

广东省红树林生态系统研究展望^{*}

高秀梅 韩维栋

(广东海洋大学 湛江 524088)

摘要 广东省是我国红树林分布面积最大和台风多的省区,也是国际候鸟迁徙路线上停歇和越冬的主要站点,在减灾防灾、生物多样性和污染物生态修复等方面有极其重要的研究意义。因此,广东省红树林生态系统研究要着重解决广东省现有红树林的生物多样性调查、生态功能评估、生态系统经营、大量红树果实加工利用、沿海困难滩涂与堤岸红树林营造等技术问题,为其红树林生态系统恢复与管理及其红树林生态系统资源的可持续利用提供技术支撑。

关键词 红树林生态系统 广东省 研究展望

中图分类号: S718.55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2008)02-0086-06

The Study Prospect on Mangrove Ecosystem in Guangdong Province

Gao Xiumei Han Weidong

(Guangdong Ocean University, Zhanjiang, 524088)

Abstract Guangdong province has the largest mangrove area and many typhoons as well as it is situated at the main roads for international migrating birds in China, so the scientific research of its mangrove ecosystems plays very important role in the aspects of weakening natural disasters, enhancing biodiversity conservation and eco-repairing pollutants, etc. and should aim at improve biodiversity survey method, ecosystem management, enhancement of fruit value via exploring it as food, emphasize to improve the techniques of afforestation on difficult mudflats and dams, so as to provide technique support for the mangrove restoration and management as well as the sustainable utilization of its mangrove ecosystems.

Key words mangrove ecosystem, Guangdong province, study prospect

红树林生态系的复杂性使其一直成为生态学理论研究极其珍贵的研究对象,同时,红树林生态系的生物多样性保护以及海岸减灾等生态功能为社会所高度重视。过去的研究主要集中在红树林生态学、生理生态学、物种组成、群落分布、物质流、能量流、污染生态学、造林学等方面^[1]。有关红树林各类群生物多样性同步监测、植物化学与天然食用物质鉴定与提取、基于保育目标和生态工程技术相结合的生态系统经营技术等研究成果则多为空白或资料极为有限,新技术与新理论在红树林生态系统研究方面具有巨大的应用发展空间。如红树林林区受潮汐与海浪等因素影响,地貌变化较大,红树林林地的保护研究在理论与实践方面均没有受到应有的重视,但却是红树林保护的关键问题之一。

我国红树林的研究工作主要集中在厦门、广州、湛江、北海、海口等地的生物、环境、林业、海洋科研院所。在红树林生态系统研究、主要红树林树种造林与经营技术研究及红树林生物多样性调查、红树林保护区管理、民间利用调查与重点树种的药物成分研究等领域取得了重要的成果。经过参与2001年全国红树林资源清查及其他早期的红树林研究工作,我省在红树林生态系统资源保护与利用的技术研究上奠定了扎实的基础。

^{*} 基金项目:广东海洋大学科研团队项目(0712117)资助。通讯作者:韩维栋,电子邮箱:hanwd2000@yahoo.com.cn。

1 广东省红树林生态系研究的目的和意义

广东具有丰富的海洋资源,全省海岸线总长 3 368.1 km,占全国海岸线总长的五分之一,海域面积 45 万 km^2 , -10 m 水深以内浅海面积 130 万 hm^2 ,有大小港湾 510 多个,具有十分丰富的生物资源,在我国已有记录的 20 278 种海洋生物中,分布于南海的种类达 5 613 种^[2]。多数种类具有开发利用价值,有可供食用、药用、观赏用的种类,也有用作原材料或饲料。红树林生态系为这些海洋生物的繁殖与生长提供极其重要的栖息地、饵料等,因此,红树林的保护与建设为我省建设海洋经济强省提供了强有力的资源保障。

经过 20 多年的发展,我省红树林资源保护已初见成效,拥有了深圳和湛江 2 个红树林国际湿地,成功引入高大树种无瓣海桑并大面积造林,天然林面积与造林面积总量已稳居全国首位。但由于长期采取粗放式的营林模式,只护林和造林,没有开展进一步的红树林经营活动,缺乏对已造红树林地进行调查评价。目前,我省红树林资源生态功能效益低,资源开发利用尚没有起步,大量红树林果实凋落水体,对海洋生态环境也带来了一定的负面影响。

红树林生态系保育与红树果实高值化研究的目的和意义主要体现如下三个方面。

1.1 红树林生态系是一个巨大的生物多样性资源库

全世界现有真红树植物 61 种、半红树植物 23 种^[3];我国记录有真红树植物 24 种、半红树植物 12 种共 26 种^[4];广东省有本土真红树植物 13 种,半红树植物 9 种,另有引入真红树植物 7 种^[5]。我省红树林面积 9 084.0 hm^2 ,占全国红树林总面积的 41%,主要分布于雷州半岛(约占 80%)^[6]。红树林区栖息着包括有鸟类、鱼类、软体动物、甲壳类、多毛类、蠕虫类、昆虫以及共附生微生物等丰富的生物物种。

广东是我国红树林分布的主要省区之一,也是国际候鸟迁徙路线上停歇和越冬的主要站点。同时,红树林的保护与发展可扭转近海环境的退化,净化近海水环境污染,抑制“海洋沙漠化”现象的蔓延。因此,必须深入研究贯彻落实省委主要领导“我省要加强红树林的保护与建设”的批示,加大保护和建设红树林的力度,营造广东红树林生态系资源宝库。

建立红树林生态监测定位站,研究红树林生态系生物多样性组成与动态,探讨物种间生态位与食物链(网)关系,可进一步明确红树林生态系在近海生物资源保护中的作用机理。以 2001 年全国红树林清查数据为基础,利用 3S 技术监测湛江红树林国家级自然保护区 68 个保护小区的红树林资源动态^[3],可节约大量人力等红树林保护小区的管理成本,及时制止保护区范围内的各种破坏活动,提高该国际湿地的监控能力。

1.2 红树林生态系统经营技术为我省红树林资源保护与生态恢复之关键

2004 年的东南亚大海啸之后,世界各国加强了对红树生态系统保护和研究。我国红树林的现状和保护不容乐观,从上世纪的 60 年代起的 40 年之间,红树林面积剧减近 60%^[4]。根据 2001 年全国红树林面积调查结果和近年来各地大力种植红树林的情况^[5],估计我国现有红树林面积约 2.5 万 hm^2 ,但大部遭到破坏,结构受损,功能退化。根据国家林业局《林业发展“十一五”和中长期规划》2006~2015 年保护和恢复红树林 9.06 万 hm^2 。在保护和恢复红树林中,如何重构合理的红树林林分空间结构,恢复红树林的系统功能,发挥红树林的生态功能和减灾防灾效用成为当前最为迫切需要解决的问题。

红树林最重要的作用就是减灾防灾、保持生物多样性和污染物生态修复。滩涂红树林与木麻黄林等沿海防护林互补,建设好红树林,可充分发挥其防灾减灾的生态作用。如 2001 年 7 月 2 日台风“榴莲”正面袭击湛江市,最大风力 12 级以上,最大风速达 46 m/s,全市损坏堤防 64.28 km,倒塌房屋 1.13 万间,造成直接经济 37.16 亿元损失;2003 年 08 月 25 日台风“科罗旺”在徐闻县前山镇沿海登陆后,湛江各县区地处东面海岸的堤围、涵闸等水利设施损坏十分严重,造成湛江市 9.2 亿元的经济损失。灾后调查表明,有红树林的海岸损失明显较无红树林的海岸要小,多数海堤由于受到堤外红树林的保护而安然无恙。因此,构建广东省海岸带红树林生态防护体系,促其发挥较高的防灾减灾作用对保护社会经济的安全极为关键。在保护现有红树林生态系资源的同时,针对目前广东省天然红树林面积锐减、功能退化的实际情况,人工种植培育是快速恢复红树林湿地的最好选择。加大财政资金投入,解决技术难题,精心规划,稳步实施,才能有效地促进红树林健康、有序地恢复发展。这其中,解决技术难题,即研究建立红树林生态系统经营技术为红树林资源保护与生态恢复之关键,如何效仿自然过程并通过人工合理的树种配植与林地管理,形成优化的高效红树林林分?针对困难滩涂与岸堤营造红树林会有哪些难题要解决?如何确定滩涂宜林指标阈值与人工辅助生态工程措施?只有通过现有林地调查分析与造林试验,才能回答这些问题,进一步明确我省沿海困难滩涂与堤岸红树林生态恢复规划方案、种植与养护模式,获得科学的红树林资源管理指南。

1.3 红树林资源急待开发,资源高值化技术研究是关键

红树植物果实的结实量大,大量资源有待开发利用。白骨壤是红树树种中的先锋树种,果实产量高,该树种年结实量在我国达20万t以上,其果实是我国华南沿海居民的特色菜,但多局限于红树林海岸居民食用,年食用量不足100t^[7]。开展红树林树种果实加工利用及活性次生物质的研究,获得其资源产业化关键技术,可形成具广东特色的红树林食品与保健品加工业,可为沿海居民增加一定的经济收入,为广东省沿海渔民上岸转业作出一定贡献。

同时,通过提升红树林资源的价值,红树林资源破坏的现象可以得到扼制,并有望使红树林的保育工作成为沿海地方政府与群众的自觉行动,即让追求经济利益的动力拉动红树林的自觉保护和恢复造林。因此,红树林资源保护与利用的关键技术问题是广东省社会经济发展中的重要基础问题之一,该问题的解决是解决我省红树林生态系资源保护难和低价的根本所在,十分紧迫。

2 关于生物多样性

2.1 生态系统多样性及其地理分布格局

全球红树林面积估计已经从1980年的1980万hm²下降到目前的1500万hm²,现在,各国逐步意识到红树林的功能与价值,加强了红树林地转为其他用地的管理,红树林资源减少的速度缓慢下来。

2001年全国红树林资源清查结果表明^[5],我国有红树林面积21937.6hm²,分省区统计为:广东省9084.0hm²、占总面积的41.4%;广西区8287.6hm²、占总面积的37.8%;海南省3930.3hm²、占总面积的17.9%;福建省615.1hm²、占总面积的2.8%;浙江省20.6hm²、占总面积的0.1%。群落组成多样,主要有20多种群丛。

雷州半岛沿海是广东省红树林主要分布区,2001年全国红树林资源清查结果表明有红树林面积7242.0hm²^[8],占全国总面积的33.0%。雷州半岛沿海是我国红树林分布的主要区域,其中湛江市高桥红树林是全国连片红树林生长面积最大的一块,湛江市特呈岛的白骨壤古树群则是中国最古老的红树林群落类型之一。雷州半岛红树林,除小面积人工林及天然更新幼林外,绝大部分归属湛江红树林国家级自然保护区。目前,该保护区面积20278.0hm²,分68个红树林保护小区,保护有红树林面积7256.5hm²,宜林滩涂等13021.5hm²。

由于红树林分布于潮间带浅滩,常规森林资源清查的野外调查工作十分困难,工作量大,费用高。其次,红树林林地地势平坦,但潮沟多,用传统的森林资源调查方法难以准确定位和勾绘。GIS、GPS和RS构成的“3S”技术的综合运用提供了红树群落空间动态过程分析和红树植物生理研究的新途径,可以填补认识红树群落演变及其环境胁迫在时空属性研究方面的空白。2005年5月18日,国家海洋局批准发布了《红树林生态监测技术规程》,肯定了“3S”技术在红树林生态监测中的重要作用。“3S”技术研究主要基于NOAA-AVHRR图像、SPOT图像或Landsat图像,应用目视解译,波段比值,植被指数、图象分类等信息提取方法,探测具有特征纹理的红树林边界,分析红树群落的变化^[9]。这些研究内容大致可以分为两类:红树林分布范围和面积的调查及动态监测;红树林类内和类外的区分。因此,应用“3S”技术开展我省红树林(如湛江国家级自然保护区68个保护小区)的红树林群落格局分析,可提供极其珍贵的包括红树植物群落组成与格局等资源动态监测数据^[10-11]。

2.2 物种多样性

国内外红树林研究表明,在生物多样性方面红树林具有极其繁多的系统构成,是生态学研究的最佳生态系统,因为红树林生态系包含变化复杂的生境、丰富的生物类群、复杂的系统结构与高效的功能特征等。国际红树林生态系统协会(ISME)认定合理红树林生态系有真红树植物61种、半红树植物23种共84种木本植物,我国记录有红树植物26种、半红树植物11种共27种;微生物的初步研究针对如下7种红树林生境展开:①水面,②水体,③沉积表层,④沉积层内,⑤无机质与有机质表面,⑥动植物内外表面,⑦极端环境^[12]。近年来,红树林生物种类调查研究成为各国生物多样性研究的一个热点,研究内容涉及鸟类、鱼类、软体动物、甲壳类、多毛类、蠕虫类、昆虫以及共附生微生物等丰富的生物物种类群及其遗传多样性。因红树林生物物种类群繁多,同时也因严重缺乏生物类群的分类学专家和相关专业条件,全球众多的红树林区域的生物物种的鉴定工作仍然存在相当的难度,因此,增加我省生物分类学家工作岗位十分迫切。

韩维栋^[13]等报导了2002年夏季8个雷州半岛红树林区鱼贝类清查的结果,表明有鱼类127种和贝类

110 种,同时报导了各主要红树林群落软体动物生物量状况;梁超愉^[14]等报导了雷州半岛红树林滩涂底栖生物多样性的初步研究,记录了 5 个红树林区断面底栖生物种类共有 68 科 165 种,全年各类群生物组成中,生物量及栖息密度以软体动物居首位。红树林滩涂底栖生物主要经济种类有中国绿螂(*Glauconome chinensis*)、四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)、青蛤(*Cyclina sinensis*)等 20 多种;中荷合作红树林项目记录湛江红树林保护区有鱼类 60 科 139 种,有贝类 41 科 130 种,虾类 3 科 19 种,蟹类 11 科 57 种,水体浮游生物 126 种,底栖硅藻类 256 种,昆虫 130 多种,鸟类 194 种,其中 2006 年记录了全球濒危物种——黑脸琵鹭。然而,全省红树林生物多样性及其生态因子调查数据仍然十分缺乏,同时已有的数据多不成体系,缺乏定位资源量的时间段比较,难以对区域生物多样性进行全面科学的评价,如季节性的持续监测数据基本空白。在湛江红树林保护区,只有唐以杰^[15]等进行了 1 年 3 次(2005 年 4、7、10 月)的软体动物调查采样,尚没有按月的野外取样数据报导,但其数据与研究成果应用前景广阔,如对未来红树林生物多样性季节性监测计划的实施、近海渔业生物资源增殖放养计划的制订、红树林资源管护等,有极其重要的参考价值。

2.3 物种生态位

生态位分化被认为是物种共存的基础,亦是物种进化的动力。生态位理论已在种间关系、群落结构、物种多样性、种群进化和群落演替等方面广泛应用,在现代生态学中占有愈来愈重要的地位。通过对植物种群之间生态位重叠值、生态位相似性及生态位宽度的计算,可深入认识植物种群内或种间的竞争,深入理解植物种群在群落中的地位和作用。生态位分析中计算多维生态位更为科学,但是有些生态维度数据不易获得,一维生态位仍被较多地采用。

逐步积累的数据表明,生物多样性与功能性群体或种上分类等级组成联系紧密,它们更能反映生物多样性的演变趋势和生态系统的可持续生产力,据此,野外样方所采集的生物样本可按照功能性群体或种上分类等级组成分别统计。研究表明以红树植物群落和季节为准确定环境资源位点数的分析方法与实际相符,适合红树林区软体动物的生态位研究^[15],但是,由于生物多样性对环境的长期适应,要求周期性生态调查或监测的间隔时间不能太久,因此,更加科学的生物多样性研究方法有待完善。

3 关于生态系统经营技术

3.1 生态功能及其效益评估体系

红树林作为一种沿海生态公益林,具有防护海岸、保护生物多样性、提供沿海居民生活必需品、净化近海环境、提供生态旅游与科学研究的场所等生态功能,它所提供的生态效益可以按绿色 GDP 进行核算,是一项重要的生态产业。同时,红树林作为一种近海生物资源与广东的近海渔业、滨海旅游业、林副产品加工业(种苗业、工艺品、食品与药品加工业)、生态养殖业等关系密切,为广东海洋经济发展提供了物质与环境的保障。我省在红树林生态功能效益分析技术方面具备了较成熟的理论与技术方法,并开展了初步的生态价值量计算,为其评估体系的建立奠定了基础,但目前仍属理论上的探讨,并没有进入实际的管理考核体系或地区绿色核算中。

红树林生态系统在生产有机物、维持热带亚热带河口生态系统、降低风速以及海水流速、防治和减轻灾难、截留碎屑形成陆地、保护海堤、吸附污染物净化水体、提供多种生境、维护生物多样性,以及形成优美的环境、开展生态旅游等几个方面的生态服务功能的内在生态学过程与效应及其价值评估尚需要开展更深入的研究,收集红树林生态系的群落类型、面积大小与分布及其变迁、生态因子特征等第一手数据,以建立我省红树林生态系生态功能及其效益评估体系,不仅可对现有特定红树林海岸进行生态经济评估,还可对过去的特定红树林海岸围垦得失进行评价。

3.2 污染物生态修复

红树植物维系着由遗传上大不相同的水生和陆生动物、植物和微生物构成的群落。红树林生态系的高生产力、高归还率、高分解率与丰富的生物多样性特征,为污染物的降解、转化提供了可能,其过滤与沉降陆地径流和内陆带出的有机物质和污染物这一特征,使红树林湿地也成了污染物汇集的地带,成为沿岸污水排放的终端处理场。在这些污染物中既有持久性有机污染物,也有重金属。前者降解缓慢、滞留时间长,可在水体、土壤和底泥等环境中存留相当长的时间,具有很强的亲脂憎水性,可以沿食物链逐级放大,低浓度存在于大气、水、土壤,但可通过食物链对处于最高营养级的人类健康造成严重损害,从而影响生态安全与人体健康。近年来,随着湿地保护热潮的兴起,作为典型污染物主要归宿场所之一的滨海红树林湿地环境中的这些污染物的行为应给予极大的关注,而且任务也十分紧迫。

因此,缘于对生态安全、环境保护、人类健康和可持续发展的关注,增加我省红树林生态监测次数,在原来5年1次红树林生态监测的基础上,增加为一年4次季节性监测,同时,研究以重金属(主要包括Cd、Pb、Cu、Cr和Hg)、多氯联苯、多环芳烃为代表,以红树林自然保护区等我省典型的红树林生态系为研究对象,应用野外现场监测与室内实验分析相结合,林地与光滩相对照的研究方法,研究污染物在陆海交错带生物作用最强烈的地带——红树林湿地的不同环境介质中的含量水平、赋存形态和空间分布格局,研究红树林湿地生物对它们的吸收、富集、转化、和固定机理,系统探讨这些污染物在红树林湿地中的空间积累规律和独有的特征,揭示红树林湿地对它们的生物修复机理以及红树林湿地生态系统的自然净化过程^[10]。提出相应的优化红树林区典型污染物的生物修复策略,指出红树林生态系生态系统经营的相应措施,寻求人为干预下加快其净化过程的可能性。这对红树林湿地的保护与恢复、红树林生态系生物多样性的保护、以及污染生态系统的恢复具有极其重大的意义。

自1980年以来,在南海海域开展了沿海污染源调查、渔业生态环境调查、渔业生态质量监测与评估等一系列基础性调查研究,包括目前正在开展的国家重大专项“我国近海海洋综合调查与评价”(简称908专项),获得了丰富的基础数据,并制订和实施如《海洋生物生态调查技术规程》等许多环境监测技术规程或标准。“南海贻贝观察”主要采用近江牡蛎(*Ostrea revularis*)、僧帽牡蛎(*O. cucullata*)和翡翠贻贝(*Mytilus smaragdinus*)3种双壳类作为监测生物,对港湾、河口、海岸带水域环境质量进行监测和研究^[16]。无疑研究红树林海岸红树林内与裸露滩涂上述3种监测生物的污染物含量,可以推测红树林生态系统对环境污染的修复功能大小。同时,通过研究红树植物的对污染物的净化能力或植物与生境间的物质循环与能量流通水平,可进一步探讨红树林生态修复的机制^[17-19]。

3.3 生态系统经营技术

自上世纪90年代美国提出森林生态系统经营的概念后,在世界范围内展开了森林生态系统经营的理论 and 实证研究,成为森林经营的发展方向 and 当前研究的热点。我国1991年把红树林造林和经营技术研究列入国家科技攻关研究专题,从而使我国红树林恢复和发展研究进入一个新时期,秋茄红树林的造林技术、福建九龙江口引种红树植物技术研究以及清澜港红树林发展动态研究论文相继发表,为红树林资源恢复和发展提供了一些技术及应用基础理论。郑德璋、郑松发、陈桂珠、张乔民、廖宝文、任海等对广东省红树林的恢复做了大量的研究工作,从营林技术体系、次生林改造、宜条件、引种驯化等进行研究,为广东省红树林的恢复提供理论根据。

空间结构决定树木之间的竞争势及其空间生态位,在很大程度上决定林分的稳定性、发展的可能性和经营空间的大小;因此如何科学合理地调整优化林分空间结构,是广东省红树林经营需要大力研究的问题。

红树林分布与生长状况受多种因素影响,如气温、洋流、波浪、岸坡、盐度、潮汐、底质等。影响局部分布的最重要因素是波浪掩护条件和潮汐浸淹程度。前者控制红树林沿岸分布,有人称之为控制红树林能否生长的唯一必要的环境条件^[20]。后者控制红树林在滩涂上的横向分布,即红树林只能占据平均海平面(或稍上)与回归潮平均高潮位(或大潮高潮位)之间的潮滩面。另外,盐度与底质也有重要影响,通常在受淡水径流影响的淤泥质滩涂上红树林生长茂盛。为了更好地保护现有的红树林,有必要研究广东红树林与其生境的水文、海岸构造的互相影响,特别是泥沙运动、滩涂沉积与红树林区之间的关系^[20];研究如何通过人为干预的方式改善近岸、河口的水文状况,改变泥沙沉积的规律,从而促进红树林的生长。研究能够指导现有广东红树林的生态恢复工程,并为人工造林提供理论依据,扩大人工造林的宜林地,保障人工种植的成活率。因此,红树林林区水动力环境研究为困难滩涂红树林人工生态恢复方案的制订与实施提供了基础。

在广东省红树林保护和恢复研究中,应用生态系统经营理论,探讨不仅在数量上进行保护和恢复,更重要的是要从系统的结构和功能上进行保护和恢复的机制^[21],以实现通过系统空间结构的调整和重构,扭转广东省红树林面积减少的同时,扭转系统功能退化的趋势,保证红树林生态系统的健康、稳定和高效。

4 关于红树植物果实高值化利用

红树林果实及其生物活性成分的开发与利用,对促进近海渔业、生态旅游、生态养殖业以及食品药品加工业、污染治理产业等具有广阔的前景,是海洋资源开发的热点之一。

活性次生物质的研究对探讨红树林资源社会经济价值的最大化是极其重要的前期工作,尤其红树植物果实的结实量大,如能解决其利用问题,从而提升红树林生态系的市场经济价值。可为沿海居民提供巨大的经济收益,为广东省沿海渔民上岸转业作出一定贡献;红树植物果实高值化利用研究是我省近期要解决的

树林生态系保护与利用关键技术问题之一。

5 结语

资源的开发与保护不仅具有重要的科学和经济价值,而且具有政治和国家安全方面的意义,世界各国的竞争也是资源的竞争,谁拥有可利用的丰富资源和技术,即谁将在未来的竞争中居于有利的位置。红树林生态系统是一个具有极高生产力的海洋生态系统,是海洋生态保护与近海渔业等产业发展的重要物质基础和生物资源利用技术创新的重要源泉。

红树林作为我省的生态产业组成,对我省绿色 GDP 有重要的贡献。红树林生态系统、海岸盐沼生态系统、海岸浅水海草生态系统、上升流生态系统、珊瑚礁生态系统均为海洋高生产力生态系统。而在这些生态系统中红树林生态系统具有更先锋的生态地位。红树林生态系统可产生巨大的凋落物,其高凋落物产量为动物多样性的维持和近海渔业高生产力的可持续性提供了主要的物质和能量基础保障。如中国近海最大持续捕鱼量为 500 万 t,占世界海洋鱼类可捕量的 5%,其中大部分分布于华南红树林分布区的近海水域。红树林丰富的生物物种资源,为未来养殖业与种植业提供遗传资源,其资源的利用市场价值难以估算,也是我省社会经济可持续发展的重要资源。

红树林系统资源丰富,其中仅红树植物白骨壤的果实,每年就可创造极高的市场价值。红树林植物及其生境的活性成分的提取与利用也具有广阔的市场开发前景,是各国海洋资源开发的热点。另外,红树林木材也是一个重要产业,如孟加拉国通过实行红树林的合理经营,1990~1991 年其红树林木材生产纯收益就达 1 056 878 美元^[22]。同时通过对红树林资源保护与利用关键技术的研究,还可为近海渔业、生态旅游、生态养殖业、食品药品加工业、污染物治理等产业发展上提供技术支撑。

参考文献

- [1] 林鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京:科学出版社,1997:60-61.
- [2] 周秋麟. 中国的海洋生物多样性[J]. 人与生物圈,2004(4):16.
- [3] 卢昌义,叶勇. 湿地生态与工程——以红树林湿地为例[M]. 厦门:厦门大学出版社,2006:152.
- [4] 王文卿,王琨. 中国红树林[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [5] Han Weidong. Present status and conservation strategies of mangrove resource in Guangdong, P R China[J]. Journal of Forestry Research, 2003,14(2):151-158.
- [6] 黎植权,林中大,薛春泉. 广东省红树林植物群落分布与演替分析[J]. 广东林业科技,2002,18(2):52-55.
- [7] 韩维栋,黄剑坚,蔡俊欣. 白骨壤果实营养成分及含量[J]. 林业科技,2007(3):50-52.
- [8] 林康英,张倩媚,简曙光,等. 湛江市红树林资源及其可持续利用[J]. 生态科学,2006,25(3):222-225.
- [9] 李春干,谭必增. 基于“3S”的红树林资源调查方法研究[J]. 自然资源学报,2003,18(2):215-221.
- [10] 黎夏,刘凯,王树功. 珠江口红树林湿地演变的遥感分析[J]. 地理学报,2006(1):26-34.
- [11] BLASCO F, AIZPURU M, GERS C. Depletion of the mangroves of continental Asia[J]. Wetlands Ecology and Management, 2001, 9(3):255-266.
- [12] Kathiresan K. UNU - UNESCO international training course on biodiversity in mangrove ecosystems[M]. UNU-UNESCO, 2003:10-24.
- [13] 韩维栋,刘劲科,蔡英亚,等. 雷州半岛红树林区软体动物多样性与生物量研究[J]. 林业科技,2004,29(1):17-21.
- [14] 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[J]. 海洋科学,2005,29(2):18-25,31.
- [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.
- [16] 贾晓平,林钦,李纯厚,等. 南海渔业生态环境与生物资源的污染效应研究[M]. 北京:海洋出版社,2004:4-229.
- [17] 缪绅裕,陈桂珠,李海生. 红树林植物桐花树和白骨壤及其湿地系统[M]. 广州:中山大学出版社,2007.
- [18] 韩维栋,高秀梅. 无瓣海桑人工林的生物量与能量研究(英文)[J]. 广西科学,2004,11(3):243-248.
- [19] 韩维栋,赵涛涛,卢昌义,等. 雷州半岛无瓣海桑群落 7 种元素的生物累积和循环[J]. 应用与环境生物学报,2004,10(1):27-34.
- [20] 张乔民,隋淑珍,张叶春,等. 红树林宜林海洋环境指标研究[J]. 生态学报,2001,21(9):1427-1437.
- [21] 邓华锋. 森林生态系统经营综述[J]. 世界林业研究,1998(4):9-15.
- [22] 郑德璋,廖宝文,郑松发. 红树林主要树种造林与经营技术研究[M]. 北京:科技出版社,1999:248-365.