

木麻黄与湿地松混交林乔木层的碳贮量及其分配*

1. 福建省林业科学研究院 2. 福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室
3. 南方森林资源与环境工程研究中心 4. 福建农林大学林学院 5. 厦门大学海洋与环境学院
6. 中国科学院地理科学与资源研究所 7. 福建省东山赤山国有防护林场
郭瑞红^{1,4} 叶功富^{1,2,3} 卢昌义⁵ 肖胜生⁶ 李永林⁷

[摘要] 对木麻黄—湿地松混交林和同年生木麻黄纯林的枝、叶、干、皮、根和凋落物含碳率及碳贮量进行了研究。结果表明：枝、叶、干、皮和根整体含碳率在不同林间均存在显著差异；纯林中碳贮量随林龄增加而增大，15a 生木麻黄—湿地松混交林碳贮量比同年生木麻黄纯林增加了 18.67%。

[关键词] 木麻黄 湿地松 含碳率 碳贮量

森林是陆地生态系统的主要植被类型，储存了陆地生态系统 76%-98% 的有机碳，对森林碳储量研究是全球碳循环研究焦点之一。森林生态系统对“碳”的作用分为地上和地下两个部分。在地球上约 85% 的陆地生物量集中在森林植被中，因此森林植被碳库是陆地生态系统碳库的重要组成部分，是研究森林生态系统向大气吸收和排放 CO₂ 的关键因子，森林植被碳库的准确估算也是揭示“碳失汇”现象的重要前提^[1]。不同国家区域森林植被碳贮量对全球森林植物碳贮量的贡献存在较大差异，这与不同国家的自然地理条件、森林类型、森林面积、年龄结构等有关^[2]。因此，精确评估森林生态系统的碳贮量，需要分别对不同地域条件下不同林分植被层和土壤层的碳含量分别进行研究，这也是当前陆地碳循环的研究热点^[3-5]。由于不同学者估算森林生物量时采用的方法不同，导致对同一区域森林植被碳贮量的估算结果存在差异^[6,7]。

木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、湿地松(*Pinus elliottii*)是我国东南沿海防护林的主要造林树种，经过多年的混交试验取得了较好的效果。本文对木麻黄—湿地松混交林、木麻黄人工纯林生物量、碳贮量进行了研究，有助于揭示木麻黄湿地松人工生态系统的固碳功能和碳循环机理^[8-10]，有助于评价我国沿海人工林生态系统在我国碳平衡中的作用，为建设生态附加值高的防护林体系提供科学依据，进一步研究该群落生态系统在碳循环、碳汇中所起到的作用。

1 研究区概况

研究区设在福建省东山县赤山国有防护林场，东经 117°18'，北纬 23°40'。属南亚热带海洋性季风气候，年平均气温 20.8℃，绝对最高气温 36.6℃，绝对最低气温 3.8℃，全

年无积雪，无霜冻，年均降水 1164mm，年均蒸发 2028mm，全年干湿季节明显，每年的 11 月至翌年的 2 月为旱季，大部分的降水集中于台风多发的月份 5~9 月，年均台风 5.1 次。土壤以滨海沙土为主，均一性风积沙土，潮积沙土，红壤性风积，泥炭性风积沙土等。

2 研究方法

2.1 试验设计

在东山赤山林场选择立地条件相似的不同发育阶段（幼龄林、中龄林、和成熟林）的木麻黄—湿地松混交林和同年生木麻黄纯林，每种林分中分别建立 3 个 20m×20m 标准地，共建立 21 个标准地。

2.2 调查及测定方法

对东山赤山林场木麻黄纯林的各个样地进行每木调查，根据叶功富等提出的木麻黄生物量模型： $\ln W = a + b \ln(D2H)$ ，系数 a 和 b 见表 1，进行生物量的计算；年净生产力采用一年间的生物量实测值相减而计算得出。对于木麻黄—湿地松混交林采用平均木法进行生物量计算。同时根据林分平均胸径和树高，选取平均木 1-2 株，要求所选平均木胸径、树高和林分平均值误差不超过 5%；伐倒后，分层次分干、叶（分当年生叶和老叶）、枝（分当年生枝和老枝）、根（分为 <0.2cm，0.2~0.5cm，>0.5cm 和根头）采集标准木乔木层的分析样品，并用挖掘法测定根系生物量；采集的乔木层不同器官和凋落物层样品随机抽取 30% 样品带回室内，烘干测定后换算成为干重重量；再经粉碎、过筛后，用全自动碳氮分析仪测定含碳率。乔木层平均含碳率是各器官含碳率的加权平均值，然后计算乔木层的生物量。

* 基金项目：国家“十一五”科技支撑计划项目（2006BAD03A14-01），福建省重大科技专项（2006NZ0001-2）。

表1 生物量计算的 a 和 b 系数取值

组分	a	b	r
干材	0.478	0.515	0.976
树皮	-2.725	0.685	0.989
树枝	0.585	0.248	0.996
树叶	1.405	0.141	0.964
果实	-8.105	1.157	0.975
根系	0.8	0.251	0.987
全林	1.825	0.412	0.978

乔木层碳当年净固定量是指乔木层的生物量碳当年积累量和碳当年归还量之和。根据乔木层各器官(干、枝、叶、皮、果、根)凋落物层的生物量乘各组分转换系数,求得碳贮量。不同组分的转换系数是根据在进行生物量测定时所取得的样品而实测得到有机碳数值。乔木层的碳贮量为乔木层各器官碳贮量之和。

3 结果与分析

3.1 乔木层各器官碳素含量

从表2可以看出,木麻黄—湿地松混交林和纯林中的木麻

黄与湿地松的各器官的含碳量均差异显著。而混交林中木麻黄和纯林木麻黄各器官含碳量均无显著性差异。

从表2还可知,木麻黄—湿地松混交林中两个树种的碳素含量各异。湿地松叶、根、枝和干的碳素含量较高,分别为58.10%、56.2%、55.29%、54.74%,皮含量较低,变化幅度为52.04%~58.10%。略小于方晰等^[11]人对广西禄峰山湿地松各器官含碳率大小测定的结果。按碳素含量的高低排列顺序为:叶>根>枝>干>皮;木麻黄根、叶、枝的碳素含量较高,分别为50.19%、49.72%、49.18%,碳素含量从高到低依次为:根>叶>枝>干>皮。木麻黄纯林中的木麻黄亦表现出和木麻黄—湿地松混交林中木麻黄碳素含量同样的序列。从两个树种平均碳含量来看,湿地松碳素平均含量要大大高于木麻黄。表现出针叶林大于阔叶林。这与马钦彦^[12]通过对华北地区主要森林类型的8个乔木建群种和10个灌木树种不同器官含碳率测定结论一致。两个树种不同组分的碳素含量变化不大,样本的变异系数为0.35%~0.86%。木麻黄纯林不同组分碳素含量的样本变异系数为0.57%~0.99%。

表2 东山木麻黄—湿地松混交林及纯林乔木层不同器官碳素含量 (%)

林分	树种	干	皮	枝	叶	根	平均
混交林	湿地松	54.74±0.19 (0.35)	52.04±0.37 (0.71)	55.29±0.38 (0.69)	58.10±0.26 (0.45)	56.2±0.37 (0.66)	55.27±2.21 (3.99)
	木麻黄	48.25±0.23 (0.48)	47.11±0.28 (0.59)	49.18±0.36 (0.73)	49.72±0.20 (0.40)	50.19±0.43 (0.86)	48.89±1.23 (2.52)
纯林	木麻黄	48.86±0.43 (0.88)	46.69±0.43 (0.92)	48.89±0.51 (1.04)	49.44±0.49 (0.99)	50.75±0.29 (0.57)	48.93±1.46 (2.98)

注:括号内数字为变异系数 (%)

3.2 乔木层碳贮量

根据乔木层各器官C含量(表2)可以计算出系统乔木层各器官C贮量(表3)。15a生木麻黄纯林的植被碳贮量要高于同年生木麻黄—湿地松混交林。木麻黄—湿地松混交林乔木层碳贮量为122.33t·hm⁻²(其中木麻黄和湿地松各占51.18%和48.82%)。比木麻黄纯林降低了11.4%。从木麻黄—湿地松混交林,木麻黄纯林各林分乔木层C贮量空间分布来看,乔木层C主要集中在树干,占乔木层C贮量的比例很大。木麻黄—湿地松混交乔木层树干C贮量所占比例最大,高达(68.99%),其次是根系(17.98%),然后依次为树皮(13.09%)、树枝(12.33%)和树叶(9.98%)。木麻黄纯林乔木层树干所占的比例也最大(59.57%),根系所占比例次之(11.53%)但与混交林不同的是木麻黄纯林树叶(8.93%)、树枝(8.76%)所占的比例大于树皮(8.40%),这种差异可能主

要是不同树种间生物学特性引起的。木麻黄—湿地松混交林乔木层C贮量的空间分布为:树干>根系>树皮>树枝>树叶。木麻黄纯林为:树干>根系>树叶>树枝>树皮。木麻黄—湿地松混交林乔木层地上部分和地下部分的碳贮量分别占85.30%和14.70%。木麻黄纯林地上部分和地下部分的碳贮量分别占88.14%和11.86%。可见混交林和纯林地上部分和地下部分的碳贮量所占比例相差不大。

4 结论

通过对东山不同发育阶段木麻黄—湿地松混交林和同年生木麻黄纯林各组分的含碳率的分析测定,发现乔木层(叶、枝、干、皮和根)含碳率在不同发育阶段间、不同混交林之间均存在差异,乔木层不同器官含碳率亦存在差异,各器官含碳率大小排序因发育阶段、林分不同而有所不同。不同发育阶段木麻黄纯林碳贮量表现为随林龄的增(下转第36页)

中林样地 3 块以及成熟林样地 1 块共 5 块样地的土壤呼吸作用。总的说来,在呼吸速率上,五个样地的异养呼吸速率平均值分别为 2.05、2.70、2.90、2.01 和 2.20 $\mu\text{molm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;总呼吸速率在五个样地分别为 2.62、3.72、4.02、2.67 和 3.10 $\mu\text{molm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。幼林和中林 2 样地的异养呼吸日变化曲线变异稍微大于其它三个样地,但是总体来说,五个样地的日变化规律基本一致,稳定在 72.73%左右,变化幅度为 68.59%~76.87%,而且土壤异养呼吸所占比例在不同林龄林分之间的差异也不是非常明显。

参考文献

[1] 王效科,冯宗炜.中国森林生态系统中植物固定大气碳的潜力[J],生态学杂志,2000,19(4):72-74.

[2] 谭芳林.木麻黄防护林生态系统凋落物及养分释放研究[J].林业科学,2003(专):21~26.
 [3] 尉海东,马祥庆,刘爱琴,等.森林生态系统碳循环研究进展[J].中国农业生态学报,2007,15(2):188-192.
 [4] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
 [5] 崔骁勇,等.草地土壤呼吸研究进展[J].生态学报,2001,21(2):315-325.
 [6] 张清海.海岸沙地木麻黄人工林能量生态学研究[D].福州:福建农林大学硕士学位论文,2001.
 [7] 丁守和,王教全,等.环境因子对胶南沿海防护林土壤呼吸的影响[J].山东林业科技,2005,(6):4-7.
 [8] 谭芳林,叶功富.相思树种更新木麻黄防护林对林地土壤化学性质的影响[J].防护林科技,2007,(1):1-3.
 [9] 张立华.海岸沙地木麻黄人工林细根生态学研究[D].福州:福建农林大学硕士学位论文,2006.

(上接第25页)

表3 东林木麻黄、湿地松混交林及纯林乔木层各器官碳贮量分配 (t·hm⁻²)

组分	木麻黄—湿地松混交林				木麻黄纯林	
	木麻黄 碳贮量	湿地松 碳贮量	小计	百分比 (%)	木麻黄 碳贮量	百分比 (%)
干	41.317	27.677	68.994	56.40	82.249	59.57
皮	7.455	5.638	13.093	10.70	11.596	8.40
枝	4.343	7.986	12.330	10.08	12.089	8.76
叶	3.843	6.085	9.928	08.12	12.329	8.93
地上和	56.959	47.386	104.345	85.30	118.263	88.14
根系	5.644	12.340	17.984	14.70	15.917	11.86
全林	62.603	59.725	122.329	100	134.180	100

加而增大的趋势,而对混交林而言,木麻黄—湿地松混交林<木麻黄纯林,且小于纯林的碳贮量。

参考文献

[1] Berrien M. &B.H.Braswell.The metabolism of the earth:understand of the carbon cycle[J].AMBIO(人类环境杂志),1994,(23):4-12.
 [2] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
 [3] Post.W.M.,W.R.Emanuel,P.J.Zinke and A.G.Strangenberger.Soil carbon pools and world life zones[J].Nature,1982,(298):156-159.
 [4] 方晰,田大伦,项文化,等.不同密度湿地松人工林中碳的积累与分配[J].生态学报.2003,20(4):374-379.
 [5] 马钦彦,陈遐林,王娟.华北主要森林类型建群种的含碳率分析[J].北京林业大学学报,2002,24,(5/6):96-100.
 [6] 方运霆,莫江明,Sandra Brown,等.鼎湖山自然保护区土壤有机碳贮量和分

配特征[J].生态学报,2004,24(1):135-142.
 [7] 田大伦,方晰.湖南会同杉木人工林生态系统的碳素含量[J].中南林学院学报,2004,24(2):1-5.
 [8] 张清海,叶功富,林益明.福建东山县赤山滨海沙地厚荚相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2005,44(1):123~127.
 [9] 叶功富,隆学武,潘惠忠,等.木麻黄林的凋落物动态及其分解[J].防护林科技,1996,(专刊):30-34.
 [10] 叶功富,张清海,林益明,等.海岸带不同立地木麻黄群落能量研究[J].林业科学,2003,39(专刊):1-7.
 [11] 方晰,田大伦,项文化.速生阶段杉木人工林碳素密度、贮量和分布[J].林业科学,2002,38(3):14-19.
 [12] 马钦彦,陈遐林,王娟.华北主要森林类型建群种的含碳率分析[J].北京林业大学学报,2002,24,(5/6):96-100.