

莱州湾鱼类群落的营养结构及其变化

张波 吴强 金显仕

(农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 2011 年 5 月~2012 年 4 月期间对莱州湾进行了 9 次底拖网调查, 对采集的 20 种鱼类 4 854 个胃含物样品进行了分析。结果表明, 莱州湾鱼类群落包括浮游动物食性、底栖动物食性、鱼食性、杂食性和广食性 5 种食性类型, 其中底栖动物食性鱼类是莱州湾各月份鱼类群落的重要食性类型, 钩虾和双壳类等底栖动物饵料在莱州湾生态系统的食物关系中起着关键的作用。秋末和初春的莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主, 食性类型单一; 随着水温升高, 鱼类群落的食性类型逐渐变得丰富。分析表明, 莱州湾海域鱼类群落的营养结构有利于增殖放流品种后期的生长存活, 建议跟踪调查增殖放流点周边海域的食物关系和饵料基础, 同时结合多学科调查, 选择最佳的增殖放流地点和时间, 才能切实有效地保证增殖放流的效果。

关键词 莱州湾 鱼类群落 食性类型 增殖放流

中图分类号 S931.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)02-0001-09

Feeding ecology of fish assemblages and its variations in the Laizhou Bay

ZHANG Bo WU Qiang JIN Xian-shi

(Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Based on the samples collected during nine bottom trawl surveys in Laizhou Bay conducted from May 2011 to April 2012, 20 fish species and 4 854 stomach samples were analyzed. Five kinds of feeding habits were found among the fish assemblages in the Laizhou Bay, including zooplanktivores, benthivores, piscivores, omnivores and generalist predators. Benthivory is an important feeding habit in fish assemblage in each month, and the benthic prey such as gammarid amphipods and bivalvia, was the primary prey in the food relationship of Laizhou Bay. The composition of feeding type in fish assemblage of late autumn and early spring was simple, and benthivores were the major component, then as water temperature increased, the composition became complicated. The results showed that the food structure of fish assemblage in Laizhou Bay favored growth and survival of the released species. In order to ensure the effect of enhancement and release, it is suggested that the food relationship and prey condition in the waters around the released place should be track-surveyed, and the suitable place and time for release should be selected.

KEY WORDS Fish assemblages Feeding habit Enhancement and release
Laizhou Bay

当前,我国近海生态系统在人类活动(富营养化、资源的过度开发利用等)与气候变化(全球变暖、海洋酸化等)相互叠加产生的多重压力下发生了很大的变化,近海渔业资源严重衰退,生境改变,生物的种类组成和分布格局显著变化,生态系统产出质量下降(唐启升等 2000)。这对现有的渔业管理措施,如:养殖品种和布局、放流品种选择与放流的地点与时间、休渔和捕捞管理规定等提出了新的挑战。因此,需要深刻地认识近海生态系统对多重压力的响应机制和过程,提高预测能力,为建立在生态系统水平上的适应性管理打下坚实的科学基础。

莱州湾作为渤海三大海湾之一,沿岸有黄河、小清河和胶莱河等多条河流入海,不仅是黄渤海渔业生物的主要产卵场、栖息地和渤海多种鱼类的传统渔场(邓景耀等 2000),同时也是当前增殖开发的重要海域。随着区域经济的快速发展,莱州湾的海洋生态环境承受着前所未有的压力,生态服务功能日益下降,可持续发展能力逐渐减弱。研究表明,整个莱州湾鱼卵仔鱼数量呈现下降趋势,小清河河口海域已不适宜鱼卵仔鱼的生长发育;小清河河口海域底栖生物种类和数量明显减少,耐污种逐渐增多(吴宇凯 2011)。近年来的监测结果表明,莱州湾水体富营养化状况依然较重,重要经济生物产卵场和渔业资源衰退趋势未得到有效遏制(吴宇凯 2011)。因此,进一步深入研究莱州湾海域生态系统的状况是非常必要的。当前对莱州湾的渔业资源和生物环境的研究较多(金显仕等 1999、2000;王俊 2000;周红等 2010;王爱勇等 2010;彭荣等 2012),但对该海域食物网结构的研究却较少,仅见孟田湘(2000)对莱州湾黄河口近岸幼鱼食物结构的研究。本研究旨在通过对莱州湾鱼类群落营养结构的研究,弄清资源增殖的生态背景场,为进一步在莱州湾开展增殖放流和实施有效的渔业管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析

2011年5月~2012年4月期间,除冬季(12、翌年1月和2月)因莱州湾海面结冰而未调查以外,用350马力的“鲁昌渔4193号”单拖渔船在莱州湾进行了9个航次的逐月大面综合调查,取样站位18个,如图1所示。调查网具的网口高8m,网口宽30.6m,网具主尺寸为1740目×63mm,囊网网目20mm。定点站位拖网1h,拖速为3.0kn左右。

根据“简化食物网”的研究策略,选择在食物关系、营养层次转化中发挥重要功能作用的重要种类为研究对象(唐启升 1999),进行胃含物分析。取样个体经生物学测定后,取出消化道立即速冻保存。胃含物分析时,将其解冻,用吸水纸吸去水分后,再在双筒解剖镜下鉴定饵料生物的种类并分别计数和称重,食物重量精确到0.001g,并尽量鉴定到最低分类阶元。本研究所选取的各月份主要种类的渔获量之和占该月份莱州湾鱼类群落总渔获量的90%以上,共分析了20种鱼类的4854个胃含物样品(表1)。

1.2 数据分析

根据胃含物分析结果,将各鱼种的食物组成归

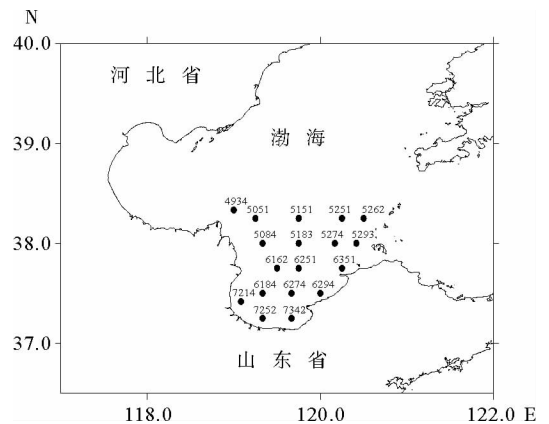


图1 莱州湾取样站位

Fig. 1 Sampling stations in Laizhou Bay

表 1 莱州湾各鱼种胃食物样品

Table 1 Stomach samples of fish species in Laizhou Bay

鱼种 Fish species	3月 March	4月 April	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November
	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)	平均体长 Mean length (mm)
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	107.77±17.32	103.59±11.55	104.87±19.17	116.09±14.41	73.14±21.43	98.28±25.33	87.28±12.21	87.31±14.83	110.36±15.46
矛尾复鰕虎鱼 <i>Symeochogobius hasta</i>	—	—	174.28±20.64	192.19±25.38	97.36±19.90	133.28±10.85	132.36±15.07	152.77±22.40	170.84±29.38
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	—	61.73±15.37	59.31±7.24	—	—	—	—	—	—
中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenorypauchen chinensis</i>	—	—	79.24±11.81	—	—	—	—	—	—
短吻红舌鲷 <i>Cymoglossus joyneri</i>	113.61±25.75	98.60±27.25	95.23±36.92	111.86±26.81	122.99±21.29	128.42±19.92	123.16±12.43	124.84±8.74	128.82±9.37
斑鰕 <i>Callionymus benitegari</i>	76.05±10.15	—	81.50±11.06	85.86±6.76	—	89.80±13.04	—	69.49±10.75	78.12±6.98
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	—	—	214.21±72.56	204.68±25.12	—	160.87±55.59	172.57±34.78	195.60±30.81	—
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	—	—	—	129.04±9.52	142.11±16.33	159.97±13.71	108.32±13.51	117.69±13.76	—
斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i>	—	—	138.57±12.78	—	—	—	113.87±12.52	133.24±11.60	—
许氏平鲉 <i>Sebastes fuscescens</i>	—	—	—	—	48.59±21.82	62.56±8.24	66.85±11.46	81.47±14.92	—
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	—	116.58±12.77	124.49±14.88	136.01±17.37	141.16±11.53	136.29±10.48	—	—	—
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	—	—	—	—	147.40±23.94	185.32±29.72	290.92±16.74	—	—
青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	—	—	—	—	112.64±4.24	—	84.00±8.02	—	—
赤鼻棱鲉 <i>Thrixa kammalensis</i>	—	—	—	88.99±10.74	—	—	—	62.36±4.00	—
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	—	—	—	—	150.44±28.59	149.52±13.00	—	—	—
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	—	—	—	105.67±8.79	111.85±11.13	110.45±10.57	—	—	—
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	—	—	—	—	69.32±20.31	—	—	—	—
长须鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>	—	—	97.07±47.86	—	—	—	—	—	—
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	—	—	—	—	—	—	131.48±19.03	—	—
石鲮 <i>Platichthys bicoloratus</i>	—	—	—	167.43±6.97	—	—	—	—	—

为以下饵料类群:浮游植物、浮游动物(包括桡足类、磷虾类、毛虾类、糠虾类、虫戎类和甲壳类幼体)、底层虾蟹类(包括底层虾类、蟹类和口足类)、底栖动物(包括蛇尾类、腹足类、双壳类、多毛类、涟虫类和钩虾类等)、鱼类和其他类(包括不可辨认的饵料生物,在食物中所占的比例未达到1%的饵料种类,以及在各月份出现较少的饵料种类,如头足类等)。由于本研究中鱼类群落摄食的饵料类群的个体差异较大,因此,选择采用出现频率百分比组成这一指标来描述各鱼种的食物组成(郭斌等 2010)。

采用一般多数的原则,即以出现频率百分比组成超过60%的饵料为主要摄食对象来划分食性类型和亚功能群(张波等 2003)。由于莱州湾水深大部分在10m以内,将摄食底层虾蟹类和底栖动物饵料的鱼类归为底栖动物食性鱼类;将兼食植物和动物饵料的鱼类归为杂食性鱼类;将摄食两种和两种以上动物性饵料类群的鱼类归为广食性鱼类。银鲳 *Pampus argenteus* 在6、7和8月是莱州湾鱼类群落主要种类,其食物组成引自韦晟等(1992)的研究结果,食性类型为杂食性鱼类。

根据各种类的生物量组成确定各月份鱼类群落的主要食性类型和主要饵料基础。为了研究各月份鱼类群落营养结构的变化,采用PRIMER v5.0对各月份鱼类群落食性类型的生物量组成进行聚类分析,用60%的Bray-Curtis相似性系数为标准来判断相似性。

2 结果

2.1 春季莱州湾鱼类群落的营养结构

胃含物分析结果(图2a)表明,莱州湾3月鱼类群落的主要种类均属底栖动物食性鱼类,包括两个亚功能群。矛尾鰕虎鱼为一个亚功能群,摄食60.55%的底层虾蟹类和32.11%的底栖动物(其中钩虾类占23.85%)。短吻红舌鲷和绯鲈为一个亚功能群,主要摄食底栖动物饵料。短吻红舌鲷摄食的底栖动物饵料完全是钩虾,占食物组成的66.67%;绯鲈也摄食66.67%的底栖动物饵料,其中包括33.33%的腹足类、16.67%的双壳类和16.67%的钩虾类。该月鱼类群落的主要种类还摄食一定比例的浮游动物饵料,主要是糠虾类。根据各食性类型的生物量组成(图3),3月莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主。

莱州湾4月鱼类群落的主要种类由底栖动物食性鱼类和浮游动物食性鱼类组成(图2b)。底栖动物食性鱼类包括两个亚功能群,矛尾鰕虎鱼为一个亚功能群,摄食48.28%的底层虾蟹类和37.03%的底栖动物(其中钩虾类占20.69%);六丝矛尾鰕虎鱼和短吻红舌鲷为一个亚功能群,主要摄食底栖动物饵料,其中钩虾类分别占各自食物组成的65.71%和70.91%。方氏云鲷摄食85.71%的浮游动物,为浮游动物食性鱼类。该月鱼类群落的主要种类摄食的浮游动物饵料仍主要是糠虾类。根据各食性类型的生物量组成(图3),4月莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主,占91.37%。

莱州湾5月鱼类群落的主要种类包括底栖动物食性鱼类、广食性鱼类和杂食性鱼类3种(图2c)。6种底栖动物食性鱼类均摄食60%以上(66.67%~91.26%)的底栖动物饵料,其中主要是钩虾类,其次为涟虫类、双壳类和腹足类。矛尾鰕虎鱼还摄食30.77%的浮游动物饵料,主要是糠虾类。矛尾复鰕虎鱼和方氏云鲷属广食性鱼类,可分为两个亚功能群。矛尾复鰕虎鱼摄食的饵料种类较多,包括22.22%的糠虾、29.63%的底层虾蟹类、22.22%的底栖动物、14.81%的鱼类和11.11%的头足类;方氏云鲷摄食50.48%的浮游动物(其中糠虾类占39.05%)和48.57%的底栖动物(包括34.28%的钩虾类和11.43%的双壳类)。斑鲈是杂食性鱼类,摄食29.46%的浮游植物(主要是各种圆筛藻)、47.29%的浮游动物(桡足类占41.08%)和23.25%的底栖动物(双壳类占13.95%)。根据各食性类型的生物量组成(图3),5月莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主,占60.91%;其次是广食性鱼类,占34.39%。

2.2 夏季莱州湾鱼类群落的营养结构

胃含物分析结果(图4a)表明,莱州湾6月鱼类群落的主要种类包括浮游动物食性鱼类、底栖动物食性鱼类、广食性鱼类和杂食性鱼类。7种底栖动物食性鱼类包括两个亚功能群,矛尾鰕虎鱼、短吻红舌鲷和绯鲈为一个亚功能群,摄食60%以上(66.67%~88.16%)的底栖动物,其中主要是钩虾类和双壳类,其次是多毛类和

蛇尾类;石鲈、皮氏叫姑鱼、矛尾复鰂虎鱼和鲷为一个亚功能群,摄食 80%以上(83.33%~100%)的底层虾蟹类饵料。小黄鱼和方氏云鳎分属广食性鱼类的两个不同亚功能群,小黄鱼摄食 44.74%的浮游动物和 50%的底层虾类;方氏云鳎摄食 55.06%的浮游动物和 38.61%的底栖动物(其中钩虾类占 25.32%)。赤鼻棱鳀属浮游动物食性鱼类,摄食的浮游动物饵料主要是甲壳类幼体和糠虾类。根据各食性类型的生物量组成(图 3),6 月莱州湾鱼类群落除杂食性鱼类所占比例少以外,其余 3 种食性鱼类所占比例相当。

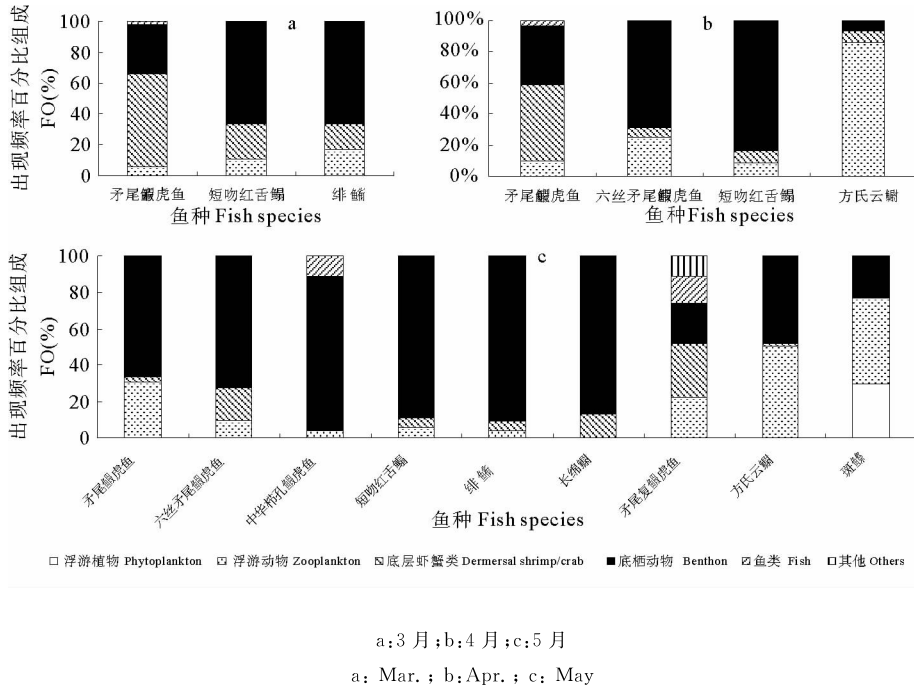


图 2 春季莱州湾鱼类群落主要种类的食物组成

Fig. 2 Diet composition of important species in spring fish assemblage of Laizhou Bay

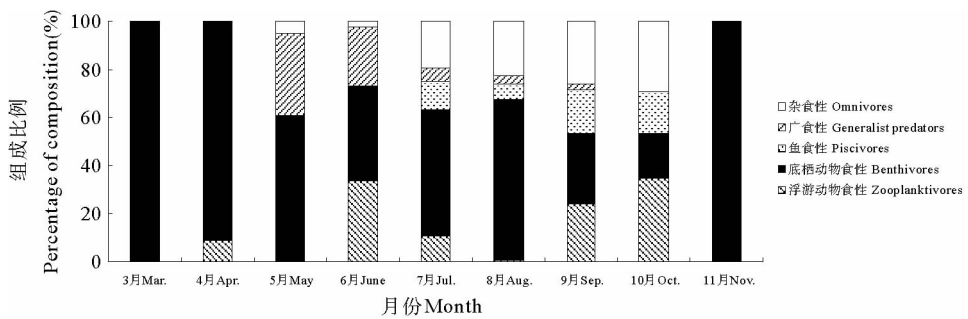


图 3 各月份莱州湾鱼类群落食性类型的生物量组成

Fig. 3 Biomass composition of feeding habits in fish assemblage of Laizhou Bay in each month

莱州湾 7 月鱼类群落的主要种类由浮游动物食性鱼类、底栖动物食性鱼类、广食性鱼类、杂食性鱼类和鱼食性鱼类组成(图 4b)。6 种底栖动物食性鱼类包括两个亚功能群,矛尾鰂虎鱼、矛尾复鰂虎鱼和短吻红舌鲷为一个亚功能群,摄食 60%以上(64.10%~88.98%)的底栖动物饵料,主要是钩虾类和双壳类;白姑鱼和皮氏叫姑鱼为一个亚功能群,摄食 80%以上的底层虾类。小黄鱼、许氏平鲷和细纹狮子鱼分属广食性鱼类的两个不同亚功能群,小黄鱼和细纹狮子鱼属一个功能群,主要摄食浮游动物和底层虾类;许氏平鲷是一个亚功能群,摄食 57.89%的底层虾蟹类和 36.84%的鱼类。蓝点马鲛属鱼食性鱼类,摄食 91.89%的鱼类,其中鳀鱼 *Engraulis japonicus* 占 51.35%。青鳞沙丁鱼和方氏云鳎为浮游动物食性鱼类,青鳞沙丁鱼主要摄食桡足类和箭

虫;方氏云鳎主要摄食细长脚虫戎 *Themisto gracilipes* 和糠虾类,同时摄食较多的底栖动物和底层虾蟹类饵料。根据各食性类型的生物量组成(图3),7月莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主,占52.53%;其次是杂食性鱼类,广食性鱼类所占的比例很少。

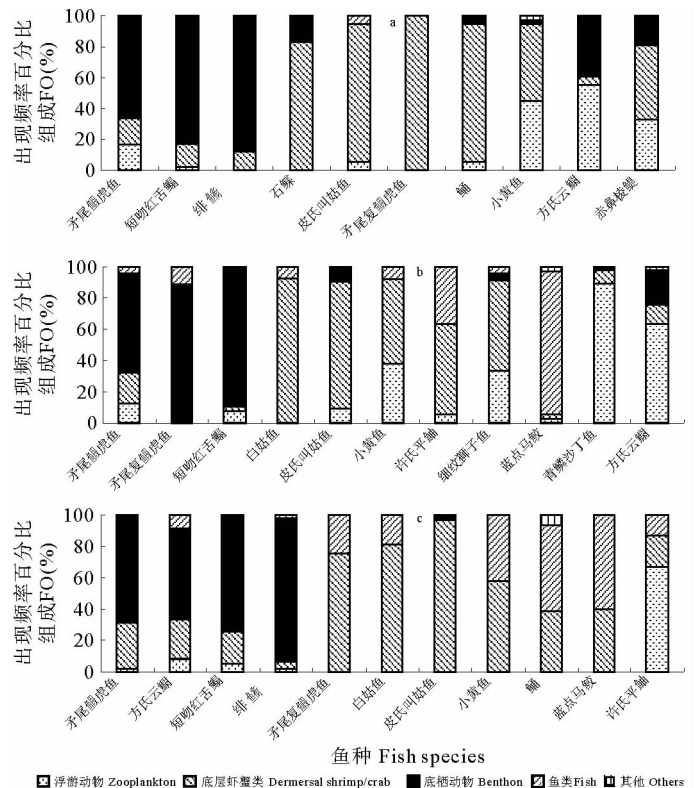
莱州湾8月鱼类群落的主要种类包括浮游动物食性鱼类、底栖动物食性鱼类、广食性鱼类、杂食性鱼类和鱼食性鱼类5种(图4c)。7种底栖动物食性鱼类包括两个亚功能群,矛尾鰕虎鱼、方氏云鳎、短吻红舌鳎和绯鲳为一个亚功能群,摄食58.33%~91.34%的底栖动物饵料,主要是钩虾类、双壳类和腹足类;矛尾复鰕虎鱼、白姑鱼和皮氏叫姑鱼为一个亚功能群,摄食75%~96.55%的底层虾蟹类。鲷和小黄鱼属广食性鱼类,主要摄食底层虾蟹类和鱼类。蓝点马鲛属鱼食性鱼类,同时摄食较多的底层虾类。许氏平鲈属浮游动物食性,主要摄食桡足类和甲壳类幼体,还摄食较多的底层虾类和幼鱼。根据各食性类型的生物量组成(图3),8月莱州湾鱼类群落以底栖动物食性鱼类为主,占67.17%;其次是杂食性鱼类,其余3种食性鱼类所占的比例很少。

2.3 秋季莱州湾鱼类群落的营养结构

胃含物分析结果(图5a)表明,莱州湾9月鱼类群落中的5种底栖动物食性鱼类包括两个亚功能群,矛尾鰕虎鱼、矛尾复鰕虎鱼和短吻红舌鳎为一个亚功能群,摄食60%以上(66.99%~77.42%)的底栖动物,其中主要是钩虾类、双壳类和蛇尾类,还摄食较多的底层虾蟹类;黄鲫和许氏平鲈为一个亚功能群,黄鲫摄食90.48%的底层虾类;许氏平鲈摄食71.43%的底层虾蟹类和21.43%的鱼类。斑鲛和青鳞沙丁鱼为杂食性鱼类,摄食的浮游植物主要是各种圆筛藻,斑鲛还摄食41.42%的底栖动物(其中双壳类占38.28%),青鳞沙丁鱼还摄食49.25%的浮游动物饵料(其中桡足类占43.83%)。鲷为广食性鱼类,摄食58.88%的底层虾蟹类和37.38%的鱼类。小黄鱼和蓝点马鲛为鱼食性鱼类,小黄鱼同时还摄食较多的底层虾蟹类和底栖动物饵料。根据各食性类型的生物量组成(图3),9月莱州湾鱼类群落除广食性鱼类所占比例少以外,其余4种食性鱼类所占比例相当。

莱州湾10月鱼类群落的主要种类由浮游动物食性鱼类、底栖动物食性鱼类、杂食性鱼类和鱼食性鱼类组成(图5b)。底栖动物食性鱼类包括3个亚功能群,矛尾鰕虎鱼和绯鲳摄食70%以上的底栖动物饵料,主要是钩虾类和蛇尾类,其次是双壳类和腹足类;短吻红舌鳎和许氏平鲈摄食70%以上的底层虾蟹类;矛尾复鰕虎鱼摄食38.89%的底层虾蟹类和50%的底栖动物饵料。斑鲛为杂食性鱼类,赤鼻棱鲳为浮游动物食性鱼类,摄食的浮游动物饵料主要为桡足类。鲷和小黄鱼为鱼食性鱼类,同时还摄食较多的底层虾蟹类。根据各食性类型的生物量组成(图3),10月莱州湾鱼类群落中浮游动物食性鱼类最多,为34.84%,其次是杂食性鱼类,底栖动物食性鱼类和鱼食性鱼类所占的比例相当。

莱州湾11月鱼类群落的主要种类均是底栖动物食性鱼类(图5c),根据摄食底栖动物饵料的差异,可以分为3个亚功能群。矛尾鰕虎鱼摄食35.56%的底层虾蟹类和53.33%的底栖动物饵料(主要是钩虾类和蛇尾



a: 6月; b: 7月; c: 8月

a: June; b: Jul.; c: Aug.

图4 夏季莱州湾鱼类群落主要种类的食物组成

Fig. 4 Diet composition of important species in summer fish assemblage of Laizhou Bay

类); 矛尾𩚰虎鱼摄食 62.16% 的底层虾蟹类; 短吻红舌𩚰和绯(鲮)主要摄食底栖动物饵料, 主要是钩虾类和双壳类。根据各食性类型的生物量组成(图 3), 11 月莱州湾鱼类群落主要是底栖动物食性鱼类。

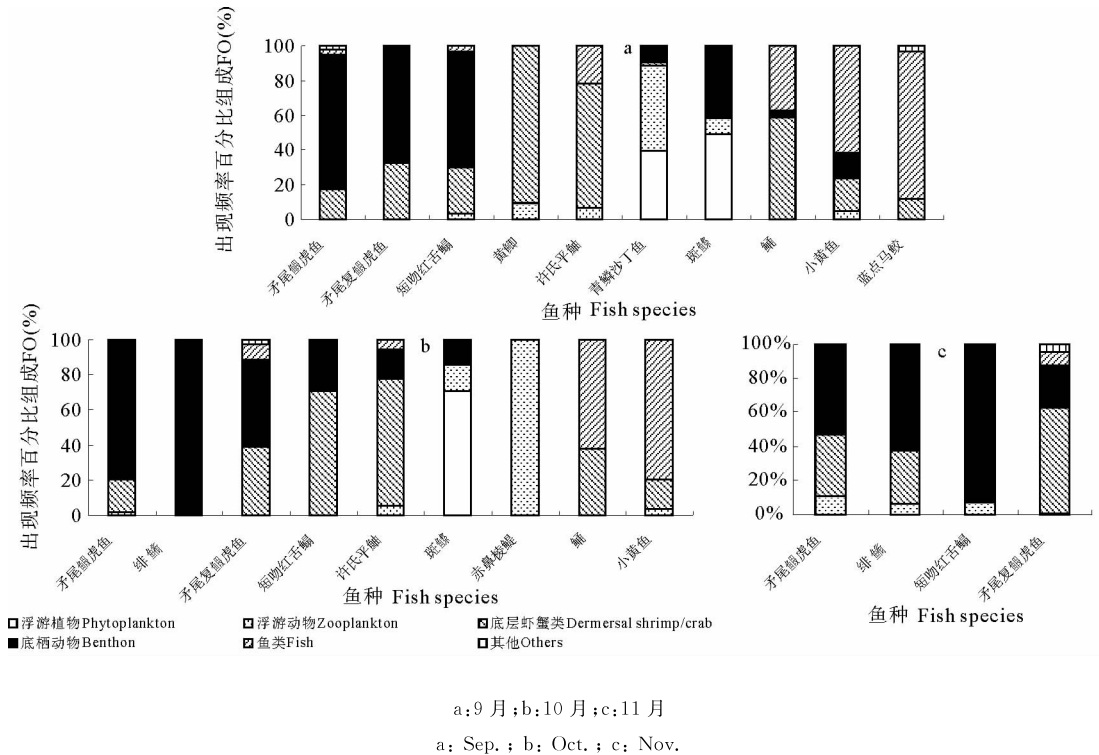


图 5 秋季莱州湾鱼类群落主要种类的食物组成

Fig. 5 Diet composition of important species in autumn fish assemblage of Laizhou Bay

3 讨论

孟田湘(2000)研究发现,莱州湾黄河口近岸的幼鱼包括浮游动物食性、底栖动物食性、混合动物食性(即本研究的广食性)和游泳动物食性 4 种食性类型。本研究结果表明,莱州湾成鱼包括浮游动物食性、底栖动物食性、鱼食性、杂食性和广食性 5 种食性类型,且杂食性鱼类在 7~10 月莱州湾的鱼类群落中占有较大的比例,与黄、渤海生态系统营养结构的特征一致(张 波等 2009、2012)。但是与黄海和渤海生态系统不同的是:1)底栖动物食性鱼类是莱州湾各月份鱼类群落重要的食性类型,钩虾和双壳类等底栖动物饵料在莱州湾生态系统食物关系中起着关键的作用;2)尽管浮游动物食性鱼类并不是在各月份的鱼类群落中均有出现,但由于莱州湾水深较浅,有的其他食性类型的鱼类也摄食较多的浮游动物饵料,如 5 月的矛尾𩚰虎鱼为底栖动物食性鱼类,但同时还摄食 30.77% 的浮游动物饵料。分析表明糠虾类和桡足类是莱州湾主要的浮游动物饵料。近年来,由于渔业资源的优势种组成不断更替,优势种个体小型化等原因,黄、渤海渔获物的营养级平均每 10 年下降 0.14~0.24(Zhang *et al.* 2007)。邓景耀等(2000)和金显仕等(1999、2000)的研究表明,莱州湾渔业资源也呈持续衰退的趋势,20 世纪 80 年代以来,带鱼 *Trichiurus haumela*、小黄鱼等大型底层鱼类被黄鲫、鳀鱼等小型中上层鱼类替代,渔业生物群落结构发生了显著变化。因此,莱州湾鱼类群落营养结构的年间变化将是下一步研究的重点。

研究鱼类群落的摄食生态可以大大简化海洋生态系统的食物网及其营养动力学过程研究(Hawkins *et al.* 1989; Garrison 2000)。处于相同摄食生态位的鱼类,由于摄食饵料种类差异,又可以划分为多个亚功能群,如张 波等(2009)发现,黄海高营养层次生物群落功能群的一个显著特点是浮游动物食性功能群包含 4~6 个亚功能群。莱州湾水深较浅,鱼类根据自身的生理特征和需求可以摄食水体中各个水层的饵料,处于相同

摄食生态位的鱼类摄食的饵料范围较广,根据摄食饵料种类的差异,可将莱州湾底栖动物食性鱼类和广食性鱼类分为不同的亚功能群。底栖动物食性可分为3个亚功能群:主要以底层虾蟹类为食,如7月的白姑鱼和皮氏叫姑鱼;主要以底栖动物为食,如3月的短吻红舌鲷和绯鲈;主要摄食底层虾蟹类和底栖动物饵料,如3月的矛尾鰕虎鱼。广食性鱼类可分为4个亚功能群:主要摄食浮游动物和底栖动物饵料,如斑鰕和5月的方氏云鲷;主要摄食浮游动物和底层虾蟹类,如小黄鱼和细纹狮子鱼;主要摄食底层虾蟹类和鱼类,如8月的小黄鱼和鲷;摄食的饵料种类较广,如5月的矛尾复鰕虎鱼,摄食的饵料类群包括浮游动物、底层虾蟹类、底栖动物、鱼类和头足类。另外,作为杂食性鱼类的斑鰕和青鳞沙丁鱼,斑鰕摄食的饵料范围较广,包括浮游植物、浮游动物和底栖动物;而小个体的青鳞沙丁鱼摄食浮游植物和浮游动物,大个体则主要摄食浮游动物。

在海洋生态系统中,鱼类群落的营养结构存在显著的季节变化,这与鱼类的季节性洄游导致鱼类群落的组成有较大变化、鱼类在不同季节处于不同的生长发育阶段营养需求不同以及饵料基础的时空变化等密切相关(张波等 2009)。本研究的聚类分析结果表明(图6),莱州湾春、夏、秋3个季节9个月的鱼类群落的摄食生态可分为3组,但与季节的变化并不是完全同步的。3~4月和11月鱼类群落摄食生态的相似性系数为84.99%,以底栖动物食性鱼类为主。5月和6月鱼类群落摄食生态的相似性系数为74.40%,底栖动物食性鱼类减少,广食性鱼类占较大的比例,出现杂食性鱼类,但所占的比例很少。7~10月鱼类群落摄食生态的相似性系数为75.34%,底栖动物食性鱼类进一步减少,广食性鱼类减少;除8月以外,浮游动物食性鱼类占有较大的比例;杂食性鱼类所占的比例较5~6月有较大的增加;另一个特点是7~10月的鱼类群落存在鱼食性鱼类。可见,莱州湾鱼类群落营养结构的变化与水温密切相关。秋末和初春的莱州湾鱼类群落的食性类型单一;随着水温升高,鱼类群落的食性类型逐渐变得丰富。

莱州湾作为增殖放流的主要海域,摸清增殖种类与原生态系统中渔业资源之间的食物关系,对有效的资源增殖放流是十分重要的。本研究中作为浮游动物食性鱼类的赤鼻棱鳀,是莱州湾6月和10月鱼类群落的主要种类,10月主要摄食桡足类,而6月摄食的甲壳类幼体占浮游动物饵料的一半以上。同时,根据拖网调查资料,6月在7214站和6184站(图1)捕获的赤鼻棱鳀最多,而此时放流的中国对虾 *Fenneropenaeus orientalis* 和三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus* 也主要集中在浅水区。因此,其在增殖放流初期,对莱州湾主要放流品种的中国对虾和三疣梭子蟹幼苗有潜在的捕食威胁。而增殖放流后的7~10月间,莱州湾鱼类群落的底栖动物食性鱼类和广食性鱼类减少,浮游动物食性鱼类、杂食性鱼类和鱼食性鱼类所占的比例较大,鱼类群落对底层虾蟹类的捕食减少,且胃含物分析中并未发现对中国对虾和三疣梭子蟹的捕食。另外,中国对虾和三疣梭子蟹为底栖动物食性(程济生等 1997;姜卫民等 1998),莱州湾增殖放流后的7~10月间鱼类群落的底栖动物食性鱼类的减少,减少了中国对虾和三疣梭子蟹肥育期的食物竞争。因此,莱州湾海域鱼类群落的营养结构还是有利于增殖放流品种后期的生长存活的。根据本研究的研究结果,结合唐启升等(1997)提出的“应采集水深小于5m的内湾、河口附近的浅水区和定置网密布的海区的渔获物,才能研究渔业资源增殖的敌害生物及其对增殖种类的危害;同时,在增殖放流区选择上,对敌害生物采取“回避”策略是保护增殖放流种类的可行策略”的观点,跟踪调查增殖放流点周边海域的食物关系和饵料基础,同时结合多学科调查,选择最佳的增殖放流地点和时间,才能切实有效地保证增殖放流的效果。

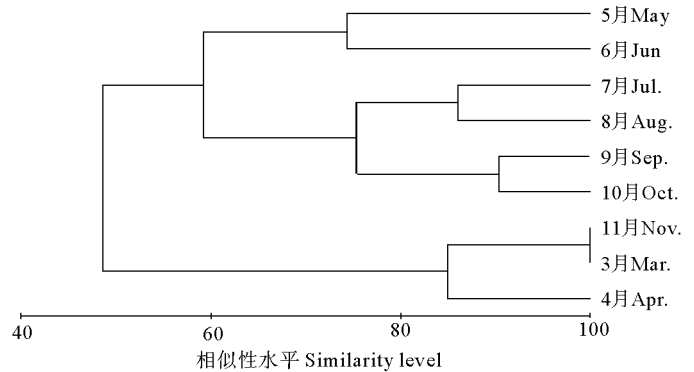


图6 莱州湾各月份鱼类群落摄食生态的聚类分析结果

Fig. 6 Dendrogram of the cluster analysis of monthly feeding ecology in Laizhou Bay

参 考 文 献

- 王 俊. 2000. 莱州湾浮游植物种群动态研究. 海洋水产研究, 21(3):33-38
- 王爱勇, 万瑞景, 金显仕. 2010. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化. 渔业科学进展, 31(1):19-23
- 韦 晟, 姜卫民. 1992. 黄海鱼类食物网的研究. 海洋与湖沼, 23(2):182-192
- 邓景耀, 金显仕. 2000. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 21(1):76-82
- 吴云凯. 2011. 莱州湾海洋环境变化趋势及管理措施研究. 海洋开发与管理, 9:90-92
- 周 红, 华 尔, 张志南. 2010. 秋季莱州湾及邻近海域大型底栖动物群落结构的研究. 中国海洋大学学报, 40(8):80-87
- 金显仕, 邓景耀. 1999. 莱州湾春季渔业资源及生物多样性的年间变化. 海洋水产研究, 20(1):6-12
- 金显仕, 邓景耀. 2000. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. 生物多样性, 8(1):65-72
- 张 波, 唐启升. 2003. 东、黄海六种鳗的食性. 水产学报, 27(4):307-314
- 张 波, 唐启升, 金显仕. 2009. 黄海生态系统高营养层次生物群落功能群及其主要种类. 生态学报, 29(3):1009-1111
- 张 波, 李忠义, 金显仕. 2012. 渤海鱼类群落功能群及其主要种类. 水产学报, 36(1):64-72
- 孟田湘. 2000. 莱州湾黄河口近岸幼鱼食物结构与饵料重叠. 海洋水产研究, 21(2):1-6
- 姜卫民, 孟田湘, 陈瑞盛, 韦 晟. 1998. 渤海日本鳎和三疣梭子蟹食性的研究. 海洋水产研究, 19(1):53-59
- 唐启升. 1999. 海洋食物网与高营养层次营养动力学研究策略. 海洋水产研究, 20(2):1-11
- 唐启升, 苏纪兰. 2000. 中国海洋生态系统动力学研究 I. 关键科学问题与研究发展战略. 北京, 科学出版社
- 唐启升, 韦 晟, 姜卫民. 1997. 渤海莱州湾渔业资源增殖的敌害生物及其对增殖种类的危害. 应用生态学报, 8(3):199-206
- 郭 斌, 张 波, 金显仕. 2010. 黄海海洲湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化. 中国水产科学, 17(2):289-297
- 彭 荣, 左 涛, 万瑞景, 林 群, 李显森, 王 俊, 金显仕. 2012. 春末夏初莱州湾浮游动物生物量谱及潜在鱼类生物量的估算. 渔业科学进展, 33(1):10-16
- 程济生, 朱金声. 1997. 黄海主要经济无脊椎动物摄食特征及其营养层次的研究. 海洋学报, 19:102-108
- Garrison PG. 2000. Spatial and dietary overlap in the Georges bank groundfish community. *Can J Fish Aquat Sci* 57: 1679-1691
- Hawkins CP, MacMahon JA. 1989. Guilds: the multiple meanings of a concept. *Annu Rev Entomol* 34: 423-451
- Zhang B, Tang QS, Jin XS. 2007. Decadal-scale variations of trophic levels at high trophic levels in the Yellow Sea and the Bohai Sea ecosystem. *J Mar Syst* 67: 304-311