

王红英,樊星火,华玉武,等. 不同林龄序列杉木人工林生态系统碳储量变化特征[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):278-280.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.078

不同林龄序列杉木人工林生态系统碳储量变化特征

王红英¹, 樊星火², 华玉武¹, 孙亚利¹, 王建利¹

(1. 北京农学院, 北京 102206; 2. 江西省林业调查规划研究院, 江西南昌 330046)

摘要:森林生态系统的固碳功能有助于减缓全球气候变化,人工造林是提高森林固碳能力的重要途径。以杉木人工林为研究对象,通过样地调查和样品分析,研究幼龄林(7年)、中龄林(16年)、近熟林(25年)、成过熟林(34年)生态系统的碳储量变化特征。结果表明:杉木人工林平均含碳率为46.8%;幼龄林、中龄林、近熟林、成过熟林生态系统总碳储量分别为103.99、182.38、197.21、181.16 t/hm²;随着林龄的增大,乔木层地上部分碳储量逐渐增加,而灌木层、草本层、地表凋落物层的变化规律不明显;土壤层碳储量占总碳库的比例较大,且其碳储量相对稳定,平均值为95.76 t/hm²;0~20 cm土层碳储量成为土壤碳储量的主体,占土壤总碳储量的41.64%。该研究可为杉木人工造林和固碳增汇提供基础数据和科学依据。

关键词:杉木人工林;含碳率;植被碳储量;土壤碳储量;碳储特征

中图分类号: S718.55+6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0278-03

19世纪末以来,地球温度已经升高了0.8℃,森林生态系统由于其固碳释氧功能,在应对全球气候变化中具有独特的作用,近年来在国际上成为重要的研究领域^[1]。根据联合国粮农组织(FAO)统计,森林地上部分储存的碳约2340亿t,地下部分约620亿t,枯死木约410亿t,凋落物约230亿t,森林土壤约3980亿t,森林作为陆地生态系统的主体,其储存的有机碳含量占整个陆地生态系统的2/3以上^[2],土壤碳储量约占世界陆地土壤总碳库的73%^[3]。估算森林碳储量是研究碳循环的基础工作,通过量化森林碳储量可以评价不同森林类型对陆地生态系统的碳汇贡献率,为森林管理和植树造林提供相关基础数据。此外,随着我国重大林业生态工程的实施,我国的人工林面积已达世界第一,人工林的固碳增汇策略直接影响我国相关碳汇政策的制定。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国亚热带特有的优良速生乡土用材树种,也是江西省主要的用材树种。有关杉木人工林碳储量的研究较多,主要包括以下几方面:造林密度对杉木人工林碳储量的影响^[4]、不同发育阶段杉木人工林生物量和碳储量变化^[5]、多代连栽对杉木人工林生物量和碳储量的影响^[6]、杉阔混交林经营对森林生态系统碳储量的影响等。但关于不同林龄序列对杉木人工林生态系统碳储量变化特征的影响报道较少,而且我国杉木人工林分布范围较广,缺乏不同区域之间的对比研究。本研究以江西省典型分布区域的杉木人工林为对象,分析不同林龄序列杉木人工林生态系统碳储量变化特征,旨在为杉木人工造林和固碳增汇提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于江西省吉安市(115°18'11"~115°39'58" E,

27°6'16"~27°25'06" N),该区域地处中亚热带,属亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛,日照充足,年均气温18℃,年均降水量1627.3 mm,无霜期279 d,土壤以红壤为主,地貌以丘陵为主,主要植被类型有湿地松(*Pinus elliotii*)人工林、杉木人工林、天然针阔混交林及灌木林,乔木树种有杉木、木荷(*Schima superba*)、檫木(*Sassafras tzumu*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)、泡桐(*Paulownia*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)等;灌木有盐肤木(*Rhus chinensis*)、山乌桕(*Sapium discolor*)、山苍子(*Litsea cubeba*)、欆木(*Loropetalum chinensis*)等;草本有毛莓(*Rubus tephrodes*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、菝葜(*Smilax china*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、铁线蕨(*Adiantum capillus*)、凤尾蕨(*Spider brake*)、朱砂根(*Ardisia crenata*)、竹叶草(*Phyllostachys heterocycla*)等。

2 研究方法

2015年7—8月,在研究区选择立地条件相近的地段,设置不同龄级的杉木人工林样地共12个(每个龄级重复3次,每个样地面积为800 m²),分幼龄林、中龄林、近熟林、成过熟林等4个龄级。在标准地内对乔木检尺测胸径和树高,采集杉木的枝、叶、根、茎样品。在每个标准地内设立3个2 m×2 m小样方,采集灌木叶、枝、根分类并分别称鲜质量。设立3个1 m×1 m小样方收集草本和凋落物,草本按地上部分和地下部分分类称鲜质量;地表凋落物按照半分解和未分解分类分别称鲜质量。通过文献整合分析,建立该地区不同龄级杉木人工林的生物量异速生长方程^[7],并计算不同龄级杉木人工林乔木层的生物量。将灌木层、草本层和地表凋落物样品带回实验室,置于烘箱中(80℃)烘干至恒质量,称其干质量,再分别换算成单位面积灌木层、草本层和地表凋落物生物量。

收稿日期:2016-05-30

基金项目:公益性行业(林业)科研专项(编号:201104006)。

作者简介:王红英(1970—),女,北京人,硕士,副教授,从事生态资源管理和教育工作。E-mail: xuhuanlin@163.com。

3 结果与分析

3.1 不同林龄杉木人工林碳储总量特征

由表 1 可知,杉木人工林总碳库由乔木碳库、灌木碳库、草本碳库、凋落物碳库、土壤碳库 5 个部分构成。随着林龄的增大,枝、茎、碳储量增加,但成过熟林和近熟林各部分碳储量

相差不大。灌木层、草本层和土壤层碳储量变化无规律,土壤层碳储量所占比例较大,幼龄林达到 83.45%,比例最小的成过熟林也达到 46.49%。乔木层碳储量逐步增加,由幼龄林的 15.01 t/hm² 增加到成过熟林的 94.48 t/hm²。凋落物层幼龄林由于有人为的刈割抚育,碳储量仅为 1.11 t/hm²,其他龄级随着林龄的增大,凋落物层碳储量也相应增加。

表 1 不同林龄杉木人工林各部分的碳储量

林龄级	碳储量(t/hm ²)								总碳储量(t/hm ²)
	枝	叶	根	茎	灌木层	草本层	凋落物层	土壤层	
幼龄	5.79	1.93	2.76	4.51	0.80	0.29	1.11	86.78	103.99
中龄	32.80	7.03	6.65	23.10	0.67	0.30	0.63	111.18	182.38
近熟	47.72	8.45	6.55	31.61	0.38	0.43	1.22	100.84	197.21
成过熟	49.16	7.47	5.22	32.61	0.85	0.28	1.33	84.22	181.16

3.2 不同林龄杉木人工林碳储量组分特征

3.2.1 地上碳储量构成及各部分比较 由表 2 可知,随着杉木人工林林龄的增加,林分平均树高、胸径、生物量和地表凋落物的存量均呈现增加趋势,树干、树枝、树叶的碳储量都随

着林龄的增加而增大,灌草层却没有明显的变化规律。由于自然稀疏的作用,林分密度会随着林龄的增大而逐步减小,再到保持相对稳定,这也可以解释成过熟林和近熟林相比较,虽然杉木单株的碳储量增大了,总碳储量却有所下降的现象。

表 2 不同林龄地上各部分碳储量组成特征

林龄级	密度(株/hm ²)	树高(m)	胸径(cm)	地上部分生物量(kg/株)				碳储量(t/hm ²)		
				树干	树枝	树叶	合计	灌木	草本	凋落物
幼龄	3 346	5.17	5.60	1.35	1.73	0.57	3.64	0.42	0.27	1.11
中龄	2 579	10.05	11.60	8.95	12.71	2.72	24.38	0.45	0.27	0.63
近熟	2 117	11.80	14.20	14.93	22.54	3.99	41.46	0.30	0.33	1.22
成过熟	1 617	11.88	16.30	20.16	30.40	4.62	55.18	0.61	0.19	1.33

3.2.2 不同林龄杉木人工林地上、地下碳储量分配特征 由图 1 可知,杉木人工林地上部分碳储量随着林龄的增大而逐步增加,主要原因是地上部分的碳储量逐步增大,幼龄林地上部分碳储量为 14.04 t/hm²,仅占其总碳储量的 13.5%,成过熟林碳储量达到 91.38 t/hm²,占总碳储量的 50.44%;地下部分碳储量以中龄林最多,达 118.09 t/hm²,占总碳储量的 64.80%,中龄林地下部分碳储量比幼龄林多的主要原因是地下根系储量增加,中龄林之后,地下碳储总量逐步减少,主要原因是土壤含碳量随着林龄的增大而减少。

为 45%~55%,常用平均值为 50.97%,阔叶林的含碳率一般比针叶林的含碳率低,本研究测定的碳系数与平均值偏小。

3.4 杉木人工林土壤碳储量变化特征

由表 3 可知,杉木人工林 0~10 cm 土层含碳率变动范围为 1.82%~2.14%,10~20 cm 土层含碳率变动范围为 0.80%~1.46%,20~30 cm 土层含碳率变动范围为 0.71%~1.59%,30~50 cm 土层含碳率变动范围为 0.40%~0.65%,50~100 cm 土层含碳率变动范围为 0.34%~0.65%;各龄林土壤含碳率随土层深度的增加而减少。各林龄人工林中,随着土壤深度的增加,土壤碳储量减小,通过计算可知幼龄林、中龄林、近熟林和成过熟林地 0~20 cm 土层碳储量分别占 0~100 cm 土层的 41.48%、40.65%、45.45%、38.97%。

4 结论与讨论

本研究结果表明,杉木人工林乔木平均碳储量为 68.36 t/hm²,与周玉荣等估算的我国暖性针叶林植被平均碳储量(49.97 t/hm²)比较,明显高于平均值^[8],这可能与研究区的水热条件有关。从地上总生物量组成来看,林龄不同其地上总生物量的特征差异明显。茎、枝、地表凋落物碳储量随林龄增加有增加趋势,而叶和根变化规律不明显。此外,杉木从中龄林到成熟林乔木层碳储量增长缓慢,这与王献溥等等研究结果^[9-11]类似,他们认为杉木中龄林前生长较快,中龄林后很快进入衰退阶段。王兵等估算了中国 1977—2003 年 4 个时期杉木林生态系统的碳储量,乔木层碳储量占 9.38%~10.63%,林下植被占 0.60%~0.70%,土壤占 87.99%~89.02%,枯落物占 0.68%~0.78%^[12]。与之比较,

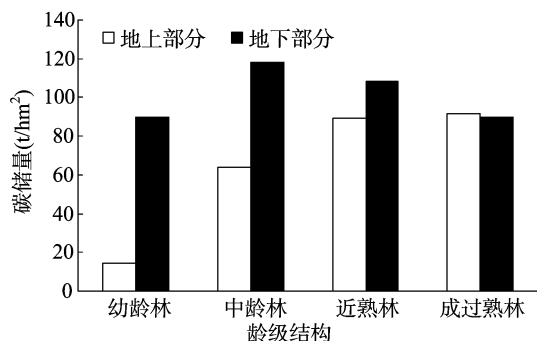


图 1 不同林龄杉木人工林地上、地下碳储量分配特征

3.3 杉木各部位含碳率比较

杉木不同部位含碳量差异变化不大,其变化规律基本一致,即树叶含碳率最高,为 48.0%;其余依次是树干、树枝、树根,含碳率分别为 46.9%、46.4%、45.7%。杉木各部位总平均含碳率为 46.8%。生物量碳库蕴含了大量有机碳,国际上通常以 0.5 作为生物量和碳之间的转换系数,但转换系数在不同树种之间存在差异。目前,国内计算森林生物量碳系数

表 3 杉木人工林土壤碳储量变化特征

林龄级	土层深度 (cm)	全碳含量 (g/kg)	碳储量 (t/hm ²)	合计 (t/hm ²)
幼龄	0~10	18.17	22.84	86.78
	10~20	10.13	13.16	
	20~30	15.91	18.89	
	30~50	3.98	10.58	
	50~100	3.41	21.31	
中龄	0~10	21.35	27.05	111.18
	10~20	14.55	18.14	
	20~30	11.63	14.10	
	30~50	6.51	14.84	
	50~100	6.46	37.03	
近熟	0~10	21.23	29.03	100.84
	10~20	12.61	16.80	
	20~30	7.24	9.08	
	30~50	5.80	13.83	
	50~100	5.40	32.10	
成过熟	0~10	18.53	22.68	84.22
	10~20	8.04	10.14	
	20~30	7.14	11.28	
	30~50	5.68	17.85	
	50~100	3.59	22.26	

本研究区杉木人工林生态系统碳储量乔木层较高,林下植被、枯落物碳储较接近,土壤则较低,这可能和立地条件和人为干扰有关。此外,也有研究表明,人工林与天然林的差异在于生物质碳库和土壤有机碳库,当两者土壤有机碳库的差异不明显时,人工林的年平均生物量相对较小。当成熟林和天然林被具有相同生长特征及面积的人工林取代时,将损失高达2/3的林木碳储量,因此从森林固碳和维护生物多样性的角度来讲,保护成熟林和天然林比种植人工林更有生态效益。

杉木人工林生态系统平均碳储量为 166.19 t/hm²,低于我国森林生态系统的平均碳储量(258.83 t/hm²)^[13],原因有2个方面:一是由于幼龄林乔木生物量低,二是本研究得到的土壤碳储量(95.76 t/hm²)远低于周玉荣等报道的我国森林生态系统的土壤碳储量(193.55 t/hm²),这是由于中亚、南亚热带气候区土壤呼吸速率较大,降水量较大,枯落物分解后以CO₂形式释放到大气中的量较多,土壤碳积累少,这也是中亚热带气候区土壤积累的特点。同时,造林前的“炼山”等生产措施也导致了土壤碳的流失。杉木人工林灌木层碳储量占总碳储量的0.41%,草本层碳储量占总碳储量的0.2%,地表凋落物占其总碳储量的0.65%,林下植被和枯落物碳储量在各林分生态系统中的贡献率低,因为人工林造林前的炼山、机耕、整地等措施造成林下植被减少。林下植被和枯落物碳储量不容忽视,要加强相应的经营管理,尽量减少人为因素对二

者的干扰。杉木人工林土壤碳储量在0~100 cm深度范围内均随着土层深度增加而降低,0~20 cm碳储量占土壤碳储量的41.64%,在杉木人工林土壤碳储量中占据了主体。土壤有机碳主要来源于植物、动物、微生物残体及其排泄物和分泌物^[13],避免机耕、整地、炼山以及保留采伐剩余物等生产措施将有助于提高土壤有机碳含量。通过植树造林和人工林经营等措施增强陆地碳汇功能是减缓全球气候变化的有效机制。方精云等指出,中国森林碳储量增加主要贡献来自于人工林,加强人工林的抚育和管理,提高森林质量及其固碳能力,将会发挥森林巨大的碳汇潜力^[14]。

参考文献:

[1] Fang J, Chen A, Peng C, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998 [J]. Science, 2001, 292 (5525): 2320–2322.

[2] Brown S, Hall C S, Knabe W, et al. Tropical forests: their past, present, and potential future role in the terrestrial carbon budget [J]. Water Air and Soil Pollution, 1993, 70 (1/2/3/4): 71–94.

[3] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, et al. Soil carbon pools and world life zones [J]. Nature, 1982, 298 (5870): 156–159.

[4] 方 晰, 田大伦, 项文化. 间伐对杉木人工林生态系统碳贮量及其空间分配格局的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30 (11): 47–53.

[5] 刘 磊, 温远光, 卢立华, 等. 不同林龄杉木人工林林下植物组成及其生物量变化 [J]. 广西科学, 2007, 14 (2): 172–176.

[6] 荣 慧, 何 斌, 黄恒川, 等. 桂西北第二代杉木人工林的生物生产力 [J]. 广西农业生物科学, 2008, 27 (4): 451–455.

[7] 张 林, 黄 永, 罗天祥, 等. 林分各器官生物量随林龄的变化规律——以杉木、马尾松人工林为例 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2005, 22 (2): 170–178.

[8] 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.

[9] 康 冰, 刘世荣, 蔡道雄, 等. 南亚热带杉木生态系统生物量和碳素积累及其空间分布特征 [J]. 林业科学, 2009, 45 (8): 147–153.

[10] 王献溥, 郭 柯, 田新智. 广西杉木林的分类、分布和演替 [J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13 (1): 43–47.

[11] 温远光. 杉木林生产力与森林结构关系的研究 [J]. 福建林学院学报, 1997, 17 (3): 246–250.

[12] 王 兵, 魏文俊, 李少宁, 等. 中国杉木林生态系统碳储量研究 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 2008, 47 (2): 93–98.

[13] 徐桂林, 方 晰, 田大伦, 等. 杉木林地不同更新方式土壤有机碳垂直分布及储量 [J]. 浙江林学院学报, 2009, 26 (3): 333–340.

[14] 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, 2001, 43 (9): 967–973.