

深圳福田无瓣海桑+海桑人工林的生态影响^{*}

咎启杰¹, 王勇军², 王伯荪¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275;

2. 广东内伶仃福田国家级自然保护区, 广东 深圳 518040)

摘 要: 对深圳福田红树林7龄无瓣海桑+海桑人工林生态影响的研究表明: 无瓣海桑+海桑林7龄时, 林下土壤颗粒组成发生改变, 土壤含盐量升高, pH值降低, 有机质、N、P、K、Pb、Cu、Zn等质量百分浓度升高; 人工林促进了后缘天然林种群的生长及乡土红树幼苗进入天然林和人工林, 加快了天然林向前缘滩涂的拓展。

关键词: 无瓣海桑; 海桑; 人工林; 生态影响

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) 06-0072-05

深圳福田红树林自然保护区是东亚湿地—深圳湾湿地的组成部分, 是沿海候鸟的“停靠站”和栖息地^[1]。1994年11月, 政府部门重新调整了该保护区的红线, 调整后的保护区东西长5 km, 北面以滨海大道和高速公路为界, 总面积367.68 hm², 红树林面积约75 hm², 红树林面积大大减少。为促进保护区红树林的自然更新和发展, 确保红树林保护区的持续发展, 从20世纪90年代开始, 在保护区的实验区内进行红树林育苗、造林、引种栽培及抚育幼林等试验^[2,3], 特别是在天然红树林前缘滩涂上, 种植从孟加拉国引进的无瓣海桑 *Sonneratia apetala* 和从海南东寨港引来的海桑 *S. caseolaris*, 并与本地秋茄 *Kandelia candel* 混交造林^[4], 现已成林郁闭, 形成了新的群落外貌; 由于群落中外来种无瓣海桑和海桑占据群落上层, 明显比本地红树树种生长快很多(咎启杰等, 待发表), 其生态效应如何, 尚且不知。为此, 在群落3龄时, 开始着手对无瓣海桑+海桑人工林的生态影响进行调查研究, 以期弄清无瓣海桑+海桑人工林的生态效应, 为保护区今后人工造林和红树林持续发展和保护提供科学依据。

1 试验地概况

试验地设在深圳福田红树林自然保护区

(22°32'N, 114°03'E) 车公庙观鸟亭的天然红树林前缘滩涂上。试验地属滩涂淤泥, 脚踩泥深度约40 cm以上, 平均潮差1.9 m, 属于南亚热带季风气候, 年平均气温22℃, 极端高温38.7℃(7月), 极端低温0.2℃(1月), 年降雨量1927 mm, 但分布不均, 干湿季节交替明显, 雨量多集中在5—9月, 年均相对湿度79%。该区土壤基质为花岗岩及砂页岩, 地带性土壤为赤红壤, 种植人工林的土壤为淤粘海泥。

种植人工林时, 人工林与天然林林缘相距5 m, 到2000年11月, 该人工林7龄时, 群落结构见表1。

2 研究方法

2.1 样地设置

样地设置如图1。在前缘滩涂有人工林的天然林缘和没有人工林的天然林缘, 分别设置20 m×40 m的样地A和对照样地A₁, 将样地划分成8个10 m×10 m的小样方, 样地A和A₁相距50 m。在人工林和天然林之间的5 m宽的林隙中, 沿平行天然林的方向设置1 m×16 m的样条B和对照样条B₁, 将样条划分成16个1 m×1 m的小样方。在人工林内和与人工林相对应的裸滩上设置从南到北的1 m×32 m的样条C和对照样条C₁, 每个样条划分成32个1 m×1 m的小样方。

^{*} 基金项目: 国家“九五”科技攻关资助项目(96-007-03-04); 深圳市科技局资助项目(99-1-33)

收稿日期: 2001-03-23; 作者简介: 咎启杰(1968—), 男, 助理研究员, 博士生。

从表 2 可知, 与对照区裸滩土壤相比, 人工林下的 3 层土壤的粒径 $>0.05\text{ mm}$ 的质量百分比都增多了; 土壤粒径 $<0.05\text{ mm}$ 的质量百分比都减少了.

如果把对照区裸滩土壤当作没有人工林的土壤本底, 那么因为无瓣海桑+海桑人工林的作用, 上、中、下 3 层土壤的粒径 >0.05 的质量百分比分别由 11.86%、36.28%、39.4% 增加到 19.28%、52.09%、54.70%; 在粒径 $<0.05\text{ mm}$ 的区域, 上、中、下层土壤的质量百分比分别由 88.14%、63.72%、60.60% 减少到

80.72%、47.91%、45.30%. 这说明无瓣海桑+海桑人工林影响了土壤颗粒的结合状态, 加强了土壤的粘合.

3.2 人工林对土壤化学组成的影响

从表 3 可看出, 人工林土壤各层的有机质含量都比对照区土壤的高, 上、中、下层土壤的有机质含量分别是对照区相应土层有机质含量的 1.54、1.30、1.32 倍. 这是因为每年有大量残落物进入人工林的土壤, 由于海水的浸渍作用, 土壤常呈还原状态, 有机质分解较慢, 易于积累.

表 2 土壤的机械组成

Tab. 2 The mechanical composition of soil

采样点	土层	粒 径/mm								
		> 1	1 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.05	0.05 ~ 0.02	0.02 ~ 0.002	< 0.002	> 0.05	< 0.05
		%								
对照区 (裸滩)	上层 30 cm	1.34	0.60	1.44	8.47	5.86	38.11	44.17	11.86	88.14
	中层 30 cm	10.45	4.45	6.29	15.09	3.10	21.10	39.52	36.28	63.72
	下层 30 cm	7.89	4.14	6.39	20.98	4.74	18.55	37.31	39.40	60.60
人工林	上层 30 cm	2.10	1.49	3.44	12.25	2.10	33.96	44.66	19.28	80.72
	中层 30 cm	11.49	6.23	9.81	24.56	3.50	15.21	29.20	52.09	47.91
	下层 30 cm	11.62	6.29	10.29	26.50	4.12	13.30	27.88	54.70	45.30

表 3 土壤的化学特性

Tab. 3 The chemical features of soil

采样点	土层	w(有机质) %	pH	w/ %				w/ 10 ⁻⁶						
				含盐量	全 N	全 P	全 K	Pb	Cu	Cr	Zn	B	Ni	
对照区 (裸滩)	上层 30 cm	17.85	8.53	14.60	0.26	0.29	14.37	56.29	41.83	49.68	4.93	4.03	56.73	
	中层 30 cm	8.95	8.93	8.04	0.16	0.27	11.09	49.04	23.88	31.85	1.32	3.52	42.26	
	下层 30 cm	5.69	8.82	7.86	0.07	0.21	10.09	48.01	9.72	20.90	0.88	3.19	34.77	
人工林	上层 30 cm	27.45	6.01	25.53	1.27	0.90	23.16	69.92	45.58	58.04	25.08	5.79	62.8	
	中层 30 cm	11.13	7.94	8.37	0.54	0.50	24.82	56.41	25.14	34.20	5.41	3.98	49.94	
	下层 30 cm	7.50	8.29	8.15	0.41	0.31	27.87	51.92	10.69	23.81	1.76	3.23	33.58	

人工林上层土壤 pH 明显呈弱酸性, 而对照区相应土层呈碱性, 这主要是因为每年大量凋落物进入土壤表层, 以及海桑、无瓣海桑树上大量栖息的鸟类携带的食物残渣及鸟类粪便进入林下土壤, 这些残落物被分解的结果使土壤逐渐酸化. 人工林土壤各层的含盐量比对照区相应土层的要高, 主要是因为海桑、无瓣海桑吸收盐分残留体内, 通过落物归还土壤, 使土壤上层盐分明显升高, 同时经潮汐的浸渍, 中、下层土壤盐分也相应升高.

人工林下的土壤各层与对照区的相应土层相比, 全 N、全 P、全 K 及其它 6 种金属元素的质

量百分比比较高. 这可能是因为无瓣海桑、海桑有大量的气生根及林下大量的秋茄、桐花树 *Aegicera corniculatum* 等红树幼苗, 能大量有效地网罗有机碎屑, 固定和沉积污染物, 使土壤 N、P、K 及金属元素的质量百分浓度增多^[6,7]. Tam 等 (1993) 认为红树林底泥可作为废水污物和重金属的沉积地, 本文的结果也是红树林人工林下的重金属含量比裸滩的高.

人工林上层土壤中的 Pb、Cu、Cr、Zn、B、Ni 的质量百分浓度, 分别是对照区裸滩上相应土层的相应金属的质量百分浓度的 1.24、1.09、1.17、5.09、1.44、1.11 倍, 人工林中、下层

土壤的金属的质量百分浓度也比对照区相应土层的高。这一方面与人工林中无瓣海桑、海桑和秋茄具有强大的根系，能吸附、固定污染物的作用有关，另一方面也与潮汐的冲刷有关。Chin 和 Chou 认为潮汐能降低红树林土壤中的重金属的质量百分浓度，而有红树林植物着生的土壤能缓解潮汐的作用^[8]。

3.3 人工林对天然林的影响

3.3.1 对天然林种群生长的影响 对前缘有人
表 4 种群的高度和地径生长¹⁾

Tab. 4 The growths of height and ground diameter of populations

种群位置	物种	株数	平均高度/cm		净高度增长 cm	平均地径/cm		净地径增长 cm
			1997-11	2000-11		1997-11	2000-11	
A 样地	秋茄	57	311.03±59.42	347.42±61.87	36.29	18.141±3.43	19.132±3.78	0.991
	桐花树	208	204.08±42.12	241.62±41.19	37.54	3.899±1.99	5.011±2.05	1.112
	白骨壤	38	315.38±24.98	355.14±35.23	39.76	8.911±0.92	12.528±1.32	3.67
A ₁ 样地	秋茄	51	336.69±80.22	358.70±98.52	22.01	16.557±4.85	17.105±4.62	0.548
	桐花树	196	237.17±48.87	261.33±63.33	24.16	4.655±2.01	5.148±1.89	0.529
	白骨壤	49	329.08±90.99	348.26±101.44	19.18	9.160±1.15	11.376±3.76	2.216

1) 面积为 800 m²；A 样地为受人工影响的天然林；A₁ 样地为不受人工影响的天然林

天然林) 中相应植物树高净生长量和地径净生长量的 1.65、1.55、2.07 倍和 1.81、2.10、1.66 倍。可见，天然林前缘滩涂上种植无瓣海桑+海桑人工林，对后缘的天然林中红树植物树高生长和地径生长有促进作用。这主要是因为天然林前缘的人工林在防风、消浪等方面起着重要作用，为相对后缘的天然林营造了相对平静的生长环境。

3.3.2 对天然林更新的影响 植物群落的更新首先取决于植物繁殖体或传播体，尤其是种子的有无和数量^[9]，而红树林天然林的更新首先取决于幼苗层幼苗的有无和数量。因此，调查天然林下的幼苗对探讨其更新是十分重要的。

对样地 A 和 A₁ 内的幼苗调查的结果见表 5。表 5 显示，前缘有人工林的天然林（样地 A）内的幼苗种类、多度、频度、高度都比对照区天然林（样地 A₁）内的要多。前者的林间空地上有海桑幼苗，后者没有；前者的桐花树幼苗达 13.4 株/m²，比后者多 12.4 株/m²。这说明无瓣海桑+海桑人工林促进了幼苗进入天然林，可能有利于天然林未来的更新发展。

3.4 对天然林向海滩拓展的影响

比较 1997 年 11 月和 2000 年 11 月设立的样地 A 和 A₁ 内的固定标志，发现到 2000 年 11 月，

工林的天然林（样地 A）和前缘是裸滩的天然林（对照样地 A₁）中的红树植物在 1997—2000 年间的高度和地径生长进行测量，结果见表 4。

表 4 可见，在 3 a 间，前缘有人工林的天然林中，秋茄、桐花树、白骨壤 *Avicennia marina* 的树高净生长和地径净生长量高于前缘没有人工林的天然林中的相应树种。前缘有人工林的天然林中，秋茄、桐花树、白骨壤的树高净生长量和地径净生长量分别为对照区（前缘没有人工林的

表 5 不同样地中的幼苗组成¹⁾

Tab. 5 The seedling construct in different plots

位置	物种	多度/株	频度/%	高度/cm
A 样地 (16 m ²)	秋茄	47	68.75	39.8
	桐花树	214	100	17.5
	海桑	1	12.75	8
A ₁ 样地 (16 m ²)	秋茄	44	75	38.5
	桐花树	16	31.25	13.0
	海桑	0	0	0
B 样条 (32 m ²)	秋茄	50	81.25	58.6
	桐花树	157	100	14.8
	海桑	42	72.5	18.0
B ₁ 样条 (32 m ²)	秋茄	21	37.5	42.5
	桐花树	5	18.75	18.0
	海桑	0	0	0
C 样条 (32 m ²)	秋茄	33	68.75	65
	桐花树	124	93.75	20
	无瓣海桑	2	6.25	75
	海桑	29	34.375	24
C ₁ 样条 (32 m ²)	秋茄	12	37.5	25
	桐花树	3	9.375	18
	无瓣海桑	0	0	0
	海桑	3	2.5	15

1) A 样地为受人工林影响的天然林；A₁ 样地为不受人工林影响的天然林；B 样条为受人工林影响的滩涂；B₁ 样条为不受人工林影响的滩涂。

样地 A 中，天然林树冠平均向海滩方向扩展了

1. 57 m, 且大多是白骨壤和桐花树丛的树冠; 而样地 A₁ 中的天然林树冠平均向海滩方向拓展了 0. 41 m, 都是白骨壤。这表明无瓣海桑+海桑人工林促进了天然林向滩涂方向的发展。

样条 B 和 B₁ 的幼苗调查结果见表 5。从表 5 看, 有较多的桐花树、海桑幼苗在天然林和人工林之间的林隙 (样条 B) 中生长, 在对照区 (样条 B₁) 上仅有少量秋茄和桐花树幼苗生长。这表明无瓣海桑+海桑人工林促进了天然幼苗在天然林前缘生长更新。

对人工林下和对照区的滩涂上设立的样条 C 和 C₁ 的幼苗调查结果见表 5。从表 5 可见, 样条 C 的幼苗种类、多度、频度都比样条 C₁ 的幼苗要多, 特别是本地种秋茄、桐花树幼苗多度、频度明显比对照区高很多。可见, 该人工林能促进天然幼苗向海滩前缘方向发展。

4 结 语

在福田红树林保护区天然林前缘裸滩上多次种植本地红树植物秋茄、桐花树等, 都因滩涂较低, 风浪较大, 幼苗和幼树难以定居而失败。国家“八五”攻关红树林课题组试验用引进的无瓣海桑和海桑种植在天然林前缘滩涂, 取得了成功^[4]。该人工林种植后 7 a, 林下滩涂的土壤颗粒组成明显发生了改变, 土壤有机质含量增加, 酸性增强, 含盐量升高, N、P、K 的质量分数升高, Pb、Cu 等重金属及 Zn、Ni 等微量元素的质量分数升高。对天然林产生的影响主要表现在促进天然林种群的高度、地径生长及天然林的更新和天然林向前缘滩涂的扩展。

本研究结果是仅对 7 龄龄人工林的研究得出的, 由于年限不长, 长期生态效应有待继续研究。特别是无瓣海桑和海桑是外来种, 能否产生生态入侵, 能否对本地种产生负面影响, 都需要长期跟踪研究。

作为国家级红树林保护区, 对外来种要高度慎重, 因此, 建议从海桑、无瓣海桑的繁殖、扩散及生长与环境的关系等方面研究其生态入侵的可能性及应提前采取的措施, 为今后保护区的可持续发展提供科学根据和导向。

参考文献:

- [1] 王勇军, 咎启杰. 深圳福田红树林陆岛类变迁及保护研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1999, 38(1): 137—144.
- [2] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 红树植物桐花树育苗造林技术研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(5): 474—480.
- [3] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 红树植物秋茄的造林技术研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(6): 586—592.
- [4] 李云, 郑德璋, 廖宝文, 等. 红树植物无瓣海桑引种初步研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(1): 39—44.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学出版社, 1978. 62—72.
- [6] 陈桂珠. 研究保护和开发利用红树林生态系统[J]. 生态科学, 1991, 11: 116—119.
- [7] 林鹏, 林光辉. 九龙江口红树林研究 IV. 秋茄群落的 N、P 的累积和循环[J]. 植物生态学报与地植物学丛刊, 1985, 9(1): 21—31.
- [8] CHIU C Y, CHOU C H. The distribution and influence of heavy metals in mangrove forests of the Tanshui estuary in Taiwan[J]. Soil Sci Plant Nutr, 1991, 37(4): 659—669.
- [9] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 184.

The Ecological Effects of *Sonneratia apetala* + *S. caseolaris* Mangrove Plantations in Futian, Shenzhen

ZAN Qi-jie¹, WANG Yong-jun², WANG Bo-sun¹

(1. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. Neilingding Futian National Nature Reserve of Guangdong, Guangdong Shenzhen 518040, China)

Abstract: In Futian Mangrove Natural Reserve of Shenzhen, the ecological influence of *S. apetala* + *S. caseolaris* plantations was studied. The results showed that the soil type changed, pH of the soil reduced, nitrogen, phosphorus, potassium, salt and heavy metals increased when the *S. apetala* + *S. caseolaris* plantations were 7 years old. In addition, the height and basic diameter growth of natural forest population were sped up because of this plantations, while the regeneration of natural forest quickened and developed toward sands ahead.

Keywords: *Sonneratia apetala*; *S. caseolaris*; mangrove plantation; ecological effects