

抚育间伐对北京山区油松林 乔木层碳储量的影响

游伟斌, 梁 芳, 贾忠奎, 张田田, 陈 雪, 马履一

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要:研究了抚育间伐对 30 a 生油松人工林的影响,以林木分级为基础,以弱度、中度、强度和对照 4 种间伐强度对油松林进行间伐试验。结果表明:不同间伐强度处理对其生长以及碳储量的影响存在显著差异,其中中度间伐有益于油松林分生长和碳储量提高,该研究为人工林抚育间伐提供了科学依据。

关键词:抚育间伐;生物量;油松;生产力;碳储量

中图分类号:S 753.5(21) **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2011)23—0203—04

森林作为陆地生态系统的主体,储存了其中约 76%~98% 的有机碳,是地球最主要的碳库之一,在碳减排中起着非常重要的作用。造林、再造林以及现有林的经营是增加碳汇产出的重要途径,而且后者比前者能更快获得碳汇效益。

第七次森林资源清查结果,尽管意识到人工林经营是陆地碳汇增加的有效途径,以及土壤有机碳吸存增加是减缓全球气候最有希望的选择之一,但国内研究者更多关注天然林分和人工林现存量的估算,但到目前为止,仍然缺乏对人工林生态系统碳储量动态及过程的研究,尤其抚育对森林碳汇功能的影响研究还比较缺乏。

基于以上问题,开展抚育对人工林生态系统碳储量动态变化的影响机制研究,探讨抚育与人工林生态系统碳储量定量关系,合理确定基于最大碳汇效益的抚育关键技术参数,可以增强森林生态系统整体固碳能力,为人工林抚育经营碳循环及区域人工林碳库研究提供基础数据。

1 试验地概况

试验地位于北京市密云穆家峪镇水漳村,海拔 220~599 m,年均气温 11.8℃,年降水量 623.0 mm,多雨年份达 970.1 mm,少雨年份仅 285.3 mm,6~9 月的

降水量占全年的 80% 以上,年平均蒸发量约为降水量的 3 倍。土壤为砂岩、页岩风化坡积物上发育起来的山地淋溶褐土和山地褐土,由于长期遭受不同程度的侵蚀,土壤表现为粗骨性特征,土层较薄,结构发育不全,石砾含量高,保水性能差。植被以灌木为主,并分布有成片的油松(*Pinus tabulaeformis* Carr)人工林,灌木主要有荆条(*hitezne-gundo* var. *heterophylla* Rehd)、酸枣(*Ziziphus jujuba* var. *spinosa* (Bunge) Hu),胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)、蚂炸腿子(*Myripnos dioica* Bunge)和三裂绣线菊(*Spiraea trilobata* Lindl)等^[3]。

2 试验方法

2.1 间伐试验标准地设置

造林前是以杂木林为主的次生林。1971 年种植油松(*Pinus tabulaeformis*)苗木,株行距为 1.5 m×2.0 m,试验前从未进行过任何经营措施。造林密度为 2 455~3 556 株/hm²^[3]。2004 年 5 月选择有代表性的油松人工林作为间伐固定试验标准地(25 m×25 m),计为 YS3(对照)、YS5(弱度间伐)、YS2(中度间伐)及 YS1(强度间伐),间伐强度以单位面积保留的株树而定,采伐方式以下层抚育为主的综合抚育方法,伐除多数被压木、濒死木,妨碍油松人工林正常生长的乔木和灌木,保留树干通直、树冠均匀、生长良好、无病虫害的优良木^[3]。2010 年 5 月对林分进行复查。样地基本状况见表 1。

2.2 项目测定

2.2.1 林分生长量的测定 2004 年 5 月和 2010 年 5 月分别在试验标准地对每株树进行调查,包括树高、胸径、冠幅、枝下高等指标。

2.2.2 乔木层生物量和碳储量的计算 在大多数文献中,认为用 D²H 来衡量生物量是比较合适的方法,因此,该试验在测定油松林生物量时也采用此法。依

第一作者简介:游伟斌(1986-),男,福建漳州人,在读硕士,研究方向为森林培育。

责任作者:贾忠奎(1976-),男,博士,副教授,研究方向为森林培育。

基金项目:林业部公益性行业科研专项经费资助项目(2010 04021);中央高校基本科研专项基金资助项目(BLJD200904);林业科技推广资助项目(201144)。

收稿日期:2011—09—21

表 1 样地基本特征							
密云油 松样地	林龄 /a	海拔 /m	坡向	坡度 /(°)	初始密度 /株·hm ⁻²	现有密度 /株·hm ⁻²	间伐 强度/%
YS3	38	131	N	27	3 378	3 378	0
YS5	38	125	N	27	2 455	1 645	33
YS2	38	125	N	31	3 467	1 956	45
YS1	38	125	N	27	3 556	1 734	50

据标准地每木检尺数据和单木(干、枝、叶、根)生物量方程($\ln W = \ln a + b \ln (D^2 h)$)以及表 2(华北主要森林建群种各组分含碳率),推算林分各组分(树干、树枝、树叶、树根)的生物量和碳储量^[1]。

2.3 数据分析
采用 Excel 进行数据统计及做图分析。

3 结果与分析

3.1 抚育对胸径生长的影响
一般情况下,林分密度与林分的平均直径呈负相关的数量关系,即密度越大的林分其林分平均直径越

表 3 抚育对各种林分平均胸径生长的影响

样地号	抚育强度/%	平均胸径 D/cm		生长量/cm	比对照增长率/%
		2004 年伐后	2010 年 5 月		
YS3	对照	5.5	7.35	1.85	100.0
YS5	33	8.68	11.28	2.6	140.5
YS2	45	6.83	9.34	2.51	135.7
YS1	50	8	10.07	2.07	111.9

3.2 抚育对树高生长的影响
抚育采伐对林分平均高的影响因林分组成的不同而异。一般在纯林中,抚育采伐对林分平均树高的影响并不显著,树高的生长主要取决于立地条件。但也有研究结果认为,这一规律只适用于生长在较好的立地上,株数密度也不太大的林分,而对于生长在贫瘠的土壤上,密度过大的林分,适当的疏伐可提高林分高生长量^[8]。此次所调查的 4 个样地,水肥条件普遍不好,

表 4 抚育对各种林分平均高生长的影响

样地号	抚育强度 /%	平均树高/cm		生长量/cm	比对照增长率/%
		2004 年伐后	2010 年 5 月		
YS3	对照	3.758	4.923	1.165	100.0
YS5	33	6.048	7.291	1.243	106.7
YS2	45	4.486	5.889	1.403	120.4
YS1	50	4.915	6.438	1.523	130.7

3.3 抚育对冠幅生长的影响
冠幅的大小反映单株立木营养面积的大小,对直径生长影响大。一般情况下,单株立木所占空间越大,其冠幅就越大,胸径也越粗,其结果必然会引起单位林木株数的减少。抚育间伐的实施会降低保留木周围的竞争木对其营养面积的争夺。所以,抚育间伐后的林分,立木平均冠幅理应比间伐前有所增长,且由于间伐强度越大,留给保留木的营养面积也就越大。由表 5 可知,对抚育后油松样地的冠幅进行比较发现,强度抚育 YS1 样地出现了负增长,中度抚育 YS2 样地比对照

表 2 油松林乔木层各组分参数

器官	参数			
	R	lna	b	含碳率
干(带皮)	0.995	-3.47549	0.934364	0.4958
枝	0.960	-5.54435	0.999211	0.5019
叶	0.950	-4.56034	0.837070	0.5158
根	0.964	-3.14047	0.755283	0.5080

小,直径生长量也越低;反之,则平均直径越大,直径生长量也越高。所以,就长期观测效果来看,由于抚育间伐为保留木创造了更好的营养空间、光辐射和空气温度等有利于林木生长的环境条件,其对林分平均直径生长的影响也应是较为明显的^[8]。由表 3 可知,经间伐处理后,林木经过 6 a 的生长,林木的胸径均有不同程度的变化,间伐林分的胸径生长量还是增长率均比对照高。强度、中度和弱度处理分别比对照林分提高了 11.9%、35.7%和 40.5%,中度间伐和弱度间伐林分对促进胸径生长更明显。

林分密度也偏高,所以,从理论上讲,抚育间伐可提高林分高生长量,并且其提高的速度与间伐抚育的强度呈正相关的数量关系。由表 4 可知,经间伐处理后,林木经过 6 a 的生长,林木的平均树高均有不同程度的变化。强度、中度和弱度处理分别比对照林分提高了 30.7%、20.4%和 6.7%,其中强度间伐比对照增长率最高,符合理论预测,中度抚育间伐的树高增长率也较高。

YS3 样地高出 28%,弱度抚育 YS5 样地与对照样地相比冠幅生长不是很明显。

试验结果表明,间伐强度过小,保留株数太多起不到人为调整密度的作用,同时,不到下次间伐时间,林木就会出现激烈竞争,影响正常生长,冠幅生长与对照相比不明显。相反,采伐强度过大,使林分环境条件急剧变化,林木生长不适应,为适应改变的环境条件,抑制了生长。因此,只有采用合理的间伐强度,才能使林分保持最佳结构。

表 5 抚育对各种林分平均冠幅生长的影响

样地号	抚育强度 /%	平均冠幅/cm		生长量/cm	比对照增长率/%
		2004 年伐后	2010 年 5 月		
YS3	对照	235.0	243.1	8.1	3.4
YS5	33	312.0	326.6	14.6	4.7
YS2	45	202.0	265.5	63.5	31.4
YS1	50	393.6	281.1	-112.5	-28.6

3.4 抚育对单株材积生长的影响

对于单株材积的计算,利用部颁二元材积表公式:
油松: $V=0.000076051908D^{1.9030839}H^{0.86055052}$ (1)。
计算得到不同抚育强度样地林分平均单株材积。
由公式(1)可以看出,单株立木材积 V 是林分平均胸径 D 及林分平均高 H 的函数,即: $V=f(D,H)$,所以,所有影响林分平均胸径 D 及林分平均高 H 的因子都会影响样地林分平均单株材积 V。

表 6 抚育对各种林分单株材积生长的影响

样地号	抚育强度 /%	平均单株材积/m³		生长量/cm	比对照增长率/%
		2004 年伐后	2010 年 5 月		
YS3	对照	0.0061	0.0133	0.0072	12.4
YS5	33	0.0219	0.0423	0.0204	10.6
YS2	45	0.0107	0.0246	0.0139	13.1
YS1	50	0.0157	0.0306	0.0149	10.7

3.5 抚育对单位面积蓄积量生长的影响

样地蓄积量(m^3)=标准地林分平均单株材积 V(m^3)×样地保留木株数 $n^{[8]}$;单位面积蓄积量 $M(m^3/hm^2)$ =样地蓄积量(m^3)×10 000 m^2 /标准地面积(m^2)^[8]。
由表 7 可以看出,伐后 6 a,间伐林分的单位面积蓄积量均大于对照样地,弱度、中度、强度间伐林分的蓄积量分别比对照样地高出 41.6%、24.7%及 19.0%。主要是间伐增加了保留林木的营养空间,促进了单株

表 7 抚育对各种林分单位面积蓄积量的影响

样地号	抚育强度 /%	单位面积蓄积量/ $m^3 \cdot hm^{-2}$		增长量/ $m^3 \cdot hm^{-2}$	增长率 /%
		2004 年伐后	2010 年 5 月		
YS3	对照	23.3156	45.0713	21.7557	93.3
YS5	33	33.0933	63.8965	30.8032	93.1
YS2	45	20.9244	48.0609	27.1365	129.7
YS1	50	27.2133	53.1125	25.8992	95.2

3.6 抚育对油松乔木层生物量和碳储量的影响

林木生物量的积累是林木通过光合作用产生有机物的结果。由于抚育间伐使林分结构发生了变化,必然对不同密度林分的生物株的生物量有明显的影响,并与间伐强度产生明显的影响^[8]。
由图 1 可知,经过不同强度的抚育间伐措施后,油松林生物量和碳储量均有较为显著地提高,其中中度抚育 YS2 样地增长量最多,强度抚育 YS1 和弱度抚育 YS5 样地次之,无抚育措施对照 YS3 样地增长量最少,中度抚育间伐样地的生物量增加量和碳储量增加量是对照样地的 1.53 倍。
由图 2 可知,除弱度抚育样地 YS5 之外,其它抚育强度间伐林地各组分碳储量均比对照有较为显著地

运用普雷斯勒公式: $Pv=(Va-Va-n)/(Va+Va-n) \times 200/n$ (2),计算林分生长率^[8]。
由表 6 可知,抚育间伐样地的单株材积生长量均比对照高。弱度、中度、强度间伐样地生长量分别比对照提高 183.3%、93.1%及 106.9%,各间伐样地中只有中度抚育间伐样地的生长率比对照提高 0.7%。说明中度抚育间伐促进了样地单株材积生长量和生长率的提高,这与前面对胸径和冠幅的分析结果吻合。

材积的增长。另外反映出的规律为间伐林分单位面积蓄积量与间伐强度呈反比关系,即间伐强度越大,单位面积蓄积量越小。单位面积蓄积量与保留株数和单株材积相关,但是因为单株材积增长较慢,因此,保留株数决定了单位面积蓄积量的大小。即伐除株数越多,蓄积量越小,所以呈现出的蓄积量的变化规律为弱度间伐>中度间伐>强度间伐>对照。从林分的增长率可以看出,中度间伐林分最高,比对照林分高出 36.4%。

提高,且各组分碳储量呈现出共同趋势。其中强度抚育 YS1 样地的干、枝、叶、根均比对照样地 YS3 提高 100.0%、100.0%、101.0%及 103.5%,中度抚育 YS2 样地的干、枝、叶、根分别比对照样地 YS3 提高 159.1%、165.9%、149.5%及 144.2%,中度抚育 YS2 样地增长量最多。
该结果的产生,究其原因,通过间伐调整了密度,扩大了保留木的营养空间,改善了林内小气候条件,有利于提高林分的质量和生产力。但间伐强度过小,保留株数太多起不到人为调整密度的作用,同时,不到下次间伐时间,林木就会出现激烈竞争,分化严重,影响正常生长,使林分质量下降。相反,采伐强度过大,使林分环境条件急剧变化,林木生长不适应,为适应改变

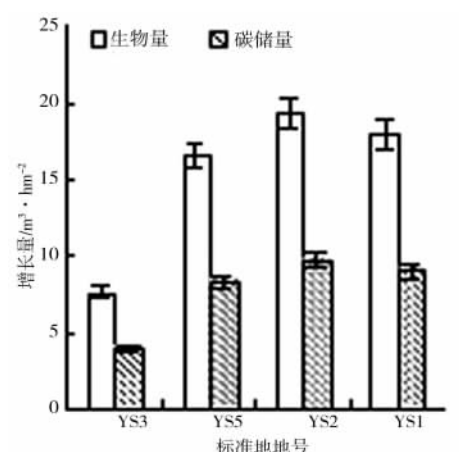


图1 油松林分碳储量增长量

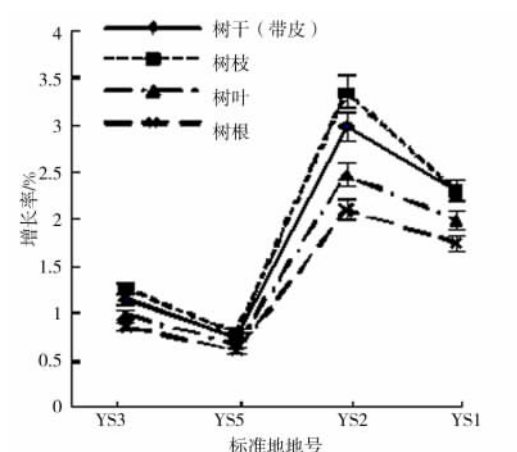


图2 油松林各组分碳储量增长率

的环境条件,抑制了生长,延误了时间。所以,只有采用合理的间伐强度,才能使林分保持最佳结构。这与前面对胸径、树高、冠幅、单株材积以及单位面积蓄积量生长的分析结果吻合,多项分析结果表明,采用中度抚育间伐是最合适的强度。

4 结论

通过对 30 a 生油松人工林作不同强度的抚育间伐试验,采用每木检尺所得到的数据和生物量回归方程进行比较,结果表明,不同间伐强度处理对其生长以及碳储量的影响存在显著差异。

抚育措施对试验地油松林分生长(胸径、冠幅、单株材积、单位蓄积量)具有极显著的影响,其中抚育强度过大反而有碍于林分生长,抚育强度过低达不到人工调节林分密度的作用,以中度抚育为最优,在较贫薄立地上能促进林木树高生长。

不同抚育措施对油松人工林各组分的碳储量影响显著,其中弱度抚育降低了林分碳储量,强度间伐和中度间伐均能提高油松人工林的碳储量,其中以中度抚育增长量最多。

分析结果表明,采用中度抚育间伐是最合适的强度。在林木经营管理时,应把森林生物量与生产力确定为评价人工林抚育质量的一项重要指标,科学地抚育间伐可以改善林分结构和林分质量,使森林生物量增加,从而导致林分结构的多样性增加、生态稳定性增强。

参考文献

- [1] 马钦彦,陈遐林,王娟,等. 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.
- [2] 刘华,雷瑞德. 我国森林生态系统碳储量和碳平衡的研究方法及进展[J]. 西北植物学报,2005,25(4):835-843.
- [3] 马履一,李春义,王希群,等. 不同强度间伐对北京山区油松生长及其林下植物多样性的影响[J]. 北京林业大学学报,2007,43(5):1-9.
- [4] 莫江明,彭少麟, Sandra Brown, 等. 鼎湖山马尾松林群落生物量生产对人为干扰的响应[J]. 生态学报,2004,24(2):24-29.
- [5] 刘国华,傅伯杰,方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报,2000,20(5):732-740.
- [6] 国家林业局森林资源管理司. 第七次全国森林资源清查及森林资源状况[J]. 林业资源管理,2010,43(5):1-9.
- [7] 中国林学会. 森林抚育[M]. 北京:中国林业出版社,1988.
- [8] 沈国防. 森林培育学[M]. 北京:中国林业出版社,2002.

Influence of Thinning on the Carbon Storage of *Pinus tabulaeformis* Arborescent Stratum

YOU Wei-bin, LIANG Fang, JIA Zhong-kui, ZHANG Tian-tian, CHEN Xue, MA Lv-yi

(Key Laboratory of Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: The effect of thinning on *Pinus tabulaeformis* plantation which had been growing 30 years were studied. Based on the tree class, the experiment on which thinning intensity of *Pinus tabulaeformis* where weak, moderate, intensive and CK were made. The results indicated that different thinning intensity of *Pinus tabulaeformis* plantation were different for tree biomass amount and carbon storage. Moderate thinning intensity could evidently advance tree biomass amount and carbon storage. This research will provide the basis for thinning of plantation.

Key words: thinning; biomass; *Pinus tabulaeformis*; productive force; carbon storage