

# 东寨港典型红树林区 底栖动物多样性特征指数比较研究

韩淑梅<sup>1,2</sup>, 何平<sup>1,3</sup>, 黄勃<sup>2\*</sup>, 钟才荣<sup>4</sup>, 王先静<sup>2</sup>, 郭恒<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 资源环境学院, 北京 100083; 2. 海南大学, 海南 海口 570228; 3. 中国国际工程咨询公司农林水业务部, 北京 100044; 4. 海南东寨港国家级自然保护区管理处, 海南 海口 571129)

**摘 要:** [目的] 研究红树林区不同红树林群落及环境变化与底栖动物多样性之间的关系, 为红树林湿地保护和可持续利用提供科学依据。 [方法] 采用机械抽样方法选取采样点, 对东寨港北港、三江典型红树林区底栖动物资源进行定性和定量调查, 用多样性指数、丰富度、均匀度等特征指数进行底栖动物多样性分析, 探讨不同红树林群落对底栖动物多样性的影响。 [结果] 北港区和三江区的红树林底栖动物组成及数量分布都存在差异; 北港红树林区底栖动物平均生物量、栖息密度和多样性指数分别为  $608.69\text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $683.33\text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $1.1571$ , 三江红树林区分别为:  $214.60\text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $547.00\text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $1.0372$ ; [结论] 北港红树林区的底栖动物多样性比三江红树林区丰富。底质和盐质等生境条件以及红树林群落的高度、郁闭度和林下通风透光等生态特征的差异都是造成红树林底栖动物多样性差异的重要原因。

**关键词:** 红树林; 底栖动物; 生物多样性; 东寨港

**中图分类号:** S718.521.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2010)01-0123-04

## Comparative Study on the Diversity of Macrobenthos in Typical Mangrove Regions of Dongzhai Harbor , Hainan Island

HAN Shu-mei<sup>1,2</sup>, HE Ping<sup>1,3</sup>, HUANG Bo<sup>2\*</sup>, ZHONG Cai-rong<sup>4</sup>,  
WANG Xian-jing<sup>2</sup>, GUO Heng<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Enviroment , Beijing Forestry University , Beijing 100083, China; 2. Hainan University , Haikou Hainan 570228, China; 3. China International Engineering Couseling Corporation , Beijing 100044; 4. Dongzhai Harbor National Nature Reserve , Haikou , Hainan 571129, China)

**Abstract:** This paper researched the environmental changes in mangrove regions, as well as the relationship between different mangrove communities and macrobenthos diversity to provided a scientific basis for mangrove wetland protection and sustainable use. Mechanical sampling method was used to select sampling points, and qualitative and quantitative survey for macrobenthos resources in mangrove regions in Peigang and Sanjiang of Dongzhai harbor. Using the diversity index, richness, evenness, the diversity of benthic fauna was analyzed. The effects on macrobenthos diversity from the different communities of the mangrove were also analyzed. The number and composition of the macrobenthos in mangrove region in Peigang was very different from that in Sanjiang. The average biomass and diversity of macrobenthos in mangrove region in Peigang was  $608.69\text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $1.1571$  respectively, Benthic habitat density was  $683.33\text{ m}^{-2}$ , that in Sanjiang was  $214.60\text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $1.0372$ , Benthic habitat density was  $547.00\text{ m}^{-2}$ . The diversity of macrobenthos in mangrove region in Peigang was higher than that in Sanjiang. The difference in quality

收稿日期: 2009-07-16    修回日期: 2009-08-28

基金项目: 海南省自然科学基金资助项目(30705); 海南省教育厅高等学校科研资助项目(Hjkj2008-08); 海南省高校优秀中青年科研和教学奖励基金项目(01004); 教育部高校优秀中青年教师基金项目(2002008)

作者简介: 韩淑梅, 女, 讲师, 在读博士, 主要从事恢复生态学研究。E-mail: hanshm2004@163.com

\* 通讯作者: 黄勃, 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事海洋生物学研究。E-mail: huangbohb1@163.com

of soil environment and plant height of mangroves, Yu shelter, the forest ecosystem, such as light and ventilation in different mangrove communities caused differences in the characteristics of the diversity of macrobenthos.

**Key words:** mangrove; macrobenthos; species diversity; Dongzhai harbor

红树林(Mangrove)是热带亚热带海岸潮间带的木本植物群落,红树林湿地是世界四大高生产力海洋生态系统之一<sup>[1]</sup>,底栖动物等渔业资源生物丰富,具有巨大的生态效益和社会经济价值。海南岛是中国红树种类最多,分布和保存面积最大的区域之一,东寨港红树林保护区位于海口市美兰区东北部,总面积 3 337.6 hm<sup>2</sup>,是我国建立的第一个红树林保护区,1992 年被列入国际重要湿地名录。保护区内的北港地区靠近东寨港海水入口处,盐度较高,三江地区地处港弯内,淡水河流流经该地区,农田小溪数量多,盐度较北港地区偏低,因此在东寨港形成两个典型的分布区,即:北港红树林区多以红海榄、角果木为优势的典型群落;三江红树林区是以秋茄、海莲为主的优势群落。

近年来国内学者对东寨港红树林底栖动物有过一定的研究。邹发生等<sup>[2]</sup>对东寨港红树林滩涂大型底栖动物多样性进行了初步研究,江锦祥等<sup>[3]</sup>开展东寨港红树林生态系生物多样性调查研究,黄勃等<sup>[4]</sup>对东寨港红树林区大型底栖动物生态与滩涂养殖容量进行了研究。但是针对东寨港这两个典型分布区不同红树林群落底栖动物多样性的比较研究还未见报道。本文对东寨港的北港、三江两个典型区红树林底栖动物进行调查研究,比较分析东寨港典型红树林区底栖动物组成和数量分布,以及生物多样性特点,探讨红树林区不同红树林群落以及环境变化与底栖动物多样性之间的关系,以期对红树林湿地保护和可持续利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区在海南东寨港红树林自然保护区内,该地区属于热带季风区海洋性气候,年均温 23.8℃,年平均降雨量 1 697.8 mm。潮汐属不正规半日潮,平均潮差约为 1 m。北港调查区位于东寨港北端海水入口处附近,海水盐度平均为 25.0‰,多为沙泥底质,主要生长红海榄(*Rhizophora Stylosa*)、白骨壤(*Avicennia mariana*)、角果木(*Ceriops tagal*)等红树林植物。三江调查区处于东寨港南端,海水盐度变化大,平均值为 12.4‰,多为泥质底,红树林植物主要有秋茄(*Kandelia candel*)、海莲(*Bruguiera sexangula*)、海桑(*Sonneratia cylindria*)、桐花树

(*Aegiceras corniculatum*)以及人工种植的无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)等。

### 1.2 采样方法

于 2009 年 3~4 月采用机械抽样的方法对东寨港典型红树林区进行了底栖生物多样性的定性和定量调查,分别在北港红树林区和三江红树林区选取调查区域,根据不同潮间带的特点,每间隔 400~500 m 选取一个采样断面,每个调查区域均选取五个采样断面,每个断面间隔一定距离分别选取 4~6 个采样点。北港调查区共设置 23 个采样点,三江调查区共设置 21 个采样点。采样地点用全球定位仪(GPS)定位。

调查工作在潮水退却 0.5 h 后进行。每个采样点用标准的取样框(规格:10 cm×10 cm)定量取样一次。取样方法是:先收集取样框表面泥面上的底栖生物,再挖底泥 20 cm 深,直接将样框内肉眼可见的底栖生物采集。然后用复合筛(1 mm×1 mm)进行筛选,共筛选 3 次,每次分离出底泥中的生物,分装入标本袋内,贴上标签,用 75% 的酒精溶液固定。带回实验室进行标本的拍摄、分类鉴定、计数称重及数字分析工作。

### 1.3 数据分析方法

分类计算各采样点底栖动物的数量、生物量(g·m<sup>-2</sup>)及密度(个·m<sup>-2</sup>),然后进行系统分析。

底栖动物的物种多样性指数( $H$ )、物种丰富度指数( $D_m$ )和均匀度( $E$ )采用下列公式进行计算:

多样性指数(Shannon-Weiner index):

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i (\log_2 p_i), p_i = N_i / N \quad (1)$$

丰富度指数(Margalef 指数):

$$D_m = S - 1 / \ln N \quad (2)$$

均匀度:

$$E = H / \log_2 S \quad (3)$$

其中, $S$  为群落(样地)中物种数目; $N$  为群落(样地)中所有物种的个体总数, $N_i$  为群落(样地)中第  $i$  个物种的个体数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同红树林区底栖动物的组成及数量分布

调查结果表明:东寨港不同红树林区都有多毛类、双壳类、腹足类、蟹、虾等底栖动物种类分布,其

中,在北港调查区腹足类数量最多,其次是蟹类,在红树林区的红海榄群落中美叶雪哈(*Clausinella calopblla*)、鲜明鼓虾(*Alpheus distinguendus*)为优势种,白骨壤群落中珠带拟蟹守螺(*Cerithidea cingulata*)、纵带滩栖螺(*Batillaria zonalis*),相手蟹(*Sesarma picta*)为优势种,其次为西格织纹螺(*Nassarius siquijorensis*)和长吻沙蚕(*Glycera chironi*),角果木和红海榄+角果木群落中相手蟹和西格织纹螺为优势种;三江调查区腹足类、蟹类数量较多,其中蟹类的招潮蟹(*Uca arcuata*)和相手蟹,腹足类的珠带拟蟹守螺、纵带滩栖螺是优势种,其次是环节动物的沼蚓(*Limnodrioides sp.*)。

底栖动物生物量和栖息密度是底栖动物丰盛度的重要指标<sup>[5]</sup>。根据各采样点底栖动物的生物量和个体数量,分别统计了北港、三江红树林区的底栖动物生物量和栖息密度(图 1)。

根据图 1,北港区底栖动物平均生物量为 608.69 g·m<sup>-2</sup>,栖息密度为 683.33 个·m<sup>-2</sup>,三江区底栖动物平均生物量为 214.60 g·m<sup>-2</sup>,栖息密度为 547.00 个·m<sup>-2</sup>,可见,北港红树林区底栖动物的平均生物量和栖息密度都大于三江红树林区,其中,平均生物量北港区是三江区的 2.84 倍,栖息密度北港区是三江区的 1.25 倍。

2.2 不同红树林区底栖动物多样性特征指数分析

底栖动物的多样性可以反映底栖动物资源丰富程度和底栖动物种类分布的均匀程度<sup>[2]</sup>。多样性的测定方法有很多,其中,多样性指数是反映群落物种异质性等分布特征的综合指标。分别计算了北港和三江红树林区底栖动物的多样性指数、丰富度指数和均匀度,详见表 1。

表 1 的结果表明,北港红树林区底栖动物的多样性指数、丰富度指数和均匀度都大于三江红树林区底栖动物相应的表征值,可见,北港红树林区的底栖动物多样性比三江红树林区丰富。

邹发生等人<sup>[2]</sup>1998 年在东寨港河港区(即北港调查区附近)和三江河区的调查结果(表 1)也显示,河港区底栖动物多样性指数和均匀度都高于三江河区。与邹发生等人 1998 年调查数据相比,本次调查北港区底栖动物多样性指数(1.157 1)介于 1998 年的冬季与夏季之间,而均匀度指数(0.745 1)超出 1998 年的冬季和夏季观测值;三江区底栖动物多样性指数(1.037 2)和均匀度(0.672 0)都高于 1998 年冬季和夏季观测值,其中均匀度达到 1998 年的 3.1 倍。

图 1 北港、三江红树林区底栖动物的生物量和密度  
Fig. 1 Biomass and density

表 1 不同红树林区底栖动物的多样性指数、丰富度指数和均匀度				
Table 1 Indices of diversity, richneww and eveness				
年份	2009 年(本次调查)		1998 年 <sup>[2]</sup>	
地点	北 港	三 江	河港(北港)	三 江
多样性指数	1.157 1	1.037 2	1.102(冬),1.566(夏)	0.475(冬),0.637(夏)
丰富度指数	0.647 4	0.502 9	—	—
均匀度	0.745 1	0.672 0	0.368(冬),0.553(夏)	0.216(冬),0.216(夏)

2.3 不同红树林群落的底栖动物多样性特征指数分析

不同调查区各采样点的红树林群落不同,对各采样点不同红树林群落的底栖动物多样性特征指数进行了比较分析(表 2)。

表 2 的结果表明,不同红树林群落的底栖动物多样性有差异。在北港调查区,白骨壤群落的底栖动物多样性指数(1.490 1)、丰富度指数(0.818 3)都是最高的,角果木群落次之;底栖动物多样性较低的是红海榄+角果木群落和红海榄群落,多样性指数仅为 0.737 1 和 0.741 7,红海榄+角果木群落的底栖动的丰富度指数(0.373 1)和红海榄群落底栖动物的均匀

度(0.590 2)分别是北港调查区的最低值。

在三江调查区,无瓣海桑人工林群落和海莲+秋茄群落的底栖动物多样性较高,其中,无瓣海桑人工林的底栖动物多样性指数(1.288 1)、丰富度指数(0.688 2)均为三江调查区最高值;底栖动物多样性最低的是秋茄+海桑—桐花树群落,其多样性指数(0.459 2)、丰富度指数(0.193 5)和均匀度(0.459 2)都是三江调查区红树林群落最低值。

总体而言,北港调查区红树林群落的底栖动物多样性高于三江调查区,其多样性指数和丰富度指数的数值区间(最小值——最大值)都大于三江调查区。

表 2 不同红树林群落的底栖动物多样性特征指数比较

Table 2 Comparison of characteristic indices of diversity

调查区	红树林群落	底栖动物多样性指数( $H'$ )	底栖动物丰富度指数( $D_m$ )	底栖动物均匀度指数( $E'$ )
北港	白骨壤( <i>A. mariana</i> )	1.490 1	0.818 3	0.877 3
	红海榄( <i>R. stylosa</i> )	0.741 7	0.518 7	0.590 2
	角果木( <i>C. tagal</i> )	1.188 3	0.548 7	0.928 9
	红海榄+角果木 ( <i>R. stylosa</i> + <i>C. tagal</i> )	0.737 1	0.373 1	0.737 1
	无瓣海桑(人工林)( <i>Sonneratia apetala</i> )	1.288 1	0.688 2	0.899 8
三江	无瓣海桑+秋茄 ( <i>S. apetala</i> + <i>Kandelia candel</i> )	1.095 2	0.532 2	0.718 8
	海莲 + 秋茄 ( <i>Bruguiera sexangula</i> + <i>Kandelia candel</i> )	1.220 1	0.530 8	0.939 3
	秋茄+海桑—桐花树 ( <i>Kandelia candel</i> + <i>S. cylindria</i> — <i>Aegiceras corniculatum</i> )	0.459 2	0.193 5	0.459 2

2.4 底质和盐度对红树林区底栖动物多样性的影响

底质和盐度不同,会影响底栖动物的种类组成及数量分布。北港调查区处于东寨港北端,靠近琼州海峡,为沙泥底质,海水盐度平均达到 25.0‰,而三江调查区处于东寨港南端,即“漏斗状”泻湖底部,靠近内陆,为泥质底质,且处于咸、淡水交汇处,海水盐度平均值为 12.4‰(表 3),低于北港调查区。从研究结果看,沙泥底质盐度较高的北港调查区底栖动物生物量和栖息密度较大,多样性指数较高,相比较而言,泥质底盐度较低的三江调查区底栖动物多样性低于北港区。

2.5 红树林群落对底栖动物多样性特征指数的影响

不同红树林群落的生境条件有较大差异<sup>[6-7]</sup>,这可能是造成不同红树林群落底栖动物多样性差异的重要原因。表 3 表明,在北港调查区,底栖动物多样性指数和丰富度指数最高的白骨壤群落生长在沙质滩地,多在外滩分布;其次是角果木群落和红海榄—角果木群落,分别生长在高潮带和海湾内滩中部稍高的地段,土壤分别为半沙泥质和沙质泥土;底栖动

物多样性指数、丰富度指数和均匀度最低的红海榄群落生长在中滩和中内滩,土壤为细沙淤泥。在三江调查区,底栖动物多样性指数和丰富度指数最高的无瓣海桑人工林群落生长在淤泥深厚的低潮滩涂地;而底栖动物多样性最低的秋茄+海桑—桐花树群落生长在砂质软泥中。可见,不同红树林群落底质土壤环境的差异是造成底栖动物多样性差异的原因之一。

另一方面,不同红树林群落的生态特征差异也是造成底栖动物多样性差异的一个重要原因。如在三江红树林区调查发现(表 3),底栖动物多样性指数和丰富度指数最高的无瓣海桑人工林群落植株高大,平均高度在 10.0 m 以上,无瓣海桑株距为 4.0~5.0 m,群落郁闭度约为 70%,林下光照充足,通风较好,而其他采样点的红树林群落郁闭度较大,尤其是底栖动物多样性最低的秋茄+海桑—桐花树群落的郁闭度几乎接近 100%,为二层结构,上层秋茄、海桑株高 6.0~8.0 m,下层桐花树高度 1.5~3.0 m,林下阴蔽,通透性差。

表 3 调查区红树林群落的生境特征

Table 3 Habitat characteristics					
调查区	红树林群落	高度/m	郁闭度/%	底质	海水盐度/‰
北港	白骨壤	2.0~4.0	≤80	沙质滩地	25.0
	红海榄	4.0~6.0	≥90	细沙淤泥	
	角果木	1.0~3.0	≥90	半沙泥质	
	红海榄+角果木	上层 1.5~3.0,下层 1.0~1.5	≤95	沙质泥土	12.4
三江	无瓣海桑人工林	10.0~12.0	≤70	淤泥	
	无瓣海桑+秋茄	上层 8.0~10.0,下层 0.6~1.0	≤85	淤泥	
	海莲 + 秋茄	3.0~6.0	≤90	砂质软泥	
	秋茄+海桑—桐花树	上层 6.0~8.0,下层 1.5~3.0	≥98	砂质软泥	

3 结 论

北港红树林区的底栖动物多样性比三江红树林

区丰富。  
底质和盐质等生境条件以及红树林群落的高度、  
(下转第 161 页)

[25] ERIKSSON K E, BLANCHETTE R A, ANDER P. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components [M]. Springer, Berlin Heidelberg New York,1990.

[26] SUN R C, LU Q, SUN X F. Physico-chemical characterization of hemicelluloses and cellulose from Haloxylon ammoe-dendron and Elaeagnus angustifolia by a two-stage of acidic organosolv and alkaline peroxide treatments[J]. J. Agric. Food Chem. , 2002, 50(22): 6400-6407.

[27] SUN R C, TOMKINSON J. Characterization of Hemicelluloses Obtained by Classical and Ultrasonically Assisted Extractions from Wheat Straw[J]. Carbohydr. Polym. , 2002, 50 (3): 263-271.

[28] SUN R C, SUN X F. Fractional and structural characterization of hemicelluloses isolated by alkali and alkaline peroxide from barley straw[J]. Carbohydr. Polym. , 2002, 49 (4): 415-423.

[29] SUN R C, SUN X F. Fractional Separation and Structural characterization of hemicelluloses and lignins by a two-stage treatment from rice straw [J]. Separation Sci Technol. , 2002, 37(10): 2433-2458.

[30] SUN R C, SUN X F, YE J. Physico-chemical and structural characterization of residual lignin isolated with TAED activated peroxide formulate straw[J]. Polymer Degradation & Stability, 2003, 79(2):241-251.

[31] SUN R C, SUN X F. Characterization of hemicelluloses and lignin released in two-stage organosolv and alkaline peroxide treatments from Populus euphratica[J]. Cell. Chem. Technol. , 2002, 36(3-4) :243-263.

[32] GENG Z C, SUN R C, XU F, *et al.* Comparative study of hemicelluloses released during two-stage treatments with acidic organosolv and alkaline peroxide from caligonum monogoliacum and tamarix spp. Polym[J]. Degradation and Stability, 2003, 80(2):315-325.

[33] AORIGELE, SANO Y. Fractionation and Utilization of Kenaf Components for Conversion of biomass-Atmospheric acetic acid pulping of bast and core[J]. Hokkaido Branch. Japan wood Res. Soc, 1993(25):57-61.

[34] AORIGELE, SANO Y. Fractionation and Utilization of Kenaf Components for Conversion of biomass-Alkaline oxygen pulping of bast fiber with epidermis[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1997, 43(2): 171-177.

[35] AORIGELE, SANO Y. Fractionation and Utilization of Kenaf Components for Conversion of biomass-Alkaline oxygen pulping of bast and bleaching of kenaf oxygen pulp[J]. Kamipagigyoushi, 2000, 54(7): 99-106.

(上接第 126 页)

郁闭度和林下通风透光等生态特征的差异都是造成红树林底栖动物多样性特征指数差异的重要原因。

参考文献：

[1] 黄初龙,郑伟民. 我国红树林湿地研究进展[J]. 湿地科学, 2004, 2(4):303-308.

[2] 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.

[3] 江锦祥,李荣冠,鲁琳,等. 海南省东寨港红树林生态系生物多样性研究[C]. // 廖宝文主编. 海南东寨港红树林湿地生态系

统研究, 青岛:中国海洋大学出版社,2009:112-128.

[4] 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.

[5] 邹发生,宋晓军,陈康,等. 海南清澜港红树林滩涂大型底栖动物初步研究[J]. 生态科学,1999,18(2):42-45.

[6] 林鹏,卢昌义. 海南岛的红树群落[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1985,21(1):116-127.

[7] 符国瑗. 海南东寨港红树林自然保护区的红树林[J]. 广西植物,1995,15(4):340-346.