

doi: 10.3969/j.issn.1002-7351.2009.04.004

思茅松人工中幼林的含碳率研究

李 江^{1,2}, 翟明普¹, 朱宏涛³, 孟 梦¹, 邱 琼¹, 毛云玲¹, 陈宏伟¹, 郭永清¹

(1. 北京林业大学研究生院, 北京 100083; 2. 云南省林业科学院云南省森林植物培育与开发利用重点实验室, 云南 昆明 650204; 3. 中科院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204)

摘要: 通过对云南省思茅松集中分布区不同林龄的思茅松人工林含碳率的测定与分析, 结果表明: 思茅松人工林林木主干与其它构件的平均含碳率存在显著差异, 主干的含碳率最高(48.48%), 由基部向梢头含碳率呈下降趋势, 其它构件的含碳率依次为树枝(48.13%)、主干皮(47.49%)、松针(47.27%)、球果(47.02%)和树根(46.80%)。在所测定的 4 个径级组中, 径级组 1(16~30 cm)林木主干的平均含碳率(48.43%)显著高于其它小径级组, 小径级组间的含碳率差异不明显; 树枝、主干皮、松针、球果和树根的含碳率在不同径级组间的差异不明显。思茅松人工中幼林单株的全株含碳率为 47.91%。

关键词: 思茅松; 人工中幼林; 含碳率

中图分类号: S791.259.02 文献标识码: A 文章编号: 1002-7351(2009)04-0012-04

Carbon Contents of *Pinus Kesiya* Royle ex Gord. Var. *langbianensis* Young and Middle Aged Plantations

LI Jiang^{1,2}, ZHAI Ming pu¹, ZHU Hong tao³, MENG Meng¹, QIU Qion¹, MAO Yun lin¹, CHEN Hong wei¹, GUO Yong qing¹

(1. Graduate School, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Yunnan Forest Plant Culture and Development Utilization Key Laboratory, Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China; 3. Kunming Institute of Botany, CAS, Kunming 650204, Yunnan, China)

Abstract: The carbon content of the plantation of *Pinus Kesiya* Royle ex Gord. Var. *langbianensis* with different ages in the distribution areas in Yunnan were tested and analysed. The results showed that the mean carbon contents of different organs varied significantly. The carbon content of main stem was the highest as 48.48% and tended to decrease from the base to the shoot upward. Carbon contents followed were 48.13%, 47.49%, 47.27%, 47.02% 46.80% in branch, bark from main stem, needle leaf, cone and root respectively. Of the four tested diameter classes, the carbon content of main stem from Class 1(16~30cm) was significantly higher than that of other classes, the differences of carbon contents of small diameter classes was not evident. The carbon contents in branch, bark of main stem, needle leaf, cone and root from different diameter classes were not significantly different. The whole tree carbon content of *Pinus Kesiya* Royle ex Gord Var. *langbianensis* young and middle aged plantations was calculated as 47.91%.

Key words: *Pinus Kesiya* Royle ex Gord. Var. *langbianensis*; young and middle aged plantations; carbon content

思茅松(*Pinus kesiya* Royle ex Gord. var. *langbianensis*)是我国亚热带西南部山地的代表种, 集中分布于云南南部景谷、思茅、普洱等地^[1-2]。因为用途广泛, 生长迅速, 所以思茅松近年来已成为当地最重要的造林树种, 每年的造林面积很大。植物含碳率是开展人工林碳贮量计量与监测的重要参数, 多采用 50% 的缺省值进行估算。国内外近年来一些实测的数据表明树种间的含碳率存在差异, Elias 和 Potvin 对热带 32 种阔叶树种的木材含碳率进行了测定, 发现含碳率在 44.4%~49.4% 之间^[3]。Lamlon 和 Savidge 对 19 种针叶树种和 22 种阔叶树种心材的含碳率进行了测定, 发现针叶树种心材的含碳率(47.21%~55.20%)比阔叶树种心材的含碳率(46.27%~49.97%)要高一些^[4]。国内一些学者也对楠木、樟子松、桉树和毛竹等人工林树种的含碳率进行过测定, 结果都存在一定差异^[5-8]。基于此, 政府间气候变化专

收稿日期: 2009-02-23; 修回日期: 2009-05-16

基金项目: 云南省应用基础研究(2007C240M); 云南省技术创新人才培养项目(2008PY085); 云南省科技攻关计划(2004NG05-02); 国家林业局 948 项目(2006-4-67) 联合资助

作者简介: 李江(1972-), 男, 云南昌宁人, 云南省林业科学院副研究员, 在读博士研究生, 从事森林培育与林业碳汇研究。

通讯作者: 翟明普(1942-), 男, 北京林业大学教授, 从事干旱区造林、混交林理论与技术、混农林业研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

门委员会(IPCC) 和国家林业局气候变化办公室等机构都推荐优先使用本地参数进行碳贮量测算^[9- 11]。目前未见公开发表的思茅松含碳率参数, 计算思茅松人工林的碳贮量只能使用 IPCC 热带与亚热带所有树种含碳率的缺省值。刘华和郑帷婕等发现用固定的含碳率系数计算碳贮量存在较大的误差^[12- 13]。

本研究在云南省思茅松集中分布区内多点取样, 对思茅松植株含碳率进行较系统的分析。取样林分的林龄为 3~ 26 a 不等, 其中包括了云南最早营造的思茅松人工林, 取样地点基本覆盖了思茅松的集中分布区, 研究结果可为思茅松人工林碳贮量的计量与监测提供较为精确的含碳率参数。

1 材料与方法

1.1 材料来源与取样

2008 年春季在云南的景谷、思茅、镇沅和普文选定具有代表性的思茅松人工纯林林分, 设立 30 m × 30 m 的临时样地 30 块, 样地内每木检尺, 根据平均胸径选取标准木, 共取标准木 36 株作为样株。其中 24 块样地每样地取样 1 株, 6 块样地每样地取样 2 株, 标准木以 2 cm 为 1 个径阶, 采用上限排外法进行分组, 因胸径 15~ 31 cm 的样本较少, 将其统一划为径级组 1(16~ 30 cm)。这样, 所采样本共分为 4 组: 16~ 30 cm、12~ 14 cm、8~ 10 cm、4~ 6 cm。各地所取样株的基本情况见表 1。

表 1 样株的基本因子

取样地点	样株数量	造林年份/ 年	样株树高/ m	样株胸径/ cm
景谷	10	1997—2005	3. 88~ 12. 88	5. 6~ 13. 4
思茅	8	1999—2003	4. 00~ 8. 40	5. 1~ 13. 8
普文	9	1982—1993	16. 90~ 26. 50	16. 5~ 30. 0
镇沅	9	1998—2004	3. 92~ 9. 80	7. 2~ 11. 7

样株全株伐倒, 地上部分树干连同枝、叶、果实, 采用分层切割法于树干基部、1. 3 m 处、3. 6 m 处, 其后每 2 m 作为 1 个区分段锯断, 树梢部分不足 1 m 的作梢头处理。对每一区分段, 分别测定干、枝、针叶、树皮和果实的鲜重。地下部分采用挖掘法挖出全部根系并测定鲜重。

将每一区分段锯取圆盘去除树皮, 从圆盘上取 30° 左右的扇形样品为主干样品; 从主干各区分段分别取不同部位松枝混合样品 500 g, 树皮混合样品 500 g; 从树冠不同部位取含新老叶的松针混合样品 500 g; 从根桩处取样品 500 g。

主干样品先在 60 ℃ 低温下烘干 2 h 后在(103 ± 2) ℃ 连续烘干 5~ 8 h 至恒重; 松针、树皮、树枝、球果及树根样品在 80 ℃ 下连续烘干 5~ 8 h 至恒重。所有样品称重后粉碎用于含碳率分析。

1.2 含碳率的化学分析方法

采用重铬酸钾硫酸氧化法对所有植物样品的含碳量进行测定。

1.3 思茅松生物量的测定与各构件生物量比例计算

根据野外测定的思茅松构件鲜重与室内测定的构件含水率计算样株构件的干生物量, 进而计算样株构件生物量的比例, 然后计算 36 株样株构件生物量比例的均值作为中幼龄思茅松林木构件的生物量比例。

1.4 思茅松全株含碳率的计算方法

根据林木构件的生物量比例和相应的含碳率计算思茅松全株含碳率。计算公式为: $\overline{C} = \sum B_i \cdot C_i$ 。式中: $\overline{C}$ 为思茅松全株平均含碳率; B_i 为各构件占全株生物量的百分比; C_i 为各构件的平均含碳率; i 为主干、树枝、松针、树根、主干皮和球果。

1.5 数据分析方法

利用 EXCEL 和 DPS 统计软件对思茅松含碳率数据按不同器官、不同径级组进行单因素方差分析及多重比较。

2 结果与分析

2.1 思茅松各构件的含碳率

方差分析结果显示思茅松构件因子对含碳率的影响极显著($P < 0. 01$), 进一步作多重比较结果见表

2. 所有构件中, 主干的含碳率最高, 均值为 48. 48%。主干不同高度含碳率也有变化, 基部最高, 为 48. 83%; 1. 3 m 处为 48. 48%; 而梢头的含碳率最低, 为 47. 28%: 由基部向梢头含碳率呈降低的趋势。主干基部与 1. 3 m 处的含碳率差异不显著, 梢头的含碳率显著低于基部和 1. 3 m 处。其它构件的含碳率由高到低依次为树枝 48. 13%、树皮 47. 49%、松针 47. 27%、球果 47. 02%、树根 46. 80%, 它们之间的含碳率差异不显著, 但树枝、树皮、松针、球果、树根与主干的含碳率间都存在显著差异。

2. 2 不同径级组思茅松各构件的含碳率

方差分析结果显示不同径级组间样株主干的含碳率均值差异极显著 ($P < 0. 01$), 不同径级组间树枝含碳率、针叶含碳率、树根含碳率、树皮含碳率和球果含碳率差异都不显著 ($P > 0. 05$)。不同径级组主干含碳率的多重比较结果及各构件的含碳率均值见表 3。在 4 个径级组的主干中, 主干的含碳率随径级的加大而增加, 径级组 1 的含碳率为 50. 02%, 径级组 2 为 48. 27%, 径级组 3 为 48. 1%, 径级组 4 为 47. 52%。径级组 1 与径级组

表 2 思茅松人工中幼林不同器官的含碳率

构件	样本数	含碳率/ %	95% 置信区间/ %
主干(0 m)	36	(48. 83±0. 28) a	48. 26~ 49. 40
主干(1. 3 m)	36	(48. 48±0. 28) a	47. 91~ 49. 05
主干(梢头)	36	(47. 28±0. 25) bc	46. 77~ 47. 79
主干均值	36	(48. 48±0. 27) a	47. 94~ 49. 02
树枝	36	(48. 13±0. 37) bc	47. 38~ 48. 88
树皮	36	(47. 49±0. 41) bc	46. 65~ 48. 33
松针	36	(47. 27±0. 33) bc	46. 60~ 47. 94
球果	30	(47. 02±0. 40) c	46. 21~ 47. 83
树根	36	(46. 80±0. 33) c	46. 12~ 47. 47

* : 含碳率为均值+ 标准误; 不同小写字母为 0. 05 水平上差异显著。
下同。

2、径级组 3、径级组 4 的含碳率存在显著差异, 径级组 2、径级组 3 和径级组 4 之间的含碳率不存在显著差异。思茅松不同径级组树枝的含碳率均值在 49. 25% ~ 47. 04% 之间, 差异不显著; 不同径级组针叶的含碳率均值在 47. 78% ~ 46. 68% 之间, 差异不显著; 不同径级组树根的含碳率均值在 47. 59% ~ 45. 84% 之间, 差异不显著; 不同径级组树皮的含碳率均值在 47. 99% ~ 46. 98% 之间, 差异不显著; 不同径级组球果的含碳率均值在 48. 43% ~ 45. 51% 之间, 差异不显著。

表 3 不同径级组思茅松各器官含碳率

径级组	胸径/ cm	样本数	含碳率/ %					
			主干	树枝	针叶	树根	树皮	球果
1	16~ 30	9	(50. 02±0. 22)a	49. 25±0. 33	47. 78±0. 38	47. 59±0. 32	47. 75±0. 44	48. 43±0. 48
2	12~ 14	7	(48. 27±0. 31)b	47. 04±0. 38	46. 90±0. 31	45. 84±0. 31	47. 30±0. 38	46. 93±0. 40
3	8~ 10	11	(48. 14±0. 21)b	47. 33±0. 28	46. 68±0. 36	46. 10±0. 37	46. 98±0. 43	46. 6±0. 36
4	4~ 6	9	(47. 52±0. 25)b	48. 84±0. 39	47. 78±0. 30	47. 58±0. 29	47. 99±0. 42	45. 51±0. 27

2. 3 思茅松人工中幼林单株的含碳率

思茅松人工中幼林分中林木构件的生物量比例计算结果见表 4。其中主干的生物量比例最高为 41. 00%, 树枝为 21. 75%, 其它构件的生物量比例依次为树根 14. 55%、主干皮 13. 21%、针叶 9. 25%和球果 0. 24%。根据表 4 中的构件生物量比例和表 2 中的构件含碳率, 按全株含碳率计算公式计算出思茅松全株含碳率的加权平均值为 47. 91%。

表 4 思茅松人工中幼林各器官生物量比例

构件	主干	树根	树枝	针叶	主干皮	球果	全株
生物量比例/ %	41. 00	14. 55	21. 75	9. 25	13. 21	0. 24	100

* : 样本数 $n = 36$ 。

3 结论与讨论

本研究取样地点基本覆盖云南省思茅松人工林的集中分布区, 取样林分年龄跨度从 3~ 26 a 不等, 各样株分器官构件测定含碳率, 首次比较系统地研究了思茅松人工林的含碳率, 可以为思茅松人工中幼林的碳储量测算提供较为可靠的含碳率参数。

研究表明, 思茅松构件间含碳率存在一定差异, 含碳率从高到低依次为主干> 树枝> 树皮> 松针> 球果> 树根。主干的含碳率显著高于其它构件且由基部往上呈下降的趋势, 主干胸高处(1.3 m)的含碳率与主干的含碳率均值同为 48.48%, 因此建议思茅松干材的含碳率测定宜在胸径处取样。思茅松各构件的含碳率除主干外大都差异不明显, 这与郑帷婕总结的乔木构件含碳率水平大都差异不明显的结论是一致的^[13]。主干的含碳率相对较高且由基部向梢头降低可能是因为主干含较多的木质素且木质素向梢头方向减少, 而木质素的含碳率较高所致。

在所测定的 4 个径级组中, 径级组 1(16~ 30 cm)的主干、树枝、松针、树根、主干皮和球果所有器官的含碳率都比其它径级组高, 其它 3 个小径级组之间各构件的含碳率不存在显著的差异, 但主干也显示出随径级加大含碳率增高的趋势。Eltaro Fukatsu 和 Yoko Fukuda 发现在日本落叶松心材的含碳率比边材要高^[14], 大径级思茅松主干含碳率高于小径级可能是大径级思茅松林木心材的比例高于小径级林木。因本研究没分心材与边材进行测定含碳率, 且其它地方没有大径级的思茅松人工林分布, 大径级组 1(16~ 30 cm)的样株均取自普文, 因此尚不能明确大径级组 1 含碳率显著高于其它径级组是与年龄(径级)、产地或是种源相关。有待进一步研究确定大径级思茅松的含碳率是否高于小径级。3 个小径级组思茅松各构件含碳率没有显著的差异, 表明思茅松人工林林木在幼林期含碳率变化不大。

思茅松全株含碳率为 47.91%, 与樟子松人工林林木的含碳率(47.63%)很接近^[5], 高于 IPCC 热带和亚热带所有树种的平均含碳率缺省值(47%), 但低于温带和寒温带针叶树种的含碳率缺省值(51%)^[9]。因为多数林业碳汇造林项目的期限在 30 a 以内^[11], 这个参数很适用于思茅松碳汇造林项目的碳汇计量与监测。人工林思茅松林木的含碳率在中龄林以后如何变化还需要进一步跟踪测定。

参考文献:

[1] 徐永椿, 毛品一, 伍聚奎, 等. 云南树木图志: 上册[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1988: 90

[2] 吴中伦. 中国森林: 第 2 卷, 针叶林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 983

[3] Elias M, Potvin. Assessing inter and intra specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species [J]. Can J Forest Res, 2003, 33: 1039– 1045.

[4] Lamblom SH, Savidge RA. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species [J]. Biomass Bioenerg, 2003, 25: 381– 388.

[5] 孟春, 王立海, 游祥飞. 人工林樟子松与碳氢含量的关系分析[J]. 森林工程, 2008, 24(4): 11– 15.

[6] 马明东, 江洪, 刘跃建. 楠木人工林生态系统生物量含碳率碳贮量及其分布[J]. 林业科学, 2008, 44(3): 35– 39.

[7] 张琼, 洪伟, 吴承桢. 巨桉含碳率的空间结构特征研究[J]. 广西植物, 2007, 27(4): 585– 589.

[8] 周国模, 姜培坤. 毛竹林含碳率碳贮量及其空间分布[J]. 林业科学, 2004, 40(6): 20– 24.

[9] 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. 中国绿色碳基金——造林项目碳汇计量与监测指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.

[10] IPCC(International Panel on Climate Change). Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry [M]. Hayama, Japan: HCES, 2003: 16.

[11] 李怒云. 中国林业碳汇[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 6– 10.

[12] 刘华, 雷瑞德. 我国森林生态系统碳储量与碳平衡的研究方法及进展[J]. 西北植物学报, 2005, 25(4): 835– 843.

[13] 郑帷婕, 包维楷, 辜彬, 等. 陆生高等植物含碳率及其特点[J]. 生态学杂志, 2007, 26(3): 307– 313.

[14] Eltaro Fukatsu, Yoko Fukuda, Makoto Takahashi, et al. Clonal variation of carbon content in wood of Larix kaempferi (Japanese larch) [J]. J Wood Sci, 2008, 54: 247– 251.