

厦门凤林红树林湿地大型底栖动物群落

林秀春^{1,2} 蔡立哲^{1,3*} 马 丽¹ 高 阳¹ 杨 丽¹ 刘炜明¹

1 (厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005)

2 (莆田学院环境与生命科学系, 福建莆田 351100)

3 (厦门大学海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361005)

摘要: 为摸清厦门集美凤林红树林湿地的大型底栖动物群落结构及其多样性现状, 2002年1、4、7和10月在厦门集美凤林红树林区进行大型底栖动物调查, 4个季度共获得大型底栖动物42种。生物量优势种是软体动物门的珠带拟蟹守螺(*Cerithidea cingulata*)和节肢动物门的弧边招潮(*Uca arcuata*)。密度优势种是软体动物门的短拟沼螺(*Assiminea brevicula*)和环节动物门的沼蚓(*Limnodriloides* sp.)。集美凤林红树林区大型底栖动物年平均密度和年平均生物量分别为1,990 ind./m²和139.0 g/m²。密度的季节变化是: 1月>4月>10月>7月, 生物量的季节变化是1月>10月>4月>7月。聚类分析和数量分布表明, 优势种珠带拟蟹守螺、短拟沼螺、弧边招潮和沼蚓的季节变化各不相同。与2002年10月深圳湾福田红树林区大型底栖动物群落的物种多样性指数平均值(0.56)比较, 厦门凤林红树林区的平均值较高(2.66)。文中分析了影响大型底栖动物多样性的环境因素。

关键词: 大型底栖动物, 红树林, 凤林, 群落, 多样性

The macrofaunal community in Fenglin mangrove area, Xiamen

Xiuchun Lin^{1,2}, Lizhe Cai^{1,3*}, Li Ma¹, Yang Gao¹, Li Yang¹, Weiming Liu¹

1 Environmental Science Research Centre, Xiamen University, Xiamen 361005

2 The Department of Environment and Life Science, Putian University, Putian 351100

3 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005

Abstract: To elucidate the macrofaunal community structure and diversity in Jimei Fenglin mangrove area, we investigated macrofauna in January, April, July, and October 2002. A total of 42 species were collected and identified. Of these, the dominant species in biomass were *Cerithidea cingulata* and *Uca arcuata*, while the dominant species in density were *Limnodriloides* sp. and *Assiminea brevicula*. The average density and average biomass at all sampling stations in four surveys was 1,990 ind./m² and 139.0 g/m², respectively. The density ranked in the following order: January (winter)>April (spring)>October (autumn)>July (summer), while the biomass ranked January>October>April>July. Cluster analysis and quantitative distribution showed that the seasonal variations of *Cerithidea cingulata*, *Uca arcuata*, *Limnodriloides* sp., and *Assiminea brevicula* were different. The average species diversity index of the macrofaunal community in Jimei Fenglin in October 2002 (2.66) was higher than that in Futian, Shenzhen (0.56). The environmental factors that affect macrofaunal diversity were analyzed.

Key words: macrofauna, mangrove, Fenglin, community, diversity

红树林生态系是潮间带5种生态类型之一。大型底栖动物是红树林生态系统中的重要组成部分, 也是该生态系统物质循环、能量流动中积极的消费者和转移者。李复雪最早对我国红树林区

大型底栖动物群落生态进行研究, 调查了九龙江口红树林区底相和林上大型底栖动物(高世和等, 1985; 周时强等, 1986)。随后, 何明海等(1991, 1993)也对九龙江口红树林海岸底栖动物生态进

收稿日期: 2005-03-04; 接受日期: 2006-02-09

基金项目: 教育部骨干教师资助项目; 福建省重点基金项目 (D002-0002)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: cailizhe@xmu.edu.cn

行了研究。20世纪90年代, 韦受庆、李荣冠、余日清、蔡立哲、邹发生等学者先后对广西山口、大亚湾、深圳湾、香港东部海岸和海南东寨港等地红树林区的底栖动物生态进行了研究(蔡立哲等, 1998a, b; 邹发生等, 1999; 黄勃等, 2002)。目前尚未见集美凤林红树林大型底栖动物生态的研究报道。近几年来, 红树林生态系环境质量评价和生态恢复的研究倍受重视, 开始研究利用底栖动物评价红树林区环境质量和底栖动物在红树林生态系恢复中的作用 (Cai *et al.*, 2003; 林鹏等, 2005)。

集美凤林红树林湿地位于厦门市同安湾西岸, 为白骨壤(*Avicennia marina*)纯林, 植株呈低矮丛状。红树林群落呈长方形残存林片状分布, 面积约0.35 km²。白骨壤有“向海先锋”的红树特点, 对风浪适应性强, 处于较开阔的海区。集美凤林红树林区有鸟类85种, 其中冬候鸟有43种, 留鸟38种, 夏候鸟4种(林清贤等, 2002)。为了对该区生物多样性和环境质量进行评价, 以及为集美沿海公路建设后红树林湿地的生态效应提供基础资料, 我们于2002年对集美凤林红树林湿地进行了4个季度的大型底栖动物定量调查。

1 材料和方法

1.1 采样点的环境及设置

集美凤林红树林湿地潮汐为规则半日潮, 海水水温为25.6–28.6℃, pH在8.01–8.32之间, 变化幅度小; 溶解氧含量为5.57–8.67mg/L, 盐度为25.020–29.270‰, 海水水质较清澈; 底质监测有机碳为0.528–0.580%, 硫化物为40.5–122mg/kg。

在集美凤林红树林湿地设3个大型底栖动物取样站, 即FL1、FL2和FL3(图1), 分别属于高潮区第二层(I 2)、中潮区第一层(II 1)和第二层(II 2)。取样站FL1靠近海堤, FL2处于红树林中间, FL3位于红树林海缘, 各取样站的环境参数见表1。

1.2 采样方法及样品处理

于2002年1、4、7和10月进行取样, 分别代表冬季、春季、夏季和秋季。每个取样站设4个样框, 每个样框面积为25 cm × 25 cm。每次取样时, 分别将样框内约30 cm深的沉积物挖出放入塑料

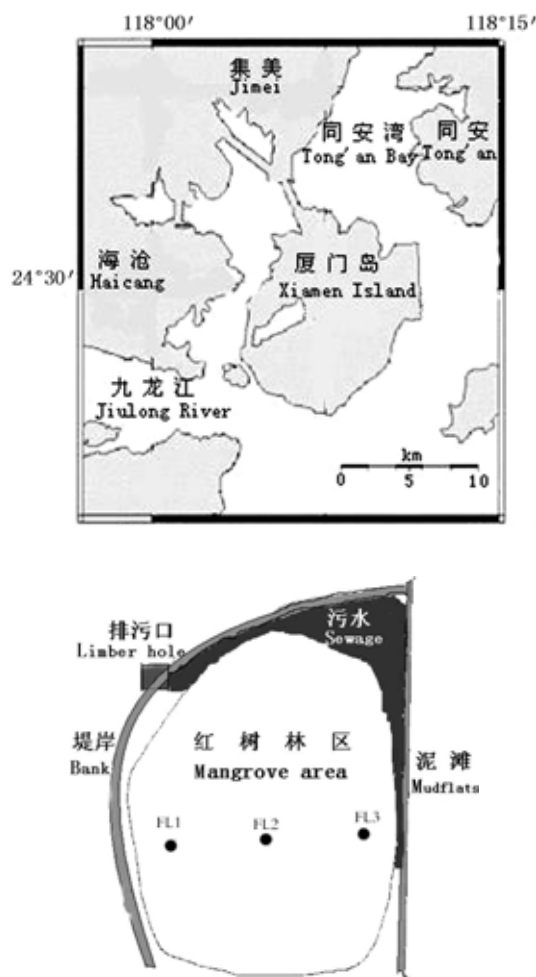


图1 凤林红树林区大型底栖动物取样站示意图

Fig. 1 Macrofaunal sampling stations in Fenglin mangrove area

桶中, 带到岸边池塘或积水区使用0.5mm孔径的网筛冲洗, 分选后的底栖动物标本用福尔马林固定, 带回实验室鉴定和称重。

1.3 数据分析

本文采用Shannon-Wiener多样性指数(H')、Pielou均匀度指数(J)以及Margalef种类丰度指数(d)对群落进行描述, 各取样月份和取样站之间群落的相似性运用PRIMER5.2统计软件进行聚类分析。

2 结果

2.1 种类组成

2002年1、4、7和10月份的4次取样共获得大

表1 凤林红树林区大型底栖动物取样站的环境参数
Table 1 Environmental parameters of macrofaunal sampling stations in Fenglin mangrove area

取样站 Sampling station	经度 Longitude	纬度 Latitude	盐度(‰) Salinity	粒度(<63 μm%) Granularity	有机质(%) Organic matter	硫化物(mgS/kg) Sulfide
FL1	118° 06.669' E	24° 35.325' N	27	42.6	1.42	57.8
FL2	118° 06.688' E	24° 35.295' N	26	43.89	1.51	66.5
FL3	118° 06.714' E	24° 35.265' N	26	47.09	1.64	58.3

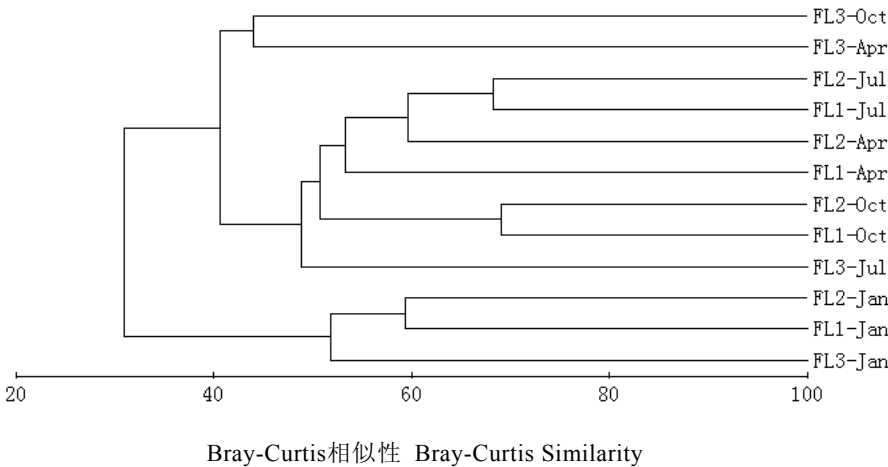


图2 凤林红树林区各取样站次大型底栖动物群落相似性聚类分析
Fig. 2 Cluster analysis for macrofaunal similarity at sampling stations in Fenglin mangrove area

型底栖动物42种，其中环节动物18种，软体动物11种，节肢动物9种，腔肠动物2种，脊索动物2种(表2)，无棘皮动物。生物量优势种是软体动物门的珠带拟蟹守螺(*Cerithidea cingulata*)和节肢动物门的弧边招潮(*Uca arcuata*)。密度优势种是软体动物门的短拟沼螺(*Assiminea brevicula*)和环节动物门的沼蚓(*Limnodriloides* sp.)。

集美凤林红树林湿地大型底栖动物密度主要由软体动物组成，占58.91%，其次是环节动物，占21.92%，节肢动物和其他动物分别占12.42%和6.75%。生物量也以软体动物占优势，为59.01%，其次是节肢动物，占37.89%，环节动物和其他动物分别占1.16%和1.94%。若不以门类而以纲类来分，集美凤林红树林湿地大型底栖动物密度主要由腹足纲动物组成，占58.75%，其次是寡毛纲动物，占12.51%，甲壳纲动物、多毛纲动物、双壳纲动物和其他动物分别占11.83%、9.41%、0.16%和7.34%。生物量也是腹足纲动物占优势，为58.87%，其次是甲壳纲动物，占37.87%，多毛纲

动物、寡毛纲动物和双壳纲动物分别占0.96%、0.19%和0.14%。

2.2 数量分布

集美凤林红树林区大型底栖动物年平均密度和生物量分别为1,990 ind./m²和139.0 g/m²。环节动物门寡毛纲的沼蚓(*Limnodriloides* sp.)在2002年1月有较高的密度，为2,875 ind./m²。从取样站看，平均密度大小顺序是：FL2>FL1>FL3；但平均生物量大小顺序则是：FL3>FL1>FL2(表3)。从季节变化看，平均密度的大小顺序是：1月>4月>10月>7月，平均生物量的大小顺序则是1月>10月>4月>7月。各季节的生物量和密度相差较大，与各季节优势种不同有关。

2.3 各取样站大型底栖动物群落的相似性

聚类分析结果表明，一年12个取样站次可分成3组(图2)，第一组是1月份(冬季)的3个取样站，这时3个取样站的短拟沼螺和沼蚓密度很高，平均值分别为2,104 ind./m²和2,875 ind./m²。第二组是4月、7月、10月的FL1和FL2取样站，以及7月

表2 集美凤林红树林区大型底栖动物分布及密度(ind./m²)Table 2 Macrofaunal distribution and density (ind./m²) in Fenglin mangrove area, Jimei

种类Species	取样站Sampling station			取样月份Sampling month			
	FL1	FL2	FL3	1月 January	4月 April	7月 July	10月 October
腔肠动物门Coelentera							
指海葵 <i>Actinia</i> sp.	35	107	33	83	16	41	93
管海葵 <i>Cerianthus</i> sp.	—	—	2	3	—	—	—
环节动物门Annelida							
小头虫 <i>Capitella capitata</i>	—	4	2	5	—	—	3
等齿角沙蚕 <i>Ceratonereis burmensis</i>	—	34	—	11	—	—	—
线沙蚕 <i>Drilonereis</i> sp.	10	—	—	13	—	—	—
长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>	—	—	4	3	3	—	—
光突齿沙蚕 <i>Leonnates persica</i>	—	4	50	72	—	—	—
沼蚓 <i>Limnodriloides</i> sp.	227	1,350	608	2,875	16	0	22
索沙蚕 <i>Lumbrineris</i> sp.	2	4	11	155	—	—	—
腺带刺沙蚕 <i>Neanthes glandicincta</i>	2	—	—	—	1	1	—
日本刺沙蚕 <i>N. japonica</i>	11	30	94	—	—	—	178
背蚓虫 <i>Notomastus latericens</i>	3	49	18	59	1	13	20
拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>	2	—	—	—	—	—	3
奇异稚齿虫 <i>Paraprionospio pinnata</i>	2	—	2	3	—	—	—
双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i>	2	4	6	3	17	—	5
中华叶须虫 <i>Phyllodoce chinensis</i>	4	—	—	3	—	—	—
刺繆虫 <i>Potamilla</i> sp.	—	4	8	13	—	—	—
须稚齿虫 <i>Prionospio cirrifera</i>	1	—	8	5	—	1	6
疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus</i> sp.	—	—	14	11	8	—	—
星虫动物门Sipuncula							
可口革囊星虫 <i>Phascolosoma esculenta</i>	2	—	—	3	—	—	—
软体动物门Mollusca							
短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	857	913	677	2,104	679	239	240
堇拟沼螺 <i>A. violacea</i>	—	2	—	—	3	—	—
梯拟沼螺 <i>A. scalaris</i>	—	2	—	3	5	—	—
泥螺 <i>Bullacta exarata</i>	—	—	2	—	—	3	—
珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	—	28	212	93	109	41	79
粗束拟蟹守螺 <i>C. djadjariensis</i>	—	3	8	3	11	2	20
鸭嘴蛤 <i>Laternula anatina</i>	—	2	—	—	—	—	3
紫游螺 <i>Neritina violacea</i>	—	2	—	—	—	—	3
石磺 <i>Onchidium verruculatum</i>	—	4	—	5	—	—	—
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>	—	—	1	—	1	—	—
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabar</i>	1	1	—	—	1	3	—
节肢动物门Arthropoda							
螺赢蜚 <i>Corophium</i> sp.	—	2	22	32	—	—	—
台湾泥蟹 <i>Ilyoplax formosensis</i>	26	14	4	—	—	27	31
明秀大眼蟹 <i>Macrophthalmus definitus</i>	8	1	4	—	5	5	6
悦目大眼蟹 <i>M. erato</i>	—	—	1	—	—	1	—
新对虾 <i>Metapenaeus</i> sp.	8	—	13	13	3	11	—
隆线拟闭口蟹 <i>Paracleistostoma cristatum</i>	2	—	—	3	—	—	—
褶痕相手蟹 <i>Sesarma plicata</i>	8	4	2	5	3	—	8
弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	96	41	8	29	43	59	62
屠氏招潮 <i>U. dussumieri</i>	—	—	2	—	—	3	—
脊索动物门Chordata							
弹涂鱼 <i>Periophthalmus cantonensis</i>	—	—	4	5	—	—	—
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	2	4	—	—	3	3	5

表3 集美凤林红树林区各取样站及不同季节大型底栖动物数量变化(2002年)
Table 3 Quantitative variations of macrofauna at different sampling stations or seasons in Fenglin mangrove area in 2002

	站位 Sampling station			月份 Month			
	FL1	FL2	FL3	1月 January	4月 April	7月 July	10月 October
密度 Density (ind./m ²)	1,785	2,657	1,529	5,717	944	523	776
生物量 Biomass(g/m ²)	111.8	95.1	216.2	175.7	151.0	58.6	170.9

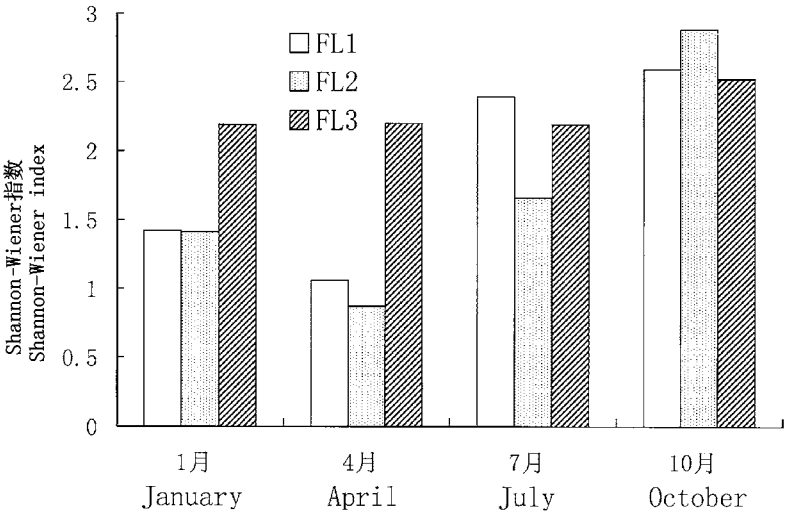


图3 集美凤林红树林区各取样站大型底栖动物物种多样性指数
Fig. 3 Shannon-Wiener diversity index of macrofauna at sampling stations in Fenglin mangrove area

的FL3取样站,虽然这些取样站次仍然以短拟沼螺为优势种,但短拟沼螺的平均密度仅340 ind./m²,较第一组低6~7倍,且很少采到沼蚓。第三组仅4月和10月的FL3取样站,优势种短拟沼螺的平均密度与第二组相近,为373 ind./m²,但珠带拟蟹守螺密度高。可见3组站次的大型底栖动物群落有较高的相似性,即短拟沼螺均为密度优势种,但其他优势种密度有些差别。

2.4 多样性分析

集美凤林红树林区2002年4月FL2取样站大型底栖动物多样性指数(H')小于1,1月份FL1和FL2取样站,4月份FL1取样站多样性指数在1~2之间,其余月份和取样站次在2~3之间,没有大于3的取样站次(图3)。各季节的均匀度指数(J)及丰度指数(d)见表4。

2.5 优势种群的数量分布

弧边招潮的密度和生物量由近岸处向海缘

处降低。沼蚓的密度和生物量在红树林区中间最高,其次是海缘,最低的是陆缘。珠带拟蟹守螺的密度和生物量从陆缘至海缘逐渐增加。短拟沼螺的密度和生物量在陆缘和红树林区中间相近,海缘较低。

从季节变化看,弧边招潮平均密度是:10月>7月>4月>1月,平均生物量的大小顺序则是10月>7月>1月>4月。沼蚓1月份平均密度和生物量可分别达2,875 ind./m²和0.8 g/m²,4月份密度和生物量很低,7月份没有采到沼蚓,10月份又可采到比4月份多的沼蚓。珠带拟蟹守螺平均密度是:4月>1月>10月>7月,平均生物量的大小顺序则是10月>4月>1月>7月,可见,秋季和冬季密度和生物量较高,春季较低。短拟沼螺的平均密度和生物量的大小顺序均是:1月>4月>10月>7月,实际上10月和7月的密度是很接近的,分别是240 ind./m²和239 ind./m²(图4)。

表4 凤林红树林区大型底栖动物均匀度指数(J)和丰度指数(d)
Table 4 Pielou evenness index (J) and species richness index (d) of macrofauna in Fenglin mangrove area

取样站 Sampling station	均匀度指数Evenness index (J)				丰度指数 Species richness index (d)			
	1月 January	4月 April	7月 July	10月 October	1月 January	4月 April	7月 July	10月 October
FL1	0.372	0.411	0.666	0.780	1.457	0.695	1.569	1.436
FL2	0.362	0.263	0.500	0.832	1.408	1.076	1.193	1.582
FL3	0.525	0.615	0.634	0.661	1.810	1.604	1.601	1.892

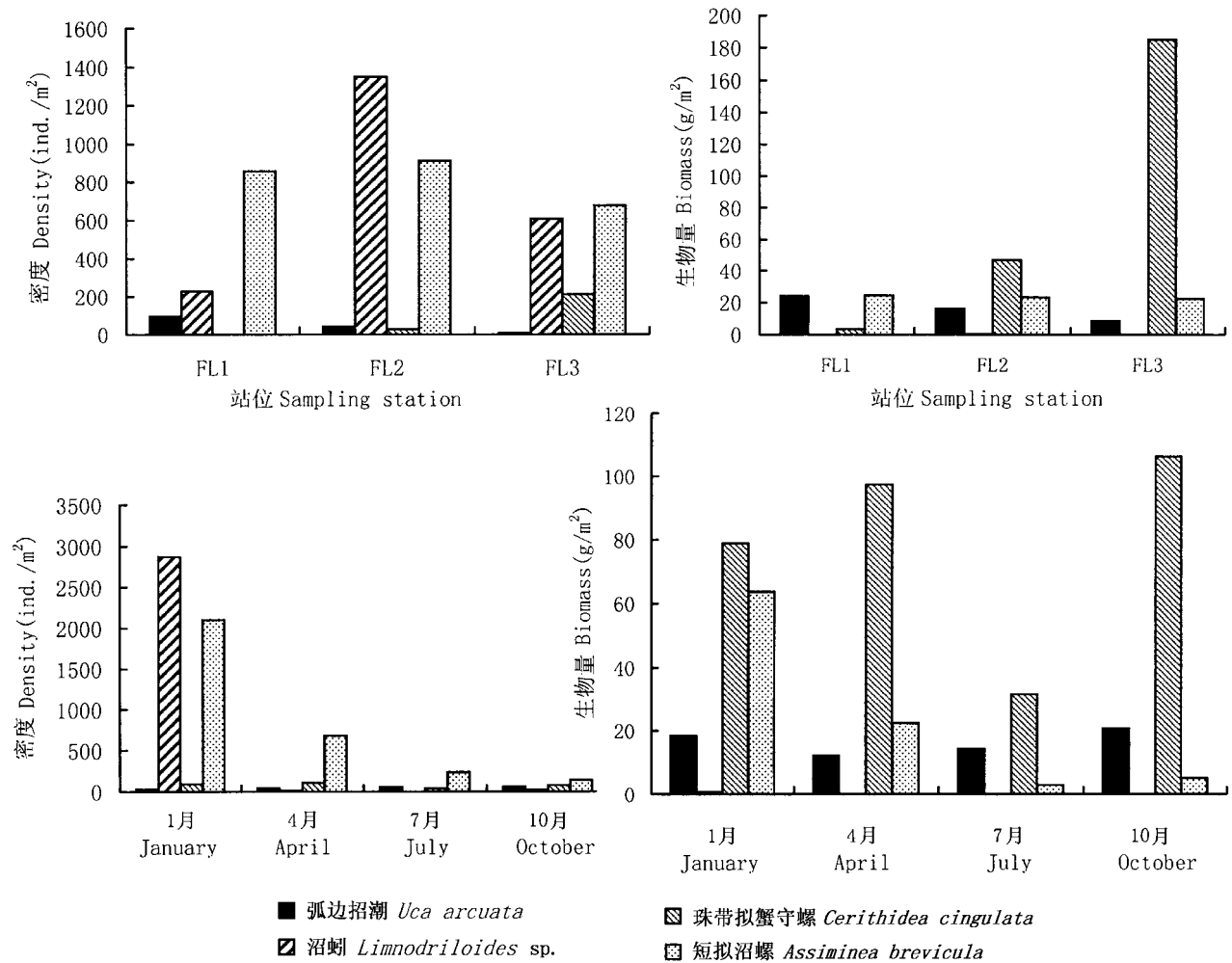


图4 凤林红树林区大型底栖动物优势种种群的数量分布
Fig. 4 Quantitative distribution of four dominant populations of macrofauna in Fenglin mangrove area

表5 福田及凤林红树林区大型底栖动物群落结构及生态环境比较
Table 5 Comparison of macrofauna community structure and environmental factors between Futian and Fenglin mangrove area

	福田红树林区 Futian mangrove area	凤林红树林区 Fenglin mangrove area
平均密度 Average density(ind./m ²)	9,732	776
生物量 Biomass (g/m ²)	24.6	170.9
物种多样性指数 Species diversity index (H')	0.1–1.1	0.8–2.9
多环芳烃平均值 Average value of PAHs (ng/g)	633.93	264.39
有机质含量 Content of organic matter(%)	5.32	2.22

3 讨论

3.1 集美凤林大型底栖动物优势种分布与其生活习性的关系

同安湾的潮汐是由外海潮波传入引起的,最高潮位673 cm,最低潮位62 cm,平均潮差401 cm(王寿景等,1998)。红树林区低平潮时大片潮滩裸露,泥滩面平缓,露滩时间长。本调查结果表明集美凤林红树林区优势种的水平分布各不相同,弧边招潮密度由岸缘向海缘降低,这是因为弧边招潮有挖洞穴的生活习性,经常裸露的潮滩有利于其挖掘洞穴;珠带拟蟹守螺密度由岸缘向海缘增加,虽然珠带拟蟹守螺有结实的外壳,但它需要经常有海水的滋润,以便进行呼吸,因而分布在较低的潮层。短拟沼螺密度和生物量由岸缘向海缘变化不大,可以说是比较均匀的分布,这是因为短拟沼螺相对于珠带拟蟹守螺个体较小,贝壳较薄,有利于它的爬行。

3.2 与深圳湾福田红树林区大型底栖动物群落和环境质量的比较

2002年10月,作者在集美凤林红树林区和深圳湾福田红树林区均进行了大型底栖动物采集。两地均是红树林湿地,底质粘土含量接近(占30%–50%,福田红树林区略高),但集美凤林红树林区大型底栖动物平均密度比深圳湾福田红树林区低,生物量却较高(表5),推测是由于深圳湾福田红树林区大型底栖动物优势种个体小,而集美凤林红树林区大型底栖动物优势种个体大,且群落中软体动物占的比例最高。集美凤林红树林区2002年10月各取样站的大型底栖动物物种多样性指数(H')在2.52–2.88之间(平均2.66),而深圳湾福田红树林区在0.13–1.03之间(平均0.56),前者比后者高。

集美凤林红树林区和深圳湾福田红树林区大型底栖动物群落结构的差异,除了生态因子有些差别外,也与沉积环境质量有关。集美凤林红树林区的沉积环境质量要好于深圳湾福田红树林区(刘芳文等,2002; Baumard *et al.*, 1999)。沉积物中多环芳烃和有机质含量的测定也表明,集美凤林红树林区沉积物中多环芳烃和有机质含量低于深圳湾福田红树林区(方圆等,2000; 田蕴等,2003;

Zhang *et al.*, 2004)。主要原因一是集美凤林红树林的密集度不如深圳湾福田红树林;二是深圳湾福田红树林区面临着从深圳河来的巨大的污染压力。

参考文献

- Baumard P, Budzinski H, Garrigues P, Narbonne JF, Burgeot T, Michel X, Bellocq J (1999) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) burden of mussels (*Mytilus* sp.) in different marine environments in relation with sediment PAH contamination, and bioavailability. *Marine Environmental Research*, **47**, 415–439.
- Cai LZ (蔡立哲), Zhou SQ (周时强), Lin P (林鹏) (1998a) *Conservation & Research of Wetlands in China* (中国湿地研究及保护), pp.13–121. East China Normal University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Cai LZ (蔡立哲), Tan FY (谭凤仪), Huang YS (黄玉山) (1998b) Characteristics of quantitative distribution and species composition of macrozoobenthos in mangrove stands in Eastern Hong Kong. *Journal of Xiamen University(Natural Science)* (厦门大学学报(自然科学版)), **37**, 115–121. (in Chinese with English abstract)
- Cai LZ, Nora FY Tam, Teresa WY Wong, Ma Li, Gao Yang, Yuk-Shan Wong (2003) Using benthic macrofauna to assess environmental quality of four intertidal mudflats in Hong Kong and Shenzhen coast. *Acta Oceanologica Sinica*, **22**(2), 309–319.
- Fang Y (方圆), Zhao ZJ (赵智杰), Sun WL (孙卫玲), Huang B (黄兵), Ni JR (倪晋仁) (2000) Spatial distribution of heavy metals in inter-tidal wetlands of Deep Bay, Shenzhen. *Journal of Basic Science and Engineering* (应用基础与工程科学学报), **8**, 343–353. (in Chinese with English abstract)
- Gao SH (高世和), Li FX (李复雪) (1985) Community ecology of ground-dwelling macrofauna of mangrove in the JiuLong Jiang estuary, Fujian. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **4**, 179–190. (in Chinese with English abstract)
- He MH (何明海) (1991) Studies on ecology of polychaeta in mangrove in Jiulong River estuary. *Marine Science Bulletin* (海洋通报), **10**, 56–61. (in Chinese with English abstract)
- He MH (何明海), Cai EX (蔡尔西), Xu HZ (徐惠州) (1993) Studies on benthic ecology in mangrove in Jiulong River estuary, Fujian. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **12**, 61–68. (in Chinese with English abstract)
- Huang B (黄勃), Zhang B (张本), Lu JJ (陆健健), Ou ZD(欧宗东), Xing ZX (邢增祥) (2002) Studies on macrobenthic ecology and beach aquaculture holding capacity in Dongzhai bay mangrove areas.1. Number and density of macrobenthos in surface lay of man-

- grove region. *Marine Sciences* (海洋科学), **26**(3), 65–67. (in Chinese with English abstract)
- Lin P (林鹏), Zhang YH (张宜辉), Yang ZW (杨志伟) (2005) Protection and restoration of mangroves along the coast of Xiamen. *Journal of Xiamen University(Natural Science)* (厦门大学学报(自然科学版)), **44**(Suppl.), 1–6. (in Chinese with English abstract)
- Lin QX (林清贤), Chen XL (陈小麟), Lin P (林鹏) (2002) Investigation of avifauna and its annual fluctuation in mangroves in Xiamen, China. *Journal of Xiamen University(Natural Science)* (厦门大学学报(自然科学版)), **41**, 634–640. (in Chinese with English abstract)
- Liu FW (刘芳文), Yan W (颜文) (2002) Advances of the studies on chemical pollution in Pearl River mouth and its adjacent water areas. *Marine Sciences* (海洋科学), **26**(6), 27–30. (in Chinese)
- Tian Y (田蕴), Zheng TL (郑天凌), Wang XH (王新红), Luo YR (骆苑蓉) (2003) Contamination characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in Maluan Bay mariculture area of Xiamen. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), **22**, 29–33. (in Chinese with English abstract)
- Wang SJ(王寿景), Li L(李立), Li YC(李燕初), Chen JL(陈季良), Wu RS(吴日升)(1998) Hydrodynamic features of Xunjiang Bay, Xiamen. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **17**, 201–206. (in Chinese with English abstract)
- Zhang J, Cai L, Yuang D, Chen M (2004) Distribution and sources of polynuclear aromatic hydrocarbons in mangrove surficial sediments of Deep Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, **49**, 479–486.
- Zhou SQ (周时强), Li FX (李复雪) (1986) Community ecology of benthic macrofauna dwelling on mangrove trees in the Jiulong Jiang estuary, Fujian. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **5**, 78–85. (in Chinese with English abstract)
- Zou FS (邹发生), Song XJ (宋晓军), Chen W (陈伟) (1999) The diversity of benthic macrofauna on mudflat in Dongzhaigang mangrove reserve, Hainan. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7**, 175–180. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 江锦祥 责任编辑: 闫文杰)