

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2020.20010

长江口盐沼湿地鱼类群落优势种的时空生态位特征

苗中博^{1,2}, 王思凯^{2,3,4}, 彭彪彪^{1,2}, 赵峰^{1,2,3,4}, 庄平^{2,3,4}

1. 上海海洋大学水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306;
2. 中国水产科学院东海水产研究所, 上海 200090;
3. 农业农村部东海与长江口渔业资源环境科学观测实验站, 上海 200090;
4. 上海长江口渔业资源增殖和生态修复工程技术研究中心, 上海 200090

摘要: 为了解长江口盐沼湿地优势鱼类群落结构及其种间关系, 采用插网调查, 利用2019年5—10月的调查数据, 基于生态位宽度和生态位重叠度指数对长江口崇明东滩(31°27'N, 121°56'E)和九段沙盐沼湿地(31°10'N, 121°57'E)鱼类群落的优势种生态位进行研究。研究表明, 春、夏、秋3个季节共采获10个优势种, 其中鲃(*Liza haematocheila*)、花鲈(*Lateolabrax maculatus*)和拉氏狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)在3个季节中均为优势种。在10个优势种中, 时间生态位宽度值变化范围为0.11~1.70, 其中拉氏狼牙虾虎鱼时间生态位宽度值最大, 小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)值最小; 空间生态位宽度值变化范围为0.57~1.53, 其中鲃(*Liza carinatus*)空间生态位宽度值最大, 小黄鱼值最小。长江口盐沼湿地鱼类优势种生态位宽度呈现显著的季节性变化趋势。长江口盐沼湿地鱼类优势种的时空生态位重叠值较高, 其中具重叠意义的鱼种对(species pairs)高达73.33%, 具有显著重叠意义的鱼种对高达48.89%。结论认为, 长江口盐沼湿地鱼类优势种的时空分布具有相似性, 存在明显的竞争关系。

关键词: 优势种; 生态位; 盐沼湿地; 长江口

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2020)10-1210-12

生态位(ecological niche)是指一个生态系统中, 某一种群在时间空间上所占据的位置及其与相关种群的功能关系与作用, 是有机体和环境因素的综合^[1]。生态位的研究内容十分广泛, 可以在时间、空间方面了解物种群落内的生物多样性、群落结构及种间关系, 能在不同尺度上更加全面地反映物种的均匀度和变化, 是研究物种在群落结构内相互关系的重要内容之一。

目前, 国内外有关物种生态位的研究已经取得了一定的进展。Albrecht等^[2]使用零模型(null models)对不同物种间的生态位重叠进行量化, 发现了俄克拉荷马草原蚁群在时空尺度上对资源的精细划分; Herder等^[3]研究了越南溪流中淡水鱼

类群落在空间和营养生态位的分布, 发现该区域鱼类群落间的低生态位重叠源自物种间的竞争性相互作用; Sá-Oliveira等^[4]采用零模型计算了受亚马孙水库影响区域内鱼类群落的生态位宽度及重叠度, 发现物种间竞争不是群落结构的决定因素。国内学者关于生态位的研究主要集中在陆生植物^[5-7]、陆生动物^[8-9]方面。然而, 对于鱼类群落中相关种群之间相互关系的研究还较为缺乏。李显森等^[10]对长江口及其毗邻海域鱼类群落进行生态位研究发现, 鱼类优势种的生态位宽度(重叠)指标呈现明显的季节性变化, 揭示了鱼类群落的变化趋势与物种的生态习性和环境因素之间的关系; 何雄波等^[11]对闽江口主要渔获鱼类的生态位

收稿日期: 2020-01-08; 修订日期: 2020-03-26.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD0901202); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2020TD13); 农业农村部财政专项(CJDC-2017-23).

作者简介: 苗中博(1993-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学. E-mail: miauzb@126.com

通信作者: 赵峰, 研究员, 研究方向为渔业资源养护与生态修复. E-mail: zhaof@ccsf.ac.cn

进行研究发现, 闽江口主要渔获鱼类具重叠意义的鱼种对占比高达 81.9%, 且主要鱼类的生态位变化主要受季节的影响; 丁丽丽等^[12]采用典范对应分析(CCA)研究浙江瓯飞填海区鱼类优势种的生态位分化情况发现, 鱼类物种功能群及其栖息生境与鱼类群落结构密切相关。

长江口盐沼湿地具有复杂的生态结构和独特的生态功能, 含有丰富的生源要素和饵料资源, 成为众多水生生物育幼、索饵的重要场所, 是河口水生生物的关键栖息地^[13]。近年来, 国内学者对于长江口盐沼湿地鱼类的种类组成、时空分布、群落结构等方面开展了一定研究^[14-17], 初步掌握了长江口盐沼湿地鱼类群落组成及其分布特征。本研究利用生态位理论与方法, 对长江口崇明东滩和九段沙盐沼湿地鱼类优势种的时空生态位进行了分析, 旨在深入了解长江口盐沼湿地鱼类群落结构及其种间关系, 为长江口盐沼湿地鱼类栖息地选择利用和生物多样性维持机理等研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 样品采集与测量

2019 年 5—10 月, 每个月的大汛期间, 在长江口崇明东滩(31°56'N, 121°27'E)和九段沙盐沼湿地(31°10'N, 121°57'E)(图 1), 通过插网进行鱼类采样。插网由网目规格为 15 mm 的网翼和网囊组成。其中网囊长 6 m, 网翼长 5 m, 高 1 m, 网口 1 m × 1 m。每次插网连续收集 3 d 渔获物, 每天于日、夜潮退潮后收集, 将同天日、夜潮渔获物混合定义为一个网次。根据涨潮的发生时间是在白天/黑夜来定义日、夜潮^[18]。渔获物全部冷藏带回实验室, 参考庄平等^[19]的方法进行分类鉴定, 并对渔获物进行全长、体长(精确到 1 mm)和体重(精确到 0.01 g)等生物学测定。

1.2 数据分析

1.2.1 优势种 利用相对重要性指数(IRI)确定各季节的优势种^[20]:

$$IRI=(N\%+W\%)\times F\% \quad (1)$$

式中, $N\%$ 为某个种类的尾数在渔获物总尾数中所占百分比; $W\%$ 为某个种类重量在渔获总重量中

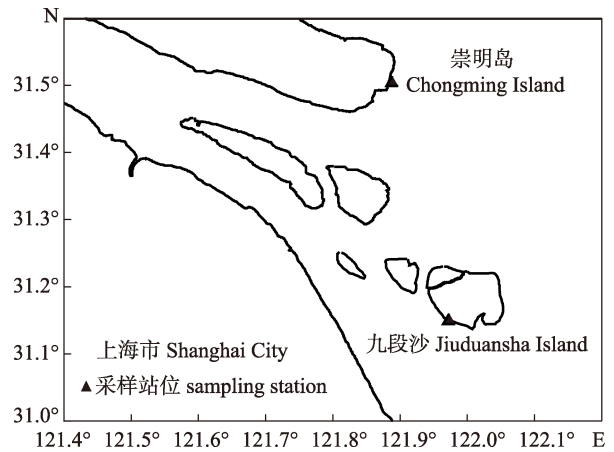


图 1 长江口盐沼湿地鱼类采样站点示意图

Fig. 1 Sampling stations in saltmarshes of the Yangtze Estuary

所占百分比; $F\%$ 为某个种类出现的站位数占调查站位数总数的百分比。将 $IRI>500$ 定义为优势种^[5](表 1), 以优势种作为长江口盐沼湿地各季节的代表种进行分析。

1.2.2 平均拥挤度 平均拥挤度是反映鱼类空间分布的一个指标。计算公式如下^[21]:

$$x^* = \frac{S^2 - x + x^2}{x} \quad (2)$$

式中, x 为某种类各调查站单位网次渔获物尾数的平均值; S^2 为方差。平均拥挤度越高, 表明该物种的聚集强度越大, 分布范围较小且集中。

1.2.3 生态位宽度和生态位重叠指数 生态位宽度反映了物种利用资源的能力和多样性的大小, 空间生态位宽度较高, 说明该物种分布区域较为广泛; 时间生态位宽度较高, 说明该物种适温范围较广^[23]。应用 Shannon-Winner 公式计算生态位宽度^[22], 公式如下:

$$B_i = \sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad (3)$$

应用 Pianka 公式计算生态位重叠指数^[20], 公式如下:

$$Q_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^R P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^R P_{ij}^2 \sum_{j=1}^R P_{kj}^2}} \quad (4)$$

式中, $P_{ij}=n_{ij}/N_{ij}$, $P_{kj}=n_{kj}/N_{kj}$, 分别代表种 i 和 k 在第 j 个资源状态下的个体数占该种所有个体数的比例, 其中 j 表示某个调查航次。 R 为总站位数或调查月份数, 生态位重叠指数 Q_{ik} 值介于 0~1 之间, 值

越大表示物种生态位重叠度越高;反之,值越小表示物种生态位重叠度越低。当 $Q_{ik} > 0.3$ 时,视为有重叠意义,当 $Q_{ik} > 0.6$ 时,视为显著重叠^[24]。时空生态位宽度、重叠度的值可利用不同维度生态位宽度值的乘积来表示,即时空生态位宽度(重叠)=时间生态位宽度(重叠)×空间生态位宽度(重叠)^[25]。

1.2.4 数据统计分析 对长江口盐沼湿地鱼类优势种的时间、空间和时空生态位宽度进行相似性系数聚类分析,数据分析利用 Primer 5.2 软件进行。

2 结果与分析

2.1 群落组成与优势种

在崇明东滩和九段沙盐沼湿地春(5月)、夏(6—8月)、秋(9—10月)3个季节的调查中,共捕获鱼类 57 种(附表 1),隶属于 12 目 24 科,其中鲈形目 24 种,占总种类数的 42.11%,其次为鲤形目、鲇形目和鲹形目,分别为 14 种、4 种和 4 种。在科级分类中,以鲤科和虾虎鱼科占优势,分别为 14 种、13 种。其中春季捕获鱼类 20 种,优势种有光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)、鲃(*Liza haema-*

tocheila)、花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、拉氏狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)和小黄鱼(*Larimichthys polyactis*),共计 5 个种;夏季捕获鱼类 41 种,共有 6 个优势种,分别为刀鲚(*Coilia nasus*)、餐鱼(*Hemiculter leucisculus*)、鲃、花鲈、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)和拉氏狼牙虾虎鱼;秋季捕获鱼类 40 种,有刀鲚、鲃、棱鲃(*Liza carinatus*)、花鲈、四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*)、斑尾刺虾虎鱼和拉氏狼牙虾虎鱼 7 个优势种。3 个季节共出现 10 个优势种,其中鲃、花鲈和拉氏狼牙虾虎鱼在 3 个季节中皆为优势种(表 1)。由图 2 可见,春季调查中的优势种花鲈相对重要性指数(IRI)值达到最高;夏季调查中刀鲚、餐鱼和斑尾刺虾虎鱼 IRI 值上升成为优势种;秋季调查中棱鲃和四指马鲛成为新的优势种。其中,夏季 6 个优势种的 IRI 值相差较小,单个鱼种的相对重要性指数变化不如春、秋季节波动明显。在 3 个季节中,花鲈 IRI 值均较高,且呈现下降趋势;斑尾刺虾虎鱼在夏、秋季节成为优势种,其 IRI 值呈现上升趋势。

表 1 长江口盐沼湿地鱼类优势种生态位宽度
Tab. 1 The ecological niche of the dominant fish species in saltmarsh of the Yangtze Estuary

优势种 dominant species	时间生态位宽度 temporal niche breath	空间生态位宽度 spatial niche breadth	时空生态位宽度 spatio-temporal niche breadth
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1.39	1.35	1.87
餐鱼 <i>Hemiculter leucisculus</i>	0.72	0.78	0.56
鲃 <i>Liza haematocheila</i>	1.07	1.03	1.09
棱鲃 <i>Liza carinatus</i>	1.28	1.21	1.55
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	1.58	1.53	2.42
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1.29	1.30	1.68
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.19	0.57	0.11
四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>	0.87	1.27	1.11
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	1.37	1.28	1.75
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	1.70	1.48	2.51

10 个鱼类优势种的体长和体重范围如表 2 所示,在这些鱼类优势种中,各季节均为稚幼鱼占优势。其中,光泽黄颡鱼和小黄鱼仅出现在春夏季,四指马鲛仅出现在夏秋季,其他几个优势种在各季节均有出现,但生物量在各季节分布不均(表 2)。

2.2 优势种平均拥挤度

平均拥挤度指数值的大小是不同鱼类集群行为产生的结果,不同集群习性的鱼种聚集强度存在明显差异。由表 3 得知,鲃、花鲈、小黄鱼和斑尾刺虾虎鱼这 4 种鱼具较高的平均拥挤度。但

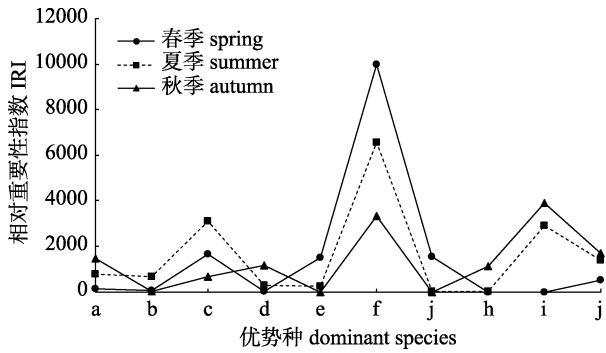


图 2 长江口盐沼湿地优势种相对重要性指数
a: 刀鲚; b: 餐鱼; c: 光泽黄颡鱼; d: 鲃; e: 棱鲃; f: 花鲈; g: 小黄鱼; h: 四指马鲛; i: 斑尾刺虾虎鱼; j: 拉氏狼牙虾虎鱼.

Fig. 2 The IRI indexes of the dominant species in saltmarsh of Yangtze Estuary
a: *Coilia nasus*; b: *Hemiculter leucisculus*; c: *Pelteobagrus nitidus*; d: *Liza haematocheila*; e: *Liza carinatus*; f: *Lateolabrax maculatus*; g: *Larimichthys polyactis*; h: *Eleutheronema tetradactylum*; i: *Acanthogobius ommaturus*; j: *Odontamblyopus rubicundus*.

其聚集强度出现时间略有差异: 鲃和花鲈在春、夏季聚集强度较高, 在秋季降低; 小黄鱼仅在春季出现较高的聚集强度; 斑尾刺虾虎鱼聚集强度最高出现在夏季, 其他鱼类在各个季节的聚集程度较小。

2.3 优势种生态位宽度

长江口盐沼湿地鱼类群落优势种的时间生态位宽度变化范围为 0.19~1.70 (表 1), 其中拉氏狼

牙虾虎鱼的时间生态位宽度最大, 棱鲃和刀鲚次之。时间生态位宽度小于 1 的优势种有 3 个, 分别为餐鱼、小黄鱼和四指马鲛, 大于 1 的优势种有 7 个。空间生态位宽度的变化范围为 0.57~1.53 (表 1), 除了餐鱼和小黄鱼小于 1 以外, 其他 8 个优势种的空间生态位宽度变化不大, 均介于 1.03~1.53, 其中棱鲃的空间生态位宽度值最大, 为 1.53。时空生态位宽度变化范围为 0.11~2.51 (表 1), 小于 1 的优势种有餐鱼和小黄鱼 2 个, 分别为 0.56 和 0.11; 大于 1 的优势种有 8 个, 其中棱鲃和拉氏狼牙虾虎鱼的值最大, 均超过 2, 随后依次为刀鲚、斑尾刺虾虎鱼、花鲈、鲃、四指马鲛和光泽黄颡鱼。在 10 个鱼类优势种中, 时间和时空生态位宽度值最大的为拉氏狼牙虾虎鱼, 空间生态位宽度最大的为棱鲃, 其次为拉氏狼牙虾虎鱼, 时间、空间和时空生态位宽度值最小的均为小黄鱼(表 1)。

根据时间、空间和时空生态位宽度的聚类分析结果, 长江口盐沼湿地鱼类优势种可分为 4 组 (图 3): 第一组是 小黄鱼和餐鱼; 第二组是 光泽黄颡鱼和四指马鲛; 第三组是 刀鲚、鲃、花鲈和斑尾刺虾虎鱼; 第四组是 棱鲃和拉氏狼牙虾虎鱼。生态位宽度由第一组至第四组递增, 各组由时空

表 2 长江口盐沼湿地优势鱼种体长、体重及各季节数量比例
Tab. 2 The body length, body weight and quantity proportion of the dominant fish species in each season in the Yangtze Estuary saltmarsh wetland

种类 species	体长 body length		体重 body weight		数量比例/% quantity percentage			总数量/ind total number
	范围/mm range	$\bar{x} \pm SD$	范围/g range	$\bar{x} \pm SD$	春 spring	夏 summer	秋 autumn	
a	26-264	93.94±50.92	0.08-56.13	5.44±8.50	2.10	77.78	20.12	333
b	15-108	37.37±21.45	0.04-14.68	1.57±3.40	1.88	96.62	1.50	266
c	20-131	71.67±37.52	0.13-34.87	8.48±8.93	29.25	70.75	-	147
d	18-194	37.48±22.35	0.08-96.89	2.24±8.69	17.63	79.63	2.74	1242
e	39-136	83.22±27.84	0.95-38.77	11.95±10.02	1.06	53.19	45.74	94
f	19-439	57.19±42.30	0.14-1038.99	12.28±49.15	36.02	61.58	2.39	1796
g	20-59	34.10±7.09	0.25-4.25	0.89±0.61	95.06	4.94	-	385
h	26-108	76.37±16.67	1.05-20.53	7.96±4.43	-	12.73	87.27	55
i	11-234	70.84±36.02	0.02-159.41	9.18±16.40	2.88	84.15	12.97	694
j	21-265	107.23±56.94	0.02-25.58	6.01±8.22	8.85	63.42	27.73	339

注: a. 刀鲚; b. 餐鱼; c. 光泽黄颡鱼; d. 鲃; e. 棱鲃; f. 花鲈; g. 小黄鱼; h. 四指马鲛; i. 斑尾刺虾虎鱼; j. 拉氏狼牙虾虎鱼. “-”表示未发现该种.

Note: a. *Coilia nasus*; b. *Hemiculter leucisculus*; c. *Pelteobagrus nitidus*; d. *Liza haematocheila*; e. *Lateolabrax carinatus*; f. *Lateolabrax maculatus*; g. *Larimichthys polyactis*; h. *Eleutheronema tetradactylum*; i. *Acanthogobius ommaturus*; j. *Odontamblyopus rubicundus*. “-”denotes the species was not found.

生态位宽度相似的物种组成。

2.4 优势种生态位重叠

长江口盐沼湿地鱼类优势种时间生态位的重叠值介于 0~0.99 (表 4), 各鱼种对之间的时间生态位宽度重叠度均较高, 重叠值小于 0.30 的鱼种对有 6 个, 占总种对数的 13.33%, 其中小黄鱼-四指马鲛(0)、小黄鱼-餐鱼种对(0.14)的重叠值最小; 重叠值大于 0.30 的鱼种对有 39 个, 占总种对数的 86.67%, 其中重叠值大于 0.60 的种对数有 34 个, 占总种对数的 75.56%, 重叠值前三位的鱼种对是花鲈-鲃、斑尾刺虾虎鱼-刀鲚、斑尾刺虾虎鱼-拉氏狼牙虾虎鱼、棱鲃-斑尾刺虾虎鱼、棱鲃-拉氏狼牙虾虎鱼。

优势种空间生态位宽度的重叠值介于 0.20~0.98 (表 4), 重叠值小于 0.60 的种对数有 9 个, 其

表 3 长江口盐沼湿地优势鱼种空间平均拥挤度
Tab. 3 The spatial clumping index of the dominant fishes in saltmarsh of the Yangtze Estuary

种类 species	平均拥挤度 clumping index		
	春季 Spr.	夏季 Sum.	秋季 Aut.
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	-0.27	3.74	1.44
餐鱼 <i>Hemiculter leucisculus</i>	-0.59	8.68	-0.86
鲃 <i>Liza haematocheila</i>	12.52	28.11	-0.11
棱鲃 <i>Liza carinatus</i>	-0.94	-0.36	0.39
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobaggrus nitidus</i>	2.01	2.02	0.00
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	29.87	31.61	0.26
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	18.94	0.12	0.00
四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>	0.00	-0.87	0.59
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	1.72	13.15	1.14
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	2.15	3.23	1.58

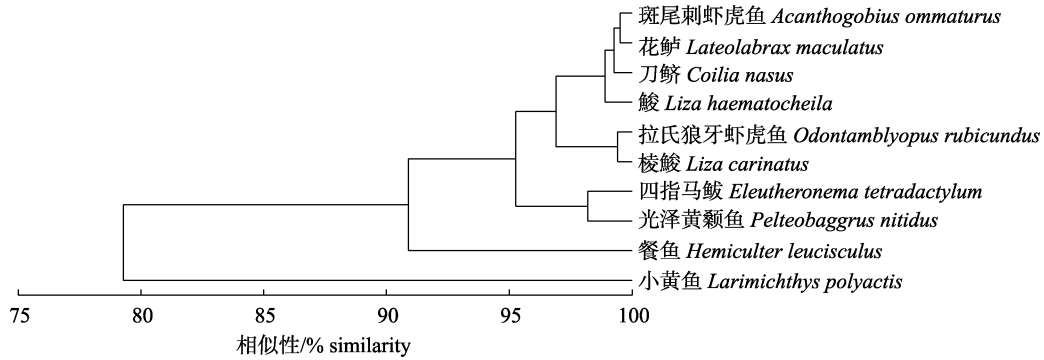


图 3 长江口盐沼湿地优势种基于生态位宽度聚类分析

Fig. 3 Clustering analysis of dominant fishes in saltmarsh of the Yangtze Estuary based on ecological niche breadth

表 4 长江口盐沼湿地鱼类优势种的时间和空间生态位宽度重叠
Tab. 4 Niche overlap of the dominant fishes in saltmarshes of the Yangtze Estuary

优势种 dominant fish	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a	1	0.74	0.86	0.76	0.76	0.65	0.57	0.67	0.59	0.88
b	0.89	1	0.82	0.86	0.73	0.77	0.20	0.77	0.81	0.85
c	0.74	0.86	1	0.80	0.66	0.66	0.22	0.73	0.62	0.86
d	0.78	0.78	0.87	1	0.81	0.88	0.38	0.80	0.87	0.89
e	0.92	0.74	0.60	0.71	1	0.96	0.76	0.96	0.91	0.94
f	0.70	0.69	0.85	0.99	0.67	1	0.58	0.97	0.98	0.92
g	0.29	0.14	0.32	0.69	0.35	0.74	1	0.57	0.46	0.58
h	0.67	0.36	0.26	0.26	0.81	0.24	0.00	1	0.94	0.93
i	0.97	0.87	0.77	0.85	0.96	0.80	0.43	0.65	1	0.88
j	0.91	0.77	0.75	0.87	0.96	0.85	0.50	0.67		1

注: a. 刀鲚; b. 餐鱼; c. 光泽黄颡鱼; d. 鲃; e. 棱鲃; f. 花鲈; g. 小黄鱼; h. 四指马鲛; i. 斑尾刺虾虎鱼; j. 拉氏狼牙虾虎鱼.

Note: a. *Coilia nasus*; b. *Hemiculter leucisculus*; c. *Pelteobaggrus nitidus*; d. *Liza haematocheila*; e. *Lateolabrax carinatus*; f. *Lateolabrax maculatus*; g. *Larimichthys polyactis*; h. *Eleutheronema tetradactylum*; i. *Acanthogobius ommaturus*; j. *Odontamblyopus rubicundus*.

中一个鱼种对是刀鲚-斑尾刺虾虎鱼(0.59), 另外 8 个是与小黄鱼组成的鱼种对, 分别为小黄鱼-餐鱼(0.20)、小黄鱼-光泽黄颡鱼(0.22)、小黄鱼-刀鲚(0.57)、小黄鱼-鲟(0.38)、小黄鱼-花鲈(0.58)、小黄鱼-四指马鲛(0.57)、小黄鱼-斑尾刺虾虎鱼(0.46)、小黄鱼-拉氏狼牙虾虎鱼(0.58); 重叠值大于 0.60 的鱼种对有 36 个, 占总种对数的 80%, 重叠值前 3 位均是与花鲈组成的鱼种对, 重叠值最大的种对是花鲈-斑尾刺虾虎鱼(0.98), 其次依次为花鲈-四指马鲛(0.97)、花鲈-棱鲛(0.96)。

表 5 为长江口盐沼湿地鱼类优势种的时空生态位重叠值, 其取值范围介于 0~0.90, 重叠值小于 0.30 的鱼种对有 12 个, 占总种对数的 26.67%, 其中与小黄鱼组成的鱼种对有 8 个, 与四指马鲛组成的鱼种对有 4 个, 重叠值最小的鱼种对为小黄鱼-四指马鲛(0.00); 重叠值大于 0.30 的鱼种对有 33 个, 大于 0.60 的鱼种对有 22 个, 占总种对数的 48.89%, 重叠值前 3 位的鱼种对依次为棱鲛-拉氏狼牙虾虎鱼(0.90)、鲟-花鲈(0.87)、棱鲛-斑尾刺虾虎鱼(0.86)。

表 5 长江口盐沼湿地鱼类优势种的时空生态位宽度重叠
Tab. 5 Niche overlap of the dominant fishes in saltmarshes of the Yangtze Estuary

代码 code	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a	1									
b	0.65	1								
c	0.63	0.71	1							
d	0.59	0.67	0.70	1						
e	0.70	0.54	0.40	0.58	1					
f	0.46	0.53	0.57	0.87	0.64	1				
g	0.17	0.03	0.07	0.26	0.27	0.43	1			
h	0.45	0.28	0.19	0.21	0.77	0.24	0.00	1		
i	0.57	0.71	0.48	0.74	0.86	0.78	0.20	0.61	1	
j	0.80	0.66	0.65	0.78	0.90	0.78	0.29	0.63	0.85	1

注: a. 刀鲚; b. 餐鱼; c. 光泽黄颡鱼; d. 鲟; e. 棱鲛; f. 花鲈; g. 小黄鱼; h. 四指马鲛; i. 斑尾刺虾虎鱼; j. 拉氏狼牙虾虎鱼。

Note: a. *Coilia nasus*; b. *Hemiculter leucisculus*; c. *Pelteobagrus nitidus*; d. *Liza haematocheila*; e. *Liza carinatus*; f. *Lateolabrax maculatus*; g. *Larimichthys polyactis*; h. *Eleutheronema tetradactylum*; i. *Acanthogobius ommaturus*; j. *Odontamblyopus rubicundus*.

3 讨论

3.1 优势种拥挤度与集群习性

平均拥挤度反映的是区域内鱼类的资源数量

及其分布情况^[26]。在春、夏季节, 鲟(97.26%)、花鲈(97.61%)和小黄鱼(100%)的当年生稚幼鱼大量滞留在盐沼湿地进行索饵育幼, 且其分布较为集中, 因此该时期这 3 个鱼类优势种的平均拥挤度较高。在秋季, 盐沼湿地水温降低, 绝大部分鱼类优势种离开盐沼湿地向水深较深的潮下带迁移^[19], 导致该区域平均拥挤度降低。

3.2 生态位分析

时间生态位宽度值用以度量物种在调查水域出现的时间^[27], 反映了物种在调查水域出现时间的长短^[28]。本研究中, 拉氏狼牙虾虎鱼是时间生态位宽度值最大的物种, 该物种在 6 个月的调查中均有出现, 且月间种群数量差异较小, 此结果可能与其定居河口的生态习性相关^[19]。小黄鱼是时间生态位宽度值最小的物种, 在 6 个月份调查中, 仅出现在 5 月(366 ind)和 6 月(19 ind)。其他 8 个鱼类优势种在各月调查中均有出现, 但其月间生物量分布不均匀, 存在某个月份暴发式出现现象^[11], 如斑尾刺虾虎鱼对河口湿地的利用呈现季节性, 长江口群体于 3—5 月产卵, 寿命为 1 年, 冬季洄游至深水区越冬, 而在冬春季月份出现数量较低^[29]; 四指马鲛全部采集于夏末(12.73%)及秋季(87.27%), 而在 5—7 月未出现; 光泽黄颡鱼集中出现在春夏季节, 而在秋季未出现, 因而这些优势种的时间生态位宽度相对不高。这可能与某些种类的洄游习性和生态习性相关, 温度、盐度的变化也是影响鱼类分布的重要因素^[30-31]。

空间生态位宽度值用以度量物种在调查水域的分布范围及均匀程度^[27], 反映的是物种在调查水域分布的范围大小及均匀程度^[28]。本研究中, 10 个鱼类优势种中有 8 个优势种空间生态位宽度值大于 1, 表明大部分种类在各站点的分布广泛且均匀。其中, 棱鲛的空间生态位宽度最大, 表明其在长江口盐沼湿地的空间分布范围广泛且最为均匀; 仅有餐鱼和小黄鱼的空间生态位宽度小于 1。餐鱼虽在本研究各站点中均有出现, 但其数量分布不均匀(2~188 ind), 表明鱼类优势种在长江口盐沼湿地的分布及均匀度存在一定的差异。

时空生态位宽度用以度量不同时间、不同空间物种对栖息水域的资源利用状况^[27]。本研究中,

时间生态位宽度大的物种,其空间生态位宽度也比较大(表 1),如棱鲮和拉氏狼牙虾虎鱼的时空生态位宽度值大于 2,这两个优势种是长江口的河口定居型鱼类^[19],在时间和空间上对盐沼湿地的利用能力较强,其集群特征不甚明显。同时,时间生态位宽度小的物种,其空间生态位宽度也比较小(表 1),时空生态位宽度值小于 1 的优势种有餐鱼和小黄鱼,如小黄鱼的时空生态位宽度值最小(0.11),其仅在 5—6 月出现,且在调查站位中出现频率较低,表明小黄鱼在时间与空间上对盐沼湿地的利用程度较低、利用范围集中。其他几个鱼类优势种时间生态位宽度和空间生态位宽度相差不大,因调查时间正处于鱼类产卵育幼期间,这些当年生稚幼鱼聚集在盐沼湿地进行索饵,在时间和空间维度上都比较均匀。

聚类分析将长江口盐沼湿地的鱼类优势种分成 4 组,各组由生态习性相似、生存竞争能力相似、对盐沼湿地利用程度相似的鱼类优势种组成^[11]:第 1 组是时空生态位最小的小黄鱼和餐鱼,它们仅在个别月份出现,故其时间、空间的分布极不均匀;第 2、3 组鱼类优势种的时空生态位较大,分布范围较广,但这些种类易受水温、盐度的影响;第 4 组鱼类优势种(拉氏狼牙虾虎鱼和棱鲮)生态位最大,广泛分布在长江口盐沼湿地,对长江口盐沼湿地环境变化的耐受力最高,生存竞争能力最强。

3.3 生态位重叠分析

生态位宽度和生态位重叠值是影响物种多样性及群落结构的重要因素^[32]。群落中复杂的生态关系使各种群对某些资源有着共同需求,使不同种群的生态位之间存在不同程度的重叠^[33]。生态位重叠反映了不同物种对资源利用的相似程度,表现为物种间潜在的竞争关系^[34]。时间生态位重叠反映了不同物种对资源利用在时间上的相似程度^[35]。本研究中,长江口盐沼湿地鱼类优势种的时间生态位重叠值普遍较高,其中重叠值大于 0.60 的鱼种对占总种对数的 75.56%,属显著重叠,证实了长江口盐沼湿地具有育幼生境功能。长江口盐沼湿地属于河口生态系统,是大多数鱼类进

行产卵、育幼的重要场所^[36],鱼类组成具季节变化特征^[37]。本研究调查结果与之相符,采集到的绝大部分属于稚幼鱼,虽各季节种类组成相似,但不同季节鱼类种类的丰富度和生物量存在明显的时间差异。本研究中,时间生态位宽度最小的优势种,是在时间上分布最不均匀的物种,也是与其他优势种时间生态位重叠都比较小的物种,如小黄鱼在春季渔获量极高,而在其他调查月份渔获仅数尾,或者完全不出现。而拉氏狼牙虾虎鱼的时空生态位宽度最大,同时与其他优势种,如鲮、棱鲮、花鲈、斑尾刺虾虎鱼,组成的鱼种对时间生态位重叠度也较大。这些时间生态位重叠较大的鱼种对,大多是河口定居型鱼类;时间生态位重叠值较小的鱼种对,多是具洄游习性的鱼类。说明在时间生态位宽度、时间生态位重叠度这两个指数能够反映出群落中物种对栖息生境利用的时间差异。

空间生态位重叠反映的是不同物种对资源利用在空间上的相似程度^[34]。一般认为,空间生态位宽度较大的物种对空间资源的利用能力较强,其分布范围也较为广泛,因此与其他物种的重叠度也比较高^[16]。空间生态位重叠值较大的鱼种对,不仅反映了这些鱼类对同种空间利用的相似程度,有时也与这些鱼类的食性相似有关。本研究中,花鲈与斑尾刺虾虎鱼和四指马鲛组成的鱼种对,重叠值分别达到 0.98 和 0.97,这与三者均摄食白虾、鱼类,具有相似的食性有关^[6, 19],产生了食物竞争关系。同时,该结果与闽江口鱼种对六指马鲛—六丝钝尾虾虎鱼的结果相一致^[15]。在本研究中,80%鱼种对的空间生态位重叠值具显著重叠意义,说明长江口盐沼湿地鱼类在空间分布上具有相似性;另一方面,也说明了长江口盐沼湿地作为鱼类的育幼场所,为大部分鱼类提供了相似的食物来源。

鱼类群落中不同物种对时间和空间的利用方式及利用程度不同,物种通过平衡对时间和空间的利用来实现共存。在长江口盐沼湿地,丰富的初级生产力为盐沼生境提供了大量的有机物来源,为前来盐沼进行索饵育幼的鱼类提供了丰富的食

物资源^[5]。因此,在长江口盐沼湿地,73.33%鱼种对的时空生态位重叠值具有重叠意义,但达到显著重叠意义的鱼种对不足 50%,反映了盐沼湿地鱼类优势种在时间和空间上的利用方式具较高相似度。

本研究以生态位来评估长江口盐沼湿地鱼类群落在时间和空间尺度上的变化情况,但随着时间变化,盐沼湿地水温和盐度会发生改变,鱼类摄食习性与活动范围也随之改变。另外,在今后的研究中,需结合营养生态位进行深入研究。

参考文献:

- [1] Hutchinson G E. Concluding remarks[J]. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 1957, 22: 415-427.
- [2] Albrecht M, Gotelli N J. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants[J]. *Oecologia*, 2001, 126(1): 134-141.
- [3] Herder F, Freyhof J. Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage[J]. *Journal of Fish Biology*, 2006, 69(2): 571-589.
- [4] Sá-Oliveira J C, Angelini R, Isaac-Nahum V J. Diet and niche breadth and overlap in fish communities within the area affected by an Amazonian reservoir (Amapá, Brazil)[J]. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 2014, 86(1): 383-405.
- [5] Cheng J S. The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea[J]. *Marine Fisheries Research*, 2000, 21(3): 1-8. [程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 1-8.]
- [6] Zhang G L, Zhang J T. Niche analysis of dominant species in Shenweigou of Guandi Mountain[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2002, 20(3): 203-208. [张桂莲, 张金屯. 关帝山神尾沟优势种生态位分析[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(3): 203-208.]
- [7] Bai X H, Zhang J T. Niche analysis of dominant species of forest community in Xiaowutai Mountain, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(12): 3815-3826. [白晓航, 张金屯. 小五台山森林群落优势种的生态位分析[J]. 应用生态学报, 2017, 28(12): 3815-3826.]
- [8] Hu Q, Xu L W, Xie D F, et al. Analysis of composition and ecological habits of common terrestrial birds in village and farmland, Jiangxi Province[J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2013, 41(6): 29-31. [胡青, 徐璐婉, 谢登峰, 等. 江西村庄农田常见陆生鸟类组成与生态习性分析[J]. 江西林业科技, 2013, 41(6): 29-31.]
- [9] Zhang S Y, Wu D, Guo X G, et al. Research on ecological niche of fleas on small mammals of 19 counties in Yunnan, China[J]. *Acta Parasitologica et Medica Entomologica Sinica*, 2008, 15(4): 233-237. [张胜勇, 吴滇, 郭宪国, 等. 云南省 19 县市小兽体表蚤类的生态位研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2008, 15(4): 233-237.]
- [10] Li X S, Yu Z H, Sun S, et al. Ecological niche breadth and niche overlap of dominant species of fish assemblage in Yangtze River estuary and its adjacent waters[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(8): 2353-2359. [李显森, 于振海, 孙珊, 等. 长江口及其毗邻海域鱼类群落优势种的生态位宽度与重叠[J]. 应用生态学报, 2013, 24(8): 2353-2359.]
- [11] He X B, Li J, Shen C, et al. The breadth and overlap of ecological niche of major fish species in the Minjiang River Estuary, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(9): 3085-3092. [何雄波, 李军, 沈忱, 等. 闽江口主要渔获鱼类的生态位宽度与重叠[J]. 应用生态学报, 2018, 29(9): 3085-3092.]
- [12] Ding L L, Yang H, Dai X J, et al. Niche analysis of dominant species of fishery resources in Zhejiang Ouferi reclamation area[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, 25(1): 116-123. [丁丽丽, 杨红, 戴小杰, 等. 浙江瓯飞围填海区渔业资源优势种生态位分析[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(1): 116-123.]
- [13] Sheaves M, Baker R, Nagelkerken I, et al. True value of estuarine and coastal nurseries for fish: Incorporating complexity and dynamics[J]. *Estuaries and Coasts*, 2015, 38(2): 401-414.
- [14] Quan W M. Food web analysis of salt marshes of the Yangtze River Estuary by using stable isotopes[D]. Shanghai: Fudan University, 2007: 29-44. [全为民. 长江口盐沼湿地食物网的初步研究: 稳定同位素分析[D]. 上海: 复旦大学, 2007: 29-44.]
- [15] Jin B S. Temporal and spatial distribution patterns of fish diversity in salt marsh creeks of the Yangtze River Estuary[D]. Shanghai: Fudan University, 2010: 56-68. [金斌松. 长江口盐沼潮沟鱼类多样性时空分布格局[D]. 上海: 复旦大学, 2010: 56-68.]
- [16] Gong X L, Zhang X Y, Zhu M, et al. Fish species composition and diversity in intertidal creek of Jiuduansha wetland in the Yangtze River estuary[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2011, 20(4): 517-524. [龚小玲, 张晓懿, 朱敏, 等. 长江口九段沙湿地潮沟鱼类组成及其多样性[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(4): 517-524.]
- [17] Jin B S, Fu C Z, Zhong J S, et al. Fish utilization of a salt marsh intertidal creek in the Yangtze River estuary, China[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, 73(3-4): 844-852.
- [18] Rountree R A, Able K W. Spatial and temporal habitat use patterns for salt marsh nekton: implications for ecological

- functions[J]. *Aquatic Ecology*, 2007, 41(1): 25-45.
- [19] Zhuang P, Wang Y H, Li S F, et al. *Fishes of the Yangtze Estuary*[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2006. [庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.]
- [20] Pianka E R. The structure of lizard communities[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4(1): 53-74.
- [21] Lloyd. Improvements in or relating to fuel element end closure[J]. *Journal of Environmental Health*, 1967, 70(10): 40-46.
- [22] Shannon C E, Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*[M]. Chicago: University of Illinois Press, 1971.
- [23] Dolédec S, Chessel D, Gimaret-Carpentier C. Niche separation in community analysis: A new method[J]. *Ecology*, 2000, 81(10): 2914-2927.
- [24] Krebs C J. *Ecological Methodology*[M]. New York: Harper & Row Publishers, 1999.
- [25] May R M. Some notes on estimating the competition matrix, a[J]. *Ecology*, 1975, 56(3): 737-741.
- [26] Wang Y Q, Wang J, Xue Y, et al. Width and overlap of spatial and temporal ecological niches for main fish species in the Yellow River estuary[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(5): 938-948. [王雨群, 王晶, 薛莹, 等. 黄河口水域主要鱼种的时空生态位宽度和重叠[J]. 中国水产科学, 2019, 26(5): 938-948.]
- [27] Li R, Li S C, Tian R J. Structure and niche of spider community in vegetable field[J]. *Acta Arachnologica Sinica*, 2007, 16(2): 116-120. [李锐, 李生才, 田瑞钧. 菜田蜘蛛群落组成及生态位分析[J]. 蛛形学报, 2007, 16(2): 116-120.]
- [28] Yu Z H, Jin X S, Li X S. Analysis of ecological niche for major fish species in the central and southern Yellow Sea[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(6): 1-8. [于振海, 金显仕, 李显森. 黄海中南部主要鱼种的生态位分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 1-8.]
- [29] Zhang H, Ye J Y, Zhang Y Y, et al. Subhabitat selection and differences of diet composition for *Acanthogobius ommaturus* in the Dongtan wetland of the Yangtze estuary, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(3): 945-952. [张衡, 叶锦玉, 张瑛瑛, 等. 长江口东滩湿地斑尾刺虾虎鱼的栖息亚生境选择和食性差异[J]. 应用生态学报, 2018, 29(3): 945-952.]
- [30] Wang X L, Xu B D, Ji Y P, et al. Fish community structure and its relationships with environmental factors in Haizhou Bay and adjacent waters of East China in winter[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(6): 1707-1714. [王小林, 徐宾铎, 纪毓鹏, 等. 海州湾及邻近海域冬季鱼类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1707-1714.]
- [31] Huang D L, Wu Z Q, Huang L L, et al. Temporal variation of fish community and correlation with environmental variables in Qinzhou harbor mangroves[J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 2013, 33(3): 454-460. [黄德练, 吴志强, 黄亮亮, 等. 钦州港红树林鱼类群落时间变化格局及其与潮差等环境因子关系[J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(3): 454-460.]
- [32] Wu D L, Zhang J T, Wang C Y, et al. Niche characteristic of dominant species in the national protected plant, *Glycine soja* Sieb. et Zucc. community[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2009, 17(2): 166-173. [吴东丽, 张金屯, 王春乙, 等. 野生大豆群落主要种群生态位特征研究[J]. 草地学报, 2009, 17(2): 166-173.]
- [33] Li J L, Zhang J T, Guo X Y. Study on niche of dominant species of subalpine scrubland and meadow community in Guandi Mountains[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(12): 2081-2088. [李军玲, 张金屯, 郭道宇. 关帝山亚高山灌丛草甸群落优势种群的生态位研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2081-2088.]
- [34] Wang G M, Zhou Q Q, Zhong W Q. Trophic niches of four species of common small mammals in Inner Mongolia grassland and their relationships[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(1): 71-76. [王桂明, 周庆强, 钟文勤. 内蒙古典型草原 4 种常见小哺乳动物的营养生态位及相互关系[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 71-76.]
- [35] Guo T Y, Xu R M. Study on time niche among the ectoparasites of the rodent in Dongling Mountain in Beijing[J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2003, 14(1): 30-32. [郭天宇, 许荣满. 北京东灵山地区鼠类体外寄生虫时间生态位的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(1): 30-32.]
- [36] Quan W M, Ni Y, Shi L Y, et al. Utilization of tidal creek habitat by the nektons in a newly formed salt marsh at Yangtze River estuary[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(3): 560-564. [全为民, 倪勇, 施利燕, 等. 游泳动物对长江口新生盐沼湿地潮沟生境的利用[J]. 生态学杂志, 2009, 28(3): 560-564.]
- [37] Zhang X Y. The anniversary changes of primary productivity, fish diversity and the assessment of carbon sequestration capacity of phytoplankton in Jiuduansha wetland[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013:18-31. [张晓懿. 九段沙湿地鱼类多样性和初级生产力的周年变化及浮游植物固碳能力的评估[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013: 18-31.]

Characteristics of spatial and temporal ecological niches of the dominant species of fish assemblages in the saltmarsh wetlands of the Yangtze Estuary

MIAO Zhongbo^{1,2}, WANG Sikai^{2,3,4}, PENG Biaobiao^{1,2}, ZHAO Feng^{1,2,3,4}, ZHUANG Ping^{2,3,4}

1. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
3. Key Scientific Observing and Experimental Station of Fisheries Resources and Environment in the Yangtze River Estuary and East China Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200090, China;
4. Shanghai Engineering Research Center of Fisheries Stock Enhancement and Habitat Restoration of the Yangtze Estuary, Shanghai 200090, China

Abstract: The ecological niche is widely used to study species relationships, biodiversity, and community structures. It is also an important method to evaluate inter- and intra-species competition and the status of a population in the community. To understand the community structure and interspecific relationships of fishes in the saltmarsh wetlands of the Yangtze Estuary (YE), this research examined the IRI (index of relative importance), mean clumping index, niche breadth, and niche overlap in the YE using fyke net data from May to October 2019. Ten dominant fish species were collected in three seasons, among which *Liza haematocheila*, *Lateolabrax maculatus*, and *Odontamblyopus rubicundus* were three co-dominant species. Among the 10 dominant fishes, the temporal niche breadth varied from 0.11 to 1.70; *Odontamblyopus rubicundus* (1.70) had the highest temporal niche breadth, and *Larimichthys polyactis* (0.11) had the lowest. The spatial niche breadth varied from 0.57–1.53; *Liza carinatus* (1.53) had the highest spatial niche breadth, and *Larimichthys polyactis* (0.57) had the lowest. The temporal niche overlap of the dominant fishes varied from 0 to 0.99; 34 species pairs (75.56%) overlapped, while 6 species pairs (13.33%) did not overlap. The spatial niche overlap varied from 0.20 to 0.98; 36 species pairs (80.00%) overlapped, but 2 species pairs (4.44%) did not. The temporal and spatial niches of the dominant fishes in the salt marsh wetlands had distinct seasonal dynamics. Most of the species pairs had spatiotemporal niche overlap (73.33%), and 48.89% of the species pairs reached significant ecological niche overlap, indicating similarities in the spatiotemporal distributions of the dominant fishes in the saltmarsh wetlands. However, competition for the spatial and temporal resources was not the decisive factor affecting the community structure. In conclusion, this research suggests similar spatial and temporal distributions for the dominant fishes in the saltmarsh wetlands, reflecting the competitive relationships between fishes for the utilization of the temporal and spatial resources. Nonetheless, this competition did not affect the fish community structure. The differences in resource utilization may be related to the individual fishes' habits and environment. Further studies of the trophic niches of fish in the saltmarsh wetlands of the Yangtze Estuary are required to better understand the mechanisms of fish habitat selection and biodiversity maintenance.

Key words: dominant species; ecological niche; saltmarsh wetland; the Yangtze Estuary

Corresponding author: ZHAO Feng. E-mail: zhaof@ecsf.ac.cn

附表 1 长江口盐沼湿地调查研究中捕获的鱼类
Appendix 1 Fish caught in the investigation in saltmarshes of the Yangtze Estuary

种类 species	春季 spring			夏季 summer			秋季 autumn		
	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI
鳗鲡科 Anguillidae									
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	2	345.93	215.94	1	65.71	6.68			
锯腹鳗科 Pristigasteridae									
鳗 <i>Ilisha elongata</i>							1	0.33	2.66
鲢科 Engraulidae									
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	7	102.62	118.97	259	899.66	774.19	67	455.77	1452.35
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>				1	0.76	0.49	1	2.06	2.92
亚口鱼科 Catostomidae									
胭脂鱼 <i>Myxocyprinus siaticus</i>				3	4.35	3.33			
鲤科 Cyprinidae									
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>				13	20.75	14.77	1	740.77	111.12
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>							2	36.95	21.29
餐鱼 <i>Hemiculter leucisculus</i>	5	60.33	73.10	257	67.23	680.00	4	3.82	33.08
贝氏餐鱼 <i>Hemiculter bleekeri</i>	2	20.27	17.14	27	57.40	83.53	4	8.90	35.31
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>				8	330.25	104.46	1	74.51	13.53
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	2	30.61	23.45	5	41.34	24.09			
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>				1	1047.20	401.11			
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>				4	5.77	8.86			
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>				1	1.92	0.60	1	0.89	2.75
长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>				21	186.96	79.70	2	65.33	29.60
中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>				1	0.77	0.49			
鲫 <i>Carassius auratus</i>	2	50.35	35.50	15	1064.15	215.44			
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>				4	4.98	2.14			
鳊鲂科 Plotosidae									
线纹鳊鲂 <i>Plotosus lineatus</i>				104	392.51	242.10	1	9.03	3.94
鲮科 Bagridae									
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	43	813.37	1497.30	4	4.75	2.12			
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>							1	6.04	3.50
海鲇科 Ariidae									
丝鳍海鲇 <i>Arius arius</i>							9	83.89	35.84
银鱼科 Salangidae									
有明银鱼 <i>Salanx ariakensis</i>				8	6.41	7.88			
狗母鱼科 Synodontidae									
龙头鱼 <i>Bombay duck</i>				5	58.19	15.26	11	53.84	146.67
鲮科 Mugilidae									
鲮 <i>Liza haematocheila</i>	219	61.26	1676.48	989	1084.48	3089.30	34	325.40	683.10
棱鲮 <i>Liza carinatus</i>	1	25.88	9.09	50	260.70	273.98	43	810.86	1156.37
鲮科 Hemiramphidae									
间下鲮 <i>Hyporhamphus intermedius</i>							1	2.63	3.00
花鲮科 Cyprinodontidae									
食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i>				1	1.29	0.54			

(待续 to be continued)

(续附表 1 Appendix 1 continued)

种类 species	春季 spring			夏季 summer			秋季 autumn		
	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI	数量 quantity	重量 weight	相对重要性指数 IRI
花鲈科 Lateolabracidae									
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	647	2942.58	10010.50	1106	6645.61	6563.23	43	3777.93	3329.32
鱈科 Sillaginidae									
多鳞鱈 <i>Sillago sihama</i>							1	1.71	2.87
鲷科 Leiognathidae									
小鞍斑鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>				1	0.11	0.43			
鲷科 Sparidae									
黑鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>							1	101.69	17.51
马鲛科 Polynemidae									
四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>				7	30.41	11.62	48	412.08	1115.68
六线鱼科 Hexagrammidae									
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	2	0.46	5.04	2	0.14	0.85			
石首鱼科 Sciaenidae									
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	366	242.87	1529.54	19	36.97	22.86			
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>				26	73.12	35.58	9	61.23	130.07
鲈 <i>Miichthys miiuy</i>							16	51.01	148.00
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>				90	284.65	193.76	21	46.73	247.16
鲷科 Theraponidae									
细鳞鲷 <i>Therapon jarbua</i>							2	27.69	18.58
虾虎鱼科 Gobiidae									
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	20	2.65	98.47	584	2535.69	2908.64	90	2816.76	3888.31
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>				1	1.38	0.55			
阿部鲷虾虎鱼 <i>Mugilogobius abei</i>	6	5.20	17.46				3	0.31	15.79
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	20	128.31	188.92	78	586.96	265.27	10	103.19	165.11
大鳍弹涂鱼 <i>Periophthalmus magnuspinnatus</i>	18	62.93	81.27	18	45.63	23.68	13	32.25	77.47
弹涂鱼 <i>Periophthalmus modestus</i>				29	12.26	39.70	20	23.34	222.99
青弹涂鱼 <i>Scartelaos histophorus</i>				1	2.33	0.64	6	2.51	32.13
纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigenocephalus</i>				4	3.69	4.03			
髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	1	1.65	1.69	12	8.13	17.30	1	20.01	5.55
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	30	305.74	516.15	215	1460.32	1372.24	94	240.85	1687.33
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>							9	7.79	74.07
棕刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius luridus</i>	1	2.88	2.07						
金钱鱼科 Catophagidae									
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>							1	8.83	3.91
舌鳎科 Cynoglossidae									
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	6	254.38	339.15	2	78.46	8.31	9	20.14	26.50
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>							20	677.66	454.76
紫斑舌鳎 <i>Cynoglossus purpureomaculatus</i>							29	136.35	191.70
短舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>							1	41.12	8.64
鲷科 Tetraodontidae									
暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>				5	59.28	15.47	5	86.51	77.26