

文章编号:1001-1498(2011)01-0033-06

# 淇澳岛寒害致死海桑林迹地恢复早期 植被特征的初步研究

张留恩, 廖宝文\*, 管伟

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

**摘要:**2008年寒害使珠海市淇澳岛红树林遭受重大损失,红树林湿地中的海桑几乎全部死亡;18个月后,海桑林迹地恢复早期自然植被以老鼠簕和互花米草为主,并伴生有少量其他植物,植物种类有7科9属10种。根据植被特征,海桑林迹地可分为老鼠簕+互花米草群落、互花米草群落、老鼠簕单优群落、老鼠簕稀疏群落和裸滩5种植被类型。所形成的高密度与高盖度的老鼠簕和互花米草植被不利于桐花树、秋茄等红树植物幼苗的扩散。互花米草有向老鼠簕群落和低洼滩涂扩展的趋势。灾后互花米草和老鼠簕迅速繁殖扩散,若不进行人工改造,互花米草和老鼠簕将长期占据海桑林迹地滩涂。

**关键词:**海桑;寒害;植被恢复;互花米草;老鼠簕

中图分类号:S718.54

文献标识码:A

## A Preliminary Study on the Vegetation Characteristics of the Chilling-injured *Sonneratia caseolaris* Forest at the Early Recovery Stage on Qi'ao Island

ZHANG Liu-en, LIAO Bao-wen, GUAN Wei

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** Mangroves on Qi'ao Island had suffered heavy losses due to the chilling injury in 2008, and almost all the *Sonneratia caseolaris* trees were frozen to death. After 18 months of the chilling injury, nature vegetation of *Sonneratia caseolaris* plantation in the chilling injury areas are chiefly *Acanthus ilicifolius* and *Spartina alterniflora*, with a few other plants associated, 10 species which belong to 9 genera and 7 families were found in the mud flats. Vegetation on the chilling injury areas can be divided into five types according to its characteristics, they are *Acanthus ilicifolius* + *Spartina alterniflora* community, the consociation *Spartina alterniflora* community, the consociation *Acanthus ilicifolius* community, *Acanthus ilicifolius* sparse community and bare flat. Plants in the first three communities all have the characteristics of high vegetation coverage and high density, which is harmful for the dispersal of mangrove seedlings such as *Kandelia candel* and *Aegiceras corniculatum*. *Spartina alterniflora* has the trend of expansion to *Acanthus ilicifolius* communities and bare mudflats by vegetative propagation after they first settled on the mudflats. *Acanthus ilicifolius* and *Spartina alterniflora* multiplied rapidly in the chilling injury areas of *Sonneratia caseolaris* plantation, and they could occupy the mudflats for a long term.

**Key words:** *Sonneratia caseolaris*; chilling injury; vegetation restoration; *Spartina alterniflora*; *Acanthus ilicifolius*

红树林生态系统是海陆交错带上的界面生态系统,处于生态环境脆弱带。系统内部及毗邻区域不

断承受着频繁的侵蚀与堆积,种群可被替代概率大,竞争程度高,变化速度快,空间移动能力强,可恢复

收稿日期:2010-06-08

基金项目:国家自然科学基金项目(40876062);国家林业科技支撑计划专题(2009BADB2B0401);中国林业科学研究院热带林业研究所基本科研业务费专项资金(2008-03);广东省林业科技创新专项资金项目(2008KJCX012-03);广东省科技厅项目(2007B080701016)

作者简介:张留恩(1984—),男,河南安阳人,硕士研究生;研究方向:湿地恢复生态;E-mail:zhliuen@163.com

\*通讯作者:廖宝文(1963—),男,研究员,博士;研究方向:红树林湿地恢复。

原状机会少<sup>[1]</sup>,但红树林毁坏与退化在世界普遍存在<sup>[2]</sup>。红树林资源的自然更新与扩散缓慢,在适宜红树植物生长的潮间带滩涂进行红树林人工恢复与保护,是红树林湿地恢复与发展的重要途径之一。

目前,红树林恢复工作多集中在人工植被恢复方面,而对自然恢复的研究较少;对人工种植红树林恢复过程中群落结构变化的研究较多<sup>[3-7]</sup>,对滩涂红树林自然恢复过程的研究较少。Harun等<sup>[8]</sup>对孟加拉国重度干扰后红树林区土壤种子库进行了研究,从而评价灾后红树林恢复的潜能;Ross等<sup>[9]</sup>对寒害对南佛罗里达红树林植物种类与红树林结构的影响作了研究。近年来,我国华南沿海大量种植海桑(*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.)、无瓣海桑(*S. apetala* Buch-Ham)、秋茄(*Kandelia candel* (L.) Druce)、红海榄(*Rhizophora stylosa* G.)等红树植物<sup>[10-11]</sup>,但多数人工林结构简单,生态稳定性差。海桑分布于亚洲沿岸、东太平洋群岛和大洋洲沿岸等区域,在我国天然分布于海南<sup>[12]</sup>。2008年初,50年一遇的低温袭击我国华南地区,广东沿海红树林遭受重大损失,粤西尤为严重<sup>[13]</sup>。珠海市淇澳岛红树林区近年来种植的海桑几乎全部受冻而死,亟待恢复。本研究以2008年淇澳岛寒害致死海桑林迹地为对象,研究灾后海桑林迹地恢复早期的植被特征,为红树林湿地的灾后恢复提供依据。

## 1 研究区域概况

珠海市淇澳岛(22°23'40"~22°27'38"N,113°36'40"~113°39'15"E)位于珠江口西岸唐家湾珠江水系横门河口,面积24 km<sup>2</sup>,北与虎门相对,东与香港、深圳隔海相望,淇澳大桥与唐家镇相连,环岛形成多个海湾。全岛海岸线约23.2 km,其中,围垦海堤4.9 km,主要分布在大围湾和石井湾。气候类型为南亚热带海洋性季风气候,阳光充足,雨量充沛,年均气温22.4℃,潮汐属不正规半日潮。红树林主要分布于北部与西北部的泥质海滩。

2008年1—2月长时间的低温寒害,淇澳岛红树植物受灾面积154.2 hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>,80 hm<sup>2</sup>海桑成林受冻而死<sup>[14]</sup>,淇澳岛大面积红树林低矮化,互花米草(*Spartina alterniflora* L.)再次入侵滩涂<sup>[14]</sup>。

灾前海桑林高8~12 m,郁闭度0.4~0.8;部分林下生长有老鼠簕(*Acanthus ilicifolius* L.)和少量的桐花树(*Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco)、海桑、无瓣海桑等植物;老鼠簕盖度小于5%,平均5.3

株·m<sup>-2</sup>,平均高21.0 cm;桐花树、海桑和无瓣海桑高度均小于1 m。灾后18个月,枯木立于滩涂、灌草丛之间,成明显的行状排列,高5 m左右,或仅存1 m左右的树桩,平均0.18株·m<sup>-2</sup>;平均地径15.4 cm,最大地径26.7 cm。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

为了研究寒害后海桑林迹地恢复早期的植被状况,2009年9月,通过对淇澳岛受冻致死海桑林迹地实地调查,根据海桑林迹地的主要植物种类组成、植物密度与高度,用典型取样法分别设置I:老鼠簕+互花米草群落;II:互花米草群落;III:老鼠簕单优群落;IV:老鼠簕稀疏群落;V:裸滩等5个样地,每样地设10个2 m×2 m样方,记录每个样方内植物的种类、株数、盖度。在每个2 m×2 m样方固定一角各设1个1 m×1 m样方,记录每个样方内植物幼苗(高度小于20 cm)的种类与株数。

生物量测定:在样地I、II、III中接近各调查指标(盖度、密度、高度)平均值处,各取3个25 cm×25 cm×50 cm(深)的土柱,土柱面积内地上植物分类别称鲜质量,洗出土柱中植物根并分类;植物样品带回实验室85℃烘至恒质量。

互花米草与老鼠簕的扩散调查:2010年3月,对样地V进行调查,记录每样方内植物的种类与株数;在老鼠簕与互花米草边缘老鼠簕群落内每5 m设1个1 m×1 m样方调查互花米草幼苗个数,共5个样方。

### 2.2 植被特征值的计算<sup>[15]</sup>

密度 = 植物个体数目/样方面积

相对密度 = 某一种的个体数/所有种总数×100%

相对频度 = 某一种的频度/所有种总频度×100%

相对优势度 = 某一种的总盖度/所有种总盖度×100%

重要值 = 相对密度 + 相对优势度 + 相对频度

### 2.3 数据分析

数据采用Excel2003和SPSS16.0进行分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 恢复早期植物群落的组成与植被特征

3.1.1 群落组成 寒害后18个月,海桑林迹地滩涂多已被老鼠簕和互花米草覆盖,仅存留少量裸滩。经调查,海桑林迹地主要植被类型如下:

老鼠簕+互花米草群落:群落总盖度为70%~95%,平均盖度80%,高度120~175 cm;当老鼠簕

占优势时,老鼠簕与互花米草的分布都比较均匀;当互花米草占优势时,老鼠簕多以单株丛形式分布于互花米草间。伴生有芦苇(*Phragmites communis* T.)、短叶荳苳(*Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* B.)、三叶鱼藤(*Derris trifoliata* L.)、桐花树、海桑和无瓣海桑等。

**互花米草群落:**互花米草盖度为70%~95%,平均盖度90%,高160 cm左右;平均密度346.40株·m<sup>-2</sup>,最多675株·m<sup>-2</sup>;伴生有极少量的老鼠簕和桐花树。

**老鼠簕单优群落:**老鼠簕盖度为45%~85%,平均盖度70%,高140 cm左右,调查样地内平均密度36.55株·m<sup>-2</sup>,最多54.83株·m<sup>-2</sup>。伴生有桐花树、芦苇、短叶荳苳、三叶鱼藤和少量互花米草。

**老鼠簕稀疏群落:**老鼠簕盖度5%~15%,高65 cm左右,平均密度17.18株·m<sup>-2</sup>,伴生桐花树。

**裸滩:**有很少植物在此生长,仅有少量的老鼠簕幼苗、桐花树幼苗、无瓣海桑幼苗、三叶鱼藤、互花米草和海雀稗(*Paspalum vaginatum* Sw.)零星分布,盖度小于1%;淤泥松软,人行走其间,可没及膝盖以上。

灾后滩涂不同植物群落中植物种类与数量的多少可能与各群落中主要植物的特性和滩涂条件有关。互花米草在滩涂定居后生长速度快,在短期内可以遮盖地面,影响其他植物的扩散与生长。调查发现,海桑枯木倒后在潮汐作用下漂浮移动,将互花米草压倒,这将直接影响地面的透光性与透气性。由于老鼠簕茎干较硬,老鼠簕-互花米草群落和老鼠簕群落样地中并无因倒木碾压而出现大面积倒伏现象。

**3.1.2 植被特征** 灾后海桑林迹地主要植物种类有禾本科的互花米草、海雀稗和芦苇,莎草科的短叶荳苳,爵床科的老鼠簕,紫金牛科的桐花树,豆科的三叶鱼藤,海桑科的无瓣海桑和海桑。海桑林迹地植物群落结构均比较简单,互花米草和老鼠簕以绝对优势占据大部分滩涂,仅有少量其他草本和灌木种在滩涂上生长。

寒害后海桑林迹地生长的植物主要是互花米草和老鼠簕(表1),在相对密度和相对优势度方面都远远大于其他种。老鼠簕+互花米草群落样地中植物的种类最多,共8种;其次是老鼠簕单优群落样地;再次为裸滩样地,虽然植物数量较少,但种类较多;互花米草样地中除少量老鼠簕和桐花树外无其它植物;老鼠簕稀疏群落样地内除老鼠簕外仅有桐

花树生长。桐花树在5种样地都有不同的分布,可见桐花树对滩涂生境具有广泛的适应性。

表1 灾后恢复早期海桑林迹地植被特征

植物名称	密度/(株·m <sup>-2</sup> )				
	I	II	III	IV	V
互花米草	104.00	346.40	0.98	—	0.03
海雀稗	—	—	—	—	0.03
芦苇	0.05	—	0.90	—	—
短叶荳苳	0.23	—	—	—	—
三叶鱼藤	0.05	—	0.03	—	—
老鼠簕	19.75	0.43	36.55	17.18	2.00
桐花树	0.02	0.01	0.01	0.05	0.03
无瓣海桑	0.05	—	—	—	0.08
海桑	0.03	—	0.03	—	—
植物名称	相对密度/%				
	I	II	III	IV	V
互花米草	83.76	99.88	2.53	—	1.15
海雀稗	—	—	—	—	1.15
芦苇	0.04	—	2.34	—	—
短叶荳苳	0.18	—	—	—	—
三叶鱼藤	0.04	—	0.06	—	1.15
老鼠簕	15.91	0.12	94.97	99.72	91.66
桐花树	0.01	0.00	0.03	0.28	1.47
无瓣海桑	0.04	—	—	—	3.44
海桑	0.02	—	0.06	—	—
植物名称	相对频度/%				
	I	II	III	IV	V
互花米草	100.00	100.00	20.00	—	12.50
海雀稗	—	—	—	—	12.50
芦苇	10.00	—	10.00	—	—
短叶荳苳	10.00	—	—	—	—
三叶鱼藤	20.00	—	10.00	—	12.50
老鼠簕	100.00	20.00	100.00	100.00	100.00
桐花树	20.00	20.00	10.00	70.00	37.50
无瓣海桑	20.00	—	—	—	37.50
海桑	10.00	—	10.00	—	—
植物名称	相对优势度/%				
	I	II	III	IV	V
互花米草	50.31	99.55	0.00	—	0.00
海雀稗	—	—	—	—	0.00
芦苇	0.00	—	0.00	—	—
短叶荳苳	0.00	—	—	—	—
三叶鱼藤	0.00	—	0.00	—	0.00
老鼠簕	49.69	0.45	100.00	100.00	100.00
桐花树	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
无瓣海桑	0.00	—	—	—	0.00
海桑	0.00	—	0.00	—	—
植物名称	重要值/%				
	I	II	III	IV	V
互花米草	234.07	299.43	22.53	—	13.65
海雀稗	—	—	—	—	13.65
芦苇	10.04	—	12.34	—	—
短叶荳苳	20.00	—	—	—	—
三叶鱼藤	20.04	—	10.06	—	13.65
老鼠簕	165.60	20.57	294.97	299.97	291.66
桐花树	20.01	20.00	10.03	70.28	38.97
无瓣海桑	20.04	—	—	—	40.94
海桑	10.02	—	10.06	—	—

注: I:老鼠簕+互花米草群落; II:互花米草群落; III:老鼠簕单优群落; IV:老鼠簕稀疏群落; V:裸滩;下同

### 3.2 不同植被类型对幼苗更新的影响

灾后滩涂有老鼠筋、桐花树和无瓣海桑幼苗存在,样地内幼苗分布情况见图1。各样地中均有老鼠筋幼苗,且数量均最多;桐花树幼苗在样地Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ中有分布;无瓣海桑幼苗仅见于裸滩样地中。样地Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ中老鼠筋幼苗虽然数量较多,但长势均比较弱,茎秆较细,这3种样地植被均具有高盖度和高密度的特点,影响林下光照,从而影响幼苗的生长;而样地Ⅳ和Ⅴ中的老鼠筋幼苗较粗壮,长势良好,有望成长为成熟植株。

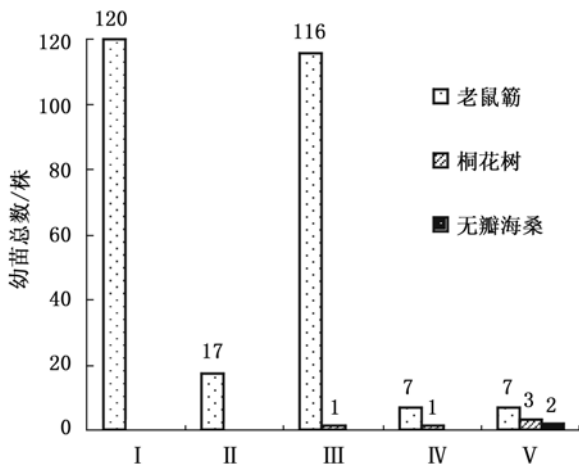


图1 各样地内幼苗的种类与数量(2009年9月)

淇澳岛红树林有成熟的老鼠筋、秋茄、桐花树和无瓣海桑等植物提供种源。调查中极少发现有秋茄幼苗,仅在样地外踏查时发现2株,分别生长于老鼠筋单优群落边缘的空地上和老鼠筋稀疏群落当中。可见,灾后老鼠筋和互花米草在海桑林迹地所形成的灌草植被不利于秋茄种苗的自然扩散与更新,但秋茄有在灾后迹地定居生长的可能性。另外,各样地中所出现的桐花树幼苗均分布于大围湾开阔的滩涂,这可能与东涌样方所处的环境有关。东涌样方位于一废弃的基围鱼塘内,仅两端有开口与潮沟相连,基围内无成熟的桐花树提供种源,故无桐花树幼苗的存在,滩涂中的鱼塘基围阻碍了红树植物种源的扩散。

### 3.3 互花米草与老鼠筋的扩散

3.3.1 互花米草的扩散 在靠近互花米草的裸滩样方中,互花米草的数量变化较大,而在离互花米草群落较远的样方内互花米草的数量并无大的变化,仅在V-3和V-4样方内分别增加3株和1株(表2),这与互花米草在滩涂定居后的主要繁殖方式有关。当互花米草以种子散播方式在适宜生长的滩涂定居之后,主要以地下根状茎伸展萌芽形成新的植

株向周围扩散,以分蘖的方式适应相对较恶劣不适宜种子繁殖的环境。在远离互花米草群落的样方内半年后所出现的互花米草,为种子繁殖,数量较少;随着滩涂的淤积,原来的低洼滩涂也变得适宜互花米草种子的发芽。

在老鼠筋与互花米草群落边缘的调查发现,老鼠筋群落中有互花米草幼苗生长,平均 $20.68 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,且分布较均匀;这与老鼠筋占优势的老鼠筋+互花米草群落样地相吻合,可见,老鼠筋占优势的老鼠筋+互花米草群落是互花米草向老鼠筋群落的扩散所形成的。进而可知,老鼠筋以单株丛形式存在的老鼠筋+互花米草群落则是由互花米草向生长有少量老鼠筋的滩涂扩展所形成。互花米草具有向裸滩和老鼠筋群落扩散的趋势。

3.3.2 老鼠筋的扩散 从表2中可以看出:裸滩各样方中老鼠筋个体数量相对稳定,除样方V-1和V-7老鼠筋株数减少外,老鼠筋的株数整体呈增加趋势,老鼠筋数量的变化主要由基部萌芽引起。在远离互花米草的裸滩上,随着老鼠筋数量的增加,有可能发展成为老鼠筋稀疏群落。

样方V-1和V-7中老鼠筋数量的减少可能与人为活动有关,调查时曾遇到渔民在附近摆放龙虾笼,人为活动在一定程度上影响滩涂植被的自然更新。

根据老鼠筋与互花米草的繁殖与生长特性,可见,灾前海桑林下生长有老鼠筋的滩涂,在无上层林木遮盖后,通过根部分蘖,其密度与盖度都迅速增加,形成老鼠筋单优群落,但向外扩张缓慢,基本趋于稳定。灾前海桑林下无植物生长的滩涂,老鼠筋定居后,通过根部的分蘖,将使老鼠筋密度和盖度逐渐增加;互花米草定居后,无性繁殖使得互花米草的面积迅速增加。灾后,互花米草和老鼠筋将迅速占据淇澳岛海桑林迹地。

表2 裸滩样方内互花米草与老鼠筋数量的变化 株

样方编号	2009年9月		2010年3月	
	老鼠筋	互花米草	老鼠筋	互花米草
V-1	47	1	43	512
V-2	—	0	—	820
V-3	8	0	14	3
V-4	5	0	13	1
V-5	4	—	6	—
V-6	4	—	20	—
V-7	2	—	1	—
V-8	0	—	0	—
V-9	8	—	40	—
V-10	2	—	3	—

注: V-1、V-2 靠近互花米草群落; V-3、V-4 靠近老鼠筋群落; 其它样方均远离互花米草和老鼠筋群落。

### 3.4 种间竞争作用对互花米草和老鼠簕生长的影响

种间竞争作用对互花米草高生长和根冠比的影响比较明显,对地上部分青干比影响小(表3)。种间竞争对老鼠簕根冠比影响小,两者相差无几;但样地Ⅰ中老鼠簕地上部分青干比较大,老鼠簕的高( $P < 0.05$ )和地径( $P < 0.01$ )均显著大于样地Ⅲ。在有种间竞争时,互花米草和老鼠簕均以促进高生长的方式获取更多的光照。

表3 3种样地中老鼠簕和互花米草的生长特征

植物名称	高/cm		地径/cm		地上部分 青干比	根冠比
	平均	最大	平均	最大		
互花米草(Ⅰ)	172	284	—	—	3.22	2.01
互花米草(Ⅱ)	159	211	—	—	3.44	1.83
老鼠簕(Ⅰ)	116	165	1.47	2.25	6.02	0.48
老鼠簕(Ⅲ)	104	170	1.26	1.84	4.72	0.46

样地Ⅰ中老鼠簕地径大于样地Ⅲ,但这种差异可能与老鼠簕初期生长环境有关。样地Ⅰ中老鼠簕的密度为 $19.75 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,远低于样地Ⅲ,与老鼠簕稀疏群落的 $17.18 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ 相差不多。研究表明:老鼠簕+互花米草群落是互花米草向老鼠簕扩散所形成的。可见,两样地老鼠簕地径的差异是由老鼠簕密度所引起的,而非竞争作用所致。

## 4 结论与讨论

(1)寒害发生18个月后,寒害致死海桑林迹地植被以老鼠簕和互花米草为主,并伴生有桐花树、三叶鱼藤、短叶荳苳、芦苇等湿地植物。海桑林迹地可分为老鼠簕+互花米草群落、互花米草群落、老鼠簕单优群落、老鼠簕稀疏群落和裸滩5种植被类型。灾后,互花米草和老鼠簕迅速占据淇澳岛海桑林迹地。

(2)互花米草有通过无性繁殖向老鼠簕群落和裸滩扩散的趋势。老鼠簕+互花米草群落是互花米草向老鼠簕群落扩散的结果,老鼠簕+互花米草群落的形成过程与发展趋势仍需进一步研究。

(3)裸滩样地(样地Ⅴ)中的老鼠簕多以单株形式存在,其高度远远低于老鼠簕单优群落和老鼠簕稀疏群落。与老鼠簕单优群落(样地Ⅲ)相比,老鼠簕稀疏群落(样地Ⅳ)中的老鼠簕无论在高度还是密度方面均较小,且无开花结果现象,正处于营养生长阶段,基部萌生芽多,该群落中老鼠簕无论在高度还是密度上都有增加的潜力。若无人为干扰,灾后海桑林迹地滩涂具有裸滩样地发展成为老鼠簕稀疏

群落、老鼠簕稀疏群落发展成为老鼠簕单优群落的可能性。

(4)相关研究表明,与林隙相比,林荫下胎生红树植物幼苗密度与生长速度都会降低<sup>[16]</sup>,对不同红树植物幼苗的存活率也有不相同影响<sup>[17]</sup>,多数红树植物随遮荫的加重,其幼苗存活率也随之下降<sup>[18]</sup>,淹水对胚轴生长的影响明显大于盐度的影响<sup>[19]</sup>。桐花树幼苗很少在老鼠簕群落和互花米草群落中存在,秋茄幼苗极少在灾前海桑林迹地发现。互花米草+老鼠簕群落、互花米草群落和老鼠簕单优群落都具有高盖度与高密度的特点,可见灾后所形成的以老鼠簕和互花米草为主的植被不利于秋茄、桐花树等红树植物种苗的扩散。若不进行人工改造,老鼠簕和互花米草将长期占据海桑林迹地滩涂。

(5)种间竞争作用使老鼠簕地上部分含水率增大,互花米草根冠比增加。目前还未见互花米草与老鼠簕种间竞争方面的报道,种间竞争作用对互花米草生长与生理以及在竞争作用中老鼠簕与互花米草群落的发展趋势还应深入研究。

### 参考文献:

- [1] 林鹏,沈瑞池,卢昌义. 六种红树植物的抗寒特性研究[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1994,33(2):249-252
- [2] Fied C D. Charter For Mangrove[Z]. UN,1991:1-6
- [3] 廖宝文,管伟,章家恩,等. 珠海市淇澳岛红树林群落发展动态研究[J]. 华南农业大学学报,2008,29(4):59-64
- [4] 陈玉军,廖宝文,郑松发,等. 无瓣海桑、海桑、秋茄红树人工林群落动态及物种多样性研究[J]. 应用生态学报,2004,15(6):924-928
- [5] 王旭,李洪旺,邱志军,等. 不同离岸距离海桑+无瓣海桑红树群落的林分结构差异及其影响因子[J]. 安徽农业科学,2009,37(27):13312-13316
- [6] 郑松发,郑德璋,廖宝文,等. 红树植物半人工小群落的生态学特性-直接引进的乔木种群对原灌木群落及其种群的扰动效应[J]. 林业科学研究,1996,9(3):246-254
- [7] 郑松发,郑德璋,廖宝文,等. 红树植物半人工小群落的生态学特性-间伐的灌木环境对乔木种群的适宜度及群落改造决策[J]. 林业科学研究,1998,11(3):289-294
- [8] Harun-or-Rashid S, Biswas S R, Böcker R, et al. Mangrove community recovery potential after catastrophic disturbances in Bangladesh[J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257:923-930
- [9] Ross M S, Ruiz P L, Sah J P, et al. Chilling damage in a changing climate in coastal landscapes of the subtropical zone: a case study from south Florida[J]. Global Change Biology, 2009, 15(7):1817-1832
- [10] 陈远合,詹潮安,蔡乙辉,等. 汕头沿海引种红树植物海桑的试验[J]. 防护林科技,2004(2):18-20,50
- [11] 廖宝文,郑松发,陈玉军,等. 几种红树林植物在深圳湾的引种

- 驯化试验[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 178 - 182
- [12] 林 鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 36 - 53
- [13] 李 玫, 廖宝文, 管 伟, 等. 广东省红树林寒害的调查[J]. 防护林科技, 2009(2): 29 - 31
- [14] 彭辉武, 郑松发. 海桑林寒害致死后互花米草再次入侵的研究[J]. 中国森林病虫, 2009, 28(3): 5 - 8
- [15] 李 博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 118 - 122
- [16] Sherman R E, Fahey T J, Battles J J. Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest[J]. Journal of Ecology, 2000, 88: 165 - 178
- [17] Juncosa A M, Tomlinson P B. A historical and taxonomic synopsis of Rhizophoraceae and Anisophyllaceae[J]. Annals of the Missouri Garden, 1988, 75: 1278 - 1295
- [18] Ball M C. Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients[J]. Trees, 2002, 16: 126 - 139
- [19] Krauss K W, Allen J A. Factors influencing the regeneration of the mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* (L) Lamk. on a tropical Pacific island[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 176: 49 - 60