

广州南沙海岸防护林群落的生态效应初步研究

陈步峰, 潘勇军, 肖以华, 徐锰, 陈进, 吴敏, 段金平

中国林科院热带林业研究所, 广东 广州 510520

摘要: 采用群落生态学和植物化学监测的研究方法, 对广州市南沙海岸滩头近 6 a 生防护林群落的生物量、高温胁迫光合特征、NPP 及吸储 C、N、S、Pb、Cd、Cu、Hg 的生态效应进行了定位观测研究, 结果表明: 海岸 6 种防护林群落的生物量的平均达到 10.7 t·hm⁻²、NPP 达到 2.5 t·hm⁻²·a⁻¹、生长要素表现为速生性生长特征。各种海防林群落的年均吸储空间 CO₂、NO₂、SO₂ 质量分别为 4.2 t·hm⁻²、27.1 kg·hm⁻² 和 3.4 kg·hm⁻², 吸储 Pb、Cd、Cu 分别为 13.2、4.4、0.1 g·hm⁻², 其生态环境功能已经初步凸显, 可有效地减少这些元素在地表和土壤积累、迁移或随地表径流输出至生活环境的危害, 对于海岸环境区域是非常有益的。雨季高温(气温 $t \geq 35.5$ °C)胁迫下, 海岸路网林群落的优势种群净光合速率日均达到 9.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 且乡土树种高于引进树种, 高山榕(*Ficus altissima*)的日最高净光合速率达到 14.3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 较羊蹄甲(*Bauhinia blakeana*)高 0.4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、较塞楝(*Kaya senegaiensis*)高 2.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 优势树种适宜海岸滩头立地、高温胁迫的光合生理特点, 是其速生长的原因之一。

关键词: 南沙海岸; 防护林群落; 高温胁迫光合作用; 生态效应

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2011) 05-0839-04

海岸防护林生态系统为海岸线防护的生态屏障, 其抵御灾害、固堤防护、固碳释氧、净化环境等生态功能与海岸红树林具有同等环境生态效应。海岸防护林群落在空间以其多层次的系统结构有效地消减暴雨能量、涵养水源、减小侵蚀; 以其有效的光合生理作用及生物化学过程同化大气 CO₂、吸储和固定 SO₂、NO_x 及降解酸雨浓度、增加土壤有机质含量; 以其生物地球化学循环机制对土壤理化、水质产生有效的生物机制^[1], 进而表征出显著的生态环境效应。广州南沙沿海区域实施“青山绿地-林带林区”工程以来, 大面积的海岸人工防护林群落斑块分布于南海海岸滩涂, 在海岸区域的生态环境协调中发挥着显著的生态环境功能。因而, 系统、科学地计量监测与评价森林生态系统对区域环境的贡献, 尤其是在固碳释氧、调节大气污染、缓解温室效应、减轻酸雨与暴雨危害、水土流失、净化水质等方面的环境效能^[2], 便成为科学地定位监测研究的主要任务。本文以广州南沙海岸人工防护林群落为对象, 开展森林群落生长、生理及吸储污染物质的生物效应研究, 旨在为海岸防护林建设及可持续经营提供科学依据。

1 研究区自然概况

南沙海岸防护林试验观测区属南亚热带季风气候, 台风影响频繁, 水热资源优越、雨量充沛, 年均温度 22 °C, 年平均降雨量 1725.7 mm, 相对集中在 4—9 月的雨季, 占全年的 82.1%, 年均相对

湿度 79%。海岸防护林群落试验区位于为广州南沙 16 涌沿海岸固堤内构建防护林群落, 6 个示范观测林群落均连接呈一斑块分布, 地理位置均为东经 112°57'、北纬 21°46', 土壤类型为沙质土、盐分含量及地下水位若高, 依据防护林群落构建优势种群分 6 种示范模式, 除海岸防护林群落外(郁闭度 0.39、灌木高 0.9 m、地表高度 46%), 其余 5 中森林群落灌木高在 1.6~2.3 m 间、郁闭度达到 0.46~0.58, 地表盖度 60.0%~85.0%。

各种结构的防护林群落的主要种群有: 落羽杉(*Taxodium distichum*)、小叶榄仁(*Terminalia mantaly*)、黄槿(*Hibiscus tiliaceus*)、高山榕(*Ficus altissima*)、细叶榕(*Ficus microcarpa*)、羊蹄甲(*Bauhinia blakeana*)、水石榕(*Elaeocarpus hainanensis*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、赛楝(*Kaya senegaiensis*)、南洋楹(*Albizia falcata*)、黄槐(*Cassia surattensis*)、铁力木(*Mesua ferrea*)、大花紫薇(*Lagerstroemia speciosa*)、刺桐(*Erythrina variegata*)等 26 个树种为上层木, 水黄皮(*Pongamia pinnata*)、鸡蛋花(*Plumeria rubra*)、夹竹桃(*Nerium indicum*)等种群为灌木层, 整个防护林群落的平均胸径 7.9 cm、平均高 4.9 m; 林下灌木平均高 2.3 m、草本 0.56 m, 初步形成海岸防护林群落结构。

2 研究方法

2.1 生物生长测定试验

采用森林群落生态学定位研究方法测定生物量^[3]。在 6 个结构模式的海岸防护林群落内各设

基金项目: 林业公益性行业科研专项(200804006); 国家“十一五”科技支撑专题(2006BAD03A1701); 广州市绿委“广州市‘青山绿地-林区林带工程’环境生态效应”项目

作者简介: 陈步峰 (1958 年生), 男, 研究员, 硕士, 中国林科院热带林业研究所首席专家。E-mail: zsjcsdwbcbf@126.com

收稿日期: 2011-04-08

置2个0.2 hm²样地,样地内全部林木进行每木检尺、测定胸高直径、树高、灌木高、郁闭度、盖度等指标,遴选各树种各龄级的标准木作为解析木采伐;按照解析木法截取解析圆盘,地上生物量按截取解析圆盘段称量干、枝、叶的湿质量,并取样带至实验室烘干测定干质量,获得不同龄级标准木地上部分生物量;依据龄级标准木生物量与胸径、树高等因子进行非线性拟合,获得最佳生物量模型($W=a(D^2H)^b$),用以测算林分生物量。

2.2 植物化学分析试验

森林生物器官化学元素测定。分别采取一定量的各树种的干、枝、叶及树皮,作为化学试验分析样品,送实验室进行植物化学试验分析。其中:全C采用重铬酸钾(K₂Cr₂O₇)容量法;TN,凯氏法;TS,分光光度-比色法;Pb、Cd、Cu、Hg,原子吸收分光光度计法。森林群落器官化学元素储量:依据器官生物量与器官化学元素单位质量分数进行统计计算,利用Excel软件统计分析。

2.3 光合作用测定

在海岸防护林群落观测样地选择观测3标准观测样株、在样株树冠4个方向分别选择4片成熟叶为测定样叶、标签标记;以LI-6400P光合作用分析仪在雨季的7月连续3个晴天日自然环境条件下,对样木叶片净光合速率等因素进行连体重复6次测定;每日9:00—18:00,每1h测定1次,每片样叶重复计数6次,光合仪的流速设定为500 μmol·s⁻¹,利用Excel软件统计分析。

2.4 地上生物生长及积累统计方法

测定6种森林群落的树种配置不一且同龄即6种模式的树种不是一样,不同优势种群的生长差异显著;因此各群落采用以样地监测指标进行统计。

3 结果与分析

3.1 海岸防护林群落地上生长与增长特征

广州南沙海岸防护林群落构建采用多层次、不同树种配搭即适生立地的树种选择及苗木规格,近海堤地下水位较高处选用半红树树种、湿地树种等技术,6种防护林群落的平均林木生长与生物量积

累显著;经营技术针对海堤内滩头土壤理化性能差、盐分较高的立地特点,实施了3a的施肥、给水和管护措施,2008年各森林群落已达到郁闭、2010年测定6种防护林群落的郁闭度达到0.43~0.58,人工林群落的平均生长及生物量积累见表1。

表1结果反映出:6种南海海岸防护林群落的平均胸径、树高、冠幅分别达到为8.0 cm、4.7 m、1.8 m×1.9 m,整体防护林群落的年均增长率分别达到18.5%、18.4%、16.7%×21.1%,地上生物量积累平均为10.7 t hm⁻¹、年均净增长1.95 t·hm⁻¹、年增长率达到18.2%;从6种防护林群落的平均生长对比,海岸水网林群落的年均胸径、树高增长率最大,分别达到22.7%、21.6%,其次是海岸防护林群落,相应增长率分别达到18.8%、18.4%;而由6种防护林群落地上生物量相比较,海岸水网林群落最高达到11.41 t·hm⁻¹。整体防护林群落的年均胸径、树高增长率反映出:广州南沙海岸防护林的生物生长达到快速生长的群落特征;随着大面积试验林森林群落的生长发展,在海岸区域的生态服务功能将愈以凸显,尤其是在城市海岸线的生态功能将愈以增强^[4]。

3.2 海岸防护林群落的NPP及生态环境效应

对于广州市南沙区域环境来讲,除了海岸防护林防风效应外,森林群落的固碳释氧、吸储N、S及微量元素的功能对于区域环境是极其有益的,以此达到对环境的调节缓冲以及净化^[2,5];因此,对于几乎同龄的海岸防护林人工群落;研究侧重于森林群落的生物环境功能即海岸防护林年净生物增长及化学吸储量,表2是南海海岸6种防护林群落的地上年净生物量积累(NPP)、固碳释氧、吸储S、N及微量元素测定研究结果。

表2的测定结果反映出:南沙海岸防护林群落地上生物年净增长量平均为2.5 t·hm⁻²,其中海岸水网林群落最高达到3.26 t·hm⁻²·a⁻¹,海岸公路网防护林与防风林群落相对最低为2.17 t·hm⁻²·a⁻¹、海岸防护林群落位于第2;依据枝叶干C、N、S含量监测换算,6种南海海岸防护林群落地上生物年净吸储C量平均为1.1 t·hm⁻²·a⁻¹、吸储N、S量平均分别为

表1 南沙海岸6种结构的防护林群的平均生长及生物量积累

Table 1 Mean growth and biology mete for six shield forest community at the South Sea of Nansha

林分项目	林龄/a	胸径(D)/cm	树高(H)(m)	冠幅/(m×m)	胸径增长(D)/(cm·a ⁻¹)	树高增长(ΔH)/(cm·a ⁻¹)	冠幅增长/[(m×m)·a ⁻¹]	地上生物量/(t·hm ⁻¹)
水网林	4.5	9.7	5.1	2.6×2.7	2.2	1.1	0.6×0.6	11.41
路网林	6	8.0	5.1	2.0×2.0	1.3	0.9	0.3×0.3	10.86
防风林	6	8.1	4.8	1.7×1.7	1.4	0.8	0.3×0.3	10.83
防护林	5.5	8.0	4.9	2.1×2.4	1.5	0.9	0.4×0.4	10.51
防污林	5.5	5.8	3.3	0.9×0.9	1.1	0.6	0.2×0.2	9.51
农田林	5.5	8.1	5.2	1.6×1.6	1.5	0.9	0.3×0.3	10.94
平均	5.5	8.0	4.7	1.8×1.9	1.5	0.9	0.3×0.4	10.7

表2 海岸防护林群落地上 NPP 及年净吸储积累化学物

Table 2 NPP up ground and annual element accumulate for six shield forest community at the South Sea of Nansha

林分	林龄/ a	NPP/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	C/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	CO ₂ / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	N/ (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	NO ₂ / (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	S/ (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	SO ₂ / (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	Pb/ (g·hm ⁻² ·a ⁻¹)	Cd/ (g·hm ⁻² ·a ⁻¹)	Cu/ (g·hm ⁻² ·a ⁻¹)
海岸水网林	4.5	3.26	1.5	5.5	11.0	35.8	2.2	4.4	5.82	0.11	17.5
海岸路网林	6	2.17	1.0	3.7	7.3	23.9	1.5	3.0	3.88	0.07	11.6
海岸防风林	6	2.17	1.0	3.7	7.3	23.8	1.5	2.9	3.87	0.07	11.6
海岸防护林	5.5	2.63	1.2	4.5	8.9	28.9	1.8	3.6	4.70	0.09	14.1
海岸防护林	5.5	2.38	1.1	4.0	8.0	26.1	1.6	3.2	4.25	0.08	12.7
海岸农田林	5.5	2.19	1.0	3.7	7.4	24.0	1.5	3.0	3.91	0.07	11.7
海岸林平均	5.5	2.5	1.1	4.2	8.3	27.1	1.7	3.4	4.4	0.10	13.2

8.3、1.7·kg·hm⁻²·a⁻¹，估算为净化吸储固定空间 CO₂、NO₂、SO₂ 则分别为 4.2 t·hm⁻²·a⁻¹、27.1 kg·hm⁻²·a⁻¹ 和 3.4 kg·hm⁻²·a⁻¹，其环境功能初步显现。对比 6 种防护林群落可见，海岸水网林年净吸储 C、N、S 最高，分别较海岸防风林及公路网林群落的平均值高 0.5 t·hm⁻²·a⁻¹、4.8 kg·hm⁻²·a⁻¹、0.7 kg·hm⁻²·a⁻¹，防护林次之、防污染林第 3、农田防护林位第 4；城市工业废弃物尤其重金属元素在区域土壤的积累是非常有害的，而南沙海岸防护林群落地上年生物生长对重金属 Pb、Cd、Cu 的吸储效应表现为，生物吸储 Cu 相对较大、年净吸储平均为 13.2 g·hm⁻²、其次是对 Pb 的生物积累平均为 4.4 g·hm⁻²，而对 Cd 的吸储量最小仅为 0.1 g·hm⁻²；由此表明海岸 5~6 a 生的防护林群落的年净积累生物量以及吸储积累环境 CO₂、NO₂、SO₂ 及微量污染元素的功能已经显著体现，这种生态功能对于海岸区域的环境是不可替代的生态效应，且随着海岸防护林群落的生长发育这种生态效应将进一步增强。

3.3 南沙海岸路网林群落优势种高温胁迫的光合作用特征

南沙海岸防护林群落构建近 6 a 的生长和生物积累表明其速生特征，因此研究中取海岸公路林网防护林群落的优势种群在夏季高温胁迫状态光合效应，以一个典型海防林群落反映南沙海防林快速生长的生理生态特点；图 1 是公路林网防护林群落的 3 种海岸防护林优势树种在 2009 年 7 月 8 日至 10 日(日

均温分别为 35.5、35.8、36.0 °C)净光合速率及温度环境监测的平均结果。由图 1 结果表明：3 种树种日净光合速率动态均呈单峰曲线，最大值净光合速率峰值均在 11:00 时，高山榕净光合速率达到 14.3 μmol·m⁻²·s⁻¹，较羊蹄甲高 0.4 μmol·m⁻²·s⁻¹、较塞楝高 2.2 μmol·m⁻²·s⁻¹；羊蹄甲、塞楝的净光合速率日动态为随时间依次递减；高山榕则在 16:00 的净光合速率较 14:00 若有增高；而气温日当天表现为在净光合速率峰值时为 37.5 °C；最高气温在 16:00 时，即空气温度均大于 38.5 °C，3 个种群的净光合速率逐渐递减受到不同程度的高温胁迫影响。

图 1 结果同时也清楚地反映出：海岸公路林网防护林群落的 3 种优势种群光合高温胁迫的差异，选用的乡土树种羊蹄甲、高山榕在高温胁迫下日净光合速率显著的高于引进树种塞楝；尤其在气温较高的 12:00—16:00 时段即连续 3 日的这一时段空气温度分别在 38.0~38.9、38.1~39.7、37.6~39.6 °C 之间，羊蹄甲较塞楝净光合速率高出 0.1~2.9 μmol·m⁻²·s⁻¹、高山榕则高出 1.9~4.6 μmol·m⁻²·s⁻¹，反映出乡土树种对高温胁迫的光合生理适应性和响应性显著的特征。从高温天气状态下 3 个树种日净光合速率平均值较高为 9.8 μmol·m⁻²·s⁻¹，其中，高山榕的日均值为 10.7 μmol·m⁻²·s⁻¹，较羊蹄甲和塞楝分别高出 0.7、2.1 μmol·m⁻²·s⁻¹，同时反映出海岸滩头选用乡土树种在高温天气的净光合速率相对较高，显著的高于引进树种即光合受抑制影响较小

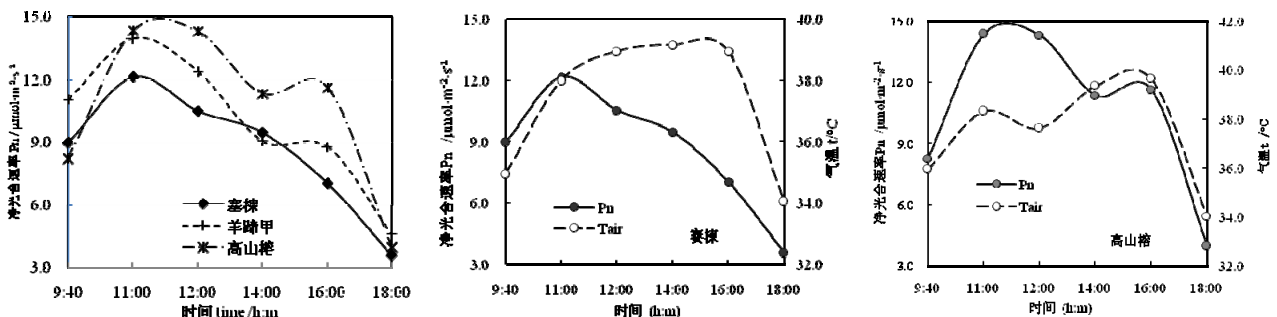


图1 南海海岸防护林 3 个树种高温日净光合速率及气温变化

Fig.1 Daily change of net photosynthetic rate and air temperature for three species at the coast

(图1)。从自然地高温胁迫状态下,南沙海岸公路林网防护林群落的3种优势种群光合特征及光合胁迫特征反映出,南沙海岸防护林群落上层优势树种具有较高的光合生产力及适宜海岸高温胁迫的生理光合效应,使其速生的原因之一。

4 小结与讨论

(1) 针对广州南沙海岸滩头的理化性能差、盐分较高的立地条件,构建的不同树种配置的防护林群落郁闭度以达到0.46~0.58、胸径与树高的年均增长均已达到了速生林分生长的速生型特征,平均生物量积累达到了 $10.7 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$;已形成了南海海岸线一道生态屏障。

(2) 南沙海岸防护林群落地上生物年净增长量平均为 $2.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,年均吸储空间 CO_2 、 NO_2 、 SO_2 分别为 $4.2 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $27.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $3.4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,年生物吸储Pb、Cd、Cu的效应分别为 $13.2 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $4.4 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $0.1 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$;表明海岸5~6 a生的防护林群落的年净积累生物量以及吸储积累环境 CO_2 、 NO_2 、 SO_2 及微量污染元素的功能已经显出,这种生态功能对于海岸区域的环境是不可替代的生态效应。

(3) 海岸防护林群优势树种在自然高温胁迫下具较高的光合效应,羊蹄甲、塞楝及高山榕、印度紫檀等上层优势树种的光合速率较高,雨季高温天气白昼平均达到 $9.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;乡土树种的净光合速率显著高于引进树种;较高的光合生产力及适

宜海岸高温胁迫的光合生理特点,是其速生的原因之一。

(4) 海岸防护林群落以乡土树种耐盐碱遴选树种为主体森林构建群落,一般对5~6 a生的幼林群落的生物量及其NPP观测研究较少、尤其为海岸滩头地表的防护林群落;由于广州南沙沿海滩头实施了严格的科学经营,从滩头立地、树种选择、苗木规格、营造技术及管护技术,并且实施严格的造林责任和验收管理办法,致使广州南沙海岸营造的5~6 a生的森林群落在适地适树、经营管理上得到显著的体现,各种结构的森林群落的生长及空间结构达到速生的特征、郁闭度达到0.56左右;对于林分土壤经3 a的施肥经营后,郁闭后的森林群落连续生长迅速良好;因此作为人工林群落它的生态效应也同步得到体现。

参考文献:

- [1] 张宝杰. 城市生态与环境保护[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002: 24-56.
- [2] 陈步峰, 吴敏, 潘勇军, 等. 广州城市林带森林群落的生物化学吸储效应[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(3): 66-69.
- [3] 康慕谊. 城市生态学与城市环境[M]. 北京: 中国计量出版社, 1997: 117-136.
- [4] 田大伦, 康文星, 文仕知, 等. 杉木林生态系统学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 49-94.
- [5] 李相然. 城市化环境效应与环境保护[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004: 1-19.

Study on eco-effect of coast shield forest community at the South Sea of Guangzhou

CHEN Bufeng, PAN Yongjun, XIAO Yihua, XU Meng, WU Min, DUAN Jinping

The Research Institute of tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, China

Abstract: In this paper, we studied the typical coast shield forest community, bio-absorbing and accumulating C, N, S and trace elements Pb, Cd, Cu, monitoring of biological communities. The result indicated that mean biomass and NPP on woodland had reached with $10.7 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $2.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ separately for the 5-6 age forest community and the forest community has behaved the character of speed growth. Mean annual increase mete of CO_2 , NO_2 and SO_2 on woodland was remarkable and had reached with $4.2 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, $27.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $3.4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ separately, and annual bio-fix of the Pb, Cd and Cu was of $13.2 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$, $4.4 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $0.1 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ separately in the coast shield forest. The environment function has got initial results that must not supersede for the ecological safe of coast line. Mean net photosynthetic rate of preponderance species had reached with $9.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ under high temperature intimidate at rainy season daylight in the motorway network of forest. And daily peak photosynthetic rate of *Ficus altissimhad* reached with $14.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ that was more than that of *Bauhinia blacken* and *Kaya senegaiensis* with 0.4 and 2.2 separately. Physiological suit and responding of the preponderance species was one of the most reason for the soil physics and chemistry, and high temperature intimidate condition.

Key words: coast of South China Sea; shield forest community; photosynthesis characteristic; eco-effect