

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2020.19118

淮河江苏段鱼类群落结构特征

刘燕山^{1,2}, 唐晟凯^{1,2}, 李大命^{1,2}, 谷先坤^{1,2}, 朱滨清^{1,2}, 毛国庆³, 张彤晴^{1,2}

1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017;
2. 江苏省内陆水域渔业资源重点实验室, 江苏 南京 210017;
3. 金湖县水产技术推广站, 江苏 淮安 211600

摘要: 根据 2016—2018 年的调查数据, 对淮河江苏段鱼类群落结构和多样性进行了研究。共调查到鱼类 56 种, 隶属于 7 目 14 科 42 属, 其中鲤形目鱼类最多, 占总种类数的 66.07%。刀鲚(*Coilia nasus*)、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)、大鳍鲮(*Acheilognathus macropterus*)和兴凯鲮(*Acheilognathus chankaensis*)分别为冬季、夏季、秋季和春季的第一优势种。刺网和地笼的年 CPUE 均值分别为(1190.15±220.28) g/(net·d)和(74.87±12.96) g/(net·d)。Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 种类丰富度指数和 Pielou 均匀度指数分别为 2.88~3.85、2.75~4.74 和 0.74~0.81。丰度/生物量曲线表明, 冬季、夏季和秋季鱼类群落处于中度干扰状态, 春季群落处于严重干扰状态。聚类分析结果表明, 各季节淮河江苏段不同区域的鱼类群落相似性均低于 57.02%。SIMPER 相似性百分比分析结果也表明, 盱眙断面和金湖断面不同季节的鱼类群落组成平均相似性仅为 41.85%和 36.23%, 而盱眙断面和金湖断面平均相异性达到了 71.21%。

关键词: 鱼类群落结构; 鱼类多样性; 淮河江苏段

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2020)02-0224-12

淮河发源于河南省桐柏山, 是中国七大河流之一, 流域面积 26.9 万 km², 其干流向东流经河南、湖北、安徽和江苏四省, 长 1078 km, 为中国东部亚热带气候和暖温带气候的天然分界线; 它在江苏省中部注入洪泽湖, 经洪泽湖调蓄后, 主流经入江水道至扬州三江营注入长江^[1-4]。作为江苏省内陆的重要水域, 淮河江苏段的渔业资源十分丰富。然而近年来, 无序捕捞、修坝建闸、水域生态环境恶化等严重影响了淮河流域渔业资源的群落结构^[5-7]。

通过查阅资料发现, 对淮河流域鱼类群落的调查研究多集中在中、上游^[3, 7-9], 对洪泽湖水域的研究亦较多^[10-13], 然而关于淮河干流江苏段的研究却鲜有报道。为此, 本研究于 2016 年底至 2018 年对淮河江苏段两个断面(盱眙和金湖)的鱼

类群落和主要环境因子进行了调查, 分析了该河段的鱼类群落结构组成、群落稳定性和生物多样性等, 并探讨其原因, 旨在了解该河段的鱼类群落结构特征, 为该河段渔业资源的管理提供数据支撑和理论基础, 以利于其渔业资源的保护和合理利用。

1 材料与方法

1.1 采样点设置与调查方法

淮河干流由安徽省与江苏省交界处红山头进入江苏境内, 经盱眙县流入洪泽湖, 再由洪泽湖出口处中渡流出至入江水道, 途经金湖县至高邮湖, 最终注入长江。盱眙县和金湖县是淮河江苏段流经的两个非常重要的地区, 故在盱眙和金湖设置两个采样断面(图 1)。每个断面设置 3 个采样

收稿日期: 2019-05-08; 修订日期: 2019-07-05.

基金项目: 江苏省水生生物资源重大专项(ZYHB16-3); 江苏省级单位涉渔项目—渔业生态监测(2019-SJ-018-2).

作者简介: 刘燕山(1988-), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为渔业资源. E-mail: liuyanshan613@sina.com

通信作者: 张彤晴, 研究员. E-mail: zhtq3@126.com

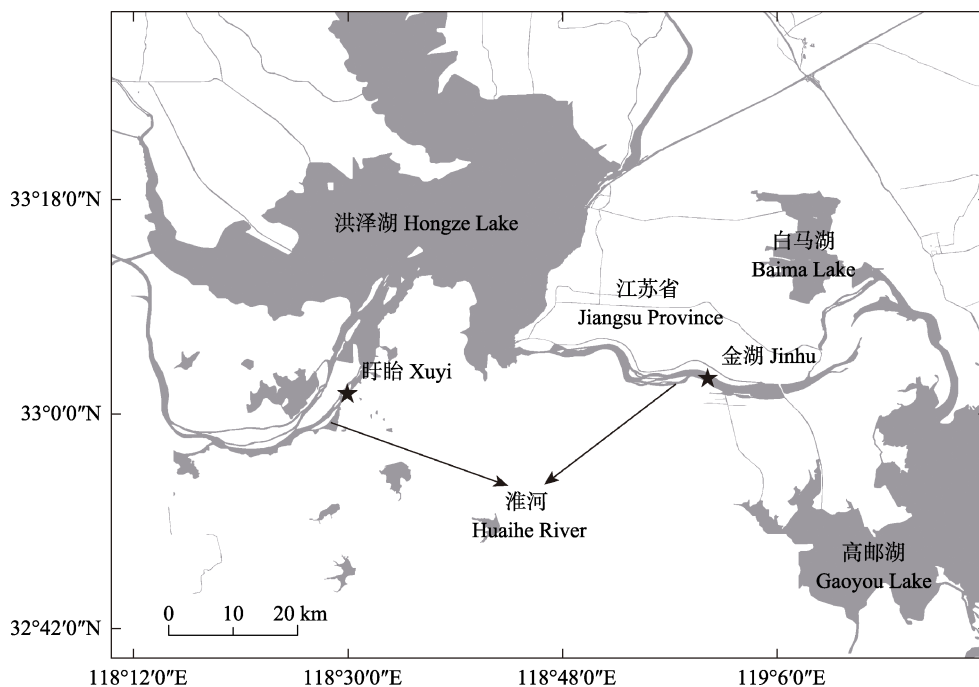


图1 淮河江苏段鱼类调查站位

Fig. 1 Sampling stations for the survey of the fishes in Jiangsu reach of Huaihe River

点, 每个样点均设置一条多目复合刺网(以下简称刺网)和一条地笼。

2016年12月(冬)、2017年7月(夏)和10月(秋)以及2018年4月(春), 使用刺网和地笼采集鱼类样本。刺网规格: 全长125 m, 网高1.5 m, 分6种网目, 其中有1 cm、2 cm网目各15 m, 3 cm、4 cm、7 cm、10.5 cm网目分别为20 m。地笼规格: 中间部分为25个30 cm×35 cm的钢筋框, 两端各为4个直径为26.5 cm的钢筋圈, 钢筋框间距为30 cm, 钢筋圈间距为17 cm, 进鱼口纵深22 cm, 网目规格9 mm, 全长10 m。刺网放置12 h(约为19:00至次日7:00), 地笼放置时间为3 d(放网收网时间均为早上8:00~10:00)。在实验室内对所采集的渔获物进行鉴定分类, 并对样品进行计数、称体重(电子秤精确到0.1 g)和测量体长(精确到0.01 cm)。采集鱼类的同时, 利用多参数水质检测仪(哈希HQ40D)监测水温(temperature)、溶解氧(dissolved oxygen)和pH等环境因子。鱼类的学名及分类地位以《江苏鱼类志》^[14]为主要依据。

为全面调查鱼类种类, 于2018年7—11月以走访采样点附近的渔船码头、跟随采样点附近的捕捞渔船等方式进行现场补充调查, 如发现之前

未发现种类, 现场回购带回实验室鉴定和分析。

1.2 数据处理与分析

将每条刺网和地笼的渔获物作为一个样本来进行数据分析, 分析前对原始数据进行标准化处理, 用每天每网笼的渔获量[g/(net·d)]来表示刺网和地笼的单位捕捞努力量。采用Shannon-Wiener多样性指数(H)^[15]、Margalef种类丰富度指数(d)^[16]、Pielou均匀度指数(J)^[17]以及Pinkas相对重要性指数(IRI)^[18]对鱼类数据进行分析。各指数的计算公式如下:

$$\text{多样性指数: } H = -\sum_{i=1}^S P_i \times \log_2 P_i$$

$$\text{丰富度指数: } d = (S-1)/\log_2 N$$

$$\text{均匀性指数: } J = H/\log_2 S$$

$$\text{相对重要性指数(IRI): } \text{IRI} = (N\% + W\%) \times F\%$$

式中, S 为鱼类种类数, N 为总个体数, P_i 表示第 i 种鱼的生物量占总生物量的百分比, $N\%$ 为某一种鱼的尾数占总尾数的百分比, $W\%$ 为某一种鱼的生物量占总生物量的百分比, $F\%$ 为某一种鱼出现的站位数占总站位数的百分比。定义 $\text{IRI} > 1000$ 的种类为优势种, $100 \leq \text{IRI} < 1000$ 的种类为重要种, 优势种和重要种统称主要种^[19]。

利用ABC (abundance-biomass comparison)曲

线和 W 统计(W -statistic)描述群落稳定性以及生物量/丰度的优势地位^[20]。以各季节不同断面鱼类的生物量为原始矩阵,进行平方根转换以后,利用等级聚类(CLUSTER)和非度量多维尺度排序(NMDS)分析各季节不同断面鱼类的组成特征。应用 SIMPER 相似性百分比分析游泳动物对站位组内相似性和组间差异性的贡献率,将贡献率 3% 以上的游泳动物定为主要特征种类^[21]。采用 Stress 系数检验 NMDS 结果的可信度: Stress<0.1 时结果具有较好的解释意义; 0.1≤Stress<0.2 时结果具有一定的解释意义; Stress≥0.2 时结果不具解释意义^[22]。利用 Bray-Curtis 相异性指标^[23]分析各调查频次间渔获种类资源量组成的差异,并作出不同站位相似度树状图。

使用 Excel 2010、SPSS 19.0 和 PRIMER 5.2 软件对相关数据进行分析,不同季节间的差异利用单因素方差分析, t 检验分析两个断面间的差异,

显著性水平为 $\alpha=0.05$ 。使用 OriginPro 8.5、PRIMER 5.2 和 Adobe Photoshop CS6 软件绘图, 站位布设图在 ArcGIS 10.2 软件中完成。

2 结果与分析

2.1 水环境特征

淮河江苏段两个断面不同季节的水温、溶氧含量和 pH 如表 1 所示,可以看出水温和溶解氧含量之间具有相反的变化趋势,冬季水温较低,但溶解氧含量最高,夏季水温最高,而溶解氧含量最低; pH 最小值出现在夏季,最大值出现在春季。对每个断面不同季节的水温、溶氧含量和 pH 进行单因素方差分析,表明两个断面均为水温和溶解氧含量季节变化显著($P<0.05$), pH 季节变化不显著($P>0.05$); 对相同季节两个断面的水温、溶氧含量和 pH 进行 t 检验,结果显示相同季节不同断面均差异不显著($P>0.05$)。

表 1 淮河江苏段水域环境特征
Tab. 1 Environmental conditions of the water in Jiangsu reach of Huaihe River

$n=3; \bar{x}\pm SD$				
断面 section	季节 season	水温/℃ temperature	DO/(mg/L)	pH
盱眙 Xuyi	冬 winter	7.15±0.06	11.65±0.05	8.11±0.28
	夏 summer	29.10±0.04	5.90±0.08	7.89±0.47
	秋 autumn	24.99±0.01	8.44±0.40	8.03±0.11
	春 spring	13.28±0.74	10.72±0.36	8.69±0.25
金湖 Jinhu	冬 winter	9.47±0.03	12.64±0.73	8.47±0.12
	夏 summer	29.56±0.06	6.28±0.13	7.26±0.45
	秋 autumn	20.90±0.42	8.32±0.08	7.87±0.23
	春 spring	16.95±0.54	10.26±0.05	8.55±0.18

2.2 鱼类种类组成及单位捕捞努力量渔获量

2.2.1 种类组成 调查期间,淮河江苏段共监测到鱼类 7 目 14 科 42 属 56 种,鲤形目鱼类 37 种,占 66.07%,鲈形目 9 种,占 16.07%,鲇形目 6 种,占 10.71%,其他各目均为 1 种,分别占 1.79%;鲤科鱼类有 36 种,占据 64.29%,优势明显,其他各科种类数差别不大。其中,在盱眙断面监测到鱼类 48 种,金湖断面 49 种(表 2)。

2.2.2 生态类型 按栖息水域环境和洄游方式,淮河江苏段鱼类可分为 3 类,分别为定居性鱼类,如红鳍原鲃(*Cultrichthys erythropterus*)、黄颡鱼

(*Pelteobagrus fulvidraco*)、鲇(*Parasilurus asotus*)和乌鳢(*Channa argus*)等,占总种类数的 78.57%;江海洄游性鱼类,如鳗鲡(*Anguilla japonica*)、刀鲚(*Coilia nasus*)和大银鱼(*Protosalanx chinensis*),占 5.36%;江湖洄游性鱼类,如鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)等,占 16.07%。按栖息水层可分为中上层鱼类(刀鲚等,占总种类数的 26.79%),中下层鱼类[鳊(*Parabramis pekinensis*)等,占 32.14%],底层鱼类[河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*)等,占 41.07%]。按食性可分为滤食

表 2 淮河江苏段鱼类群落组成
Tab. 2 Composition of the fish community in Jiangsu reach of Huaihe River

种类 species	盱眙 Xuyi					金湖 Jinhu				
	冬季 winter	夏季 summer	秋季 autumn	春季 spring	补充 supple- ment	冬季 winter	夏季 summer	秋季 autumn	春季 spring	补充 supple- ment
鲱形目 Clupeiformes										
鳊科 Engraulidae										
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-
鲤形目 Cypriniformes										
鲤科 Cyprinidae										
雅罗鱼亚科 Leuciscinae										
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
鲢亚科 Hypophthalmichthyinae										
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
鲤亚科 Cyprininae										
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-
鲫 <i>Carassius auratus</i>	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-
鲃亚科 Culterinae										
鳊 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	-	-		+	+	+	+	-
贝氏鳊 <i>Hemiculter bleekeri</i>	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-
寡鳞鲌 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
似鲮 <i>Toxabramis swinhonis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
鲂 <i>Megalobrama skolkovii</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
鲮亚科 Acheilognathinae										
大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
革条鲮 <i>Acheilognathus himantegus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
鲴亚科 Xenocyprinae										
黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
细鳞鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
似鲮 <i>Pseudobrama simoni</i>	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-
鲃亚科 Gobioninae										
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-
长蛇鲃 <i>Saurogobio dumerili</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+
华鲮 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-

(待续 to be continued)

(续表 2 Tab. 2 continued)

种类 species	盱眙 Xuyi					金湖 Jinhu				
	冬季 winter	夏季 summer	秋季 autumn	春季 spring	补充 sup- plement	冬季 winter	夏季 summer	秋季 autumn	春季 spring	补充 supple- ment
黑鳍鲈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	—	+	+	+	—	—	—	+	—	—
银鲈 <i>Paracanthobrama argentatus</i>	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—
似刺鲈 <i>Paracanthobrama guichenoti</i>	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
小口小鲈 <i>Microphysogobio microstomus</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
鲈科 Cobitidae										
花鲈亚科 Cobitinae										
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	—	—	—	—	+	—	—	+	+	—
鲈形目 Siluriformes										
鲈科 Bagridae										
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	—	+	—	+	—	—	+	+	+	—
长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
圆尾拟鲈 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
鲈科 Siluridae										
鲈 <i>Parasilurus asotus</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+
合鳃鱼目 Synbranchiformes										
合鳃鱼科 Synbranchidae										
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+
鲈形目 Perciformes										
虾虎鱼科 Gobiidae										
虾虎鱼亚科 Gobiinae										
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	—	+	—	—	—	—	+	—	+	—
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
近盲虾虎鱼亚科 Amblyopinae										
须鳃虾虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
沙塘鳢科 Odontobutidae										
河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i>	—	—	—	—	+	—	—	+	+	—
小黄鲈 <i>Micropercops swinhonis</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+
月鳢科 Channidae										
乌鳢 <i>Channa argus</i>	—	—	+	—	+	—	—	+	—	—
刺鲈科 Mastacembelidae										
中华刺鲈 <i>Mastacembelus sinensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
鲈科 Serranidae										
鲈亚科 Siniperinae										
鲈 <i>Siniperca chuatsi</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+
斗鱼科 Belontiidae										
圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+
鲈形目 Salmoniformes										
银鱼科 Salangidae										
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—
鳗鲡目 Anguilliformes										
鳗鲡科 Anguillidae										
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+

注：“+”表示捕到或有记录，“—”表示未捕到或无记录；“补充”表示 4 个季节调查以外的补充调查。

Note: “+” means caught or recorded, “—” means not caught or recorded; “supplement” means supplementary investigations except in the four seasons surveys.

性[鲢、鳙, 占总种类数的 3.57%], 植食性[草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鳊、黄尾鲴(*Xenocypris davidi*)等, 占 12.50%], 肉食性[翘嘴鲌(*Culter alburnus*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)等, 占 33.93%], 杂食性[鲤(*Cyprinus carpio*)等, 占 50.00%]。

2.2.3 单位捕捞努力量渔获量(CPUE) 各调查频次刺网和地笼的 CPUE 如图 2 所示, 刺网和地笼的季节平均 CPUE 值分别为(1190.15±220.28) g/(net·d)和(74.87±12.96) g/(net·d), 均为夏季最高, 分别为(2105.47±526.08) g/(net·d)和(110.23±25.59) g/(net·d); 最小值在秋季, 分别为(435.45±176.76) g/(net·d)和(52.85±13.72) g/(net·d), 其中刺网平均 CPUE 值季节间变化显著($P<0.05$), 地笼则无显著差异($P>0.05$)。盱眙断面刺网和地笼的平均 CPUE 值分别为(898.68±141.86) g/(net·d)和(76.00±23.03) g/(net·d), 金湖断面丝网和地笼的平均 CPUE 值分别为(1455.20±392.49) g/(net·d)和(73.74±13.59) g/(net·d)。两个断面间的丝网和地笼的平均 CPUE 值差异不显著($P>0.05$)。

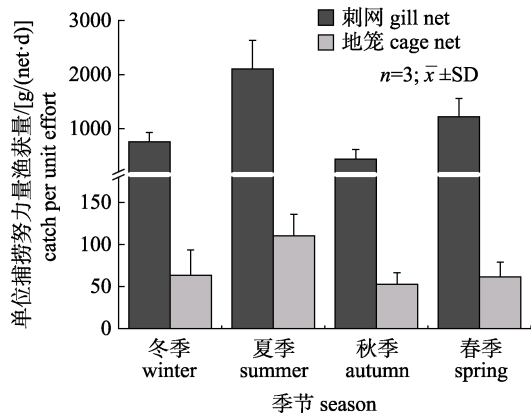


图2 淮河江苏段鱼类单位捕捞努力量渔获量均值的季节变化

Fig. 2 Variation in mean catch per unit effort of the fishes in the Jiangsu reach of Huaihe River

2.3 鱼类优势种组成及群落稳定性变化

2.3.1 优势种组成 表 3 为各季节调查中 IRI≥100 的物种的季节分布, 不同季节的优势种差异明显, 优势种在冬季和夏季均为 4 种, 分别为刀鲚、鲤、鳊(*Hemiculter leucisculus*)和翘嘴鲌(*Culter alburnus*), 以及刀鲚、鳊、翘嘴鲌和似鳊(*Pseu-*

dobrama simoni), 秋季优势种为大鳍鲮(*Acheilognathus macropterus*)和麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*) 2 种, 而刀鲚、鲤(*Carassius auratus*)和兴凯鲮(*A. chankaensis*) 3 种为春季的优势种。其中, 刀鲚、翘嘴鲌、大鳍鲮和兴凯鲮分别为冬、夏、秋、春的第一优势种。根据全年渔获量组成, 鲤的生物量最多, 占总渔获量的 13.24%; 其次为翘嘴鲌, 占 11.27%; 刀鲚占 9.33%, 鲤占 8.59%, 鲢占 8.12%, 鳊占 7.82%, 鳊和鳊分别占 5.82%和 5.19%, 其他种类共占 30.62%。按数量百分比, 兴凯鲮最多(占 16.92%), 其次为刀鲚(占 16.83%)、鳊(占 11.83%)、大鳍鲮(8.85%)、翘嘴鲌(7.79%)和麦穗鱼(7.69%), 其他共占 30.10%。

2.3.2 群落稳定性 鱼类生物 ABC 曲线(图 3)显示, 冬、夏、秋季, 生物量曲线和丰度曲线均有不同程度的交叉重叠, W 值分别为 0.013、0.018 和 -0.007, 群落处于中度干扰状态; 春季丰度曲线位于生物量曲线上方, W 为 -0.054, 群落处于严重干扰状态。

2.4 多样性分析

淮河江苏段鱼类的多样性指数、种类丰富度指数和均匀度指数范围分别为 2.88~3.85、2.75~4.74 和 0.74~0.81, 其中多样性指数和种类丰富度指数呈现明显的季节变化($P<0.05$), 均为秋季最大, 冬季最小, 而均匀度指数则无明显的季节变化(图 4A)。两个监测样点间, 多样性指数和均匀度指数在冬季和秋季差异显著, 种类丰富度指数在秋、春季节差异显著($P<0.05$)。盱眙断面鱼类的多样性指数、种类丰富度指数和均匀度指数范围分别为 2.49~2.96、2.08~3.58 和 0.67~0.78, 金湖断面分别为 1.99~3.90、2.02~4.05 和 0.66~0.89, 最大值均出现在秋季的淮河金湖断面(图 4B、4C 和 4D)。

2.5 群落结构分析

聚类分析结果表明(图 5), 相似度为 28.79% 时, 淮河盱眙断面和金湖断面分别聚类。相似性最高的两个样方为春季和冬季的淮河金湖断面, 相似度达到 57.02%。NMDS 排序图(图 6)与群落聚类分析的结果一致, Stress 值为 0.12, 具有一定的解释意义。

表 3 淮河江苏段主要鱼类 Pinkas 相对重要性指数
Tab. 3 Index of relative importance (IRI) of the main fishes in Jiangsu reach of Huaihe River

种类 species	冬季 winter	夏季 summer	秋季 autum	春季 spring
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1559.50	1045.92	763.07	1141.29
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	—	355.04	—	51.15
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	1139.70	—	57.85	205.51
鲫 <i>Carassius auratus</i>	902.69	17.20	955.65	1840.55
鳊 <i>Hemiculter leucisculus</i>	1291.09	1082.51	302.84	177.38
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	1018.22	2184.57	1019.40	59.01
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	32.55	170.41	275.32	365.50
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	—	544.38	—	302.15
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	218.68	—	—	21.48
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	—	1206.83	—	7.35
大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	23.92	408.23	1497.04	627.94
兴凯鱮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	—	237.45	848.32	2869.76
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	240.83	64.03	1145.58	442.55
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	—	15.66	744.94	50.16
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	34.55	38.54	21.41	143.48
银鲌 <i>Xenocypris argentea</i>	—	281.25	—	—
细鳞鲌 <i>Xenocypris microlepis</i>	—	12.92	211.27	—
蛇鲂 <i>Saurogobio dabryi</i>	—	86.03	206.36	290.15
华鲮 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	—	—	198.12	—
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	—	65.05	16.72	186.65
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	—	186.30	—	4.91
乌鳢 <i>Channa argus</i>	—	—	150.63	—
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	—	—	—	313.73
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	642.24	—	—	—

注：“—”表示未捕获。
Note: “—” means not caught.

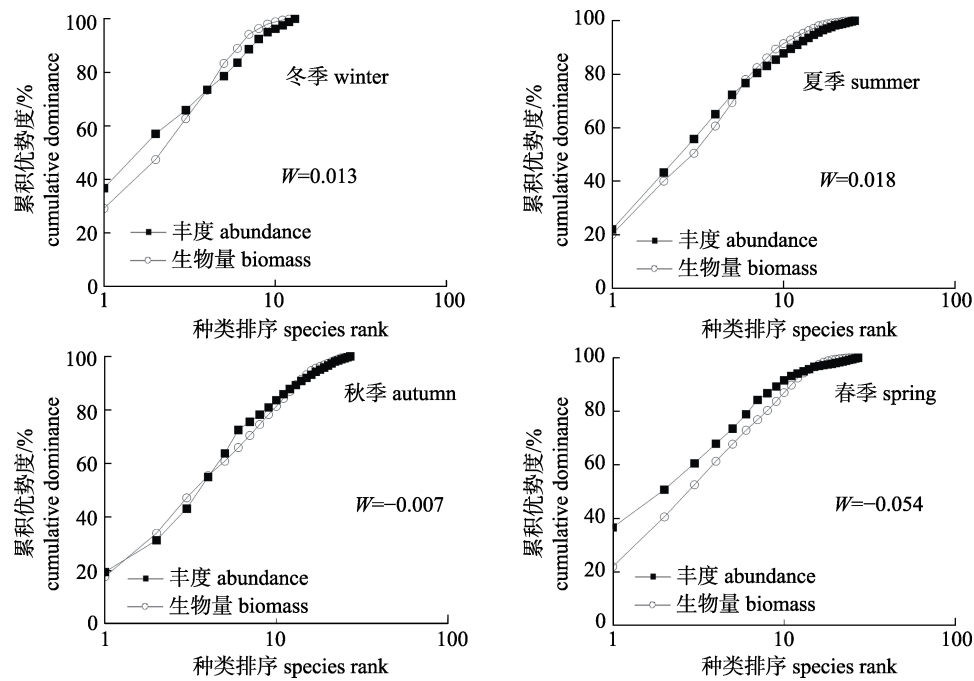


图 3 淮河江苏段鱼类丰度/生物量曲线
Fig. 3 Abundance-biomass comparison curves of the fishes in Jiangsu reach of Huaihe River

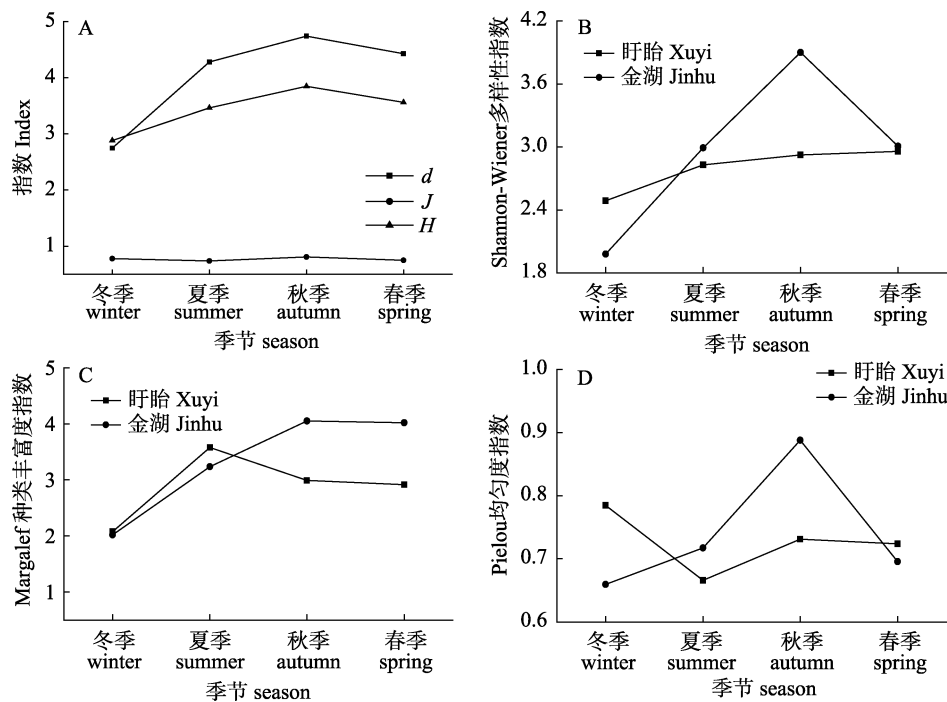


图 4 淮河江苏段鱼类群落多样性指数的季节变化

图 A 为淮河江苏段鱼类的多样性指数(H)、种类丰富度指数(d)和均匀度指数(J)的季节变化。

图 B, C 和 D 分别为盱眙断面和金湖断面鱼类的多样性指数、种类丰富度指数和均匀度指数的季节变化

Fig. 4 Seasonal variations in the diversity of fish community in Jiangsu reach of Huaihe River
A indicates the seasonal variations of Margalef index (d), Pielou index (J) and Shannon-Wiener index (H) of fish community in the Jiangsu reach of Huaihe River. B, C and D indicate the seasonal variations of H , d and J in Xuyi and Jinhu sections, respectively

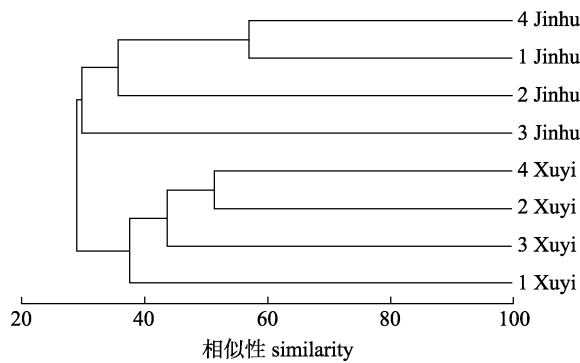


图 5 淮河江苏段不同区域不同月份鱼类群落聚类分析
数字表示季节: 1. 冬; 2. 夏; 3. 秋; 4. 春.

Fig. 5 The cluster analysis of the fish community in different seasons and sections in Jiansu reach of Huaihe River
Digits indicate the seasons: 1. winter; 2. summer; 3. autumn; 4. spring.

利用 SIMPER 相似性百分比分析各组内群落结构相似的特征种以及组间群落差异的分歧种和贡献率。盱眙断面各调查季节鱼类的平均相似性为 41.85%, 特征种包括刀鲚、翘嘴鲌、鲫、蛇鮈 (*Saurogobio dabryi*)、麦穗鱼、鲫、花鲢 (*Hemibarbus*

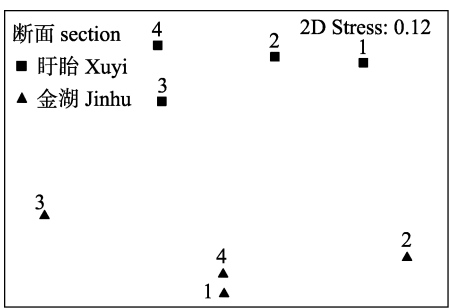


图 6 不同断面不同季节鱼类落 NMDS 排序分析
数字表示季节: 1. 冬; 2. 夏; 3. 秋; 4. 春.

Fig. 6 NMDS analysis of the fish community in different seasons and sections in Jiangsu reach of Huaihe River
Digits indicate the seasons: 1. winter; 2. summer; 3. autumn; 4. spring.

maculatus)、大鳍鲌和兴凯鲌, 这 8 种鱼类对组内平均相似性的累计贡献率达 90.93%; 金湖断面不同调查季节鱼类的平均相似性为 36.23%, 特征种为鳊、鲤、红鳍原鲌 (*Cultrichthys erythropterus*)、鲫、翘嘴鲌、鳊、麦穗鱼、大鳍鲌和鲢, 这 7 种鱼类对组内平均相似性的累计贡献率达到 87.25%。

淮河盱眙断面和金湖断面鱼类的平均相异性为 71.21%，分歧种包括鲤、刀鲚、鲫、翘嘴鲌、鳊、蛇鮈、团头鲂、鳊、花鲢、红鳍原鲌、麦穗鱼和鳊，累计贡献率达到 62.10%。

3 讨论

3.1 鱼类群落组成

本次调查共监测到淮河江苏段鱼类 56 种，占淮河鱼类总种类数(104 种)^[1]的 53.85%，以鲤形目鱼类为主，占本次调查总种类数的 66.07%。其中鱼类种类数小于淮河上游信阳段的 73 种和淮河中游安徽段的 65 种，主要鱼类鲤形目所占比例低于淮河上游信阳段的 74%，高于淮河安徽段的 60%^[8-9]。鱼类总种类数高于 2018 年的洪泽湖(51 种)^[13]、盱眙断面(48 种)和金湖断面(49 种)，与洪泽湖相比略低。由于淮河江苏段调蓄水闸较多，该河段处于半封闭状态，因此没有真正意义上的江海洄游性鱼类，该河段以定居性鱼类和江湖洄游性鱼类为主。例如，作为该河段冬、夏、春季的优势种，刀鲚本应为江海洄游性物种，但因长期陆封，逐渐适应了其生态条件，并能自然繁殖，演变为次生的定居性种类^[12-13, 24]。

监测结果还显示，各季节的优势种中，除翘嘴鲌、鲤外，均属小型个体鱼类，而翘嘴鲌、鲤的平均体长和平均体重分别为(13.90±0.53) cm 和(33.4±5.35) g，以及(20.00±3.00) cm 和(266.5±136.97) g。表明该河段鱼类趋于小型化，这可能主要是无序捕捞、水域生态环境恶化等影响的结果^[7, 25-27]。

3.2 鱼类群落结构扰动

ABC 曲线法是通过比较生物量和丰度优势度曲线来比较监测污染物对底栖动物群落的干扰^[20, 28-29]，也应用于渔业研究中^[30-32]。该方法用来比较分析不同干扰情况下群落的反应。在未受干扰的状态下，生物量优势度曲线在上方；当处于中等干扰状态时，两条曲线将相交；当生物量的优势度曲线在下方，表明群落处于严重干扰状态^[20, 22, 30-34]。本研究结果显示，冬、夏、秋季鱼类群落处于中度干扰状态，春季处于严重干扰状态，这可能是受优势种个体大小的影响^[33]。春季的优势种(刀鲚、鲫和兴凯鲮)中含有一定量刚繁

殖出的个体较小的鱼类，而优势种的重量百分比和数量百分比分别为 37.14%和 56.34%，丰度比生物量更具优势地位，生物量曲线位于丰度曲线下方。此外，禁渔期在春季 3 月 1 日开始，鱼类群落结构在禁渔期受捕捞影响恢复较慢，也可能是导致这一结果的重要因素。

3.3 鱼类群落结构多样性

本次调查，盱眙断面和金湖断面的 Shannon-Wiener 多样性指数分别为(2.49~2.96)和(1.99~3.90)，高于洪泽湖鱼类多样性指数(1.72~2.22)^[13]，与一般指数范围(1.5~3.5)相比^[35]，盱眙断面在范围之内，金湖断面稍高，说明其鱼类群落多样性处在一般至较丰富水平。

水温与鱼类生物多样性指数的变化有一定的相关性^[36]，本研究也显示多样性指数和种类丰富度指数呈现明显的季节变化，均为秋季最大，冬季最小，与此同时，冬天温度较低(小于 10 ℃)，秋季温度适中(20~25 ℃)。这一方面由于温度影响鱼类活力，温度较低时鱼类活动能力降低，随着温度升高活动能力逐渐增强，另一方面温度较低饵料生物较少，温度适宜时饵料生物最多。此外，鱼类群落结构与其他环境因素(如水流、叶绿素 a、总磷、总氮、化学需氧量等)的关系还有待进一步研究。

网具的使用也会影响监测鱼类的多样性指数。例如，用拖网等主动型渔具捕捞的渔获物中，游泳能力较弱的鱼类占比就会较多，而鱼簖、地笼、刺网等被动型渔具受水流、水温、天气等自然因素的影响较大。不同捕捞渔具的使用会对渔业资源的统计有较大影响^[37]，用单一类型的渔具评价渔业群落结构特征时会造成一定误差，而采用多类型渔具相结合的方法能够尽量减小误差，该方面还有待进一步研究。

3.4 鱼类群落相似性

相似性百分比分析结果显示，盱眙断面和金湖断面不同监测季节的鱼类群落组内相似性较低，仅为 41.85%和 36.23%，表明该河段鱼类群落受季节影响显著。而洪泽湖和高邮湖通过调节水闸在汛期泄洪、枯水期蓄水，可能是导致这种结果的主要原因，地区捕捞强度的差异也有一定影

响。而组间相异性亦达到了 71.21%, 导致两个断面鱼类群落结构差异性较大的原因, 一方面可能是受地理因素的影响, 盱眙断面在洪泽湖的上游, 而金湖断面位于洪泽湖和高宝邵伯湖之间; 另一方面在两个断面之间有调蓄水闸, 如洪泽湖至淮河金湖断面间的出水口就有三河闸水闸等。而这些因素也可能是导致聚类分析显示各季节不同断面间的相似度均低于 57.02% 结果的重要原因。

参考文献:

- [1] Wang S K. The distribution of freshwater fish and the relationship between species diversity and basin characteristics of main rivers in China[J]. Chinese Biodiversity, 1997, 5(3): 197-201. [王寿昆. 中国主要河流鱼类分布及其种类多样性与流域特征的关系[J]. 生物多样性, 1997, 5(3): 197-201.]
- [2] Wu L, Li Y L, Chen Y S. Characteristics of community structures of zooplankton in the mainstream of Huaihe River[J]. Journal of Lake Sciences, 2015, 27(5): 932-940. [吴利, 李源玲, 陈延松. 淮河干流浮游动物群落结构特征[J]. 湖泊科学, 2015, 27(5): 932-940.]
- [3] Zhang X K, Wang H L, Wan A, et al. Fishes in headwater streams of the Pihe River Basin: Spatial distribution pattern and its main influencing factors[J]. Journal of Lake Sciences, 2017, 29(1): 176-185. [张晓可, 王慧丽, 万安, 等. 淝河流域河源溪流鱼类空间分布格局及主要影响因素[J]. 湖泊科学, 2017, 29(1): 176-185.]
- [4] Ding J H, Zhou L Z, Deng D G, et al. Community structure of benthic Mollusca and its relationship with environmental factors in the mainstream of Huaihe River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(2): 367-375. [丁建华, 周立志, 邓道贵, 等. 淮河干流软体动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 水生生物学报, 2013, 37(2): 367-375.]
- [5] Hu W W, Wang G X, Deng W, et al. The influence of dams on ecohydrological conditions in the Huaihe River basin, China[J]. Ecological Engineering, 2008, 33(3-4): 233-241.
- [6] Zhou W P, Guo X M, Chen W M, et al. Prediction of effects of first stage project of eastern route south-to-north water transfer from the Changjiang River on aquatic organism and ecological environment in Hongze Lake[J]. Journal of Lake Sciences, 1994, 6(2): 131-135. [周万平, 郭晓鸣, 陈伟民, 等. 南水北调东线一期工程对洪泽湖水生生物及生态环境影响的预测[J]. 湖泊科学, 1994, 6(2): 131-135.]
- [7] Liu K, Duan J R, Xu M T, et al. Winter biodiversity of the fishery community in Huaihe *Cyprinus carpio* and *Leiostomus xanthurus* national aquatic germplasm resources conservation area[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2015, 42(3): 424-428. [刘凯, 段金荣, 许萌霆, 等. 淮河荆涂峡鲤、长吻鮠国家级水产种质资源保护区冬季渔业群落多样性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(3): 424-428.]
- [8] Li Z, Huang R J, Tian H J, et al. Investigation of fishery resources in Xinyang Reaches of the Huai River[J]. Henan Fisheries, 2015(5): 22-24, 30. [李峥, 黄荣静, 田海军, 等. 淮河流域信阳段鱼类资源调查[J]. 河南水产, 2015(5): 22-24, 30.]
- [9] Wang S, Bao F Y, Xiao M S, et al. The current situation and protection countermeasures of fish resources in the important wetland of Huaihe River Basin in Anhui[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin. 2007, 23(8): 563-567. [王松, 鲍方印, 肖明松, 等. 淮河流域(安徽段)重要湿地鱼类资源现状及保护措施[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 563-567.]
- [10] Sun J, Tang D Y, Ji B C, et al. Fisheries History of Hongze Lake[M]. Nanjing: Jiangsu Publishing House of Science and Technology, 1990: 9-47. [孙坚, 汤道言, 季步成, 等. 洪泽湖渔业史[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 9-47.]
- [11] Zhu S Q, Dou H S. The Hongze Lake—Water Resources and Hydrobiology[M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 1993: 1-227. [朱松泉, 窦鸿身. 洪泽湖水资源和水生生物资源[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993: 1-227.]
- [12] Lin M L, Zhang T L, Ye S W, et al. Status of fish resources, historical variation and fisheries management strategies in Hongze Lake[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(6): 1118-1127. [林明利, 张堂林, 叶少文, 等. 洪泽湖鱼类资源现状、历史变动和渔业管理策略[J]. 水生生物学报, 2013, 37(6): 1118-1127.]
- [13] Mao Z G, Gu X H, Gong Z J, et al. The structure of fish community and changes of fishery resources in Lake Hongze[J]. Journal of Lake Sciences, 2019, 31(4): 1109-1119. [毛志刚, 谷孝鸿, 龚志军, 等. 洪泽湖鱼类群落结构及其资源变化[J]. 湖泊科学, 2019, 31(4): 1109-1119.]
- [14] Ni Y, Wu H S. Fishes of Jiangsu Province[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 167-890. [倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 167-890.]
- [15] Ludwig J A, Reynolds J F. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing[M]. New York: John Wiley & Sons, 1988: 92.
- [16] Margalef R. Perspectives in Ecological Theory[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1968: 1-111.
- [17] Pielou E C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession[J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 10(2): 370-383.
- [18] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of alba-

- core, bluefin tuna and bonito in California waters[R]. The Resources Agency Department of Fish and Game. Fish Bulletin, 1971, 152: 1-105.
- [19] Li F, Zhang H J, Lü Z B, et al. Species composition and community diversity of nekton in Laizhou Bay, China[J]. Biodiversity Science, 2013, 21(5): 537-546. [李凡, 张焕君, 吕振波, 等. 莱州湾游泳动物群落种类组成及多样性[J]. 生物多样性, 2013, 21(5): 537-546.]
- [20] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Marine Biology, 1986, 92(4): 557-562.
- [21] Xu B Q, Lü Z B, Li F, et al. On nekton composition in southern coastal waters off Shandong Peninsula in summer[J]. Marine Fisheries, 2011, 33(1): 59-65. [徐炳庆, 吕振波, 李凡, 等. 山东半岛南部近岸海域夏季游泳动物的组成特征[J]. 海洋渔业, 2011, 33(1): 59-65.]
- [22] Clarke K R, Warwick R M. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation[M]. 3rd ed. Plymouth: Primer-E Ltd, 2014: 1-256.
- [23] Bray J R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin[J]. Ecological Monographs, 1957, 27(4): 325-349.
- [24] Liu Y L, Wu Z Q, Hu M L. Advances on tapertail anchovy *Coilia ectenes* in China[J]. Fisheries Science, 2008, 27(4): 205-209. [刘引兰, 吴志强, 胡茂林. 我国刀鲚研究进展[J]. 水产科学, 2008, 27(4): 205-209.]
- [25] Xu D P, Liu K, Zhang M Y, et al. Biodiversity and community structure of small-sized fish in the nearshore of Changshu reach in the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(4): 448-453. [徐东坡, 刘凯, 张敏莹, 等. 长江常熟江段近岸小型鱼类群落结构及多样性探析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(4): 448-453.]
- [26] Chen W J, Zhang Y P, Zhao C L, et al. Species composition and biodiversity of fish community in Hukou section of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(6): 684-691. [陈文静, 张燕萍, 赵春来, 等. 近年长江湖口江段鱼类群落组成及多样性[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6): 684-691.]
- [27] Jin X S, Shan X J, Guo X W, et al. Community structure of fishery biology in the Yangtze River estuary and its adjacent waters[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4761-4772. [金显仕, 单秀娟, 郭学武, 等. 长江口及其邻近海域渔业生物的群落结构特征[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4761-4772.]
- [28] Warwick R M, Pearson T H. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: Further evaluation of the species abundance/biomass method[J]. Marine Biology, 1987, 95(2): 193-200.
- [29] Agard J B R, Gobin J, Warwick R M. Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad, West Indies)[J]. Marine Ecology Progress Series, 1993, 92(3): 233-243.
- [30] Yemane D, Field J G, Leslie R W. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using abundance biomass comparison (ABC) curves[J]. ICES Journal of Marine Science, 2005, 62(3): 374-379.
- [31] Blanchard F, LeLoc'h F, Hily C, et al. Fishing effects on diversity, size and community structure of the benthic invertebrate and fish megafauna on the Bay of Biscay coast of France[J]. Marine Ecology Progress Series, 2004, 280: 249-260.
- [32] Jouffre D, Inejih C A. Assessing the impact of fisheries on demersal fish assemblages of the Mauritanian continental shelf, 1987-1999, using dominance curves[J]. ICES Journal of Marine Science, 2005, 62(3): 380-383.
- [33] Liu H Y, Yang C J, Zhang P D, et al. Demersal nekton community structure of artificial reef zones in Laoshan Bay, Qingdao[J]. Biodiversity Science, 2016, 24(8): 896-906. [刘鸿雁, 杨超杰, 张沛东, 等. 青岛崂山湾人工鱼礁区底层游泳动物群落结构特征[J]. 生物多样性, 2016, 24(8): 896-906.]
- [34] Li S F. Status of fish community in East China Sea using the method of abundance-biomass comparison (ABC) curve[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(1): 136-144. [李圣法. 以数量生物量比较曲线评价东海鱼类群落的情况[J]. 中国水产科学, 2008, 15(1): 136-144.]
- [35] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988: 7-45.
- [36] Xu D P, Fan L M, Liu K, et al. Preliminary study on the community structure and biodiversity of fishery resources in Xuliujing reach of Yangtze River, 2005-2006[J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 19(5): 592-598. [徐东坡, 范立民, 刘凯, 等. 长江徐六泾河段渔业群落结构(2005-2006 年)及多样性初探[J]. 湖泊科学, 2007, 19(5): 592-598.]
- [37] Mao Z G, Gu X H, Zeng Q F, et al. Community structure and diversity of fish in Lake Taihu[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(12): 2836-2842. [毛志刚, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等. 太湖鱼类群落结构及多样性[J]. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2836-2842.]

Characteristics of the fish community structure in Jiangsu reach of the Huaihe River

LIU Yanshan^{1,2}, TANG Shengkai^{1,2}, LI Daming^{1,2}, GU Xiankun^{1,2}, ZHU Binqing^{1,2}, MAO Guoqing³, ZHANG Tongqing^{1,2}

1. Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China;

2. Key Laboratory of Fisheries Resources in Inland Water, Nanjing 210017, China;

3. Jinhu Fisheries Technical Extension Station, Huai'an 211600, China

Abstract: A field survey of the fishes in Jiangsu reach of the Huaihe River was performed from 2016 to 2018, during which the fish community structure and diversity were analyzed. In total, 56 species were collected, belonging to 42 genera, 14 families, and 7 orders. Cypriniformes had the largest number of species, accounting for 66.07% of the total species captured. *Coilia nasus*, *Culter alburnus*, *Acheilognathus macropterus*, and *A. chankaensis* were the first dominant species in winter, summer, autumn, and spring, respectively. The catch per unit effort (CPUE) using gill and cage nets was (1190.15 ± 220.28) and (74.87 ± 12.96) g/(net·d), respectively. The ranges of the Shannon-wiener index (H), Margayef index (d), and Pielou index (J) values were 2.88–3.85, 2.75–4.74, and 0.74–0.81, respectively. Abundance-biomass curves (ABC) of the fish community indicated that the community was seriously disturbed during spring, and moderately disturbed during the other seasons. Cluster analysis showed that similarities were low (below 57.02%) in different seasons and sections. Similarity percentage analysis (SIMPER) verified this conclusion, showing that the average similarities between the fish community structures in Xuyi and Jinhu were only 41.85% and 36.23%, respectively, while the average dissimilarity was up to 71.21%.

Key words: fish community structure; fish diversity; Jiangsu reach of Huaihe River

Corresponding author: ZHANG Tongqing. E-mail: zhtq3@126.com