

外来与乡土红树种间竞争十五年的群落现状与发展趋势

黄晓敏^{1,2}, 诸 姮¹, 卢昌义^{1,2}

(1. 厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361102; 2. 河口生态安全与环境健康福建省高校重点实验室 厦门大学嘉庚学院, 福建 漳州 363105)

摘要: 为了探究经过 15 年种间竞争后的外来无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)与乡土红树植物秋茄(*Kandelia obovata*)的群落现状与发展趋势, 采用样方法对福建省厦门市同安湾典型红树林群落特征开展实地研究。结果表明: (1)无瓣海桑是无瓣海桑群落中的优势种, 而秋茄仅在该群落北侧与无瓣海桑少量混交, 秋茄+无瓣海桑群落为种植秋茄和无瓣海桑的茂密混交林; (2)调查幼苗天然更新情况中发现, 在两个群落中秋茄均有幼苗自然生长, 但均未发现无瓣海桑幼苗; (3)生长状况的调查发现, 无瓣海桑长势较秋茄差, 其倒伏数量和倒伏程度明显比秋茄严重; (4)无瓣海桑在秋茄+无瓣海桑群落中的生长状况优于在无瓣海桑群落, 倒伏程度较轻。综上所述, 无瓣海桑在福建省厦门市该研究样地及其周边更新成林和扩散困难, 未有入侵秋茄群落的优势; 无瓣海桑在风浪环境下, 较秋茄更易出现倒伏和枯死等不可逆生长现象; 红树林种植过程中采用“外来种+乡土种”的模式, 可提高整个林分的抗风浪能力, 但需注意种植布局规格的合理性, 可避免外来速生快长种与乡土种紧邻混交产生较大的种间竞争, 减小对乡土种生长的影响。

关键词: 无瓣海桑(*Sonneratia apetala*); 秋茄(*Kandelia obovata*); 种间竞争; 外来种风险

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2019)09-0027-07

DOI: 10.11759/hyxx20190411001

生长着热带亚热带海岸特有的木本植被的红树林生态系统是一个脆弱且敏感的生态系统^[1]。从 20 世纪 70 年代开始, 由于人类活动频繁, 全世界超过 1/3 的红树林消失, 并还在以每年约 1.5% 的速率递减^[2], 世界红树林的面积有不断减少的趋势^[3]。在中国, 由于人类活动, 许多天然红树林的面积也在迅速减少。无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)是隶属于海桑科(*Sonneratiaceae*), 海桑属(*Sonneratia*)的红树树种, 由于其生长速度较快, 并能在较恶劣的滩涂上生长, 扩大红树种质资源, 改善滩涂环境, 因此 1985 年被引种至海南省东寨港, 目前是华南沿海还绿恢复应用中最重要树种之一^[4-6], 为我国红树林面积增加做出贡献^[7]。为了保护红树林, 中国已将红树林造林纳入“十二五”和“十三五”湿地保护实施规划, 实施“南红北柳”、“蓝色海湾”国家重大海洋生态工程。由于计划中超过 80% 的红树林种植地为难以直接种植乡土红树林立地, 若要完成国家目标, 势必在困难立地条件中大规模的种植外来红树植物^[8]。但由于无瓣海桑为外来引进红树, 学者们对其生态安全问题产生了较大的争论。

本研究样地内的无瓣海桑和秋茄(*Kandelia obovata*)于 2004 年人工种植。目前, 该红树林群落已生长 15 年, 是厦门市同安湾典型的红树林群落。至今为止, 未见有对该地植物群落的研究报道。由于该地同时有外来红树植物种类和本地种类混交, 经 15 年种间竞争, 群落的林相结构已进入成熟和相对稳定阶段, 对该地红树群落特征的现状调查, 分析其群落组成和结构, 可以揭示外来种和本地种竞争和共存的规律, 从而反映其生境条件以及空间上的联系^[9], 同时有助于探究引种无瓣海桑的生态影响效果, 为将来引进无瓣海桑的种植工作提供阶段性的监控资料和科学依据。

收稿日期: 2019-04-11; 修回日期: 2019-06-08

基金项目: 国家科技部重点研发专项项目(2017YFC0506103)

[Foundation: Key Project of the Ministry of Science and Technology of the Ministry of Science and Technology, special project, No.2017YFC0506103]

作者简介: 黄晓敏(1994-), 女, 福建龙岩人, 硕士研究生, 主要从事外来红树植物生态研究, 电话: 15659978843, E-mail: 1016482556@qq.com; 卢昌义, 通信作者, 教授, 博士生导师, 电话: 18959286928, E-mail: lucy@xmu.edu.cn

1 研究区自然概况

研究地位于福建省厦门市同安湾湾顶,海翔大道和东界路的交叉路口处。地理坐标为 24°38'09"N, 118°11'41"E。该地属于典型的亚热带海洋性气候,年平均气温为 21.2℃,年平均降雨量约 1 238 mm。潮

汐为正规半日潮,平均潮差为 4.6 m。种植土壤脚踩泥深度为 30~40 cm。研究地人工种植面积约 4 hm²,无瓣海桑为带土球实生苗种植,种植密度为 2 m×2 m;秋茄为胚轴插植,种植密度为 0.2 m×0.3 m。如图 1 所示,标记“样地 1”为无瓣海桑群落分布地,标记“样地 2”为秋茄+无瓣海桑群落分布地。

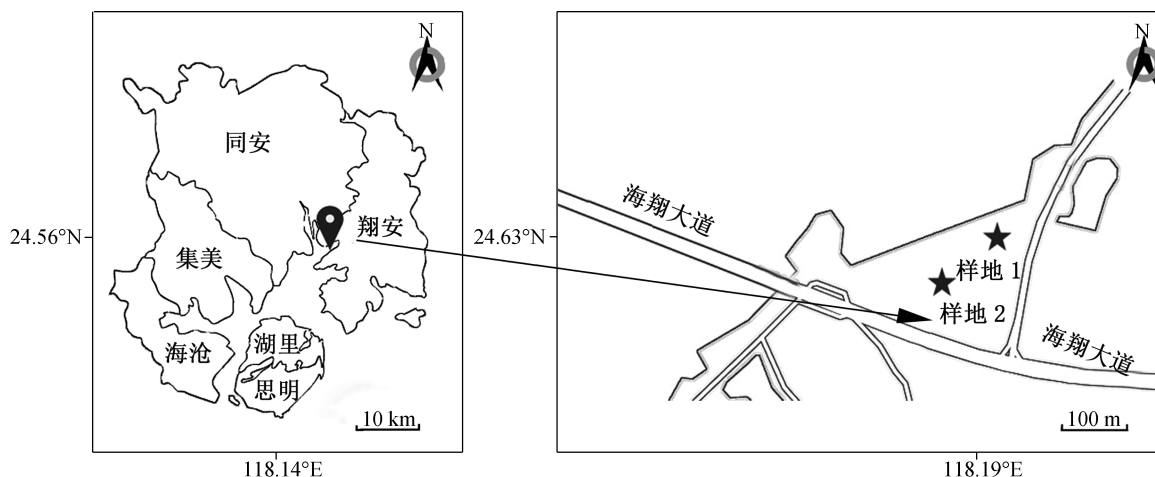


图 1 厦门市同安湾红树林群落研究样地图

Fig. 1 Field survey location of main mangrove communities in Xiamen Tongan Bay

2 调查方法

参照方精云等^[10]的样方调查方法,本研究于 2018 年 11 月对该研究地两个群落进行样方调查。根据实际情况,在无瓣海桑群落中沿群落的长边方向依次设置了 4 个 10 m×10 m 的样方,其中在群落最北边有无瓣海桑和秋茄混交的样方附近再设置了 1 个 10 m×10 m 的样方。在秋茄+无瓣海桑群落中沿着群落的长边方向依次设置 3 个 10 m×10 m 的样方。两个群落共设置了 8 个样方。对样方内的植物进行每木调查,分别记录物种名、高度、胸径、冠幅和生长状况等信息,并调查林内植物幼苗更新情况。重要值计算方法参照许会敏等^[11]的计算方法。

3 结果与讨论

3.1 红树林植物群落结构特征

3.1.1 无瓣海桑群落

该群落为浅绿色斑块,组成树种为无瓣海桑和秋茄,群落结构简单,以无瓣海桑为单优构成,郁闭度约 60%,林内呼吸根密集。无瓣海桑长势不好,多向西南侧不同程度倒伏,平均高度为 5.33 m±0.60 m,平均胸径为 9.36 cm±0.23 cm,平均冠幅 2.92 m±0.26 m,

密度为 27.2 株/100 m²,重要值为 76.28%。秋茄与无瓣海桑少量混交种植在该群落的北侧,平均树高为 4.00 m±0.08 m,平均胸径为 3.97 cm±0.74 cm,平均冠幅 1.49 m±0.01 m,密度为 34 株/100 m²,重要值为 23.72%。林内因无瓣海桑倒伏现象严重,形成的林窗较多,但林下少见秋茄幼苗,也未发现无瓣海桑幼苗。

3.1.2 秋茄+无瓣海桑群落

该群落为种植秋茄和无瓣海桑的茂密混交林,两种树各占据自己的生态位生长,林相整齐,郁闭度在 85%以上,林分高度为 1~7 m,冠层深绿色并混夹着浅绿色,林下呼吸根密集。秋茄平均树高为 3.16 m±0.28 m,平均胸径为 2.83 cm±0.06 cm,平均冠幅为 0.57 m±0.01 m,密度为 209.67 株/100 m²,重要值为 70.14%。无瓣海桑平均树高为 4.77 m±0.12 m,平均胸径为 10.03 cm±0.41 cm,平均冠幅为 2.58 m±0.08 m,密度为 9 株/100 m²,重要值为 29.86%。调查发现,林内秋茄幼苗密度为 7.67 株/100 m²,平均高度为 25.43 cm,未发现无瓣海桑幼苗。

3.2 红树林植物的生长情况

3.2.1 无瓣海桑群落的生长情况

在无瓣海桑群落设置了 5 个样方,各样方红树

表 1 无瓣海桑群落组成及基本特征

Tab. 1 Composition and basic characteristics of *S. apetala* community

物种名	株数/ 株	平均高度/ m	平均胸径/ cm	平均冠幅/ m	密度/ (株/100 m ²)	相对密度/ %	相对频度/ %	相对 显著度/%	重要值/ %
无瓣海桑	136	5.33±0.60	9.36±0.23	2.92±0.26	27.2(136/5)	66.67	71.43	90.73	76.28
秋茄	68	4.00±0.08	3.97±0.74	1.49±0.01	34(68/2)	33.33	28.57	9.27	23.72

表 2 秋茄+无瓣海桑群落组成及基本特征

Tab. 2 Composition and basic characteristics of *K. obovata* + *S. apetala* community

物种名	株数/ 株	平均高度/ m	平均胸径/ cm	平均冠幅/ m	密度/ (株/100 m ²)	相对密度/ %	相对频度/ %	相对 显著度/%	重要值/ %
秋茄	629	3.16±0.28	2.83±0.06	0.57±0.01	209.67(629/3)	95.88	50	64.53	70.14
无瓣海桑	27	4.77±0.12	10.03±0.41	2.58±0.08	9(27/3)	4.12	50	35.47	29.86

植物的生长情况如表 3 所示。秋茄只出现设置在群落北侧的第 1 和第 2 个样方中, 总共有 68 株, 全部都呈现茎斜, 无枯死和倒伏现象。而无瓣海桑在 5 个样方中都有出现, 共调查了 136 株, 都无出现茎斜现象。在样方 1 中, 无瓣海桑有 1 株枯死, 倒伏的无瓣海桑株数占该样方无瓣海桑种群数量的 91.67%, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 6 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 4 株, 倒伏幅度为 60°~90°的有 2 株。样方 2 中, 无瓣海桑全部倒伏, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 4 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 2 株, 倒伏幅度为 60°~90°的

有 2 株。样方 3 中有 3 株无瓣海桑枯死, 倒伏的无瓣海桑株数占该样方无瓣海桑种群数量的 97.43%, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 20 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 11 株, 倒伏幅度为 60°~90°的有 7 株。样方 4 中有 3 株无瓣海桑枯死, 45 株无瓣海桑全部倒伏, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 25 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 9 株, 倒伏幅度为 60°~90°的有 11 株。样方 5 中有 4 株无瓣海桑枯死, 32 株无瓣海桑全部倒伏, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 19 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 2 株, 倒伏幅度为 60°~90°的有 11 株。

表 3 无瓣海桑群落各红树植物的生长情况

Tab. 3 Growth of mangrove plants in the *S. apetala* community

样方号	物种名	株数/ 株	枯死 株数/株	仅茎斜 株数/株	占种群 比例/%	倒伏 株数/株	占种群 比例/%	倒伏幅度 0°~30°	倒伏幅度 30°~60°	倒伏幅度 60°~90°
1	秋茄	36	0	36	100	0	0	0	0	0
	无瓣海桑	12	1	0	0	11	91.67	6	4	2
2	秋茄	32	0	32	100	0	0	0	0	0
	无瓣海桑	8	0	0	0	8	100	4	2	2
3	无瓣海桑	39	3	0	0	38	97.43	20	11	7
4	无瓣海桑	45	3	0	0	45	100	25	9	11
5	无瓣海桑	32	4	0	0	32	100	19	2	11

3.2.2 秋茄+无瓣海桑群落的生长情况

在秋茄+无瓣海桑群落中沿样地长边方向依次设置了 3 个样方, 各样方红树植物的生长情况如表 4 所示。共调查秋茄 629 株, 其中只有 1 株枯死。样方 1 中茎斜的秋茄株数占该样方秋茄种群数量的 48.92%, 倒伏株数为 0 株。样方 2 茎斜的秋茄株数占该样方秋茄种群数量的 21.71%, 倒伏株数占该样方秋茄种群数量的 16.45%, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 25 株。样方 3 茎斜的秋茄株数占该样方秋茄种群数量的

24.12%, 倒伏株数占样方内秋茄种群数量的 17.09%, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 20 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 14 株。而无瓣海桑共调查了 27 株, 其中只有 1 株枯死。3 个样方中都没有茎斜的无瓣海桑。样方 1 中倒伏的无瓣海桑株数占该样方无瓣海桑种群数量的 90%, 其中倒伏幅度为 0°~30°的有 3 株, 倒伏幅度为 30°~60°的有 4 株, 倒伏幅度为 60°~90°的有 2 株。样方 2 中无瓣海桑全部倒伏, 并且倒伏幅度都为 0°~30°。样方 3 中无瓣海桑也全部倒伏,

表 4 秋茄+无瓣海桑群落各红树植物的生长情况

Tab. 4 Growth of mangrove plants in the *K. obovata* + *S. apetala* community

样方号	物种名	株数/株	枯死株数/株	仅茎斜株数/株	占种群比例/%	倒伏株数/株	占种群比例/%	倒伏幅度 0°~30°	倒伏幅度 30°~60°	倒伏幅度 60°~90°
1	秋茄	278	0	136	48.92	0	0	0	0	0
	无瓣海桑	10	1	0	0	9	90	3	4	2
2	秋茄	152	0	33	21.71	25	16.45	25	0	0
	无瓣海桑	10	0	0	0	10	100	10	0	0
3	秋茄	199	1	48	24.12	34	17.09	20	14	0
	无瓣海桑	7	0	0	0	7	100	6	1	0

其中倒伏幅度为 0°~30°的有 6 株，倒伏幅度为 30°~60°的有 1 株。

4 讨论

该研究地红树林为 2004 年人工种植，目前已经历了 15 年的种间竞争演替和相互协调适应。2018 年 11 月对该片红树林进行实地调查发现，在两个群落林内和林外都有发现秋茄幼苗，却均未发现无瓣海桑幼苗和幼树。无瓣海桑在低盐海岸的潮间带生长的更好^[12]，当盐度高于 15 时，种子不能萌发^[5]。研究区域春季海水平均盐度为 22.2，秋季海水平均盐度为 21.8，均不适合无瓣海桑种子萌发。阳性植物无瓣海桑的种子成熟后在林内天然更新困难^[13]，调查过程中发现尽管无瓣海桑群落中有较多林窗，林下阳光也还充足，但仍未见无瓣海桑幼苗生长，可见盐度是制约无瓣海桑种子萌发和幼苗生长至关重要的一个生态因子，并且无瓣海桑属于热带树种，其具有低抗寒性，有利于无瓣海桑种子发芽的一般条件是温度为 25~35℃^[14]，而福建省厦门市属于无瓣海桑引种的较北地区，极端低温天气势必会对其种子萌发和幼苗生长产生不利影响。谭芳林等^[15]认为无瓣海桑的入侵性问题应因地讨论，福建省作为红树林分布的最北界，应与红树林分布的南边区域情况有所区别，并且在厦门市集美海湾也同样发现无瓣海桑在研究样地中无更新扩散现象^[16]。该研究区湿地属于河口型滨海湿地，地势低洼，滩涂发育，水动力弱，以潮汐作用为主。为正规半日潮，潮水涨潮时流向东北，潮落时流向西南，主风向为东北，其次为东南季风，每年 7—9 月受台风影响^[17]。种植土壤为粘稠淤泥。杜钦等^[18]研究表明无瓣海桑>10 mm 的粗根集中分布于 0~20 cm 深度的土壤，分布在土壤 20 cm 以下深度的根系较少。而秋茄茎基部粗大，有板状根或密集小支柱根^[12]。林鹏等^[17]发现秋茄的板状根适

应泥泞环境且可抗御风浪。在两个群落中调查红树植物生长情况可知，无瓣海桑的倒伏现象明显比秋茄严重，且无瓣海桑倒伏程度比秋茄大，可能是由于无瓣海桑根系分布较浅，并且缺乏粗根系，而秋茄为板状根，茎基粗大，因此无瓣海桑锚固作用不强，在风浪里容易倒伏，而秋茄易出现茎斜现象。

红树林是多种沿海滩涂木本植物群落的统称，多树种、多层次组成的红树林，能更好地发挥其生态功能^[20]。有目的地引进一些优良的红树树种，既可丰富群落物种多样性，又能提高林分的质量，使其防护功能、景观价值等得以充分发挥^[21]。田野等^[22]研究发现红树林的消波率随林分胸高以下体积密度的增加而增大。此次调查发现在无瓣海桑群落中无瓣海桑倒伏程度大，倒伏幅度在 60°~90°的植株不少，且枯死的无瓣海桑数量较多。而在秋茄+无瓣海桑群落里，由于其植被密度较大，且林分结构较复杂，因此秋茄+无瓣海桑群落的抗风能力更强，群落内的无瓣海桑受风浪影响较小，倒伏程度较小，倒伏幅度多集中在 0°~30°。陈国贵等^[23]研究发现在一定程度上，无瓣海桑与秋茄之间的混交种植间距越小，对秋茄生物量的积累、增长速率等抑制作用也会越强。由于乡土红树植物秋茄为生长缓慢的低矮小乔木，年均树高生长不足 0.5 m，而外来种无瓣海桑为生长较快的高大乔木，年均树高生长 1~2 m^[20]，并且两种植物同为喜光植物，若在造林规划过程中，两种红树植物的种植间距较小，高大的无瓣海桑势必会对低矮的秋茄形成遮光，对秋茄的生长造成影响。因此在人工造林过程中需设定合理的种植密度和间距，无瓣海桑株行距可设置为 3 m×2 m 或 2 m×2 m，避免外来速生快长的树种与乡土种相近混交产生较大的种间竞争，从而影响乡土种的生长，同时还需根据滩面高程和每种红树植物适合生长的潮位来选择相应的造林树种，使各个红树树种在群落中占据不同生态

位,充分利用生境资源正常生长,逐步形成分布结构合理、生态功能稳定、景观优美的红树林体系^[20]。

5 结论

通过对福建省厦门市同安湾主要红树林群落特征调查,可以得到以下结论:(1)调查样地中未见无瓣海桑幼苗,但乡土红树植物秋茄有幼苗生长,说明外来红树植物无瓣海桑在福建省厦门市该样地中及其周边更新成林和扩散困难。我国红树林分布区域跨越纬度大,温、盐、底质等生境条件不同,讨论生物的入侵性问题,应有区别,而不能一刀切,一概而论。任何事物都有两面性,外来树种要通过加强管控、扬长避短,完全可以充分发挥它的正面作用。(2)在风浪环境中,外来红树植物无瓣海桑较乡土红树植物秋茄更易出现倒伏和枯死等不可逆生长现象,对当地环境的适应能力,乡土红树植物秋茄比外来物种无瓣海桑更强。(3)人工造林过程中应注意因地适树,科学造林,采用“引进种+乡土种”的混交人工种植恢复模式,可提高红树林林分的抗风浪能力,同时需设定规划合理的种植规格、设定一定的空间间隔。通过种植规格形成外来种与乡土种的生态位距离或分隔,混交林群落内均有一定数量高度不一的植物种,错落的空间使得不同群落能充分利用光、热、空间等资源,又不互相干扰,避免外来种类与乡土种类相近混交产生较大的种间竞争,从而排挤乡土种的生长。(4)有必要对外来引进种无瓣海桑的现状和动态情况进行长期监测,可为今后无瓣海桑的合理引种提供科学依据。

致谢:感谢厦门大学环境与生态学院工程技术人员杨志伟老师提供的研究区红树植物种植资料,感谢参与本次调查工作的厦门大学环境与生态学院的陈天白同学。

参考文献:

- [1] 邢永泽,周浩郎,阎冰,等. 广西沿海不同演替阶段红树群落沉积物粒度分布特征[J]. 海洋科学, 2014, 38(9): 53-58.
Xing Yongze, Zhou Haolang, Yan Bing, et al. Characteristics of sediment grain size distribution of mangrove communities at different successional stages along the Coast of Guangxi[J]. Marine Sciences, 2014, 38(9): 53-58.
- [2] 罗忠奎,黄建辉,孙建新. 红树林的生态学功能及其资源保护[J]. 亚热带资源与环境学报, 2007, 2: 37-47.
Luo Zhongkui, Huang Jianhui, Sun Jianxin. On ecological functions and conservation of mangrove forest[J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2007, 2: 37-47.
- [3] 邱霓,徐颂军,邱彭华,等. 珠海淇澳岛红树林群落分布与景观格局[J]. 林业科学, 2019, 55(1): 1-10.
Qiu Ni, Xu Songjun, Qiu Penghua, et al. Community distribution and landscape pattern of the mangrove on the Qi'ao island, Zhuhai[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2019, 55(1): 1-10.
- [4] 彭友贵,徐正春,刘敏超. 外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响[J]. 生态学报, 2012, 32(7): 2259-2270.
Peng Yougui, Xu Zhengchun, Liu Minchao. Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species *Sonneratia apetala*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2259-2270.
- [5] 唐以杰,陈思敏,方展强,等. 汕头 3 种人工红树林湿地大型底栖动物群落的比较[J]. 海洋科学, 2016, 40(9): 53-60.
Tang Yijie, Chen Simin, Fang Zhanqiang, et al. Comparison of macrofaunal communities in wetlands of three kinds of artificial mangroves in Shantou[J]. Marine Sciences, 2016, 40(9): 53-60.
- [6] 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.
Liu Binger, Liao Baowen. Mangrove reform-planting trial on Qi'ao island[J]. Ecological Science, 2013, 32(5): 534-539.
- [7] 彭逸生,李皓宇,曾瑛,等. 广东韩江三角洲地区红树林群落现状及立地条件[J]. 林业科学, 2015, 51(12): 103-112.
Peng Yisheng, Li Haoyu, Zengying, et al. Current status and site conditions of mangrove forest community in Hanjiang river delta of Guangdong province[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2015, 51(12): 103-112.
- [8] 范航清,莫竹承. 广西红树林恢复历史、成效及经验教训[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 363-371, 387.
Fan Hangqing, Mo Zhucheng. The history, achievements and lessons learnt for mangrove restoration in Guangxi, China[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(4): 363-371, 387.
- [9] 刘静,马克明,曲来叶. 广东湛江红树林国家级自然保护区优势乔木群落的物种组成及结构特征[J]. 生态科学, 2016, 35(3): 1-7.
Liu Jing, Ma Keming, Qu Laiye. Species composition and community structure of dominant mangrove forests in Zhanjiang Mangrove National Nature Reserve, Guangdong Province[J]. Ecological Science, 2016, 35(3): 1-7.
- [10] 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.
Fang Jingyun, Wang Xiangping, Shen Zehao, et al. Methods and protocols for plant community inventory[J].

- Biodiversity Science, 2009, 17(6): 533-548.
- [11] 许会敏, 叶蝉, 张冰, 等. 湛江特呈岛红树林植物群落的结构和动态特征[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 864-869.
Xu Huimin, Ye Chan, Zhang Bing, et al. Structure and dynamic succession on mangrove communities from Techeng island, Zhanjiang, Guangdong, China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(4): 864-869.
- [12] 潘良浩, 史小芳, 曾聪, 等. 广西红树林的植物类型[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 352-362.
Pan Lianghao, Shi Xiaofang, Zeng Cong, et al. The plant types of mangroves in Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(4): 352-362.
- [13] 吴地泉. 漳江口红树林国家级自然保护区无瓣海桑的扩散现状研究[J]. 防护林科技, 2016, 7: 33-35.
Wu Diquan. Current diffusion of *Sonneratia apetala* in Zhangjiangkou mangrove national nature reserve[J]. Protection Forest Science and Technology, 2016, 7: 33-35.
- [14] 李云, 郑德璋, 廖宝文, 等. 盐度与温度对红树植物无瓣海桑种子发芽的影响[J]. 林业科学研究, 1997, 2: 30-35.
Li Yun, Zheng Dezhang, Liao Baowen, et al. Effects of salinity and temperature on germination of the seeds of *Sonneratia apetala*[J]. Forest Research, 1997, 2: 30-35.
- [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.
Tan Fanglin, Lu Changyi, Lin Jie, et al. Investigation report on the introduction and spread of alien mangrove plants in Fujian Province[J]. Fujian Forestry, 2018, 4: 28-33.
- [16] 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.
Huang Xiaomin, Lu Changyi. Studies on the characteristics of artificial population of *Sonneratia apetala* and the current recruitment and dispersal of the seedlings in Xiamen Bay, China[J]. Ecological Science, 2018, 37(5): 1-6.
- [17] 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.
Guang Qinshui. The analysis of the landscape resources and Xiamen Xiatanwei coastal wetland park landscape construction[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2013, 29(8): 126-129.
- [18] 杜钦, 段文军, 李丽凤. 北部湾不同龄期无瓣海桑植株根系时空分布特征[J]. 生态环境学报, 2018, 27(3): 445-451.
Du Qin, Duan Wenjun, Li Lifeng. The temporal-spatial distribution traits of *Sonneratia apetala* Buch. Ham root system under varying planting ages in the Beibu gulf, China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2018, 27(3): 445-451.
- [19] 林鹏, 张宜辉, 杨志伟. 厦门海岸红树林的保护与生态恢复. 厦门大学学报(自然科学版)[J]. 2005, (S1): 1-6.
Lin Peng, Zhang Yihui, Yang Zhiwei. Protection and restoration of mangroves along the coast of Xiamen[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2005, (S1): 1-6.
- [20] 张苏玮. 漳浦县滨海湿地红树林生态恢复措施[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2010, 16(1): 161-163, 179.
Zhang Suwei. Ecological restoration measures of mangrove forests in coastal wetland of Zhangpu county[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2010, 16(1): 161-163, 179.
- [21] 陈玉军, 郑松发, 廖宝文, 等. 珠海市淇澳岛红树林引种扩种问题的探讨[J]. 广东林业科技, 2002, 2: 31-36.
Chen Yujun, Zheng Songfa, Liao Baowen, et al. Discussion on the introduction and afforestation of mangrove at Qi'ao island in Zhuhai city[J]. Forestry and Environmental Science, 2002, 2: 31-36.
- [22] 田野, 陈玉军, 侯琳, 等. 广东湛江无瓣海桑红树林消波效应初步研究[J]. 浙江农业科学, 2014, 2: 210-213.
Tian Ye, Chen Yujun, Hou Lin, et al. Preliminary study on the wave-eliminating effect of the non-petal sea grove in Zhanjiang, Guangdong[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2014, 2: 210-213.
- [23] 陈国贵, 李元跃, 蔡丽钦, 等. 红树植物外来种无瓣海桑对乡土种秋茄形态特征与生物量的影响[J]. 海洋科学, 2017, 41(6): 26-33.
Chen Guogui, Li Yuanyue, Cai Liqin, et al. Impacts of alien species *Sonneratia apetala* on morphological characteristics and biomass of native species *Kandelia candel*[J]. Marine Sciences, 2017, 41(6): 26-33.

Community status and development trend of exotic and native mangrove species after 15 years of interspecific competition

HUANG Xiao-min^{1,2}, ZHU Heng¹, LU Chang-yi^{1,2}

(1. College of Environment and Ecology, Xiamen University Xiamen 361102, China; 2. Key Laboratory of Estuarine Ecological Security and Environmental Health of Fujian Province University, Tan Kah Kee College, Xiamen University Zhangzhou 363105, China)

Received: Apr. 11, 2019

Key words: *Sonneratia apetala*; *Kandelia obovata*; interspecific competition; exotic risk

Abstract: The aim of this study was to examine the community status and the development trend of exotic and native mangrove species after 15 years of interspecific competition. Based on the field survey conducted using the quadrat method, the changes in the characteristics of a typical mangrove community that occurred during the past 15 years in Xiamen Tong'an Bay were analyzed. Results showed the following trend: (1) In the *Sonneratia apetala* community, *S. apetala* was the dominant species. *Kandelia obovata* was planted only on the north side of the community along with *S. apetala*. The *K. obovata* + *S. apetala* community grew densely and included both *K. obovata* and *S. apetala*. (2) Investigation of the natural regeneration of seedlings in the two communities revealed no seedlings of *S. apetala*. However, *K. obovata* seedlings were found growing naturally in both communities. (3) Investigation of the growth of mangrove plants in the two communities showed that the growth of *S. apetala* was much lower than that of *K. obovata*. Furthermore, the lodging phenomenon and the lodging degree of *S. apetala* were significantly worse than those of *K. obovata*. (4) The growth status of *S. apetala* in the *K. obovata* + *S. apetala* community was better than that in the *S. apetala* community. In summary, the recruitment and dispersal of *S. apetala* in this research area were extremely difficult and had no advantage of invasion to the *K. obovata* community. The irreversible growth phenomena of *S. apetala* such as lodging and withering were more likely to occur in the wind and wave environment. Therefore, the artificial planting mode of "exotic species + native species" should be adopted as this mode could improve the ability to resist wind and waves of the mangrove. However, it is also necessary to focus on the reasonable planting layout to avoid interspecific competition between the exotic species and the native species.

(本文编辑: 康亦兼)