

巨尾桉与几种阔叶树和针叶树碳储量的比较研究*

Comparative Study on the Carbon Storage between *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* and Some Conifer and Broad Leaved Tree Species

韦宇静^{1,2}, 梁士楚^{1,2*}, 黄雅丽^{1,2}, 李冰^{1,2}, 石贵玉^{1,2}

WEI Yu-jing^{1,2}, LIANG Shi-chu^{1,2}, HUANG Ya-li^{1,2}, LI Bing^{1,2}, SHI Gui-yu^{1,2}

(1. 珍稀濒危动植物生态与环境教育教育部重点实验室, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004)

(1. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:【目的】研究广西北海市巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*)、红锥(*Castanopsis hystrix*)、海南蒲桃(*Syzygium cumini*)、香梓楠(*Michelia hedyosperma*)、闽楠(*Michelia macclurei*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)的冠幅、生物量和碳储量情况,为该地区建立人工林优势树种选择提供科学依据。【方法】对两年生的巨尾桉、红锥、海南蒲桃、香梓楠、闽楠、杉木、马尾松进行常规的群落调查,采用收获法收集各树种的根、茎、叶、枝,通过实验手段测定其生物量、含碳率、碳储量。【结果】巨尾桉冠幅为其他树种的1.7~8.6倍,高度为3.1~6倍,基径为1.6~3.6倍;巨尾桉生物量高达17.2 t · hm⁻²,其次海南蒲桃为3.6 t · hm⁻²,其余树种生物量较低;巨尾桉含碳率在所有树种中居于中间水平,碳储量为其他树种的6~30倍。【结论】在同龄树种中,巨尾桉的固碳能力较强,可作为人工林生态固碳的优选树种。

关键词:巨尾桉 红锥 海南蒲桃 香梓楠 闽楠 杉木 马尾松 生物量 碳储量

中图分类号:Q945.79 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)04-0229-04

Abstract:【Objective】Crown area, biomass and carbon storage of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*, *Castanopsis hystrix*, *Syzygium cumini*, *Michelia hedyosperma*, *Michelia macclurei*, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* were investigated in Beihai City of Guangxi to provide scientific support for the selection of superior tree species in order to establish the plantation forest.【Methods】Regular investigation on community structure was applied to biennial plantations of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*, *Castanopsis hystrix*, *Syzygium cumini*, *Michelia hedyosperma*, *Michelia macclurei*, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana*. Roots, stems and leaves of these species were collected by using harvest method. Biomass, carbon content rate and carbon storage were measured by experimental methods.【Results】The crown area, height and basal diameter of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* was, respectively, 1.7~8.6 times, 3.1~6 times and 1.6~3.6 times of other species. The biomass of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* is the highest around 17.2 t · hm⁻²,

收稿日期:2014-10-10

作者简介:韦宇静(1990-),女,硕士研究生,主要从事植物生理研究。

* 广西科技重大专项(2010GXNSFD169007,桂科基 1123014,桂科基 11166-01,桂科基 11199001)资助。

** 通讯作者:梁士楚(1965-),男,教授,主要从事湿地生态和植物生态研究,E-mail:gxlscc@sina.com。

is the highest around 17.2 t · hm⁻²,

followed by *Syzygium cumini* with $3.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, while biomass of other species were very low. Carbon content rate of *Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla* was at the middle level among all species, but with 6~30 times carbon storage of other species. **【Conclusion】**The carbon sequestration of *Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla* is better than that of other tree species, which is optimal tree species used in plantation forest for ecological carbon sequestration.

Key words: *Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla*, *Castanopsis hystrix*, *Syzygium cumini*, *Michelia hedyosperma*, *Michelia macclurei*, *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana*, biomass, carbon storage

【研究意义】大气、陆地和海洋生态系统是全球3大碳库,这3个碳库的碳平衡对人类活动具有重要影响。自20世纪以来,由于人类活动的需求及科技的发展,大量森林被破坏,土地退化、环境污染日益严重,人为排放大量 CO_2 气体造成全球气温升高,冰山融化,人类面临严峻的生存威胁。此外,森林的破坏和 CO_2 气体的释放打破3大生态系统的碳素平衡,将会造成全球性环境连锁反应,危害到人类的健康生存。全球碳循环研究越来越受到各国学者的重视,有学者认为,森林生态系统在维护生态平衡和碳平衡方面起着重要作用。许多学者研究陆地生态系统碳储量及其动态,认为人工林的碳汇功能最有希望减缓全球气候变暖。**【前人研究进展】**目前我国已在辽宁、内蒙古、河北、山西、广西、四川、云南等多个省(区)开展了人工造林和再造林碳汇项目^[1],希望提高我国森林碳汇能力,减缓温室效应。在广西某些地区选择格木、红锥、桉树等阔叶树建立人工林,旨在增加森林生态系统的碳储量^[2]。**【本研究切入点】**桉树(*Eucalypt*)是世界上3大速生树种之一,具有抗逆、耐旱、易种植、速生高产等特点,其木材用于建筑、纸浆原料、工业用油、工业原料等。桉树人工林是我国发展规模较大的人工林,种植面积已超过200万 hm^2 ^[3],具有巨大的碳储量和碳汇效益。许多学者对桉树人工林的研究在栽培技术、管理经营、生物多样性生产力等取得一定的研究成果。例如侯学会等^[4]对广东省碳储量和碳汇价值估算指出,幼龄桉树各器官碳含量分配格局为干>皮>叶>根>枝,对于中龄林、近成熟林、成熟林和过熟林,各器官的碳含量分配格局基本一致,为干>根>皮>枝>叶。而桉树与其他优势阔叶树种及针叶树种的生物量及碳储量对比研究较少。**【拟解决的关键问题】**主要研究同为两年生的巨尾桉(*Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla*)以及红锥(*Castanopsis hystrix*)、海南蒲桃(*Syzygium*

cumini)、香梓楠(*Michelia hedyosperma*)、闽楠(*Michelia macclurei*)4个优势树种和杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)2个针叶树种的根、茎、叶和枝4种器官的含碳率及碳储量分配情况,比较巨尾桉以及其它优势树种的生长状况,分析不同树种的碳储量情况,为该地区人工林建设中的树种选择提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究样地设置在广西北海市合浦县石康镇桉树林区内。该地区地貌类型属地处低海拔台地,土壤为红壤。气候属亚热带海洋性季风气候,年平均气温 22.9°C ,极端最高温度 37.1°C ,极端最低温度 2°C ;年平均降雨量1670mm。以种植巨尾桉为主,其他树种有红锥、海南蒲桃、香梓楠、闽楠、杉木、马尾松等。

1.2 研究方法

选择两年生的巨尾桉、红锥、海南蒲桃、香梓楠、闽楠、杉木和马尾松作为研究对象。首先进行常规的群落学调查,然后选取1株标准木,测定其株高、冠幅、基径等形态数量指标,采用收获法测定各树种的根、茎、叶、枝的生物量以及总生物量。选取一定量的根、茎、叶和枝作为样品,烘干粉碎过筛之后,分别测定其含碳率^[5],最后计算各树种的碳储量^[6]。

生物量是指某一时刻单位面积内现存生活的有机物质(干重)总量,包括生物体内所存食物的重量,通常用 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 或 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 表示,本研究计算公式为

$$\text{生物量} = \frac{\text{株数} \times \text{单株干重}}{\text{面积}}$$

含碳率的测定参照《森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算》^[5]中土壤含碳率的测定方法,计算公式为

$$W_c = \frac{0.8 \times 5}{V_0} \times (V_0 - V) \times 0.003 \times 1.1 \times \frac{1}{m_1 \times K_2} \times$$

1000。

式中: W_c ——有机碳含量, $g \cdot kg^{-1}$,0.8 ——重铬酸钾标准溶液的浓度, $mol \cdot L^{-1}$,

5 ——重铬酸钾标准溶液的体积, mL,

 V_0 ——空白标定用去硫酸亚铁溶液体积, mL, V ——滴定土样用去硫酸亚铁溶液体积, mL,0.003 ——1/4 碳原子的摩尔质量, $g \cdot mmol^{-1}$,

1.1 ——氧化校正系数,

 m_1 ——风干土样质量, K_2 ——将风干土换算到烘干的水分换算系数。

碳储量的计算公式为

植物体有机碳储量 = 植物体生物量 × 植物体含碳率。

2 结果与分析

2.1 生长状况

所测定的 7 种两年生树种中,巨尾桉的生长状况最好,各项生长指标均高于同龄的其他树种(表 1)。例如,巨尾桉平均株高 5.85m,为其他树种的

Table 1 The growth condition of different tree species

树种 Tree species	株高 Plant height(m)	基径 Basal diameter(cm)	树冠面积 Crown area (m ²)	生物量 Biomass(t · hm ⁻²)				
				根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	枝 Branch	总 Total
巨尾桉(<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>E. wrophylla</i>)	5.85	5.80	2.40	0.60	10.2	3.81	2.52	17.16
红锥(<i>Castanopsis hystrix</i>)	1.80	1.75	0.66	0.09	0.33	0.5	0.09	1.02
海南蒲桃(<i>Syzygium cumini</i>)	1.88	3.66	0.58	0.33	0.79	1.12	0.57	2.81
香梓楠(<i>Michelia hedyosperma</i>)	1.00	2.48	0.59	0.08	0.53	0.41	0.17	1.20
闽楠(<i>Michelia macclurei</i>)	1.14	2.04	0.68	0.1	0.36	0.44	0.11	1.01
杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)	1.50	1.59	1.38	0.12	0.16	0.22	0.06	0.55
马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)	0.98	3.03	0.28	0.11	0.46	0.46	0.04	1.07

表 2 不同树种各器官的含碳率

Table 2 The carbon content of different tree species organs

树种 Tree species	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	枝 Branch
红锥(<i>Castanopsis hystrix</i>)	0.589 ± 0.03 ^{abA}	0.541 ± 0.03 ^{abA}	0.574 ± 0.02 ^{bA}	0.544 ± 0.03 ^{abA}
闽楠(<i>Michelia macclurei</i>)	0.556 ± 0.02 ^{aA}	0.533 ± 0.03 ^{abA}	0.587 ± 0.01 ^{bA}	0.54 ± 0.03 ^{abA}
巨尾桉(<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>E. wrophylla</i>)	0.548 ± 0.02 ^{aA}	0.509 ± 0.01 ^{abA}	0.547 ± 0.01 ^{bcA}	0.504 ± 0.03 ^{bA}
马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)	0.539 ± 0.03 ^{ab}	0.57 ± 0.01 ^{ab}	0.632 ± 0.01 ^{aA}	0.58 ± 0.01 ^{ab}
海南蒲桃(<i>Syzygium cumini</i>)	0.535 ± 0.04 ^{aA}	0.479 ± 0.03 ^{bcA}	0.526 ± 0.03 ^{cA}	0.489 ± 0.02 ^{bA}
香梓楠(<i>Michelia hedyosperma</i>)	0.455 ± 0.02 ^{bc}	0.540 ± 0.02 ^{abAB}	0.574 ± 0.01 ^{bA}	0.523 ± 0.03 ^{abB}
杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)	0.447 ± 0.02 ^{bb}	0.467 ± 0.03 ^{cAB}	0.53 ± 0.02 ^{cA}	0.501 ± 0.04 ^{abB}

注:小写字母表示纵向显著性比较,大写字母表示横向显著性比较; $P < 0.05$ 。

Note: Lowercase letters mean comparison of longitudinal significance, capital letters mean comparison of transverse significance; $P < 0.05$.

3~6 倍,马尾松最矮,平均株高 0.98m;巨尾桉的基径最大,其次是海南蒲桃和马尾松,红锥和杉木的最小;巨尾桉的平均冠幅大小 2.40m²,为其他树种的 1.7~8.6 倍,其次是杉树,平均 1.38m²,其他树种均小于 0.7m²。从生物量来看,巨尾桉各器官及总的生物量均远远高于其他树种,其中以茎的生物量比重最高,占整株巨尾桉的 59%,作为主要原材料的茎比重大,在树种的选择上巨尾桉具有较大的优势;其次海南蒲桃的总生物量为 2.81t · hm⁻²,杉木最低,仅为 0.55t · hm⁻²,其他阔叶树中,除香梓楠外其叶的生物量比重均高于茎。可见,巨尾桉无论在长势或者生物量储存及茎比重均高于其他阔叶树种,具有较大的生产潜力。

2.2 含碳率

由表 2 可知,阔叶树种中,除香梓楠外,其他树种不同器官之间的含碳率差异不显著。针叶树种中,杉木茎、枝和叶之间的含碳率差异不显著;马尾松根、茎和枝之间的含碳率差异不显著。不同树种中,巨尾桉、红锥、海南蒲桃、闽楠和马尾松之间以及香梓和楠杉木之间的根的含碳率差异不显著;整体来看,杉木的含碳率最低,而马尾松最高,其余阔叶树反而处于两者之间。巨尾桉各器官含碳率差异不显著,在树种的含碳率比较中亦不是最高。

2.3 碳储量

由表3可知,巨尾桉的不同器官及总碳储量均明显大于其他树种。从根的碳储量来看,巨尾桉 $0.33\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,海南蒲桃 $0.18\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其他树种 $0.04 \sim 0.06\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$;从茎的碳储量来看,差异比较显著,巨尾桉高达 $5.21\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,而杉木仅 $0.07\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$;从叶的碳储量来看,巨尾桉叶 $2.09\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,海南蒲桃 $0.59\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其他树种低于 $0.3\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$;从枝的碳储量来看,巨尾桉 $1.27\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,海南蒲桃 $0.28\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其他树种低于 $0.1\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。巨尾桉和香梓楠不同器官碳储量的大小顺序为茎>叶>枝>根,红锥、杉木和马尾松为叶>茎>根>枝,海南蒲桃和闽楠为叶>茎>枝>根,即各树种茎和叶的碳储量高于根和枝。巨尾桉和香梓楠茎的碳储量高于其他器官,说明其碳主要储存在茎上,而其他树种则是以叶的碳储量最高。总体上,各树种碳储量的大小顺序为巨尾桉>海南蒲桃>香梓楠>马尾松>红锥>闽楠>杉木。

表3 不同树种的碳储量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)

Table 3 The carbon storage of different tree species ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)

树种 Tree species	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	枝 Branch	合计 Total
巨尾桉(<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>E. wophylla</i>)	0.33	5.21	2.09	1.27	8.89
红锥(<i>Castanopsis hystrix</i>)	0.06	0.18	0.29	0.05	0.57
海南蒲桃(<i>Syzygium cumini</i>)	0.18	0.38	0.59	0.28	1.42
香梓楠(<i>Michelia hedysperma</i>)	0.04	0.29	0.24	0.09	0.65
闽楠(<i>Michelia macclurei</i>)	0.05	0.19	0.26	0.06	0.56
杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)	0.05	0.07	0.12	0.03	0.27
马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)	0.06	0.26	0.29	0.02	0.63

3 结论

两年生的5种阔叶树和2种针叶树中,巨尾桉的长势最快,海南蒲桃次之,红锥、香梓楠、闽楠的长势差别不大;马尾松的株高比杉木的矮,但其基径比杉木的大。各树种含碳率虽然有差异,但均在 $0.45 \sim 0.65$ 波动。巨尾桉的生长速度快,固碳能力强,其碳储量是其他树种的 $6 \sim 30$ 倍,因此,巨尾桉可作为营造人工林的最佳选择。然而,巨尾桉的轮伐周期短,林下植被在轮伐过程中常遭受人为破坏,

不利于植物多样性的构建,因此可选择海南蒲桃、红锥等植物作为辅助,营建具有高效固碳能力、物种多样性高的桉树人工林。

参考文献:

- [1] 国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室. CDM 宜林地区规划布局[EB/OL]. (2011-03-20)[2014-08-02]. <http://202.99.63.183/tanhui/thxm/index.Aspx>.
The Work Leading Group Office of the State Forestry Administration to Tackle Climate Change, Energy Conservation and Emissions Reduction. CDM the planning layout of Yilin district [EB/OL]. (2011-03-20)[2014-08-02]. <http://202.99.63.183/tanhui/thxm/index.Aspx>.
- [2] 王卫霞,史作民,罗达,等.我国南亚热带几种人工林生态系统碳氮储量[J].生态学报,2013,33(3):925-933.
Wang W X, Shi Z M, Luo D, et al. Carbon and nitrogen storage under different plantations in subtropical south China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(3): 925-933.
- [3] 温远光. 桉树生态、社会问题与科学发展[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
Wen Y G. Eucalyptus Ecological, Social Problems and Scientific Development [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008.
- [4] 侯学会,牛铮,黄妮,等.广东省桉树碳储量和碳汇价值估算[J].东北林业大学学报,2012,40(8):13-17.
Hou X H, Niu Z, Huang N, et al. Carbon storage and value of carbon sinks of Eucalyptus in Guangdong province[J]. Journal of northeast forestry university, 2012, 40(8): 13-17.
- [5] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. LY/T 1237—1999 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
Laboratory of Forest and Soil of Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry. LY/T 1237—1999 Determination of Organic in Forest Soil and Calculation Carbon - nitrogen Ratio [S]. Beijing: China Standards Press, 1999.
- [6] 李海奎,雷渊才.中国森林植被生物量和碳储量评估[M].北京:中国林业出版社,2010:29.
Li H K, Lei Y C. Evaluation of Biomass and Carbon Reserves of Chinese Forest Vegetation [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2010: 29.