

长江近口靖江段近岸鱼类群落多样性

朱宗波^{1,2}, 王银平², 蔺丹清², 刘思磊², 李佩杰², 刘凯^{1,2*}

(1. 水产科学国家级实验教学示范中心(上海海洋大学), 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: 为掌握长江近口靖江段鱼类群落特征及多样性水平, 于2017年在该江段布设4个调查样点, 进行4个频次的鱼类周年调查。结果显示: 共采集鱼类71种, 隶属于10目20科53属, 群落结构以小型鱼类(42种, 59.15%)占优, 优势类群依次为淡水定居性鱼类(物种数占比为71.83%)、杂食性鱼类(占比为49.30%)和底层鱼类(占比为42.25%)。春夏季、秋冬季鱼类群落结构相似性较高, 春夏季的物种数、渔获尾数和生物量均高于秋冬季; 各样点鱼类群落结构相似性则较低, 4号样点的渔获尾数和生物量均高于其他样点。分析表明: 水温和生境特征分别是影响长江靖江段鱼类群落多样性季节差异及空间差异的主要因素; 长江靖江段鱼类资源丰富, 群落多样性较高, 但群落结构呈现小型化特征。

关键词: 长江近口段; 生态类群; 群落多样性; 小型化

中图分类号: S931.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2021)04-0614-06

Species diversity of fish in Jingjiang section near the coast of the Yangtze River estuary

ZHU Zongbo^{1,2}, WANG Yinping², LIN Danqing², LIU Silei², LI Peijie², LIU Kai^{1,2}

(1. National Experimental Teaching and Demonstration Center for Aquatic Science (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Changjiang River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081)

Abstract: In order to study the characteristics and diversity level of the fish community in Jingjiang section near the coast of the Yangtze river estuary, fish community was surveyed quarterly in year 2017. 71 fish species, which belong to 10 orders, 20 families and 53 genera, were collected. Small fishes (42 species, 59.15%) were the dominant species. For ecological species, sedentary fish, omnivore fish and demersal fish were the main species, which account for 71.83%, 49.30% and 42.25% of the whole fish community, respectively. According to Jaccard's similarity index, fish community structure in spring and summer was similar to autumn and winter. Quantity and biomass were higher in spring-summer than that in autumn-winter. No significant difference were found in community structure similarity among sampling sites, the biomass and quantity of fish in site 4 were higher than those of the other sites. Water temperature and habitat characteristics are the main factors that influence fish diversity in the Jingjiang section of Yangtze River respectively. Fish resources are abundant in the Jingjiang section of Yangtze River, the community diversity is high, but the fish is miniaturized.

Key words: the coast of the Yangtze River estuary; ecological groups; community diversity; miniaturized

长江是中国第一大河, 起源于青藏高原的唐古拉山脉各拉丹冬峰西南侧, 并最终汇入东海^[1]。随着长江流域社会经济快速发展, 水域生态环境遭到严重扰动, 长江流域渔业资源急剧衰退, 渔业捕捞量大幅下降, 珍稀濒危物种程度加剧, 部分经济鱼

类资源趋于枯竭^[2]。大量曾经重要的经济渔获对象, 除了捕捞量急剧下滑, 种群结构也显著变化, 总体表现出小型化和低龄化的趋势^[3]。

长江口为太平洋西岸的第一大河口, 具有极其重要的生态和经济价值, 是最具生物多样性和生产

收稿日期: 2020-10-26

基金项目: 农业财政专项(CJDC-2017-22), 农业农村部物种资源保护项目(17200360)和三峡工程运行安全综合监测系统水生生物与渔业资源监测站(下游站)(2019-10-160)共同资助。

作者简介: 朱宗波, 硕士研究生。E-mail: 1107672113@qq.com

* 通信作者: 刘凯, 研究员。E-mail: liuk@ffrc.cn

力最为活跃的生态环境之一^[4]。长江靖江段位于长江近口段, 特殊的地理位置, 使之具备了优良的水域生态环境条件和丰富的水生生物资源^[5]。然而, 近年来, 长江下游的环境污染^[6]、长江资源开发^[7]以及过度捕捞^[7-8]等一系列的人类活动的频繁扰动, 在一定程度上影响鱼类的栖息和生长, 导致长江靖江段渔业资源同样面临着严重的威胁。因此, 本研究针对长江靖江段鱼类群落开展了周年调查, 以期掌握该江段鱼类群落多样性现状及时空变化, 为长江靖江段渔业资源保护和可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 查频次与样点设置

2017 年在长江靖江段设置 4 个调查样点, 分别于 5 月 (春季)、7 月 (夏季)、10 月 (秋季)、12 月 (冬季) 进行了 4 个频次鱼类资源周年调查, 调查样点位置如图 1 所示。

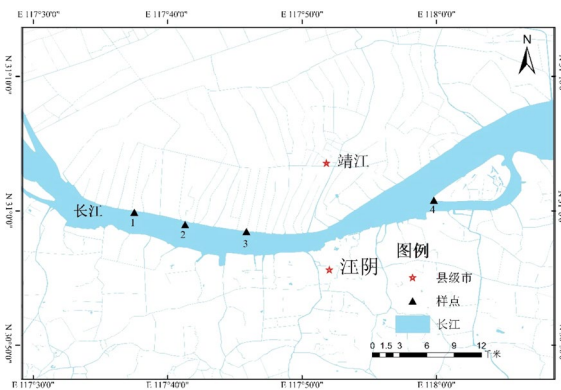


图 1 长江靖江段鱼类样点采集图

Figure 1 Fish sampling transects in the Jingjiang Section of Yangtze River

1.2 样本采集方式和样本处理

鱼类调查网具为插网 (网长 20 m, 网宽 10 m, 网目尺寸 1 cm) 和多目刺网 (网长 150 m, 网目从小到分别为 1.2 cm, 2 cm, 4 cm), 每月中下旬连续调查 5 d, 插网和多目刺网分别放置 24 h 和 12 h 后收集渔获物。所有渔获物依据相关文献鉴定到种^[9-10], 并进行生物学测定。

1.3 数据分析方法

1.3.1 生物多样性特征值 使用 Shannon-Wiener index (H)^[11], Margalef's index (D)^[12], Pielou's index (E)^[13]和 Simpson's index (C)^[14]进行分析评价。计算公式为:

$$H = -\sum P_i \ln(P_i) \quad (1)$$

$$D = (S-1)/\ln N \quad (2)$$

$$E = H/\ln S \quad (3)$$

$$C = 1 - \sum_{i=1}^s (-P_i)^2 \quad (4)$$

式中, P_i 为鱼类群落中第 i 种鱼类的个体数占所有鱼类总个体数的比例。 S 代表所有鱼类物种数, N 为鱼类总个体数。

Jaccard's 物种相似性指数:

$$I = \frac{j}{a+b-j} \quad (5)$$

a 为其中一次调查记录到的鱼物种数, b 为另一次调查记录到的鱼类物种数, j 为两次记录到的共有鱼类物种数。当 I 为 0~0.25 时, 为极不相似; 0.25~0.50 为中等不相似; 0.50~0.75 为中等相似; 0.75~1.00 为极相似^[15]。

1.3.2 生态优势度 使用相对重要性指数^[16] (index of relative importance, IRI) 描述群落生态优势度, 计算公式为:

$$IRI = (N+W) \times F \quad (6)$$

式中, IRI 为相对重要性指数, N 为第 i 种鱼的尾数占总尾数的百分比, W 为第 i 种鱼的质量占总质量的百分比, F 为第 i 种鱼出现次数占总调查样点的百分比。

$IRI \geq 1000$ 的种类为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 的为重要种, $10 \leq IRI < 100$ 的为常见种, $1 \leq IRI < 10$ 的为一般种, $IRI < 1$ 的为偶见种^[17]。

1.3.3 生态类群 按照鱼类的栖息环境和洄游方式, 长江靖江段鱼类可分为江海洄游型、江湖洄游型、淡水定居型和河口型 4 种类型^[18]; 参照鱼类食性文献资料和食性类型划分方法, 可分为肉食性、杂食性、植食性和滤食性 4 种类型^[9]; 根据鱼类空间分布差异划分为中上层、中下层和底层 3 种类型^[19]; 将初次性成熟小于 2 龄, 最大体长小于 24 cm 的鱼类划为小型鱼类。

2 结果与分析

2.1 长江靖江段鱼类群落组成

2.1.1 鱼类资源现状 调查期间共采集到鱼类 10 目 20 科 53 属 71 种。其中, 鲤科鱼类物种数最多, 共有 38 种, 占 53.52%; 其次为鲮科 8 种, 占 11.27%; 其余各科仅有 1~2 种, 共占 35.21%。小型鱼类为 42 种, 占 59.15%, 渔获尾数 4 624 尾, 占 59.50%。根据栖息类型、食性和空间分布差异划分鱼类群落生态类型, 优势类群依次为淡水定居性鱼类 (物种数占比为 71.83%)、杂食性鱼类 (占比为 49.30%) 和底层鱼类 (占比为 42.25%)。

表 1 长江靖江段鱼类资源物种组成、生态类型和相对重要性指数

Table 1 Species composition, ecological guilds of fish community and index of relative importance in the Jingjiang Section of the Yangtze Rsvier

物种	生态类型	IRI	物种	生态类型	IRI
鲱形目 <i>Clupeiformes</i>			鲈形目 <i>Perciformes</i>		
鳀科 <i>Engraulidae</i>			斗鱼科 <i>Belontiidae</i>		
刀鲚 <i>Coilia nasus</i> *	C/RS/U	1 391	圆尾斗鱼 <i>Macropodus ocellatus</i> *	O/SF/L	0
鲤形目 <i>Cypriniformes</i>			鲮科 <i>Serranidae</i>		
鲤科 <i>Cyprinidae</i>			中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	C/RS/U	1 710
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O/SF/D	363	大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i> Garman	C/SF/D	8
德国镜鲤 <i>Cyprinus carpio var. specularis</i> *	O/SF/L	1	鲮科 <i>Callionymidae</i>		
散鳞镜鲤 <i>Cyprinus carpio L. mirror</i>	O/SF/D	3	香鲮 <i>Callionymus olidus</i> *	C/RS/D	51
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	O/SF/D	8	沙塘鳢科 <i>Odontobutidae</i>		
鲫 <i>Carassius auratus</i>	F/SF/L	781	沙塘鳢 <i>Odontobutis obscurus</i> *	C/SF/D	16
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i> *	O/SF/D	40	小黄鲈 <i>Micropercops swinhonis</i> *	O/SF/L	11
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	H/SF/L	1 508	虾虎鱼科 <i>Gobiidae</i>		
达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	C/SF/L	3	子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i> *	C/RS/D	85
蒙古鲌 <i>Culter mongolicus</i>	C/SF/U	21	波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i> *	O/SF/D	3
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	C/SF/U	1 243	矛尾复虾虎鱼 <i>Synechogobius hasta</i> *	O/RS/D	15
鳊 <i>Hemiculter leucisculus</i> *	F/SF/U	4	须鳊虾虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i> *	C/RS/D	1
贝氏鳊 <i>Hemiculter bleekeri</i> *	F/SF/U	2 251	舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i> *	C/EF/D	11
草鱼 <i>Ctenopharyn godon idellus</i>	H/RL/L	742	月鳢科 <i>Channidae</i>		
赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	O/SF/U	107	乌鳢 <i>Channa argus</i>	C/SF/D	16
花鳢 <i>Hemibarbus maculatus</i> *	C/SF/L	0	鲇形目 <i>Siluriformes</i>		
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	F/RL/U	3 081	鲃科 <i>Bagridae</i>		
鳊 <i>Cirrhinus molitorella</i> *	O/SF/D	40	光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> *	O/SF/D	953
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> *	O/SF/U	110	黄颡鱼 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i> *	O/SF/D	19
高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i> *	F/SF/U	11	长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i> *	O/SF/D	2
鳊 <i>Pseudolaubuca sinensis</i> *	O/SF/U	224	江黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> *	O/SF/D	85
寡鳞鳊 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> *	O/SF/U	12	乌苏里拟鲃 <i>Pseudobagrus suriensis</i>	O/SF/D	1
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	C/RL/L	171	圆尾拟鲃 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	O/SF/D	6
黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i> *	O/SF/D	1	长吻鲃 <i>Leiocassis longirostris</i>	C/RL/D	41
蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i> *	O/SF/L	320	大鳍鲃 <i>Mystus macropterus</i>	O/SF/D	2
长蛇鲃 <i>Saurogobio dumerili</i> *	C/RS/D	79	鲃科 <i>Siluridae</i>		
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	C/RL/U	91	大口鲃 <i>Silurus meridionalis</i>	C/SF/D	14
福建小鳊 <i>M. fukiensis</i> *	O/SF/L	0	颌针鱼目 <i>Beloniformes</i>		
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i> *	F/SF/L	1 684	鱮科 <i>Hemirhamphidae</i>		
银鲃 <i>Squalidus argentatus</i> *	O/SF/L	139	间下鱮 <i>Hyporhamphus intermedius</i> *	C/RS/U	25
点纹银鲃 <i>Squalidus wolterstorffi</i> *	O/SF/L	2	鳗鲡目 <i>Anguilliformes</i>		
银鲃 <i>Xenocyp risargentea</i>	H/SF/L	307	鳗鲡科 <i>Anguillidae</i>		
黄尾鲃 <i>Xenocypris davidi</i>	H/SF/D	4	日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	O/RS/L	3
细鳞鲃 <i>Xenocypris microlepis</i>	O/SF/L	52	鲢形目 <i>Mugiliformes</i>		
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	F/RL/U	1 655	鲢科 <i>Mugilidae</i>		
斑条鲃 <i>Acheilognathus taenianalis</i> *	F/SF/U	2	鳊 <i>Liza haematocheila</i>	O/EF/D	7
彩鲃 <i>Acheilognathus imberbis</i> *	F/SF/U	0	鲢 <i>Mugil cephalus</i>	O/EF/L	7
兴凯鲃 <i>Acheilognathus chankaensis</i> *	F/SF/U	46	胡瓜鱼目 <i>Osmeriformes</i>		
红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	C/SF/U	30	银鱼科 <i>Salangidae</i>		
鲃科 <i>Cobitidae</i>			大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i> Abbott*	C/SF/U	56
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> *	O/SF/D	86	陈氏短吻银鱼 <i>Salangichthys tangkahkeii</i> *	C/SF/U	3
胭脂鱼科 <i>Catostomidae</i>			鲮形目 <i>Pleuronectiformes</i>		
胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i> *	O/SF/L	6	舌鲮科 <i>Cynoglossidae</i>		
鲢形目 <i>Tetraodontiformes</i>			窄体舌鲮 <i>Cynoglossus gracilis</i> *	O/EF/D	204
鲢科 <i>Tetraodontidae</i>			紫斑舌鲮 <i>Cynoglossus purpureomaculatus</i> *	O/EF/D	1
暗纹东方鲃 <i>Takifugu obscurus</i> *	O/RS/L	6			

注: * 小型鱼类; 杂食性(O); 滤食性(F); 植食性(H); 肉食性(C); 中上层(U); 中下层(L); 底层(D); 江湖洄游性(RL); 淡水定居性(SF); 江海洄游性(RS); 河口性(EF)。

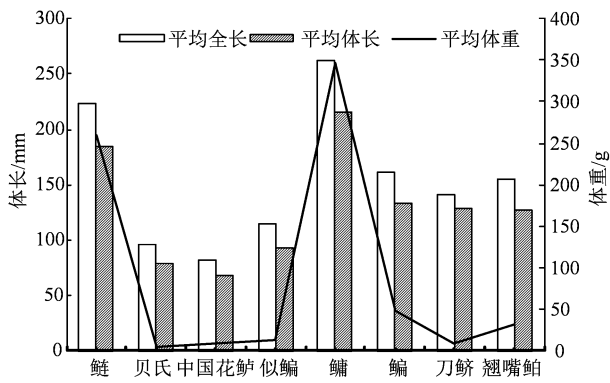


图 2 长江靖江段鱼类群落优势种的形态学特征

Figure 2 Morphological characteristics of dominant species of fish community in the Jingjiang Section of Yangtze River

2.1.2 优势种 鱼类群落中共出现 8 种优势种, 分别为翘嘴鲌、刀鲚、鳊、鳙、似鳊、中国花鲈、贝氏鳊和鲢(表 1), 除鲢(258.45 g)和鳙(347.25 g)之外, 其平均体重均低于 50 g, 其中贝氏鳊(5.60 g)最低(图 2)。

2.1.3 生物量及渔获尾数的时空变化 本次调查共采集鱼类 7 773 尾、210.39 kg, 就时空特征而言, 4 号样点的渔获尾数和生物量均高于其他样点(2 137 尾、91.00 kg), 1 号样点均低于其他样点(1 569 尾、27.65 kg); 夏季的渔获尾数和生物量均高于其他季

节(2 768 尾、65.75 kg), 冬季渔获尾数最低(2 610 尾)、春季渔获生物量最低(47.35 kg)(图 3)。

2.1.4 渔获规格的时空变化 统计汇总所有渔获物, 体重<50 g、50~500 g 以及>500 g 的鱼类物种数分别为 71 种、33 种和 8 种; 汇总统计抽样生物学测定的渔获物, 个体重量<50 g、50~500 g 以及>500 g 的渔获尾数占总渔获尾数的比例分别为 92.94%、6.14%和 0.94%。

就时空特征而言, 大规格鱼类(>500 g)的物种数夏季(6 种)高于其他季节, 个体数则为秋季(29 尾)最多、冬季(10 尾)最少; 小型鱼类及幼鱼(<50 g)的物种数及个体数均为夏季(32 种, 2 656 尾)最多、冬季(35 种、83 尾)最少; 3 号样点的小型鱼类及幼鱼(<50 g)的物种数及个体数均高于其他样点(55 种, 2 013 尾); 4 号样点的中型规格鱼类(50~500 g)的物种数及个体数均高于其他样点(23 种, 224 尾); 大规格鱼类(>500 g)的个体数在 4 号样点最多(35 尾), 但其物种数跟其他样点近似相等(约为 5 种)(图 4, 图 5)。

利用 SPSS 中 One-way ANOVA 计算 3 种规格之间的差异性, 其物种数及渔获尾数均具有极显著性差异($P<0.01$)。

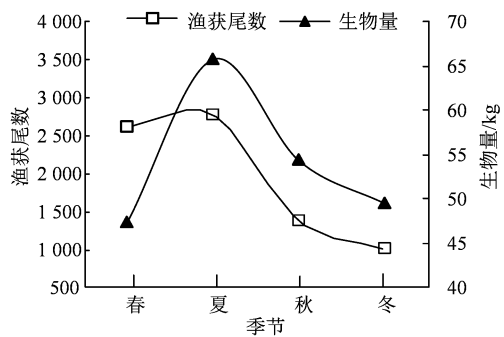
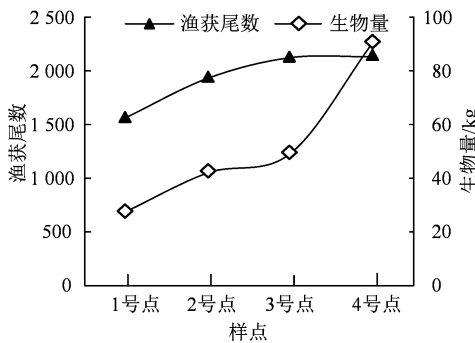


图 3 长江靖江段渔获尾数及生物量时空特征

Figure 3 The spatiotemporal characteristics of variations in biomass and abundance of fish in the Jingjiang section of Yangtze River

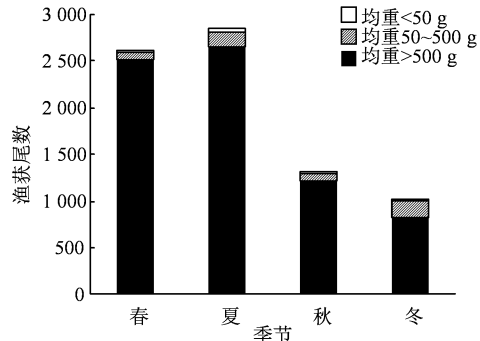
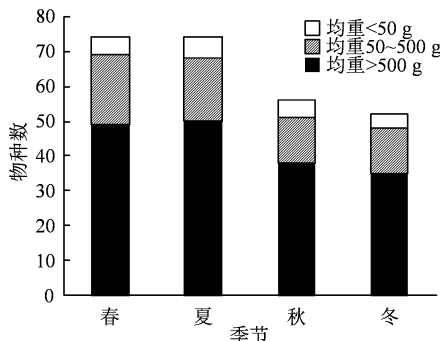


图 4 长江靖江段鱼类规格的时间特征

Figure 4 Time variations of catch specification in the Jingjiang Section of Yangtze River

2.2 多样性特征值及时空特征 样本总量的 Shannon 指数(H)为 2.870, Margalef

丰富度指数(D)为 7.814, Simpson 指数(C)为 0.911, Evenness 均匀度指数(E)为 0.673。就时间

特征而言, Shannon 指数 (H) (2.787) 和 Simpson 指数(C)(0.908)均在夏季最高,春季次之; Margalef 丰富度指数 (D) 春季最高 (6.991), 冬季最低 (5.057); Evenness 均匀度指数 (E) 在冬季最高 (0.736)。秋季的 Shannon 指数 (H)、Simpson 指

数 (C) 以及 Evenness 均匀度指数(E)均为四季中最低;就空间特征而言,4 号样点的 Shannon 指数(H)、Simpson 指数 (C) 以及 Evenness 均匀度指数 (E) 均高于其他样点,但其 Margalef 丰富度指数 (D) 均低于其他 3 个样点 (6.000) (图 6)。

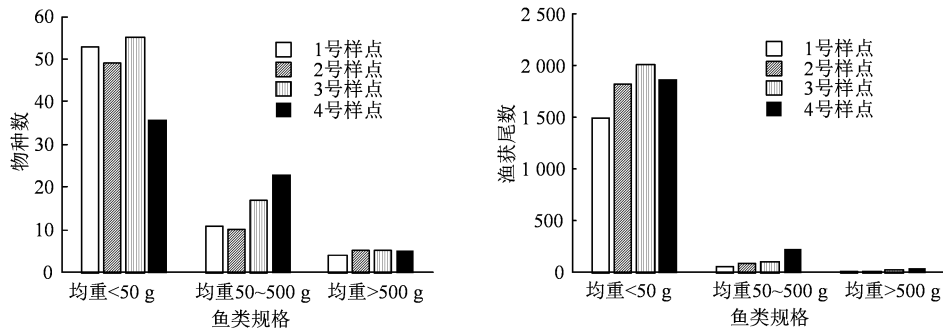


图 5 长江靖江段鱼类规格的空间特征

Figure 5 Space variations of catch specification in the Jingjiang Section of Yangtze River

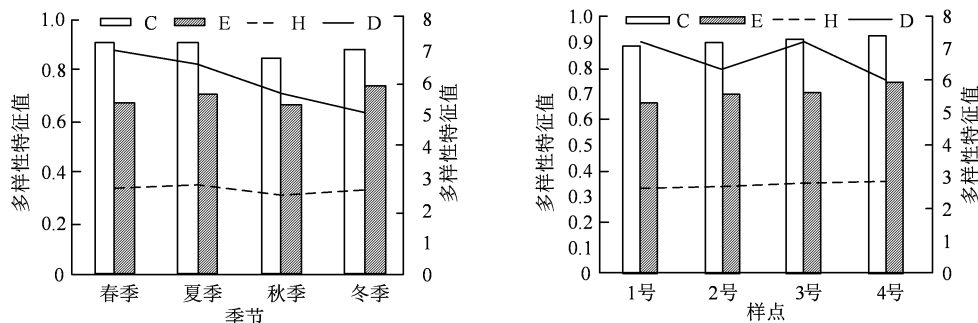


图 6 长江靖江段鱼类多样性特征值的时空变化

Figure 6 The spatiotemporal characteristics of fish diversity in the Jingjiang Section of Yangtze River

表 2 长江靖江段鱼类群落结构相似性

Table 2 Structural similarity of fish communities in the Jingjiang Section of Yangtze River

Jaccard's 相似性指数	春	夏	秋
夏	0.677		
秋	0.607	0.492	
冬	0.525	0.508	0.733
Jaccard's 相似性指数	1 号点	2 号点	3 号点
2 号点	0.635		
3 号点	0.554	0.655	
4 号点	0.692	0.667	0.689

2.3 群落相似性及时空特征

Jaccard's 相似性指数显示, 在时间特征中, 秋冬季的相似性最高 (0.733), 春夏季次之 (0.677), 夏秋季的相似性最小 (0.508)。在空间特征中, 四个样点之间的相似性较小 (0.5~0.75), 1 号点和 4 号点的相似性最高 (0.692), 1 号点和 3 号点的相似性最小 (0.554) (表 4)。

3 讨论和结论

3.1 长江靖江段鱼类群落现状

长江靖江段位于长江近口段, 处于河口区上缘

和长江下游的下缘的交汇区域, 每天有两涨两落的不规则半日潮^[20-21], 其特殊的地理位置和环境条件, 使长江靖江段的浮动动物、浮游植物和底栖动物等天然饵料资源极为丰富, 为水生生物提供了良好的发育、生长和繁殖的场所^[6]。本次鱼类调查共采集鱼类 71 种, 远高于长江下游中的安徽芜湖段 (54 种)^[22]和江苏镇江段 (34 种)^[23], 同样也高于该江段的历史调查结果 (55 种)^[24], 这与该江段洄游性鱼类和河口性鱼类的物种数相比多于长江下游其他江段^[25]有关。就鱼类群落组成而言, 大规模经济鱼类数量减少, 四大家鱼渔获数量比例仅为 7%, 与以往调查研究类似^[20,26]; 杂食性鱼类和小型鱼类(贝氏餐等)为主要种优势种, 刀鲚和中国花鲈为洄游性物种中的优势种, 其中中国花鲈生态优势度显著高于长江下游其他江段^[27], 已有研究表明中国花鲈偏好河口咸淡水区域^[28], 这可能是其在长江靖江段呈相对集中分布的主要原因。就渔获规格而言, 与长江安庆段^[29] (平均规格<50 g, 45.65%) 相比, 长江靖江段鱼类群落小型化 (平均规格<50 g, 92.5%) 特征更加明显, 这可能是栖息地特征和捕

捞因素共同作用所致。一方面, 该江段邻近长江口, 群落组成中河口性鱼类较多, 规格相对偏小; 另一方面, 该江段捕捞压力及其他人类胁迫更为显著, 受此影响, 规格较大、营养级较高的捕食者将持续减少, 并使群落组成向个体较小、营养层次较低的物种转变^[30]。自然水域中小型鱼类增多会占据其他鱼类生态位从而加剧鱼类群落的不稳定性, 从而进一步导致鱼类群落结构趋向小型化和单一化^[31]。

3.2 长江靖江段鱼类群落的时空特征

长江靖江段近岸鱼类群落表现出明显的季节特征, 春、夏季渔获物种数和渔获尾数均显著高于秋冬季, 群落多样性特征值也高于秋冬季。春季是大多数鱼类的繁殖季节, 随着水温升高, 鱼类活动及摄食行为加强, 且鱼类以剩余群体为主, 群落多样性水平较高; 进入夏季, 随着幼鱼生长发育并被捕获, 渔获尾数大幅增加, 群落优势度向少数优势物种集中^[32], 导致群落多样性区域下降; 秋冬季以后, 随着水温大幅降低, 鱼类向深水区越冬, 活动强度显著下降, 被捕获的概率也明显降低^[24,33]。这表明群落多样性的季节差异主要来自于水温变化及其引起的鱼类生活史周期变化。相比而言, 该群落的空间差异主要来自于调查样点的生境差异, 本研究中 4 号样点位于江心洲浅滩水域, 1—3 号样点均位于河道近岸水域, 江中浅滩紧邻长江深水区, 水生植被较少, 鱼类群落中大规格鱼类相对较多。调查结果也表明, 4 号样点渔获尾数、生物量和中大规格鱼类的渔获尾数均高于其他样点, 多样性水平总体也高于其他样点。但由于小型鱼类相对较少, 4 号样点的物种数少于其他样点, 因此其丰富度指数(D)相比低于其他样点。其他 3 个样点生境条件相似, 上述指标则相对接近。

参考文献:

- [1] 曹文宣. 长江鱼类资源的现状与保护对策[J]. 江西水产科技, 2011(2): 1-4.
- [2] 沈雪达, 杨正勇. 我国长江禁渔期制度实施效果分析与对策研究[J]. 改革与战略, 2008, 24(10): 36-38.
- [3] 陈大庆. 长江渔业资源现状与增殖保护对策[J]. 中国水产, 2003(3): 17-19.
- [4] KOHN A J, Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, New York, viii + 165 p. \$14.95[J]. Limnol Oceanogr, 1977, 22(1): 174.
- [5] NUTTLE W. Estuarine science: a synthetic approach to research and practice[J]. Eos Trans Am Geophys Union, 2001, 82(1): 4.
- [6] 中国水产科学研究院. 长江下游靖江段鱼类栖息地人工修复取得初步成效[J]. 中国水产, 2017(9): 43.
- [7] 孙莎莎, 唐文乔, 郭弘艺, 等. 靖江沿岸秋季鱼类群聚的组成特点及其丰度生物量变化[J]. 生物多样性, 2013, 21(6): 688-698.
- [8] 刘晓霞, 周天舒, 唐文乔. 长江近口段沿岸 4 种珍稀、重要鱼类的资源动态[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(4): 552-559.
- [9] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- [10] 倪勇, 朱成德. 太湖鱼类志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [11] SHANNON C E, WEAVER W, The mathematical theory of communication[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [12] MARGALEF D R. Information theory in ecology[J]. Gen Sy st, 1957,32:374-559.
- [13] PIELOU C, LEVANDOWSKY M. Ecological diversity[J]. Q Rev Biol, 1975,2(51):336-340.
- [14] 陈国宝, 李永振, 陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2007,15(4):373-381.
- [15] 李博. 普通生态学[M]. 2 版. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1993.
- [16] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Fish bulletin 152. food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[M]. Oakland: California Department of Fish and Game, Fishery Bulletin 152, 1970.
- [17] 陈宜瑜. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [18] 董婧, 刘海映, 许传才, 等. 黄海北部近岸鱼类的群落结构[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(2): 132-137.
- [19] 茹辉军, 王海军, 赵伟华, 等. 黄河干流鱼类群落特征及其历史变化[J]. 生物多样性, 2010, 18(2): 169-176.
- [20] 程兴华, 唐文乔, 郭弘艺, 等. 长江靖江段沿岸似鳊的时间格局及生长特征[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(1): 97-104.
- [21] 王云涛, 张远, 高欣, 等. 太子河流域不同生态区鱼类群落分布与环境因子的关联性[J]. 环境科学研究, 2016, 29(2): 192-201.
- [22] 邓朝阳, 朱仁, 严云志. 长江芜湖江段鱼类多样性及其群落结构的时空格局[J]. 淡水渔业, 2013, 43(1): 28-36.
- [23] 朱孝锋, 包乐天. 镇江长江豚类保护区渔业资源调查[J]. 农业装备技术, 2015, 41(1): 40-42.
- [24] 刘凯, 段金荣, 徐东坡, 等. 长江下游近岸渔业群落多样性时空特征[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 654-662.
- [25] 严云志, 郭丽丽, 李国龙. 长江铜陵段老洲水域鱼类资源的初步调查研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2006, 29(6): 575-578.
- [26] 孙莎莎. 最近 10 年长江靖江沿岸鱼类群聚特征的时间格局研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.
- [27] 吴金明, 赵海涛, 苗志国, 等. 赤水河鱼类资源的现状与保护[J]. 生物多样性, 2010, 18(2): 162-172.
- [28] 陈大刚, 高天翔, 曾晓起, 等. 莱州群体花鲈渔业生物学特征的研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(4): 81-86.
- [29] 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[J]. 湖泊科学, 2006, 18(6): 670-676.
- [30] PAULY D. Fishing down marine food webs[J]. Science, 1998, 279(5352): 860-863.
- [31] ROCHET M J, TRENKEL V M. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2003, 60(1): 86-99.
- [32] 常国芳, 黄良敏, 李军, 等. 福建九龙江河口区定置网渔业的鱼类群落结构研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 295-305.
- [33] 肖协文, 王玉玉, 张欢, 等. 饶河枯水期主要鱼类营养级位置及其影响因素[J]. 生态学报, 2015, 35(18): 6216-6223.