

盱眙县墨西哥柏人工林含碳率与碳储量研究

张涛, 万福绪, 谈正鑫

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要:选取盱眙县墨西哥柏人工林为研究对象, 对其灌木层、草本层、枯枝落叶层、土壤层进行了碳储量研究。结果表明: 灌木层枝、干、叶、根的含碳率依次 48.92%, 48.49%, 49.74% 和 48.04%, 器官含碳率大小表现为 $C_{\text{叶}} > C_{\text{枝}} > C_{\text{干}} > C_{\text{根}}$, 草本层是地上部分含碳率大于地下部分含碳率, 枯枝落叶层的含碳率表现为 $C_{\text{叶}} > C_{\text{枝}}$, 土壤层的含碳率随着土壤深度的增加而降低, 0—10 cm 和 10—20 cm 土层之间土壤含碳率的差异性显著。墨西哥柏人工林生态系统现存碳储量 67.31 t/hm², 其中灌木层 1.21 t/hm², 占总碳储量的 1.8%; 草本层 0.08 t/hm², 占总碳储量的 0.12%; 枯枝落叶层 0.02 t/hm², 占总碳储量的 0.03%; 土壤层 66 t/hm², 占总碳储量的 98.05%, 可见碳储量主要集中在土壤层中。

关键词:墨西哥柏人工林; 含碳率; 碳储量; 盱眙县

中图分类号: S718.5; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0228-04

Carbon Content and Storage of Mexican Cypress Plantation Forest in the Xuyi County

ZHANG Tao¹, WAN Fuxu, TAN Zhengxin²

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The *Mexican cypress* plantation forest was taken as a case. The carbon storage of shrub layer, herbaceous layer and soil layer were investigated. the results showed that the branch, stem, leaf and root of shrub layer carbon contents is 48.92%, 48.49%, 49.74% and 48.04%, respectively, and the carbon contents of organs of shrub layer decreased in the order: was $C_{\text{leaf}} > C_{\text{branch}} > C_{\text{stem}} > C_{\text{root}}$, for herbaceous layer the order was $C_{\text{above}} > C_{\text{below}}$, and for litter fall layer the order was $C_{\text{leaf}} > C_{\text{branch}}$. In the soil layer, the carbon content decreased with the increase of depth, with the most significant difference of carbon contents between the depth of 0—10 cm and the depth of 10—20 cm. Total existing carbon storage of *Mexican cypress* plantation forest ecosystem reached to 67.31 t/hm², including the shrub layer 1.21 t/hm², accounting for 1.8% of the total carbon; 0.08 t/hm² in herbaceous layer, accounting for 0.12% of total carbon, 0.02 t/hm² in litter layer, accounting for 0.03% of the total carbon and 66 t/hm² in soil layers, accounting for 98.05% of total carbon, so carbon mainly concentrated in the soil layer.

Keywords: *Mexican cypress* plantation; carbon fraction; carbon storage; Xuyi County

森林生态系统是陆地生态系统中最大的碳贮存室, 储存了陆地生态系统 76%~98% 的有机碳, 其地上部分碳库和土壤碳库分别占全球地上部分碳库和土壤碳库的 80% 和 70%^[1-2], 森林生态系统的碳储量是研究森林生态系统与大气间碳交换的基本参数^[1], 也是估算森林生态系统向大气吸收和排放含碳气体的关键因子, 如何准确地定量研究森林生态系统在全球 CO₂ 收支平衡中的作用是全球碳循环研究的重点和难点之一^[3], 自从 20 世纪 50 年代国外对森林生态

系统的碳贮量开始研究以来, 很多学者采用不同方法对区域森林植被生物量、含碳率和碳储量以及土壤碳储量开展大量研究工作^[4-5], 中国学者在 20 世纪 90 年代初才开始进行大规模的研究, 但对森林群落含碳率和碳储量的研究还处于起步阶段, 近年来, 国内学者对甜槠凋落物^[6]、养分循环^[7]、生物量等进行了研究, 但至今未见有关盱眙县墨西哥柏碳储量方面的研究。鉴于此, 本研究以盱眙县墨西哥柏人工林为对象, 对其含碳率以及碳储量进行了计算和分析, 为进

一步研究该生态系统的碳循环及碳汇大小提供基础数据,并与其他树种碳贮量的研究和林业碳汇评价指标体系的建立提供科学依据。

1 试验地概况

研究区位于江苏省盱眙县月亮山,地处北亚热带与暖温带过渡区域,属季风性湿润气候。四季分明,季际、年际变异性突出,年平均日照总量 2 222.4 h,平均气 14.7℃,无霜期 215 d,年平均降水量 1 005.4 mm。温差 0.4℃,土壤由火山岩发育形成,其中黄棕壤面积最大,占 36.2%,其次是火山灰土和水稻土以及部分潮土和沙姜土。盱眙全县现有成片林 11 867 万 hm²,农田林网 2 169 万 hm²,“四旁”树木保存 1 058 万株,森林覆盖率 18.3%。活立木总蓄积量 90.3 万 m³,年生长量 16.85 万 m³,主要灌木层是墨西哥柏,草本层有里白、狗脊等。墨西哥柏在灌木层中占绝对的优势。

2 研究方法

2.1 人工林生物量的调查

在 20 m×20 m 的 3 个样地里对墨西哥柏进行每木调查,测定样地内所有墨西哥柏的树高、地径,并按径阶分组登记,按所测地径值,每隔 0.3 cm 为一个径阶,每个径阶平行取 3 个样,共取 18 株墨西哥柏作为标准木,将其伐倒,分层次分干、叶、枝、根采集标准木作为分析样品,并用挖掘法测定根系生物量。

2.2 人工林不同层含碳率的测定

2.2.1 植被含碳率的测定 在测植被的生物量时,分别抽取不同层次不同器官 500 g 样品,带回实验室,烘干测定后换算成为干重质量;再经粉碎、过筛后,用全自动碳氮分析仪测定其含碳率。

2.2.2 土壤含碳率的测定 在设置的样地内按“S”形随机选取 5 个样点,在每个取样点按 0—10,10—20,20—30,30—50,50—100 cm 分层取样,土样在室内风干后过 0.149 mm 筛,采用重铬酸钾加热法测定土壤含碳率;同时用环刀取原状土,带回室内测定不同层次土壤的容重。

2.3 人工林不同层碳储量的计算

2.3.1 植被层碳储量的计算 根据灌木层、草本层和枯枝落叶层各器官的生物量乘各组分的转换系数,不同组分的转换系数是所取得样品的含碳率。

2.3.2 土壤层碳储量的计算 由于本次调查天然林分布的土层厚度在 100 cm 左右,因此本研究对土壤碳贮量的估算限定在土层 100 cm 的深度范围,不包括地表枯枝落叶,具体采用下面的公式:

$$S=\sum_{i=1}^5[(C_i\times D_i\times E_i)]$$

式中:S——土壤表层 i 深度内单位面积土壤碳储量(t/hm²);D_i——第 i 土层的容重(t/m³);C_i——第 i 土层的含碳率(%);E_i——第 i 土层的厚度(m)。

3 结果与分析

3.1 人工林不同层植物含碳率

(1)解析木地径对含碳率的影响。分析数据后发现解析木地径对其含碳率的影响是单一的,因此分别分析解析木地径大小对含碳率的影响,由表 1 可知,解析木地径对各个器官(树干、树枝、树叶和树根)含碳率没有显著影响(*p*<0.05),因此可以将 6 株解析木当作一个整体分析解析木地径对各器官含碳率的影响,结果表明,以简单的线性关系表示树干、树枝、树叶和树根随地径增大时的变化情况发现,树干、树根、树叶、树枝含碳率的变化均在 0.45~0.50 之间,树叶的含碳率大于其它器官的含碳率,与地径的增长成正比关系,相关系数达到了 0.695 8,树根、树干以及树枝的含碳率都相对比较稳定,与地径的增长不成正相关。

表 1 不同径级树木各器官含碳率比较

地径/cm	根	干	枝	叶
2.70	0.4689a	0.4842a	0.4851ab	0.4951ab
3.00	0.4842c	0.4788a	0.4923c	0.4932a
3.30	0.4770b	0.4860a	0.4887b	0.4941a
3.60	0.4852c	0.4812a	0.4913c	0.5013bc
3.90	0.4891c	0.4963b	0.4823a	0.4982abc
4.20	0.4721a	0.4829a	0.4956d	0.5022c

注:(1)表中数据均为平均值;(2)同列不同字母表示差异显著(*p*<0.05),下同。

(2)人工林不同植被层含碳率。由表 2 可知,墨西哥柏林灌木层不同器官含碳率在 48.04%~49.74%,变化幅度不大,排序为 C_叶>C_枝>C_干>C_根,草本层的含碳率在 37.63%~38.96%波动,地上部分的含碳率大于地下部分,整体明显低于灌木层的含碳率,不同层次含碳率之间的差异性均达到显著水平(*p*<0.05),其大小顺序为 C_灌>C_草。枯枝落叶不同组分的含碳率在 46.93%~47.39%,其大小顺序为 C_叶>C_枝,这表现出和灌木 C_叶>C_枝的相似规律。

表 2 墨西哥柏林植被层含碳率 %

器官	灌木层	草本层	枯枝落叶层
干	0.4849	—	—
枝	0.4892	—	0.4693
叶	0.4974	—	0.4739
地上部分	0.4905a	0.3896 b	—
地下部分	0.4804a	0.3763 b	—

(3)人工林不同土壤层含碳率。土壤层的含碳

率在垂直方向上表现出随着土壤深度的增加而降低的趋势,不同土层含碳率的差异均达到了显著水平($p<0.05$),墨西哥柏林 10—20,20—30,30—50,50—100 cm 这四个土层的含碳率分别是 0—10 cm 土层的 53.01%,35.51%,19.13%,10.38%,由此可知,土壤表层的含碳率明显高于其他土层的含碳率。

3.2 人工林不同层碳储量

(1) 植被层碳储量。灌木层的总碳储量为 1.21 t/hm²,树枝碳储量为 0.52 t/hm²,占地上碳储量的

46.42%,占总碳储量的 43.26%,地上部分的碳储量是地下部分的 12 倍,其次是叶,占总碳储量的 40.73%,然后依次是干和根,说明枝和叶是灌木层碳储量的主要部分。草本层的碳储量为 0.08 t/hm²,地上部分碳储量大于地下部分碳储量,灌木层、草本层和枯枝落叶层的总碳储量比例顺序和生物量表现为相同的规律,它们之间的差异性达到了显著的水平($p<0.05$),可见不同层次的碳储量对墨西哥柏人工林总碳储量的贡献是不同的(表 3)。

表 3 墨西哥柏林各层次碳储量

层次	器官	生物量/(t·hm ⁻²)	百分比/%	容重/(t·m ⁻³)	碳储量/(t·hm ⁻²)	百分比/%
灌木层	树干	0.23	9.31	—	0.11	9.22
	树枝	1.07	43.32	—	0.52	43.26
	树叶	0.99	40.08	—	0.49	40.70
	地上部分	2.29	92.71	—	1.12	92.56
	树根	0.18	7.29	—	0.09	7.15
	小计	2.47	100.00	—	1.21 a	100.00
草本层	地上部分	0.11	53.66	—	0.04	53.57
	地下部分	0.09	46.34	—	0.04	44.69
	小计	0.20	100.00	—	0.08 b	100.00
枯枝落叶层	叶	0.02	43.64	—	0.01	56.32
	枝	0.03	56.36	—	0.01	73.45
	小计	0.06	100.00	—	0.02 b	100.00
土壤层	0—10 cm	—	—	1.19	21.78(a)	33.00
	10—20 cm	—	—	1.29	12.50(b)	18.94
	20—30 cm	—	—	1.34	8.71(c)	13.20
	30—50 cm	—	—	1.32	9.24(d)	14.00
	50—100 cm	—	—	1.45	13.77(e)	20.86
	0—100 cm	—	—	—	66 c	100.00

(2) 枯枝落叶层碳储量。墨西哥柏人工林枯枝落叶层的总碳储量为 0.02 t/hm²,各个器官碳储量大小顺序为: $C_{叶}>C_{枝}>C_{干}>C_{根}$,叶和枝是枯枝落叶层的主要部分,说明叶和枝是枯枝落叶层中向土壤归还有机质的主体。

(3) 土壤层碳储量。土壤的容重随着土层深度的增加而增加,而土壤碳储量表现出与土壤容重相反的规律,即随着土壤深度的增加而降低,不同层次土壤碳储量差异均达到了显著水平($p<0.05$)(见表 3),土壤的总碳储量为 66 t/hm²,各土层的碳储量占总碳储量的 33%,18.94%,13.20%,14.00%,20.84%。0—50 cm 土层的碳储量是 50—100 cm 土层的 3.79 倍,说明土壤的碳储量主要集中在土壤的表层。

4 结论与讨论

目前,国际植物生物量与碳的转化系数通常在 0.45~0.55 g/g^[8],木麻黄不同器官的碳密度在 0.454 2~0.517 8 g/g^[9],杉木的碳密度在 0.483 0~0.547 3 g/g^[10],本研究通过实测,墨西哥柏不同器官

的含碳率在 0.45~0.50 g/g;木麻黄不同器官的含碳率大小顺序表现为 $C_{根}>C_{叶}>C_{枝}>C_{皮}$ ^[9],杉木观光木混合林的含碳率是:树叶大于树干,树干大于树枝、树皮和树根^[11],樟子松的含碳率是树枝大于树干、树皮和树根^[12],墨西哥柏不同器官的含碳率大小顺序与这些林分不同,即 $C_{叶}>C_{枝}>C_{干}>C_{根}$,这可能是种间差异,林龄与气温、降水、树种种类等因素不同造成的。墨西哥柏人工林不同层次含碳率的大小顺序为 $C_{灌木}>C_{草}$,这主要与生态系统的群落结构特征有关,灌木层位于草本层的上层,在争夺太阳光照和热量时处于绝对的优势,能够吸取足够的光照,进行充分的光合作用,积累较多的有机质。

墨西哥柏人工林生态系统现存碳储量 67.31 t/hm²,其中灌木层 1.21 t/hm²,占总碳储量的 1.8%;草本层 0.08 t/hm²,占总碳储量的 0.12%;枯枝落叶层 0.02 t/hm²,占总碳储量的 0.03%;土壤层 66 t/hm²,占总碳储量的 98.05%,不同层次的碳储量对墨西哥柏人工林生态系统现存碳储量的贡献差异是显著的,大小顺序为:土壤层>灌木层>草本层

> 枯枝落叶层,可见墨西哥柏人工林生态系统现存碳储量主要集中在土壤层中。

不同层次土壤碳储量差异均达到了显著水平,0—50 cm 土层的碳储量占总土壤碳储量的 79.14%,是 50—100 cm 土层碳储量的 3.79 倍,可见土壤的碳储量主要集中在土壤的表层,在垂直分布上基本表现为随着土壤深度的增加而降低,与前人的研究结果相似^[13-14],墨西哥柏林土壤的碳储量为 66 t/hm²,低于中国森林平均土壤碳储量(193.55 t/hm²)^[15],远低于长白山阔叶红松林土壤的碳储量(238.9 t/hm²)^[16],这是由于亚热带水热条件好,枯枝落叶分解速率较快,土壤呼吸速率较。

参考文献:

- [1] Dixon R K, Solomon A M, Brown S, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems[J]. Science, 1994,263(5144):185-190.
- [2] Sundquist E T. The Global Carbon Dioxide Budget[J]. Science,1993,259(5097):934-941.
- [3] 方精云,陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J]. 植物学报:英文版,2001,43(9):967-973.
- [4] Pibumrung P, Gajasen N, Popan A. Profiles of carbon stocks in forest, reforestation and agricultural land, Northern Thailand[J]. Journal of Forestry Research, 2008,19(1):11-18.
- [5] Cheng T R, Feng J Y, Ma Q Y, et al. Carbon pool and allocation of forest vegetation in Xiaolong Mountains,

Gansu Province[J]. Acta Ecological Sinica, 2008, 28 (1):33-34.

- [6] 林益明,何建源,杨志伟,等. 武夷山甜槠群落凋落物的产量及其动态[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1999,38 (2):356-361.
- [7] 陈仁华. 武夷山甜槠林群落养分循环的研究[J]. 江西农业大学学报,2005,27(2):195-198.
- [8] 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]. 浙江林学院学报,2003,20(4):374-379.
- [9] 叶功富,郭瑞红,卢昌义,等. 不同生长发育阶段木麻黄林生态系统的碳贮量[J]. 海峡科学,2008,10(2):3-7.
- [10] 杨智杰. 杉木、木荷人工林碳吸存与碳平衡研究[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [11] 杨玉盛. 杉木观光木混交林凋落物和细根对地力作用研究[J]. 北京林业大学学报,2003,25(5):10-14.
- [12] 袁立敏,闫德仁,王熠青,等. 沙地樟子松人工林碳储量研究[J]. 内蒙古林业科技,2011,37(1):9-13.
- [13] Detwiler R P. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils [J]. Biogeochemistry, 1986,2(1):67-93.
- [14] 叶功富. 海岸带木麻黄人工林生态系统的碳吸存与碳平衡态[D]. 福建厦门:厦门大学,2008.
- [15] 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.
- [16] 杨丽韞,罗天祥,吴松涛. 长白山原始阔叶红松林不同演替阶段地下生物量与碳、氮贮量的比较[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1195-1199.

(上接第 227 页)

- [7] 裴婷婷,陈英,赵亚南,等. 基于 PSR 模型的白银市土地生态安全评价[J]. 中国农学通报,2014,30(2):215-221.
- [8] 徐美,朱翔,李静芝. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的湖南省土地生态安全评价[J]. 冰川冻土,2012,34(5):1265-1272.
- [9] 靖宇,王红梅. 基于 DPSIR 模型的土地生态安全评价研究:以广东省佛冈县为例[J]. 国土资源科技管理,2011, 28(1):15-21.
- [10] 江勇,付梅臣,杜春艳,等. 基于 DPSIR 模型的生态安全动态评价研究:以河北永清县为例[J]. 资源与产业, 2011,13(1):61-65.
- [11] 曹琦,陈兴鹏,师满江. 基于 DPSIR 概念的城市水资源安全评价及调控[J]. 资源科学,2012,34(8):1591-1599.
- [12] 张继权,伊坤朋,王秀峰. 基于 DPSIR 的吉林省白山市生态安全评价[J]. 应用生态学报,2011,22(1):189-195.
- [13] 张升元,于婧,罗洋洋,等. 基于物元分析法的武汉市土地资源安全评价[J]. 湖北大学学报:自然科学版, 2013,34(4):405-410.
- [14] 余健,房莉,仓定帮,等. 熵权模糊物元模型在土地生态安全评价中的应用[J]. 农业工程学报,2012,28(5):260-266.

- [15] 黄辉玲,罗文斌,吴次芳,等. 基于物元分析的土地生态安全评价[J]. 农业工程学报,2010,26(3):316-322.
- [16] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [17] 陶晓燕,章仁俊,徐辉,等. 基于改进熵值法的城市可持续发展能力的评价[J]. 干旱区资源与环境,2006,20 (5):38-41.
- [18] 杨俊. 土地整治项目实施后效益评价研究[D]. 北京:中国地质大学,2012.
- [19] 王鹏,况福民,邓育武,等. 湘南红壤丘陵区土地生态安全动态评价:以衡阳市为例[J]. 水土保持研究,2013, 20(3):243-248.
- [20] 王鹏,赵莹,田亚平. 基于 GIS 的衡阳市生态环境脆弱性研究[J]. 水土保持研究,2009,16(4):24-29.
- [21] 王耕,高红娟,高香玲,等. 基于隐患因素的矿业城市生态安全评价研究[J]. 资源科学,2010,34(2):33-40.
- [22] 李佩武,李贵才,张金花,等. 深圳城市生态安全评价与预测[J]. 地理科学进展,2009,28(2):245-252.
- [23] 陶晓燕. 资源枯竭型城市生态安全评价及趋势分析:以焦作市为例[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(2):53-59.