

海南东寨港红树林区底栖节肢动物多样性研究

全 峰, 朱 麟

(海南师范大学 生命科学学院 海南, 海口 571158)

摘要: 为了解海南东寨港红树林区节肢动物多样性水平, 作者于 2009 年 12 月、2010 年 3 月和 7 月, 对海南东寨港红树林区 8 个采样点进行节肢动物群落调查, 共获得底栖节肢动物 34 种, 隶属 2 纲 14 科; 方蟹科和沙蟹科是主要类群, 其中双齿近相手蟹(*Perisesarma bidens*)、原足虫(*Kalliapseudes tomiokaensis*)和锯眼泥蟹(*Ilyoplax serrata*)为优势种; 不同潮滩间节肢动物的栖息密度差异不显著, 但生物量差异显著; 不同季节间节肢动物的栖息密度和生物量差异显著; 物种种数 S 、Margalef 丰富度指数 d 、Shannon-Wiener 物种多样性指数 H' 和 Pielou 均匀性指数 J 皆表现为冬季 < 春季 < 夏季。

关键词: 节肢动物; 栖息密度; 生物量; 多样性

中图分类号: Q 178.531 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)11-0035-06

红树林生态系统是潮间带 5 种生态类型之一, 是热带、亚热带海岸潮间带或河流入海口特有的生态系统^[1]。近年来, 随着江河湖海区沿岸人口的增长, 工农业及海运的发展, 大量污染物汇集于河口海湾区, 冲击了红树林生态系统^[2], 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^[3], 而以甲壳类为主的底栖节肢动物又是大型底栖动物的重要组成成分, 其种类丰富, 群落结构复杂。东寨港是中国红树种类最多, 面积最大的红树林分布区, 20 世纪 90 年代末以来, 邹发生等^[4-7]先后对东寨港红树林滩涂或红树林区底栖动物生态进行了研究, 虽然这些研究中涉及部分节肢动物类群的调查, 但仍有必要更深入、全面地进行关于节肢动物物种组成、数量分布、季节变动等群落结构和生物多样性水平的研究, 以了解它们与红树林生态系统之间的关系, 可为红树林生态系统的开发、保护、资源量的估算、生态功能评价以及生态健康的评价等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

海南东寨港红树林湿地位于海南省海口市东北部寨港内(110°32'~110°37'E, 19°51'~20°01'N), 属于亚热带潮间带湿地, 气候上属于热带季风海洋性气候。红树林湿地面积 3337.6 hm², 分布有红树植物 19 科 35 种, 红树林内栖息着大量的动物类群, 其中鸟类有 194 种, 大型底栖动物有 92 种, 它是一个以保

护红树林湿地生态系统及珍稀、濒危鸟类为主的综合性国家级自然保护区^[8]。红树林潮滩可分为高、中、低潮滩^[9], 红树林大多数分布于潮间带的中潮滩, 少数延伸到低潮滩和高潮滩^[10]。

1.2 调查时间与方法

于 2009 年 12 月、2010 年 3 月和 7 月进行取样, 分别代表冬季、春季和夏季^[11]。选择具有代表性、滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、人为扰动较小且相对较稳定的区域设立 8 个采样点(图 1), 各采样点布设 1 条垂直海岸的断面, 各断面视潮汐规律分为红树林高、中、低潮滩, 每个断面布设 3~5 个站位: 高潮滩 1 个, 中潮滩 1~3 个, 低潮滩 1 个。每个站位在退潮期进行生物取样, 采用样框面积为 25 cm × 25 cm × 30 cm 的定量框取样 4 次, 用底层孔径 0.5 mm 的复合套筛冲洗分选出底栖动物标本。同时对各站位进行广泛的定性取样, 以补充定量取样的不足。标本用 5% 甲醛溶液现场固定, 带回实验室按照《海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查》进行计数、称质量、鉴定、分析整理等处理^[12]。

1.3 数据处理

节肢动物优势度采用 $Y = (n_i/N) \times f_i^{[13]}$ 计算, 其中, n_i 为第 i 种节肢动物的个体数, f_i 为该种在各站出现的

收稿日期: 2012-04-07; 修回日期: 2013-07-03

基金项目: 海南省重点科技计划资助项目(090804)

作者简介: 全峰(1984-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 主要从事底栖动物生态学方面研究, E-mail: jimer.fng@163.com; 朱麟, 通信作者, E-mail: lzhuojfu@163.com

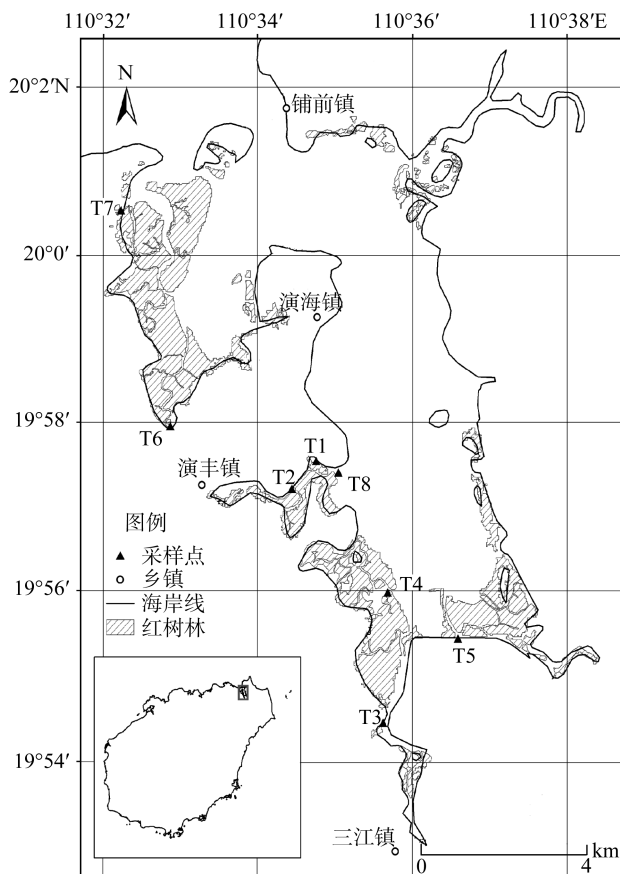


图1 采样点分布图 (T1-T8)
Fig. 1 The sampling spots (T1-T8)

频率, N 为底栖节肢动物总个体数: 当 $Y > 0.02$ 时, 该种为优势种。节肢动物多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ^[14], 其中, P_i 代表第 i 种个体数占样本总个体数 N 的比例; 丰富度采用 Margalef 丰富度指数 $d = (S-1)/\ln N$ ^[15], 其中, S 为物种种类数; 均匀度采用 Pielou 均匀度指数 $J = H'/H'_{\max}$ ^[16], 其中, H'_{\max} 为最大多样性值, $H'_{\max} = \ln S$ 。所有数据用 SPSS16.0 进行处理。

2 结果

2.1 种类组成

2009 年 12 月, 2010 年 3 月和 7 月对红树林潮间带区底栖动物共进行了 3 次采样, 共鉴定出底栖节肢动物 34 种, 隶属 2 个纲 14 个科; 其中 33 种为甲壳类, 1 种为昆虫; 在甲壳类中, 方蟹科 12 种, 沙蟹科 6 种, 对虾科 3 种, 藤壶科和螺赢蜚科各 2 种, 鼓虾科、钩虾科、和尚蟹科、陆寄居蟹科、蜘蛛蟹科、海蟑螂科、盖鳃水虱科、原足目一科均只有 1 种(表 1)。

方蟹科和沙蟹科的物种数分别占底栖节肢动物总物种数的 35% 和 18%, 是构成该红树林区大型底栖动物物种的最主要成分(图 2)。

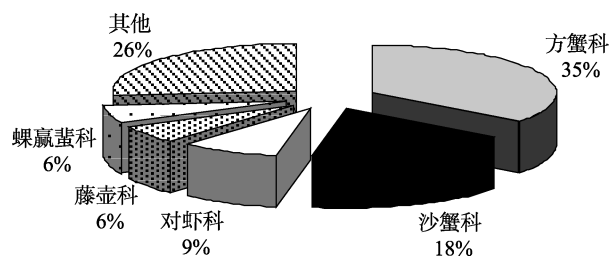


图2 东寨港红树林潮间带底栖节肢动物科类组成
Fig. 2 Family composition of intertidal benthic arthropods in Dongzhaigang mangrove area

另外从表 1 可看出, 每个取样点不同季节皆可发现弧边招潮蟹、双齿近相手蟹、锯眼泥蟹及另一种泥蟹, 这与弧边招潮蟹和双齿近相手蟹是中高潮滩的常见种有关, 泥蟹属个体较小, 且常常喜欢并能生活在潮间带各个区域。且冬、春、夏季调查到的物种种类数目依次增多, 分别为 21、30 和 33 种。

从不同潮滩来看, 高、中、低潮滩的物种数分别为 19、24 和 24, 红树林潮间带的中潮滩区域最广, 红树林最为茂盛, 且受外界干扰(人为捕捉、鸟类捕食等)较少, 物种数量较多; 低潮位一般处于红树林与滩涂的交互带, 覆水时间更长, 底质疏松, 常出现一些高中潮滩没有或少有的物种, 如宽额大额蟹 (*Metopograpsus frontalis*), 而弧边招潮蟹 (*Uca arcuata*) 和绒毛近方蟹 (*Hemigrapsus sanguineus*) 在高潮滩和中潮滩才发现, 这些都与其生活习性有关。长足方蟹、秀丽长方蟹和原足虫都是生活在低潮滩的物种, 采样点 T6 高中低潮滩泥质均为淤泥, 在高潮滩仍能发现其分布。采样点 T3 处于村落和海水增养殖区交集的区域, 各类污水汇聚, 各种生物类型云集, 水生生物物种复杂, 发现一些在其他样点没有调查到的生物, 有一种盖鳃水虱 (*Idotea* sp.) 和某种昆虫的幼虫。

2.2 优势种

在优势种方面, 从表 2 中不同季节主要优势种的优势度 Y 可以看出, 双齿近相手蟹 (*Perisesarma bidens*)、锯眼泥蟹 (*Ilyoplax serrata*) 和原足虫 (*Kalliapseudes tomiokaensis*) 是 3 个季节调查中的优势种, 另外, 沙蟹科的另一种泥蟹 (*Ilyoplax* sp.) 是春

表 1 东寨港红树林区底栖节肢动物名录及分布

Tab. 1 Species composition and distribution of intertidal benthic arthropods in Dongzhaigang mangrove area

序号	种名	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	高潮	中潮	低潮
甲壳纲(Crustacea)												
对虾科(Penaeidae)												
1	中型新对虾(<i>Metapenaeus intermedius</i>)			+	+		+	+		+	+	+
2	刀额新对虾(<i>Metapenaeus ensis</i>)			+					+		+	+
3	中国对虾(<i>Penaeus chinensis</i>)				+	+		+			+	+
鼓虾科(Alpheidae)												
4	鲜明鼓虾(<i>Alpheus distinguendus</i>)	+						+			+	+
钩虾科(Gammaridae)												
5	钩虾(<i>Gammarus</i> sp.)			+		+				+		+
和尚蟹科(Mictyridae)												
6	长腕和尚蟹(<i>Mictyris longicarpus</i>)	+	+								+	+
沙蟹科(Ocypodidae)												
7	弧边招潮蟹(<i>Uca arcuata</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
8	北方凹指招潮(<i>Uca borealis</i>)	+						+		+	+	
9	悦目大眼蟹(<i>Macrophthalmus erato</i>)		+		+			+	+	+	+	+
10	锯眼泥蟹(<i>Ilyoplax serrata</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	泥蟹(<i>Ilyoplax</i> sp.)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	大眼蟹(<i>Macrophthalmus</i> sp.)			+			+		+		+	+
方蟹科(Grapsidae)												
13	双齿相手蟹(<i>Sesarma bidens</i>)						+			+	+	
14	双齿近相手蟹(<i>Perisesarma bidens</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	近缘相手蟹(<i>Parasesarma affinis</i>)	+				+	+	+			+	
16	褶痕相手蟹(<i>Sesarma plicata</i>)		+			+			+		+	
17	无齿相手蟹(<i>Sesarma dehaani</i>)			+						+	+	
18	侧足厚蟹(<i>Helice latimera</i>)	+				+						+
19	短螯厚蟹(<i>Helice leachii</i>)	+			+	+	+	+			+	+
20	绒毛近方蟹(<i>Hemigrapsus sanguineus</i>)							+			+	
21	宽额大额蟹(<i>Metopograpsus frontalis</i>)				+	+		+	+			+
22	长长长方蟹(<i>Metaplax longipes</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	秀丽长方蟹(<i>Metaplax elegans</i>)			+	+		+	+	+	+	+	+
24	厚蟹(<i>Helice</i> sp.)										+	+
陆寄居蟹科(Coenobitidae)												
25	陆寄居蟹(<i>Coenobita</i> sp.)			+				+				+
蜘蛛蟹科(Majidae)												
26	蜘蛛蟹(待定)				+			+			+	+
螺赢蜚科(Corophiidae)												
27	螺赢蜚 1(<i>Corophium</i> sp.)	+		+			+		+	+		+
28	螺赢蜚 2(<i>Corophium</i> sp.)			+	+		+			+	+	+
藤壶科(Balanidae)												
29	白脊藤壶(<i>Balanus albicostatus</i>)		+			+				+		
30	白条地藤壶(<i>Euraphia withersi</i>)	+	+	+		+	+			+	+	+
海蟑螂科(Ligiidae)												
31	海蟑螂(<i>Ligia exotica</i>)	+	+					+		+		
盖鳃水虱科(Idotheidae)												

续表

序号	种名	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	高潮	中潮	低潮
32	盖鳃水虱(<i>Idotea</i> sp.)			+								+
原足目(Tanaidacea) 一科(Kalliapseudidae)												
33	原足虫(<i>Kalliapseudes tomiokaensis</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
昆虫纲(Insecta)												
34	某幼虫(待定)			+						+		

注: “+” 定量或定性调查到该物种; 第 5, 11, 12, 24, 26, 28, 32 仅鉴定到属

表 2 东寨港红树林区底栖节肢动物优势种优势度的季节变化

Tab. 2 Seasonal variations in the dominance of dominant intertidal benthic arthropod species in Dongzhaigang mangrove area

物种	相对重要性指数(Y)		
	冬季	春季	夏季
双齿近相手蟹	0.039	0.043	0.026
锯眼泥蟹	0.284	0.265	0.263
原足虫	0.162	0.224	0.091
长足长方蟹	*	*	0.024
泥蟹	*	0.126	0.066

注: *. $Y < 0.02$

季(3月)和夏季(7月)的优势种, 长足长方蟹(*Metaplex longipes*)是夏季(7月)的优势种, 以上种类的分布密度和出现频率高于其他种。在不同潮滩上, 双齿近相手蟹更多地分布在高、中潮滩, 长足长方蟹和原足虫则较多分布于中、低潮滩, 而锯眼泥蟹和泥蟹(*Ilyoplax* sp.)广泛分布在各个潮滩上, 另外, 弧边招潮蟹是高潮滩的常见优势种。

2.3 栖息密度与生物量

从表 3 可知, 不同的季节, 栖息密度数据显示夏季(7月)>春季(3月)>冬季(12月), 生物量显示夏季(7月)>春季(3月)>冬季(12月)。方差分析表明冬季栖息密度与春、夏季差异分别达到极显著和显著, 生物量与春、夏季差异均达到极显著, 表明 3 个季节内大型底栖节肢动物的栖息密度和生物量总体不稳定, 出现了较明显的季节性变化。

不同的潮滩, 3 次调查平均生物量水平表现为: 中潮滩>低潮滩>高潮滩, 中潮滩是红树林主要生长区, 红树林生长和发育较好, 能提供更好的栖息环境和食物来源, 可能是生物量高的原因; 但在栖息密度上, 低潮滩>中潮滩>高潮滩, 这可能与低潮滩原足虫分布数量更为巨大有着极大关系, 如 T3 低潮位 2010 年 3 月和 6 月原足虫的栖息密度分别为 475 个/m²

表 3 底栖节肢动物的栖息密度和生物量(单位: 生物量 g/m², 栖息密度 个/m²)

Tab. 3 Arthropod density and biomass in different intertidal levels and seasons (unit: biomass, g/m², density, ind./m²)

	季节		
	冬	春	夏
栖息密度	125±42a	172±30B	181±49b
生物量	20.2±7.1C	31.8±6.7D	76.6±33.2D
	潮滩		
	低	中	高
栖息密度	216±59a	168±39a	103±16a
生物量	34.6±6.4b	44.1±10.0b	15.1±3.2c

注: 表中数据为平均数±标准误, 同一行数据后相同小写字母表示经方差分析或非参数检验在 $P < 0.05$ 水平上差异不显著, 相同大写字母表示在 $P < 0.01$ 水平上差异不显著

和 1036 个/m², 这都直接增大低潮滩节肢动物栖息密度, 但差异性显著性检验表明各潮滩间栖息密度均不显著, 高潮滩与中低潮滩的生物量差异显著。表 4 的 pearson 相关分析还表明, 3 个潮滩或整个区域平均栖息密度与生物量呈现较好的正相关, 且相关达显著或极显著, 高潮滩的相关系数最高, 低潮滩最低。

表 4 底栖节肢动物栖息密度与生物量的相关系数(n=33)

Tab. 4 Correlation coefficient between density and biomass of intertidal benthic arthropods (n=33, linear regression with 95% mean prediction interval)

栖息密度	生物量			
	高潮滩	中潮滩	低潮滩	平均
高潮滩	0.8070**			
中潮滩		0.6389**		
低潮滩			0.5229*	
平均				0.6806**

注: *. 在 0.05 水平上相关显著性; **. 在 0.01 水平上相关显著性

2.4 多样性特征指数

从表 5 可知, 在群落生物多样性水平上, 物种种类数(S)、Margalef 丰富度指数(d)、Shannon-Wiener 物种多样性指数(H')和均匀性指数(J)皆显示冬季<春

季<夏季, 因此该时期群落的生物多样性水平也是逐渐上升的。

表 5 底栖节肢动物多样性特征指数
Tab. 5 Variations of biodiversity indexes of intertidal benthic arthropods among seasons

季节	种类数 (<i>S</i>)	丰富度指数 (<i>d</i>)	多样性指数 (<i>H'</i>)	均匀度指数 (<i>J</i>)
冬季	21	2.96	1.33	0.44
春季	30	3.04	1.46	0.47
夏季	33	3.29	1.55	0.49

3 讨论

红树林潮间带区域泥样中共鉴定出底栖节肢动物 34 种, 隶属 2 个纲 14 科, 与邹发生等^[4]1997~1998 年对海南东寨港红树林滩涂研究结果的节肢动物类共 9 科 19 种相比, 该次调查的物种更多样; 邹发生等研究范围主要为东寨港内光滩, 而本研究范围为红树林潮间带的林区及边缘, 不同范围的底质类型、红树林分布和发育状况差异可能使得物种多样性也出现差异。同时, 不同红树林群落的生境条件存在较大差异, 可能会造成其底栖动物的多样性差异^[10], 林区的底栖节肢动物多样性可能更高。如果能将红树林潮间带分为林区或光滩等不同生态相, 结合不同的红树植被类型进行更系统的调查, 将更有意义。

从不同季节来看, 底栖节肢动物栖息密度和生物量都呈现冬季(12月)<春季(3月)<夏季(7月), 且出现显著差异, 与邹发生等^[4]研究红树林滩涂底栖动物的结果一致, 符合生物群落随季节变动的普遍规律, 但在数值上, 3 次调查明显高于邹发生等 1997~1998 年和黄勃等^[5]2000 年对该区域的研究结果, 可能还是由于取样范围不同所致。同时, 底栖节肢动物栖息密度和生物量的季节变化规律在群落生物多样性指数中也得到验证, 物种数 *S*、丰富度指数 *d*、物种多样性指数 *H'* 和均匀性指数 *J* 皆显示冬季(12月)<春季(3月)<夏季(7月), 随季节变化, 群落的生物多样性水平逐渐上升。另外, 研究 Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数还能在一定程度上较反映水体的污染状态和水质变化情况^[17], 当然, 同时还必须综合考虑物理的、化学的和其他生物方面监测结果。

从不同潮滩来看, 中、低潮滩调查到的物种数接近, 均高于高潮滩, 而且底栖节肢动物的生物量研

究显示中潮滩>低潮滩>高潮滩, 且出现显著差异, 这些与高爱根等^[18]2004 年对西门岛红树林区的研究结果一致。中潮滩的红树林生长发育较好, 其底栖动物生物量高, 而处于周缘的低、高潮滩底栖动物生物量低, 底栖动物生物量与红树林分布和发育状况则呈正相关, 这与红树林底栖生物生态研究的有关结果相同^[19]。而且 3 次调查均表明, 底栖节肢动物生物量与栖息密度呈正相关, 与韩洁等^[20]研究渤海大型底栖动物的相关结果一致。但是本研究中栖息密度的结果却显示低潮滩>中潮滩>高潮滩, 且差异不显著, 这可能与部分低潮滩存在大量的生物量较小的原足虫有关, 在一定程度上反映栖息密度高的部位不一定其生物量也高, 同时, 潮滩间栖息密度差异不显著的结果, 与高爱根等对西门岛红树林区研究发现潮区之间底栖动物栖息密度垂直分布变化不明显的结论一致。以上结论表明, 作为红树林主要分布区的中潮滩, 底栖节肢动物群落结构复杂, 物种多样性水平高且生物量最丰富; 而低潮滩虽然红树林覆盖率低一些, 但可能受底质、潮汐等影响, 其底栖节肢动物群落结构较复杂, 物种多样性水平较高, 生物量较丰富; 而红树林覆盖率最低的高潮区, 群落结构较简单, 物种多样性水平较前两者低, 生物量最低。

参考文献:

- [1] 林鹏, 陈荣华. 红树林有机碎屑在河口的生态系统中的作用[J]. 生态学杂志, 1991, 1(2): 45-48.
- [2] 马丽, 蔡立哲, 袁东星. 红树林区底栖动物污染生态学研究进展[J]. 台湾海峡, 2003, 22(1): 113-118.
- [3] 林秀春, 蔡立哲, 马丽, 等. 厦门凤林红树林湿地大型底栖动物群落[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 128-135.
- [4] 邹发生, 宋晓军, 陈伟, 等. 海南东寨港红树林滩涂大型底栖动物多样性的初步研究[J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 175-180.
- [5] 黄勃, 张本, 陆健健, 等. 东寨港红树林区大型底栖动物生态与滩涂养殖容量的研究 I. 潮间带表层底栖动物数量的初步研究[J]. 海洋科学, 2002, 26(3): 65-68.
- [6] 张尽函. 红树林生境异质性对蟹的种类、生物量及食物来源的影响[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
- [7] 韩淑梅, 何平, 黄勃, 等. 东寨港典型红树林区底栖动物多样性特征指数比较研究[J]. 西北林学院学报,

- 2010, 25(1): 123-126.
- [8] 廖宝文. 海南东寨港红树林湿地生态系统研究[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2009: 1.
- [9] 张乔民, 于红兵, 陈欣树, 等. 红树林生长带与潮汐水位关系的研究[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 258-265.
- [10] 林鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 1-342.
- [11] 邢旭煌. 海南地温变化与热带气旋影响频数关系[J]. 广东气象, 2005, 27(4): 7-10.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 41-44.
- [13] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲐鲷渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
- [14] Shannon-wiener C E, Weaver W J. The mathematical theory of communication[M]. Urbana: University of Illinois, 1949: 117.
- [15] Margalef D R. Information Theory in Ecology[J]. Gen Syst, 1957, 3: 36-71.
- [16] Pielou E C. Ecological Diversity[M]. New York: Wiley, 1975: 163.
- [17] 段学花, 王兆印, 徐梦珍. 底栖动物与河流生态评价[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 12-49.
- [18] 高爱根, 陈全震, 曾江宁, 等. 西门岛红树林区大型底栖动物的群落结构[J]. 海洋学研究, 2005, 23(2): 33-40.
- [19] 张雅芝, 陈灿忠. 福建红树林区底栖动物生态研究[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 896-901.
- [20] 韩洁, 张志南, 于子山. 渤海大型底栖动物丰度和生物量的研究[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2001, 31(6): 889-896.

Study on the diversity of benthic arthropod in mangrove area of Dongzhaigang, Hainan

QUAN Feng, ZHU Lin

(College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

Received: Apr., 7, 2012

Key words: arthropod; density; biomass; biodiversity

Abstract: The benthic arthropod communities at eight sampling spots in mangrove area of Dongzhaigang, Hainan were investigated, in December 2009, March 2010 and July 2010, to evaluate the diversity of benthic arthropod. Totally thirty-four species were identified, which belong to 14 families in 2 classes, with Grapsidae and Ocypodidae were the most abundant groups, and *Perisesarma bidens*, *Kalliapseudes tomiokaensis*, and *Ilyoplax serrata* were dominant species. The difference of Arthropod densities among different intertidal levels was not significant, while the difference of biomasses among different intertidal levels was significant. Significant differences were observed among seasons for both densities and biomasses. Number of species, Margalef richness index d , Shannon-Wiener diversity index H' and Pielou evenness index J all showed such a trend: winter < spring < summer.

(本文编辑: 谭雪静)