

• 研究报告 •

福建洛阳江口红树林湿地大型底栖动物 多样性及季节变化

林俊辉 何雪宝 王建军* 林和山 黄雅琴 刘 坤 牟剑锋
张舒怡 江锦祥

(国家海洋局第三海洋研究所, 福建厦门 361005)

摘要: 基于2013–2014年福建洛阳江口红树林湿地的周年调查资料, 研究了该湿地大型底栖动物的物种多样性现状、季节变化以及红树林恢复对底栖动物群落的影响。本次调查共鉴定大型底栖动物7门78种, 环节动物和节肢动物种类最为丰富, 节肢动物对总生物量贡献最大, 短拟沼螺(*Assiminea brevicula*)为本区第一优势种。林区底栖动物的密度和生物量明显低于光滩, 部分优势种仅在林区出现, 此外, 林区群落与光滩有显著差异。本区底栖动物的密度高值出现在冬、春季, 生物量高值出现在春、夏季, 群落结构季节变化明显。本区底栖动物种类组成特点反映出洛阳江口红树林处在年轻期, 群落的季节变化可能跟优势种的繁殖特点有关。研究结果也表明红树林植被会影响底栖动物群落结构, 林区群落已然不同于光滩, 与2009年调查结果相比, 林区底栖动物密度虽明显下降, 但褶痕拟相手蟹(*Parasesarma plicata*)数量增加, 是优势种之一。洛阳江口红树林和光滩支撑着不同的生物组成, 因此, 红树林恢复应当保持栖息地的多样性/异质性。

关键词: 大型底栖动物; 种类多样性; 季节变化; 红树林湿地; 红树林恢复; 多元分析; 洛阳江口

Macrobenthic diversity and seasonal changes in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary, Fujian Province

Junhui Lin, Xuebao He, Jianjun Wang*, Heshan Lin, Yaqin Huang, Kun Liu, Jianfeng Mou, Shuyi Zhang, Jinxiang Jiang

Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, Fujian 361005

Abstract: Based on a year round survey conducted in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary in Fujian from August 2013 to April 2014, macrobenthic diversity, seasonal changes, and the impact of mangrove rehabilitation on the macrobenthic community were analyzed. We recorded a total of 78 species from 7 phyla in the study area and the community was dominated by annelids and arthropods. The gastropod, *Assiminea brevicula* (Assimineidae), was the most dominant species and was more abundant in mangrove forests than in mudflats. ANOSIM analysis showed that faunal communities were significantly different between mangrove forests and mudflats, with the former characterized by much lower macrobenthic density and biomass. Moreover, some of dominant species, such as *Parasesarma plicata* and *Phascolosoma arcuatum*, were only found in mangrove forests. Higher value of macrobenthic density was found in winter and spring, while mean biomass was higher in spring and summer. Significant differences in macrobenthic communities were observed among seasons except between winter and spring. The present study demonstrated that, species composition of the mangrove macrobenthos indicated characteristics of a young mangrove plantation and seasonal changes in macrobenthic communities might be due to different breeding seasons of the dominant species. Mangrove vegetation had a noticeable impact on macrobenthic communities, as evidenced by significant difference in macrobenthic communities between the two habitats. Density of macrobenthos in mangrove forests

收稿日期: 2015-11-23; 接受日期: 2016-03-08

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费(201305030-4 和 201505004)、国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项基金(海三科 2012012)、国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室开放基金(MESE-2015-04)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wangjianjun220@tio.org.cn

was much lower than that found in 2009, but the sesarminid crab *Parasesarma plicata* became much abundant. Since mangrove forests and mudflats support different species composition of macrobenthos, planning is needed in mangrove rehabilitation for the protection of habitat diversity and heterogeneity.

Key words: macrobenthos; species diversity; seasonal changes; mangrove swamp; mangrove rehabilitation; multivariate analysis; Luoyangjiang Estuary

红树林是一种受周期性潮水浸淹的耐盐性木本植物群落, 大致分布在南北纬30°之间的热带亚热带海岸地带(Giri et al, 2011)。它是世界上最高产的生态系统之一(Lee, 2008), 支撑着邻近的陆地和水生食物网(Robertson & Alongi, 1992; 卢昌义等, 1995)。由于海岸带过度开发利用, 在过去的20年间, 全球超过1/3的红树林消失, 2001年我国红树林面积为22,680.9 ha, 不及历史峰值的10% (王友绍, 2013), Duke等(2007)认为红树林退化速度要比内陆热带雨林和珊瑚礁来得更快。对红树林生态系统真正价值的日益重视, 促使人们作出新的努力去保护和恢复它们(Macintosh et al, 2002)。目前, 世界范围内开展红树林恢复的国家持续增多, 恢复面积不断扩大。

底栖动物能够调节红树林的结构和功能, 是红树林碎屑与河口次级生产之间重要的营养枢纽(Lee, 2008), 其中, 不少腹足类和蟹类种类能处理大量的红树林凋落物, 显著改变这种有机质的理化性质(Lee, 1998; Proffitt & Devlin, 2005)。因此, 底栖动物的多样性和密度能反映红树林生态系统的状况和功能(Macintosh et al, 2002), 同时, 也是衡量红树林恢复状态的一个可靠指标(Bosire et al, 2008)。目前, 多数红树林恢复地的后续跟踪监测普遍存在年限较短的问题, 秋茄(*Kandelia obovata*)等红树植物还处于死亡率较高的幼苗期。当幼苗长成幼树后, 红树植物主要从周围环境汲取营养, 这将对恢复地的环境和生物产生影响, 然而, 有关幼树期以后大型底栖动物群落的多样性特点却报道较少。福建洛阳江口湿地于2002–2004年间大规模造林, 期间虽报道过相对有限的红树林底栖动物多样性研究, 如蟹类(李伟等, 2010)、软体动物(黄雅琴等, 2011)和不同生境间的底栖动物多样性比较(郭涛等, 2014), 但对整块红树林湿地的恢复状态和底栖动物多样性现状仍了解不够。本研究拟采用调查断面方式研究洛阳江口湿地底栖动物群落的多样性特点, 为红树林恢复效果的评估提供重要数据。

1 材料和方法

1.1 研究区域

洛阳江口红树林湿地位于泉州湾内湾, 118°37'45"–118°42'44" E, 24°47'37"–25°01'30" N之间, 北自洛阳桥闸, 南至后渚大桥, 西接洛江区界, 东临洛阳江岸堤(刘荣成, 2010)。区内潮汐属正规半日潮, 平均潮差4.27 m, 最大潮差达6.68 m。影响本区的河流主要是洛阳江和晋江, 盐度变化范围为3.5–28.9‰, 适宜红树林生长。本区属亚热带海洋季风气候, 月平均气温20.4℃, 1–2月最冷, 平均温度为11.9℃, 年均降水量为1,095.4 mm, 主要集中于夏季。主要底质类型为黏土质粉砂。洛阳江口原本是红树林分布区, 面积多达数百公顷, 由于乱砍滥伐, 至2001年底仅存红树林17.112 ha, 2002年起惠安县林业局在此大力开展红树林造林和补植工作, 目前林区面积已达400 ha以上, 大多为新营造的恢复林, 2003年该湿地被确立为省级自然保护区(刘荣成, 2010)。本区现生长着4种红树植物, 分别是桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄、白骨壤(*Avicennia marina*)和老鼠簕(*Acanthus ilicifolius*), 以桐花树和秋茄为主。

1.2 采样方法

2013年8月、10月以及2014年1月、4月在洛阳江口红树林湿地开展周年4季的调查, 湿地内从北到南依次设置3条红树林断面, 分别定义为QZLH1、QZLH2和QZLH3, 洛阳桥以北设光滩断面1条(QZLH4)(图1)。QZLH1和QZLH2断面红树植被郁闭度高, 植株高1.5–3 m; QZLH3断面红树植株矮, 冠幅小, 呈斑块分布, 滩面伴有互花米草(*Spartina alterniflora*)和泥滩。每一红树林断面设3个采样点, 分别位于红树林陆缘、海缘和中间站位林下滩涂; 光滩同样设3个站点, 潮位与红树林3个站点接近。每一站点以25 cm × 25 cm的定量框随机取3个样方, 挖深30 cm, 泥样装入塑料袋后运到水闸边淘洗, 并用网目为0.5 mm的套筛分出其中所有标本。野

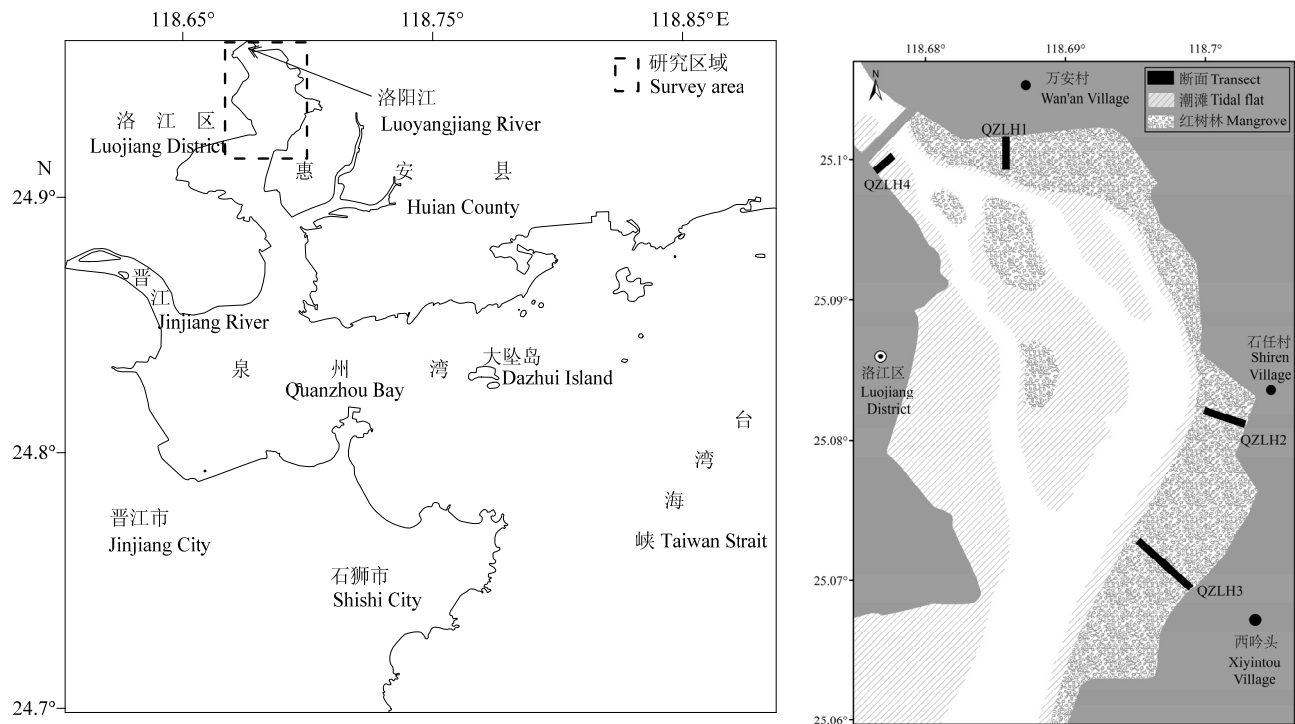


图1 泉州湾研究区域示意图。调查断面(QZLH1–4)用黑色条带表示。
Fig. 1 Map of the study area in Quanzhou Bay. The four investigated transects (QZLH1–4) are represented by the dark bars.

外采样均在当地低潮时进行。标本处理和室内分析均按《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)的要求进行。

1.3 数据分析

采用以下公式计算大型底栖动物优势度和群落的多样性指数:

优势度指数(陈亚瞿等, 1995): $Y = P_i \times f_i$ (1)

Margalef 物种丰富度指数(Margalef, 1968):

$d = (S - 1)/\log_2 N$ (2)

Shannon-Wiener多样性指数(Shannon & Weaver, 1949):

$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$ (3)

Pielou均匀度指数(Pielou, 1975)

$J' = H'/\log_2 S$ (4)

式中, S 为样品中的物种总数, N 为总个体数, P_i 为第*i*种的个体数与总个体数的比值, f_i 为第*i*种在各站的出现率。 $Y \geq 0.02$ 的种类确定为优势种。

采用SPSS 17.0对密度和生物量以及多元参数数据进行断面×季节双因素方差分析, 以检验不同

断面及季节是否对底栖动物分布情况造成显著影响。底栖动物群落分析基于种–密度矩阵, 数据矩阵经方根转换后, 计算Bray-Curtis相似性系数, 以组平均法进行等级聚类(CLUSTER), Two-way crossed ANOSIM对不同季节和断面进行双因素差异显著性检验, 以检验群落差异的显著性, 同时用SIMPER分析探讨对群落结构之间相似性/不相似性贡献最大的种类。

2 结果

2.1 种类组成和分布

福建洛阳江口红树林湿地周年调查共采获大型底栖动物78种, 隶属于7门43科, 其中, 红树林内发现62种(附录1)。从门类看, 环节动物和节肢动物种类最为丰富, 分别有28种和32种, 软体动物、刺胞动物、纽形动物、星虫动物和脊索动物等门类物种数较少。从断面看, 除星虫动物仅分布在红树林, 其他门类在所有断面都有出现, 各个断面的种类组成均以环节动物和节肢动物为主(图2), 断面的种类数介于33–44种之间, QZLH2断面最丰富。红树林断

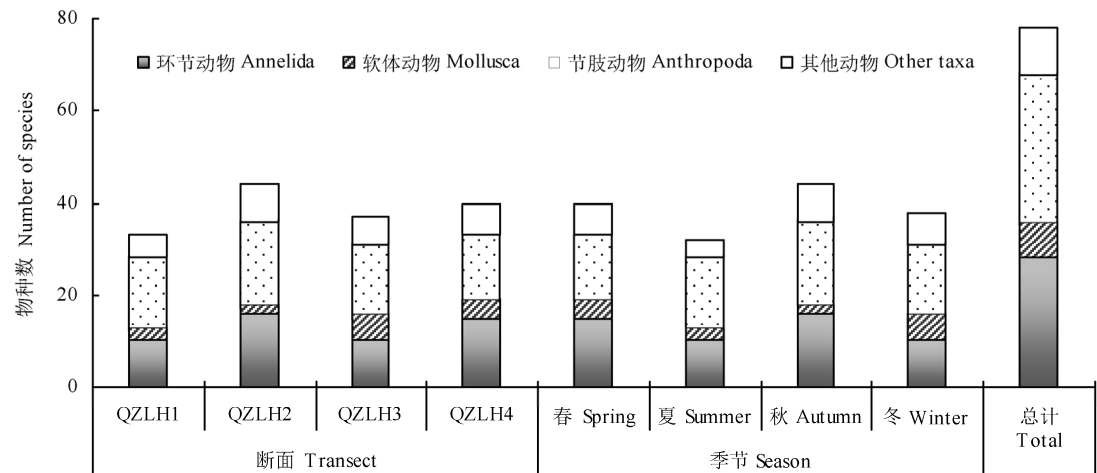


图2 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物的种类组成(QZLH1–4: 调查断面)
Fig. 2 Species composition of macrobenthos in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary. QZLH1–4, investigated transects.

表1 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物的优势度指数值(优势种为黑斜体数字对应的种类)
Table 1 Values of dominance index of macrobenthos in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary. Dominant species were those highlighted with number marked in bold italic.

种类 Species	断面 Transect				季节 Season			
	QZLH1	QZLH2	QZLH3	QZLH4	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
环节动物 Annelida								
疣吻沙蚕 <i>Tyrrhynchus heterochaetus</i>	–	0.027	<0.001	–	0.002	–	0.003	<0.001
日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	0.006	–	0.011	0.010	0.100	<0.001	–	–
圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys glabra</i>	0.015	0.032	0.011	0.020	0.005	0.062	0.026	0.007
软体动物 Mollusca								
短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	0.455	0.225	0.578	0.045	0.405	0.192	0.239	0.181
节肢动物 Anthropoda								
薄片螺赢蜚 <i>Corophium lamellatum</i>	0.002	0.002	<0.001	0.294	0.009	0.005	–	0.332
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenellus</i>	0.001	0.007	0.002	<0.001	<0.001	0.029	–	–
褶痕拟相手蟹 <i>Parasesarma plicata</i>	0.020	0.024	0.001	–	0.002	<0.001	0.009	0.003
秀丽长方蟹 <i>Metaplex elegans</i>	0.016	0.014	0.056	0.001	0.005	0.059	0.006	0.015
宁波泥蟹 <i>Ilyoplax ningpoensis</i>	–	–	<0.001	0.165	0.018	0.060	0.027	0.011
弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	0.037	0.018	0.037	0.012	0.019	0.037	0.036	0.010
刺胞动物 Cnidaria								
中华仙影海葵 <i>Cereus sinensis</i>	0.037	0.072	0.003	0.037	0.003	0.003	0.197	0.007
星虫动物 Sipuncula								
弓形革囊星虫 <i>Phascolosoma arcuatum</i>	0.020	0.006	0.001	–	0.001	0.004	0.006	0.001

“–”表示不存在; “–” represents the absence of species.

面的优势种组成与光滩有明显不同,前者以短拟沼螺(*Assiminea brevicula*)最为常见,且优势度最高,后者以薄片螺赢蜚(*Corophium lamellatum*)和宁波泥蟹(*Ilyoplax ningpoensis*)的优势度较高(表1)。从季节看,各季的种类组成也以环节动物和节肢动物为主(图2),秋季种类最多,有44种,夏季最少,为32种,短拟沼螺是四季都重要的优势种,薄片螺赢蜚、

中华仙影海葵(*Cereus sinensis*)和日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*)是个别季度的优势种,不少虾蟹种类是夏、秋季重要优势种(表1)。

不少底栖动物种类的分布范围相对局限,仅11个种类分布在所有断面,多达35种仅出现于单一断面,部分种类仅在红树林内采获,如疣吻沙蚕(*Tyrrhynchus heterochaetus*)、巨指长臂虾

(*Palaemon macrodactylus*)、日本美人虾(*Callinassa japonica*)、褶痕拟相手蟹(*Parasesarma plicata*)、秉氏厚蟹(*Helice pingi*)和弓形革囊星虫(*Phascolosoma arcuatum*)等。从出现季节来看, 16种底栖动物四季都有采集到, 37种出现于单一季节。

2.2 密度和生物量

洛阳江口红树林湿地大型底栖动物的年平均密度和生物量分别是416个/m²和45.84 g/m²。光滩QZLH4断面的年平均密度和生物量均高过红树林断面, 红树植被覆盖较好的QZLH1和QZLH2断面底栖动物密度和生物量较低。尽管各断面的生物量组成均以节肢动物为主, 但各断面的密度组成存在差异, 如光滩以节肢动物为主, QZLH3则以软体动物为主。季节变化上, 底栖动物平均密度冬、春季高, 夏、秋季低; 平均生物量春、夏季高, 秋、冬季低。不同季节的生物量组成均以节肢动物占优势, 密度组成一般以软体动物和节肢动物为主, 环节动物密度高峰出现在春季, 其他动物高峰值位于秋季(图3)。

密度和生物量的双因素方差分析结果表明, 大型底栖动物密度在不同断面和季节间差异极显著($P < 0.001$), 且季节和断面之间的交互作用也达到显著水平($P = 0.003$)。生物量在不同季节($P = 0.004$)和不同断面($P = 0.009$)间均差异显著, 季节与断面之间的交互作用不显著(表2)。

由图4可以看出, QZLH1和QZLH2两条断面密度较小, 且季节波动小, 相反, 光滩QZLH4断面的密度相对较高, 同时季节变化也大。以各断面生物量的季节变化而言, QZLH1和QZLH2断面生物量的季节变化最大。表3表明, QZLH1和QZLH2断面密度组成相对分散, 而QZLH3和QZLH4断面密度集中于少数种类。不同种类的密度高峰季节不同, 多毛类如日本刺沙蚕主要出现在春季, 短拟沼螺高峰出现在冬、春季, 中华仙影海葵主要出现在秋季, 端足类如薄片螺赢蜚和上野螺赢蜚(*Corophium uenoi*)高峰期是冬、春季。

2.3 种类多样性变化

洛阳江口红树林湿地底栖动物多样性整体较

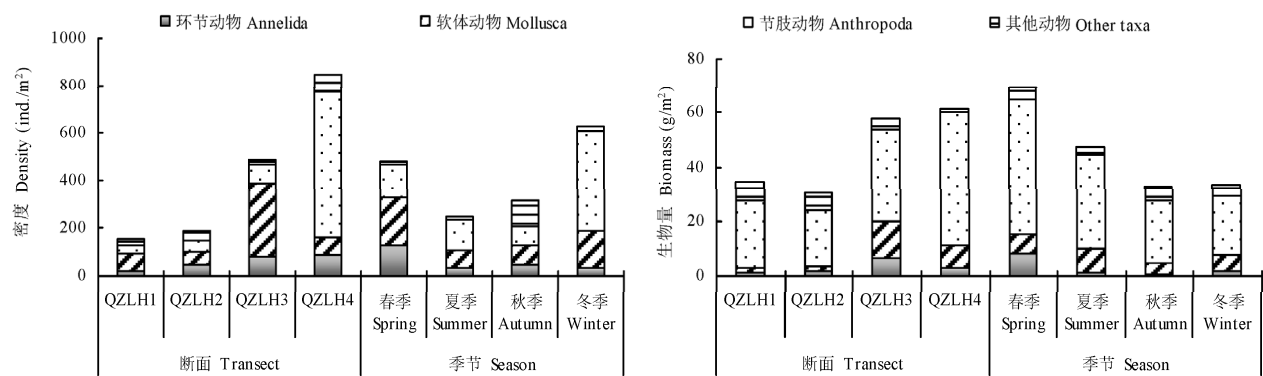


图3 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物的密度和生物量组成
Fig. 3 Composition of macrobenthic density and biomass in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary

表2 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物群落参数的双因素方差校验
Table 2 Two-way ANOVA on community parameters of macrobenthos in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary

参数 Parameters	季节 Season		断面 Transect		季节×断面 Season×Transect	
	F	P	F	P	F	P
平均密度 Average density	4.476	0.000**	16.266	0.000***	3.624	0.003**
平均生物量 Average biomass	5.493	0.004**	4.574	0.009**	1.119	0.378
Margalef丰富度指数 Margalef species richness index (<i>d</i>)	0.730	0.542	2.156	0.113	0.242	0.985
Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)	1.415	0.256	3.327	0.032*	0.727	0.681
Pielou均匀度指数 Pielou evenness index (<i>J'</i>)	2.271	0.099	5.524	0.004**	1.066	0.413

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

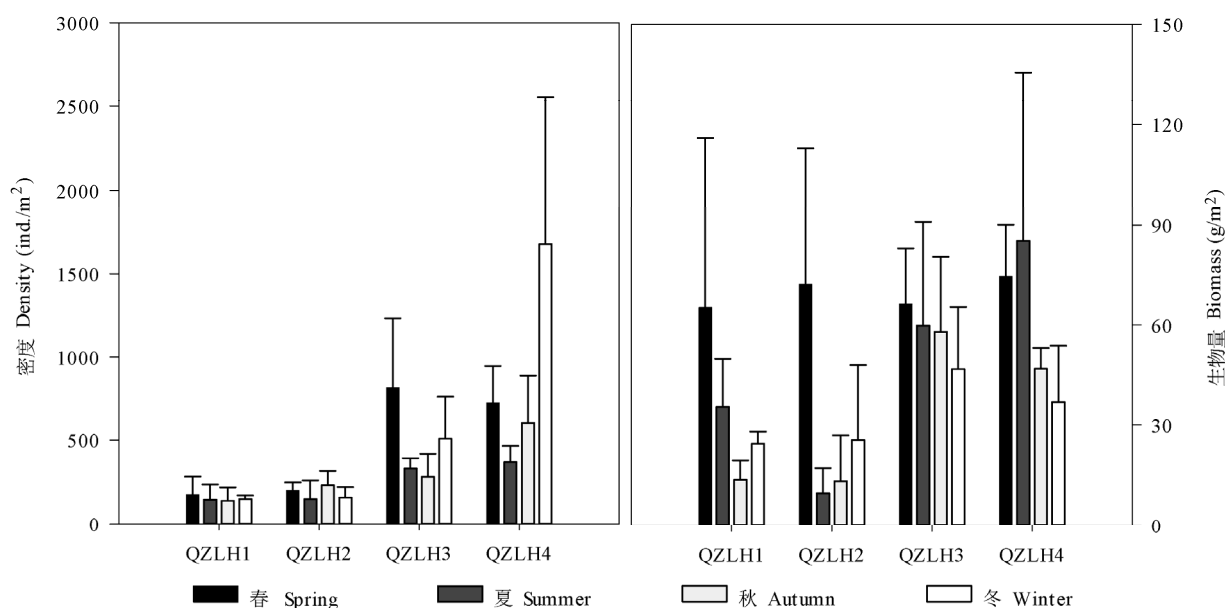


图4 不同断面内的密度和生物量季节变化

Fig. 4 Seasonal changes of density and biomass on the investigated transects

低(图5), 站位的丰富度指数(d)介于0.983和1.867, 均匀度指数(J')范围为0.253–0.820, 多样性指数(H')介于0.754和2.480之间。断面差异上, 丰富度指数(d)大小表现为QZLH2 > QZLH4 > QZLH1 > QZLH3, 多样性指数(H')和均匀度指数(J')是QZLH2 > QZLH1 > QZLH4 > QZLH3。季节变化上, 丰富度指数(d)春、夏季高, 秋、冬季低; 多样性指数(H')和均匀度指数(J')均表现为夏、秋季高, 冬、春季低。双因素方差分析结果表明(表2), 多样性指数(H' , $P = 0.032$)和均匀度指数(J' , $P = 0.004$)在断面间存在显著差异。

2.4 聚类分析

聚类分析(图6)表明, 光滩QZLH4断面的底栖动物群落结构与红树林断面相似性较低。Two-way crossed ANOSIM分析(表4)表明, 不同季节($P = 0.001$)和不同断面间($P = 0.001$)的群落结构均存在显著差异, 成对检验进一步表明, 光滩QZLH4断面与3条红树林断面间都有显著差异; 除冬、春季群落结构未有显著差异外, 其他成对季节均有显著不同。

周年数据的SIMPER分析表明, 对红树林断面相似性贡献最大的种类是短拟沼螺、中华仙影海葵、圆锯齿吻沙蚕(*Dentinephtys glabra*)、弧边招潮(*Uca arcuata*)、秀丽长方蟹(*Metaplex elegans*)、弓形革囊

星虫、褶痕拟相手蟹和细巧仿对虾(*Parapenaeopsis tenellus*), 上述种类贡献了61%的相似性。

3 讨论

3.1 洛阳江口林区底栖动物的多样性特征

红树林有机质丰富(张雅芝等, 1999), 是不少生物部分或全部生活史中的理想栖息地(Nagelkerken et al, 2008)。截至本调查时, 洛阳江口红树林植被的恢复时间已有10年。本研究中, 林内共采获大型底栖动物7门62种, 环节动物和节肢动物种类最为丰富, 但软体动物密度最大, 环节动物的密度和生物量都低。本区红树林底栖动物的物种多样性明显多于其他恢复林如西门岛(黄丽等, 2013)和九龙江口红树林(陈光程等, 2008), 而略低于一些成熟天然林, 如湛江红树林(唐以杰和余世孝, 2007)、海南东寨港(邹发生等, 1999)和马来亚红树林(Sasekumar, 1974)等。相比洛阳江口红树林, 上述提及的几块恢复林和天然林出现的多毛类和端足类种类偏少, 这可能是受到采样和分类鉴定水平等因素的影响。本区底质虽为黏土质粉砂, 但由于采样站点位于高中潮区, 被海水浸泡时间短, 加上入海口处盐度波动大, 这限制了多毛类的分布, 因此其密度和生物量不高。虽然九龙江口恢复林的多毛类密度高于其他

表3 洛阳江口红树林大型底栖动物密度(个/m²)在不同断面的季节变动
Table 3 Seasonal changes of macrobenthic density (ind./m²) on the investigated transects in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary

断面 Transect	种类 Species	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	均值 Mean
QZLH1	总密度 Total density	176	146	139	149	152
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	112	62	41	62	69
	中华仙影海葵 <i>Cereus sinensis</i>	0	0	50	18	17
	弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	12	4	5	9	8
	弓形革囊星虫 <i>Phascolosoma arcuatum</i>	0	16	4	5	6
	微赤根丝蚓 <i>Rhizodrilus russus</i>	12	0	0	11	6
	秀丽长方蟹 <i>Metaplex elegans</i>	2	14	0	7	6
	圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys glabra</i>	5	4	7	5	5
	褶痕拟相手蟹 <i>Parasesarma plicata</i>	2	4	11	5	5
QZLH2	总密度 Total density	199	149	231	158	184
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	89	9	27	75	50
	中华仙影海葵 <i>Cereus sinensis</i>	21	2	84	0	27
	疣吻沙蚕 <i>Tyrrhynchus heterochaetus</i>	25	0	50	4	20
	细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenellus</i>	0	62	0	0	16
	圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys glabra</i>	4	9	20	9	10
	微赤根丝蚓 <i>Rhizodrilus russus</i>	0	0	5	21	7
	褶痕拟相手蟹 <i>Parasesarma plicata</i>	9	2	4	12	7
	秀丽长方蟹 <i>Metaplex elegans</i>	5	11	0	5	5
QZLH3	总密度 Total density	818	331	281	508	484
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	498	167	171	386	305
	日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	249	0	0	0	62
	秀丽长方蟹 <i>Metaplex elegans</i>	12	34	21	52	30
QZLH4	总密度 Total density	512	217	484	1,541	688
	薄片螺赢蜚 <i>Corophium lamellatum</i>	71	21	0	1,397	372
	宁波泥蟹 <i>Ilyoplax ningpoensis</i>	140	176	135	107	140
	中华仙影海葵 <i>Cereus sinensis</i>	0	4	229	20	63
	上野螺赢蜚 <i>Corophium uenoi</i>	222	0	30	0	63
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	78	16	89	18	50

每一断面所列种类的平均密度总和占该断面总密度的80%以上。
On each transect, the sum of average density of all the species listed in the table accounted for more than 80% of the total density.

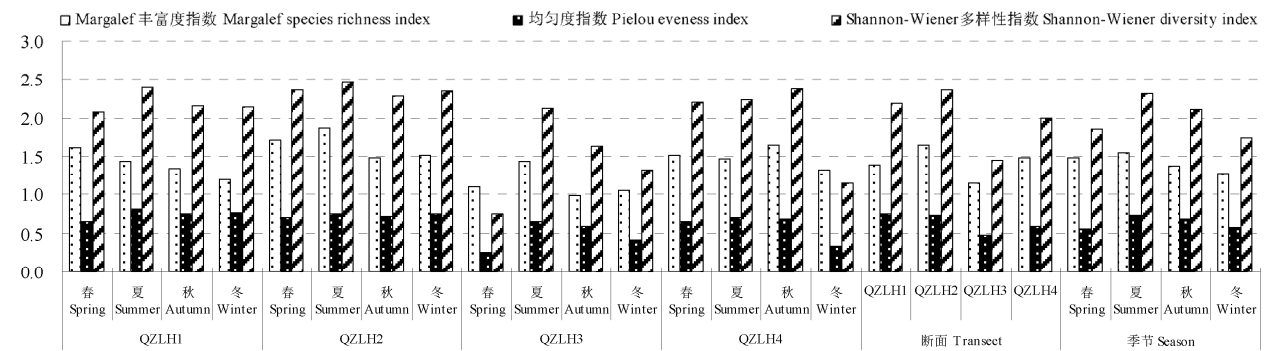


图5 洛阳江口红树林大型底栖动物群落的多样性指数(QZLH1-4: 断面)
Fig. 5 Diversity indices for macrobenthic communities in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary. QZLH1-4, transects

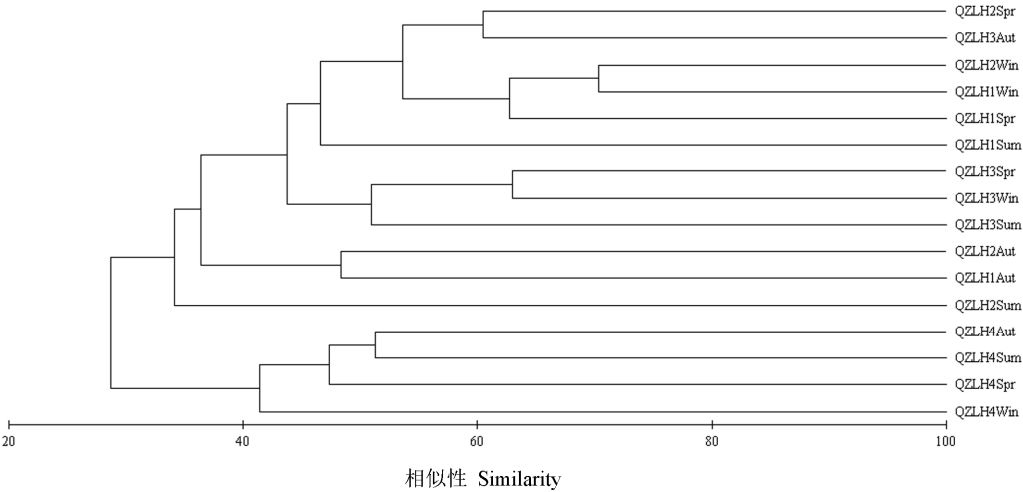


图6 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物群落聚类图(QZLH1–4: 断面; Spr: 春季; Sum: 夏季; Aut: 秋季; Win: 冬季)
Fig. 6 Cluster dendrogram of the macrobenthic communities in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary. QZLH1–4, transects; Spr, Spring; Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter.

表4 季节×断面双因素交叉ANOSIM检验
Table 4 Results of two-way crossed ANOSIM between seasons and transects

检验范围 Test range	季节之间 Among seasons		断面之间 Among transects	
	<i>R</i>	<i>P</i> (%)	<i>R</i>	<i>P</i> (%)
总体 Global	0.318	0.1	0.485	0.1
成对 Pair-wise	春 Spring / 夏 Summer	0.417 0.2	QZLH1 / QZLH2	0.157 13.7
	春 Spring / 秋 Autumn	0.388 0.2	QZLH1 / QZLH3	0.148 11.1
	春 Spring /冬 Winter	0.083 27.1	QZLH1 / QZLH4	0.823 0.1
	夏 Summer / 秋 Autumn	0.408 0.7	QZLH2 / QZLH3	0.317 1.2
	夏 Summer / 冬 Winter	0.454 0.6	QZLH2 / QZLH4	0.859 0.1
	秋 Autumn / 冬 Winter	0.284 2.3	QZLH3 / QZLH4	0.553 0.1

类群(陈光程等, 2008), 但其主要是小头虫(*Capitella capitata*)占据主导地位, 估计是沉积物受到周边养殖废水排放的影响, 有机质含量过高引发小头虫的大量繁衍。

洛阳江口林区短拟沼螺优势度最高, 密度明显高于其他种类, 其他优势种还有圆锯齿吻沙蚕、疣吻沙蚕、褶痕拟相手蟹、秀丽长方蟹、弧边招潮、中华仙影海葵和弓形革囊星虫等。短拟沼螺是一种小型腹足类动物, 郭涛等(2014)也报道过其在本区具有较高的密度, 该种也是集美凤林红树林(林秀

春等, 2006)的重要优势种。现有研究表明, 拟沼螺科的种类可在年轻的恢复林中以密度优势种出现, 如西门岛(黄丽等, 2013)和九龙江口红树林幼林(陈光程等, 2008)。拟沼螺可摄食碎屑、藻类和水生植物, 对底质有机物移除率高达20.9% (李涛等, 2014), 同时可作为青蟹和高潮时进入红树林的鱼类的重要食物来源(Macintosh et al, 2002), 因而其可能在恢复林食物网中发挥重要作用。本区优势种弧边招潮和秀丽长方蟹同样是九龙江口红树林的优势种(李蓉等, 2007; 陈光程等, 2008), 秀丽长方蟹更多出现于幼林。弓形革囊星虫和褶痕拟相手蟹仅出现在红树林内, 但数量不高。Macintosh等(2002)比较了天然林和退化林的底栖动物种类组成特点, 认为招潮蟹(*Uca* spp.)、滨螺科、拟沼螺科和汇螺科种类在年轻的种植林可起主导作用, 成熟红树林区则以相手蟹和有肺的腹足类(如耳螺科)占优势, 结合本区红树林底栖动物优势种类组成特点, 洛阳江口红树林尚处于年轻期。

3.2 洛阳江口红树林湿地底栖动物的季节变化

本区底栖动物总密度表现出冬、春季高, 夏、秋季低, 生物量则是春、夏季高, 秋、冬季低, 夏季虽然密度最低, 但生物量却较高的特点, 这是因为夏季蟹类占总密度的比例高, 蟹类体型较大, 所以生物量高; 相反, 冬季密度虽然最高, 生物量却最低, 主要是因为该季密度优势种为小型端足类薄

表5 本调查(2013–2014)与2009年(刘荣成, 2010)底栖动物的物种多样性和密度的结果比较
Table 5 Comparison of macrobenthic diversity and density from the present study (2013–2014) with 2009 (Liu, 2010)

参数 Parameters	年份 Year	QZLH1		QZLH2		QZLH3		QZLH4		数据来源 Source of data
		春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	
密度 Density (ind./m ²)	2009年	655	194	878	504	1,061	220	636	672	刘荣成, 2010
	环节动物 Annelida	144	219	414	275	533	42	330	219	刘荣成, 2010
	软体动物 Mollusca	373	69	355	125	495	168	148	69	刘荣成, 2010
	节肢动物 Arthropoda	133	59	76	65	24	3	100	59	刘荣成, 2010
	2013–2014年	176	139	199	231	818	281	512	484	本调查
种类数 Species number	2009年	21	12	25	15	15	10	17	15	刘荣成, 2010
	2013–2014年	17	12	19	17	18	13	20	23	本调查

片螺赢蜚。集美凤林红树林底栖动物总密度同样表现为冬、春季高, 夏、秋季低(林秀春等, 2006), 但东寨港无论是密度还是生物量都是夏季高于冬季(邹发生等, 1999), 表明不同海区红树林底栖动物的季节变化规律不一致。陈光程等(2013)认为, 底栖动物数量的季节变化, 可能与环境参数的季节变化以及底栖动物自身的生理及繁殖特性等有关。底栖动物总密度的季节变动是各个优势种类数量季节变化的叠加结果, 本区短拟沼螺和薄片螺赢蜚数量远大于其他种类, 二者数量高峰都在冬、春季, 故总密度冬、春两季高。其他优势种的季节变化特征也有不同, 秀丽长方蟹、宁波泥蟹和细巧仿对虾主要出现在夏季, 小部分种类密度的季节变化不大, 如弧边招潮。从群落组成看, 冬、春两季的底栖动物群落未发现有显著不同, 可能是因为两季气候条件更为接近, 都处于干季, 水温较低, 降水较少。

3.3 洛阳江口湿地红树林恢复对底栖动物的影响及指导意义

自2002年造林和补植以来, 洛阳江口红树林面积扩大了20余倍, 改变了原有栖息地的理化性质, 如光照、水分蒸发和沉积物等。Lee (1998)认为, 红树林植被促进栖息地生境的多样性/异质性, 以及与红树林生态系统相关的种类多样性。本调查中, 林区与光滩底栖动物门类虽然类似, 断面的总物种数接近, 但优势种组成明显不同, 双因素交叉ANOSIM分析也表明了光滩底栖动物群落结构与红树林断面均存在显著差异。可见, 红树植被的引入为一些种类提供了适宜栖息地, 增加了与红树林有关的物种多样性, 如弓形革囊星虫和褶痕拟相手蟹等仅在红树林内出现。然而, 红树林会降低底栖动物的数量水平, 本调查中植被郁闭度较好的

QZLH1和QZLH2断面的密度和生物量显著低于光滩断面。澳大利亚和新西兰红树林同样存在林内底栖动物物种多样性和密度低于邻近的其他河口生境的情况(Wells, 1983; Alongi et al, 2000; Alfaro, 2006)。张雅芝等(1999)认为, 红树林区沉积物H₂S含量较高, 且伴随着缺氧和土壤酸化, 可能是造成红树林区底栖生物生物量较低的重要原因, 尤其是底内生活的种类。不少研究人员认为, 红树林碎屑和泥土的丹宁含量高, 不利于底栖动物栖息(Alongi et al, 2000; Ellis et al, 2004; Alfaro, 2006)。与2009年调查结果相比(表5), 红树林植被恢复较好的QZLH1和QZLH2断面种类数减少, 密度明显下降, 而QZLH3和光滩QZLH4断面种类有所增加, 密度略有减少; 其次, 前后调查的密度优势类群虽同为环节动物和软体动物, 但生物量优势类群由软体动物转变成节肢动物, 且能直接摄食红树林凋落物的相手蟹数量增多, 成为QZLH1和QZLH2断面的优势种组成, 这表明4年间洛阳江口红树林对底栖动物群落的影响日益显现, 底栖动物种类组成发生了变化。

本调查中光滩与红树林群落有显著差异, 也表明了不同的生境适宜不同生物栖息, 从保护湿地生物多样性出发, 应尽可能保持生境的多样性/异质性。红树林在河口发挥着重要作用, 保堤护岸, 为河口生态系统提供大量有机质。同样, 红树林邻近的栖息地如潮滩和河岸也为底栖动物提供重要的栖息地和其他食物, 如微藻(Nguyen et al, 2012)。相比红树凋落物, 微藻具有较高的营养价值和可消化性。不少研究认为应当统筹保护好河口栖息地多样性, 如红树林、潮滩及林内溪流(WWF, 2006; 李蓉等, 2007; Nguyen et al, 2012), 除能够提高底栖动物

多样性外,也特别有利于迁徙性滨鸟的摄食和栖息(Huang et al, 2012)。因此,红树林植被恢复应当尽可能保护生境的多样性,规划好植被区。

参考文献

- Alfaro AC (2006) Benthic macro-invertebrate community composition within a mangrove/seagrass estuary in northern New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 97–110.
- Alongi DM, Tirendi F, Clough BF (2000) Below-ground decomposition of organic matter in forests of the mangroves *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina* along the arid coast of Western Australia. *Aquatic Botany*, 68, 97–122.
- Bosire JO, Dahdouh-Guebas F, Walton M, Crona BI, Lewis RR III, Field C, Kairo JG, Koedam N (2008) Functionality of resorted mangroves: a review. *Aquatic Botany*, 89, 251–259.
- Chen GC, Ye Y, Lu CY (2008) Effect of *Kandelia candel* mangrove rehabilitation on macro-benthic fauna in Jiulongjiang River Estuary. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 47, 260–264. (in Chinese with English abstract) [陈光程, 叶勇, 卢昌义 (2008) 九龙江口秋茄红树林恢复对大型底栖动物群落的影响. 厦门大学学报(自然科学版), 47, 260–264.]
- Chen GC, Yu D, Ye Y, Chen B (2013) Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 327–336. (in Chinese with English abstract) [陈光程, 余丹, 叶勇, 陈彬 (2013) 红树林植被对大型底栖动物群落的影响. 生态学报, 33, 327–336.]
- Chen YQ, Xu ZL, Wang YL, Hu FX, Hu H, Gu GC (1995) An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang (Yangtze) River Estuarine Area. I. Biomass distribution of dominant species. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2(1), 49–58. (in Chinese with English abstract) [陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 胡方西, 胡辉, 谷国传 (1995) 长江河口锋区浮游动物生态研究. I. 生物量及优势种的平面分布. 中国水产科学, 2(1), 49–58.]
- Duke NC, Meynecke J-O, Dittmann S, Ellison AM, Anger K, Berger U, Cannicci S, Diele K, Ewel KC, Field CD, Koedam N, Lee SY, Marchand C, Nordhaus I, Dahdouh-Guebas F (2007) A world without mangroves? *Science*, 317, 41–42.
- Ellis J, Nicholls P, Craggs R, Hofstra D, Hewitt J (2004) Effects of terrigenous sedimentation on mangrove physiology and associated macrobenthic communities. *Marine Ecology Progress Series*, 207, 71–82.
- Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N (2011) Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 154–159.
- Guo T, Cai LZ, Zhuo Y, Rao YY, Li X, Chen XW, Fu SJ, Ji JF (2014) Comparison of benthic macrofaunal communities in two mangrove habitats of Luoyangjiang Estuary in Quanzhou Bay. *Journal of Applied Oceanography*, 33, 204–211. (in Chinese with English abstract) [郭涛, 蔡立哲, 卓异, 饶义勇, 李想, 陈昕韡, 傅素晶, 纪剑锋 (2014) 泉州湾洛阳江口2种红树林生境大型底栖动物群落多样性比较. 应用海洋学报, 33, 204–211.]
- Huang L, Chen SB, Qiu JB, Ding WY, Zheng CF, Wu JG, Zhou ZM, Wang N (2013) Influences of artificial *Kandelia obovata* mangrove forest rehabilitation on the macrobenthos in Ximen Island. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 3138–3147. (in Chinese with English abstract) [黄丽, 陈少波, 仇建标, 丁文勇, 郑春芳, 伍锦姑, 周志明, 王宁 (2013) 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响. 生态学报, 33, 3138–3147.]
- Huang SC, Shih SS, Ho YS, Chen CP, Hsieh HL (2012) Restoration of shorebird-roosting mudflats by partial removal of estuarine mangroves in northern Taiwan. *Restoration Ecology*, 20, 76–83.
- Huang YQ, Li RG, Jiang JX (2011) Biodiversity and distribution of mollusk around the Luoyangjiang River Mangrove Nature Reserve. *Marine Sciences*, 35(10), 110–116. (in Chinese with English abstract) [黄雅琴, 李荣冠, 江锦祥 (2011) 泉州湾洛阳江红树林自然保护区潮间带软体动物多样性及分布. 海洋科学, 35(10), 110–116.]
- Lee SY (1998) The ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: implications for conservation. *Marine and Freshwater Research*, 49, 335–343.
- Lee SY (2008) Mangrove macrobenthos: assemblages, services, and linkages. *Journal of Sea Research*, 59, 16–29.
- Li R, Ye Y, Chen GC, Weng J (2007) Effect of *Aegiceras corniculata* mangrove rehabilitation on macro-benthic animals in Jiulongjiang River Estuary. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 46, 109–114. (in Chinese with English abstract) [李蓉, 叶勇, 陈光程, 翁劲 (2007) 九龙江口桐花树红树林恢复对大型底栖动物的影响. 厦门大学学报(自然科学版), 46, 109–114.]
- Li T, Ma S, Xu T (2014) Nutritional analysis and appraisal of *Assiminea* sp. *Progress in Fishery Sciences*, 35(6), 90–96. (in Chinese with English abstract) [李涛, 马甦, 徐涛 (2014) 拟沼螺(*Assiminea* sp.)营养成分分析与评价. 渔业科学进展, 35(6), 90–96.]
- Li W, Cui LJ, Wang YF, Zhang MY (2010) The research on the effect of crabs density by mangrove wetland restoration in Luoyangjiang estuary, Fujian. *Ecology and Environment*, 19, 2929–2933. (in Chinese with English abstract) [李伟, 崔丽娟, 王义飞, 张曼胤 (2010) 福建洛阳江口红树林湿地恢复对蟹类密度的影响. 生态环境学报, 19, 2929–2933.]
- Lin XC, Cai LZ, Ma L, Gao Y, Yang L, Liu WM (2006) The macrofaunal community in Fenglin mangrove area, Xiamen. *Biodiversity Science*, 14, 128–135. (in Chinese with English abstract) [林秀春, 蔡立哲, 马丽, 高阳, 杨丽, 刘伟明 (2006) 厦门凤林红树林湿地大型底栖动物群落. 生物多样性, 14, 128–135.]

- Liu RC (2010) Mangrove of Luoyangjiang in Huian County, China. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [刘荣成 (2010) 中国惠安洛阳江红树林. 中国林业出版社, 北京.]
- Lu CY, Lin P, Ye Y, Wang HH (1995) Review on impact of global climate change on mangrove ecosystems and research countermeasures. *Advance in Earth Sciences*, 10, 341–347. (in Chinese with English abstract) [卢昌义, 林鹏, 叶勇, 汪和海 (1995) 全球气候变化对红树林生态系统的影响与研究对策. *地球科学进展*, 10, 341–347.]
- Macintosh DJ, Ashton EC, Havanon S (2002) Mangrove rehabilitation and intertidal biodiversity: a study in the Ranong mangrove ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, 331–345.
- Margalef R (1968) *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
- Nagelkerken I, Blaber SJM, Bouillon S, Green P, Haywood M, Kirton LG, Meynecke J-O, Pawlik J, Penrose HM, Sasekumar A, Somerfield PJ (2008) The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. *Aquatic Botany*, 89, 155–185.
- Nguyen TT, Hideki H, Atsushi S, Tran DQ, Mai TN, Koji O (2012) Food sources of macro-invertebrates in an important mangrove ecosystem of Vietnam determined by dual stable isotope signatures. *Journal of Sea Research*, 72, 14–21.
- Pielou EC (1975) *Ecology Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Proffitt CE, Devlin DJ (2005) Grazing by the intertidal gastropod *Melampus coffeus* greatly increases mangrove leaf litter degradation rates. *Marine Ecology Progress Series*, 296, 209–218.
- Robertson AI, Alongi DM (1992) *Tropical Mangrove Ecosystems*. Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union, Washington, DC.
- Sasekumar A (1974) Distribution of macrofauna of a Malayan mangrove shore. *Journal of Animal Ecology*, 43, 51–69.
- Shannon CE, Weaver W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Tang YJ, Yu SX (2007) Spatial zonation of macrofauna in the Zhanjiang Mangrove Nature Reserve, Guangdong. *Acta Ecologica Sinica*, 27, 1703–1714. (in Chinese with English abstract) [唐以杰, 余世孝 (2007) 广东湛江红树林保护区大型底栖动物群落的空间分带. *生态学报*, 27, 1703–1714.]
- Wang YS (2013) *Assessment and Remediation Techniques of Mangrove Ecosystems*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [王友绍 (2013) 红树林生态系统评价与修复技术. 科学出版社, 北京.]
- Wells FE (1983) An analysis of marine invertebrate distributions in a mangrove swamp in northwestern Australia. *Bulletin of Marine Science*, 33, 736–744.
- WWF Hong Kong (2006) *Management Plan for the Mai Po Nature Reserve*. WWF Hong Kong, Hong Kong.
- Zhang YZ, Chen CZ, Wang YY, Chen PJ, Yang RQ (1999) The ecology of benthos in Fujian mangrove swamps. *Acta Ecologica Sinica*, 19, 896–901. (in Chinese with English abstract) [张雅芝, 陈灿忠, 王渊源, 陈品健, 杨瑞琼 (1999) 福建红树林区底栖生物生态研究. *生态学报*, 19, 896–901.]
- Zou FS, Song XJ, Chen W, Zheng XR, Chen JH (1999) The diversity of benthic macrofauna on mud flat in Dongzhaigang Mangrove Reserve, Hainan. *Chinese Biodiversity*, 7, 175–180. (in Chinese with English abstract) [邹发生, 宋晓军, 陈伟, 郑馨仁, 陈建海 (1999) 海南东寨港红树林滩涂大型底栖动物多样性的初步研究. *生物多样性*, 7, 175–180.]

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物种类名录

Appendix 1 Species list of macrobenthos in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2015328-1.pdf>

林俊辉, 何雪宝, 王建军, 林和山, 黄雅琴, 刘坤, 牟剑锋, 张舒怡, 江锦祥. 福建洛阳江口红树林湿地大型底栖动物多样性及季节变化. 生物多样性, 2016, **24** (7): 791–801.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2015328>

附录1 洛阳江口红树林湿地大型底栖动物种类名录
Appendix 1 Species list of macrobenthos in the mangrove swamp of Luoyangjiang Estuary

门类	种类	QZLH1	QZLH2	QZLH3	QZLH4	夏季	秋季	冬季	春季
环节动物	色斑神须虫 <i>Eteone maculata</i>	+			+	+		+	+
	长双须虫 <i>Eteone longa</i>				+		+		
	渤海格鳞虫 <i>Gattyana pohaiensis</i>	+	+	+	+			+	+
	短须钩裂虫 <i>Ancistrosyllis brevicirris</i>				+		+		
	钩毛虫 <i>Sigambra</i> sp.		+						+
	疣吻沙蚕 <i>Tyrrhynchus heterochaetus</i>		+++	+			++	+	++
	日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	++		+++	++	++			+++
	腺带刺沙蚕 <i>Neanthes glandicincta</i>	+	+				+		
	光突齿沙蚕 <i>Leonnates persica</i>	+	+		+	+	+		+
	拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnates uschakovi</i>	++	+	+	++	+		++	++
	沙蚕 <i>Nereis</i> sp.			+				+	
	双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i>		+	+			+	+	+
	多齿围沙蚕 <i>Perinereis nuntia</i>			+					+
	长吻吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>	+	+			+		+	
	圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys glabra</i>	++	++	++	++	++	++	++	++
	锥虫 <i>Haploscoloplos</i> sp.		+				+		
	腹沟虫 <i>Scolelepis</i> sp.		+			+			
	才女虫 <i>Polydora</i> sp.				+			+	
	膜质伪才女虫 <i>Pseudopolydora kemp</i>				+		++		
	日本稚齿虫 <i>Prionospio japonica</i>			+	+	+			+
	独毛虫 <i>Tharyx</i> sp.		++		+	++			+
	小头虫 <i>Capitella capitata</i>	+		+					+
	异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>		++			+	+		
	巴林虫 <i>Barantolla</i> sp.		+			+			
	印度节裂虫 <i>Mastobranchus indicus</i>				+	+	+	+	+
	岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i>		+					+	
	刺纓虫 <i>Potamilla</i> sp.				+			+	
	微赤根丝蚓 <i>Rhizodrilus russus</i>	++	++		+	+	+	++	++
软体动物	褐蚶 <i>Didimacar tenebrica</i>			+			+		
	对称拟蚶 <i>Arcopsis symmetrica</i>			+	+	+	+		
	缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>				++	++	+	++	
	尖齿灯塔蛏 <i>Pharella acutidens</i>		+	+		+		+	+
	光滑河蓝蛤 <i>Potamocorbula laevis</i>				+		+	+	+
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
	绞孔胃螺 <i>Cassidula plectorematoides</i>	+		+		+	+		
	黑口滨螺 <i>Littoraria (Palustorina) melanostoma</i>	+		+			+		
节肢动物	细螯原足虫 <i>Leptochelia dubia</i>				+				+
	短角双眼钩虾 <i>Ampelisca brevicornis</i>				+		+		
	朝鲜马尔他钩虾 <i>Melita koreana</i>				+				+
	施氏玻璃钩虾 <i>Hyale schmidt</i>		+	+			+		+

林俊辉, 何雪宝, 王建军, 林和山, 黄雅琴, 刘坤, 牟剑锋, 张舒怡, 江锦祥. 福建洛阳江口红树林湿地大型底栖动物多样性及季节变化. 生物多样性, 2016, 24 (7): 791–801.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2015328>

门类	种类	QZLH1	QZLH2	QZLH3	QZLH4	夏季	秋季	冬季	春季
	大角玻璃钩虾 <i>Hyale grandicornis</i>	+							+
	日本大螯蜚 <i>Grandidierella japonica</i>		+					+	
	薄片螺赢蜚 <i>Corophium lamellatum</i>	++	+	+	+++	++		+++	++
	三角柄螺赢蜚 <i>Corophium trigulapedarum</i>			+	++	++			++
	上野螺赢蜚 <i>Corophium uenoi</i>				++	+	++	+	+++
	细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenellus</i>	+	++	+	+	++			+
	日本毛虾 <i>Acetes japonicus</i>				+	++			
	锯齿长臂虾 <i>Palaemon serrifer</i>			+		+			
	巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>	+	+	++		++			
	背尾白虾 <i>Palaemon carinicauda</i>	+				+			
	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	+	+			+			
	短脊鼓虾 <i>Alpheus brevirstatus</i>			+		+			
	刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>			+		+		+	
	安乐虾 <i>Eualus</i> sp.	+	+			+			
	日本美人虾 <i>Callinassa japonica</i>	++	+	+				+	+
	四齿大额蟹 <i>Metopograpsus quadridentatus</i>				+		+		
	方蟹幼体 Grapsidae und.		+		+		+		
	褶痕拟相手蟹 <i>Parasesarma plicata</i>	++	++	+		+	++	+	+
	双齿拟相手蟹 <i>Perisesarma bidens</i>		+	+		+	+	+	+
	中华泥毛蟹 <i>Clistocoeloma sinensis</i>		+				+		
	秀丽长方蟹 <i>Metaplox elegans</i>	++	++	++	+	++	++	++	++
	长足长方蟹 <i>Metaplox longipes</i>	+	++	+	+	++	+	+	+
	秉氏厚蟹 <i>Helice pingi</i>	++	+			+	+		+
	少疣长方蟹 <i>Metaplox takahashii</i>	+					+		
	六齿猴面蟹 <i>Camptandrium sexdentatum</i>	+	+					+	
	宁波泥蟹 <i>Ilyoplax ningpoensis</i>			+	+++	+++	+++	++	++
	弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	++	++	++	++	++	++	++	++
	屠氏招潮 <i>Uca dussumieri</i>		+				+		
刺胞动物	爱氏海葵 <i>Edwardsia</i> sp.		+						+
	中华仙影海葵 <i>Cereus sinensis</i>	+++	+++	+	++	+	+++	++	++
	乳头适风海葵 <i>Anemonactis nazelii</i>				+		+		
纽形动物	原细首纽虫 <i>Procephalathrix</i> sp.	+	+		+			+	+
	脑纽虫 <i>Cerebratulus</i> sp.	++	+	+	+	++	+	+	+
	脑纽虫 <i>Cerebratulus</i> sp.1		++	+	+	++	+	+	+
	脑纽虫 <i>Cerebratulus</i> sp.2		+	+	+	+	+	+	+
星虫动物	弓形革囊星虫 <i>Phascolosoma arcuatum</i>	++	++	++		++	++	+	+
脊索动物	犬牙细棘鰕虎鱼 <i>Acentrogobius caninus</i>				+			+	
	弹涂鱼 <i>Periophthalmus cantonensis</i>	+	+	+			+	+	+

+++ 个体数量达到总数量的 10%; ++ 达到总数量的 1–10%; + 不到总数量的 1%