

中国红树林湿地物种多样性及其形成

何斌源^{1,2}, 范航清^{1*}, 王 瑁², 赖廷和¹, 王文卿²

(1 广西红树林研究中心 北海 536007, 2 厦门大学生命科学院 厦门 361005)

摘要: 目前中国红树林湿地共记录了 2854 种生物, 包括真菌 136 种、放线菌 13 种、细菌 7 种、小型藻类 441 种、大型藻类 55 种、维管束植物 37 种、浮游动物 109 种、底栖动物 873 种、游泳动物 258 种、昆虫 434 种、蜘蛛 31 种、两栖类 13 种、爬行类 39 种、鸟类 421 种和兽类 28 种。这些动物中有 8 种国家一级保护动物, 75 种二级保护动物。中国红树林湿地是中国濒危生物保存和发展的重要基地, 并在跨国鸟类保护中起着重要作用。中国红树林湿地单位面积的物种丰度是海洋平均水平的 1766 倍。从初级生产物质基础、食物关系多样性、宏观尺度和微观尺度的空间异质性、生境利用的时序性等方面分析了中国红树林湿地物种多样性极其丰富的原因。

关键词: 红树林湿地; 生物多样性; 初级生产力; 食物关系多样性; 生境多样性; 空间异质性; 时序性

文章编号: 100020933 (2007) 1124859212 **中图分类号:** Q146, Q948 **文献标识码:** A

Species diversity in mangrove wetlands of China and its causation analyses

HE BinYuan^{1,2}, FAN HangQing^{1*}, WANG Mao², LAITingHe¹, WANG WenQing²

1 Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536007, China

2 School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27(11): 4859~4870

Abstract To date, total of 2854 species of organisms were recorded in Chinese mangrove wetlands, including 136 species of fungi, 13 species of actinobacteria, 7 species of bacteria, 441 species of microalgae, 55 species of macroalgae, 37 species of vascular plants, 109 species of zooplankton, 873 species of macrobenthos, 258 species of nekton, 434 species of insects, 31 species of spiders, 13 species of amphibians, 39 species of reptiles, 421 species of birds and 28 species of mammals. Among them, 8 species belonged to the category 1 of Chinese national protected animals and 75 species belonged to the category 2. Chinese mangrove wetlands are very important bases for the conservation and development of the endangered species to China, and playing a critical role in the international activities for protecting them migrating birds. The species abundance in Chinese mangrove wetlands was 1766 times as much as that for the averaged species abundance in Chinese sea fields. The prolific species diversity in Chinese mangrove wetlands can be attributed to their high primary productivity, high diversity in their consumers' food preferences, high spatial heterogeneity at macroscopical and microscopic scale levels, and their dynamic temporal sequence in habitat utilization.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40676050); 联合国环境规划署 (UNEP) 全球环境基金 (GEF) 资助项目; 广西科学基金资助项目 (0640014)

收稿日期: 2007201226; **修订日期:** 2007209218

作者简介: 何斌源 (1969~), 男, 广西东兴市人, 博士生, 主要从事海洋生态学研究. E-mail: hebinyuan2003@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author E-mail: fanhq@ppp.nn.gx.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40676050), UNEP/GEF//Reversing environmental degradation trends in South China Sea and Gulf of Thailand, and Guangxi Science Foundation (No. 0640014)

Received date: 2007201226 **Accepted date:** 2007209218

Biography: HE BinYuan, Associate professor, Ph. D. candidate, mainly engaged in marine ecology. E-mail: hebinyuan2003@yahoo.com.cn

Key Words Mangrove wetland species diversity primary productivity food preference diversity habitat diversity spatial heterogeneity temporal sequence

红树林湿地作为一种特殊的生态交错带, 立足于狭长的海岸潮间带滩涂, 潮汐循环往复地改变着基质状况, 植物群落异质地向水平和垂直延伸, 构建起景观上与其它生态系统迥异的三维复合体。这种生物地貌特征极其鲜明, 构造复杂多样, 开放性、包容性极强, 相似性和特异性并存, 汇集承载了生境需求、饵料选择、形体大小、营养级别、功能角色上千差万别的各种海洋和陆地生物类群, 同时并行着海岸护卫前沿、有机物质生产车间、碎屑食物链源端、饵料场、繁殖地、越冬场所、栖息地、幼苗库、中途加油站、避难所等许多性质各异而又共存的结构和功能载体。

中国红树林现有面积仅约 220km², 无论与陆地森林还是海洋相比都微不足道。中国红树林自然分布于海南、广东、广西、福建、台湾、香港和澳门等省区, 从最南端的海南省三亚市 (18b13cN) 到最北端的福建省福鼎市 (27b20cN), 并人工引种至浙江省乐清县 (28b25cN), 跨越纬度 10b12c。红树林广泛生长在我国东南沿海的海湾和河口, 但多数林带狭窄, 群落低矮, 组成简单, 发育保存良好者少。尽管如此, 我国红树林湿地仍具有较高的经济和生态价值, 据估算广西红树林湿地在木材、果实、近海渔业、减少风暴潮损失、维护海堤、保护耕地、防止侵蚀、保持肥力及绿肥、产生氧气、净化空气水体、维持林区动物等方面的经济效益为 59458.98元 # hm⁻² # a⁻¹[1]。红树林以有限的群体, 有力地支撑我国东南沿海的近海海洋生态安全和可持续发展。近年来我国各地开展了大量的红树林生物多样性调查研究, 然而尚缺乏国家层次的更新数据。本文总结了我国红树林湿地在物种多样性研究方面的最新结果, 为正确、全面评价中国红树林湿地生态价值提供科学依据。

2 材料与方法

尽可能完整地收集中国有关红树林湿地物种多样性的资料和文献, 按类群归属和分类系统整理排序, 形成名录。分析总结各生物类群的一般性规律。从食物关系和生境两大方面探讨中国红树林湿地物种多样性丰富的原因。引用除正式出版文献外, 一些重要的未正式出版的参考资料有: 广东湛江建立红树林鸟类国家级自然保护区的综合报告 (1995), 广西北仑河口国家级海洋自然保护区本底研究报告 (2000), 海南省东寨港国家级红树林保护区考察报告 (2001), 全国红树林资源调查报告 (2002)。

几乎全部已有中国红树林湿地生物多样性研究的区域范围仅涉及红树林植株、林地, 及林间面积狭小的潮沟、裸滩、临时或长期的水体等。5全国湿地资源调查与监测技术规程6对于红树林沼泽的定义为: 以红树植物群落为主的潮间沼泽。本文认为红树林湿地与红树林沼泽同义, 其范围可取 2002年全国红树林资源调查中的郁闭度 > 0.2天然林、未成林造林地和天然更新林地三者之和, 面积约 239km²。

3 结果与分析

红树林湿地是具有复杂完整结构和功能的生态系统, 包含了三大生物功能类群: 生产者、消费者和分解者。

3.1 中国红树林湿地中的生产者

3.1.1 小型藻类

本文所称的小型藻类包括浮游植物和底栖硅藻。由于红树林水较浅, 在风浪和潮汐作用下, 底栖硅藻被大量带入水体中, 进而影响浮游植物的群落组成^[2,3]。本文将两者合并, 避免生物多样性编目重复。本文统计了中国红树林湿地小型藻类 441种, 包括硅藻门 408种, 裸藻门 18种, 甲藻门 9种, 蓝藻门和绿藻门各 3种。硅藻是红树林湿地的小型藻类的优势类群^[2~11], 种数较多的属有: 菱形藻属 *Nitzschia* 和舟形藻属 *Navicula*, 均 46种; 角毛藻属 *Chaetoceros* 和圆筛藻属 *Coscinodiscus* 同为 25种; 双眉藻属 *Amphora* 有 21种。

浮游植物和底栖硅藻都是红树林湿地初级生产的补充力量, 在光合放氧、有机物转换、营养元素循环、改变土壤的 pH 值和氧化还原电位、吸收重金属等方面起着一定的作用。小型藻类中有赤潮、污染监测指示种, 如硅藻门的威氏海链藻 *Thalassiosira weissflogii*, 中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*, 蓝藻门的颤藻及裸藻门的种

类。广东深圳福田红树林湿地水体中裸藻门多达 18 种, 某些赤潮种在个别月份数量激增, 成为优势种^[7]。

3.1.2 大型藻类

红树林湿地大型藻类生长在潮沟、滩面或低矮的红树根系枝干上。林益明等^[12]报道我国红树林区大型藻类有 4 门 55 种, 其中蓝藻门 17 种、红藻门 13 种、褐藻门 2 种、绿藻门 23 种。红树林湿地大型藻类的主要优势属有: 红藻门的鹧鸪菜属 *Caloglossa*、卷枝藻属 *Bostrychia* 和节附链藻属 *Catenella*, 绿藻门的绿球藻属 *Chlorococcum*、根枝藻属 *Rhizoclonium*、无隔藻属 *Vaucheria*、浒苔属 *Enteromorpha*。数量上红树林海藻以红藻为主要优势种, 绿藻次之。红藻较喜荫蔽潮湿的环境, 而绿藻适生在光照条件较好生境^[13]。

3.1.3 红树植物

红树植物的定义虽然趋于统一, 但对于中国红树植物种数有多种不同表述, 代表性观点有: 郑德璋^[14]报道真红树 27 种(含引种成功的无瓣海桑 *Sonneratia apetala*)和半红树 8 种, 范航清^[1]认为有真红树 26 种和半红树 11 种, 林鹏^[15]归纳了真红树 28 种(含无瓣海桑)和半红树 11 种, Wang 等^[16]主张真红树 19 种和半红树 7 种。归属出入较大的有卤蕨属、老鼠筋属和银叶树 *Heritiera littoralis* 卤蕨属或被认为是草本, 或强调茎的木质化。老鼠筋属有时被列入半红树^[16]。银叶树被认为分布在几乎只有特大潮才能波及的地带, 生境趋同于许多伴生种类。

本文列出中国现存的原生真红树 12 科 14 属 24 种(含 1 变种), 包括了: 卤蕨 *Acrostichum aureum*、尖瓣卤蕨 *Acrostichum speciosum*、木榄 *Bruguiera gymnorhiza*、海莲 *B. sexangula*、尖瓣海莲 *B. s. var. rhynochpetala*、角果木 *Ceriops tagal*、秋茄 *Kandelia obovata*、红树 *Rhizophora apiculata*、红海榄 *R. stylosa*、小花老鼠筋 *Acanthus ebracteatus*、老鼠筋 *Acanthus ilicifolius*、红榄李 *Lumnitzera littorea*、榄李 *L. racemosa*、海漆 *Excoecaria agallocha*、木果楝 *Xylocarpus granatum*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、水椰 *Nypa fruticans*、瓶花木 *Scyphiphora hydrophyllacea*、杯萼海桑 *Sonneratia alba*、海桑 *S. caseolaris*、海南海桑 *S. hainanensis*、卵叶海桑 *S. ovata*、拟海桑 *S. gulgai*、白骨壤 *Avicennia marina*。中国原生真红树种数占世界总种数(70 种)的 34.3%。

我国所有原生真红树种类都可在地处热带的海南省找到, 广东广西均有 11 种, 香港 9 种, 台湾 8 种, 福建 7 种, 澳门 5 种。浙江引种秋茄成功。

中国红树林湿地中常见的半红树植物有 12 种: 玉蕊 *Barringtonia racemosa*、海芒果 *Cerbera manghas*、海滨猫尾木 *Dolichandrone spathacea*、阔苞菊 *Pluchea indica*、莲叶桐 *Hernandia nymphifolia*、水黄皮 *Pongamia pinna*、水荇花 *Pemphis acidula*、黄槿 *Hibiscus tiliaceus*、杨叶肖槿 *Thepesia populnea*、银叶树、苦朗树 *Clerodendrum ineme* 和钝叶臭黄荆 *Prænna obtusifolia*。

综上, 中国红树林湿地中生长红树植物 37 种(包括引种归化的无瓣海桑)。

3.2 中国红树林湿地中的消费者

红树林是滨海湿地, 容纳了大量海洋动物, 它们可划分为浮游动物、底栖动物和游泳动物等 3 大生态类群, 每个类群包含了丰富多样的分类层次和营养级别。同时, 红树林湿地也具有陆地森林性质, 生活着昆虫、蜘蛛、两栖类、爬行类、鸟类和兽类。

3.2.1 浮游动物

红树林湿地浮游动物是植食性食物链的重要中间链结, 是生态系统物质流动和能量转化的关键一环。据资料^[4, 5, 8, 11]统计表明中国红树林区水体的浮游动物记录了 4 门 109 种, 包括腔肠动物门 49 种(绝大部分为水母), 节肢动物门 48 种, 毛颚动物门 9 种, 尾索动物门 3 种。

3.2.2 底栖动物

底栖动物是中国红树林湿地最为丰富多样的生物类群, 研究最充分^[4, 6~8, 11, 17~35]。本文统计了 13 门 873 种, 分别为腔肠动物门 8 种, 扁形动物门 3 种, 线形动物门 29 种, 纽形动物 4 种, 环节动物门 142 种, 星虫动物门 11 种, 蠕虫动物门 3 种, 软体动物门 348 种, 甲壳动物门 250 种, 腕足动物门 1 种, 棘皮动物门 28 种, 尾索动物门 3 种, 脊索动物门 43 种。

红树林湿地底栖动物群落多以珠带拟蟹守螺为优势种,这种贝类经济价值不高,常被用作养殖虾蟹的新鲜蛋白补充。但它和众多以小型藻类为食的拟蟹守螺、滩栖螺一样,是食物链的重要中间环节,支撑起更高级别的营养类群。底栖动物中经济种类很多,如可口革囊星虫 *Phascolosoma esculenta*、裸体方格星虫 *Spunculus mudus*、团聚牡蛎 *Ostrea glomerata*、缢蛏 *Sinovacula constricta*、红树蚬 *Geloina coxans*、文蛤 *Meretrix meretrix*、青蛤 *Cyclina sinensis*、脊尾白虾 *Exopalaemon carinicauda*、锯缘青蟹 *Scylla serrata* 和各种底栖鰕虎鱼、弹涂鱼等。到红树林湿地赶小海捕底栖动物是红树林沿岸村民的重要副业之一。

3.2.3 游泳动物(鱼类)

中国红树林湿地的游泳鱼类记录有 258 种,其中软骨鱼纲 4 种,硬骨鱼纲 254 种^[36-39]。红树林湿地的游泳鱼类以小型鱼类为主,生长期以幼苗为主;区系组成以暖水性种占绝对优势,生态类型上底层鱼类十分丰富,尤其是鰕虎鱼科种类。游泳鱼类数量的季节变化明显,优势种突出且季节间差异很大。

3.2.4 昆虫和蜘蛛

根据文献^[7, 11, 40-42]统计了中国红树林湿地昆虫 434 种。红树林湿地的昆虫在种类上与沿岸灌草丛、农田作物上的差异不大。一般而言,昆虫的飞行距离不远,种类和数量呈从靠岸林带向靠海林带减少的趋势。捕食性和寄生性天敌、授粉昆虫对红树植物的保护和发展起着重要作用,但害虫的数量爆发对红树植物造成破坏。卷蛾科 *Lasio gnatha* sp 猖獗造成广西钦州港大面积桐花树受害^[40]。螟蛾科害虫几乎每年夏天都侵害深圳福田的白骨壤植株^[7]。2004 年广西沿海受广州小斑螟 *Oligochroa cantonella* 等虫害的白骨壤林面积累计达到 700hm²,受害严重的植株 90% 以上的叶片干枯,约 49% 的枝条枯死^[42]。

颜增光等^[43]初步研究表明广西英罗港红树林区蜘蛛群落由 12 科 31 种组成,以圆蛛科和肖蛸科的种类占优势。红树林蜘蛛群落数量呈由靠陆林带到向海林带递减,以昆虫为食的蜘蛛与昆虫在种类和数量分布上规律一致。

3.2.5 两栖类、爬行类和兽类

中国红树林湿地两栖类、爬行类和兽类调查^[6, 8, 18, 19, 44]相对很少且研究不系统,还远不能反映出我国红树林湿地这些类群多样性的真实状况。

两栖类统计出 5 科 6 属 13 种,均为无尾目种类,虎纹蛙 *Rana rugulosa* 为国家二级保护动物。

爬行类计有 11 科 39 种,包括龟鳖目 3 科 8 属 8 种,蜥蜴目 3 科 4 属 5 种,蛇目 5 科 22 属 26 种。其中国家一级保护动物 1 种蟒 *Python molurus* 二级保护动物有太平洋丽龟 *Lepidochelys olivacea* 等 5 种。野生爬行动物几乎都可食用和药用,大多面临危险境地。

兽类记录了 15 科 24 属 28 种,中华白海豚 *Sousa chinensis* 为国家一级保护动物,小灵猫 *Viverricula indica* 等 6 种为二级保护动物。红树林沿岸人口密度较大、经济活动频繁,林区相对简单狭窄,兽类的正常活动容易受到干扰,种类自然较其他森林类型贫乏。

3.2.6 鸟类

我国东南沿海红树林湿地位于重要的鸟类迁徙通道上:亚洲东部沿海鸟类迁徙路线和中西伯利亚)中国中部的内陆鸟类迁徙路线在这一带交汇后,再继续往南延伸至东南亚和澳大利亚。在迁徙季节,大量候鸟途经红树林湿地,它们往往在这里歇息取食、体整一段时间后再继续迁飞。

中国重要的红树林湿地分布区均开展过鸟类调查^[7, 11, 18, 45-55],已记录有 19 目 58 科 421 种,占我国 1331 种鸟类^[56]的 31.0%。国家一级保护鸟类有 6 种:黑鹳 *Ciconia nigra*、白鹳 *Ciconia ciconia*、东方白鹳 *Ciconia boyciana*、中华秋沙鸭 *Mergus squamatus*、白肩鹫 *Aquila heliaca* 和遗鸥 *Larus relictus* 二级保护鸟类有黑脸琵鹭 *Platalea minor* 等 63 种。

红树林湿地是水鸟和陆鸟共存的生境,421 种鸟类中水鸟 177 种、陆鸟 224 种,分别占 42% 和 58%。红树林湿地给需求不一的鸟类提供了适宜的觅食区、栖息地和繁殖地,尽管基于鸟类的的生活习性和安全性选择,这几种生活分区有时鸟类仅选择其中一种,它们强大的空间移动能力保证它们在不同生活分区内畅通无阻。红

树林湿地既有长期或临时的水域,又有经常出露的滩涂,适宜水鸟生活。红树林也具有陆地森林性质,同时由于人类活动干扰,陆鸟的原有生境被压缩而被迫向红树林转进。红树林湿地鸟类中,大多数是往来迁徙的候鸟。种类和数量呈现出明显的季节变动,春、秋两季为候鸟迁徙季节,鸟类种类和数量急骤大幅增多,呈现出两个显著高峰。红树林湿地鸟类的种间竞争导致群落组成发生动态变化,尤其是在发育良好并僻静的林区,一些种类数量逐年上升而栖息地扩张,而有些种类被排挤边缘化。

3.3 中国红树林湿地中的还原者

微生物是红树林湿地的最主要还原者,在凋落物和有机碎屑的分解转换中处于先锋地位,对红树林湿地的物质循环和能量流动起了重要的推动作用。同时,微生物会引发煤污病、炭疽病等^[57, 58],导致红树叶片脱落、枝梢枯萎,甚至植株死亡。目前红树林微生物研究趋向在抗菌、抗肿瘤方面有活性的菌株的筛选^[59-61]。

红树林湿地微生物包括细菌、放线菌和真菌等类群,数量上以细菌类群占绝对优势,其中芽孢杆菌属为突出优势属,放线菌和真菌极少^[6, 62, 63]。王伯荪等^[7]总结了广东、香港和澳门红树林湿地的真菌区系,共计有76种;优势种有 *Trichocladium linderii*, *Marinosphaera mangrovei*, *Lignicola laevis*, *Hypoxylon oceanicum* 等。本文根据文献记录,汇总到至少真菌136种、放线菌13种和细菌7种。由于微生物研究的特殊性,鉴定到种的占总种数的比例很低,远不能反映红树林湿地微生物的全貌。对于海洋细菌,王岳坤等^[64]指出不经微生物分离培养步骤,直接从土壤中抽提总DNA,分析其中16S rDNA的序列多态性,以此反映微生物的种群构成,是近10a来逐步发展起来的方法;此研究方法所揭示的土壤微生物种群结构较传统方法更加复杂多样。

3.4 中国红树林湿地所有生物类群的物种多样性

目前中国红树林湿地动物已记录了14门31纲2165种(表1),加上藻类、高等植物和微生物789种,所有生物类群的总种数达2854种。在总面积约为300万 km^2 的中国海洋国土,记载了海洋生物物种为20278种^[8]。中国红树林湿地以239 km^2 的狭长地带,繁衍生息着至少2854种生物,红树林湿地单位面积的物种丰度是海洋平均水平的1766倍;有8种国家一级保护动物,75种二级保护生物,把中国红树林湿地作为栖息地、饵料场、中途加油站和避难所。此外,红树林湿地鸟类中还有属于中日、中澳双边协定共同保护的候鸟超过150种。1992年至2001年,海南东寨港、香港米埔、台湾淡水河口、广西山口和广东湛江等5块红树林湿地先后被纳入国际重要湿地之列,彰显了中国红树林湿地在全世界濒危生物保存和发展的重要地位。

4 讨论

中国红树林湿地丰富的物种多样性首先得益于以红树林为主角的初级物质生产,形成完整而多样的食物关系,诸多景观单元提供了数量众多的细化生境,基质的节律性动态变化又增益了生境变数,而它的高度开放性则给物种交流提供了非常便捷的通道。

4.1 强大的初级生产物质基础

红树植物是红树林湿地最主要的初级生产者,底栖硅藻、浮游植物和大型藻类通过光合作用为系统补充部分有机物。红树林具有“三高”特性:高生产率、高归还率和高分解率,枝干叶片等凋落物构成滨海湿地食物网的深厚基础。表征中国红树林区域性特征的海莲、红海榄和秋茄的初级生产力分别为29.49、15.37 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 和23.46 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,归还率为12.55、6.31 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 和9.21 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,半分解期为20~45 d、20~71 d和18~56 d^[18]。近年来大规模种植的无瓣海桑生产力也较高,在深圳6龄树林净生产力达16.92 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ ^[65]。范航清等^[11]估算广西山口保护区红树林的地上部总生产力4.58 $\text{g hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,理论上每年足以支撑的植食性海洋动物1.22 t鲜重。初级生产力向各营养级消费者转化的过程逐级锐减,红树林湿地的高生产力增加食物链得以延长的可能性,从而使位于不同营养层次的生物类群多样化。

4.2 食物网结构的完整和多样性

通过食物关系,红树林湿地各类群生物形成复杂的食物网结构,这些具有不同营养特点的生物对红树林湿地具有十分重要的贡献,它们导致了能流和物流的多样化过程,以及生物之间复杂的相互关系。

红树植物归还的凋落物经分解后形成可溶性养分和颗粒状有机碎屑,开启了两种性质不同的食物关系走

向: ① 可溶性有机和无机物是底栖硅藻和浮游植物等低等植物初级生产的基础原料, 初级生产物由此被浮游动物利用; 而底栖硅藻、浮游植物、浮游动物是大部分大型底栖动物和鱼类的饵料。② 颗粒状有机碎屑被许多虾蟹和杂食性鱼类直接食用而进入更高的营养级。刘劲科等^[66]研究发现生活在红树林区的鱼类的肠胃饱满度较高, 说明红树林区具有丰富的饵料资源。

表 1 中国红树林湿地动物所属门、纲种数

Table 1 Numbers of species class and phylum in the fauna of Chinese mangrove wetlands

门 Phylum	纲 Class	种数 Species number	
腔肠动物门 Coelenterata	珊瑚虫纲 Anthozoa	7	
	水螅虫纲 Hydrozoa	50	
扁形动物门 Platyhelminthes	涡虫纲 Turbellaria	3	
线形动物门 Nematoda	线虫纲 Nematoda	29	
纽形动物门 Nemertea	无针纲 Anopla	4	
环节动物门 Annelida	多毛纲 Polychaeta	138	
	寡毛纲 Oligochaeta	4	
星虫动物门 Sipuncula	革囊星虫纲 Phascolosomatidea	8	
	方格星虫纲 Sipunculidea	3	
螭虫动物门 Echiura	螭虫纲 Echiurida	3	
软体动物门 Mollusca	双壳纲 Bivalvia	180	
	腹足纲 Gastropoda	161	
	头足纲 Cephalopoda	6	
	无瓣类纲 Aplousobranchia	3	
节肢动物门 Arthropoda	甲壳纲 Crustacea	295	
	蛛形纲 Arachnoidea	31	
	昆虫纲 Insecta	434	
	矢虫纲 Sagittoidae	9	
毛颚动物门 Chaetognatha	无关节纲 Inarticulata	1	
腕足动物门 Brachiopoda	海星纲 Asteroidea	4	
	海胆纲 Echinoidea	3	
	蛇尾纲 Ophiuroidea	16	
	海参纲 Holothuroidea	5	
	尾索动物门 Urochordata	有尾纲 Appendicularia	1
	脊索动物门 Chordata	海鞘纲 Ascidiacea	2
软骨鱼纲 Chondrichthyes		4	
硬骨鱼纲 Osteichthyes		260	
两栖纲 Amphibia		13	
爬行纲 Reptilia		39	
鸟纲 Aves		421	
兽纲 Mammalia		28	
所有类群动物的种数 Total species of fauna		2165	

同时, 昆虫直接取食鲜活的红树植物有机物和器官, 如汁液、叶片和胚轴等, 为肉食性鸟类和蜘蛛制造食饵。两栖爬行类在退潮出露的林地捕食贝类、虾蟹类和底栖鱼类。鸟类尤其是水鸟捕食滩涂上底栖动物、鱼类甚至两栖爬行类。兽类动物在食物链中虽处于较高层次, 作用却远小于鸟类。

4.3 红树林湿地生境的多样性

红树林湿地以生长着红树林而区别于其它类型的湿地, 红树林湿地生境本质上首先是红树林能够适应的生境, 其次为红树林、其它生物类群与物理环境共同构建的生物环境。红树林湿地生境有着高度的异质性和复杂性, 诸多不同尺度的景观单元提供了物种多样性空间分布的支体。

4.3.1 红树林湿地宏观生境多样性

宏观上, 红树林湿地生物能适应丰富多样的气候类型、水文类型、岸滩类型和基质类型。气候类型从大尺度上影响红树林湿地生物多样性, 水文类型、岸滩类型和基质类型则在中小尺度上起作用。

气候类型的影响: 红树植物是热带起源的喜热型木本植物群落, 在我国分布范围从热带延续到亚热带, 在纬度上跨越了 10b12c 年均气温 18.5~25.5e, 最冷月均温 11~21e^[67]。温度是制约红树植物分布的主导因素, 红树植物多样性随纬度增高而递减。从南到北, 底栖动物和游泳动物的区系性质由完全的暖水性种组成向出现一些暖温性种的转化, 不过暖水性种仍占绝对优势, 这与红树林湿地分布在湿热的华南沿海有关。温度决定了鸟类的迁徙和繁殖, 由于候鸟的迁徙空间尺度较大, 各红树林湿地间候鸟的种类差异相对较小, 但留鸟和繁殖鸟的种类受温度因素影响而差异较大。地带性差异导致整体上中国红树林湿地生物在物种水平上的多样性十分丰富。

水文类型的影响: 水文因素中海水盐度被认为是影响红树林分布的主要宏观因素之一; 通过比较发现我国主要红树林分布区的海水盐度有一定的差异; 海水盐度决定着生长的红树种类^[18]。海水盐度是限制某些物种传播的天然障碍, 可能导致形成独有的地方性种。同时由于淡水流的梯度变化, 细化了适应生境类型和适应能力不同的物种的适宜生境, 在河口湾红树林湿地由河向海依次出现了淡水种、河口种、海洋性种。在一些海水盐度很低的红树林海区, 出现了如细鰻 *Rasbora lineatus*、鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鲮 *Cirrhinus molitorella* 等典型的淡水种, 高盐度海区鱼类则为完全海洋性质的种^[39]。

岸滩(波能)类型的影响: 郑德璋等^[68]根据地貌、风浪等生境特点将红树林划分为前缘浪击型、内湾型和河流型, 不同类型树林里红树植物种类差异较大。范航清等^[69]按地貌和波能特点分类将红树林海岸分为开阔性海岸、隐蔽性海湾和河口海岸; 红树林污损动物忠实地反映岸滩类型不同的红树林湿地之间的差异, 物种丰度、种群密度和生物量表现为: 开阔海岸型 > 河口型 > 海湾型。

基质性质的影响: 红树林生长的基质复杂多样, 淤泥质、泥质至沙质之间的各种过渡类型、砾石滩、甚至仅有很薄的沉积物覆盖且稳定性很差的基岩上均可着生。粗基质湿地沉积物贫瘠, 多着生养分要求低的白骨壤、老鼠簕、榄李和桐花树等, 细基质湿地养分丰富但同时透气性差、硫化物含量高、氧化还原电位低, 适合红树、红海榄、海桑、木榄等。有时在很小的局部林带就出现多种生境基质的显著交替变化。广西大冠沙红树林的林带宽度不超过 300m, 但底质类型从向海林带的纯砂质变化到向陆林带的深厚淤泥质; 由于人工筑堤引起水文条件的巨大改变, 在局部林区发生沙丘入侵, 破碎了原本比较均一的红树林滩涂, 引起利用不同生境的大型底栖动物的物种丰度、群落组成和数量分布的变化^[27]。

4.3.2 红树林湿地微观生境多样性

红树林湿地宏观的空间异质性已很多样化, 微生境的差异更增益空间异质性, 丰富较小尺度的景观单元种类和数量。

红树林的种类组成和群落结构比陆地森林简单得多, 但它有丰富的形态结构和地面微景观地貌, 这些细化的生境对生物多样性的丰富是至关重要的。红树植物类型丰富形态各异的器官直接参与构建了众多细化的微生境, 叶层、枝杈、气生根、支柱根、表面根、呼吸根与空气、滩涂、水体互相交叉渗透。这些不同尺度的景观单元给不同形体大小的动物类群提供了适合的微生境, 并且动物类群也直接参与生境的构建活动, 如蟹类挖穴、贝类构建滤食水管体系等, 从而使红树林湿地的结构和功能更为复杂化。生活在滩涂基质内部和表面的底栖动物充分利用各种细化的生境, 按生活类型可分为匍匐生活型、底内生活型、附着生活型、固着生活型、凿穴生活型、穴居生活型、游泳生活型、寄居生活型和管栖生活型等^[18]。红树林湿地滩涂层次和结构的复杂性, 降低底栖动物被捕食的几率, 红树根围的动物种类和数量远大于林地滩涂和林外裸滩。叶层多样性高的红树林, 空间异质性增加, 表现为树种相对丰富, 叶层结构较复杂, 垂直层次多, 不但提供了良好的隐蔽条件, 而且还意味着更加多样的小生境和食物资源以及更大的取食面积, 允许更多的鸟类共存^[70]。红树林湿地里丰富的饵料, 吸引黄毛鼠 *Rattus lossa exiguus* 等在不被潮水淹到的树冠上用红树枝叶在筑巢^[71]。

4.3.3 异质性的时序变动多样性

空间异质性和复杂性的时序变动多态性在丰富红树林湿地生物多样性上也起着重要作用,它提高了动物对红树林湿地生境的重复利用率。

潮汐节律性的影响 红树林湿地基质的物理化学性质随时间变数很大。潮汐基本上是有规律的,循环往复地进出红树林湿地,湿地基质表面轮流被淹没和出露,湿地性质出现海洋和陆地性质的交替。在河口地区,淡水流在潮汐退去后独自影响红树林湿地,基质间隙水体盐度变化剧烈。需要不同生活基质被不同生物类群按时序利用,也可以同时利用。忠实定居者按时作息:滤食性底栖动物摄食随潮汐而来的浮游生物饵料,退潮后则龟息;底栖硅藻食性动物则在退潮滩涂出露时行走觅食。生活分区多的物种按潮汐规律而在红树林湿地分时段出没:红树拟蟹守螺 *Crithidea rhizophorum* 等在涨潮时爬上树干,退潮时又回到滩涂上。游泳动物乘潮水进入红树林觅食,又乘之退出;翠鸟等俯冲捕食鱼类多发生在潮水充满湿地潮沟、滩涂的时候,而水鸟则逐潮而乘机捕食尚未来得及深潜的多毛类、甲壳类、贝类和鱼类。

生物物候的影响 植物的物候变化明显地影响不同昆虫的觅食行为,取食嫩叶和汁液的昆虫往来频繁或定居;取食花蜜的种类则在红树植物的花期出现,然而红树植物的花期不整齐而延长,客观上增加这些昆虫在红树林湿地出现的时间。文蛤、锯缘青蟹等在生活史的不同阶段在红树林湿地潮间带和潮下带浅海之间移动。某些鱼类幼年期生长在红树林,长成迁出。冬、夏候鸟的往来具有明显的季节性,鸟类在红树林里繁殖期也较严格地限定在一年中的某些月份。

4.4 红树林湿地的开放性

红树林湿地可通过水体、空气、土壤界面与浅海、入海河流及陆地生态系统建立起交流通道,形成开放性的系统。广西红树林岸线 1243.18 km,红树林面积为 8374.9 hm^2 (平均林带宽度 67.4 m),面积不大于 5.0 hm^2 的斑块数累计占 70.4%,现有红树林分布比较零星,大部分连片面积较小^[72]。中国红树林湿地的高度开放性与林带狭窄有关,边缘地带基质的理化性质趋同,客观上增加了更多新的海洋动物进入红树林湿地的机会。

红树林的海洋属性基本上由潮汐来表征。潮汐是各种形式物质流动的廉价载体,涨退之间完成了双向的物质交换、物种交流。主动性移动能力强的游泳动物趁机进出;各种浮游植物、浮游动物、浮游阶段幼体被动地随潮汐移动。空气的流通性给昆虫、鸟类等活动能力强的动物以自由进出。红树林湿地土壤与其它生态系统连接,是一种更为固化的通道。红树植物在潮间带滩涂上带状分布与潮汐水文、土壤理化性质及动物利用等影响因素有关^[73]。红树林湿地底栖动物的分布决定于其抗逆境能力和饵料来源,不同种群生长的关键生态因子及生态位有所差异。

References

- [1] Fan H Q. Coastal guard mangrove Nanning Guangxi Science and Technology Press 2002 126.
- [2] Liu Y, Chen G Z. Study on community structure and ecology of algae in mangrove areas in Futian, Shenzhen. *Acta scientiarum naturalium universitatis sunyatsen*, 1997, 36(1): 1022106.
- [3] Chen C P, Gao Y H, Lin P. Progress in the studies of the diatoms in mangrove environment. *Marine Science*, 2002, 26(3): 17219.
- [4] Jiang J X, Li R G, Lu L, et al. A study on the biodiversity of mangrove ecosystem of Dongzhai Harbor in Hainan Province. In: *Proceedings of the ECOTONE VI Beijing* 1997. 1612183.
- [5] Jiang J X, Li R G, Lu L, et al. A study on the biodiversity of mangrove ecosystem of Qiongzhou Harbor in Hainan, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 22(sup): 2612271.
- [6] Lin P, Xie S Z, Lin Y M, eds. Comprehensive survey report of Zhangjiang Estuary Mangrove Wetland Nature Reserve in Fujian Province. Xiamen: Xiamen University Press 2001. 114.
- [7] Wang B S, Liao B W, Wang Y J, et al. Mangrove forest ecosystem and its sustainable development in Shenzhen Bay. Beijing: Science Press 2002. 362.
- [8] Huang Z G, Li J J, Lin Y Y, et al. Biodiversity on marine estuarine wetland. Beijing: Ocean Press 2004. 426.

- [9] Chen C P, Gao Y H, Lin P. Dynamics of phytoplankton community in mangrove waters in Fuding City, Fujian Province, China. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2005, 44(1): 1182122.
- [10] Chen C P, Gao Y H, Lin P. Study on the seasonal changes of phytoplankton community and its ecology in Futian Mangrove Reserve of Shenzhen, China. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2005, 44(Sup.): 11215.
- [11] Fan H Q, Chen G H, He B Y, et al. Coastal wetland and management of Shankou mangroves. Beijing: Ocean Press, 2005. 126.
- [12] Lin Y M, Lin P. Species diversities, functions and protections of plants in mangrove ecosystem in China. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2001, (3): 8216.
- [13] Liu W G, Lin Y M, Chen Z F, et al. Distribution and seasonal change of algae in Fujian mangrove areas. *Acta Oceanologica Sinica*, 2001, 23(3): 78286.
- [14] Zheng D Z, Zheng S F, Liao B W, et al. The utilization, protection and afforestation on mangrove wetland. *Forest Research*, 1995, 8(3): 3222328.
- [15] Lin P. A review on the mangrove research in China. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2001, 40(2): 5922603.
- [16] Wang B S, Liang S C, Zhang W Y, et al. Mangrove flora of the world. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(6): 6442653.
- [17] He M H. Studies on ecology of polychaeta in mangrove in Jiulong river estuary. *Marine Science Bulletin*, 1991, 10(3): 56262.
- [18] Lin P. Mangrove ecosystem in China. Beijing: Science Press, 1997. 342.
- [19] Zhang H D, Chen G Z, Liu Z P, et al. Studies on Futian mangrove wetland ecosystem, Shenzhen. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1997.
- [20] Cai L Z, Tan N F Y, Wong Y K. Characteristics of quantitative distribution and species composition of macrozoobenthos in mangrove stands in Eastern Hong Kong. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1998, 37(1): 1152121.
- [21] He B Y, Fan H Q, Zhang Z R. A preliminary study on the ecology of mangrove macrobenthos in Pearl Bay, Guangxi. In: He Q R ed. *Exploitation and research on the resources in Southern China Sea*. Guangzhou: Guangdong Economics Press, 1998. 103621048.
- [22] Lai T H, He B Y. Studies on the macrobenthos species diversity for Guangxi mangrove areas. *Guangxi Sciences*, 1998, 5(3): 1662172.
- [23] Li R G, Jiang J X. Ecological study of mollusca in Puyuzhou mangrove near Daya Bay nuclear power station. *Studia Marina Sinica*, 1998, (3): 1152122.
- [24] Zhang Y Z, Chen C Z, Wang Y Y, et al. The ecology of benthos in Fujian mangrove swamps. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(6): 8962901.
- [25] Zou F S, Song X J, Chen K, et al. The research on benthic macrofauna of swamp in Qinglang mangrove, Hainan. *Ecologic Science*, 1999, 18(12): 42245.
- [26] Zou F S, Song X J, Chen W, et al. The diversity of benthic macrofauna on mud flat in Dongzhagang Mangrove Reserve, Hainan. *Chinese Biodiversity*, 1999, 7(3): 1752180.
- [27] Fan H Q, He B Y, Wei S Q. Influences of sand dune movement within the coastal mangrove stands on the Macrofauna in situ. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(5): 7222727.
- [28] Lui T H, Lee S Y, Sadvoy Y. Macrofauna of a tidal impoundment at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 2002, 468: 1932212.
- [29] Han W D, Cai Y Y, Liu J K, et al. Molluscs of mangrove areas in Leizhou Peninsula, China. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2003, 23(1): 127.
- [30] Xiao H H, Li F M. The composition and ecological distribution of intertidal crabs of Naozhou Island in Guangdong. *Guizhou Science*, 2003, 21(4): 59262.
- [31] Gao A G, Chen Q Z, Zeng J N, et al. Macrofauna community in the mangrove area of Ximen Island, Zhejiang. *Journal of Marine Sciences*, 2005, 23(2): 33240.
- [32] Hong Y B, Lu X M, Chen L, et al. Benthos on mangrove wetland and smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) wetland in Jiulongjiang Estuary. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2005, 24(2): 1892194.
- [33] Liang C Y, Zhang H H, Ji X Y, et al. Study on biodiversity of mangrove benthos in Leizhou Peninsula. *Marine Science*, 2005, 29(2): 1822531.
- [34] Tang Y J, Lin W, Chen J F. Species diversity of benthic mollusc in different habitats of intertidal zone in Shangchuan Island. *Biomagnetism*, 2005, 5(1): 427.
- [35] Tang Y J, Yu S X. Community structure of macrofauna in Zhanjiang Mangrove Nature Reserves. *Progress in Modern Biomedicine*, 2006, 6(7): 7211.
- [36] Fan H Q, Wei S Q, He B Y, et al. The seasonal dynamics of nekton assemblages in mangrove-fringed tidal waters of Yingluo Bay, Guangxi. *Guangxi Science*, 1998, 5(1): 45250.

- [37] He B Y. Comparative study on the ecology of mangrove fishes between two bays of Guangxi. *Marine Science Bulletin*, 1999, 18(1): 28235.
- [38] He B Y, Fan H Q. A study on seasonal dynamics of species diversity of fishes in tidal waters of creeks with mangroves of Yingluo Bay. *Guangxi Biodiversity Science*, 2002, 10(2): 1752180.
- [39] He X L, Ye N, Xuan L Q. Investigation of fishes in mangrove areas of Leizhou Peninsula. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2003, 23(3): 3210.
- [40] Jiang G F, Zhou Z Q. A preliminary study on the insect community and its diversity in mangrove of Qinzhou Bay. *Journal of Guangxi Academy of Science*, 1996, 12(3-4): 50253.
- [41] Jiang G F, Yan Z G, Cen M. Insect community and its diversity in Mangrove forest at Yingluo Bay of Guangxi. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(1): 95298.
- [42] Fan H Q, Qiu G L. Insect pests of *Avicennia marina* mangroves along the coast of Beibu Gulf in China and the research strategies. *Guohua*, 2004, 24(6): 5582562.
- [43] Yan Z G, Jiang G F, Zhang Y Q. A preliminary survey of spider communities in Yingluo Bay mangrove area. *Guangxi Journal of Guangxi Academy of Science*, 1998, 14(4): 527.
- [44] Wang Y J, Zan Q J. Studies and protection on amphibians and reptiles of Shenzhen Bay wetlands. *Ecologic Science*, 1998, 17(1): 90294.
- [45] Chang H, Bi X F, Chen G Z, et al. Composition and Avifauna of Birds in Dongzhaigang National Nature Reserve, Hainan Island. *Ecologic Science*, 1999, 18(2): 53261.
- [46] Zhou F, Fang H L, Zhang H X. The birds of mangroves in the north coastal area of Beibu Bay. In: *China Ornithological Society, eds. China Animal Sciences*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999. 2572265.
- [47] Zou F S, Song X J, Chen K, et al. A preliminary study on avian ecology in mangrove wetland of Qinglangang, Hainan. *Chinese Biodiversity*, 2000, 7(3): 1752180.
- [48] Zou F S, Song X J, Chen K, et al. Avian diversity in the mangrove wetland of Dongzhaigang. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, 20(3): 20223.
- [49] Fang B Z. The dynamic and protection of winter residents in mangrove forests in Zhangjiangkou, Fujian. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2002, 29(3): 65268.
- [50] Song X J, Lin P. Bird communities in four mangrove wetlands in Fujian. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(6): 5210.
- [51] Wu S B, Ke Y Y, Wu G S, et al. A preliminary study on the fauna composition and ecological distribution of waterfowl of Leizhou Peninsula wetland. *Chinese Journal of Zoology*, 2002, 37(2): 58262.
- [52] Zhou F, Fang H L, Zhang H X, et al. The water birds of mangroves area in the coastal area of Guangxi. *Journal of Guangxi Agriculture and Biology Science*, 2002, 21(3): 1452150.
- [53] Lin Q X, Chen X L, Lin P. Investigation of avifauna and its annual fluctuation in mangroves in Xiamen, China. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2002, 41(5): 6342640.
- [54] Lin Q X, Chen X L, Lin P. Bird Resources and its distribution in mangroves at Dongyu Islet, Xiamen, China. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2005, 44(Sup): 37242.
- [55] Zhou F, Han X J, Lu Z, et al. The birds of wetland of Nanliu river estuary. *Guangxi Sciences*, 2005, 12(3): 2212226.
- [56] Zheng G M. A checklist on the classification and distribution of the birds of China. Beijing: Science Press, 2005. 426.
- [57] Huang Z Y, Zhou Z Q. Anthracnose of mangrove in Guangxi. *Guangxi Sciences*, 1997, 4(4): 3192324.
- [58] Huang Z Y, Zhou Z Q. A preliminary observation on pathogenic fungi of sooty molds parasitized *Aegiceras corniculatum* and disease occurrence characteristics. *Guangxi Sciences*, 1998, 5(4): 3142317.
- [59] Zeng C H, Zheng F C, He C P. Isolation and identification of *Haplophythora* species from mangrove habitats in Hainan Island. *Mycosystema*, 2001, 20(3): 3102315.
- [60] Lin X, Huang Y J, Hu Z Y, et al. Study on antimicrobial activities of marine *Leptothrix* fungi. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2004, 23(3): 3082313.
- [61] Lin A Y, Xing X K, Guo S X, et al. Study on isolation of endophytic fungi from four medicinal mangrove plants and its antimicrobial activity. *Chinese Pharmacy Journal*, 2006, 41(12): 8922894.
- [62] Wang G W, Li H Y. Preliminary study on the fungal endophytes in the root of mangrove plants at Qinzhou Bay, China. *Guangxi Forestry Science*, 2003, 32(3): 1212124.
- [63] Lin P, Zhang Y B, Deng A Y, et al. Microflora and antimicrobial activities of soil microorganisms in mangrove forests in the Jiulong Estuary, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 2005, 27(3): 1332141.
- [64] Wang Y K, Hong K. Mangrove soil community analysis using DGGE of 16S rDNA V3 fragment polymerase chain reaction products. *Acta Microbiologica Sinica*, 2005, 45(2): 2012204.

- [65] Zan Q J, Wang Y J, Liao B W, et al. Biomass and Net Productivity of *Sonneratia apetala*, *S. casolaris* mangrove manmade forest. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2001, 19 (5): 3912396.
- [66] Liu J K, Xuan L Q. Study on the composition of fishery captures in mangrove areas of Leizhou Peninsula. *China Fisheries*, 2005, (2): 742-75-77.
- [67] Lin P. Ecological notes on mangroves in southeast coast of China including Taiwan Province and Hainan Island. *Acta Ecologica Sinica*, 1981, 1 (3): 2832290.
- [68] Zheng D Z, Liao B W, Zheng S F, et al. Mangrove plants' adaptive ability to habitat and their horizontal distribution in Qinglan harbour, Hainan Island. *Forest Research*, 1995, 8(1): 67272.
- [69] Fan H Q, Chen J, Li J L. Species composition and distribution of burling macro fauna which are attached to mangroves of Guangxi. *Journal of Guangxi Academy of Science (China)*, 1993, 9(2), 58262.
- [70] Zhou F, Fang H L, Zhang H X. Diversity of birds in mangroves of Shankou. *Guangxi Sciences*, 2000, 7(2): 1542157.
- [71] Zhao S X. On the preliminary investigation of Turkestan rat (*Rattus rattoides exiguus* Howell) in sea beach of redwoods. *Zoological Research*, 1982, 3(1): 18.
- [72] Li C G. Distribution and forest structure of mangrove in Guangxi. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2003, 27(5): 15219.
- [73] Ellison AM, Farnsworth E J. Seedling survivorship, growth and response to disturbance in Belizean mangal. *American Journal of Botany*, 1993, (80): 113721145.

参考文献:

- [1] 范航清. 海岸环保卫士))) 红树林. 南宁: 广西科技出版社, 2000. 126.
- [2] 刘玉, 陈桂珠. 深圳福田红树林区藻类群落结构和生态学研究. *中山大学学报(自然科学版)*, 1997, 36(1): 102~106.
- [3] 陈长平, 高亚辉, 林鹏. 红树林区硅藻研究进展. *海洋科学*, 2002, 26(3): 17~19.
- [5] 江锦祥, 李荣冠, 鲁琳, 等. 海南省清澜港红树林生态系生物多样性. *海洋学报*, 22(sup): 261~271.
- [6] 林鹏, 谢绍舟, 林益明, 编. 福建漳江口红树林湿地自然保护区综合科学考察报告. 厦门: 厦门大学出版社, 2001. 114.
- [7] 王伯荪, 廖宝文, 王勇军, 等. 深圳湾红树林生态系统及其持续发展. 北京: 科学出版社, 2002. 362.
- [8] 黄宗国, 李经建, 林永源, 等编. 海洋河口湿地生物多样性. 北京: 海洋出版社, 2004. 426.
- [9] 陈长平, 高亚辉, 林鹏. 福建省福鼎市后屿湾红树林区水体浮游植物群落动态研究. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(1): 118~122.
- [10] 陈长平, 高亚辉, 林鹏. 深圳福田红树林保护区浮游植物群落季节变化及其生态学研究. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(sup): 11~15.
- [11] 范航清, 陈光华, 何斌源, 等. 山口红树林滨海湿地与管理. 北京: 海洋出版社, 2005. 126.
- [12] 林益明, 林鹏. 中国红树林生态系统的植物种类、多样性、功能及其保护. *海洋湖沼通报*, 2001, (3): 8~16.
- [13] 刘维刚, 林益明, 陈贞奋, 等. 福建红树林区海藻的分布及季节变化. *海洋学报*, 2001, 23(3): 78~86.
- [14] 郑德璋, 郑松发, 廖宝文, 等. 红树林湿地的利用及其保护和造林. *林业科学研究*, 1995, 8(3): 322~328.
- [15] 林鹏. 中国红树林研究进展. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2001, 40(2): 592~603.
- [17] 何明海. 九龙江口红树林海岸潮间带多毛类生态研究. *海洋通报*, 1991, 10(3): 56~62.
- [18] 林鹏. 中国红树林生态系. 北京: 科学出版社, 1997. 342.
- [19] 张宏达, 陈桂珠, 刘治平, 等编. 深圳福田红树林湿地生态系统研究. 广州: 广东科技出版社, 1997.
- [20] 蔡立哲, 谭凤仪, 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. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1998, 37(1): 115~121.
- [21] 何斌源, 范航清, 张振日. 珍珠港红树林大型底栖动物生态的初步研究. 见: 何其锐主编, 南海资源开发研究. 广州: 广东经济出版社, 1998. 1036~1048.
- [22] 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. *广西科学*, 1998, 5(3): 166~172.
- [23] 李荣冠, 江锦祥. 大亚湾核电站邻近埔渔洲红树林区软体动物生态研究. *海洋科学集刊*, 1998, (39): 115~122.
- [24] 张雅芝, 陈灿忠, 王渊源, 等. 福建红树林区底栖生物生态研究. *生态学报*, 1999, 19(6): 896~901.
- [25] 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. *生态科学*, 1999, 18(12): 42~45.
- [26] 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. *生物多样性*, 1999, 7(3): 175~180.
- [27] 范航清, 何斌源, 韦受庆. 海岸红树林地沙丘移动对林内大型底栖动物的影响. *生态学报*, 2000, 20(5): 722~727.
- [29] 韩维栋, 蔡英亚, 刘劲科, 等. 雷州半岛红树林海区的软体动物. *湛江海洋大学学报*, 2003, 23(1): 1~7.

- [30] 肖汉洪,李方满. 广东砾洲岛潮间带蟹类的组成及生态分布. 贵州科学, 2003, 21(4): 59~62.
- [31] 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. 海洋学研究, 2005, 23(2): 33~40.
- [32] 洪荣标,吕小梅,陈岚,等. 九龙江口红树林湿地与米草湿地的底栖生物. 台湾海峡, 2005, 24(2): 189~194.
- [33] 梁超愉,张汉华,颜晓勇,等. 雷州半岛红树林滩涂底栖生物多样性的初步研究. 海洋科学, 2005, 29(2): 18~25.
- [34] 唐以杰,林炜,陈结芬. 上川岛潮间带不同生境底栖软体动物物种多样性初步研究. 生物磁学, 2005, 5(1): 4~7.
- [35] 唐以杰,余世孝. 湛江红树林保护区大型底栖动物的群落结构. 现代生物医学进展, 2006, 6(7): 7~11.
- [36] 范航清,韦受庆,何斌源,等. 英罗港红树林缘潮水中游泳动物的季节动态. 广西科学, 1998, 5(1): 45~50.
- [37] 何斌源. 广西两港湾红树林鱼类生态对比研究. 海洋通报, 1999, 18(1): 28~35.
- [38] 何斌源,范航清. 广西英罗港红树林潮沟鱼类多样性季节动态研究. 生物多样性, 2002, 10(2): 175~180.
- [39] 何秀玲,叶宁,宣立强. 雷州半岛红树林海区的鱼类种类调查. 湛江海洋大学学报, 2003, 23(3): 3~10.
- [40] 蒋国芳,周志权. 钦州港红树林昆虫群落及其多样性初步研究. 广西科学院学报, 1996, 12(3,4): 50~53.
- [41] 蒋国芳,颜增光,岑明. 英罗港红树林昆虫群落及其多样性的研究. 应用生态学报, 2000, 11(1): 95~98.
- [42] 范航清,邱广龙. 中国北部湾白骨壤红树林的虫害与研究对策. 广西植物, 2004, 24(6): 558~562.
- [43] 颜增光,蒋国芳,张永强. 广西英罗港红树林蜘蛛群落初步调查. 广西科学院学报, 1998, 14(4): 5~7.
- [44] 王勇军,咎启杰. 深圳湾湿地两栖爬行动物及其保护. 生态科学, 1998, 17(1): 90~94.
- [45] 常弘,毕肖峰,陈桂珠,等. 海南岛东寨港国家级自然保护区鸟类组成和区系的研究. 生态科学, 1999, 18(2): 53~61.
- [46] 周放,房慧伶,张红星. 北部湾北部沿海红树林的鸟类. 见: 中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京: 中国林业出版社, 1999. 257~265.
- [47] 邹发生,宋晓军,陈康,等. 海南清澜港红树林湿地鸟类初步研究. 生物多样性, 2000, 7(3): 175~180.
- [48] 邹发生,宋晓军,陈康,等. 海南东寨港红树林湿地鸟类多样性研究. 生态学杂志, 2001, 20(3): 20~23.
- [49] 方柏州. 福建漳江口红树林冬候鸟动态及保护. 福建林业科技, 2002, 29(3): 65~68.
- [50] 宋晓军,林鹏. 福建红树林湿地鸟类区系研究. 生态学杂志, 2002, 21(6): 5~10.
- [51] 吴诗宝,柯亚永,吴桂生,等. 雷州半岛湿地水鸟区系组成及生态分布的初步研究. 动物学杂志, 2002, 37(2): 58~62.
- [52] 周放,房慧伶,张红星,等. 广西沿海红树林区的水鸟. 广西农业生物科学, 2002, 21(3): 145~150.
- [53] 林清贤,陈小麟,林鹏. 厦门凤林红树林区鸟类组成和年变动研究. 厦门大学学报(自然科学版), 2002, 41(5): 634~640.
- [54] 林清贤,陈小麟,林鹏. 厦门东屿红树林湿地鸟类资源及其分布. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(增): 37~42.
- [55] 周放,韩小静,陆舟,等. 南流江河口湿地的鸟类研究. 广西科学, 2005, 12(3): 221~226.
- [56] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 2005. 426.
- [57] 黄泽余,周志权. 广西红树林炭疽病研究. 广西科学, 1997, 4(4): 319~324.
- [58] 黄泽余,周志权. 桐花煤污病的病原菌和病害发生特点初步观察. 广西科学, 1998, 5(4): 314~317.
- [59] 曾会才,郑服从,贺春萍. 海南红树林生境中海疫霉种的分离与鉴定. 菌物系统, 2001, 20(3): 310~315.
- [60] 林听,黄耀坚,胡志钰,等. 海洋木栖真菌抗菌活性的初步研究. 台湾海峡, 2004, 23(3): 308~313.
- [61] 林爱玉,邢晓科,郭顺星,等. 4种药用半红树植物内生真菌的分离及其抗菌活性研究. 中国药学杂志, 2006, 41(12): 892~894.
- [62] 王桂文,李海鹰. 钦州湾红树植物根部内生真菌初步研究. 广西林业科学, 2003, 32(3): 121~124.
- [63] 林鹏,张瑜斌,邓爱英,等. 九龙江口红树林土壤微生物的类群及抗菌活性. 海洋学报, 2005, 27(3): 133~141.
- [64] 王岳坤,洪葵. 红树林土壤细菌群落 16S rDNA V3 片段 PCR 产物的 DGGE 分析. 微生物学报, 2005, 45(2): 201~204.
- [65] 咎启杰,王勇军,廖宝文,等. 无瓣海桑、海桑人工林的生物量及生产力研究. 武汉植物学研究, 2001, 19(5): 391~396.
- [66] 刘劲科,宣立强. 2005 雷州半岛红树林海区渔获组成研究. 中国水产, (2): 74~75, 77.
- [67] 林鹏. 中国东南部海岸红树林的类群及其分布. 生态学报, 1981, 1(3): 283~290.
- [68] 郑德璋,廖宝文,郑松发,等. 海南岛清澜港红树树种适应生境能力. 林业科学研究, 1995, 8(1): 67~72.
- [69] 范航清,陈坚,黎建玲. 广西红树林大型固着污损动物的种类组成及分布. 广西科学院学报, 1993, 9(2): 58~62.
- [70] 周放,房慧伶,张红星. 山口红树林鸟类多样性初步研究. 广西科学, 2000, 7(2): 154~157.
- [71] 赵善贤. 海滩红树林中黄毛鼠生态学的初步研究. 动物学研究, 1982, 3(1): 18.
- [72] 李春干. 广西红树林资源的分布特点和林分结构特征. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27(5): 15~19.