

胶州湾中部海域春、夏季鱼类群落结构特征^{*}

徐宾铎 张帆 梅春 任一平^{**} 纪毓鹏 薛莹

(中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003)

摘要 根据2009年3—8月在胶州湾中部海域逐月进行的定点底拖网调查数据,分析了胶州湾春、夏季鱼类群落种类组成,采用生态多样性指数分析了群落物种多样性,并用典范对应分析法研究了鱼类组成与主要环境因子的关系。结果表明:该海域共捕获鱼类43种,隶属于8目24科38属。种类数随底层水温的升高而增加。种类丰富度指数 D 变化范围为2.440~2.770,多样性指数 H 变化范围为1.322~2.346,均匀度指数 J 变化范围为0.416~0.771, t 检验表明春、夏季间各物种多样性指数均差异不显著($P>0.05$)。种类组成的秩相关性分析表明相邻月份鱼类组成及生物量大小的顺位基本稳定。典范对应分析结果表明影响胶州湾中部海域鱼类种类组成月间变化的主要环境因子为底层水温。

关键词 胶州湾 种类多样性 种类组成 环境因子

文章编号 1001-9332(2010)06-1558-07 **中图分类号** Q17;S931 **文献标识码** A

Characteristics of fish community structure in the central Jiaozhou Bay in spring and summer. XU Bin-duo, ZHANG Fan, MEI Chun, REN Yi-ping, JI Yu-peng, XUE Ying (College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2010, 21(6): 1558–1564.

Abstract: Based on the bottom trawl surveys in central Jiaozhou Bay from March to August 2009, and by using ecological diversity indices and canonical correspondence analysis (CCA), this paper studied the species composition of fish community, and analyzed the species diversity and its relationships with the environmental factors in the Bay in spring and summer. A total of 43 fish species were captured, belonging to 8 orders, 24 families and 38 genera. The number of fish species increased with increasing bottom water temperature. Margalef species richness index was from 2.440 to 2.770, Shannon diversity index was from 1.322 to 2.346, and Pielou evenness index was from 0.416 to 0.771. No significant differences were observed in the diversity indices between spring and summer. The ranks of the species composition and biomass in contiguous months had less change. Bottom water temperature was the most important environmental factor affecting the monthly change of fish species composition.

Key words: Jiaozhou Bay; species diversity; species composition; environmental factor.

胶州湾位于山东半岛的南岸,属于典型的半封闭型海湾。近年来,由于城市化进程的加快,工业和城市废水以及养殖污水大量排放,导致近岸海域水体富营养化^[1],湾内外的生物种类、群落结构发生了急剧的变化^[2]。20世纪80年代,对胶州湾进行的全面系统调查,仅湾内就有113种鱼类^[3]。目前,胶州湾渔业资源已呈现出明显的衰退趋势,鱼类种类数减少,渔获物中传统的经济鱼类比例下降,鱼类小

型化和低质化趋势加剧^[4]。

胶州湾水域是多种经济鱼类繁衍生息的重要海域,50多种鱼类在不同的季节和月份交替利用水域空间进行繁殖和育幼,存在着资源增殖的巨大潜力^[5]。鱼类繁殖期多集中在春夏季增温季节,特别集中在5—6月,湾内水域饵料丰富,是鱼类产卵育幼的良好场所^[6]。本文通过2009年3—8月对胶州湾中部海域进行的逐月定点底拖网调查,分析胶州湾鱼类春、夏季种类组成和月间更替以及与环境因子的关系,旨在为海湾生态学研究提供基础资料,为胶州湾的渔业资源保护与可持续利用提供科学依据。

^{*} 海洋公益性行业科研专项经费项目(200805066)和高等学校博士学科点专项科研基金项目(200804231015)资助。

^{**} 通讯作者。E-mail: renyip@ouc.edu.cn

2009-10-30 收稿,2010-03-16 接受。

1 材料与方法

2009 年 3—8 月在胶州湾中部海域 (36°06′—36°08′ N, 120°12′—120°18′ E) 共布设了 6 个站位 (图 1), 逐月进行渔业资源底拖网调查. 调查船为 30 kW 的单拖渔船, 每站拖网约 0.5 h, 平均拖速约 2.0 kn, 调查网具网口高度 1.6 m, 网口宽度 12 m, 囊网网目 20 mm. 每站起网后, 投放 CTD 仪, 记录当前的起网水深、底层水温 and 盐度等环境因子数据. 渔获物带回实验室分析处理, 鱼类鉴定到种, 并对每种鱼类进行称量和尾数统计, 具体生物学测定参照《海洋调查规范》^[7].

在进行数据分析前, 对原始数据进行标准化, 6 个航次各站位渔获质量和尾数均标准化成拖网时间 1 h, 拖速 2.0 kn 时的渔获值. 按渔获质量计, 各月质量百分比前五位的鱼类定义为该月的优势种.

由于不同种类及同种类个体间差异很大, Wilhelm^[8] 提出用生物量表示的多样性更接近种类间能量的分布, 因此文中根据生物量计算鱼类群落物种多样性^[9].

种类丰富度指数:

$$D = (S - 1) / \ln W$$

Shannon 多样性指数:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

种类均匀度指数:

$$J = H / \ln S$$

式中: S 为种类数; W 为总渔获质量 (g); p_i 为 i 种鱼占总渔获质量的比例.

采用 Spearman 秩相关系数法分析比较各月间主要渔获组成顺位群聚结构的相似程度^[10], 并作双

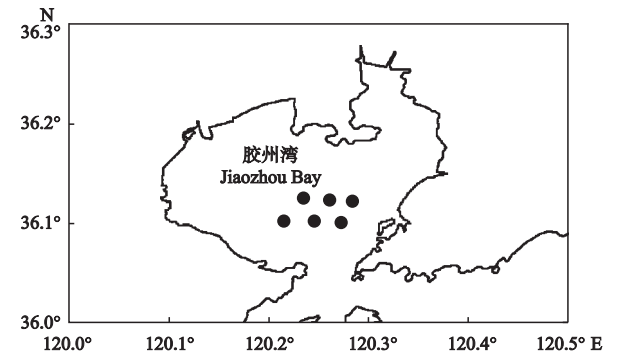


图 1 胶州湾中部海域春、夏季底拖网调查站位
Fig.1 Sampling stations by bottom trawl survey during spring and summer in the central Jiaozhou Bay.

尾 t 检验, 以 $P < 0.05$ 为显著相关, $P < 0.01$ 为极显著相关.

应用 CANOCO 4.0 软件对获得的各月鱼类种类组成生物量数据和环境因子数据进行典范对应分析 (CCA)^[11-12], 并做出各月鱼类组成样方与环境因子关系的二维排序图.

2 结果与分析

2.1 胶州湾中部海域鱼类区系组成及区系特征

春、夏季调查共采集并鉴定的鱼类有 43 种, 分别隶属于 8 目 24 科 38 属 (表 1), 均属于硬骨鱼类. 其中鲈形目最多, 有 24 种, 占总种类数的 55.81%; 其次为鲉形目, 有 6 种, 占 13.95%; 再次为鲱形目, 有 5 种, 占 11.63%.

各月鱼类适温属性组成种类数和底层水温变化如表 2 所示. 从鱼类适温性看, 绝大多数为暖温性种类, 有 23 种, 占鱼类种数的 53.49%; 其次为暖水性种类, 有 13 种, 占 30.23%; 冷温性种类有 7 种, 占

表 1 胶州湾中部海域春、夏季鱼类区系组成
Tab.1 Composition of fish fauna during spring and summer in the central Jiaozhou Bay

目 Order	科 数 Number of family	属 数 Number of genus	种 数 Number of species
鳗鲡目 Anguilliformes	1	1	1
鲱形目 Clupeiformes	2	4	5
灯笼鱼目 Aulopiformes	1	1	1
鮫鱈目 Lophiiformes	1	1	1
鲉形目 Scorpaeniformes	5	6	6
鲈形目 Perciformes	11	20	24
鲉形目 Pleuronectiformes	2	3	3
海龙目 Syngnathiformes	1	2	2
合计 Total	24	38	43

表 2 胶州湾中部海域春、夏季鱼类适温种类数组成及底层水温变化

Tab.2 Changes of number of species and bottom water temperature during spring and summer in the central Jiaozhou Bay

月份 Month	暖温种 Warm temperate species	暖水种 Warm water species	冷温种 Cold temperate species	底层水温 Bottom water temperature (℃)
3	11	5	5	5.86±0.124
4	11	3	6	9.68±0.236
5	10	6	6	14.08±0.081
6	13	8	4	18.02±0.367
7	11	9	2	21.34±0.106
8	12	9	3	25.14±0.044
合计 Total	23	13	7	—

16.28% ;无冷水性种类. 从3月至8月底层水温逐月上升, 底层水温月间差异极显著 ($P<0.01$). 底层水温与暖水种数量呈显著正相关 ($r=0.8877, P<0.05$), 与暖温种数量无显著相关性 ($r=0.4206, P>0.05$), 与冷温种数量也无显著相关性 ($r=-0.7750, P>0.05$).

2.2 胶州湾中部海域鱼类种类组成及物种多样性指数

春、夏季各月捕获的鱼类种数不同, 春季较少, 夏季较多, 随水温的上升, 渔获种类数逐渐增加. 各月鱼类所占质量百分比和出现频率见表3.

方氏云鲷 (*Pholis fangi*) 仅在春季(3—5月)出

表3 胶州湾中部海域春、夏季鱼类各月质量百分比组成及其出现频率
Tab.3 Species composition by biomass percentage and occurrence frequency during spring and summer in the central Jiaozhou Bay

种 类 Species	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	出现频率 Occurrence frequency (%)
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	1.08	1.10	0.57	4.96	17.14 *	0.32	100
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>			0.04				17
斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>				0.25		3.19 *	33
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>			1.12	7.40 *		0.02	50
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>			0.85	2.39		0.21	50
中颌棱鳀 <i>Thryssa mystax</i>			0.35		0.01	0.18	50
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>					2.04	2.25 *	50
黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>			5.04				17
许氏平鲉 <i>Sebastes schlegelii</i>	2.39	5.26 *	4.28	2.05	2.30	0.29	100
褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>				2.44	0.17	0.11	50
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>					6.20 *	31.21 *	33
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>				3.11			17
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	2.86	16.88 *	29.78 *	11.25 *	3.10 *	0.16	100
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>		2.64	17.72 *	1.12			50
细条天竺鱼 <i>Apogon lineatus</i>			0.02	0.46	8.62 *	53.47 *	67
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>						0.09	17
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>		1.73	6.52 *	11.77 *	2.36	0.71	83
白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>				0.33	52.08 *	4.48 *	50
鲷 <i>Mugil cephalus</i>					0.02		17
鲆 <i>Chelon haematocheilus</i>	10.16 *						17
縻鲷 <i>Chirolophis japonicus</i>	0.80	5.20	1.60				50
方氏云鲷 <i>Pholis fangi</i>	6.95 *	27.28 *	10.42 *				50
李氏鲷 <i>Repomucenus richardsonii</i>	4.28	0.44		1.40	0.01		67
短鳍鲷 <i>Callionymus sagitta</i>	0.22	0.07		0.39	0.003	0.39	83
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>				0.03	0.48		33
裸项栉鰕虎鱼 <i>Favonigobius gymnauchen</i>	0.01						17
普氏栉鰕虎鱼 <i>Acentrogobius pflaumii</i>	1.99	1.62	2.03	1.77	0.09	0.04	100
长丝鰕虎鱼 <i>Myersina filifer</i>	0.49		0.03	0.52	1.24	0.18	83
黄鳍刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	2.28	0.12		0.005			50
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>			0.03		0.14		33
六丝钝尾鰕虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	10.26 *	13.75 *	13.70 *	37.20 *	1.71	0.74	100
纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trignocephalus</i>	1.25	1.22					33
髯缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	6.52	0.54		0.02			50
矛尾复鰕虎鱼 <i>Acanthogobius hasta</i>	27.20 *	18.95 *					33
红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	1.03		0.10	7.45 *		0.03	83
小头栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	0.13	0.20	0.03	0.03			67
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>					0.94	0.04	33
鲈 <i>Scomber japonicus</i>					0.15	0.31	33
钝吻黄盖鲷 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>				0.09			17
石鲈 <i>Kareius bicoloratus</i>	4.37	0.47	5.30			0.17	67
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	15.64 *	0.93	0.33	1.11	1.09	1.35	100
日本海马 <i>Hippocampus mohnikei</i>		0.01					17
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	0.09	1.61	0.13	2.45	0.12	0.05	100

* 各月质量百分比前5位的优势种 Top 5 dominant fish by biomass percentage.

表 4 胶州湾中部海域春、夏季鱼类群落多样性指数
Tab.4 Diversity indices of fish community by month during spring and summer in the central Jiaozhou Bay

月份 Month	种类数 Number of species	种类丰富 度指数 Species richness index	多样性指数 Diversity index	均匀度指数 Eveness index
3	21	2.770	2.346	0.771
4	20	2.565	2.101	0.701
5	22	2.440	2.127	0.688
6	25	2.734	2.211	0.687
7	22	2.525	1.678	0.543
8	24	2.484	1.322	0.416

现,均为优势种,在 4 月其质量百分比最高为 27.28%;矛尾复鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*) 在 3 月、4 月出现,并成为这两个月的优势种,其质量百分比均较大,3 月高达 27.20%;鲛(*Chelon haematocheilus*) 仅在 3 月出现,其质量百分比为 10.16%,成为该月的优势种之一.白姑鱼(*Pennahia argentata*) 仅在夏季(6—8 月)出现,7 月其质量百分比最高,达 52.08%;绿鳍鱼(*Chelidonichthys kumu*) 出现月份为 7 月、8 月,细条天竺鱼(*Apogon lineatus*) 出现月份为 5—8 月,其质量百分比均随月份依次增加,8 月分别达 31.21% 和 53.47%.春、夏季 6 个月均出现的种类有星康吉鳗(*Conger myriaster*)、许氏平鲉(*Sebastes schlegelii*)、大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)、普氏栉鰕虎鱼(*Acentrogobius pflaumii*)、六丝钝尾鰕虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)、短吻红舌鳎(*Cynoglossus joyneri*) 和尖海龙(*Syngnathus acus*).其中大泷六线鱼为 4—7 月的优势种,5 月其质量百分比最高,达 29.78%;六丝钝尾鰕虎鱼为 3—6 月的优势种,其质量百分比均较大,6 月成为最大优势种(37.20%);星康吉鳗、许氏平鲉和短吻红舌鳎分别为 7 月、4 月和 3 月的优势种;普氏栉鰕虎鱼和尖海龙各月出现频率高,但其生物量均较少.

胶州湾中部海域春、夏季各月份的鱼类群落种类丰富度指数 D 、Shannon 多样性指数 H 和种类均匀度指数 J 如表 4 所示,种类丰富度指数 D 变化范围为 2.440~2.770,5 月最低,3 月最高;多样性指数 H 变化范围为 1.322~2.346,8 月最低,3 月最高;均匀度指数 J 变化范围为 0.416~0.771,该值逐月减小. t 检验表明,各物种多样性指数春、夏季间均差异不显著($P>0.05$).

2.3 胶州湾中部海域鱼类种类组成的相关分析

表 5 列出了胶州湾中部海域鱼类群落种类组成月间 Spearman 秩相关系数.3 月与 4 月、4 月与 5 月、

表 5 胶州湾中部海域鱼类群落种类月间秩相关系数
Tab.5 Rank correlation coefficients of composition between fish species by month in the central Jiaozhou Bay

	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August
3 月 March	0.692 **	0.241	0.129	-0.074	-0.115
4 月 April		0.520 **	0.258	0.033	-0.076
5 月 May			0.402 **	0.094	0.138
6 月 June				0.327 *	0.337 *
7 月 July					0.682 **

* $P<0.05$; ** $P<0.01$.

5 月与 6 月、7 月与 8 月为极显著相关($P<0.01$),6 月与 7 月、6 月与 8 月为显著相关($P<0.05$),具有相邻月之间显著相关的特点,说明相邻月份鱼类组成及生物量大小的顺位基本稳定.比较相邻月之间的相关系数,从 3 月与 4 月到 6 月与 7 月,其相关系数逐渐降至最小,而 7 月与 8 月相关系数骤然增大.比较间隔月份之间的相关系数,其值均较小,4 月与 7 月相关系数最小,说明间隔月份鱼类组成顺位和它们的数量比率有很大的差别.同时分别比较春、夏季内的相关系数,夏季各月间均显著相关;春季除 3 月与 5 月外,其余月间相关显著.

2.4 胶州湾中部海域鱼类种类组成与环境因子的关系

胶州湾中部海域鱼类群落种类组成与环境因子的二维排序图见图 2,用于排序的 6 个月可分为 4 个组.第一组为 3 月、4 月和 5 月,主要受水温的影响,与水温呈很大的负相关.3 月、4 月胶州湾水温虽

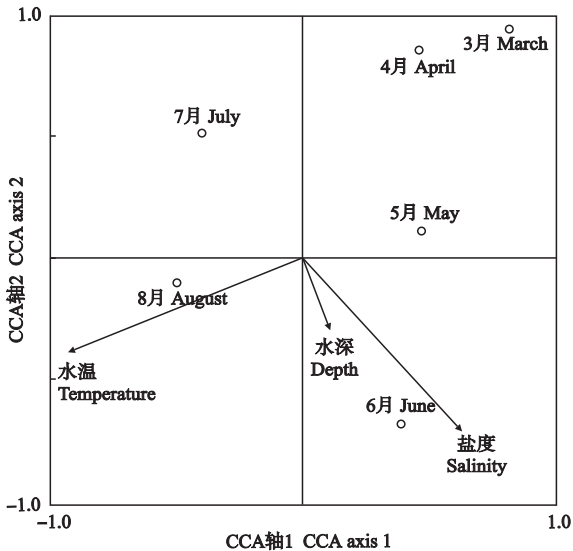


图 2 胶州湾中部海域各月鱼类种类组成与环境因子的 CCA 二维排序图

Fig.2 CCA two dimension scaling plot of fish species composition and environmental factors in the central Jiaozhou Bay.

表 6 环境因子与前 2 个排序轴的相关系数
Tab.6 Correlation coefficients between environmental factors and the first two axes of CCA ordination

	SP1	SP2	EN1	EN2	底层水温 Bottom water temperature (℃)	水 深 Depth (m)
SP2	-0.0127					
EN1	0.7736	0.0000				
EN2	0.0000	0.9917	0.0000			
底层水温 Bottom water temperature (℃)	-0.9145	-0.3840	-0.9209	-0.3872		
水深 Depth (m)	0.1074	-0.2922	0.1082	-0.2946	-0.0272	
盐度 Salinity	0.6291	-0.7102	0.6335	-0.7162	-0.2932	0.0014

SP1:物种排序轴 1 Species axis 1; SP2:物种排序轴 2 Species axis 2; EN1:环境因子排序轴 1 Environmental factor axis 1; EN2:环境因子排序轴 2 Environmental factor axis 2.

有回升,但还是较低,鱼类组成主要以胶州湾内的常栖种群为主,如石鲮(*Kareius bicoloratus*)、短吻红舌鲷以及鰕虎鱼科和鲈科的小型鱼类;5 月水温上升较快,鱼类种类组成成分较复杂,暖温性和暖水性种类比例增大. 第二组为 6 月,与盐度有很大的正相关性,同时与水深的关系较为密切,适宜的盐度和水深环境影响鱼类种类组成,如六丝钝尾鰕虎鱼、皮氏叫姑鱼(*Johnius belangerii*)、红狼牙鰕虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)、鲷鱼(*Engraulis japonicus*)等在该月有最大的生物量. 第三组为 8 月,主要受水温影响,与水温有很大的正相关. 8 月是胶州湾一年中水温最高的月份,可达 25℃以上,暖水种和暖温种的比例持续增加,同时有个别种类在 8 月偶然进入湾内,如蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*). 第四组为 7 月,与盐度和水深有很大的负相关,7 月降雨和径流较大,导致海水盐度降低,种类组成上出现更多适宜低盐度生活的鱼类,如白姑鱼、星康吉鳗等种类,前者占该月生物量的一半以上.

环境因子间的相关系数以及它们与物种第一、第二排序轴的相关系数见表 6. 3 个环境因子中,底层水温与第一排序轴呈最大负相关,其值为 -0.9145;与第二排序轴关系最大的是底层盐度,其值为 -0.7102. 水深与物种第一、第二排序轴相关性均不明显,其值分别为 0.1074 和 -0.2922. 根据环境因子和排序轴的相关系数,影响胶州湾中部海域鱼类种类组成月间变化的主要环境因子为水温,其次为盐度,平均水深对鱼类组成影响较小.

3 讨 论

3.1 胶州湾中部海域鱼类种类组成变化

胶州湾是处于暖温带海区的一个半封闭型海湾,鱼类区系具有温带海区的特点^[3]. 本次春、夏季

调查共采集并鉴定鱼类标本 43 种,以暖温种和暖水种为主. 胶州湾为禁止拖网捕捞区,目前胶州湾的主要渔业功能为菲律宾蛤仔的底播养殖,底播养殖区更是禁止拖网捕捞,因此本次调查只能在胶州湾中部深水区域布设站位. 与历史调查相比^[3],渔获种类数偏少,一定程度上与调查区域相对较小有关. 但近年来胶州湾外邻近海域高强度的捕捞、胶州湾沿岸带开发面积的不断加大和环境变化等人类活动的影响^[1,13],致使生物多样性遭到严重的破坏,一定程度上影响了胶州湾鱼类种类组成多样性.

胶州湾属北半球的暖温带海区,海水温度的季节变化十分显著,胶州湾鱼类的种类组成亦具有明显的季节变化^[3]. 春季是升温的季节,3 月水温开始回升,4 月水温接近 10℃,5 月水温升达 14℃以上,许多暖温种和一些广温性的暖水种陆续游入胶州湾内,如青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、鲷、赤鼻棱鲷(*Thryssa kammalensis*)、细条天竺鱼和皮氏叫姑鱼等,以上种类均在胶州湾产卵和繁育. 夏季水温继续上升,8 月是胶州湾一年水温最高的月份,可达 25℃以上,湾内暖温种和暖水种数量上升,包括斑鲹、长蛇鲻和绿鳍鱼等暖季类群在胶州湾内产卵育幼;小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)、鲈(*Scomber japonicus*)、蓝圆鲹等在夏季个别月份偶然进入湾内索饵. 夏季冷温性种类明显减少,如缝鲷(*Chirolophis japonicus*)、方氏云鲷、细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)等冷温性种类在暖季陆续离开胶州湾. 本次调查鱼类种类组成中除季节洄游性种类外,胶州湾内常栖性种类的生物量也有明显月间变化,鳖(*Chelon haematocheilus*)、石鲮和短吻红舌鲷等种类在较冷的月份(3 月)数量多,长丝鰕虎鱼(*Myersina filifer*)、六丝钝尾鰕虎鱼、李氏鲈(*Repomucenus richardsonii*)和短鳍鲈(*Callionymus sagitta*)等小型暖温种在暖和的

月份(6—8月)数量较多。

胶州湾及邻近水域全年都有鱼类进行产卵,而它们的主要生殖季节则在春、夏季,即4—8月^[6]。本次调查捕获的鱼类中,按月依次出现细纹狮子鱼(4月),大泷六线鱼、细纹狮子鱼及鲆鲽类(5月),褐菖鲉(*Sebastes marmoratus*)(6月),许氏平鲉和褐菖鲉(7月),赤鼻棱鳀(8月)等种类的幼鱼。幼鱼比例相对较少,这可能和调查水域未涵盖浅水区有关,而一般幼鱼分布在浅水区和较浅水区^[14]。

3.2 胶州湾中部海域鱼类群落结构特征变化

胶州湾中部海域鱼类群落春季种类丰富度、多样性指数和均匀度值较高,群落结构较为复杂。夏季多样性指数和均匀度值偏低,特别是7月和8月,群落均匀度骤减,这可能与其优势种组成有关。7月、8月第一优势种所占质量百分比均高达50%以上,其余种类所占比例较少,种类之间分布极不均匀,导致鱼类群落多样性和均匀度下降。

一般从6月开始(即春汛捕捞结束后),鱼类群聚中的种类组成顺位和它们的数量比率开始变化^[10]。本次春、夏季调查相邻月鱼类群聚中的种类组成和生物量大小的顺位基本稳定,6月开始有变化,7月和8月的种类组成顺位更加接近。从生物量角度分析,这两个月鱼类群聚组成中共有种达18种,其质量百分比和分别占7月、8月的99.35%和96.29%。鱼类种类组成上相关系数最差的是4月与7月,这主要由组成该月的鱼类适温属性决定,4月冷温种比例较大,暖水暖温种比例较小,7月反之(表2)。

3.3 胶州湾中部海域鱼类种类组成季节变化与环境因子

鱼类种类组成在时空上呈现一定的异质性,这与复杂的理化因子和海底地貌关系十分密切^[15-16]。鱼类群落结构经常随主要环境因子的变化逐渐或同步变化,每一群落将以一些特定种类为特征^[17]。水温、水深和盐度是决定鱼类分布及鱼类群落时空格局的重要环境因子^[18-22]。在胶州湾中部海域春、夏季复杂环境条件的综合影响下,各月鱼类群落结构特征发生一定的变化,形成一定的鱼类组群。鱼类组群的格局反映了鱼种之间生态上相互联系的一些特点^[23]。各月鱼类组群中包含的鱼种具有相似的环境适应特性和分布区域,其中按数量统计的优势鱼种环境适应性强,分布较为广泛,遍及胶州湾中部海

域。CCA排序较好地解释了物种与环境的内在联系,揭示鱼类在不同环境因子(非生物的和生物的)上的生态分化现象,表现为鱼类对不同环境的适应性。本次调查显示胶州湾水域的鱼类以暖温性种为主,暖水性和冷温性鱼类居次要地位。随着底层水温的持续上升,不同适温属性的鱼类有明显的季节更替,夏季暖温暖水种数量增加,冷温种数量下降。胶州湾鱼类种类主要由定居种、周期性种类和稀有种类组成,其他海域也有类似特点^[24-25]。胶州湾海区其他复杂多变的环境因子与鱼类组成的关系有待于进一步研究。

根据本次调查的资料,春、夏季胶州湾中部较深水区是幼鱼和成鱼的混合分布区。胶州湾鱼类的组成状况具有温带海区的特点,季节变化明显^[3]。随着春、夏季升温季节的到来,鱼类种类组成相对较丰富。本海区捕获的大多数鱼种具有生长速度快、生命周期短的特点,使得一些鱼种的生态空间容易被另一些鱼种所取代,这也是种类组成季节变化的内在因素之一。胶州湾北部湾底两侧有大沽河、墨水河和李村河等数条河流注入,饵料丰富,自古即是多种经济鱼种的产卵、索饵和育肥场所,保护胶州湾的生态环境,提高鱼类群落结构的多样性,对恢复海洋生态系统的稳定性至关重要。

参考文献

- [1] Yang D-F (杨东方), Gao Z-H (高振会), Ma Y (马媛), et al. Influence of environmental change on marine biological resources in Jiaozhou Bay. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), 2006, **25**(4): 39-42 (in Chinese)
- [2] Li X-Z (李新正), Yu H-Y (于海燕), Wang Y-Q (王永强), et al. Study on species diversity of micro benthic fauna in Jiaozhou Bay. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2001, **9**(1): 80-84 (in Chinese)
- [3] Tian M-C (田明诚), Sun B-L (孙宝铃). Fish species composition and seasonal groups// Liu R-Y (刘瑞玉), ed. *Ecology and Living Resources of Jiaozhou Bay*. Beijing: Science Press, 1992: 271-280 (in Chinese)
- [4] Zeng X-Q (曾晓起), Piao C-H (朴成华), Jiang W (姜伟), et al. Biodiversity investigation in Jiaozhou Bay and neighboring waters. *Periodical of Ocean University of China* (Natural Science) (中国海洋大学学报·自然科学版), 2004, **34**(6): 977-982 (in Chinese)
- [5] Wu H-Z (吴鹤洲), Cheng G-S (成贵书), Wang X-C (王新成), et al. Structure of fish resources and biological characteristics// Liu R-Y (刘瑞玉), ed. *Ecology and Living Resources of Jiaozhou Bay*. Beijing: Science Press, 1992: 352-379 (in Chinese)

- [6] Wu P-Q (吴佩秋), Wu H-Z (吴鹤洲). Reproductive ecology of fishes// Liu R-Y (刘瑞玉), ed. Ecology and Living Resources of Jiaozhou Bay. Beijing: Science Press, 1992: 380-394 (in Chinese)
- [7] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine (国家质量监督检验检疫总局). Specifications for Oceanographic Survey-Part 6: Marine Biological Survey (GB/T12763. 3-2007). Beijing: China Standards Press, 2007 (in Chinese)
- [8] Wilhm JL. Use of biomass units in Shannon formula. *Ecology*, 1968, **49**: 153-156
- [9] Ludwig JA, Reynolds JF. Statistical Ecology. New York: John Wiley & Sons, 1988
- [10] Deng S-M (邓思明), Zang Z-J (臧增嘉), Zhan H-X (詹鸿禧), et al. A study on fish community structure in the open water zone of Taihu Lake. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), 1997, **21**(2): 134-142 (in Chinese)
- [11] ter Braak CJF. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 1986, **67**: 1167-1179
- [12] ter Braak CJF, Prentice IC. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 1988, **18**: 271-317
- [13] Wu Y-Q (吴耀泉). Effect of the development of the coastal zone on the organism resources in Jiaozhou Bay. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), 1999, **18**(2): 38-42 (in Chinese)
- [14] Wang X-C (王新成), Wu H-Z (吴鹤洲), Yang J-M (杨纪明). The structure of fish assemblage// Liu R-Y (刘瑞玉), ed. Ecology and Living Resources of Jiaozhou Bay. Beijing: Science Press, 1992: 280-294 (in Chinese)
- [15] Cheng J-S (程济生). Ecological Environments and Biotic Community in the Inshore Waters of Yellow and Bohai Sea. Qingdao: Ocean University of China Press, 2004 (in Chinese)
- [16] Ren Y-P (任一平), Xu B-D (徐宾铎), Ye Z-J (叶振江), et al. Preliminary study on community structure of fishery resources during spring and autumn in the coastal waters of Qingdao. *Periodical of Ocean University of China* (Natural Science) (中国海洋大学学报·自然科学版), 2005, **35**(5): 792-798 (in Chinese)
- [17] Jin X-S (金显仕). Community structure of fishery resource and dominant species replacement in the Yellow Sea and East China Sea// Tang Q-S (唐启升), Su J-L (苏纪兰), eds. Study on Ecosystem Dynamics in Coastal Ocean. I. Key Scientific Question and Study Stratagem. Beijing: Science Press, 2000: 66-71 (in Chinese)
- [18] Chen D-G (陈大刚). Fishery Ecology in the Yellow Sea and Bohai Sea. Beijing: Marine Press, 1991 (in Chinese)
- [19] Jin X. Seasonal changes of the demersal fish community of the Yellow Sea. *Asian Fisheries Science*, 1995, **8**: 177-190
- [20] Jin X, Xu B, Tang Q. Fish assemblage structure in the East China Sea and southern Yellow Sea during autumn and spring. *Journal of Fish Biology*, 2003, **62**: 1194-1205
- [21] Zhang H (张衡), He W-S (何文珊), Tong C-F (童春富), et al. Seasonal and semi-lunar changes in fish community structure in low salinity intertidal area of Yangtze estuary. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(5): 1110-1116 (in Chinese)
- [22] Fang S-M (方水美), Yang S-Y (杨圣云), Zhang C-M (张澄茂), et al. Effects of submarine topography and water depth on distribution of pelagic fish community in Minnan-Taiwan bank fishing ground. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, **13**(11): 1463-1467 (in Chinese)
- [23] Qiu Y-S (邱永松). A preliminary analysis of fish species groups on the northern continental shelf on South China Sea. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), 1990, **14**(4): 267-276 (in Chinese)
- [24] Allen LG. Seasonal abundance, composition, and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, California. *Fishery Bulletin*, 1982, **80**: 769-790
- [25] Tyler AV. Periodic and resident components in communities of Atlantic fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1971, **28**: 935-946

作者简介 徐宾铎,男,1976年生,博士,讲师.主要从事渔业资源生态学、渔业生物多样性和湿地生态学研究,发表论文20余篇. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn

责任编辑 肖红
