

厦门滨海湿地红树林资源与互花米草入侵分布

刘亚军¹, 郑秋燕¹, 郭玉清¹, 汲珊珊¹, 陈建春², 李 军¹, 刘爱原³

(1. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门市海洋与渔业研究所, 福建 厦门 361008;

3. 集美大学图书馆, 福建 厦门 361021)

[摘要] 通过无人机巡视、卫星遥感图像分析及沿海岸地面调查等方式, 研究了2017年厦门滨海湿地红树林资源及互花米草的入侵情况。结果表明: 1) 厦门湾共有真红树林植物5科7属7种, 分别为秋茄(*Kandelia obovata*)、白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)和拉关木(*Laguncularia racemosa*), 其中秋茄和白骨壤为优势种; 2) 厦门红树植物分布在思明、湖里、集美、海沧和翔安5个行政区, 面积共76.1 hm², 其中翔安区下潭尾站位的红树林面积最大(50.4 hm²), 占厦门红树林总面积的66.33%, 目前厦门红树植物的人工恢复与重建以秋茄纯林, 以及秋茄和无瓣海桑混交种植为主; 3) 厦门互花米草入侵面积约69.7 hm², 81.42%分布在翔安区大嶝大桥两侧和九溪河口海域。根据调查结果, 提出了关于厦门红树林恢复重建与互花米草控制的两点建议: 1) 在加强白骨壤苗种繁育技术及红树幼苗藤壶防治技术研究的基础上, 大力种植本地种秋茄和白骨壤, 以生态方法控制互花米草的蔓延; 2) 加强对外来物种无瓣海桑和拉关木的种植地点、种植时间和种植数量等信息的登记制度, 建立一定的防控机制。

[关键词] 厦门; 滨海湿地; 红树林资源; 互花米草

[中图分类号] Q 948

Investigation on Mangrove Resources and Invasion of *Spartina alterniflora* in Xiamen

LIU Yajun¹, ZHENG Qiuyan¹, GUO Yuqing¹, JI Shanshan¹, CHEN Jianchun², LI Jun¹, LIU Aiyuan³

(1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Xiamen Institute of Oceanology and Fisheries, Xiamen 361008, China;

3. Library of Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In 2017, this study investigated mangrove resources and the intrusion of *Spartina alterniflora* in coastal wetlands in Xiamen by means of drone inspection, satellite remote sensing image analysis and coastal ground survey. The results showed that: 1) There were 5 families, 7 genera and 7 species of mangrove plants in Xiamen Bay, with *Kandelia obovata* and *Avicennia marina* as the dominant species, in addition to *Aegiceras corniculatum*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia apetala* and *Laguncularia racemosa*. 2) Xiamen mangrove plants were distributed in 29 stations in Siming, Huli, Jimei, Haitang and Xiang'an District, with a total area of 76.1 hm². The maximum is 50.4 hm², accounting for 66.33% of the total area of Xiamen man-

[收稿日期] 2019-05-22

[基金项目] 福建省自然科学基金项目(2017J01450); 厦门市海洋与渔业局项目“厦门红树林湿地重建和恢复效益评估”

[作者简介] 刘亚军(1996—), 男, 本科生, 从事海洋渔业科学研究。通信作者: 郭玉清(1965—), 从事海洋生态学研究。

groves at the Xiatanwei Station in Xiang'an District. At present, the artificial restoration and reconstruction of mangrove plants in Xiamen was dominated by the pure forest of *Kandelia obovata* and the mixed planting of *Kandelia obovata* and *Sonneratia apetala*. 3) The invasive area of *Spartina alterniflora* in Xiamen was about 69.7 hm², and 81.42% was distributed in the waters of the Dadeng Bridge in Xiang'an District and the Jiuxi River Estuary. According to the survey results, the author put forward two suggestions for the restoration and reconstruction of mangroves in Xiamen and the control of *Spartina alterniflora*: 1) Strengthen the research on the breeding techniques of *Avicennia marina* and the control techniques of barnacles adhesion the *Kandelia obovata* and *Avicennia marina* should be planted to ecologically control the spread of *Spartina alterniflora*; 2) Strengthen the registration system of information on the location, planting time and planting quantity of the exotic species, such as *Sonneratia apetala* and *Laguncularia racemosa*, and establish a certain prevention and control mechanism.

Keywords: Xiamen; coastal wetland; mangrove resources; *Spartina alterniflora*

0 引言

红树林是生长在热带与亚热带海湾、河口潮间带滩涂上特有的木本植物群落,处于陆地与海洋的过渡区域^[1]。红树林湿地具有防风消浪、促淤保滩、固岸护堤、净化海水和空气等多种生态功能,同时还具有重要的科研、科普教育与旅游价值。由其主导形成的红树林生态系统在维持滨海湿地生产力、生物多样性、环境及海岸安全等方面发挥着巨大的作用^[2]。

大约 25% 的世界海岸线有红树林的分布,涉及 112 个国家或地区。我国红树林分布区域位于世界红树林分布区的北缘^[3]。近几十年来,我国红树林地区遭受到严重的破坏,导致红树林大面积减少^[4]。同时,互花米草作为全球性的入侵种,对我国海洋生物多样性和生态环境造成了严重的影响^[5]。

厦门海岸线长达 254 km,滩涂面积广阔,加上又位于九龙江出海口,有淡水补充,适用于红树林生长的天然宜林地面积巨大。过去由于港湾围海造田、围滩养殖和填滩造陆等,厦门海岸红树林面积从 20 世纪 60 年代初的 320 hm² 降至 2004 年的 43 hm²^[6]。红树林的消失严重影响了厦门海湾的生态系统,使得生物多样性和滨海环境质量下降。与此同时外来物种互花米草入侵,使红树林的保护和恢复重建迫在眉睫^[7]。但目前还没有厦门湾红树林资源面积、分布及生长状况的完整数据,也缺乏互花米草入侵区域、面积及分布的准确数据。本研究拟采用无人机巡视、卫星遥感图像分析等信息化技术与传统方法集成的方式,调查厦门湾滨海湿地红树林面积、分布及生长状况,以及互花米草入侵现状,研究结果将对厦门市滨海湿地保护与修复方案的提出具有重要参考价值,对今后红树林湿地的恢复与重建、红树林资源的保护和管理产生积极的影响。

1 调查区域与方法

本研究从 2017 年 3 月到 12 月,在查阅前人资料的基础上,对厦门 6 个行政区进行无人机摄影与录像、卫星遥感图像分析、集思宝 GPS 手持机测量和沿海岸实地调查,对比分析判别红树林分布区域。

红树植物种类的鉴定:通过拍照和实地观测植株的叶脉、胚轴、花蕊等外部形态,并参照对比相关文献^[8-10]对各红树植物形态特征描述,然后才确定红树植物的种类。

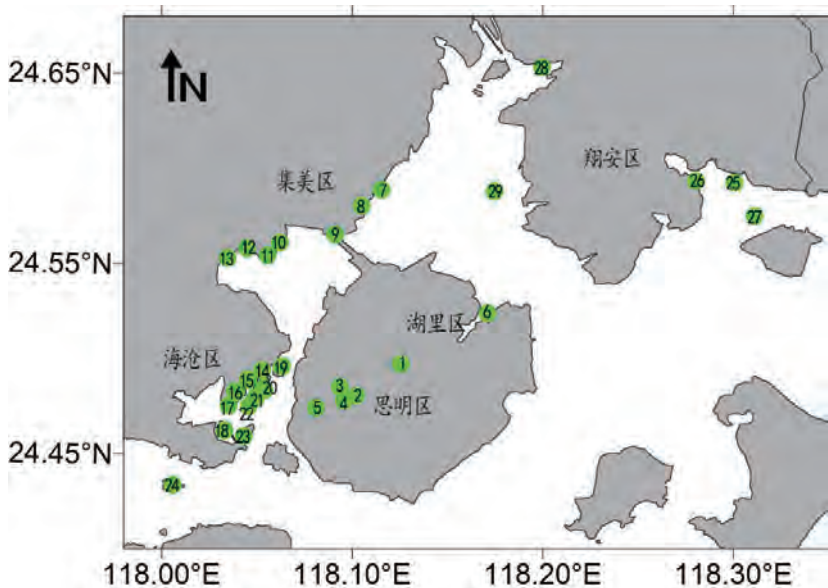
面积测量的方法视红树林面积大小及区域地形特点而定。在研究人员可到达的红树林分布区域,使用集思宝 GPS 测量仪围绕红树林实际形状进行沿途数据采集,即在每一个折转弯和每间距 5 m 处采集经纬度坐标数据,采集到的所有数据点在信息采集完毕会生成一个地理信息文件,最后把这个文件加载到 ArcGIS 软件中,利用软件的面积测量功能,即可得出该红树林区域的面积。对滩涂零散分布的小面积区域,使用软尺测量。对大面积飞行器可飞区域,使用大疆精灵 Phantom 3 无人机(分辨率:4000 px × 3000 px)低空飞行进行影像连续采集,对采集出来的影像利用 Agisoft Photo Scan 软件

将多幅相互重叠的图像序列进行空间配准，经图像融合后，即可形成一张宽视角场景的正射影像图，最后在 ArcGIS 平台下对正射影像图像进行几何校正后，准确地提取红树林的边界并计算其面积。对无法人工测量且禁飞区域，使用水经注和 Google Earth 卫星遥感图像对比分析，以确定红树林区域面积，再用 ArcGIS 进行面积测量。红树林植株高度采用软尺和博士能 Bushnell 测距仪测量。

2 结果

2.1 厦门红树植物的种类与分布

在 5 个行政区共发现 29 个站位有红树林的分布，通过红树植物形态生物学鉴定，掌握了厦门野外共有真红树林植物 5 科 7 属 7 种，分别是红树科(Rhizophoraceae) 的秋茄(*Kandelia obovata*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)，马鞭草科(*Verbenaceae*) 的白骨壤(*Avicennia marina*)，紫金牛科(*Myrsinaceae*) 的桐花树(*Aegiceras corniculatum*)，海桑科(*Sonneratiaceae*) 的无瓣海桑(*Sonneratia apetala*) 和使君子科(*Combretaceae*) 的拉关木(*Laguncularia racemosa*)。文献 [6] 记载，厦门还有老鼠簕(*Acanthus ilicifolius* L.)、海漆(*Excoecaria agallocha* Linn.) 和榄李(*Lumnitzera racemosa* Willd.) [6]，但本次调查中没有发现。7 种红树植物的分布见图 1，具体分布站位见表 1。



说明:1—江头公园,2—南湖公园,3—筭筭外湖导流堤,4—筭筭湖白鹭洲岛,5—筭筭内湖导流堤,6—五缘湾,7—集美大桥北端,8—凤林,9—厦门大桥北端,10—联发杏林湾一号,11—杏林大酒店,12—月美池公园,13—杏林南路立交,14—海沧大桥南公交场站,15—海岸 1 号公交站,16—泰地,17—东屿村,18—未来海岸,19—火烧屿,20—大兔屿,21—小兔屿,22—白兔屿,23—大屿,24—鸡屿,25—东园,26—九溪河口,27—大嶝岛,28—下潭尾,29—鳄鱼屿。

Notes:1—Jiangtou Park,2—Nanhu Park,3—Yundang Outer Lake diversion dike,4—Yundang Bailuzhou Island,5—Yundang Inner Lake diversion dike,6—Wuyuanwan,7—The northern end of Jimei Bridge,8—Fenglin,9—The northern end of Xiamen Bridge,10—Lianfa Xinglinwan No.1,11—Xinglin Hotel,12—Yuemeichi Park,13—Xinglin South Road Interchange,14—Haicang Bridge South Bus Station,15—Coast No.1 Bus Station,16—Taidi,17—Dongyu Village,18—Future Coast,19—Huoshao Island,20—Datu Island,21—Xiaotu Island,22—Baitu Island,23—Dayu Island,24—Ji Island,25—Dongyuan,26—Jiuxi River Estuary,27—Dadeng Island,28—Xia Tanwei,29—Crocodile Island.

图 1 厦门红树植物的分布区域图

Fig.1 Distribution of mangrove plants in Xiamen

从表 1 中可以看出秋茄和白骨壤在厦门沿海岸广泛分布。其中红树植物秋茄分布在 27 个站位且以 3 种形式出现:1) 秋茄纯林,主要分布于海沧区未来海岸站位和翔安区下潭尾站位的部分地块;2) 秋茄与无瓣海桑混交林,主要分布在集美区的集美大桥北端、凤林、厦门大桥北端 3 个站位和翔安区下潭尾“我爱中国”3 个图案的地块;3) 以秋茄为主,稀疏种植有木榄、红海榄、无瓣海桑、拉关木和白骨壤的混交林,主要分布在思明区筭筭湖区域(包括筭筭湖内、外导流堤和筭筭湖白鹭洲岛三个站位)。

表 1 厦门红树植物分布情况
Tab. 1 Distribution of mangrove species in Xiamen

| 行政区 District | 站位 Location | 经度 Longitude | 纬度 Latitude | 秋茄 K. obovata | 白骨壤 A. marina | 无瓣 海桑 S. apetala | 桐花树 A. arnicu- latum | 木榄 B. gymnor- rhiza | 红海榄 R. stylosa | 拉关木 L. racemo- sa | 物种数 Species number |
|-----------------|---|-----------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| 思明区 Siming | 筭筭外湖导流堤 Yundang Outer Lake diversion dike | 118°6'0" | 24°29'6" | √ | √ | √ | — | √ | √ | √ | 6 |
| | 筭筭内湖导流堤 Yundang Inner Lake diversion dike | 118°4'54" | 24°28'30" | √ | √ | √ | — | √ | √ | √ | 6 |
| | 筭筭湖白鹭洲岛 Yundang Bailuzhou Island | 118°5'43" | 24°28'54" | √ | √ | √ | — | √ | √ | √ | 6 |
| | 南湖公园 Nanhu Park | 118°6'2" | 24°28'49" | √ | √ | — | √ | √ | — | √ | 5 |
| | 江头公园 Jiangtou Park | 118°7'31" | 24°29'55" | √ | — | — | √ | √ | — | — | 3 |
| | | | | | | | | | | | |
| 湖里区 Huli | 五缘湾 Wuyuanwan | 118°10'18" | 24°31'24" | √ | √ | √ | — | — | — | √ | 4 |
| 集美区 Jimei | 凤林 Fenglin | 118°6'15" | 24°34'54" | √ | √ | √ | — | — | — | — | 3 |
| | 厦门大桥北端 The northern end of Xiamen Bridge | 118°5'28" | 24°33'55" | √ | √ | √ | — | — | — | — | 3 |
| | 月美池公园 Yuemeichi Park | 118°2'43" | 24°33'25" | √ | *√ | — | √ | — | — | — | 3 |
| | 集美大桥北端 The northern end of Jimei Bridge | 118°6'55" | 24°35'17" | *√ | | √ | — | — | — | — | 2 |
| | 杏林大酒店 Xinglin Hotel | 118°3'24" | 24°33'20" | √ | √ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 杏林南路立交 Xinglin South Road Interchange | 118°2'3" | 24°33'9" | * | √ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 联发杏林湾一号 Lianfa Xinglinwan No. 1 | 118°3'40" | 24°33'41" | — | — | — | — | — | — | * | 1 |
| 海沧区 Haicang | 泰地 Taidi | 118°2'32" | 24°29'1" | √ | √ | √ | √ | √ | — | — | 5 |
| | 大屿 Dayu Island | 118°2'38" | 24°27'38" | √ | √ | — | √ | √ | √ | — | 5 |
| | 海沧大桥南公交场站 Haicang Bridge South Bus Station | 118°3'19" | 24°29'43" | √ | *√ | — | √ | — | — | — | 3 |
| | 火烧屿 Huoshao Island | 118°3'48" | 24°29'52" | √ | √ | — | √ | — | — | — | 3 |
| | 东屿村 Dongyu Village | 118°2'15" | 24°28'38" | *√ | √ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 未来海岸 Future Coast | 118°2'4" | 24°27'47" | *√ | | — | — | — | — | √ | 2 |
| | 大兔屿 Datu Island | 118°3'13" | 24°29'14" | √ | √ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 海岸一号公交场站 Coast No. 1 Bus Station | 118°2'53" | 24°29'21" | | *√ | — | — | — | — | — | 1 |
| | 小兔屿 Xiaotu Island | 118°3'2" | 24°29'1" | √ | — | — | — | — | — | — | 1 |
| | 白兔屿 Baitu Island | 118°2'52" | 24°28'51" | √ | — | — | — | — | — | — | 1 |
| | 鸡屿 Ji Island | 118°0'7" | 24°26'3" | √ | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 翔安区 Xiang'an | 下潭尾 Xia Tanwei | 118°11'33" | 24°39'12" | √ | √ | √ | √ | √ | | √ | 6 |
| | 九溪河口 Jiuxi River Estuary | 118°17'29" | 24°35'25" | √ | *√ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 大嶝岛 Dadeng Island | 118°17'27" | 24°34'29" | √ | *√ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 鳄鱼屿 Crocodile Island | 118°10'27" | 24°35'16" | √ | √ | — | — | — | — | — | 2 |
| | 东园 Dongyuan | 118°17'49" | 24°35'5" | √ | — | — | — | — | — | — | 1 |

说明：“*”表示该种植物的优势度超过90%，“—”表示该站位这种植物不存在，“√”表示该站位这种植物存在。

Notes：“*” indicates that the plant has a dominance of more than 90%，“—” indicates that the plant does not exist at the station，“√” indicates that the plant exist at the station.

红树植物白骨壤分布在 20 个站位且主要分布在翔安区的九溪河口、大嶝岛和鳄鱼屿站位，集美区的月美池公园和杏林南路立交站位，海沧区的大兔屿站位。其中月美池公园内的白骨壤是厦门最古老的红树植物。

外来引种拉关木主要分布在集美区的联发杏林湾一号站位，思明区的筭筭湖区域和南湖公园站位，海沧区的泰地站位，以及翔安区下潭尾站位的 1 个地块。外来引种的无瓣海桑分布在思明区筭筭湖区域、湖里区的五缘湾站位和集美区部分站位。

红海榄分布在思明区的筭筭湖区域和海沧区的大屿岛站位。桐花树主要出现在海沧区的火烧屿站位和思明区的南湖公园与江头公园站位。木榄出现在思明区的筭筭湖区域、南湖公园和江头公园站位，海沧区的大屿岛站位和泰地站位，以及下潭尾站位的 1 个地块。

2.2 各行政区红树植物的面积及其主要分布

厦门的红树植物分布在思明、湖里、集美、海沧和翔安 5 个行政区，同安区没有分布。各行政区红树林的总面积为 760 536 m²，所占比例见表 2。

表 2 厦门各行政区红树林的面积及占比
Tab. 2 Area and proportion of mangroves in various administrative districts of Xiamen

| 行政区 District | 面积 Area/m ² | 面积占比 Area proportion/% |
|--------------|------------------------|------------------------|
| 思明区 Siming | 34 849 | 4.58 |
| 湖里区 Huli | 6 166 | 0.80 |
| 集美区 Jimei | 49 722 | 6.54 |
| 海沧区 Haicang | 95 950 | 12.62 |
| 翔安区 Xiang'an | 573 899 | 75.46 |
| 合计 Total | 760 536 | 100 |

思明区红树林的面积为 34 849 m²，该区红树林面积占厦门红树林总面积的 4.58%。其中筭筭湖区域红树林面积最大，为 33 498 m²。红树植物群落优势种为秋茄，伴有少量红海榄、木榄、无瓣海桑、白骨壤和拉关木。秋茄的平均高度为 4.0 m。该区的红树植物从水到岸，分为低潮位、中潮位、高潮位 3 个种植层次。

集美区红树林的面积为 49 722 m²，占厦门红树林总面积的 6.54%。凤林红树林面积最大，为 26 799 m²。红树植物群落为秋茄和无瓣海桑的混交林，其中秋茄平均高度为 4.0 m，无瓣海桑平均高度为 7.0 m，林间光滩上零散分布有自然繁殖的秋茄和白骨壤幼苗，幼苗藤壶附着且严重弯曲倒伏。

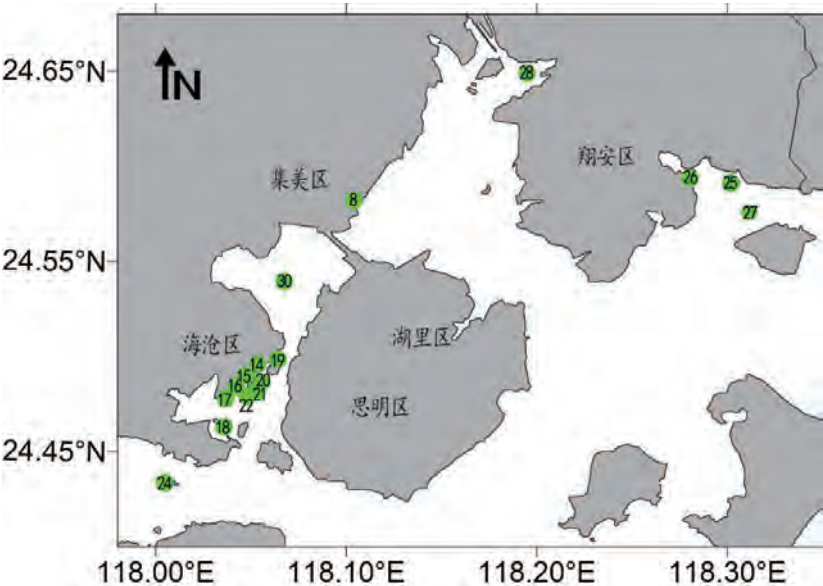
海沧区红树林的面积为 95 950 m²，占厦门红树林总面积的 12.62%。未来海岸红树林种植时间不足 1 年的未成林面积为 46 555 m²，占厦门红树林总面积的 6.12%，为单一种植的秋茄林，平均高度为 0.5 m，有小部分树根裸露、藤壶附着。发现少量的无瓣海桑幼苗。

翔安区红树林的面积为 573 899 m²，占厦门红树林总面积的 75.46%。下潭尾站位的红树林面积最大，为 504 403 m²，占厦门红树林总面积的 66.33%。该站位由 17 个大小不一的红树岛屿组成^[11]，红树植物群落优势种为秋茄和无瓣海桑，构成一定的分布图案。其中秋茄平均高度为 1.5 m，无瓣海桑平均高度为 3.5 m。火炬大桥西北岸边海域发现白骨壤、拉关木，以及少量的木榄和桐花树。

2.3 厦门湿地互花米草生态入侵分布现状

厦门互花米草分布在集美、海沧和翔安 3 个行政区的 17 个站位，总面积 696 800 m²。各行政区互花米草入侵的分布见图 2。

集美区互花米草的面积为 130 m²。只出现在凤林滩涂的互花米草入侵形成 6 个小斑块，最大的有 53 m²，最小的仅有 1.8 m²，平均密度为 150 株/m²，平均株高为 1.0 m。有些斑块内互花米草和秋茄、白骨壤幼苗共生。



说明: 8—凤林, 14—海沧大桥南公交场站, 15—海岸 1 号公交站, 16—泰地, 17—东屿村, 18—未来海岸, 19—火烧屿, 20—大兔屿, 21—小兔屿, 22—白兔屿, 24—鸡屿, 25—东园, 26—九溪河口, 27—大嶝岛, 28—下潭尾, 30—宝珠屿, 31—珩厝。

Notes: 8—Fenglin, 14—Haicang Bridge South Bus Station, 15—Coast No.1 Bus Station, 16—Taidi, 17—Dongyu Village, 18—Future Coast, 19—Huoshao Island, 20—Datu Island, 21—Xiaotu Island, 22—Baitu Island, 24—Ji Island, 25—Dongyuan, 26—Jiuxi River Estuary, 27—Dadeng Island, 28—Xia Tanwei, 30—Baozhu Island, 31—Hengcuo.

图 2 厦门互花米草入侵分布图

Fig.2 Invasion map of *Spartina alterniflora*

海沧区互花米草的面积为 6525 m², 占厦门互花米草总面积的 0.94% (见表 3)。在海沧大桥南公交场站、海岸 1 号公交站、未来海岸、泰地和东屿村站位发现, 互花米草主要出现在红树林的林边。通过无人机拍摄和登岛调查发现, 在宝珠屿、火烧屿、大兔屿、小兔屿、白兔屿和鸡屿也有分布, 并且在鸡屿和小兔屿上斑块面积大, 表明互花米草已经入侵到厦门的无人岛屿。

表 3 海沧区互花米草入侵分布区的位置和面积

Tab. 3 Location and area of *Spartina alterniflora* invasion area in Haicang District

| 站位 Location | 面积 Area/m ² | 面积占比 Area proportion/% | 密度 Density /(株·m ⁻²) | 平均高度 Average height /m |
|--|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 小兔屿 Xiaotu Island | 1792 | 0.26 | — | — |
| 鸡屿 Ji Island | 1730 | 0.25 | — | — |
| 白兔屿 Baitu Island | 861 | 0.12 | — | — |
| 大兔屿 Datu Island | 555 | 0.08 | — | — |
| 未来海岸 Future Coast | 504 | 0.07 | 140 | 1.1 |
| 泰地 Taidi | 351 | 0.05 | 98 | 0.9 |
| 海沧大桥南公交场站 Haicang Bridge South Bus Station | 297 | 0.04 | 90 | 1.5 |
| 东屿村 Dongyu Village | 232 | 0.03 | 150 | 0.7 |
| 海岸 1 号公交站 Coast No. 1 Bus Station | 80 | 0.01 | 120 | 1.35 |
| 宝珠屿 Baozhu Island | 73 | 0.01 | — | — |
| 火烧屿 Huoshao Island | 50 | 0.01 | — | — |
| 合计 Total | 6525 | 0.94 | | |

说明: “—” 表示没有野外人工实地测量。

Note: “—” indicates that there was no field survey.

翔安区互花米草的面积为 690 145 m²，占厦门互花米草总面积的 99.04%（见表 4）。厦门互花米草面积的 81.42% 分布在翔安区大嶝大桥两侧和九溪河口。大嶝大桥两侧互花米草入侵到稀疏红树林区域，排挤红树植物的空间，威胁红树林的扩张；九溪河口则入侵到河流入海口的淤泥质海滩。

表 4 翔安区互花米草入侵分布区的位置和面积

Tab. 4 Location and area of *Spartina alterniflora* invasion area in Xiang'an District

| 站位 Location | 面积 Area/m ² | 面积占比 Area proportion/% | 密度 Density /(株·m ⁻²) | 平均高度 Average height /m |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--|------------------------------|
| 九溪河口 Jiuxi River Estuary | 322 963 | 46.35 | — | — |
| 大嶝岛 Dadeng Island | 244 360 | 35.07 | 130 | 1.2 |
| 珩厝 Hengcuo | 62 474 | 8.97 | — | — |
| 东园 Dongyuan | 54 388 | 7.81 | — | — |
| 下潭尾 Xia Tanwei | 5 960 | 0.86 | 120 | 1.7 |
| 合计 Total | 690 145 | 99.04 | | |

说明：“—”表示没有野外人工实地测量。
Note：“—” indicates that there was no field survey.

3 讨论

3.1 厦门红树林资源量及其变化原因

厦门湾红树植物分布于厦门市辖的思明、湖里、集美、海沧和翔安 5 个行政区的 29 个站位，面积共 76.1 hm²。其中位于未来海岸种植不足 1 年的未成林面积占总面积的 6.12%，位于翔安区下潭尾的红树林面积占总面积的 66.33%，位于九溪河口的白骨壤面积占总面积的 4.03%，位于岛屿上的红树林面积占总面积的 3.25%。

调查发现，目前厦门红树植物的人工恢复重建以秋茄纯林，以及秋茄与无瓣海桑混交种植为主，主要分布在凤林湾、厦门大桥北端和下潭尾站位。在思明区的筓筓湖区域、南湖公园和江头公园站位，以及湖里区的五缘湾站位，以秋茄为主，混种有少量木榄、红海榄、无瓣海桑、拉关木和白骨壤。厦门本地物种白骨壤林主要分布在翔安区九溪河口、大嶝岛、月美池公园和鳄鱼屿，其间多混杂有少量秋茄和桐花树，这些站位是厦门红树林中存在时间最长的区域。

厦门红树林面积变化的原因与城市建设发展有密切联系。凤林红树林于 1989—1993 年间种植白骨壤纯林，植株呈低矮丛状，2004 年引种扩建后，新增物种秋茄、无瓣海桑、海桑、老鼠簕和红海榄，面积达到 8.4 hm²^[6]。本次调查该站位红树植物以秋茄为优势种，伴有无瓣海桑，仅发现少量白骨壤。该站现存面积仅为 2.7 hm²。滨海大道、集美大桥、污水处理厂的修建是造成此地红树林面积减少的主要原因。

互花米草入侵严重影响红树林的生长发育。互花米草和红树植物的生态位重叠^[12]。1997—1998 年在 大嶝海堤两头的滩涂上人工种植了秋茄和白骨壤，2004 年 4 月在实地勘察过程中发现秋茄长势较差，植株矮小呈灌丛状，叶片肉质化程度大（叶片小而厚），并且死亡个体较多，但未报道有互花米草的出现。本次调查发现，大嶝岛海域现有红树植物 2 种，以白骨壤为主伴有少量秋茄，面积为 3.4 hm²，周围互花米草入侵现象严重，入侵面积达到 24.4 hm²。互花米草的入侵对沿岸滩涂湿地生物多样性的维持构成威胁，严重影响滩涂湿地生态系统的结构和功能。

3.2 厦门红树植物种类的变化

本次调查发现厦门湾共有真红树林植物 5 科 7 属 7 种，以秋茄和白骨壤为优势种类，此外还有桐花树、木榄、红海榄、无瓣海桑和拉关木。文献 [6] 记载厦门还有老鼠簕、海漆和榄李，但本次调查中没有发现。

本次调查在筭筭湖区域、南湖公园、凤林和下潭尾湿地公园等6个站位发现人工种植两种非胎生红树物种——无瓣海桑与拉关木,这两种植物生长速度超过本地乡土树种成为各调查区域最高大的植物。黄晓敏等^[13]、方精云等^[14]探究了引种无瓣海桑对厦门海湾产生的生态影响问题,表明该人工引种15年的无瓣海桑对乡土红树植物秋茄的天然更新成长和扩散未产生影响;谭芳林等^[15]对福建省外来红树植物引种及扩散状况进行的调查表明,外来红树植物无瓣海桑和拉关木2个树种引种取得了一定程度的成功,在裸滩造林和互花米草入侵滩涂造林实践中效果也十分明显。但是,安东等^[16]在珠海淇澳二斜湾发现无瓣海桑已出现一定规模的自然更新幼苗种群,呈现出较明显的入侵性。钟才荣等^[17]在海南东寨港、广东电白红树林滩涂和福建莆田也发现拉关木抗盐能力比国内原分布种强,且其生长速度超过我国大部分原生的红树植物种类,存在造成物种入侵的可能性。对于无瓣海桑和拉关木是否为入侵种,学术界还存在一些争议,应该引起长期关注。

3.3 人工红树林幼林中藤壶的危害

随着近年来红树林恢复性造林面积的扩大,海洋污损生物藤壶对红树林幼林的危害问题日益突出^[18]。藤壶成为危害红树林面积最大、程度最高的污损生物,是严重影响人工红树林幼林正常生长发育的关键胁迫因子之一^[10]。本调查中发现,除南湖公园和江头公园站位外,其他地方都有秋茄和白骨壤植物被藤壶附着,在厦门大桥北端站位更为明显,藤壶几乎全部附满了幼树的茎、枝和叶,造成了植株生长变形或者倒伏死亡。李云等^[19]在海南东寨港红树林自然保护区的研究中表明,藤壶附着数量多少与海水盐度、潮水淹浸深度存在密切关系。

3.4 厦门互花米草的入侵状况

互花米草是影响中国红树林最严重的海洋入侵物种,直接危害中国红树林的生态健康,威胁着生态位相近的红树林。厦门地区关于互花米草的报道最早出现在20世纪90年代末,其种群的建立亦是人为引种的结果,部分种群是由九龙江口上游和泉州等地的种子漂移过来而自然建立的^[20]。2005年初厦门市海洋与渔业局测算,厦门市互花米草总面积约有3 hm²。本次调查发现厦门市互花米草面积已达到69.7 hm²,已经成功侵占光滩、红树林的边缘,甚至入侵到红树林内的林窗。调查还在许多岛屿上发现小面积的互花米草入侵。当初引入互花米草的目的是保滩护岸、改善海滩生态环境,不料却给当地的经济和生态带来了灾难。互花米草入侵破坏近海生物栖息环境,改变或破坏滨海滩涂湿地的生态群落结构,威胁红树林的生长,严重影响厦门滩涂湿地生态系统结构和功能。

4 关于厦门红树林恢复与互花米草控制的建议

秋茄和白骨壤为本地物种,现为厦门红树林的优势物种,对厦门各区生态环境具有较大的适应能力,两者皆可作为红树林生态恢复的首选物种。但发现目前红树植物的人工恢复重建以秋茄种植为主,白骨壤的种植很少。同时发现,红树幼苗藤壶危害严重。因此建议,要加强本地物种白骨壤苗种繁育技术及其藤壶防治技术研究,解决当前造林实践所急需。

红树植物对互花米草具有显著的控制效果,且在珠海淇澳岛已经试种成功^[21-22]。建议在九溪河口和大嶝海域大力种植白骨壤和秋茄这些本地红树植物,以生态方法控制互花米草蔓延,同时采用人工去除、覆盖遮荫、水淹或施用除草剂等措施,灭除现有互花米草,并监测其时空动态变化。还建议加强对外来物种无瓣海桑和拉关木的种植地点、数量等信息登记和管理,建立防控体系。

[参 考 文 献]

[1] 陈映霞. 红树林的环境生态效应 [J]. 海洋环境科学, 1995(4): 51-56.
[2] 范航清, 王文卿. 中国红树林保育的若干重要问题 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2017, 56(3): 323-330.
[3] SPALDING M, BLASCO F, FIELD C. World mangrove atlas [J]. Okinawa Japan International Society for Mangrove Ecosystems, 1997, 14(5): 723-724.

- [4] 刘亮, 范航清. 红树林宜林因子研究 [J]. 湿地科学与管理, 2010, 6(2): 57-60.
- [5] 廖宝文. 中国红树林恢复与重建技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 林鹏, 张宜辉, 杨志伟. 厦门海岸红树林的保护与生态恢复 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2005, 44(增刊 1): 1-6.
- [7] 赵彩云. 中国沿海互花米草入侵与防控管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [8] 李元跃. 几种红树植物叶的解剖学研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2006.
- [9] 王文卿, 王琨. 中国红树林 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [10] 林鹏. 中国红树林生态系 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [11] 官钦水. 浅析厦门下潭尾滨海湿地公园景观资源与景观营造 [J]. 中国园艺文摘, 2013, 29(8): 126-129.
- [12] 郭欣, 潘伟生, 陈粤超, 等. 广东湛江红树林自然保护区及附近海岸互花米草入侵与红树林保护 [J]. 林业与环境科学, 2018, 34(4): 58-63.
- [13] 黄晓敏, 卢昌义. 厦门海湾典型无瓣海桑人工种群特征和幼苗更新扩散现状研究 [J]. 生态科学, 2018, 37(5): 1-6.
- [14] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 等. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范 [J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- [15] 谭芳林, 卢昌义, 林捷, 等. 福建省外来红树植物引种及扩散状况调研报告 [J]. 福建林业, 2018(4): 28-33.
- [16] 安东, 缪绅裕, 陈蔚, 等. 珠海淇澳岛无瓣海桑人工林更新幼苗种群特征 [J]. 广州大学学报 (自然科学版), 2015, 14(1): 50-55.
- [17] 钟才荣, 李诗川, 杨宇晨, 等. 红树植物拉关木的引种效果调查研究 [J]. 福建林业科技, 2011, 38(3): 96-99.
- [18] 向平, 杨志伟, 林鹏. 人工红树林幼林藤壶危害及防治研究进展 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1526-1529.
- [19] 李云, 郑德璋, 郑松发, 等. 人工红树林藤壶危害及防治的研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11(4): 31-37.
- [20] 刘佳, 朱小明, 杨圣云. 厦门海洋生物外来物种和生物入侵 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2007, 46(增刊 1): 181-185.
- [21] 陈玉军, 郑松发, 廖宝文, 等. 红树植物控制互花米草技术 [J]. 林业实用技术, 2009(12): 35-36.
- [22] 刘滨尔, 廖宝文. 淇澳岛红树林改造试验 [J]. 生态科学, 2013, 32(5): 534-539.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄力行)