

文章编号: 1001-1498(2003)04-0418-05

# 外来种无瓣海桑种内、种间竞争关系研究

廖宝文<sup>1</sup>, 李 玫<sup>1</sup>, 郑松发<sup>1</sup>, 陈玉军<sup>1</sup>, 郑馨仁<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 海南省东寨港国家级自然保护区, 海南 琼山 571129)

**摘要:** 根据海南岛东寨港红树林区调查数据, 采用 Hegyi 单木竞争指数模型研究外来种无瓣海桑(1985年引进)林内的种内、种间竞争关系。结果表明, 无瓣海桑种内竞争强度随径阶的增大而增强, 但胸径大于 20 cm 后增强速度明显减缓。种间竞争强度排列顺序为: 无瓣海桑 > 海桑 > 白骨壤 > 秋茄 > 红海榄 > 桐花树。乔木上层种间竞争强度与单株胸径的大小严格服从幂函数关系  $CI = AD^b$ 。同时对无瓣海桑是否造成生态入侵问题进行了讨论, 认为目前不会造成生态入侵, 但它对今后的生态影响仍需加强监测。

**关键词:** 红树林; 无瓣海桑; 种内竞争; 种间竞争

**中图分类号:** S722.7      **文献标识码:** A

随着人口的迅速增长和对生物资源的不合理开发利用, 致使生物多样性受到的威胁日益加重。Diamond<sup>[1]</sup>在分析物种灭绝的原因时总结了 4 点, 其中重要的一点就是外来种的生态入侵。随着现代交通工具的发展和人类贸易、旅游等活动的加剧, 这种生物入侵对生物多样性的破坏愈加严重, 已成为保护生物多样性领域中亟待解决的问题<sup>[2]</sup>。许多国家<sup>[3~7]</sup>在关心引进外来种经济效益的同时, 开始越来越重视研究外来种的生态学问题。

我国现有的红树植物——无瓣海桑(*Sonneratia apetala* Buch.-Ham) 最初是从孟加拉国引进的<sup>[8]</sup>, 1985 年赴孟红树林考察队从该国带回少量果实, 在海南岛东寨港红树林区进行育苗种植, 3 a 后开花结实, 现已大量繁衍, 最高植株已达 13.5 m。本文以海南岛东寨港前缘滩涂天然扩散的无瓣海桑林为研究对象, 探讨该外来种与乡土红树植物之间种间竞争关系, 为进一步合理开发利用无瓣海桑和保护我国红树植物物种多样性提供理论依据。

## 1 研究地自然概况及研究方法

### 1.1 研究地自然概况

东寨港红树林区位于海南省东北部, 地处 110°32' ~ 110°37' E, 19°51' ~ 20°01' N。海岸线总长 84 km。

本区年平均气温为 23.3 ~ 23.8。最热月份为 7 月, 月平均气温 28.4, 极端最高气温 38.9; 最冷月份为 1 月, 月平均气温 17.1, 极端最低气温 2.6。地温年平均值为 26.7, 最高月份为 7 月 32.9, 最低月份为 1 月 19.0。年均日照量在 2 000 h 以上。年均降

收稿日期: 2002-09-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070144)的内容之一

作者简介: 廖宝文(1963—), 男, 广东兴宁人, 副研究员。

水量 1 676.4 mm,雨季平均始期为 5 月上旬,终期为 10 月下旬。

潮型为不规则的半日潮,最高潮位 2.61 m,平均高潮位 2.09 m,最低潮位 0.48 m,平均低潮位为 1.19 m,平均潮位为 1.61 m,最大潮差 1.8 m,平均潮差为 0.89 m。

据《海南东寨港自然保护区管理规划》中统计,区内红树林面积 2 006 hm<sup>2</sup>,有真红树植物 13 科 16 属 27 种,其中 9 种是引种的(1 种从国外引种);半红树植物 8 科 10 属 10 种。

## 1.2 研究方法

1.2.1 数据调查 在东寨港有无瓣海桑天然扩散定居生长的前缘滩涂红树林内铺设样地,在样地内选择不同径级的无瓣海桑作为对象木,每木检尺,测量对象木的胸高直径,树高,活枝下高和冠幅。以对象木为中心,测量半径为 6 m 以内的所有乔木树种(DBH > 2 cm)的胸径、高度、枝下高和冠幅,并实测这些竞争木与对象木之间的距离。

1.2.2 数据计算与分析 根据 Hegyi 单木竞争指数模型公式<sup>[9]</sup>计算出每个竞争木对对象木的竞争指数,然后将  $N$  个单木间的竞争指数累加之和平均即得无瓣海桑种内及其伴生树种之间的竞争强度。

$$CI = \sum_{j=1}^N (D_j / D_i) \times (1 / L_{ij}) \quad (1)$$

式中, $CI$  为竞争指数, $CI$  值越大,表明树种之间的竞争越激烈; $D_i$  为对象木  $i$  的胸径; $D_j$  为竞争木  $j$  的胸径; $L_{ij}$  为对象木  $i$  与竞争木  $j$  之间的距离(单位为  $m$ ); $N$  为竞争木的株数。

这一指数为树种间的竞争提供了一个很好的量化指标,且具有操作简便、数据可靠等优点。

## 2 结果与分析

### 2.1 对象木与竞争木特征

共调查对象木 26 株,最小胸径 7.9 cm,最大胸径 30 cm,平均胸径 16.1 cm。26 株对象木的胸径分布基本呈正态分布(表 1)。每个对象木调查一个半径为 6 m 的样圆,面积为 113.1 m<sup>2</sup>,总样方面积为 2 940.5 m<sup>2</sup>。

无瓣海桑对象木的样圆半径的选取主要依据以下事实:a. 无瓣海桑对象木(树高 6 ~ 12 m)树冠所能影响的半径范围通常为 3 ~ 6 m;b. 无瓣海桑林内的林窗一般为 4 ~ 6 m。

竞争木(伴生树种)共 6 种 568 株,包括无瓣海桑、海桑(*S. caseolaris* (L.) Engl.)、秋茄(*Kandelia candel* (L.) Druce)、白骨壤、红海榄(*Rhizophora stylosa* Griff.)、桐花树(*Aegiceras corniculata* (L.) Blanco),但树种的组成比例很不相同,表 2 显示,秋茄所占的比例最高,占 39.1%,无瓣海桑其次,占 33.5%,再次为海桑(19.2%),其它种类所占比例很小。树高的顺序为:无瓣海桑 > 海桑 > 秋茄 > 桐花树 > 红海榄和白骨壤。

表 1 对象木的胸径分布

径阶/cm	2~10.0	10.1~20	20.1~30	(合计)
株数	6	13	7	26
百分比/%	23.08	50.00	26.92	100.00

表 2 竞争木的种类组成

种类	无瓣海桑	海桑	秋茄	桐花树	白骨壤	红海榄	(合计)
株数	190	109	222	12	25	10	568
百分比/%	33.5	19.2	39.1	2.1	4.4	1.8	100.0
平均高/m	8.3	7.2	4.2	3.2	2.8	2.8	28.5
平均胸径/cm	10.38	8.34	3.34	2.21	3.79	4.12	32.18

### 2.2 无瓣海桑种内及其伴生树种种间的竞争强度

图 1 显示,无瓣海桑的种内竞争强度随径阶的增大而增大,但在胸径大于 20 cm 以后竞争强度增强趋势明显减缓,这符合无瓣海桑种群生长的实际情况。无瓣海桑生长的早期阶段,由于林木较小,对资源的竞争强度低,随着胸径的增大,林木对其生长空间和营养条件等的要求愈来愈高,林木之间的竞争强度必然增大,竞争的结果使林木开始发生自然稀疏,竞争强度的上升趋势得到抑制,但仍未下降。在孟加拉国无瓣海桑的胸径可达 70 cm<sup>[10]</sup>,可见东寨港的无瓣海桑仍属于中幼林阶段,群落结构仍未趋于稳定。

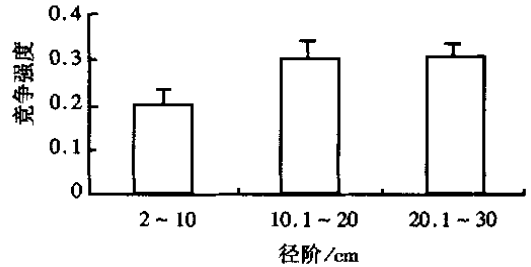


图 1 无瓣海桑种内竞争强度

生物学意义上的“竞争”一般认为是个体间或种群间对共享资源和空间利用过程中的相互关系<sup>[11]</sup>。因此,植物物种之间的竞争能力取决于该种的生态习性、生态幅度以及在生态系统中的生态位。通常情况下,生态习性相近的种,种间竞争比较激烈,种内竞争又比种间竞争更为激烈。从图 2 可知,竞争强度的顺序为:无瓣海桑 > 海桑 > 白骨壤 > 秋茄 > 红海榄 > 桐花树。无瓣海桑和海桑为海桑科同属植物,且均为红树林树种中的速生乔木树种,故此两树种的竞争强度比较相近。白骨壤、秋茄、红海榄和桐花树没有进入上层,它们的竞争强度较小,尽管白骨壤在高盐度前缘的滩涂上适应性比其它树种强,但在无瓣海桑林的生境(淤泥深厚、松软、海水盐度低)中无法表现出它的优越性。秋茄在无瓣海桑林中株数所占比例虽高,但它的胸径远远小于无瓣海桑和海桑,因而其竞争强度明显比无瓣海桑和海桑的小。

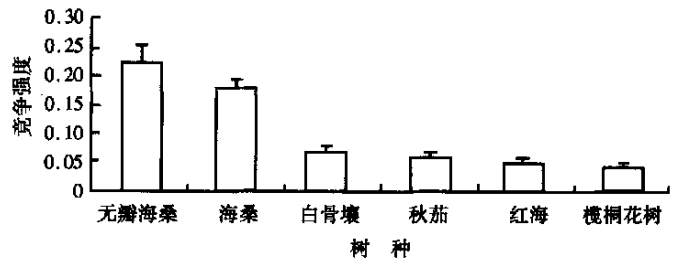


图 2 无瓣海桑林种间竞争强度

### 2.3 竞争强度与对象木个体大小的关系

植物体的竞争能力受多种因素的影响,如植株个体的大小、个体的生活力高低、所处发育阶段、周围植株个体对其的制约和立地条件的好坏等,其中上层植株个体胸径的大小对竞争能力影响较大。通过多种数学模型模拟分析,发现乔木上层植株个体竞争强度与植株胸径严格遵循如下幂函数关系,即:

$$CI = AD^B \tag{2}$$

式中,CI 为竞争指数;D 为植株胸径;A、B 为模型参数。

对公式(2)两边取对数,即  $\text{Log } CI = \text{Log } A + B \text{log } D$ ,通过计算机模拟,可算出模型参数 A、B,得出如下模型(表 3)。

表 3 乔木上层竞争强度与林木胸径的模型

树种	模型	相关系数	显著性	模拟株数	方程序号
无瓣海桑种内	$CI = 0.0672 D^{0.5180}$	0.5015	**	190	1
无瓣海桑与海桑	$CI = 0.0295 D^{0.6758}$	0.5426	**	109	2
无瓣海桑与整个乔木上层林分	$CI = 0.0450 D^{0.6259}$	0.5215	**	299	3

经过相关系数显著性检验,所有模型均达到极显著水平。说明可用这些模型对无瓣海桑林内种间竞争强度与植株胸高直径的关系进行近期预测。从预测结果看(表4),无瓣海桑种内、无瓣海桑与海桑、无瓣海桑与整个乔木上层林分的竞争强度在30.1~40 cm径阶内仍上升,但上升势头明显减缓,这与无瓣海桑处于中期发育阶段有关。

表4 无瓣海桑种内、种间竞争强度与林木胸径的模拟预测

径阶/cm	2~10	10.1~20	20.1~30	30.1~40
无瓣海桑种内	0.154 7	0.273 3	0.356 0	0.423 8
无瓣海桑与海桑	0.087 5	0.183 9	0.259 7	0.326 1
无瓣海桑与整个乔木层林分	0.123 2	0.245 1	0.337 4	0.416 5

### 3 讨论

外来种无瓣海桑从孟加拉国引入我国海南岛东寨港红树林区已有10多年,由于它具有速生和抗逆等优良性状,科研和生产部门于20世纪90年代初期开始北移引种至广东沿海滩涂,目前在广东已大量种植,在广西、福建、上海(超出红树林天然分布界限)沿海滩涂亦积极引种试种,并产生了明显的生态、经济和社会效益。由于近年来生产部门较大规模发展种植无瓣海桑,并有继续发展趋势,这引起了有关专家和部门对无瓣海桑的关注,特别是对能否引起生态入侵问题的警惕。

从本文的研究结果看,在前缘滩涂的无瓣海桑林内,无瓣海桑的种间竞争强度略高于国产种海桑,明显高于白骨壤、秋茄、红海榄和桐花树,它们之间确实存在一定的种间竞争关系。尽管如此,但笔者认为无瓣海桑目前还不会造成生态入侵以及对本地红树植物造成危害,其理由如下:

(1) 无瓣海桑林包括调查的所有样地均位于红树林滩涂的前缘中低潮地段,起初这些地段是裸滩或近似荒滩,由于滩涂地势过低,潮水淹没过深,底质不稳,所有植物不能在其中定居生长,随着滩涂的淤升,逐渐更新成林。

(2) 无瓣海桑为前缘先锋树种,它主要生长于中低潮滩涂,随着进展演替的过程,它的竞争能力将逐渐减弱,从而逐渐被适生于中高潮滩的其它红树植物所替代。从这一点来看,该外来先锋植物还为当地中高潮红树植物定居生长创造良好的环境条件。

(3) 无瓣海桑的天然扩散受到诸多因子的制约。首先,它受到海水盐度的制约,无瓣海桑种子发芽最适的海水盐度小于5,而高于10时,其种子的发芽受到抑制甚至嫩芽受到盐害而变黑腐烂<sup>[12]</sup>;其次,无瓣海桑种实一般在秋季成熟,当年下种的天然小苗在极端温度低于5时极易冻死,不能越冬;再次,无瓣海桑小苗是阳性苗,不可能在阴蔽的林下实现生长更新,因此极难入侵已郁闭成林的原生天然红树林。此外,无瓣海桑种子是鸟类和螃蟹类动物的宜食食物<sup>[13]</sup>,在自然状态下发芽率很低,而且还受潮汐动力的冲击、人为踩海干扰等。本文的研究地点——海南东寨港已引种无瓣海桑17 a,从其能够正常繁衍后代起亦有13 a,目前仅发现天然更新300多株,它们与当地前缘红树林树种一起混交成林,而且这些均是在有河流交汇盐度较低的原生红树林前缘淤滩或入海河流两边,即仅在局部区域扩散。

尽管如此,鉴于无瓣海桑具有较强的种间竞争能力(且仍处于竞争增强阶段)和一定的(局部)天然扩散更新能力,在发展无瓣海桑的同时仍需加强其生态监测,尤其还需要研究其所处的生态位与本地乡土红树植物生态位的关系,为进一步合理开发利用无瓣海桑提供可靠的科学依据。

## 参考文献:

- [1] Diamond J. Overview of recent extinctions. In: Western D, Pearl M C. Conservation for the Twenty-First Century[M]. Oxford University Press, 1989. 37 ~ 41
- [2] 丁建清,王韧,付卫东. 外来有害植物对我国生物多样性的影响及其治理现状与对策[A]. 见:第三届全国生物多样性保护与持续发展利用研讨会论文集,面向21世纪的中国生物多样性保护[C]. 北京:中国林业出版社,2000. 297 ~ 306
- [3] U S Congress, Office of Technology Assessment. Harmful Non-Indigenous Species in the United States[M]. SSOP, Washington, DC, 1993. 233 ~ 266
- [4] McIntyre S, Lavorel S. Predicting richness of native, rare, and exotic plants in response to habitat and disturbance variables across a variegated landscape[J]. Conservation Biology, 1994, 2: 521 ~ 531
- [5] Kaiser T, Pups J. The growing of exotic tree species from the standpoint of nature conservation, discussed with the example of Douglas fir (Germany) [J]. Forest und Holz, 1991, 46(11): 304 ~ 305
- [6] Reductions D M, Macdonald Iaw, Forsyth G G. Reductions in plant species richness under stands of alien trees and shrubs in the fynbos biome[J]. South-African Forestry Journal, 1989, 149: 1 ~ 8
- [7] Chauvet E. The impact of Eucalypt on the leaf-associated aquatic hyphomycetes in Spanish streams[J]. Canadian Journal of Botany, 1997, 75(6): 880 ~ 887
- [8] 李云,郑德璋,廖宝文,等. 红树植物无瓣海桑引种的初步研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(1): 39 ~ 44
- [9] 骆春静,韩士杰,张军辉. 阔叶红松林树种间竞争关系及其营林意义[J]. 生态学杂志, 2001, 20(4): 35 ~ 38
- [10] 王淑元,郑德璋,陈相如,等. 赴孟加拉国红树林技术考察报告[A]. 见:东北林业大学. 国外林业技术考察报告选编[C]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1995. 91 ~ 96
- [11] 骆世明,彭少麟. 农业生态系统分析[M]. 广州:广东科技出版社, 1996. 6
- [12] 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, 10(2): 137 ~ 142
- [13] 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[M]. 北京:科学出版社, 2002

## Study on Intraspecific and Interspecific Competition in Exotic Species *Sonneratia apetala*

LIAO Bao-wen<sup>1</sup>; LI Mei<sup>1</sup>; ZHENG Song-fa<sup>1</sup>; CHEN Yi-jun<sup>1</sup>; ZHENG Xin-ren<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Hainan Dongzhai Harbour National Nature Reserve, Hainan Province Qiongshan 571129, Hainan China)

**Abstract:** According to field investigation data in Dongzhai Harbour of Hainan Island, the intraspecific and interspecific competitions of exotic species *Sonneratia apetala* (introduced in 1985) mixed forest were studied by using Hegyi's competition index model for individual tree. The results show that the intraspecific competition intensity of *S. apetala* is positively correlated with the diameter scale of the trees, but beyond 20 cm in diameter the increment reduces obviously. The order of competition is: *S. apetala* > *S. caseolaris* > *Avicenia marina* > *Kandelia candel* > *Rhizophora stylosa* > *Aegiceras corniculatum*. The relationship between competition intensity and individual size of tree in the upper strata of trees follows closely the equation  $CI = AD^B$ . The ecological effects of *S. apetala* are discussed. The authors consider that *S. apetala* can not make any ecological invasion in Dongzhai Harbour at present, but its effects in the future still need to be monitored.

**Key words:** mangrove; *Sonneratia apetala*; intraspecific competition; interspecific competition