup>。鄱阳湖复杂的地形和水位的季节变化使得其具有“高水是湖,低水似河”“洪水一片,枯水一线”的特点。在星子水位低于9.6 m时,主湖区呈河相,仅河道和已与其分隔的附属湖泊存有水面,此时淹水范围不到700 km<sup>2</sup>;当水位达到12.0 m时,主湖与附属湖泊基本连片,呈现湖相;当水位高于15.5 m,湖泊水面基本是最大状态,淹水面积稳定在3000—3200 km<sup>2</sup><sup>[16]</sup>。

### 1.2 鱼类的调查采集

鄱阳湖鱼类资源调查共布设21个采样点(图1)。在2020年4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)和2021年1月(冬季)开展鱼类调查,每个季节采样持续时长平均20d。每个采样点使用浮网、沉网和地笼各1条开展调查,下午3:00—5:00下网,放置约16h后,第二天7:00—9:00收网。浮网和沉网均为定制的多网目复合刺网(内网12种网目从0.5—5.5 cm不等,每种网目的网片宽3.0 m,网全宽36.0 m,网高1.5 m)<sup>[17]</sup>、地笼为长条形地笼(4.0 cm×4.0 cm×14.0 m)。现场鉴定采集的鱼类,每个采样点每种鱼随机选取30条完好的样本称量体重和体长,剩余的样本直接

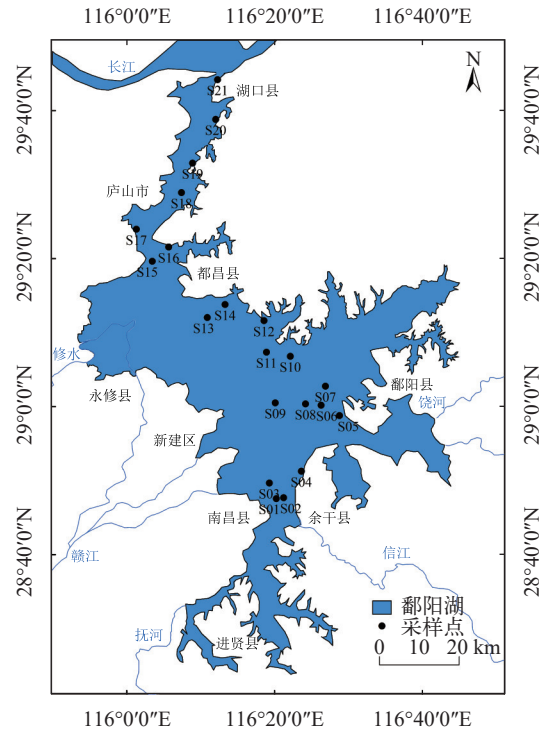


图1 鄱阳湖采样点位置

Fig. 1 The sampling sites of Poyang Lake

计数、称重,体重和体长分别精确至0.01 g和0.1 cm。鱼类调查均按规定和程序报江西省农业农村厅审批通过获得科考调查特许捕捞后进行。

### 1.3 水位状况

采样期间每天记录代表性强的星子水文站<sup>[16]</sup>的水位数据,数据来源于江西省水文监测中心(<http://www.jxsw.gov.cn/>)。采样期间春、夏、秋、冬四季星子站的平均水位为13.3、21.7、16.5和8.5 m,最大水位差为13.4 m(图2)。

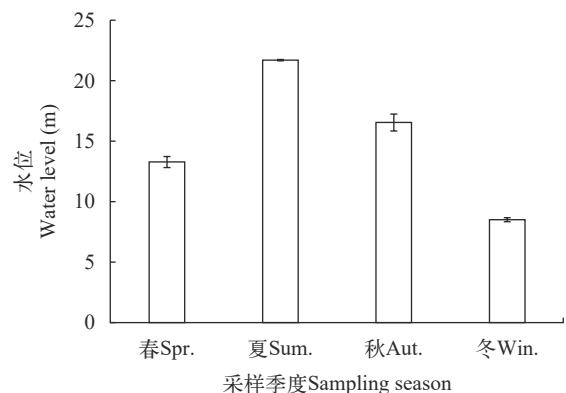


图2 四个季度采样期间鄱阳湖星子水文站水位的变动情况(误差棒为标准偏差)

Fig. 2 The water level fluctuations of the representative hydrological monitoring station (Xingzi Station) in Poyang Lake during the four sampling periods (Error bars represent standard deviation)

## 1.4 数据分析

物种优势度以优势度指数(Index of relative importance,  $IRI$ )评估, 计算方法如下:

$$IRI_i = (\%N_i + \%W_i) \times \%F_i$$

式中,  $\%N_i$ 和 $\%W_i$ 分别是物种 $i$ 的丰度和生物量占总渔获物的比例,  $\%F_i$ 是物种 $i$ 的出现频率。  $IRI \geq 10\%$ 的物种是优势种,  $1\% < IRI \leq 10\%$ 是常见种<sup>[18]</sup>。

多样性指数计算方法如下:

Shannon-Wiener 多样性指数:  $H' = -\sum_{i=1}^S \{(n_i/N) \ln(n_i/N)\}$

Pielou均匀度指数:  $J = H'/\ln S$

Margalef物种丰富度指数:  $d = (S - 1)/\ln N$

式中,  $S$ 是物种丰富度, 即物种种类数,  $N$ 是所有渔获物的个体数,  $N_i$ 是物种 $i$ 的个体数<sup>[19, 20]</sup>。

根据生态习性, 将鱼类划分为4个类型: 湖泊定居型(Lake resident)、河流型(Riverine)、江湖洄游型(River-Lake migratory)和江海洄游型(River-Sea or Lake-sea migratory)<sup>[13, 21, 22]</sup>。历史文献普遍认为短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)和长颌鲚(*Coilia nasus*)——分别为江湖洄游型和江海洄游型<sup>[23]</sup>, 但是最新研究表明短颌鲚中存在少量江海洄游型、长颌鲚中存在少量淡水型<sup>[24]</sup>, 本研究暂定短颌鲚为江湖洄游型, 长颌鲚为江海洄游型。根据摄食类型, 将鱼类划分为草食性(Herbivorous)、浮游生物食性(Planktivorous)、肉食性(Carnivorous)和杂食性(Omnivorous); 根据生活水层, 将鱼类分为上层鱼类(Upper layer fish)、下层鱼类(Lower layer fish)和底层鱼类(Demersal fish)<sup>[2, 22]</sup>。

基于Bray-Curtis相似性系数, 对所有采样点的物种丰度矩阵数据进行非度量多维排序分析(Non-metric multidimensional scaling, NMDS)检验鱼类群落结构空间差异。根据协强系数(stress)衡量NMDS分析结果的优劣:  $\text{stress} < 0.05$ 表明排序可信,  $0.05 < \text{stress} < 0.10$ 表明基本可信,  $0.10 < \text{stress} < 0.20$ 表明排序结果有一定参考意义,  $0.20 < \text{stress} < 0.30$ 表明排序分布完全不可信。使用相似性分析(Analysis of similarity, ANOSIM)检验采样点组间鱼类群落差异的显著性:  $R > 0$ 表示组间差异大于组内差异,  $R < 0$ 表示组间差异小于组内差异<sup>[9, 25, 26]</sup>。NMDS分析和ANOSIM分析在统计软件R-4.1.3的Vegan包中完成。

使用双因素方差分析检验采样季节、地理区域及其交互作用对鱼类丰度、生物量和多样性的影响。如果交互作用不显著, 则使用单因素方差分析和多重比较来分别检验各因素的组间差异。在

进行方差分析前, 对非正态非齐性的数据进行 $\lg(x+1)$ 转化。如果方差同质, 使用LSD- $t$ 检验进行多重比较, 并用Bonferroni校正避免出现I类错误; 如果方差异质, 使用Games-Howell(非参数检验)来进行多重比较<sup>[27]</sup>。以上方差分析在统计软件SPSS 25.0中完成。

## 2 结果

### 2.1 物种组成

2020—2021年四个季节全湖21个采样点共采集到57种鱼类, 包括19671个个体, 重350.85 kg, 分属8目12科43属。种类最多的目是鲤形目(3科39种), 其次是鲇形目(2科7种)、鲈形目(5科4种)、鲱形目和鲑形目为1科2种, 颌针鱼目、鲮形目和合鳃鱼目为1科1种(表1)。

优势科为鲤科(35种, 占总个体数的72.68%), 其次为鳊科(2种, 占总个体数的23.60%)、鳢科(5种, 占总个体数的2.48%)。鳅科4种, 银鱼科、鲇科、鲱科各2种, 鱖科、鲮科、刺鳅科、虾虎鱼科和鳢科各1种(表1)。

### 2.2 优势种和常见种

全年鄱阳湖优势种包括贝氏鲃(*Hemiculter bleekeri*)、短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)、蛇鮈(*Saurogobio dabryi*)、似鳊(*Pseudobrama simoni*)等4种。全年鄱阳湖常见种包括鲫(*Carassius auratus*)、大鳍鱮(*Acheilognathus macropterus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、蒙古鲃(*Chanodichthys mongolicus*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)、鳊(*Parabramis pekinensis*)、黄颡鱼(*Tachysurus fulvidraco*)、达氏鲃(*Chanodichthys dabryi*)和草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)等9种。优势种和常见种的个体数占总个体数的90.75%, 生物量占总生物量的79.72%。其中, 4个优势种累积个体数占比78.29%, 生物量占比40.35%(表2)。

春季的优势种为短颌鲚、贝氏鲃和似鳊, 夏季的优势种为短颌鲚、大鳍鱮和鲫, 秋季的优势种为短颌鲚和贝氏鲃, 冬季的优势种为短颌鲚、贝氏鲃、似鳊和蛇鮈(表1)。除了夏季外, 贝氏鲃和短颌鲚这两个优势种贡献了一半以上的鱼类丰度, 但其生物量占比不足一半(图3)。

### 2.3 物种丰度与生物量

**空间分布** NMDS排序的协强系数(stress)为0.14, 表明排序分布图具有一定的参考意义。结果显示, 鄱阳湖明显分为2个地理类群, 即通江水道(S17—S21)与主湖区(S1—S16), 而主湖区内部采样

表 1 2020—2021年鄱阳湖鱼类的物种组成  
Tab. 1 Fish species sampled in Poyang Lake from 2020 to 2021

目Order	科Family	种Species	生态类型 Ecological guild	春Spr.	夏Sum.	秋Aut.	冬Win.
鲱形目 Clupeiformes	鲢科Engraulidae	短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i>	RL,C,UL	+++	+++	+++	+++
		长颌鲚 <i>Coilia nasus</i>	RS,C,UL		++	+	
鲑形目 Salmoniformes	银鱼科Salangidae	大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>	RS,C,LL				+
		太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i>	L,P,LL			+	+
鲤形目 Cypriniformes	鲤科Cyprinidae	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	RL,H,LL		+	++	++
		鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	RL,C,UL				+
		青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	RL,C,LL		+	+	+
		赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	RL,O,LL	+	+	+	+
		翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	L,C,UL	+	++	+	+
		达氏鲌 <i>Chanodichthys dabryi</i>	L,C,UL	+	++	++	+
		蒙古鲌 <i>Chanodichthys mongolicus</i>	L,C,UL	+	+	++	++
		尖头鲌 <i>Chanodichthys oxycephalus</i>	L,C,LL				+
		红鳍原鲌 <i>Chanodichthys erythropterus</i>	L,C,UL	+	+	+	+
		贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	RL,O,UL	+++	++	+++	+++
		鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	L,O,UL	++	++	+	+
		团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	L,H,LL	+	++	++	++
		鲂 <i>Megalobrama mantschuricus</i>	L,H,LL		+		
		鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	RL,H,LL	+	++	+	++
		寡鳞鲃 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	RL,O,UL	+	+		+
		鲃 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	L,O,UL	+	+		+
		似鲃 <i>Toxabramis swinhonis</i>	L,O,UL	+		+	+
		似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	RL,P,UL	+++	++	++	+++
		银鲴 <i>Xenocypris macrolepis</i>	RL,P,DM	+	+	++	+
		鳊 <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	RL,P,UL			++	+
		鳊 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	RL,P,UL	++	+	++	++
		棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	L,O,DM	+		+	+
		花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	L,C,LL			+	+
		似刺鲃 <i>Paracanthobrama guichenoti</i>	L,O,DM			+	+
		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	L,O,LL	+	+	+	+
		吻鲃 <i>Rhinogobio typus</i>	RL,C,DM	+			
		黑鳍鲈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	L,O,LL	+	+	+	+
		华鲈 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	L,O,LL	+	+	+	+
		蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	RL,O,LL	++	++	++	+++
		银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	RL,O,LL	+	+	+	+
		兴凯鲌 <i>Acanthorhodeus chankaensis</i>	L,O,LL	++	++	+	+
		大鳍鲌 <i>Acheilognathus macropterus</i>	L,O,DM	+	+++	++	++
		高体鲌 <i>Rhodeus ocellatus</i>	L,O,LL			+	
		鲫 <i>Carassius auratus</i>	L,O,DM	++	+++	++	++
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	L,O,DM	++	+	+	+		
鳅科Cobitidae		花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>	R,C,DM		+	+	
		中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>	R,C,DM	+	+		
		泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	L,O,DM	+			
		大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	L,O,DM	+			
鲇形目 Siluriformes	鲇科Bagridae	长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	R,C,DM	+	+	+	



续表 1

目Order	科Family	种Species	生态类型 Ecological guild	春Spr.	夏Sum.	秋Aut.	冬Win.
		黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	L,C,DM	++	++	++	+
		光泽黄颡鱼 <i>Tachysurus nitidus</i>	R,C,DM	++	++	+	+
		瓦氏黄颡鱼 <i>Pseudobagrus vachellii</i>	R,C,DM	+			
		圆尾拟鲮 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	R,C,DM				+
	鲇科Siluridae	鲇 <i>Silurus asotus</i>	L,C,DM	+	+		+
		大口鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	R,C,DM	+	+	+	+
颌针鱼目 Beloniformes	鱖科 Hemiramphidae	间下鱖 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	L,C,UL	+	+	+	+
鲮形目 Mugiliformes	鲮科Mugilidae	鲮 <i>Mugil cephalus</i>	RS,O,UL			+	
合鳃鱼目 Synbranchiformes	刺鳅科 Mastacembelidae	刺鳅 <i>Macrognathus aculeatus</i>	L,C,DM		+		
鲈形目 Perciformes	鳊科Serranidae	鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	L,C,UL		++	++	+
		斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	R,C,UL				+
	虾虎鱼科 Gobiidae	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	L,C,DM	+			+
	鳊科Channidae	乌鳊 <i>Channa argus</i>	L,C,DM		++		

注: (1)春、夏、秋、冬具体指代2020年4月、2020年7月、2020年10月和2021年1月。(2)R为河流型鱼类, L为湖泊定居型鱼类, RL为江湖洄游型鱼类, RS为江海洄游型鱼类; H为草食性鱼类, P为浮游生物食性, C为肉食性鱼类, O为杂食性鱼类; UL为上层鱼类, LL为下层鱼类, DM为底层鱼类。(3)“+++”、“++”和“+”分别代表优势种、常见种和偶见种。(4)鱼类物种学名与Fishbase学名一致

Note: (1) “Spr.,” “Sum.,” “Aut.” and “Win.” refer to April 2020, July 2020, October 2020 and January 2021 respectively. (2) R: Riverine fish; L: Lake resident fish; RL: River-lake migratory fish; RS: River-sea migratory fish; H: Herbivorous; P: Planktivorous; C: Carnivorous; O: Omnivorous; UL: Upper-layer fish; LL: Lower-layer fish; DM: Demersal fish. (3) Dominant, common and accidental species are symbolled as “+++”, “++” and “+” respectively. (4) Scientific names of fish species are in accordance with those on Fishbase

点无法根据物种丰度划分明显的地理类群。丰度排名前10的物种主要分布在主湖区, 仅少量物种在通江水道有分布, 如短颌鲚、兴凯鲮和光泽黄颡鱼等(图4)。ANOSIM检验也表明组间物种组成差异大于组内差异, 且极为显著(Global test  $R=0.739$ ,  $P=0.001$ )。单因素方差分析表明主湖区丰度显著高于通江水道( $P=0.001$ ), 但两个区域生物量没有显著差异(表3)。

**季节与区域差异** 根据NMDS排序结果, 将鄱阳湖划分为通江水道和主湖区两个地理区域。双因素方差分析表明: 季节和区域对丰度和生物量均没有交互作用; 不同季节鱼类丰度( $P<0.05$ )和生物量( $P<0.001$ )有显著差异; 主湖区鱼类丰度显著大于通江水道( $P<0.001$ ), 而生物量无显著差异( $P>0.05$ ; 表3)。对四季鱼类丰度和生物量进一步进行单因素方差分析, 结果表明, 冬季丰度显著大于春季和夏季( $P<0.05$ ), 秋季和冬季生物量显著大于春季和夏季( $P<0.01$ )。

## 2.4 物种多样性

鱼类物种丰富度最高的采样点是S21(36种), 即在鄱阳湖与长江交汇处, 最低的是S15(18种), 即松门山与老爷庙的中间水域。方差分析显示, 通江水道和主湖区的鱼类物种丰富度无显著差异( $P>0.05$ ), 而通江水道的Shannon-Wiener多样性指数、Pielou

均匀度指数和Margalef物种丰富度指数均显著高于主湖区( $P<0.05$ ; 表3)。

春、夏、秋、冬四季的鱼类物种丰富度分别为38种、43种、39种和44种。不同季节Pielou均匀度指数无显著差异, 而物种丰富度、Shannon-Wiener多样性指数和Margalef指数有显著差异(表3)。多重比较结果显示, 春季的物种多样性显著低于其他三季( $P<0.05$ ), 夏季和秋季的Shannon-Wiener多样性指数均显著高于春季( $P<0.05$ )。夏季的Pielou均匀度指数显著高于冬季( $P<0.05$ )。夏季、秋季和冬季的Margalef指数均显著高于春季( $P<0.05$ ; 图5)。

## 2.5 物种生态类型

全年全湖监测到湖泊定居型鱼类种类数最多(31种), 江海洄游型鱼类种类数最少(3种)。江湖洄游型鱼类包括贝氏鲶、短颌鲚等的丰度和生物量最高, 其次是湖泊定居型鱼类包括鲫、大鳍鲮等, 前者的丰度和生物量分别是后者的5.14倍和2.33倍, 而江海洄游型鱼类包括长颌鲚、鲮、大银鱼等的丰度和生物量均为最低。全年全湖监测到肉食性鱼类种类数最多(27种), 草食性鱼类种类数最少(4种)。杂食性鱼类包括贝氏鲶、蛇鮈等的丰度和生物量最高, 草食性鱼类包括团头鲂、鳊等为最低。全年全湖监测到底层鱼类种类数最多(21种),

表 2 2020—2021年鄱阳湖鱼类的优势种和常见种

Tab. 2 Dominant and common fish species in Poyang Lake from 2020 to 2021 (mean±SD)

优势种和常见种 Dominant and common species	相对重要性指数 Index of relative importance, IRI (%)	丰度百分比 %Ni	生物量百分比 %Wi	体长范围 Range of body length (cm)	平均体长 Average of body length (cm)	体重范围 Range of body weight (g)	平均体重 Average of body weight (g)
贝氏鲮 <sup>bcd</sup> <i>Hemiculter bleekeri</i>	36.71	34.28	14.67	1.0—14.5	8.8±1.4	0.22—224.70	10.29±9.31
短颌鲚 <sup>abcd</sup> <i>Coilia brachygnathus</i>	32.61	23.30	12.43	1.2—30.0	15.4±4.3	1.90—117.20	15.66±17.00
蛇鲇 <sup>d</sup> <i>Saurogobio dabryi</i>	12.49	10.28	7.89	4.4—17.9	10.7±2.4	1.24—68.00	13.92±9.33
似鳊 <sup>ad</sup> <i>Pseudobrama simoni</i>	10.26	10.43	5.36	0.8—23.9	9.1±1.9	1.73—209.50	14.27±12.26
鲫 <sup>b</sup> <i>Carassius auratus</i>	6.32	3.42	5.60	3.5—23.4	9.0±3.0	1.52—509.91	32.69±51.74
大鳍鱮 <sup>b</sup> <i>Acheilognathus macropterus</i>	3.62	3.54	1.63	3.1—10.8	6.7±1.2	1.23—112.60	9.18±7.18
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	3.07	0.55	13.09	6.5—53.0	25.8±7.0	4.30—2700.00	425.72±410.19
蒙古鲌 <i>Chanodichthys mongolicus</i>	2.13	0.95	3.93	5.7—39.0	13.7±8.3	2.80—956.30	85.93±165.93
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	1.95	0.67	3.79	7.1—44.3	14.5±5.9	5.67—2070.00	112.43±225.77
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	1.63	1.57	1.77	4.1—34.9	8.9±5.2	1.13—772.00	31.9±99.76
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	1.47	1.03	1.47	2.9—19.4	10.0±3.8	0.42—185.00	26.12±30.63
达氏鲌 <i>Chanodichthys dabryi</i>	1.20	0.59	2.14	7.0—30.2	15.1±5.9	2.26—451.66	72.81±91.28
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	1.06	0.13	5.94	14.0—68.0	27.4±13.9	49.55—6384.00	834.6±1449.67

注: a、b、c和d分别表示该物种是春季、夏季、秋季和冬季优势种。%N<sub>i</sub>和%W<sub>i</sub>分别是物种*i*的丰度和生物量占总渔获物的比例

Note: a, b, c and d mean the dominant species in spring, summer, autumn and winter, respectively. %N<sub>i</sub> and %W<sub>i</sub> represent the percentage number and percentage weight of species in the total catch, respectively

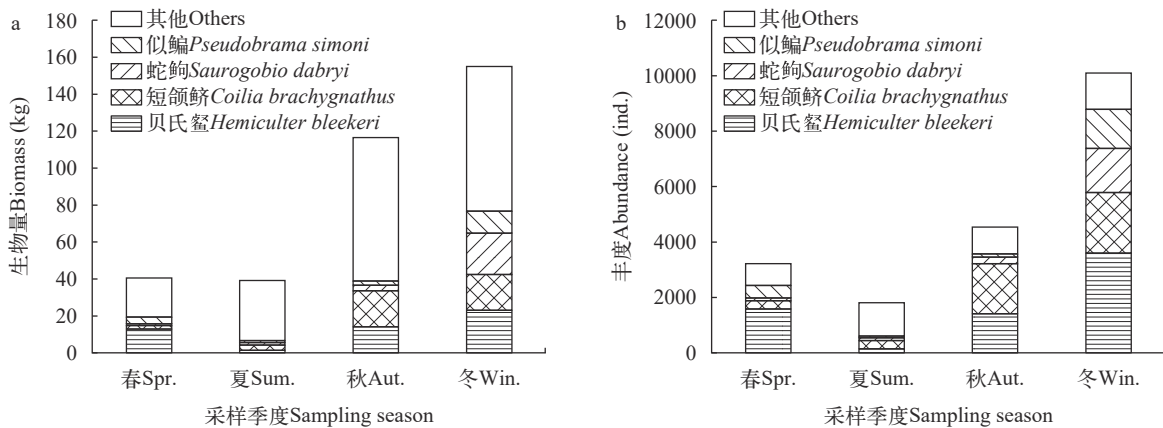


图 3 2020—2021年鄱阳湖四个优势种的丰度(a)和生物量(b)季节变化

Fig. 3 The abundance (a) and biomass (b) of the four dominant fishes in Poyang Lake from 2020 to 2021

下层鱼类最少(17种)。上层鱼类包括贝氏鲮、短颌鲚等的丰度和生物量为最高, 底层鱼类包括鲫、大鳍鱮等为最低。两个不同地理区域的鱼类生态类

型组成有差异: 相比于主湖区, 通江水道江湖洄游型鱼类、杂食性和浮游生物食性鱼类、上层鱼类比例低(表 4)。

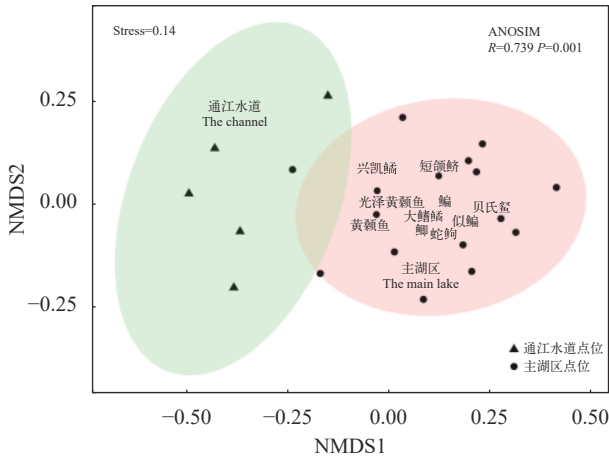


图 4 基于2020—2021年鄱阳湖鱼类物种丰度空间分布的NMDS排序图

Fig. 4 NMDS ordination based on spatial variation of fish species abundance in Poyang Lake from 2020 to 2021

### 3 讨论

#### 3.1 鱼类物种组成特征

2020—2021年在鄱阳湖共监测到57种鱼类。文献中与本研究时间较接近的结果显示: 2010年鄱阳湖网簰监测到49种鱼类, 拖网监测到68种鱼类<sup>[13]</sup>; 2018年使用流刺网、虾笼和电鱼机对鄱阳湖通江水道、主湖区和南方封闭的大型子湖泊开展多样性调查, 共监测到90种鱼类<sup>[7]</sup>。这表明监测到的鱼类物种丰富度会受采样工具和方式、采样点位等多因素的影响。但与更早的历史研究比较, 鄱阳湖鱼类物种多样性现状有明显下降, 1980年前鄱阳湖记录鱼类117种, 在1982—1990年间记录103种, 在1997—2000年记录101种<sup>[4]</sup>。淡水鱼类多样性面临多种人类活动的威胁<sup>[28]</sup>, 而在鄱阳湖鱼类受到的威胁主要体现在湖泊干旱持续时间延长、干旱频率和强度升高、污染加重和采砂强度高, 这些水文、水质、生境的重大改变导致鱼类生境退化和破碎化<sup>[14]</sup>, 而过度捕捞和非法渔业作业以比较直接

的方式推动鱼类资源的衰退<sup>[28]</sup>。值得一提的是, 2020年10月调查发现了此前历史文献中没有记录<sup>[2]</sup>的鱼类物种——鳊。在鄱阳湖主湖区中部S9点位采集到1尾, 在通江水道S20点位采集到2尾, 平均体重和平均体长分别为(1325.0±95.0) g和(42.8±1.3) cm。最新的文献显示澜江龙和王生于同年8月在都昌县水域发现鳊1尾, 根据鳊养殖区域主要在沿海地区、鄱阳湖周边区域未见鳊养殖相关报道和文献记录、且该鱼性活泼、游游能力强、亲鱼运输困难等特点, 认为鄱阳湖鳊活体标本不太可能是人为偶然带入的<sup>[29]</sup>。同时, 两个研究队伍监测到该鱼的空间位置不一样, 在一定程度上说明了当年该鱼在鄱阳湖已经有了一定的种群丰度和空间分布范围(即从通江水道一直到南部的都昌水域)。这种大型的广盐性近海鱼类通常较少进入淡水, 离长江口较近的太湖和江苏常熟曾有采集记录<sup>[30, 31]</sup>。鳊在距离长江口900 km的鄱阳湖主湖区首次采集到可能得益于长江禁捕的实施, 由于捕捞压力的消除, 该鱼类资源的恢复和上溯的可能性都有可能增大了。当然, 其他人为干扰因素的影响目前还不能完全排除, 因而需要对这些鱼类资源开展更长时间尺度的持续跟踪和监测。在禁捕全面实施后, 鱼类资源现状有望得到改善, 通过持续监测可进一步揭晓禁捕效果和理清多重压力因子的影响。

从鱼类生态功能来看, 江湖洄游型鱼类、杂食性鱼类、上层鱼类的丰度占比和生物量占比最高。从个体大小来看, 平均体重<200 g的物种数占总物种数的89.47%, 且这些物种的丰度、生物量分别占总渔获物的99.02%和73.05%; 其中平均体重<20 g的物种数占总物种数的45.61%, 且这些物种的丰度、生物量分别占总渔获物的88.47%和45.34%。江湖洄游型鱼类占比高和小型鱼类丰度占比高主要是由贝氏鲮、短颌鲚、蛇鲻和似鳊这四种优势度最高的鱼类造成的。1956—1963年对渔港捕捞渔获物进行统计, 得出优势种为鲤、鲢、银鱼、蒙

表 3 双因素方差分析季节和区域因子对2020—2021年鄱阳湖鱼类丰度、生物量和多样性的影响

Tab. 3 Two-way ANOVA used to test the difference of fish abundance, biomass and diversity between seasons and regions in Poyang Lake from 2020 to 2021

指标Index	季节Season		区域Region		交互作用Season×Region	
	F	P	F	P	F	P
丰度Abundance	3.718	<b>0.015</b>	18.491	<b>0.000</b>	2.671	0.054
生物量Biomass	10.718	<b>0.000</b>	0.004	0.953	0.485	0.694
物种丰富度Species Richness	6.224	<b>0.001</b>	0.066	0.797	0.754	0.524
多样性指数Shannon-Wiener	5.188	<b>0.003</b>	10.782	<b>0.002</b>	0.889	0.451
均匀度指数Pielou	2.658	0.055	11.477	<b>0.001</b>	1.785	0.158
物种丰富度指数Margalef	7.282	<b>0.000</b>	6.740	<b>0.011</b>	0.678	0.568

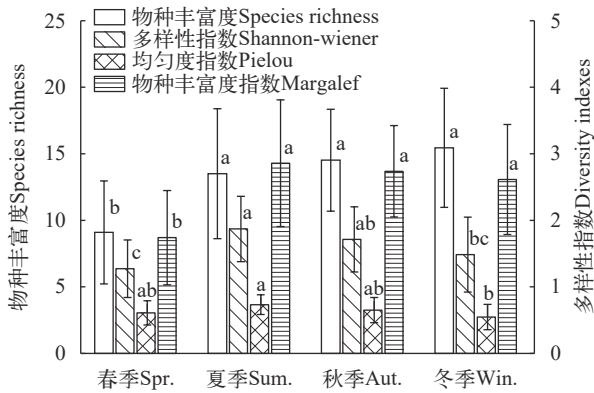


图5 2020—2021年鄱阳湖鱼类四季多样性比较

Fig. 5 Comparison of fish diversity in four seasons in Poyang Lake from 2020 to 2021

古鲮、鳊、鲂、鲴和红鳍原鲂<sup>[3]</sup>。1997—1999年鄱阳湖监测资料表明,当时湖区渔获物主要由较大型鱼类组成,鲤、鲫占比达27.2%—41.0%,青鱼、草鱼、鲢、鳙“四大家鱼”占比10.0%—15.0%,另鳊、黄颡鱼、鳊、洄游型刀鲚和银鱼等渔获物比例较高<sup>[6]</sup>。本研究中优势种主要为小型鱼类,在一定程度上体现了鱼类资源呈现小型化的现象。在全面禁捕实行后,鄱阳湖鱼类优势种组成变化值得持续关注。

### 3.2 鱼类群落时空分布

NMDS排序图显示根据物种组成状况,鄱阳湖可分为通江水道和主湖区两个类群(图4),方差分析结果表明通江水道的鱼类丰度显著低于主湖区,但其多样性显著高于主湖区(表3)。通江水道是长江和鄱阳湖之间物质、能量和生物交流的重要通道,可看作一个生态交错带(Ecotone),而生态交错带往往具有较高的生物多样性<sup>[32, 33]</sup>。本研究印证

了生态交错带这一特征。生态交错带高度的时空异质性对维持泛滥平原生物多样性具有重要意义<sup>[34]</sup>,其生态功能不容忽视,在管理中应注意维护其水文连通性。通江水道杂食性和浮游生物食性鱼类比例低于主湖区(主要因为通江水道杂食性的贝氏鲮、兴凯鲮和浮游生物食性的似鳊较少),通江水道上层鱼类比例低于主湖区(主要因为通江水道贝氏鲮和似鳊等上层鱼类较少;表4)。这可能与物理生境特征相关。根据岸线特征、水面延展性和湖底高程值等物理生境特征将鄱阳湖通江水道和主湖区划分为不同生境类群<sup>[7]</sup>,鄱阳湖通江水道湖岸多为岩壁,水面狭长,底质多为沙质,而主湖区地势低平,水面宽阔,底质多为河流冲积物<sup>[3]</sup>。通江水道水面窄、流速较大,不利于浮游生物食性鱼类和上层鱼类摄食与运动,这在一定程度上可以解释不同生境鱼类群落组成的差异。

泛滥平原的通江湖泊中的鱼类季节变动与洪泛周期有关<sup>[35]</sup>,本研究结果表明夏季的总丰度和总生物量最低,冬季最高,冬季的总丰度和总生物量分别是夏季的5.57倍和3.95倍。单因素方差分析结果表明,冬季丰度显著大于春季和夏季( $P < 0.05$ )。在本次调查中最大水位差达到13.4 m,洪水期湖泊面积可达枯水期的4倍<sup>[36]</sup>,则洪、枯水期湖泊蓄水量差异更大,这必定使得鱼类相对密度在不同水位期产生巨大差异。与丰度和生物量的季节差异相反,夏季的Margalef物种丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数均显著高于冬季。长江鱼类随着洪水脉冲进入通江湖泊,有可能致使夏季洪水期鱼类多样性增高<sup>[37]</sup>,这一现象

表4 2020—2021年鄱阳湖及其两个区域鱼类的不同生态类型的种类数、丰度百分比和生物量百分比

Tab. 4 Ecological guilds of fish species in Poyang Lake and the two regions from 2020 to 2021, showing the number of species, %Ni, %Wi

生态类型 Ecological guild	生态习性 Life habit	全湖The whole lake			区域Regions	
		种类数 Number of species	丰度百分比 %Ni	生物量百分比 %Wi	通江水道丰度百分比 %Ni in the channel	主湖区丰度占比 %Ni in the main lake
生态习性 Life habit	河流型R	8	1.66	2.51	5.46	1.34
	湖泊定居型L	31	15.96	28.74	36.76	14.18
	江湖洄游型RL	15	82.05	66.93	57.39	84.17
	江海洄游型RS	3	0.32	1.82	0.39	0.31
摄食类型 Feeding habit	草食性H	4	2.43	11.61	4.63	2.24
	浮游生物食性P	5	11.67	22.95	6.11	12.14
	肉食性C	27	29.63	29.88	46.40	28.19
	杂食性O	21	56.28	35.56	42.87	57.43
生活水层 Habitat characteristic	上层UL	19	73.00	64.21	47.75	75.16
	下层LL	17	15.76	21.60	31.49	14.41
	底层DM	21	11.24	14.20	20.76	10.43



在长江另一通江湖泊洞庭湖<sup>[37]</sup>及国外其他泛滥平原通江湖泊<sup>[38,39]</sup>中均有发现。

#### 4 结论

本研究阐明了鄱阳湖禁捕初期的鱼类资源状况, 为全面评估鄱阳湖禁捕的生态效果提供了基础数据。本研究结果表明鄱阳湖中江湖洄游型鱼类、江海洄游型鱼类和河流型鱼类物种数占很高的比例, 分别有15种、3种和8种, 进入湖泊产卵的鱼类不仅在湖区内产卵, 还可能进入湖泊支流中产卵<sup>[40]</sup>, 因此同时维持鄱阳湖湖区与长江的水文连通及鄱阳湖湖区与其支流的水文连通对维持鱼类多样性有至关重要的作用。洪水期的水文连通可能会增高鱼类多样性, 因此, 在水情管理中, 除了注重鱼类繁殖期的水文连通, 也应注重洪水期的水文连通。2021年全面禁捕后鄱阳湖鱼类群落的演替方向和速度, 有待长期持续开展生态监测来揭晓。

#### 致谢:

感谢江西省农业农村厅及鄱阳湖周边相关县市的渔政同志及渔民在鱼类监测过程中提供的帮助, 辛未女士在实验室和项目管理方面提供的支撑!

#### 参考文献:

- [1] Wang H Z, Liu X Q, Wang H J. The Yangtze River-floodplain ecosystem: multiple threats and holistic conservation [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(S1): 157-182. [王洪铸, 刘学勤, 王海军. 长江河流-泛滥平原生态系统面临的威胁与整体保护对策 [J]. *水生生物学报*, 2019, **43**(S1): 157-182.]
- [2] Liu X, Qin J, Xu Y, *et al.* Biodiversity pattern of fish assemblages in Poyang Lake Basin: threat and conservation [J]. *Ecology and Evolution*, 2019, **9**(20): 11672-11683.
- [3] Guo Z Z, Zou D L, Liu R L, *et al.* Investigation report on fishes in Poyang Lake (one of the investigation reports on wildlife resources in Jiangxi) [J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 1964: 121-130. [郭治之, 鄒多祿, 刘瑞蘭, 等. 鄱阳湖鱼类调查报告(江西野生动物资源调查报告之一) [J]. *南昌大学学报(理科版)*, 1964: 121-130.]
- [4] Zhang T L, Li Z J. Fish resources and fishery utilization of Lake Poyang [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007(4): 434-444. [张堂林, 李钟杰. 鄱阳湖鱼类资源及渔业利用 [J]. *湖泊科学*, 2007(4): 434-444.]
- [5] Jiang X L, Li M Z, Yang S R, *et al.* Temporal variation of fish metacommunity structure in Poyang Lake [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, **31**(3): 588-601. [蒋祥龙, 黎明政, 杨少荣, 等. 鄱阳湖鱼类集合群落结构特征及其时间变化研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2022, **31**(3): 588-601.]
- [6] Qian X E, Huang C G, Wang Y M, *et al.* The status quo of fishery resources of Poyang Lake and its environmental monitoring [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(6): 612-617. [钱新娥, 黄春根, 王亚民, 等. 鄱阳湖渔业资源现状及其环境监测 [J]. *水生生物学报*, 2002, **26**(6): 612-617.]
- [7] Li J H, Lin P C, Li M Z, *et al.* Physical habitat characteristics of Poyang Lake and their influence on fish community structure [J]. *Journal of Hydroecology*, 2021, **42**(5): 95-102. [李敬鸿, 林鹏程, 黎明政, 等. 鄱阳湖物理生境特征及其对鱼类群落结构的影响 [J]. *水生态学杂志*, 2021, **42**(5): 95-102.]
- [8] Wang S, Duan X B, Chen W J, *et al.* Status and changes of fish resources in the Hukou area of Poyang Lake [J]. *Freshwater Fisheries*, 2016, **46**(6): 50-55. [王生, 段辛斌, 陈文静, 等. 鄱阳湖湖口鱼类资源现状调查 [J]. *淡水渔业*, 2016, **46**(6): 50-55.]
- [9] Zhu Q G. Study on variation of fish community structure in Poyang Lake channel in summer and autumn and the otolith and growth of juvenile domestic Chinese carps [D]. Nanchang: Nanchang University, 2011: 10-23. [朱其广. 鄱阳湖通江水道鱼类夏秋季群落结构变化和四大家鱼幼鱼耳石与生长的研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2011: 10-23.]
- [10] Zhang C, Li M, Chang T, *et al.* The interaction processes of the fish assemblages between the Yangtze River and Poyang Lake, China [J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2021, **30**(4): 541-550.
- [11] Wu S H. Functional traits relationships of fish assemblages in sub-lakes of Poyang Lake floodplain [D]. Nanchang: Nanchang University, 2020: 12-32. [吴申浩. 鄱阳湖洪泛平原鱼类群落与功能多样性的联系 [D]. 南昌: 南昌大学, 2020: 12-32.]
- [12] Jin B S, Winemiller K O, Shao B, *et al.* Fish assemblage structure in relation to seasonal environmental variation in sub-lakes of the Poyang Lake floodplain, China [J]. *Fisheries Management and Ecology*, 2019, **26**(2): 131-140.
- [13] Yang S R, Li M Z, Zhu Q G, *et al.* Spatial and temporal variations of fish assemblages in Poyanghu Lake [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, **24**(1): 54-64. [杨少荣, 黎明政, 朱其广, 等. 鄱阳湖鱼类群落结构及其时空动态 [J]. *长江流域资源与环境*, 2015, **24**(1): 54-64.]
- [14] Wang Y, Molinos J G, Shi L, *et al.* Drivers and changes of the Poyang Lake wetland ecosystem [J]. *Wetlands*, 2019, **39**(1): 35-44.
- [15] Zeng S L, Lai G Y, Yang T. Relationship between water level and area based on water fluctuating in Poyang Lake [J]. *Journal of China Hydrology*, 2019, **39**(3): 46-51. [曾少龙, 赖格英, 杨涛. 从涨退水看鄱阳湖水位-湖面面积关系 [J]. *水文*, 2019, **39**(3): 46-51.]
- [16] Wang D. Study on the impact from inundation pattern on

- wetland plant growth in Poyang Lake [D]. Nanchang: Jiangxi Normal University, 2017: 20. [汪丹. 鄱阳湖淹水特征的变化及其对湿地植物生长的影响研究 [D]. 南昌: 江西师范大学, 2017: 20.]
- [17] Guo L G. Studies on fisheries ecology in a large eutrophic shallow lake, lake chaohu [D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2005: 70-72. [过龙根. 大型浅水富营养湖泊—巢湖的渔业生态学研究 [D]. 武汉: 中国科学院研究生院(水生生物研究所), 2005: 70-72.]
- [18] Hu M, Wang C, Liu Y, *et al.* Fish species composition, distribution and community structure in the lower reaches of Ganjiang River, Jiangxi, China [J]. *Scientific Reports*, 2019(9): 10100.
- [19] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988: 7-45.
- [20] Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1994: 141-165. [中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165]
- [21] Liang Z S, Zhou C S, Huang H N. Composition and seasonal changes of fishes in lake Wuhu connected with Changjiang River [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1981(5): 468-478. [梁秩燊, 周春生, 黄鹤年. 长江中游通江湖泊——五湖的鱼类组成及其季节变化 [J]. 海洋与湖沼, 1981(5): 468-478.]
- [22] Ni Y, Wu H L. Fishes of Jiangsu Province [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 81-890. [倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 81-890.]
- [23] Yuan C M, Qin A L, Liu R H, *et al.* On the classification of the anchovies, *Coilia*, from the lower Yangtze River and the southeast coast of China [J]. *Journal of Nanjing University (Natural Science)*, 1980(3): 67-82. [袁传宓, 秦安黔, 刘仁华, 等. 关于长江中下游及东南沿海各省的鲢属鱼类种下分类的探讨 [J]. 南京大学学报(自然科学版), 1980(3): 67-82.]
- [24] Jiang T, Liu H B, Xuan Z Y, *et al.* Classification of ecomorphotypes of *Coilia nasus* from the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2020, **32**(2): 518-527. [姜涛, 刘洪波, 轩中亚, 等. 长江中下游流域刀鲢(*Coilia nasus*)生态表型的划分 [J]. 湖泊科学, 2020, **32**(2): 518-527.]
- [25] Clarke K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1993, **18**(1): 117-143.
- [26] Oksanen J, Kindt R, Legendre P, *et al.* The vegan package [J]. *Community Ecology Package*, 2007, **10**(631-637): 719.
- [27] Qu X, Chen Y, Liu H, *et al.* A holistic assessment of water quality condition and spatiotemporal patterns in impounded lakes along the eastern route of China's South-to-North water diversion project [J]. *Water Research*, 2020(185): 116275.
- [28] Chen Y S, Qu X, Xiong F Y, *et al.* Challenges to saving China's freshwater biodiversity: fishery exploitation and landscape pressures [J]. *Ambio*, 2020, **49**(4): 926-938.
- [29] Que J L, Wang S. *Mugil cephalus* Found in Poyang Lake, China [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2022: 1-2. [阙蛟龙, 王生. 鄱阳湖发现鲮 [J]. 动物学杂志, 2022: 1-2.]
- [30] Ni Y, Zhu C D. Fishes of the Taihu Lake [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2005: 226. [倪勇, 朱成德. 太湖鱼类志 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 226.]
- [31] Xu D P. Study on fish community composition and biodiversity in lower reaches of Changjiang River [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010: 11-12 [徐东坡. 长江下游鱼类群落结构及物种多样性的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 11-12.]
- [32] Wang Q S, Wang X P, Luo J C, *et al.* Ecotones and biodiversity [J]. *Chinese Biodiversity*, 1997(2): 126-131. [王庆锁, 王襄平, 罗菊春, 等. 生态交错带与生物多样性 [J]. 生物多样性, 1997(2): 126-131.]
- [33] Zhu F M, An S Q, Guan B H, *et al.* A review of ecotone: concepts, attributes, theories and research advances [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, **27**(7): 3032-3042. [朱芬萌, 安树青, 关保华, 等. 生态交错带及其研究进展 [J]. 生态学报, 2007, **27**(7): 3032-3042.]
- [34] Ward J V, Tockner K, Schiemer F. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity1 [J]. *Regulated Rivers: Research & Management*, 1999, **15**(1-3): 125-139.
- [35] Röpke C P, Amadio S A, Winemiller K O, *et al.* Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon Rivers [J]. *Journal of Fish Biology*, 2016, **89**(1): 194-212.
- [36] Xie S Y, Kuang R Y, Song Z H. Variation characteristics of water area of poyang lake and its response to meteorological factors [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2022: 1-13. [谢诗怡, 况润元, 宋子豪. 鄱阳湖水域面积变化特征及对气象因素的响应 [J]. 中国农村水利水电, 2022: 1-13.]
- [37] Jiang Z G, Cao L, Zhang E. Spatio-temporal variations of fish assemblages in the Dongting Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(S1): 42-48. [蒋忠冠, 曹亮, 张鹏. 洞庭湖鱼类的群落结构及其时空动态 [J]. 水生生物学报, 2019, **43**(S1): 42-48.]
- [38] Hidayat H, Aisyah S, Kurniawan R, *et al.* Flood pulse and aquatic habitat dynamics of the sentarum floodplain lakes area [J]. *Indonesian Journal of Limnology*, 2021, **1**(1): 27-37.
- [39] Haryani G S, Hidayat, Samir O. Diversity of fish caught using gill nets in Lake Sentarum, West Kalimantan - Indonesia [J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, **535**(1): 012037.

- [40] Lu M J, Jiang T, Liu H B, *et al.* Existence of anadromous *Coilia nasus* in Xinjiang River of Jiangxi Province as determined by otolith microchemistry [J]. *Journal of Fisheries Sciences of China*, 2015, **22**(5): 978-985. [卢明杰, 姜涛, 刘洪波, 等. 信江发现溯河洄游型刀鲚的实证研究 [J]. *中国水产科学*, 2015, **22**(5): 978-985.]

## CHARACTERISTICS OF FISH ASSEMBLAGES OF POYANG LAKE AT THE INITIAL STAGE OF THE FISHING BAN

YANG Min<sup>1,2</sup>, SHENG Piao<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan-Ping<sup>3</sup>, GUO Long-Gen<sup>1</sup>, WANG Hai-Hua<sup>3</sup>,  
GAO Xiao-Ping<sup>4</sup> and CHEN Yu-Shun<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Fisheries Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330039, China; 4. Jiujiang Institute of Agricultural Sciences, Jiujiang 332005, China)

**Abstract:** To systematically investigate fish assemblages of Poyang Lake at the initial stage of the fishing ban, quantitative field investigation on fish communities from a total of 21 sampling sites was carried out in four consecutive seasons represented by April as spring, July as summer, October as autumn in 2020 and January as winter in 2021. A total of 57 fish species was collected throughout the study, which belonged to 8 orders, 12 families, and 43 genera. There were 4 dominant species, namely *Hemiculter bleekeri*, *Coilia brachygnathus*, *Saurogobio dabryi*, and *Pseudobrama simoni*. Migratory and riverine fish accounted for 45.61% of total species. The number of species with an average body weight of less than 20 g per individual represented 88.47% of the total catch. Non-metric multidimensional scaling based on fish abundance divided the samples into two spatial groups, the channel and the main lake of Poyang Lake. Fish abundance of sampling sites in the channel was significantly lower than that in the main lake, while fish diversity was higher in the channel. Fish abundance and biomass varied significantly in four seasons. Diversity during summer and autumn seasons which witnessed high water levels was found higher than those during spring and winter seasons which had low water levels. A new euryhaline fish species, *Mugil cephalus*, which has never been recorded in this area, was collected both at the channel (S20) and the main lake (S9) sites during the October sampling. This possibly reflected the fishing ban effects on reducing the fishing pressure and promoting the fish resource recovery and migration, and other potential human related factors. Longer term monitoring and tracking is needed. This study provided basic information for assessing the ecological effects of the fishing ban and references for developing fish resources conservation strategies in Poyang Lake.

**Key words:** The fishing ban in the Yangtze River; River-connected lake; Fish assemblage; Seasonal variation; Poyang Lake