

珠江口枯水期和丰水期中小型桡足类种类组成、丰度分布及其与环境因子的关系

黄彬彬^{1*}, 郑淑娴², 蔡伟叙¹, 方宏达¹, 郭东晖³

(1.国家海洋局南海环境监测中心,广东 广州 510300;2.国家海洋局南海规划与环境研究院,广东 广州 510300;3.厦门大学海洋与地球学院,福建 厦门 361102)

摘要: 中小型桡足类是河口区浮游动物的重要组成部分.根据珠江口枯水期(2013 年 11 月)和丰水期(2014 年 8 月)24 个站位的调查资料,对中小型桡足类种类组成、丰度分布和优势种等特征进行了研究.枯水期和丰水期中小型桡足类分别出现 60 和 40 种,以河口和近岸类群为主.根据表层盐度变化将珠江口分为 I、II、III 区,桡足类种类分布具有显著的河口特征,枯水期和丰水期盐度均为 III 区> II 区> I 区.相关性分析结果显示,桡足类种类数与盐度呈极显著正相关.桡足类丰度时空分布差异显著,丰水期(10 809.05 ind/m³)显著高于枯水期(1 371.20 ind/m³),且在 2 个水期均以 I 区丰度最高.强额孔雀哲水蚤(*Parvocalanus crassirostris*)和中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)在 2 个水期均为主要优势种,其空间分布亦与盐度密切相关.研究结果表明盐度是影响珠江口中小型桡足类种群结构的关键非生物环境因子.

关键词: 珠江口;中小型桡足类;种类组成;丰度分布;枯水期;丰水期

中图分类号: Q 958.8

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2017)06-0852-07

浮游动物在海洋食物链(网)中起着承前启后的关键作用,甲壳动物的桡足类是海洋浮游动物中最重要的类群,其种类多,数量大,分布广,在河口浮游动物群落中往往占优势地位,其变动对河口区浮游动物群落结构具有决定性作用^[1-3].近年来,随着研究的不断深入,人们逐渐意识到中小型浮游动物在海洋生态系统中的重要作用,且中小型桡足类对海洋初级生产力的利用大于大型桡足类,因此,对桡足类特别是中小型桡足类的研究具有重要的理论与实际意义^[4-5].

珠江口位于南海北部,属亚热带河口,是我国三大河口之一,受珠江径流、广东沿岸流和南海外海水的综合影响,水动力条件复杂.近年来,珠江口污染情况较为突出,氮、磷富集引起的水体富营养化尤其严重,生态系统面临生物群落退化、渔业资源衰退等环境问题^[6-7].目前对珠江口浮游动物的研究已有不少报

道^[8-17],但多数采用传统大孔径(0.505 mm)浮游生物网进行采样,而对中小型浮游动物尤其是中小型桡足类生态特征的研究不多.本研究通过珠江口海域枯水期和丰水期中小型桡足类的生态调查,对其种类组成、丰度分布和优势种等特征进行了详细的阐述,并探讨了盐度等环境因子对桡足类种群结构的影响,以为珠江口浮游生物生态学方面的深入研究提供基础资料,为探索河口水环境与生物群落之间的相互关系提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 采样时间与站位布设

本次调查分别于珠江口枯水期(2013 年 11 月)和丰水期(2014 年 8 月)进行,布设 24 个站位(图 1),对生物、化学和水文要素等进行采样调查.

收稿日期:2017-01-14 录用日期:2017-04-19

基金项目:广东省渔业生态环境重点实验室 2015 年开放课题(LFE-2015-6)

* 通信作者:bbhua2011@163.com

引文格式:黄彬彬,郑淑娴,蔡伟叙,等.珠江口枯水期和丰水期中小型桡足类种类组成、丰度分布及其与环境因子的关系[J].厦门大学学报(自然科学版),2017,56(6):852-858.

Citation: HUANG B B, ZHENG S X, CAI W X, et al. Species composition and abundance distribution of meso- and micro-copepods and their relationships with environmental factors during dry and wet seasons in the Pearl River Estuary[J]. J. Xiamen Univ Nat Sci, 2017, 56(6): 852-858. (in Chinese)



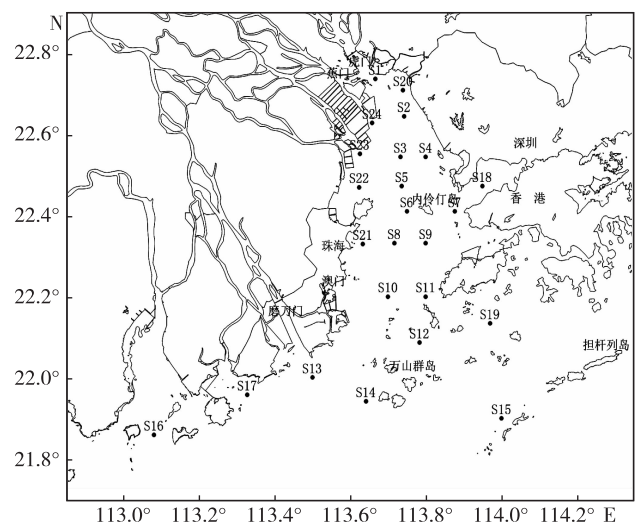


图 1 珠江口采样站位

Fig. 1 Sampling stations in the Pearl River Estuary

1.2 现场采样与样品分析

浮游动物采集、处理和计数均按照文献[18]提供的方法进行:使用浅水Ⅱ型网(网口面积 0.08 m²,孔径 0.169 mm)对浮游动物进行垂直拖网采集,现场用 5%(质量分数)甲醛溶液固定;在体视显微镜下对桡足类进行种类鉴定和计数,桡足类丰度以个体密度(即单位体积内的个体数,ind/m³)表示.优势度的计算采用公式 $Y=(n_i/N) \times f_i$,其中 n_i 和 f_i 分别为第 i 种桡足类的个体数与出现频率, N 为桡足类的总个体数;以 $Y \geq 0.02$ 为标准划分优势种[19].

对水温、盐度、pH、溶解氧浓度等环境因子进行同步采样测定,采表、底两层水(水深 < 5 m 时仅采表层水).各要素测定采用文献[20]中的标准方法.

2 结果与分析

2.1 水文要素分布

调查海域水深变化较大,近岸局部海域水深不足 2 m,担杆岛附近海域水深超过 30 m.枯水期表层水温介于 21.90~23.50 ℃ 之间,平均值为 22.64 ℃,底层与表层差异不大,平均值为 22.88 ℃;丰水期水温显著高于枯水期,表层水温介于 27.81~32.60 ℃ 之间,平均值为 29.80 ℃,底层略低,平均值为 28.15 ℃.

如图 2 所示:珠江口海域受珠江径流和外海高盐水的双重作用,盐度的时空分布具有显著的河口特征,自虎门至担杆岛海域,盐度呈现由淡水到咸淡水直至外海高盐水的过渡;同时在科氏力的作用下,径流主要在西侧流出并形成河羽,所以盐度等值线在西岸显著向南弯曲.枯水期表层盐度介于 2.00~34.05 之间,平均值为 19.40,底层高于表层,平均值为 23.81,多数采样站表、底层盐度差较小;丰水期表层盐度介于 2.00~31.85 之间,平均值为 15.89,底层平均值为 22.98,表、底层差异较枯水期更为显著.

海水 pH 的时空差异很小,调查期间波动于 7.45~8.24 之间.溶解氧质量浓度季节差异显著,枯水期表层平均值达 6.40 mg/L,丰水期表层平均值仅 5.15 mg/L,这与夏季水温高引起氧气溶解度下降有关.

2.2 生态类群组成

在枯水期和丰水期分别鉴定中小型桡足类 60 和 40 种,其中 27 种在 2 个水期均有出现.根据其分布特点,可分为以下 4 个生态类群:

1) 淡水生态类群:该类群分布于虎门和蕉门附近

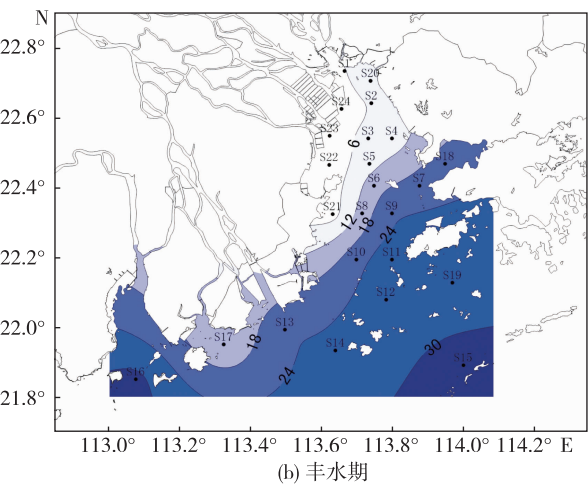
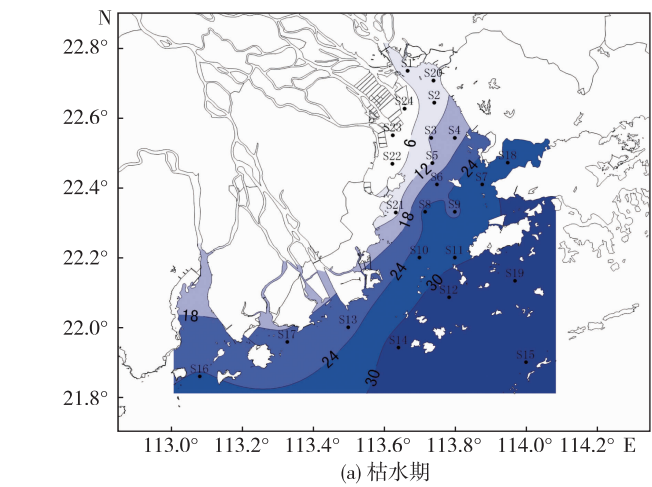


图 2 珠江口表层盐度平面分布

Fig. 2 Distribution of surface salinity in the Pearl River Estuary

的河口区域,该区域丰水期盐度可低至 5 以下,种类不多,以左指华哲水蚤(*Sinocalanus laevidactylus*)和右突新镖水蚤(*Neodiatomus schmackeri*)为代表,分布区域很有限。

2) 河口生态类群:该类群在珠江口分布范围很广,从低盐至中高盐的咸淡水混合区都有分布,有些种类主要分布在低盐区,如中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)、火腿伪镖水蚤(*Pseudodiatomus poplesia*)和右突歪水蚤(*Tortanus dextrilobatus*)等,有些种类主要分布在河口中盐区,如刺尾纺锤水蚤(*Acartia spinicauda*)。

3) 近岸生态类群:该类群主要分布在河口中盐和高盐区,种类较多且数量很大,代表种类有强额孔雀哲水蚤(*Parvocalanus crassirostris*)、厦门矮隆哲水蚤(*Bestiola amoyensis*)、小拟哲水蚤(*P. parvus*)、锥形宽水蚤(*Temora turbinata*)、瘦尾胸刺水蚤(*Centropages tenuiremis*)和钳形歪水蚤(*T. forcipatus*)等,该类群与河口生态类群是珠江口桡足类的主要组成部分。

4) 外海广布类群:该类群主要分布在万山群岛至担杆岛之间的海域,主要随潮汐作用进入河口区,由适应高盐的热带大洋种类组成,代表种类有普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)和亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)等。

2.3 种类数平面分布

珠江口中小型桡足类种类平面分布具有显著的河口特征,结合表层盐度的分布特征,将调查海域划分为 3 个区域:Ⅰ区包括 S1~S5 和 S20~S24 站,枯

水期表层盐度<20,丰水期主要受淡水控制,表层盐度<10;Ⅱ区包括 S6~S10、S13、S17 和 S18 站,枯水期表层盐度多介于 20~30 之间,丰水期表层盐度相对较低,介于 10~25 之间;Ⅲ区包括 S11、S12、S14~S16 和 S19 站,主要受外海高盐水的影响,枯水期表层盐度>30,丰水期表层盐度>25。

由图 3 可知,中小型桡足类种类数时空分布差异显著。枯水期Ⅰ区种类数最少,共 20 种,各站种类数在 4~10 之间;Ⅱ、Ⅲ区种类数增加明显,分别为 33 和 49 种,其中Ⅲ区最高的 S15 站达 44 种。丰水期种类数分布趋势与枯水期相似,Ⅰ区种类数最少,共 18 种,且各站均在 10 种以下;Ⅱ、Ⅲ区种类数分别增加至 27 和 32 种,其中Ⅲ区最高的 S19 站达 23 种。

2.4 丰度时空分布和优势种

珠江口中小型桡足类丰度季节分布差异较大,丰水期显著高于枯水期。枯水期全海区丰度介于 60.41~13 440.00 ind/m³ 之间,平均值为 1 371.20 ind/m³;丰水期介于 343.75~3 4107.14 ind/m³ 之间,平均值为 10 809.05 ind/m³,高于枯水期数倍。

就 3 个区域来看,各区域之间中小型桡足类丰度分布不均匀。枯水期平均丰度Ⅰ区(2 488.11 ind/m³)>Ⅲ区(632.78 ind/m³)>Ⅱ区(528.89 ind/m³)。从图 4(a)可见:高丰度主要由 S20 和 S21 站贡献,均位于Ⅰ区;而丰度最低的 S13 和 S16 站分别位于Ⅱ区和Ⅲ区。丰水期平均丰度Ⅰ区(12 554.88 ind/m³)>Ⅱ区(12 239.26 ind/m³)>Ⅲ区(5 992.40 ind/m³)。从图 4(b)可见:高丰度集中在 S9、S2、S5、S8 和 S4 站,均超过了 20 000 ind/m³,其中 S8 和 S9 站位于Ⅱ区,其余均位于Ⅰ区;丰度最低的分别是虎门、磨刀门等口

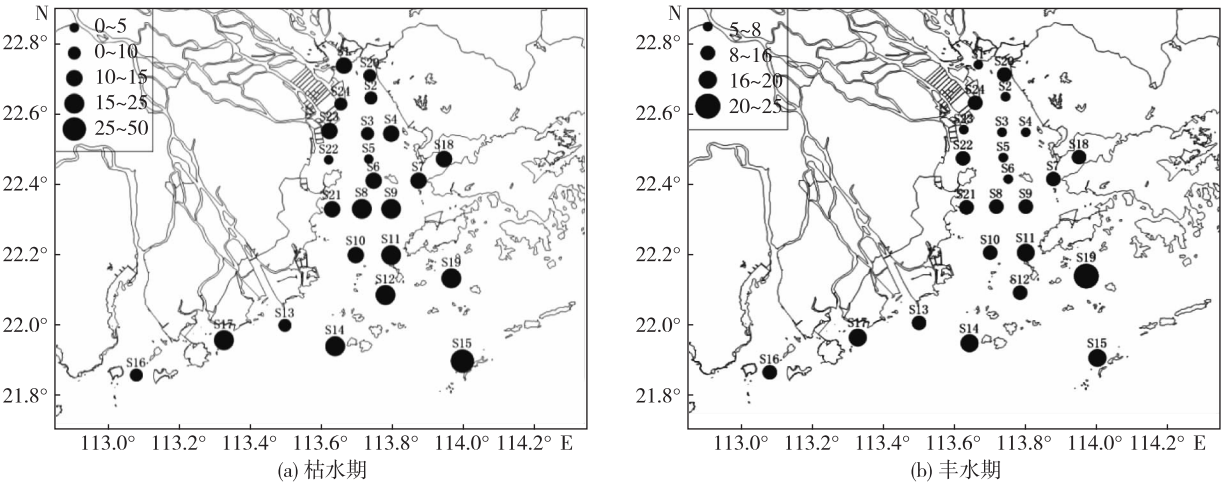
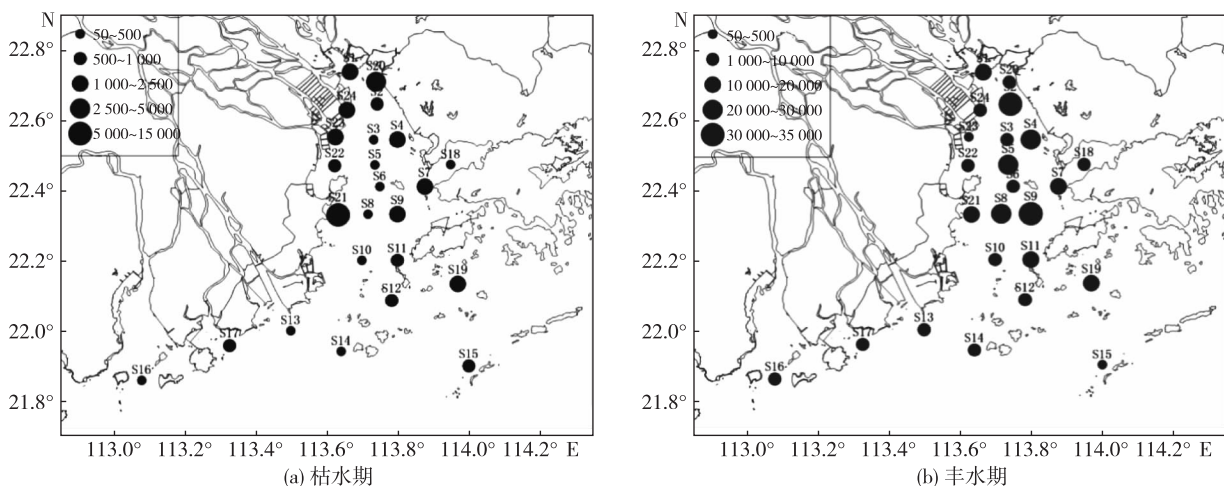


图 3 珠江口桡足类种类数平面分布
Fig. 3 Distribution of copepod species number in the Pearl River Estuary

图 4 珠江口桡足类丰度平面分布(单位:ind/m³)Fig. 4 Distribution of copepod abundance in the Pearl River Estuary(unit:ind/m³)

门外的近岸 S23 站以及珠江口外沿区域的 S15 站。

此外,中小型桡足类种间丰度分布也极不均匀,有明显的聚集现象。枯水期 I 区强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤的平均丰度分别达到 793.03 和 705.01 ind/m³,二者合计占平均丰度的 60.2%。丰水期的情形与枯水期相似,I 区强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤的平均丰度高达 3 338.45 和 5 937.36 ind/m³,二者合计占平均丰度的 73.9%。

就全海区而言,强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤在 2 个水期都有较高的优势度;但就不同区域而言,优势种的组成又存在一定差异。由表 1 可知:枯水期 I 区强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤都具有很高的优势度;而在 II、III 区其优势度大幅度下降,尤其是中华异水蚤在 III 区未检出,而小拟哲水蚤的优势度则呈上升趋势。丰水期的中华异水蚤除在 I 区具有高优势度外,在 II 区也有一定的优势度,但在 III 区未检出;强额孔雀哲水蚤在 3 个区域都具有较高的优势度,并随盐度升高呈下降趋势,而厦门矮隆哲水蚤则在 II、III 区有较高的优势度。值得注意的是,与强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤不同,小拟哲水蚤和厦门矮隆哲水蚤表现出显著的季节性更替,前者仅在枯水期为优势种,而后者仅在丰水期为优势种。

2.5 桡足类分布与环境因子的相关性分析

对桡足类种类数和丰度与水温、盐度、溶氧量和 pH 4 种环境因子进行相关性分析,结果如表 2 所示:在 2 个水期,表层和底层盐度、pH 与桡足类种类数均呈极显著正相关($p < 0.01$)。此外在丰水期,水温与桡足类种类数呈极显著负相关($p < 0.01$),pH 与桡足类

丰度呈极显著负相关($p < 0.01$)。

3 讨论

3.1 环境因子对桡足类种类组成的影响

盐度不但是影响浮游动物的生长发育的重要环境因子,也影响其种类和丰度的时空分布^[21-22]。在河口等盐度变化较大的区域,盐度是决定河口浮游生物群落结构变化的关键性非生物因子^[23]。珠江口海域水动力条件较为复杂,受到径流、外海高盐水以及沿岸流的混合影响,盐度等水文要素变化幅度大,水体环境较不稳定。国内学者对长江口、九龙江口及珠江口的研究发现盐度是影响河口区浮游动物群落特征最重要的环境因子,河口顶部盐度低种类少,向外随着盐度的升高则种类多样性显著增加^[8-9,24]。

本研究发现桡足类种类数与表、底层盐度之间均呈极显著正相关,从虎门至担杆岛附近海域,随着盐度的升高,桡足类种类逐渐由河口类群向近岸类群转变,适应高盐的外海种也显著增加。除盐度外,桡足类种类数与 pH 之间也呈极显著正相关,由于珠江口水体 pH 随盐度增加而增加,二者之间存在高度相关性,所以亦是盐度影响的间接体现。此外,水温对桡足类分布的影响与外海高盐水的入侵密不可分。在丰水期,高盐的外海水为河口带来了更多种类的桡足类,同时由于其相对低温的特征,使得桡足类种类数与水温之间呈极显著负相关;而枯水期由于入侵海水温度高于径流,桡足类种类数与底层水温之间转为显著正相关。综合来看,盐度对桡足类种类的分布起决定作用,二者的

表 1 桡足类优势种及其优势度的区域差异
Tab. 1 Regional variations of dominant copepod species and their dominance

区域	枯水期		丰水期	
	优势种	优势度	优势种	优势度
Ⅰ区	强额孔雀哲水蚤	0.47	中华异水蚤	0.56
	中华异水蚤	0.42	强额孔雀哲水蚤	0.32
	刺尾纺锤水蚤	0.05	火腿伪镖水蚤	0.06
Ⅱ区	小拟哲水蚤	0.31	厦门矮隆哲水蚤	0.29
	强额孔雀哲水蚤	0.09	强额孔雀哲水蚤	0.27
	中华异水蚤	0.12	中华异水蚤	0.21
	拟长腹剑水蚤(<i>Oithona similis</i>)	0.08	刺尾纺锤水蚤	0.11
	刺尾纺锤水蚤	0.06		
Ⅲ区	小拟哲水蚤	0.53	强额孔雀哲水蚤	0.25
	强额孔雀哲水蚤	0.07	厦门矮隆哲水蚤	0.24
	瘦拟哲水蚤(<i>P. gracilis</i>)	0.03	刺尾纺锤水蚤	0.07
	微刺哲水蚤(<i>Canthocalanus pauper</i>)	0.04	锥形宽水蚤	0.07
	亚强次真哲水蚤	0.03	亚强次真哲水蚤	0.05

表 2 桡足类丰度、种类数与环境因子的相关性分析
Tab. 2 Correlation analysis between copepod abundance, species number and environmental factors

环境因子	采样 水层	枯水期		丰水期	
		种类数	丰度	种类数	丰度
水温	表层	−0.134	−0.265	−0.534**	0.044
	底层	0.492*	0.619**	−0.668**	0.452
溶解氧	表层	0.184	0.072	0.161	−0.444*
	底层	0.174	−0.616**	0.249	−0.328
盐度	表层	0.706**	−0.274	0.644**	−0.144
	底层	0.612**	−0.219	0.792**	−0.546*
pH	表层	0.705**	−0.180	0.583**	−0.552**
	底层	0.640**	−0.372	0.807**	−0.594**

注：* 表示相关性显著($p < 0.05$), ** 表示相关性极显著($p < 0.01$)。

相关性最为密切和稳定,可以推断盐度是影响珠江口中小型桡足类种群结构的关键环境因子。

3.2 桡足类丰度时空分布差异性分析

本研究发现珠江口中小型桡足类丰度的时空分布差异明显.在空间上,斑块状分布的特征明显,站位之间丰度差异极大;在时间上,丰水期丰度显著高于枯水期.桡足类丰度分布的时空差异性与多种环境因素有关,其中盐度是最重要的非生物因素.河口咸淡水

交汇区盐度变化大,生理耐受性较强的种类分布范围更广.有研究发现长江口中小型浮游动物数量与盐度在枯水期无线性关系,而在丰水期呈显著线性相关^[25].也有研究指出盐度与浮游动物数量之间不存在线性相关而呈指数相关^[26].以往的研究表明盐度是影响珠江口浮游动物丰度和多样性的最重要因素之一^[27].本研究发现桡足类丰度分布与盐度之间的相关性并不显著,仅在丰水期与底层盐度呈显著负相关.盐度对桡足类丰度分布的影响主要体现在对主要优势种分布范围的限制上.河口咸淡水交汇区的低盐环境不适宜某些高盐种类的生存和繁殖,而中华异水蚤等适应半咸水环境的种类得以大量生长而形成高丰度.枯水期径流作用较弱,河口和近岸生态类群仅在相对低盐的Ⅰ区形成高丰度和高优势度,而由此向外,由于外海高盐水的影响,其分布范围难以继续向外延伸,导致Ⅱ、Ⅲ区丰度大幅度下降.丰水期径流影响增强,河口生态类群在Ⅰ、Ⅱ区都具有相当高的优势度,近岸生态类群的分布范围较枯水期更加广泛,Ⅰ、Ⅱ区都有极高的丰度.除桡足类本身的适盐性外,盐度梯度导致的锋面效应使其空间分布的差异性进一步增强.有研究发现在河口盐度梯度较大的区域,营养物质和浮游生物会在盐度锋面附近出现聚集的现象^[28].本研究中这种情况在丰水期表现得更明显,桡足类高丰度站位多数位于盐度等值线最为密集的Ⅰ区边缘。

本研究中珠江口中小型桡足类丰度在丰水期高于枯水期,这与国内其他河口的研究结果相似,如:黄河口及邻近海域夏季桡足类丰度高于秋季数倍^[29],长江口海域丰水期桡足类丰度显著高于枯水期^[30],九龙江口海域夏季桡足类丰度也高于秋季^[24]。以往对珠江口海域的调查结果同样显示丰水期桡足类丰度显著高于枯水期,并指出部分桡足类的季节性波动是引起枯水期桡足类丰度下降的原因^[27]。桡足类丰度的季节性变化与多种因素有关,有研究指出盐度是影响珠江口浮游动物数量变化的主要因素^[8]。对长江口的研究则发现除盐度外,水温对浮游动物群落影响显著,枯水期径流量少且水温低,浮游动物丰度不及丰水期^[31]。本研究中桡足类丰度是由河口和近岸生态类群决定的,枯水期由于径流减弱,海区盐度升高,中华异水蚤和强额孔雀哲水蚤等种类的分布范围大大减小,丰度和优势度较丰水期显著下降。这表明盐度升高引起的部分低盐种类丰度下降是导致枯水期桡足类丰度下降的主要原因。此外,对叶绿素 a 的调查显示,珠江口枯水期叶绿素 a 质量浓度平均值为 2.19 mg/m³,大大低于丰水期的 3.38 mg/m³;同时对浮游植物同步调查的结果也显示丰水期浮游植物平均个体数量显著高于枯水期^[32-33]。由此来看,作为初级生产者的浮游植物数量下降可能也是造成枯水期桡足类丰度低于丰水期的原因之一。

4 结 论

1) 珠江口枯水期和丰水期中小型浮游桡足类分别鉴定 60 和 40 种,根据其分布特点,可划分为淡水生态类群、河口生态类群、近岸生态类群和外海广布类群 4 个生态类群。

2) 中小型桡足类种类平面分布具有明显的河口特征,枯水期和丰水期种类分布均呈现Ⅲ区>Ⅱ区>Ⅰ区的特点。桡足类种类数与盐度呈极显著正相关。

3) 中小型桡足类丰度分布表现出明显的时空差异,丰水期平均丰度(10 809.05 ind/m³)显著高于枯水期(1 371.20 ind/m³)。各区域之间,枯水期丰度Ⅰ区>Ⅲ区>Ⅱ区,丰水期丰度Ⅰ区>Ⅱ区>Ⅲ区。

4) 桡足类优势种分布有明显的聚集现象,受盐度和季节变化影响,各优势种在不同水期不同区域的分布存在差异。强额孔雀哲水蚤和中华异水蚤在 2 个水期均为主要优势种,其优势度随盐度升高而降低;而小拟哲水蚤和厦门矮隆哲水蚤则表现出明显的季节性,前者在枯水期优势度较高,后者在丰水期优势度

较高。

5) 桡足类丰度时空分布的差异性与多种环境因子有关,其中盐度是影响珠江口中小型桡足类种群结构的最关键非生物环境因子。

参考文献:

- [1] URIARTE I, VILLATE F. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution[J]. *Journal of Plankton Research*, 2005, 27(9): 863-874.
- [2] MARQUES S C, PARDAL M A, PEREIRA M J, et al. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary[J]. *Hydrobiologia*, 2007, 587(1): 213-223.
- [3] 杨宇峰, 王庆, 陈菊芳, 等. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. *生态学报*, 2006, 26(2): 576-585.
- [4] 王荣, 张鸿雁, 王克, 等. 小型桡足类在海洋生态系统中的功能作用[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(5): 453-460.
- [5] MORALES C E, BEDO A, HARRIS R P, et al. Grazing of copepod assemblages in the north-east Atlantic: the importance of the small size fraction[J]. *Journal of Plankton Research*, 1991, 13(2): 455-472.
- [6] 黄小平, 田磊, 彭勃, 等. 珠江口海域环境污染研究进展[J]. *热带海洋学报*, 2010, 29(1): 1-7.
- [7] 广东省海洋与渔业局. 2009 年广东省海洋环境质量公报 [EB/OL]. [2016-12-20]. http://www.gdofa.gov.cn/xxgk/gb/201512/t20151216_708628.htm.
- [8] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游动物的群落动态及数量变化[J]. *热带海洋学报*, 2005, 24(5): 60-68.
- [9] 吴玲玲, 朱艾嘉, 郭娟, 等. 珠江口夏季中、小型浮游动物生态特征研究[J]. *海洋通报*, 2012, 31(6): 689-694.
- [10] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游桡足类的生态研究[J]. *生态科学*, 2007, 26(2): 97-102.
- [11] 高原, 赖子尼, 王超, 等. 2006 年夏季珠江口浮游动物群落结构特征分析[J]. *南方水产*, 2008, 4(1): 10-15.
- [12] 郭东晖, 李刚, 何静. 2007—2011 年春季珠江口中西部水域水母研究[J]. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 584-588.
- [13] 高原, 赖子尼, 魏泰莉, 等. 珠江八个人海口浮游桡足类的季节特征[J]. *淡水渔业*, 2009, 39(6): 3-9.
- [14] 方宏达, 朱艾嘉, 董燕红, 等. 2005—2006 年珠江口浮游动物群落变化研究[J]. *台湾海峡*, 2009, 28(1): 30-37.
- [15] 高原, 赖子尼, 王超, 等. 珠江口浮游动物分布特征研究[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(2): 260-268.
- [16] 宋盛宪. 珠江口浮游生物的初步研究[J]. *海洋渔业*, 1991, 13(1): 24-27.
- [17] 刘玉, 李适宇, 董燕红, 等. 珠江口伶仃水道浮游生物及底栖动物群落特征分析[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2001, 40(S2): 114-118.

- [18] 国家质量监督检验检疫总局.海洋调查规范第 6 部分 海洋生物调查:GB/T 12763.6—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [19] 徐兆礼,陈亚瞿.东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲎鱼渔场的关系[J].生态学杂志,1989,8(4):13-15.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局.海洋监测规范:GB 17378—2007[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [21] HOFFMEYER M S.Decadal change in zooplankton seasonal succession in the Bahia Blanca estuary, Argentina, following introduction of two zooplankton species[J]. Journal of Plankton Research,2004,26(2):181-189.
- [22] VIEIRA L, AZEITEIRO U, RE P, et al. Zooplankton distribution in a temperate estuary (Mondego estuary southern arm: Western Portugal) [J]. Acta Oecologica, 2003,24(S1):163-173.
- [23] WOOLDRIDGE T. Estuarine zooplankton community structure and dynamics[M]// ALLANSON B R, BAIRD D. Estuaries of South Africa. Cambridge: Cambridge University Press, 1999:141-166.
- [24] 黄加祺,陈柏云.九龙江口浮游桡足类的种类组成和分布[J].台湾海峡,1985,4(1):79-88.
- [25] 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,等.长江河口中小型浮游动物数量分布、变动及主要影响因素[J].生态学报,2008,28(8):3517-3525.
- [26] 黄加祺.九龙江口大、中型浮游动物的种类组成和分布[J].厦门大学学报(自然科学版),1983,22(1):88-95.
- [27] TAN Y H, HUANG L M, CHEN Q C, et al. Seasonal variation in zooplankton composition and grazing impact on phytoplankton standingstock in the Pearl River Estuary, China[J]. Continental Shelf Research, 2004,24(16): 1949-1968.
- [28] 黄少彬,李开明,姜国强,等.珠江口盐度锋面对营养物质和生物的影响[J].水资源保护,2011,27(2):18-25.
- [29] 王文杰.夏、秋季黄河口及其邻近海域中小型浮游动物群落生态学研究[D].青岛:中国海洋大学,2011:12-25.
- [30] 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,等.长江口桡足类数量分布与变动[J].生态学报,2008,28(9):4259-4267.
- [31] 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,等.长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性[J].生态学报,2003,23(5): 892-900.
- [32] 国家海洋局南海分局.2013 年南海区海洋环境状况公报 [EB/OL].[2017-03-13].<http://www.scsb.gov.cn/scsb/gbytyj/201408/b97db9fda11f404bb410746aab398023.shtml>.
- [33] 国家海洋局南海分局.2014 年南海区海洋环境状况公报 [EB/OL].[2017-03-13].<http://www.scsb.gov.cn/scsb/gbytyj/201505/6362ad9e88d449799a21f12e7975e36c.shtml>.

Species Composition and Abundance Distribution of Meso- and Micro-copepods and Their Relationships with Environmental Factors During Dry and Wet Seasons in the Pearl River Estuary

HUANG Binbin^{1*}, ZHENG Shuxian², CAI Weixu¹, FANG Hongda¹, GUO Donghui³

(1.South China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China;

2.South China Sea Institute of Planning and Environmental Research, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China;

3.College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: Meso- and micro-copepods are the major species of estuarine zooplankton. Based on investigations of 24 stations in the Pearl River Estuary in November 2013 (dry season) and August 2014 (wet season), the species composition, abundance distribution and dominant species of meso- and micro-copepods were studied. Results showed that there were 60 and 40 copepod species identified in the dry and wet season, respectively, mostly belonging to the estuarine and neritic groups. In our study, the Pearl River Estuary was divided into three regions according to its surface salinity. The Distributions of species number in both dry and wet seasons were Region III > Region II > Region I, displaying a remarkable characteristic estuarine distribution. The species number of copepod was significantly correlated with salinity. The abundance of copepod was found varying with time and geographic locations. The average copepod abundance in the wet season (10 809.05 ind/m³) was much higher than in the dry season (1 371.20 ind/m³), and in both seasons Region I had the highest copepod abundance. Moreover, the two copepods of *Parvocalanus crassirostris* and *Acartiella sinensis* were found dominant in both seasons, and their distributions were significantly correlated with salinity. In conclusion, salinity was the key abiotic factor influencing copepod population structure in the Pearl River Estuary.

Key words: Pearl River Estuary; meso- and micro-copepods; species composition; abundance distribution; dry season; wet season

<http://jxmu.xmu.edu.cn>