

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2019.18189

黄河口水域主要鱼种的时空生态位宽度和重叠

王雨群¹, 王晶¹, 薛莹¹, 张崇良¹, 徐宾铎¹, 任一平^{1,2}

1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266237

摘要: 生态位在研究群落结构、种间关系和生物多样性等方面具有重要作用。为深入了解黄河口水域鱼类群落结构和种间关系, 本研究根据 2013—2014 年在黄河口水域进行的 7 个航次的渔业资源底拖网调查数据, 应用平均拥挤度、生态位宽度和生态位重叠值等指数研究了该水域 12 种鱼类的时空生态位宽度和重叠特征。结果表明, 黄河口水域主要鱼种时间生态位宽度变化范围为 0~1.53, 其中矛尾虾虎鱼(*Chaemrichthys stigmatias*)和方氏云鲷(*Enedrias fangi*)时间生态位宽度值较高, 安氏新银鱼(*Neosalanx anderssoni*)和鲮(*Liza haematocheila*)较低。主要鱼种空间生态位宽度具有明显季节变化。所有鱼种间的平均空间生态位重叠值也有着明显的季节差异。生态位宽度和重叠值与各鱼种数量、分布、生态习性和生境状况密切相关, 反映了该海域不同鱼种对生境资源的不同利用能力。

关键词: 黄河口; 平均拥挤度; 生态位宽度; 生态位重叠

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2019)05-0938-11

生态位理论最早被 Grinnell^[1-2]提出并定义, 之后 Elton^[3]和 Hutchinson^[4]相继提出了营养生态位、多维超体积生态位等理论, 使生态位理论得到了完善和发展, 在研究群落结构和功能、群落种间关系、生物多样性等方面具有广泛应用。

目前, 国内外应用生态位方法对生物群落结构的研究已开展较多。相关学者从时空生态位、食物生态位等角度分析近岸鱼类群落的种内以及种间竞争状况^[5-6]。Gutiérrez 等^[7]应用广义加性模型等生态位数学模型研究表明, 蹲龙虾(*Pleuroncodes monodon*)与秘鲁鳀(*Engraulis ringens*)的生态位相似。国内学者运用生态位方法开展了陆生生物群落结构^[8-9]和海洋鱼类群落结构^[10-12]等研究。于振海等^[10]研究表明生态位宽度更能全面反映物种生物量在不同尺度上的均匀度和变化情况; 李显森等^[11]认为, 长江口及毗邻海域优势鱼种的生态位具有明显的季节性变化和空间移动趋势; 胡成

业等^[12]分析了浙江七星列岛海洋特别保护区主要鱼类的生态位, 表明保护区鱼类群落营养结构和空间结构较好。

黄河口作为咸淡水交汇处, 为各种海洋渔业生物提供了适宜的生存环境, 是多种经济渔业生物种类的产卵场、索饵场和育幼场^[13-15]。短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)、方氏云鲷(*Enedrias fangi*)和矛尾虾虎鱼(*Chaemrichthys stigmatias*)等种类为黄河口水域主要种, 其数量分布和变动影响该海域鱼类群落结构及其变化^[16]。目前, 关于黄河口及其邻近水域鱼类的研究主要集中在群落组成、群落结构及其与环境因子的关系等方面^[16-18], 而黄河口鱼类生态位研究尚未有相关报道。

本研究根据黄河口水域鱼类资源调查数据, 研究了该水域主要鱼种的时空生态位及其变化, 以期深入了解该水域鱼类群落结构及种间关系, 为黄河口渔业资源养护和科学管理提供参考依据。

收稿日期: 2018-09-26; 修订日期: 2019-03-08.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFE0104400); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303050).

作者简介: 王雨群(1993-), 硕士研究生, 主要从事渔业资源生态学研究. E-mail: 15589852903@163.com

通信作者: 徐宾铎, 副教授, 主要从事渔业资源与生态学研究. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 数据来 源

本研究数据来源于 2013 年 6—8 月、10 月和 2014 年 2 月、4—5 月在黄河口水域进行的渔业资源底拖网调查。调查海域范围为 119°00′~119°36′E, 36°30′~38°12′N。站位设置以黄河入海口为中心设 5 个断面 18 个站位; 在黄河口南部海域设 6 个站位, 共计 24 个站位(图 1)。调查船只功率 260 kW, 网口周长 30.6 m, 拖曳时网口宽度约 8 m, 囊网网目 20 mm。原则上每站位拖网时间 0.5 h, 拖速 3 kn。

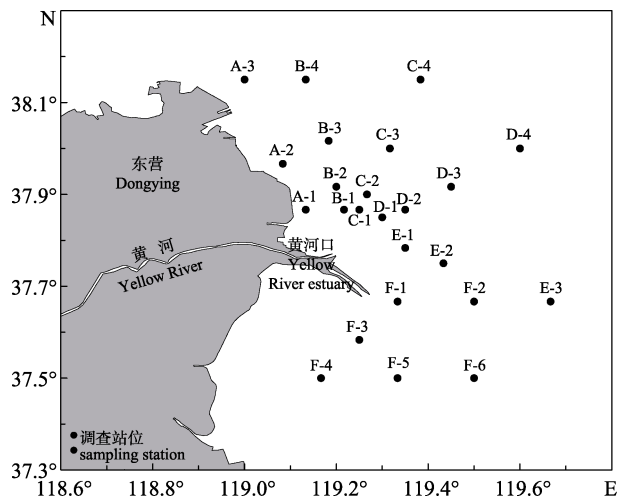


图 1 黄河口水域渔业资源底拖网调查站位

Fig. 1 Sampling stations for fish resources by bottom trawl in the Yellow River estuary

渔获物全部带回实验室, 参照《海洋调查规范》^[19]进行生物学测定和分析处理。各站位调查数据为拖速 3 kn、拖网时间 1 h 的单位网次渔获重量和渔获尾数。

1.2 分析方 法

1.2.1 主要鱼种选取 采用重量百分比法^[20]确定各季节主要种, 并结合翟璐等^[16]的研究成果, 将所捕获鱼类重量百分比(W%)大于 3%的种类确定为主要种(表 1)。黄河口水域鱼类优势种主要包括安氏新银鱼(*Neosalanx anderssoni*)、斑鲮(*Konosirus punctatus*)、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、赤鼻棱鲮(*Thrissa kammalensis*)、短吻红舌鲷、方氏云鲷、黄鲫(*Setipinna taty*)、六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)、矛尾虾虎鱼、青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、鲛(*Liza haematocheila*)和鲚(*Engraulis japonicus*)等。本文主要分析上述主要鱼种的时空生态位宽度和重叠情况。

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。平均拥挤度计算公式如下^[21]:

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

式中, x 为某种类各调查站位单位网次渔获尾数平均数; S^2 为方差。平均拥挤度越高, 说明该物种的聚集强度越高, 分布范围比较狭窄且集中。

表 1 黄河口水域主要鱼种组成及所占质量百分比

Tab. 1 The main fish species in terms of biomass percentage in the Yellow River estuary

种类 species	重量百分比 percentage of weight				
	全年 year	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	春季 spring
矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i>	11.40	10.15	10.45	14.97	13.19
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	8.60	9.54	8.18	5.44	8.42
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	4.34	3.08			12.09
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	4.34	4.77	7.73		
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	4.26		5.00	14.29	
赤鼻棱鲮 <i>Thrissa kammalensis</i>	3.95	4.92	6.82		
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	3.80		7.73		6.23
斑鲮 <i>Konosirus punctatus</i>	3.49	4.15	7.27		
安氏新银鱼 <i>Neosalanx anderssoni</i>	3.02			16.33	5.49
鲚 <i>Engraulis japonicus</i>			3.18		
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>		3.38	6.36		
鲛 <i>Liza haematocheila</i>				12.24	

1.2.3 生态位宽度和重叠 生态位宽度指数应用 Shannon-Wiener 公式^[22]计算:

$$B_i = -\sum_{j=1}^R P_{ij} \ln P_{ij}$$

生态位宽度反映了物种利用资源的能力和多样性的能力,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]。

生态位重叠指数反映了不同物种对资源利用程度在空间、时间维度上的相似程度,生态位重叠指数应用 Pianka 公式计算^[24]:

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

式中, $P_{ij} = n_{ij}/N_{ij}$, 它代表种 i 在第 j 个资源状态下的个体数占该种所有个体数的比例,其中在计算时间生态位宽度、时间生态位重叠时, j 表示某个调查月份;在计算空间生态位宽度、空间生态位重

叠时, j 表示某个调查站位。 R 为总站位数或总调查月份次数。 Q_{ik} 为生态位重叠指数,其值介于 0~1 之间,其值越大代表物种生态位重叠越高,当 $Q_{ik} > 0.6$ 时,视为显著重叠^[25]。

对黄河口水域主要鱼种间的空间生态位重叠值进行等级聚类分析,研究黄河口主要鱼类种间空间生态位重叠相似性。

2 结果与分析

2.1 平均拥挤度

根据平均拥挤度指数的大小,不同鱼种聚集强度具有较大差异,其中鳀、青鳞小沙丁鱼、矛尾虾虎鱼和赤鼻棱鳀等鱼种的平均拥挤度较高。不同鱼种高聚集强度出现时间不同,除安氏新银鱼、方氏云鳎和鲛的平均拥挤度在冬、春季月份较高外,其他鱼种的平均拥挤度均在夏、秋季月份较高(表 2)。

表 2 黄河口水域主要鱼种空间平均拥挤度

Tab. 2 The spatial clumping index of the main fish species in the Yellow River estuary

种类 species	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	10月 Oct.	2月 Feb.	4月 Apr.	5月 May
安氏新银鱼 <i>Neosalanx anderssoni</i>	0	0	0	0	809.4	32.1	1.5
斑鲮 <i>Konosirus punctatus</i>	12.0	40.8	236.1	137.1	0	0	23.5
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	-0.4	22.3	47.4	23.0	41.0	2.8	0.2
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>	1240.2	7.0	1401.2	900.6	0	0	7.0
短吻红舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	72.7	240.4	670.0	10.5	3.0	35.8	5.9
方氏云鳎 <i>Enedrias fangi</i>	7.3	3.0	4.1	0	0.3	11.4	5.8
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	90.7	1.0	432.3	34.7	0	0	9.4
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	0.4	1.6	99.5	250.6	0	8.1	55.8
矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i>	5923.1	6736.9	1255.9	394.6	58.8	28.7	5.4
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	103.8	13271.2	440.4	1760.6	0.0	4.3	0
鲛 <i>Liza haematocheila</i>	0	0	0	0	46.5	0	0
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	-0.1	1568.2	10554.3	1595.6	0	1.4	20.9

2.2 主要鱼种时空生态位宽度

表 3 为黄河口水域不同月份主要鱼种的空间生态位宽度。同种鱼类的空间生态位宽度呈现明显月变化。安氏新银鱼、斑尾刺虾虎鱼和鲛的空间生态位宽度在冬季月份明显高于其他月份。斑鲮和赤鼻棱鳀的空间生态位宽度月变化较大,且均为在夏季月份较高。短吻红舌鳎和矛尾虾虎鱼各月份的空间生态位宽度较高,短吻红舌鳎空间生态位宽度在夏、秋季月份高于其他月份,矛尾

虾虎鱼的空间生态位宽度最高值出现在冬季月份。方氏云鳎的空间生态位宽度变化范围较大,在春、夏季月份明显高于其他月份。黄鲫、六丝钝尾虾虎鱼和青鳞小沙丁鱼的空间生态位宽度在夏、秋季月份较高。

不同鱼种的空间生态位宽度也有较大差异。在夏季月份,斑鲮、短吻红舌鳎和矛尾虾虎鱼的空间生态位宽度较高,而安氏新银鱼、鲛和鳀的空间生态位宽度较低。在秋季月份,短吻红舌鳎、

矛尾虾虎鱼和黄鲫的空间生态位宽度较高。在冬季月份, 安氏新银鱼、矛尾虾虎鱼和鲮的空间生

态位宽度较高。在春季月份, 方氏云鲷和矛尾虾虎鱼的空间生态位宽度较高(表 3)。

表 3 黄河口水域主要鱼类的空间生态位宽度
Tab. 3 The spatial niche width of the main fish species in the Yellow River estuary

种类 species	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	10月 Oct.	2月 Feb.	4月 Apr.	5月 May
安氏新银鱼 <i>Neosalanx anderssoni</i>	0	0	0	0	2.71	1.65	1.52
斑鲮 <i>Konosirus punctatus</i>	2.11	1.28	1.32	1.82	0	0	0.56
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	0.67	1.20	1.38	1.72	2.49	1.85	0.00
赤鼻棱鲮 <i>Thrissa kammalensis</i>	1.15	0.00	2.00	1.15	0	0	1.17
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	2.59	2.16	1.65	2.50	1.88	1.38	1.99
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	2.36	1.17	0.00	0	1.03	2.40	2.58
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1.54	0.00	2.19	2.15	0	0	1.38
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	2.31	0.61	0.42	1.67	0	1.91	1.14
矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i>	1.89	2.29	2.06	2.14	2.75	2.37	2.40
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	0.17	0.01	2.01	1.32	0	0.00	0
鲮 <i>Liza haematocheila</i>	0	0	0	0	2.14	0	0
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	0.60	0.47	0.73	1.01	0	0.65	0.98

主要鱼种的时间生态位宽度变化范围在 0~1.53 之间, 其中矛尾虾虎鱼的时间生态位宽度最大; 方氏云鲷、斑尾刺虾虎鱼、短吻红舌鲷、黄鲫、斑鲮、青鳞小沙丁鱼的时间生态位宽度较高, 均超过 1.00; 赤鼻棱鲮、六丝钝尾虾虎鱼和鳀的时间生态位宽度较低; 安氏新银鱼和鲮的时间生态位最低, 分别为 0.13 和 0 (图 2)。

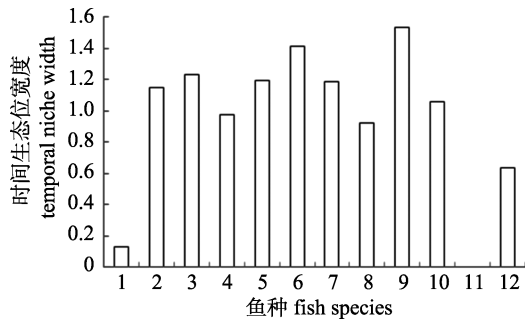


图 2 黄河口水域主要鱼种的时间生态位宽度

1. 安氏新银鱼; 2. 斑鲮; 3. 斑尾刺虾虎鱼; 4. 赤鼻棱鲮; 5. 短吻红舌鲷; 6. 方氏云鲷; 7. 黄鲫; 8. 六丝钝尾虾虎鱼; 9. 矛尾虾虎鱼; 10. 青鳞小沙丁鱼; 11. 鲮; 12. 鳀。

Fig. 2 The temporal niche width of the main fish species in the Yellow River estuary

1. *Neosalanx anderssoni*; 2. *Konosirus punctatus*;
3. *Acanthogobius ommaturus*; 4. *Thrissa kammalensis*;
5. *Cynoglossus joyneri*; 6. *Enedrias fangi*; 7. *Setipinna taty*;
8. *Amblychaeturichthys hexanema*; 9. *Chaemrichthys stigmatias*;
10. *Sardinella zunasi*; 11. *Liza haematocheila*;
12. *Engraulis japonicus*.

2.3 主要鱼种时空生态位重叠度

表 4 为黄河口水域各月份不同鱼种间的空间生态位重叠值。鱼种间的空间生态位重叠值呈现一定月变化。短吻红舌鲷和矛尾虾虎鱼的空间生态位重叠值在 0.22~0.86, 其中夏、秋季月份较高, 冬季月份较低。赤鼻棱鲮和短吻红舌鲷的空间生态位重叠值在 0~0.93, 其中夏季 7 月为 0.93, 春、冬季月份低。

各鱼种间的平均空间生态位重叠值表现出一定月变化。秋季月份鱼种间的平均空间生态位重叠值最高, 其次是春季月份和夏季月份, 冬季月份主要鱼种的平均空间生态位重叠值最低。在秋季月份, 安氏新银鱼和方氏云鲷与其他鱼种的空间生态位重叠值均极低, 黄鲫和斑尾刺虾虎鱼、黄鲫和矛尾虾虎鱼两个鱼种对的空间生态位重叠值最高。

等级聚类分析结果表明, 在空间生态位重叠值 15.27% 的相似性水平上, 黄河口水域主要鱼种对可分 5 组。其中第 1 组鱼种对只有安氏新银鱼-鳀; 第 2 组为斑尾刺虾虎鱼-鳀、六丝钝尾虾虎鱼-鳀; 第 3 组为安氏新银鱼、鳀、斑尾刺虾虎鱼、短吻红舌鲷、矛尾虾虎鱼等之间的鱼种对; 第 4 组为方氏云鲷、安氏新银鱼、赤鼻棱鲮、鳀、黄鲫等之间的鱼种对; 第 5 组为斑鲮、短吻红舌鲷、青鳞小沙丁鱼、斑尾刺虾虎鱼等之间的鱼种对(图 3)。

表 4 黄河口水域不同鱼种间的空间生态位重叠值
Tab. 4 The spatial niche overlap of main fish species in the Yellow River estuary

鱼种对 species pairs	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	10 月 Oct.	2 月 Feb.	4 月 Apr.	5 月 May	鱼种对 species pairs	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	10 月 Oct.	2 月 Feb.	4 月 Apr.	5 月 May
1-2	0	0	0	0	0	0	0	4-9	0	0.06	0.11	0.06	0	0	0.19
1-3	0	0	0	0	0.18	0.02	0	4-10	0.97	0	0.76	0.15	0	0	0
1-4	0	0	0	0	0	0	0.10	4-11	0	0	0	0	0	0	0
1-5	0	0	0	0	0.30	0.04	0.06	4-12	0	0	0.06	0.20	0	0	0.36
1-6	0	0	0	0	0.45	0.26	0.16	5-6	0.19	0.05	0.01	0	0.19	0.31	0.47
1-7	0	0	0	0	0	0	0.05	5-7	0.28	0.93	0.17	0.58	0	0	0.37
1-8	0	0	0	0	0	0.02	0.03	5-8	0.50	0.06	0.02	0.60	0	0.08	0.61
1-9	0	0	0	0	0.56	0.08	0.20	5-9	0.86	0.30	0.75	0.69	0.22	0.34	0.77
1-10	0	0	0	0	0	0.62	0	5-10	0.05	0.10	0.07	0.32	0	0	0
1-11	0	0	0	0	0.20	0	0	5-11	0	0	0	0	0.11	0	0
1-12	0	0	0	0	0	0.55	0.26	5-12	0.17	0.04	0.02	0.31	0	0.05	0
2-3	0.20	0.47	0.01	0.14	0	0	0	6-7	0.03	0	0	0	0	0	0.48
2-4	0.21	0.36	0.09	0.71	0	0	0.85	6-8	0.66	0.22	0	0	0	0.27	0.30
2-5	0.19	0.53	0.06	0.41	0	0	0	6-9	0.13	0.03	0.03	0	0.14	0.37	0.64
2-6	0.16	0	0	0	0	0	0	6-10	0	0	0	0	0	0	0
2-7	0.17	0.36	0.03	0.09	0	0	0	6-11	0	0	0	0	0.01	0	0
2-8	0.10	0	0.01	0.11	0	0	0	6-12	0.21	0.78	0.94	0	0	0.27	0.16
2-9	0.09	0.51	0.08	0.08	0	0	0.04	7-8	0.28	0	0.54	0.33	0	0	0.08
2-10	0.09	0.64	0.06	0.44	0	0	0	7-9	0.02	0.06	0.39	0.83	0	0	0.19
2-11	0	0	0	0	0	0	0	7-10	0	0	0.23	0.03	0	0	0
2-12	0.20	0	0	0.71	0	0	0.03	7-11	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0.19	0	0.01	0.17	0	0	0	7-12	0	0	0	0.03	0	0	0.09
3-5	0.20	0.18	0.93	0.73	0.09	0.43	0.16	8-9	0.35	0.44	0.09	0.59	0	0.36	0.63
3-6	0	0	0	0	0.06	0.19	0.08	8-10	0	0	0.11	0.02	0	0	0
3-7	0.72	0	0.13	0.86	0	0	0	8-11	0	0	0	0	0	0	0
3-8	0.24	0	0.02	0.36	0	0.28	0.12	8-12	0	0	0	0.01	0	0	0
3-9	0	0.21	0.55	0.85	0.73	0.30	0.22	9-10	0	0.17	0.12	0.03	0	0.01	0
3-10	0.02	0.73	0.02	0.01	0	0	0	9-11	0	0	0	0	0.67	0	0
3-11	0	0	0	0	0.82	0	0	9-12	0	0.05	0.13	0.03	0	0.08	0.22
3-12	0	0.02	0	0.01	0	0	0	10-11	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0.08	0.93	0.05	0.27	0	0	0.09	10-12	0	0	0.02	0.48	0	0	0
4-6	0	0	0.04	0	0	0	0.09	11-12	0	0	0	0	0	0	0
4-7	0.11	1.00	0.24	0.15	0	0	0.03	平均值 mean value	0.12	0.14	0.11	0.17	0.07	0.07	0.13
4-8	0.03	0	0.04	0.11	0	0	0.19								

注: 1. 安氏新银鱼; 2. 斑鲮; 3. 斑尾刺虾虎鱼; 4. 赤鼻棱鲉; 5. 短吻红舌鲷; 6. 方氏云鲷; 7. 黄鲫; 8. 六丝钝尾虾虎鱼; 9. 矛尾虾虎鱼; 10. 青鳞小沙丁鱼; 11. 鲛; 12. 鳀。1-2 表示安氏新银鱼与斑鲮的空间生态位重叠值, 以此类推。

Note: 1. *Neosalanx anderssoni*; 2. *Konosirus punctatus*; 3. *Acanthogobius ommaturus*; 4. *Thrissa kammalensis*; 5. *Cynoglossus joyneri*; 6. *Enedrias fangi*; 7. *Setipinna taty*; 8. *Amblychaeturichthys hexanema*; 9. *Chaemrichthys stigmatias*; 10. *Sardinella zunasi*; 11. *Liza haematocheila*; 12. *Engraulis japonicus*. 1-2 represents the spatial niche overlap between *Neosalanx anderssoni* and *Konosirus punctatus*, and so on.

安氏新银鱼、方氏云鲷、矛尾虾虎鱼和鲛两两之间的空间生态位重叠值较高; 斑鲮、赤鼻棱鲉、黄鲫、六丝钝尾虾虎鱼、青鳞小沙丁鱼和鳀两两

之间的空间生态位重叠值较高; 斑尾刺虾虎鱼、短吻红舌鲷和矛尾虾虎鱼两两之间的空间生态位重叠值较高。

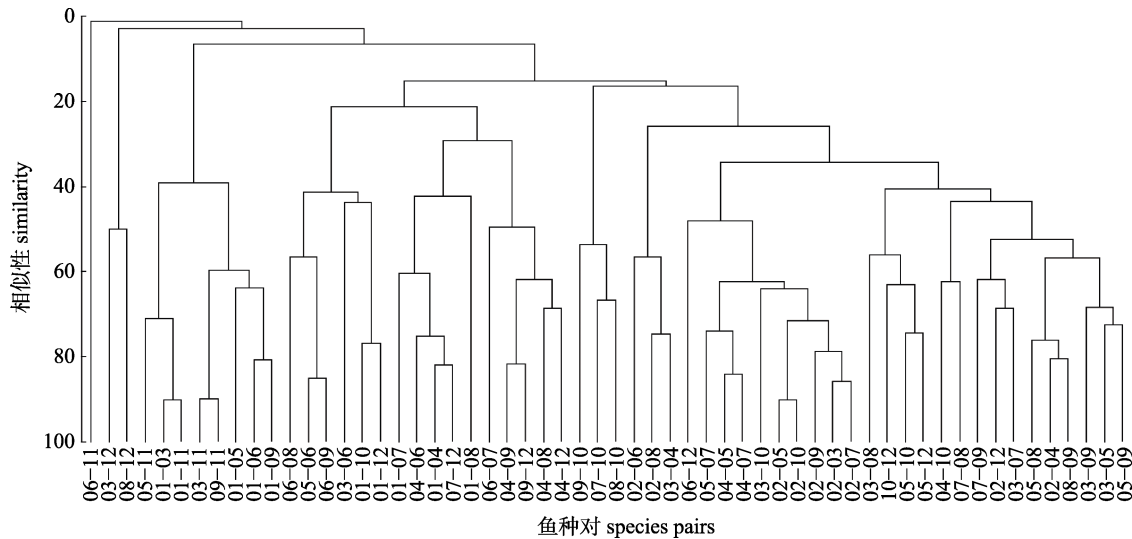


图 3 黄河口水域主要鱼种对空间生态位重叠值等级聚类

1. 安氏新银鱼; 2. 斑鲮; 3. 斑尾刺虾虎鱼; 4. 赤鼻棱鲉; 5. 短吻红舌鲷; 6. 方氏云鲷; 7. 黄鲫; 8. 六丝钝尾虾虎鱼; 9. 矛尾虾虎鱼; 10. 青鳞小沙丁鱼; 11. 鲛; 12. 鳀. 1-2 表示安氏新银鱼与斑鲮的空间生态位重叠值, 以此类推.

Fig. 3 The hierarchical cluster dendrogram of spatial niche overlap of main fish species pairs in the Yellow River estuary
1. *Neosalanx anderssoni*; 2. *Konosirus punctatus*; 3. *Acanthogobius ommaturus*; 4. *Thrissa kammalensis*; 5. *Cynoglossus joyneri*; 6. *Enedrias fangi*; 7. *Setipinna taty*; 8. *Amblychaeturichthys hexanema*; 9. *Chaemrichthys stigmatias*; 10. *Sardinella zunasi*; 11. *Liza haematocheila*; 12. *Engraulis japonicus*. 1-2 represent the spatial niche overlap between *Neosalanx anderssoni* and *Konosirus punctatus*, and so on.

不同鱼种间的时间生态位重叠值变化范围极大, 分布在 0~1 之间。其中, 鲛和安氏新银鱼的时间生态位重叠值最高, 为 1; 安氏新银鱼、斑尾刺虾虎鱼和鲛两两之间的时间生态位重叠值较高,

超过 0.88, 而这 3 种鱼与其他鱼类的重叠值均较低。矛尾虾虎鱼与其他 11 种鱼的时间生态位重叠值均超过了 0.20, 其中与短吻红舌鲷的值最高, 为 0.75 (表 5)。

表 5 黄河口水域主要鱼种的时间生态位重叠值

Tab. 5 The temporal niche overlap of main fish species in the Yellow River estuary

种类 species	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0.88	0	0.01	0.03	0	0	0.20	0	1.00	0
2		0.42	0.53	0.38	0.21	0.56	0.92	0.36	0.97	0	0.46
3			0.19	0.31	0.09	0.27	0.37	0.40	0.44	0.88	0.34
4				0.49	0.56	0.92	0.24	0.35	0.40	0	0.41
5					0.23	0.75	0.10	0.75	0.47	0.01	0.93
6						0.51	0.19	0.29	0.09	0.02	0.07
7							0.25	0.45	0.49	0	0.72
8								0.21	0.90	0	0.20
9									0.47	0.20	0.50
10										0	0.54
11											0

注: 1. 安氏新银鱼; 2. 斑鲮; 3. 斑尾刺虾虎鱼; 4. 赤鼻棱鲉; 5. 短吻红舌鲷; 6. 方氏云鲷; 7. 黄鲫; 8. 六丝钝尾虾虎鱼; 9. 矛尾虾虎鱼; 10. 青鳞小沙丁鱼; 11. 鲛; 12. 鳀.

Note: 1. *Neosalanx anderssoni*; 2. *Konosirus punctatus*; 3. *Acanthogobius ommaturus*; 4. *Thrissa kammalensis*; 5. *Cynoglossus joyneri*; 6. *Enedrias fangi*; 7. *Setipinna taty*; 8. *Amblychaeturichthys hexanema*; 9. *Chaemrichthys stigmatias*; 10. *Sardinella zunasi*; 11. *Liza haematocheila*; 12. *Engraulis japonicus*.

3 讨论

3.1 鱼类的集群习性与拥挤度

平均拥挤度主要受该物种的资源数量及其分布情况影响,反映了物种的聚集强度^[21]。资源数量较多,分布较集中的种类平均拥挤度较高。而空间生态位宽度较高,说明该物种分布区域较为均匀,二者呈现明显的负相关关系。

3.2 鱼类的适温性、适盐性和洄游性对生态位宽度的影响

生态位宽度和重叠影响着物种多样性和群落结构^[26]。黄河口水域鱼类群落由暖温种、暖水种和冷温种组成,并以暖温种占主导地位,这与朱鑫华等^[13]的研究相符。8月矛尾虾虎鱼的空间生态位宽度值较大,平均拥挤度较低,反映了其分布范围较广、分布较均匀的特点,并且与其利用资源能力及环境适应力较强有较大关系,这与其分布范围广的特征相符^[18, 27]。矛尾虾虎鱼是小型暖温性鱼类,主要摄食钩虾(Gammaridea)、糠虾(Mysidacea)、瓣鳃类(Lamellibranchia)。矛尾虾虎鱼对环境具有较强的适应能力,繁殖力强,生命周期短^[18, 28],分布在8~27℃的底层温度范围内^[29],适宜底温的范围较广,同时也是广盐性种类,分布范围极广,在中国沿海各海域以及日本、朝鲜均有记录^[30]。又因为蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、黄鲛鲷(*Lophius litulon*)等捕食者减少等原因,矛尾虾虎鱼已取代原有种类成为底栖鱼类主要种^[31-33],其时间生态位宽度值和全年的空间生态位宽度值均较大。

鳀、赤鼻棱鳀、斑鲷、青鳞小沙丁等小型鳀鲱科鱼类均为暖温种,黄鲫为暖水种^[34],且均为洄游性鱼类,春季洄游至渤海各海湾及河口繁殖,在8月新生群体补充进来,故鳀鲱科鱼类的资源量在8月达到最高^[34-35]。随着夏秋季水温升高,鳀鲱鱼类摄食能力增强,由近岸游向外海^[36],分布范围扩大,分布较为均匀,故鳀鲱鱼类空间生态位宽度值均为夏秋季较高,春冬季较低。因此,具有数量多、分布范围广且均匀分布特点鱼类,其生态位宽度值才较高^[37]。

3.3 影响黄河口区鱼类生态位重叠的主要因素

生态位重叠是种间竞争的必要非充分条件^[37]。

空间生态位重叠反映了不同物种对资源利用程度在空间维度上的相似程度^[38]。一般情况下,空间生态位宽度较高的种类与其他种的竞争较强,生态位重叠值也比较大^[39]。鱼类的栖息水层、适温性、适盐性等生境需求以及捕食需求的相似性是影响黄河口水域鱼类生态位重叠的主要因素。矛尾虾虎鱼和短吻红舌鳀均属近海小型底层暖温性鱼类,且均以底栖生物为食^[40],栖息生境相似,造成在夏季二者空间生态位重叠值最高。空间生态位宽度小的鱼种对资源的利用能力有限,导致其与其他种群的重叠值也较小,如6月的斑尾刺虾虎鱼和鳀,空间生态位重叠值接近于0。但在8月,空间生态位宽度最低的方氏云鳀和鳀的重叠值达到了0.94,空间生态位重叠极高。这可能是由于一些生态位宽度较小的优势种(类)群对环境的要求近似或互补而表现出较高的生态位重叠度^[41]。方氏云鳀喜栖息于近岸泥沙底质水域底层,饵料生物主要为海蜇虾(*Latreutes anoplonyx*)和粒径大于900 μm的浮游动物^[42];鳀为小型中上层鱼类,主要以桡足类(copepods)及其幼体为食^[43]。方氏云鳀和鳀在栖息水层和摄食生态方面均有很大的差异,体现出两种鱼对环境要求的互补性,可能出现了生态位分化,即垂直空间分布和食性的分化。

鳀和短吻红舌鳀的时间生态位重叠值很高,表明二者在时间维度上对资源利用选择上相似,这与二者同属于暖温性鱼类有关^[44]。安氏新银鱼为冷温性鱼类,而鳀、赤鼻棱鳀、青鳞小沙丁鱼和斑鲷这4种鱼均为暖温性鱼类^[33, 44],它们的适温性存在明显的差异,所以安氏新银鱼与其他4种鱼的时间生态位重叠值都很小。

3.4 捕捞活动以及生境变化对鱼类生态位的影响

黄河口是多种经济渔业生物种类的产卵场、索饵场和育幼场^[15]。但近年来由于过度捕捞、海域污染以及径流减少等因素的影响,带鱼(*Trichiurus lepturus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、真鲷(*Pagrus major*)等大型经济种类资源量已大量减少甚至濒临灭绝,取而代之的是一些小型低质鱼类。本次调查所捕获的鱼类中,主要由矛尾虾虎鱼、短吻红舌鳀和小型鳀鲱科鱼类等组成,经济

种类资源占有比例降低, 以补充群体为主。

本调查的 6 月、7 月、8 月分别是调水调沙前、中、后时期, 调水调沙会导致泥沙沉降和营养盐注入, 对中上层浮游生物食性鱼类产生较大的影响^[17]。鳀、赤鼻棱鳀、斑鲚、青鳞小沙丁等小型鳀鲱科鱼类的空间生态位在 7 月均出现极低值, 可能是因为调水调沙给黄河口近岸带来了丰富的营养物质, 浮游生物大量繁殖, 浮游生物食性的小型鳀鲱鱼类在河口近岸聚集, 导致调查水域小型鳀鲱鱼类分布不均, 空间生态宽度值减小。

本研究中生态位宽度和生态位重叠值是物种多样性和群落结构的一种测度, 在一定程度上反映了本海域群落结构和功能以及群落内种间关系。但随着时间和空间尺度的变化, 物种的生态习性会发生变化, 生态位也会出现分化。因此, 若要准确反映黄河口水域主要鱼种的时空分布和种间关系, 还需结合物种的生态习性和环境要素等变量进行耦合分析。另外, 需要进一步分析黄河口主要种鱼类的营养生态位, 有助于更加深入理解种间关系和群落结构与功能。

参考文献:

- [1] Grinnell J. The niche-relationships of the California thrasher[J]. *The Auk*, 1917, 34(4): 427-433.
- [2] Grinnell J. Geography and evolution[J]. *Ecology*, 1924, 5(3): 225-229.
- [3] Elton C S. *Animal Ecology*[M]. London: Sedgwick & Jackson, 1927.
- [4] Hutchinson G E. Population studies: Animal ecology and demography[J]. *Bulletin of Mathematical Biology*, 1991, 53(1-2): 193-213.
- [5] Thorman S, Wiederholm A M. Food, habitat and time niches in a coastal fish species assemblage in a brackish water bay in the Bothnian Sea, Sweden[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1986, 95(1): 67-86.
- [6] Hansson S. Effects of exploitative food competition on food niche dynamics—a simulation analysis[J]. *Ecological Modelling*, 1995, 77(2-3): 167-187.
- [7] Gutiérrez M, Ramirez A, Bertrand S, et al. Ecological niches and areas of overlap of the squat lobster ‘munida’ (*Pleuroncodes monodon*) and anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru[J]. *Progress in Oceanography*, 2008, 79(2-4): 256-263.
- [8] Cong P T, Yan T F, Zhou F J, et al. The study on ecological niche overlap relations of several populations on leymus community in northeast plain[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1999, 19(2): 212-219. [丛沛桐, 颜廷芬, 周福军, 等. 东北羊草群落种群生态位重叠关系研究[J]. *植物研究*, 1999, 19(2): 212-219.]
- [9] 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.]
- [10] 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.]
- [11] 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.]
- [12] Hu C Y, Shui Y Y, Tian K, et al. Functional group classification and niche identification of major fish species in the Qixing Islands Marine Reserve, Zhejiang Province[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(2): 175-184. [胡成业, 水玉跃, 田阔, 等. 浙江七星列岛海洋特别保护区主要鱼类功能群划分及生态位分析[J]. *生物多样性*, 2016, 24(2): 175-184.]
- [13] Zhu X H, Miao F, Liu D, et al. Spatiotemporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River estuary and its adjacent waters[M]//*Studia Marina Sinica*. Beijing: Science Press, 2001, 43: 141-151. [朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 等. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究[J]. *海洋科学集刊*. 北京: 科学出版社, 2001, 43: 141-151.]
- [14] Deng J Y, Jin X S. Study on fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River estuary[J]. *Zoological Research*, 2000, 21(1): 76-82. [邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究[J]. *动物学研究*, 2000, 21(1): 76-82.]
- [15] Zhang H L, Yang J Q, Cui W L. Status of salinity changes and the effect on marine environments and ecosystem in Laizhou Bay[J]. *Marine Environmental Science*, 2006, 25(S1): 11-14. [张洪亮, 杨建强, 崔文林. 莱州湾盐度变化现状及其对海洋环境与生态的影响[J]. *海洋环境科学*, 2006, 25(S1): 11-14.]

- [16] Zhai L, Xu B D, Ji Y P, et al. Spatial pattern of fish assemblage and the relationship with environmental factors in Yellow River estuary and its adjacent waters in summer[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(9): 2852-2858. [翟璐, 徐宾铎, 纪毓鹏, 等. 黄河口及其邻近水域夏季鱼类群落空间格局及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2015, 26(9): 2852-2858.]
- [17] Zheng L, Lv Z B, Li F, et al. Fish community structure in the Yellow River estuary: effect of water and sediment discharge regulations[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(3): 602-610. [郑亮, 吕振波, 李凡, 等. 调水调沙期间黄河口海域鱼类群落结构特征[J]. 中国水产科学, 2014, 21(3): 602-610.]
- [18] Lü Z B, Li F, Qu Y B, et al. Fish community diversity in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer, 2010[J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(2): 10-18. [吕振波, 李凡, 曲业兵, 等. 2010 年夏季黄河口及邻近海域鱼类群落多样性[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 10-18.]
- [19] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 2763. 6-2007, Specifications for oceanographic survey part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: Standard Press of China, 2007. [中国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 2763. 6-2007, 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [20] Skud B E. Dominance in fishes: The relation between environment and abundance[J]. Science, 1982, 216(4542): 144-149.
- [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, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication[M]. Chicago: University of Illinois Press, 1963.
- [23] Doledec S, Chessel D, Gimaret-Carpenentier C. Niche separation in community analysis: A new method[J]. Ecology, 2000, 81(10): 2914-2927.
- [24] Pianka E R. The structure of lizard communities[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4(1): 53-74.
- [25] Krebs C J. Ecological Methodology[M]. Menlo Park: Addison-Welsey, 1999.
- [26] 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.]
- [27] Zhu Y D, Zhang C L. The Fishes of East China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1963. [朱元鼎, 张春霖. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.]
- [28] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in Bohai Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 1986, 6(4): 70-78. [邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 生态学报, 1986, 6(4): 70-78.]
- [29] Liu X, Zhang C L, Ren Y P, et al. Spatiotemporal variation in the distribution and abundance of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(4): 791-798. [刘潇, 张崇良, 任一平, 等. 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼资源丰度的时空分布[J]. 中国水产科学, 2015, 22(4): 791-798.]
- [30] Zhang B, Wu Q, Jin X S. Interannual variation in the food web of commercially harvested species in Laizhou Bay from 1959 to 2011[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(2): 278-287. [张波, 吴强, 金显仕. 1959-2011 年莱州湾渔业资源群落食物网结构的变化[J]. 中国水产科学, 2015, 22(2): 278-287.]
- [31] Sun P F, Shan X J, Wu Q, et al. Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River estuary[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 367-376. [孙鹏飞, 单秀娟, 吴强, 等. 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 367-376.]
- [32] Yang T, Shan X J, Jin X S, et al. Keystone species of fish community in the Laizhou Bay[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(10): 1613-1623. [杨涛, 单秀娟, 金显仕, 等. 莱州湾鱼类群落的关键种[J]. 水产学报, 2016, 40(10): 1613-1623.]
- [33] Meng K K, Wang J, Zhang C L, et al. The fishery biological characteristics of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(5): 939-945. [孟宽宽, 王晶, 张崇良, 等. 黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼渔业生物学特征[J]. 中国水产科学, 2017, 24(5): 939-945.]
- [34] Chen D G. The spotted gizzard shad[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1975(9): 29-30. [陈大刚. 斑鳊[J]. 水产科技情报, 1975(9): 29-30.]
- [35] Ye M Z, Zhang S. The distribution and behaviour of *Engraulis japonicus* Temminck and Schlegel and its detection in the North China Seas (Hwang-Hai and Po-Hai)[J]. Journal of Fisheries of China, 1965, 2(2): 27-34. [叶懋中, 章隼. 黄渤海区鳀鱼的分布、洄游和探察方法[J]. 水产学报, 1965, 2(2): 27-34.]
- [36] Tang Q S, Ye M Z. The Exploitation and Conservation of

- Nearshore Fisheries of Shandong[M]. Beijing: Agriculture Press, 1990. [唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京: 农业出版社, 1990.]
- [37] Hu C Y, Shui Y Y, Du X, et al. Niche and interspecific association of nekton in the south coastal waters of Cangnan, Zhejiang, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(10): 3195-3201. [胡成业, 水玉跃, 杜肖, 等. 浙江苍南南部沿岸海域主要游泳动物生态位及种间联结性[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3195-3201.]
- [38] 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.]
- [39] Ding L L, Yang H, Dai X J, et al. Niche analysis of dominant species of fishery resources in Zhejiang Oufei 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.]
- [40] Han D Y. Study on feeding ecology of dominate goby fishes in Jiaozhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. [韩东燕. 胶州湾主要虾虎鱼类摄食生态的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [41] Zheng T, Lin Y S, Cao W Q, et al. Ecosystem structure and function in northern Beibu Gulf: Zooplankton spatial niche and its differentiation[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(13): 3635-3649. [郑挺, 林元烧, 曹文清, 等. 北部湾北部生态系统结构与功能—浮游动物空间生态位及其分化[J]. 生态学报, 2014, 34(13): 3635-3649.]
- [42] Li S Y, Han D Y, Ma Q Y, et al. Feeding habits of *Enedrias fangi* in Jiaozhou Bay based on carbon and nitrogen stable isotope analysis[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(6): 1220-1226. [李世岩, 韩东燕, 麻秋云, 等. 应用碳、氮稳定同位素技术分析胶州湾方氏云鳎的摄食习性[J]. 中国水产科学, 2014, 21(6): 1220-1226.]
- [43] Meng T X. Studies on the feeding of anchovy (*Engraulis japonicus*) at different life stages on zooplankton in the middle and southern waters of the Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(3): 1-9. [孟田湘. 黄海中南部鳀鱼各发育阶段对浮游动物的摄食[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(3): 1-9.]
- [44] Deng J Y, Jiang W M, Yang J M, et al. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(4): 1-7. [邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 等. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(4): 1-7.]

Width and overlap of spatial and temporal ecological niches for main fish species in the Yellow River estuary

WANG Yuqun¹, WANG Jing¹, XUE Ying¹, ZHANG Chongliang¹, XU Binduo¹, REN Yiping^{1,2}

1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China

Abstract: “Ecological niche” refers to the sum of the physical space, functional status, and environmental requirements occupied by species in a community. The ecological niche plays an important role in studies on community structure, interspecific relationships, and biodiversity. Based on data collected from the bottom trawl surveys in 2013–2014 in the Yellow River estuary, the spatio-temporal niche width and overlap for 12 fish species were examined using the mean crowding, niche width, and niche overlap indices. The temporal niche width indices for main fish species ranged from 0 to 1.53, which were relatively high for *Chaemrichthys stigmatias* and *Enedrias fangi* and relatively low for *Neosalanx anderssoni* and *Liza haematocheila*. The spatial niche breadth of the main fish species varied with season, and it was high in winter for *Neosalanx anderssoni*, *Acanthogobius ommaturus*, and *Liza haematocheila* and low in summer for *Konosirus punctatus* and *Thrissa kammalensis*. The temporal niche overlap indices among main fish species ranged between 0 and 1, and 11 species pairs reached significant ecological niche overlap. Thirty-two species pairs had low temporal overlap, occupying 46.48% of the total species pairs. This showed that the main fish species were not similarly distributed in time. Clear seasonal changes in the spatial niche overlap indices were observed for fish pairs. The spatial niche overlap indices between *Cynoglossus joyneri* and *C. stigmatias* ranged from 0.22 to 0.86, and were high in summer and autumn and low in winter. The mean spatial niche overlap indices for all species pairs varied between seasons, they were highest in autumn at 0.17, followed by summer (0.11–0.14) and spring (0.07–0.13) and were the lowest in winter (0.07). Cluster analysis showed that all the species pairs could be divided into five groups in terms of spatial niche overlap, with relatively high niche overlap among species pairs in each group. Niche breadth and overlap for fish species was strongly related to species abundance, spatial distribution, ecological habit, and habitat conditions, which revealed the different abilities of species to effectively utilize the environmental resources in the Yellow River estuary.

Key words: Yellow River estuary; mean crowding; niche width; niche overlap

Corresponding author: XU Binduo. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn