

广西红树蚬的分布特征及影响因素分析*

Characteristics of Distribution and the Influential Factors of Mangrove Clam, *Polymesoda erosa* (Solander 1786), in Guangxi

周浩郎¹,张俊杰^{1,2},邢永泽¹,吴斌¹,阎冰^{1**}

ZHOU Hao-lang¹,ZHANG Jun-jie^{1,2},XING Yong-ze¹,WU Bin¹,YAN Bing¹

(1. 广西科学院广西红树林研究中心,广西红树林保护与利用重点实验室,广西北海 536007;2. 广西大学动物科学技术学院,广西南宁 530004)

(1. Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536007, China; 2. Faculty of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

摘要:【目的】研究红树蚬(*Polymesoda erosa*)分布密度与潮高、底质和红树根际等环境因子的关系。【方法】在广西廉州湾和珍珠湾红树林设置5条断面25个取样站进行采样调查,运用单因素方差分析(one-way ANOVA)和主成分分析的统计方法对数据进行分析。【结果】红树蚬多见于高潮带而鲜见于低潮带,红树蚬分布密度从高潮位向低潮位递减。红树根际与林内空地红树蚬分布密度差异不明显($P > 0.05$),不同红树植物树种根际红树蚬的分布密度差异不明显($P > 0.05$)。【结论】沉积物紧实度和盐度是红树蚬分布的影响因素。

关键词:红树蚬 分布密度 影响因素

中图分类号:S965 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2014)02-0147-06

Abstract: 【Objective】 To explore the relationship between the densities of mangrove clam (*Polymesoda erosa*) and their environmental factors, including tidal height, sediments, and rhizospheres of mangrove trees. 【Methods】 Samples were collected in twenty-five stations along five transects set in Lianzhou Bay and Zhenzhugang Bay of Guangxi, and analyzed by using the statistics methods of one-way ANOVA and principal component analysis. 【Results】 Mangrove clams usually occur in high tidal zone and are scarcely found in low tidal zone, and their density decreases gradually from high tidal zone to low tidal zone. There was no significant difference in the densities between the mangrove clams found in open areas and rhizospheres of mangrove trees. There was also no significant difference in the densities among the mangrove clams found in rhizospheres of different mangrove trees. 【Conclusion】 Packing degree and salinity of sediments were among the influential factors which have impacts on mangrove clam distribution.

Key words: *Polymesoda erosa*, density, influential factors

【研究意义】红树蚬(*Polymesoda erosa* (Solander, 1786))属软体动物门(Mollusca),双壳纲(Bivalvia),异齿亚纲(Heterodonta),帘蛤目(Veneroida),蚬科(Corbiculidae),红树蚬属(*Polymesoda*),广泛分布于印度洋-太平洋沿岸红树林区,主要栖息

收稿日期:2014-01-06

修回日期:2014-02-20

作者简介:周浩郎(1962-),男,副研究员,主要从事海洋生物和海洋生物多样性研究。

* 广西自然科学基金项目(0639003),广西科技计划项目(1010019-23,1355007-4)资助。

** 通讯作者:阎冰(1966-),男,研究员,主要从事红树林污染生态研究。E-mail:gxybing@outlook.com。

于河口半咸水沼泽地或红树林,成体壳长 10cm 左右,属大型蚬类^[1,2]。在中国大陆地区,红树蚬分布于广西、广东、海南和福建,是广西红树林区双壳类中的 4 种优势种之一^[3~6]。红树蚬可食用,是红树林周边村民赶海的主要渔获物之一,尽管目前经济价值不高,但具有开发潜力。【前人研究进展】Morton^[7,8]曾对红树蚬的形态功能、生态和繁殖生物学进行了初步研究。印度学者对印度果阿红树林区红树蚬的生态学开展了较为系统的研究^[9~13],蔡英亚等^[1]在广东、广西和海南 3 省区进行了红树蚬的生态学观察。研究表明,不同潮位的红树林中的大型底栖动物群落结构常有不同,与环境条件的差异相关^[14]。红树林区软体动物的分布受底质、盐度、高程、季节以及红树植物群落等诸多因素的影响^[15],有明显的群落分带特征。不同红树林区的软体动物空间分布格局存在一定的差异^[16~19]。【本研究切入点】红树蚬的分布特征及与环境因子的关系鲜有报道。【拟解决的关键问题】为了解红树蚬在广西主要红树林区的资源状况和分布特点,分别在珍珠湾和廉州湾的天然红树林区进行红树蚬的分布状况调查,以期对红树蚬的资源保护和合理利用提供参考。

1 材料与方 法

珍珠湾样地位于广西防城港市江山乡石角村北仑河口国家级自然保护区,共设置 3 条断面 9 个取样站。廉州湾样地位于北海市高德镇草头村北海市林业局红树林采苗基地,共设置 2 条断面 10 个取样站(图 1)。

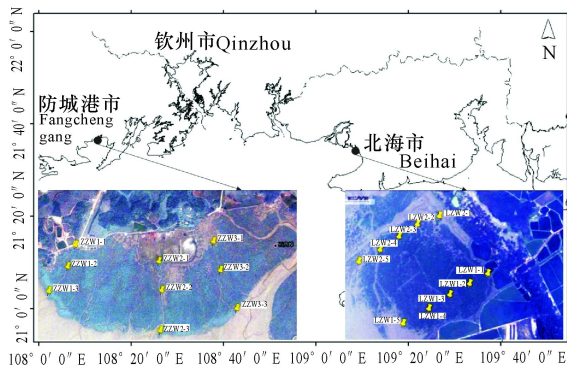


图 1 样地位置图示

Fig. 1 Location of Sample sites

在 Google Earth 上分析样地的地貌特征,根据易达性和尽量平均分布的原则,在靠近潮沟处划定垂直海岸线的断面,在每条断面的陆向林缘、中部和南向林缘各确定取样站一个,记录取样站位置坐标。取样站编号由陆地向海洋方向按数字顺序编排。

2012 年 11 月,采用 GPS 定位取样站后,用绳索

划出 10m×10m 的取样区域。每个取样站内,采用五点法在取样站内的 4 个角和中心各划出 1 个 1m×1m 的样方,用齿距 2~3cm 的螺耙挖掘收集红树蚬。采集 0~15cm 的表层沉积物,用透明塑料自封袋包装运回实验室分析。在以取样范围边线平行海岸线向外延伸 20m 的范围内,①寻找 5 个 1m×1m 的无红树植物覆盖的林内空地为样方(距离树冠垂直阴影 1m 以上,沉积物表层 20cm 无树根)挖掘收集红树蚬;②随机选择 3 棵不同种的红树,以树干基部为圆心、半径 1m 范围为样方挖掘收集其内红树植物根际的红树蚬。按取样站分别收集站内、林内空地和不同树种根际的样方内的红树蚬。沉积物理化因子测定如下:

(1)紧实度测定。在固定样方内,手持不锈钢重锥(圆锥体,重 1kg,高 10cm,底面直径 7cm)于离滩面 1m 的高度让其自由落体坠入沉积物,用精度 1mm 的卷尺测量重锥插入沉积物的深度,每一样方测 3 次,取平均值。

(2)盐度和 pH 值测定。取适量沉积物鲜样于 50mL 离心管中,1000×g 离心 10min,取上清液分别用盐度折光仪和 pH 计测量盐度和 pH 值。

(3)粒度测定。参照国家标准 GB/T12763.8—2007^[20],采用筛分法测定沉积物粒度组成的百分比。按颗粒直径大小将沉积物组分划分为粗砂($\varphi > 500\mu\text{m}$)、中砂($500\mu\text{m} \leq \varphi < 250\mu\text{m}$)、细砂($250\mu\text{m} \leq \varphi < 125\mu\text{m}$)、极细砂($125\mu\text{m} \leq \varphi < 63\mu\text{m}$)和粉砂($\varphi < 63\mu\text{m}$)。

统计计算每个取样站、林内空地和不同树种根际的样方内的红树蚬分布密度。实验数据首先录入 EXCEL 电子表格,再用统计软件 SPSS 进行数据方差分析、多重比较和主成分分析。

2 结果与分析

各取样站沉积物的理化因子测定结果见表 1。由海向陆各取样站沉积物趋向结实(紧实度数值变大),pH 值介于 3.99~6.93,均偏酸性,盐度介于 15~29,极细砂和粉砂含量占了绝大部分。

2.1 红树蚬分布特征

各样方红树蚬的分布密度见表 2。在所有断面的海向林缘取样站,站内、林内空地和根际均没挖掘到红树蚬。在所有断面的中部取样站,站内红树蚬的分布密度介于 0~1.6 个/ m^2 ,林内空地 0~1.4 个/ m^2 ,根际 0~2.23 个/ m^2 。在所有断面的陆向林缘取样站,站内红树蚬的分布密度介于 2.2~6.8 个/ m^2 ,林内空地 1.2~6.0 个/ m^2 ,根际 0.32~6.9 个/ m^2 。

表 1 各样方沉积物的理化因子

Table 1 Physical and chemical factors of sediments in sampling quadrats

样方编号 Quadrat No.	紧实度 Soil density (cm)	pH 值 pH	盐度 Salinity	粗砂 Coarse sand (%)	中砂 Medium sand (%)	细砂 Fine sand (%)	极细砂 Very fine sand (%)	粉砂 Silty sand (%)
LZW1-1	9.3	6.74	25	0.96	1.55	1.34	2.59	93.55
LZW1-2	9.8	3.99	25	2.11	2.33	3.43	5.90	86.23
LZW1-3	12.1	6.4	29	0.90	1.46	1.55	1.54	95.45
LZW1-4	20.5	6.9	27	3.61	2.59	1.33	1.63	90.85
LZW1-5	20.8	6.6	25	22.28	2.69	3.28	1.93	69.82
LZW2-1	10.6	6.81	27	7.47	3.65	3.29	5.45	80.14
LZW2-2	15.2	6.6	26	1.98	0.99	1.26	1.52	94.25
LZW2-3	16.7	6.13	27	37.55	2.27	1.76	1.70	56.73
LZW2-4	17.8	6.93	26	14.11	4.46	1.48	1.51	78.44
LZW2-5	16.9	6.8	28	37.55	2.27	1.76	1.70	56.73
ZZW1-1	7.1	6.72	15	1.44	14.11	17.81	38.48	28.16
ZZW1-2	10.6	5.79	24	2.13	12.38	22.82	34.63	28.04
ZZW1-3	11.4	6.48	23	1.07	0.59	6.85	32.11	59.38
ZZW2-1	9.8	4.65	25	1.68	10.23	16.51	29.94	41.65
ZZW2-2	10.5	6.03	26	0.99	0.81	17.67	19.81	60.72
ZZW2-3	13	6.35	27	1.27	9.55	15.95	37.09	36.14
ZZW3-1	13.7	5.24	27	1.33	1.45	16.56	34.33	46.34
ZZW3-2	10.1	4.91	22	1.43	14.52	17.83	21.23	44.99
ZZW3-3	17.8	6.63	24	1.27	0.59	6.84	32.05	59.25

表 2 红树蚬的分布密度

Table 2 The distribution density of *P. erosa*

样方编号 Quadrat No.	取样站 Within sampling stations	林内空地 Open areas	密度 Soil density(个/m ²)			
			根际 Rhizospheres			
			白骨壤 Avicennia marina	桐花树 Aegiceras corniculata	秋茄 Kandelia candel	木榄 Bruguiera gymnorhiza
LZW1-1	6.8	6	6.48	—	6.69	—
LZW1-2	1.6	1.2	0.74	—	—	—
LZW1-3	0	0	0	0	0	0
LZW1-4	0.4	0.2	0.43	0.32	—	—
LZW1-5	0	0	0	0	0	0
LZW2-1	2.2	2.4	0.32	—	2.65	—
LZW2-2	1.2	1.4	0.85	0	2.23	0
LZW2-3	0.8	0.4	0.64	—	—	—
LZW2-4	0	0	0	0	0	0
LZW2-5	0	0	0	0	0	0
ZZW1-1	2.6	3.2	3.72	1.17	1.91	3.82
ZZW1-2	0	0.6	0.32	0.21	0.21	—
ZZW1-3	0	0	0	0	0	—
ZZW2-1	3	1.2	3.19	1.38	2.12	2.44
ZZW2-2	0.4	0.2	0.43	0.21	0.11	—
ZZW2-3	0	0	0	0	0	0
ZZW3-1	4.6	4.2	6.9	2.44	4.14	—
ZZW3-2	1.2	1	1.27	0.21	0.43	—
ZZW3-3	0	0	0	0	—	—

注：“—”表示调查范围内没有该树种。

Note: “—” indicates there is no the mangrove species within the survey areas.

2.2 红树蚬分布与红树种类的关系

2.2.1 红树根际与林内空地

采用配对样本 t 检验,分析林内空地与不同红树根际的红树蚬分布密度的差异,结果表明,林内空地的红树蚬分布密度与白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculata*)、秋茄(*Kandelia candle*)和木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)4种红树根际的红树蚬分布密度呈高度的正相关,相关系数分别为 0.907($P=0.000$)、0.884($P=0.000$)、0.952($P=0.000$)和 0.874($P=0.005$)。林内空地红树蚬分布密度与4种红树根际红树蚬分布密度的差异不明显($P>0.05$)。

2.2.2 不同树种红树植物根际

采用单因素方差分析(one-way ANOVA)比较不同红树树种根际红树蚬分布密度的差异,得出不同红树根际的红树蚬分布密度平均值为:白骨壤 1.331 ± 0.495 个/m²,桐花树 0.396 ± 0.184 个/m²,秋茄 1.078 ± 0.419 个/m²,木榄 0.783 ± 0.529 个/m²。方差齐性检验结果表明,不同红树根际的红树蚬分布密度的方差不具齐性,故采用 Tamhane's T2 方法进行不同红树根际的红树蚬分布密度配对比较。结果显示,不同红树根际的红树蚬分布密度差异不显著($P>0.05$)。

2.3 红树蚬分布与潮位的关系

采用单因素方差分析(one-way ANOVA),比较珍珠湾和廉州湾不同潮位取样站内、林内空地和4种红树根际的红树蚬分布密度。方差齐性检验结果表明,不同潮位取样点的红树蚬分布密度的方差不具齐性,故采用 Tamhane's T2 方法进行不同潮位取样点的红树蚬分布密度配对比较。珍珠湾不同潮位取样点的红树蚬平均分布密度为:1号站位 3.061 ± 1.451 个/m²,2号站位 0.453 ± 0.396 个/m²,3号站位 0.000 ± 0.000 个/m²。不同潮位取样点的红树蚬平均分布密度差异显著($P<0.05$)。廉州湾不同潮位取样点的红树蚬平均分布密度为:1号站位 4.193 ± 2.556 个/m²,2号站位 0.922 ± 0.756 个/m²,3号站位 0.184 ± 0.311 个/m²,4号站位 0.1227 ± 0.179 个/m²,5号站位 0.000 ± 0.000 个/m²。1号站位的红树蚬平均分布密度明显高于除2号站位外的其他站位($P<0.05$),而2、3、4号站位的红树蚬平均分布密度差异不明显($P>0.05$)。可见,红树蚬分布密度自高潮位的红树林陆向林缘向低潮位的海向林缘递减,低潮位的海向林缘鲜见红树蚬分布。

2.4 沉积物理化因子对红树蚬分布的影响

仅选取高潮位取样站的数据进行分析。利用各

取样站沉积物的紧实度、pH 值、盐度、粗砂、中砂、细砂、极细砂、粉砂和站内红树蚬的分布密度等 9 个变量进行主成分分析,选择提取公因子数为 2。表 3 给出了总方差解释,2 个公因子的方差占总方差的 78.14%,说明 2 个因子可以解释总方差的绝大部分。从主成分分析结果的成分图(图 2)看出,沉积物紧实度、盐度和红树蚬分布密度为一组,说明在考察的沉积物理化因子的 8 个变量中紧实度和盐度与红树蚬分布密度紧密关联。

表 3 总方差解释

Table 3 Total variance explained

维度 Dimension	提取平方和 Extraction sums of squared loadings		
	总和 Total	方差 Variance(%)	累积 Cumulative(%)
1	4.625	51.386	51.386
78.140	2	2.408	26.754

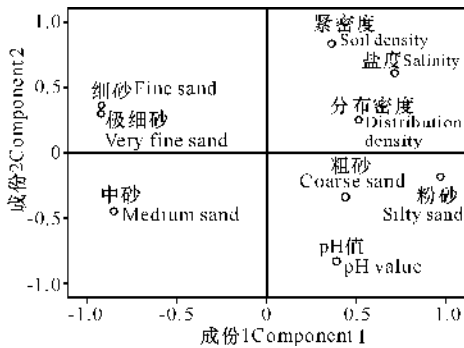


图 2 成分图

Fig. 2 Component Plot

3 讨论

红树蚬成贝分布密度在红树林中沿垂直海岸线方向变化明显,海向林缘没有红树蚬分布,中部区域红树蚬分布密度较低,陆向林缘即潮位较高的地方红树蚬分布密度高。这与曾报道的东南亚和印度红树林的调查结果相一致^[8-10,12],说明红树蚬成贝多分布于高潮带的红树林是其生态分布特征之一。Clemente 等^[12]对印度果阿 Choraó 岛红树林的研究发现红树蚬幼体随潮汐被动移动,变态后的幼贝随机固着在潮间带滩涂,高中低潮区滩涂均有红树蚬幼贝分布,仅在靠近红树林陆缘的高潮区发现成贝,推测中低潮区的红树蚬幼贝死亡。红树蚬属的种类多分布在咸淡水交界区域的潮间带,具备一系列特殊的代谢过程适应该区域海水周期性的浸淹和露空、盐度和 pH 值等的剧烈变化。通常,低潮带和潮下带的双壳类在露干时闭合双壳,转为厌氧代谢的方式^[21,22],而红树蚬属的卡罗莱纳蚬 (*Polymesoda caroliniana*) 在露干和浸没于海水时的氧气摄入率一致,不存在心

动过缓现象,也没有标志厌氧代谢的代谢物累积,气体交换可通过外套膜的表面积进行^[23];在经历盐度 10‰ 的海水到淡水或相反的变化时,贝壳开闭运动方式没有什么不同,说明它不需要关闭贝壳来隔离盐度变化的影响^[24]。歪红树蚬 (*Polymesoda expansa*) 在露干时,能够正向调节谷氨酰胺合成酶,累积谷氨酰胺,这是去除氨的毒性的一种进化适应^[25]。

合适的底质和食物条件也是影响红树蚬分布的要素。沉积物的类型对海洋底栖生物分布有重要的影响,特别是对双壳贝类的研究显示,沉积物颗粒越小的地方红树蚬分布密度越大^[12,26-28]。本研究将红树蚬分布密度与沉积物粒度、紧实度、盐度和 pH 值进行主成分分析,发现红树蚬分布密度与沉积物紧实度和盐度紧密关联,粒度可能是通过影响紧实度而起作用。观察发现,红树蚬分布的地方,沉积物表层较湿软,厚约 10cm,而其下的底质较结实,能支持红树蚬不下陷并埋栖于能将水管伸出到水中摄食的合适深度内,这可能是红树蚬利于安定和隐藏,方便摄食和避开敌害的一种适应。白骨壤、桐花树、秋茄和木榄 4 种红树根际的红树蚬分布密度没有明显的差异,表明红树蚬的分布对红树植物种类的偏好性不明显。红树根际和红树林间空地的红树蚬分布密度差异也不明显。这与 Clemente 等^[12]所观察到的红树蚬在白骨壤根际分布密度较高的现象不一致,这可能是因为广西红树林的分带现象不明显,红树林群落以白骨壤占优势,底质的性质较一致的缘故。

红树蚬在潮间带潮湿区域的分布密度比潮沟和干燥的区域高,主要原因是可获食物和颗粒有机物多^[29]。红树蚬成贝多分布于高潮带,尽管潮汐淹没的时间较短造成其摄食的时间也较短,但由于红树林的存在可以减弱海浪的作用,使陆向林缘的海水比海向林缘的海水清澈,这可能有利于滤食性的红树蚬摄取食物,使红树蚬的摄食效率更高。或者近岸咸淡水环境有利于作为其食物的浮游微藻或底栖微藻的存在,因为蚬科的贝类多数为淡水贝类,而受到淡水影响的近岸,微藻组成与海水的可能有所不同。要证实这样的推断,需要开展更深入的研究了解红树蚬的食物和环境中的微藻的关系。

4 结论

广西红树蚬多见于高潮带而鲜见于低潮带,红树蚬分布密度从高潮位向低潮位递减。红树根际与林内空地红树蚬分布密度差异不明显 ($P > 0.05$),不同红树植物树种根际红树蚬的分布密度差异不明显 ($P > 0.05$)。沉积物紧实度和盐度是影响红树蚬分

布的关键因素,粒度可能是通过影响紧实度而起作用。

参考文献:

- [1] 蔡英亚,黄翔鹤,吴洞科. 红树蚬的生态观察[J]. 热带海洋,1995,4(1):94-98.
Cai Y Y, Huang X H, Wu D K. Studies on the ecology of *Polymesoda erosa* (Solander) [J]. Tropic Oceanology, 1995,4(1):94-98.
- [2] 王文卿,王瑁. 中国红树林[M]. 北京:科学出版社,2007:113-160.
Wang W Q, Wang M. The mangroves of China[M]. Beijing: Science Press, 2007:113-160.
- [3] 赖廷和,何斌源. 广西红树林区大型底栖动物种类多样性研究[J]. 广西科学,1998,5(3):166-172.
Lai T H, He B Y. Study on the macrobenthos species diversity for Guangxi mangrove areas [J]. Guangxi Sciences, 1998,5(3):166-172.
- [4] 梁超愉,张汉华,颀晓勇,等. 雷州半岛红树林滩涂底栖生物多样性的初步研究[J]. 海洋科学,2005,29(2):18-25.
Liang C Y, Zhang H H, Xie X Y, et al. Study on biodiversity of mangrove benthos in Leizhou Peninsula [J]. Marine Sciences, 2005,29(2):18-25.
- [5] 彭逸生,孙红斌,谢荣如,等. 海丰鸟类自然保护区大型底栖动物群落特征[J]. 生态环境,2008,17(3):1163-1169.
Peng Y S, Sun H B, Xie R R, et al. The macrobenthic communities in Haifeng Birds Nature Reserve [J]. Ecology and Environment, 2008,17(3):1163-1169.
- [6] Jiang J X, Li R G. An ecological study on the mollusca in mangrove areas in the estuary of the Jiulong River [J]. Hydrobiologia, 1995,295(1-3):213-220.
- [7] Morton B. The biology and functional morphology of the Southeast Asian mangrove bivalve, *Polymesoda (Gelonina) erosa* (Solander 1786) (Bivalvia: Corbiculidae) [J]. Can J Zool, 1976,54:482-500.
- [8] Morton B. The reproductive strategy of the mangrove bivalve *Polymesoda (Geloina) erosa* (Bivalvia: Corbiculoidea) in Hong Kong [J]. Malacological Review, 1985, 18(1-2):83-89.
- [9] Ingole B S, Kumari L K, Ansari Z A, et al. New record of Mangrove clam *Geloina erosa* (Solander, 1786) from the west coast of India [J]. J Bombay Nat His Soc, 1994, 19(2):398-399.
- [10] Ingole B S, Naik S, Furtado R, et al. Population characteristics of the mangrove clam *Polymesoda (Geloina) erosa* (Solander, 1786) in the Chorao mangroves, Goa [M]. In: NAT CONF COAST AGRI, Goa, India. Proceedings, 2002:211-212.
- [11] Clemente S, Ingole B S. Gametogenic development and spawning of the mud clam, *Polymesoda erosa* (Solander, 1876) at Chorao Island, Goa [J]. Marine Biology Research, 2009,5(2):109-121.
- [12] Clemente S, Ingole B S. Recruitment of mud clam *Polymesoda erosa* (Solander, 1876) in a mangrove habitat of Chorao Island, Goa [J]. Brazilian Journal of Oceanography, 2011,59(2):153-162.
- [13] Clemente S, Ingole B S, Sumati M, et al. Sulfide oxidizing activity as a survival strategy in mangrove clam *Polymesoda erosa* (Solander, 1876) [J]. Bionano Front, 2013,6(1):9-16.
- [14] Nagelkerken I, Blaber S J M, Bouillon S, et al. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review [J]. Aquatic Botany, 2008,89(2):155-185.
- [15] 唐以杰,余世孝,柯芝军. 红树林区软体动物生态位的三种分析方法[J]. 生态学杂志,2006,25(11):1442-1448.
Tang Y J, Yu S X, Ke Z J. Three methods of niche analysis on mollusk in mangrove area [J]. Chinese Journal of Ecology, 2006,25(11):1442-1448.
- [16] 余日清,陈桂珠,黄玉山. 深圳福田红树林区底栖大型动物群落的空间分带及灌污的可能影响[J]. 生态学报,1996,16(3):283-288.
Yu R Q, Chen G Z, Huang Y S. Spatial zonation of benthic macrofauna and possible effects of sewage discharge on it in Futian mangrove swamp, Shenzhen [J]. Chinese Journal of Ecology, 1996,16(3):283-288.
- [17] 蔡立哲,黄玉山,谭风仪. 香港红树林区软体动物生态研究[J]. 海洋科学集刊,1997,39:103-114.
Cai L Z, Huang Y S, Tan F Y. Ecological studies of mollusca in mangrove stands in Hong Kong [J]. Studia Marina Sinica, 1997,39:103-114.
- [18] 蔡立哲,谭风仪,黄玉山. 香港东部红树林区大型底栖动物种类组成与数量分布特点[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1998,37(1):115-121.
Cai L Z, Tan F Y, Huang Y S. Characteristics of quantitative distribution and species composition of macrozoobenthos in mangrove stands in eastern Hong Kong [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1998,37(1):115-121.
- [19] 唐以杰,余世孝. 广东湛江红树林保护区大型底栖动物群落的空间分带[J]. 生态学报,2007,27(5):1703-1714.
Tang Y J, Yu S X. Spatial zonation of macrofauna in the Zhangjiang mangrove reserve, Guangdong [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007,27(5):1703-1714.

- [20] 国家海洋标准计量中心. GB/T 12763. 8—2007 海洋调查规范,第 8 部分 海洋地质地球物理调查[S]. 北京: 中国标准出版社,2007.
National Center of Ocean Standards and Metrology. GB/T 12763. 8—2007 Specifications for oceanographic survey, Part 8: Marine geology and geophysics survey [S]. Beijing: China Zhijian Publishing House, 2007.
- [21] Widdows J, Bayne B L, Livingstone D R, et al. Physiological and biochemical responses of bivalve molluscs to exposure to air Comp[J]. *Biochem Physiol*, 1979, 62A: 301-308.
- [22] De Zwaan A. Carbohydrate metabolism in bivalves. In *The Mollusca*, Vol 1. metabolic biochemistry and molecular biomechanics (ed. P W Hochachka) [M]. New York: Academic Press, 1983: 137-175.
- [23] Deaton L E. Oxygen uptake and heart rate of the clam *Polymesoda caroliniana* Bosc in air and in seawater [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1991, 147 (1): 1-7.
- [24] Gainey L F. The response of the Corbiculidae (Mollusca: Bivalvia) to osmotic stress: the organismal response [J]. *Physiological Zoology*, 1978, 51 (1): 68-71.
- [25] Hiong K C, Peh W Y X, Loong A M, et al. Exposure to air, but not seawater, increases the glutamine content and the glutamine synthetase activity in the marsh clam *Polymesoda expansa* [J]. *The Journal of Experimental Biology*, 2004, 207: 4605-4614.
- [26] Johnson R G. Animal-sediment relations in shallow water benthic communities [J]. *Marine Geology*, 1971, 11 (2): 93-104.
- [27] Huxham M, Richards M. Can postlarval bivalves select sediment type during settlement? A field test with *Macoma balthica* (L.) and *Cerastoderma edule* (L.) [J]. *J expl mar Biol Ecol*, 2003, 288: 279-293.
- [28] Hoey G V, Degraer S, Vincx M. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf [J]. *Estuar coast Shelf Sci*, 2004, 59: 599-613.
- [29] 福岡雅史, 南條楠土, 佐藤守, 等. 西表島浦内川のマンガローブ域におけるシレナシジミ *Geloina coaxans* の分布特性 [R]. 東海大学海洋研究所研究報告, 2010. Fukuoka M, Nanjo K, Sate M, et al. Distribution pattern of the Mud Clam *Geloina coaxans* (Mollusca, Bivalvia) in the Urauchi River Mangrove Estuary, Iriomote Island, Southern Japan [R]. *Bulletin of Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University*, 2010.

(责任编辑: 尹 闯)

(上接第 146 页 Continue from page 146)

- [5] 关道明. 中国滨海湿地 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012, pp7.
Guan D M. Chinese coastal wetlands [M]. Peking: Maritime Press, 2012, pp7.
- [6] 邱勇, 李俊, 黄勃, 等. 影响东寨港红树林中光背团水虱分布的生态因子研究 [J]. *海洋科学*, 2013, 37(4): 21-24. Qiu Y, Li J, Huang B, et al. Studies on ecological factors affecting the distribution of *Sphaeroma retrolaevis* in the mangrove forest in Dongzhai gang [J]. *Marine Sciences*, 2013, 37(4): 21-24.
- [7] Thiel M. Reproductive biology of a wood-boring isopod, *Sphaeroma terebrans*, with extended parental care [J]. *Marine Biology*, 1999, 135: 321-333.
- [8] Messana G, Bartolucci V, Mwaluma J, et al. Preliminary observations on parental care in *Sphaeroma terebrans* Bate 1866 Isopoda Sphaeromatidae, a mangrove wood borer from Kenya [J]. *Ethol Ecol Evol*, 1994, 3: 125-129.
- [9] Talley T S, Crooks J A, Levin L A. Habitat utilization and alteration by the invasive burrowing isopod, *Sphaeroma quoyanum*, in California salt marshes [J]. *Marine Biology*, 2001, 138: 561-573.
- [10] Davidson T M, de Rivera C E. Per capita effects and burrow morphology of isopod [J]. *Journal of Crustacean Biology*, 2012, 32(1): 25-30.
- [11] Ellison A M, Farnsworth E J. The ecology of Belizean mangrove-root fouling communities. I. Epibenthic fauna are barriers to isopod attack of red mangrove roots [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1990, 142: 91-104.

(责任编辑: 陆 雁, 尹 闯)