

# 采伐对海南霸王岭热带山地雨林乔木碳储量影响初步研究

陈永富<sup>1</sup>, 乔婷<sup>1</sup>, 雷渊才<sup>1</sup>, 陈巧<sup>1</sup>, 王继红<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所,北京 100091; 2. 国家林业局调查规划设计院,北京 100714)

**摘要:**以海南岛霸王岭热带天然山地雨林原始林为对象,实施了择伐强度为0.0%(未采伐)、30.7%(低择伐强度)、45.3%(中择伐强度)、53.5%(高择伐强度)4种试验,观测和分析了择伐后13年间各种试验类型的乔木总碳储量、枯死木碳储量、进界木碳储量、保留木碳储量、树种组碳储量和径级碳储量的变化趋势。结果表明:高强度择伐林分枯死木碳储量比率最大,中强度择伐林分枯死木碳储量比率最低;低强度择伐和未择伐林分的保留木碳储量增长率、总碳储量增长率高于中高强度择伐林分;进界木碳储量比率随择伐强度的增大而增大;45.0%左右采伐强度是树种组碳储量增长较理想的强度;45 cm及以下径级保留木各径级碳储量增长率随择伐强度的增大而增大,45 cm以上径级保留木各径级碳储量增长率与择伐强度关系不明显。

**关键词:** 热带山地雨林;择伐;碳储量

中图分类号:S718.55

文献标识码:A

## Analysis on Early Stage Trees Carbon Storage Change of Tropical Montane Rain Forest in Bawangling of Hainan Island

CHEN Yong-fu<sup>1</sup>, QIAO Ting<sup>1</sup>, LEI Yuan-cai<sup>1</sup>, CHEN Qiao<sup>1</sup>, WANG Ji-hong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forest Resource and Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** Taking virgin tropical montane rain forest in Bawangling of Hainan Island as study object, four selective cutting experiments of 0.0% (no cutting), 30.7% (low selective cutting intensity), 45.3% (middle selective cutting intensity) and 53.5% (high selective cutting intensity) was implemented. The change tendency of carbon storage of forest stand, dead trees, remained trees, ingrowth trees, tree species group and diameter class thirteen year after cutting was observed and analyzed. The results show that the carbon storage rate of dead trees in forest stand with high selective cutting intensity is the biggest, the carbon storage rate of dead trees in forest stand with middle selective cutting intensity is the least; the growth rates of carbon storage of remained trees and forest stand with low selective cutting intensity and no cutting are higher than that of the others; the carbon storage rate of ingrowth trees increases along with the selective cutting intensity increase; cutting intensity of 45.0% is an ideal to improve carbon storage increasing of trees group; growth rate of carbon storage of remained trees under diameter class of 45 cm increases along with selective cutting intensity increase, the growth rate of carbon storage of remained trees over diameter class of 45 cm isn't related with selective cutting intensity.

**Key words:** tropical montane rain forest; selective cutting; carbon storage

植物通过光合作用,将CO<sub>2</sub>和水转化为有机碳,森林生长1m<sup>3</sup>木材约可吸收二氧化碳1.83 t,释放氧气约1.62 t<sup>[1]</sup>。全球陆地碳储量为24 770亿t,森林碳储量11 460亿t,占全球陆地碳储量的46%,联

合气候变化专门委员会(IPCC)估计,1850—1998年,由于土地利用引起的土壤碳排放量 $8.1 \times 10^{10} \sim 1.91 \times 10^{11}$  t,其中87%是毁林引起的。可见,人类干扰森林对陆地碳循环具有重要影响。热带森林是所

收稿日期:2012-08-20

基金项目:林业公益性行业科研专项经费项目(项目编号:201104006)

作者简介:陈永富(1963—),男,四川泸县人,研究员,博士,从事森林资源监测、可持续经营和信息管理。

有森林中碳汇能力最强的森林类型,热带山地雨林是海南岛热带森林的主要组成类型之一,每年对大气中的CO<sub>2</sub>的固定量为1.366 t·hm<sup>-2</sup>,折合C为0.372 5 t·hm<sup>-2</sup>。因此,恢复、发展和保护热带山地雨林生态系统是增加热带森林碳储量和碳汇能力的重要途径之一<sup>[2]</sup>。造林、抚育、采伐等人类活动是引起森林生态系统碳储量变化的重要因素,提高森林经营管理水平是增加森林碳汇和缓解全球气候变化的一种可能机制和最有希望的选择<sup>[3-8]</sup>。采伐是影响森林碳储量变化的关键环节之一,一些皆伐林地上因大量采伐剩余物经分解和淋溶作用而使土壤碳增加<sup>[9]</sup>,一些皆伐林地土壤有机碳储量减少,但通过天然更新可使土壤有机碳储量较快地恢复,海南岛热带天然林皆伐后经过26年的天然更新,林地土壤碳储量已恢复到原来的76%左右<sup>[10]</sup>;海南霸王岭原始热带山地雨林经过30%、50%强度择伐5个月后林地土壤碳储量分别比原始林降低4.5%和5.3%<sup>[11]</sup>。择伐是热带山地雨林主要采伐方式,不同的择伐强度对热带山地雨林碳储量产生不同的影响,其影响机制如何?目前还没有这方面的研究报道。

## 1 研究地概况

研究区位于海南岛西南部山区的霸王岭林区内,18°52'45"~19°14'03"N,108°58'00"~109°16'58"E。海拔600~1 200 m,属热带山地雨林分布区。地形破碎复杂,沟壑纵横,坡度陡峭,坡度一般在25~30度。年平均温度23.6℃。年降水量1 500~2 000 mm。相对湿度为65%~90%。雨量不均匀,干湿季明显。5—10月为雨季,11—4月为旱季。随海拔升高雨量增多,相对湿度加大。山上多雾露,保持了林内土壤终年湿润。土壤为山地黄壤,土层较厚,一般在20~100 cm。土壤表层松软、湿润。质地砂性易碎,粒状结构,石砾含量较少。腐殖质层较薄,一般5~10 cm。枯枝落叶层较厚,一般在5 cm以上。

研究区森林为原始热带山地雨林,林分具有优势树种相对明显、高度混交和垂直郁闭等特点,分布树种主要有壳斗科(Fagaceae)的红椎(*Castanopsis hystrix* A. DC.),红稠(*Lithocarpus fenzelianus* A. Camus),白椎(*C. Carlesii* (Hemsl.) Hay),盘壳栎(*Cyclobalanopsis patelliformis* Chun),布拉栎(*Quercus blakei* Skan);樟科(Lauraceae)的油丹(*Alseodaphne*

*hainansis* Merr.)、梁氏樟(*Cinnamomum liangii* Allen),乌心樟(*C. tsoi* Allen),椭圆新木姜(*Neolitsea ellipsoides* Allen),琼楠(*Beilschmiedia intermedia* Allen),丛花厚壳桂(*C. densiflora* Bl.);木兰科(Magnoliaceae)的苦梓(*Manglietia hainanensis* Dandy);番荔枝科(Annonaceae)的暗罗(*Polyalthia laui* Merr.);桃金娘科(Myrtaceae)的线枝蒲桃(*Syzygium araiocladum* Merr. & Perry),大叶红营(*S. Rysopodum* Merr. Et Perry),山乌墨(*Clelostocalyx consoersipunctatus* Merr. & Perry);无患子科(Sapindaceae)的荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.);远志科(Polygalaceae)的黄叶树(青蓝)(*Xanthophyllum Hainanensis* Hu);柿科(Ebenaceae)的乌材柿(乌蛇)(*Diospyros eriantha* Champ ex Benth);罗汉松科(Podocarpaceae)的鸡毛松(*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) Laubenf)、陆均松(*Dacrydium pierrei* Hickel)和竹叶松(*Podocarpus neriifolius* D. Don);冬青科(Aquifoliaceae)的榕叶冬青(*Ilex ficoidea* Hemsl)、凸脉冬青(*I. kobusikiana* S. Y. Hu);桑科(Moraceae)的小叶胭脂(*Artocarpus styracifolius* Pierre)、榕树(*Ficus microcarpa* Linn. f.)等,每公顷森林组成树种一般在80~100个。

## 2 研究方法

### 2.1 试验区设置与采伐实施

1998年,在海南岛霸王岭热带山地雨林原始区选取自然地理环境和森林植被组成基本一致的林分作为试验区,共设置4种择伐强度,分别为择伐强度为0.0%(原始林对照)、30.7%(低择伐强度)、45.3%(中择伐强度)和53.5%(高择伐强度),每个择伐强度试验小区1个,每个试验区为50 m×50 m的正方形,试验小区的4个角埋设标桩,边界木用红漆标注,边界方向用罗盘仪测定,边界长度用皮尺测定,每株胸径5 cm以上的树木均编号挂牌。

在全面调查的基础上,根据采伐强度要求,以择伐木的起始胸径40 cm、林分树种组成稳定、空间分布均匀、有利于天然更新、目的树种生长和生物多样性保护等原则,确定和标记采伐木、保留木和伐倒方向,严格按照采伐设计进行采伐施工,采伐过程实行全程监控。

### 2.2 数据采集

数据采集包括采伐前调查、采伐后调查和复查3个阶段,采伐前调查是在择伐试验前对每个试验

小区内胸径 5 cm 以上的全部活立木的胸径进行测定、记录;采伐后调查是在采伐试验结束后立即对试验小区内的采伐木树号、损伤木树号及损伤程度进行调查记录;复查是在采伐试验结束后的一定年限内(如 2011 年)对试验小区内树木进行的再次调查,复查包括 3 方面的内容,一是测定上次测定并保留下来的活立木胸径,并检查或更新号牌;二是测定上次测定未达到测定胸径而本次达到测定胸径要求(进界木)的胸径,并挂号牌;三是记录自上次测定以来枯死的树木。

### 2.3 碳储量计算方法

热带山地雨林组成树种多,结构复杂,对森林生物量和碳储量的计算比较困难,相关研究成果较少,本文选用李意德等<sup>[12]</sup>研究的生物量计算模型,陈永富等<sup>[13]</sup>研究的树高曲线模型,吴仲民等<sup>[10]</sup>研究的碳含量系数,计算森林生物量和碳储量。

生物量计算模型 李意德等自 1990 年以来,先后以海南岛尖峰岭、黎母山等的典型热带天然林为对象,开展了热带天然林生物量模型的构建,并与国外相关生物量模型进行比较分析,提出了适合我国海南岛热带天然林的生物量模型。具体如下:

地上部分生物量

$$\text{树干: } W_t = 0.0222(D^2H)^{1.0052} \quad (1)$$

$$\text{树皮: } W_{bk} = 0.0044(D^2H)^{0.9439} \quad (2)$$

$$\text{树枝: } W_{br} = 0.0116(D^2H)^{0.8925} \quad (3)$$

$$\text{树叶: } W_l = 0.0073(D^2H)^{0.7504} \quad (4)$$

地下部分(树根)生物量

$$W_r = 0.0197(D^2H)^{0.8963} \quad (5)$$

树高计算模型 在生物量计算模型中涉及胸径( $D$ )和树高( $H$ ),而在实地调查中主要是测定树木的胸径,树高测定较困难,而且测定的精度也不高。为此,陈永富等于 2001 年以海南岛霸王岭热带天然山地雨林为对象,利用 105 株伐倒木建立了树木胸径和树高的关系模型。具体如下:

$$H = 30.8525 / (1 + 9.2032 \text{EXP}(-0.0573D)) \quad (6)$$

碳含量系数 吴仲民等于 1998 年以海南岛尖峰岭热带天然原始林为对象,测定了 100 多个树种的树干、树皮、树叶和树根的碳含量系数,具体如下:

各器官含碳系数分别为树干 0.57、树皮 0.46、树枝 0.47、树叶 0.46、树根 0.54。

## 3 结果与分析

### 3.1 森林乔木碳储量构成及变化

利用 1998 年择伐实施前、后每木调查数据和 2011 年复查的各试验小区的每木调查数据,公式(1)~(6),以及碳含量系数,计算各种试验小区森林的保留木碳储量、枯死木碳储量、进界木碳储量、总碳储量及其变化于表 1。

表 1 各试验小区森林乔木碳储量构成

择伐强度/ %	保留木 1998 年 碳储量/ (t·hm <sup>2</sup> )	枯死木碳 储量/ (t·hm <sup>2</sup> )	进界木碳 储量/ (t·hm <sup>2</sup> )	保留木 2011 年碳储量/ (t·hm <sup>2</sup> )	2011 年总碳 储量/ (t·hm <sup>2</sup> )	枯死木碳 储量比率/ %	进界木碳 储量比率/ %	保留木碳 储量增长 率/%	森林总碳 储量增长 率/%
53.5	131.6	55.96	8.08	174.92	183.00	23.42	3.38	32.91	-2.43
45.3	141.56	24.24	4.04	179.92	183.96	11.64	1.93	27.07	10.95
30.7	97.76	30.08	2.04	138.48	140.52	17.63	1.19	41.63	9.92
0.0	137.48	27.08	2.16	188.12	190.28	12.46	1.00	36.82	15.63

从表 1 可知,枯死木碳储量占总碳储量的比率随采伐强度增加呈递增的趋势。由于采伐破坏了原始林本来的组成结构特征和空间格局,采伐强度越大,原始组成结构受影响就越大,林内光照和营养空间变化越大,导致不适应改变后的森林环境而出现死亡的树木就越多。未采伐的森林枯死木碳储量占总碳储量的比率不是最低,而采伐强度为 45.3% 的森林枯死木碳储量占总碳储量的比率最小,说明原始林在未受到干扰的情况下仍然存在一定比率的树木枯死,而采取适当强度择伐,优化了森林组成结

构,减少树木的枯死。根据调查试验小区内枯死木基本腐烂而成为碳源。因此,在枯死木不采取处理的情况下,采伐强度过大或不采伐都可能增加森林碳排放,适当的采伐可以降低森林的碳排放。

进界木碳储量占总碳储量的比率随采伐强度的增加呈明显的递增趋势。通过采伐,降低了森林密度,增加了林内光照和单木营养空间。采伐强度越大,幼树获得的光照和营养空间就越多,促进了幼树的生长,可增加森林的碳汇能力。

保留木碳储量占总碳储量的比率随采伐强度的

增加呈减少趋势。采伐强度 30.7% 的森林保留木碳储量占总碳储量的比率最高,其次是未采伐的森林,采伐强度 45.3% 的森林最低,表明适度的采伐有助于保留木的生长,可以提高森林的碳汇能力。

随采伐强度的增加森林总碳储量增长率呈减少趋势。其中大强度采伐的森林总碳储量增长率出现了负增长,这正好与其枯死木碳储量比率最高相对应,由于枯死木碳储量过大,保留木和进界木的碳储量增长量低于枯死木碳储量,便出现总碳储量增长率为负的结果。从短期来看,随着采伐强度的增加森林碳汇能力下降。当观测时间足够长(达到或超过一个择伐周期)时,森林重新达到顶级状态后,这种结果可能会发生变化。

### 3.2 森林各树种组碳储量构成及变化

海南岛霸王岭热带天然山地雨林树种繁多,树种组的划分以科为单位,相同科的树种分为同一组,4 个试验小区的全部树种共分为 53 个组,树种组及编码分别为壳斗科(1)、樟科(2)、桃金娘科(3)、椴树科 Tiliaceae(4)、罗汉松科(5)、木兰科(6)、冬青科(7)、无患子科(8)、远志科(9)、天料木科 Samy-daceae(10)、山龙眼科 Proteaceae(11)、五加科 Arali-aceae(12)、柿科(13)、肉实科 Sarcospermataceae(14)、山茶科 Theaceae(15)、山矾科 Symplocaceae(16)、橄榄科 Burseraceae(17)、杜英科 Elaeocarpace-ae(18)、茜草科 Rubiaceae(19)、八角科 Illiciaceae(20)、番荔枝科(21)、茶茱萸科 Icacinaceae(22)、楝科 Meliaceae(23)、清风藤科 Sabiaceae(24)、漆树科 Anacardiaceae(25)、瑞香科 Thymelaceae(26)、五列木科 Pentaphylaceae(27)、木犀科 Oleaceae(28)、藤黄科 Guttiferae(29)、梧桐科 Sterculiaceae(30)、大戟

科 Euphorbiaceae(31)、含羞草科 Mimosaceae(32)、桑科(33)、榆科 Ulmaceae(34)、安息香科 Styraceae(35)、槭树科 Aceraceae(36)、夹竹桃科 Apocynaceae(37)、蝶形花科 Papilionaceae(38)、粗榧科 Cephalo-taxaceae(39)、松科 Pinaceae(40)、粘木科 Ixonan-thaceae(41)、鼠刺科 Escalloniaceae(42)、山柑科 Opiliaceae(43)、芸香科 Rutaceae(44)、胡桃科 Juglandaceae(45)、紫草科 Boraginaceae(46)、紫金牛科 Myrsinaceae(47)、蔷薇科 Rosaceae(48)、榛木科 Corylaceae(49)、鼠李科 Rhamnaceae(50)、第伦桃科 Dilleniaceae(51)、红树科 Rhizophoraceae(52)和其他(53)。采伐后各试验小区各树种组的碳储量结构见图 1~4。

根据统计,4 个试验小区均有分布的树种组为 22 个,分别为 1、2、3、4、7、8、9、11、12、13、14、16、19、23、24、27、28、29、30、33、34、38。从图 1~4 可知,各树种组碳储量在不同采伐强度下的变化趋势不尽相同,可以归结为 3 类情况,第一类是树种组碳储量增长随采伐强度的增加而增加,如树种组 2、13;第二类是树种组碳储量增长随采伐强度增加而减慢,如树种组 1、28;第三类是树种组碳储量与采伐强度变化不成规律,而是在某个采伐强度下最高或最低,如在采伐强度 53.5% 碳储量增长最快的树种组有 8、23、29、34、38,增长最慢的树种组有 3、11、16、30。在采伐强度 45.3% 下碳储量增长最快的树种组有 3、4、7、11、16、33,增长最慢的树种组有 9、27、34、38。在采伐强度 30.7% 碳储量增长最快的树种组有 14、19、27、30,增长最慢的树种组有 4、8、12、23、24、29。在未采伐下碳储量增长最快的树种组有 9、12、24,增长最慢的树种组有 7、14、19、33。

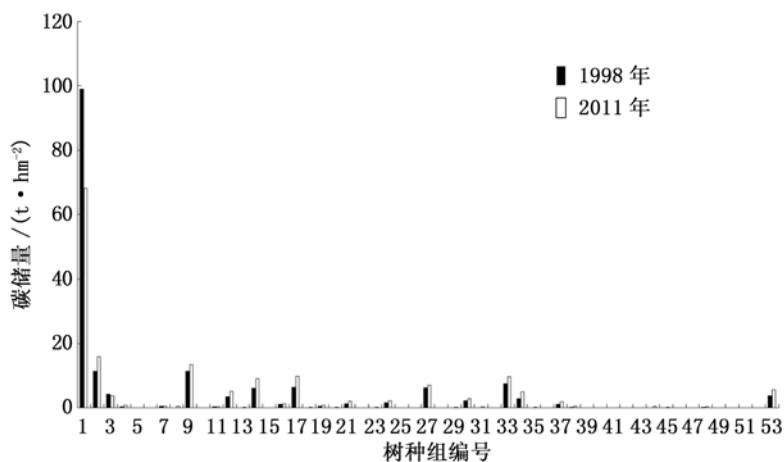


图1 采伐强度 53.5% 森林各树种组碳储量比较

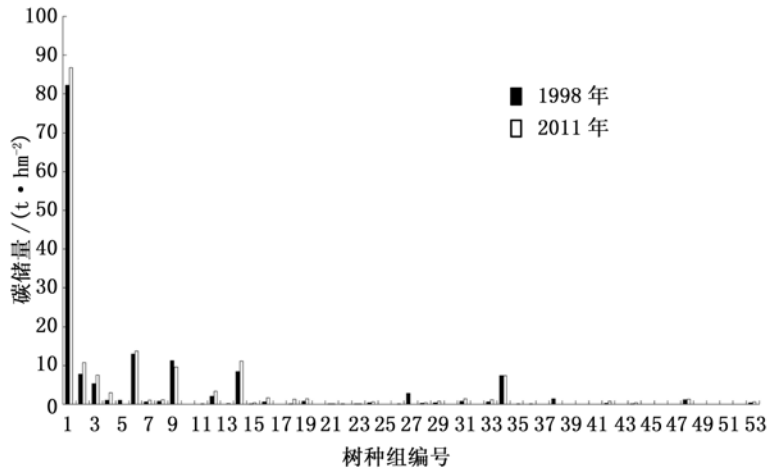


图2 采伐强度45.3%森林各种种组碳储量比较

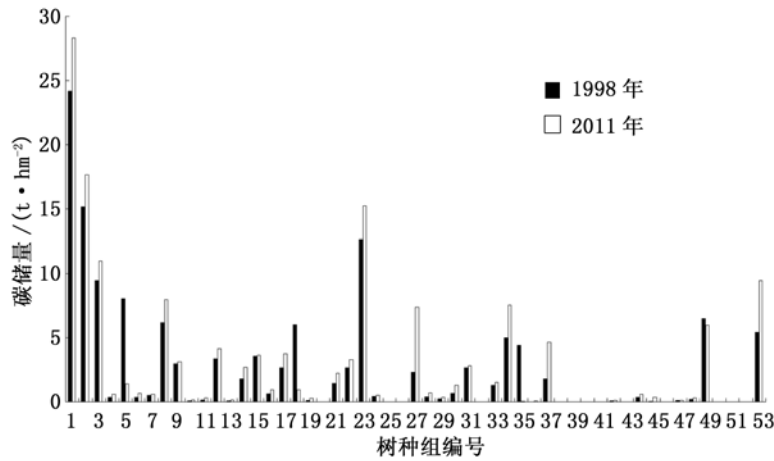


图3 采伐强度30.7%森林各种种组碳储量比较

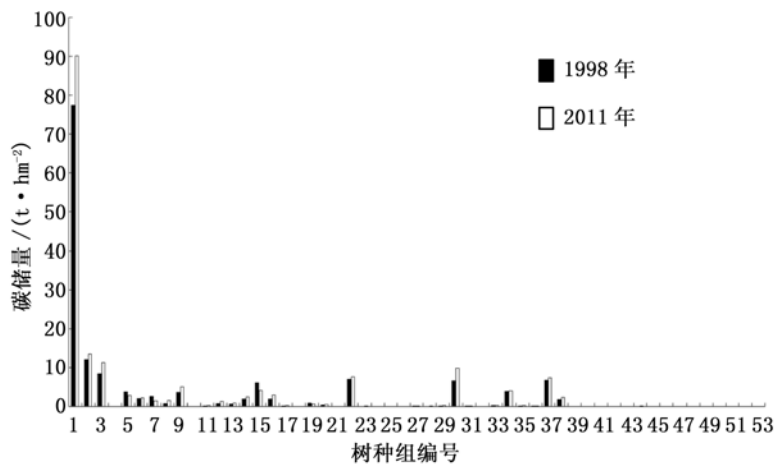


图4 未采伐森林各种种组碳储量比较

### 3.3 森林各径级碳储量及变化

由于试验小区树木胸径分布范围大,从5~145 cm之间均有分布,为便于统计和比较分析,从5 cm

开始,以10 cm为间距,进行分级,超过65 cm的归为一级。各试验小区枯死木、进界木、保留木碳储量按径级统计于表2。

表2 试验小区枯死木、进界木、保留木碳储量按径级统计

t · hm<sup>2</sup>

择伐强度/%	统计项	径级/cm							合计
		《 = 15	《 = 25	《 = 35	《 = 45	《 = 55	《 = 65	》65	
53.5	枯死木	0.28	0.52	3.12	4.4	0	0	47.64	55.96
	进界木	6	1.2	0.84	0	0	0	0	8.08
	保留木 1998	3.4	9.48	9.4	10.76	36.44	14.44	47.64	131.6
	保留木 2011	10.76	17.28	13.92	13.64	47.56	17.96	53.76	174.92
	保留木增长率/%	215.04	81.83	48.26	26.69	30.50	24.44	12.89	32.92
45.3	枯死木	0.52	0.44	4.48	3.48	6.92	0	8.4	24.24
	进界木	4.04	0	0	0	0	0	0	4.04
	保留木 1998	4.28	7.12	16.24	15.12	10.44	14.16	74.24	141.56
	保留木 2011	11.72	13.12	25.12	19.04	11.36	15	84.56	179.92
	保留木增长率/%	173.67	84.53	54.72	25.72	8.93	5.98	13.91	27.07
30.7	枯死木	0.88	2.2	3.16	5.72	9.76	0	8.32	30.08
	进界木	2.04	0	0	0	0	0	0	2.04
	保留木 1998	3.44	8.56	13.36	17.52	11.08	19.76	24.08	97.76
	保留木 2011	7.92	15.64	18	25.28	18.32	25.68	27.64	138.48
	保留木增长率/%	130.85	82.43	34.61	44.32	65.61	30.05	14.82	41.63
0.0	枯死木	1.16	1.08	3.28	3.56	0	0	18	27.08
	进界木	2.04	0.16	0	0	0	0	0	2.16
	保留木 1998	6.64	11.44	9.72	26	32.28	29.12	22.32	137.48
	保留木 2011	13.32	19.76	12.64	33.64	45.4	34.56	28.76	188.12
	保留木增长率/%	101.25	73.06	30.19	29.52	40.54	18.64	28.85	36.82

从表2可知:枯死木在各径级均有分布,采伐对15 cm 径级以下树木的枯死影响明显,随着采伐强度的增加,枯死木碳储量占总碳储量的比率逐渐减少,15 cm 以上各径级的枯死木碳储量占总碳储量的比率与采伐强度关系不明显。这表明采伐对小径级树木的影响明显,通过采伐,森林密度减小,林内光照和营养空间增大,促进了小径级树木的生长,减少了小径级树木的死亡。对于径级较大的树木,其环境适应能力较强,一般不会因环境变化而出现严重的不适应而死亡,往往是在采伐过程中受伤或风倒而致死。

进界木碳储量主要分布在15 cm 以下径级,但在最大采伐强度的试验小区已有部分分布35 cm 径级,说明随采伐强度的增大,有促进小树生长进界的趋势。

保留木碳储量增长率在45 cm 以下径级随采伐强度的增大而呈增大趋势,大于或等于45 cm 径级,其分布不规律。也说明了采伐强度对中小径级树木的生长影响是显著的。对中大径级树木的影响不明显。这是因为,中大径级树木的树冠一般都达到林冠的上层,原有光照和营养空间已经满足其

生长需要,尽管通过采伐使整个森林内的光照增强,营养空间重新分配,但不足以影响到中大径级树木的正常生长。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

通过本次试验观测分析,初步得出以下结论:

(1)采伐对枯死木碳储量产生一定影响,采伐强度53.5%时枯死木碳储量占总碳储量的比率最大,采伐强度在45.3%时枯死木碳储量占总碳储量的比率最小,说明采伐既可以增加枯死木碳储量,也可以减少枯死木碳储量,合适的采伐强度可以使枯死木碳储量减少到最小,也就是降低了森林碳排放。

(2)进界木碳储量占总碳储量的比率随采伐强度的增加呈明显的递增趋势,随着采伐强度的增加,林内光照强度增强,营养空间增大,促进了幼树的生长,进界木增加,森林碳汇能力增强。

(3)采伐对保留木碳储量产生一定影响,小强度采伐比不采伐或大强度采伐更有利于森林保留木碳储量的积累,提高森林的碳汇能力。

(4)从短期观测看,低强度采伐或未采伐森林

的总碳储量增长率接近,并明显高于中大强度采伐森林的总碳储量增长率,说明过度采伐不利于森林总碳储量的积累。

(5)少数树种组的碳储量增长随采伐强度的增加而增加或增加而减小,大部分树种组的碳储量增长需要在某个合适的采伐强度下,其中采伐强度45.3%的林分碳储量增长最快的树种组数量最多,占33.3%。因此,采伐强度在45%左右是促进树种组碳储量增长的理想强度。

(6)采伐对15 cm 径级以下树木的枯死影响明显,随着采伐强度的增加,枯死木碳储量占总碳储量的比率逐渐减少。15 cm 以上各径级的枯死木碳储量占总碳储量的比率出现不规律现象。

(7)采伐强度对进界木碳储量的影响明显,虽然进界木主要分布在15 cm 以下径级,但在最大采伐强度的试验小区已有部分进界木已分布到35 cm 径级。因此,随采伐强度的增大,小树生长加快,进界级数更高。

(8)采伐对45 cm 以下径级的保留木影响明显,随采伐强度的增大而保留木碳储量增长率增大。超过45 cm 径级,其分布不规律。

## 4.2 讨论

为了使研究成果具有更加充分的代表性,进行每种试验水平的重复试验是必要的,本文限于试验条件的限制,每个试验水平只设置了1个或2个试验,对研究成果的准确性存在一定影响,今后应更加完善。但到目前为止,本文在海南热带天然山地雨林原始林中开展多个采伐强度水平和多年观测试验已是非常难得的,尚未见到有关研究报道。

本次试验及观测时间从1998年到2011年,观测时间为13年,与热带天然林的生长周期相比,13年时间相对较短。因此,该研究结果只是一些初步结论,在以后的研究中将对这些结论作进一步的

验证。

本次试验主要森林植被对象是乔木树种,因灌木、草本、藤本等缺乏相关的计量模型,在林分碳储量中没有包含这部分碳储量,使林分总碳储量偏小。在今后的研究中,有必要增加这部分植被的碳储量计量。

## 参考文献:

- [1] 陆志星,申文辉.广西发展速丰林三大效益显著[J].广西林业,2008(6):29-30
- [2] 李意德,吴仲民,曾庆波,等.尖峰岭热带山地雨林生态系统碳平衡的初步研究[J].生态学报,1998,18(4):371-379
- [3] Lal R. Forest Soils and Carbon Sequestration[J]. Forest Ecology and Management,2005(220):242
- [4] 张国庆,黄从德,郭恒,等.不同密度马尾松人工林生态系统碳储量空间分布格局[J].浙江林业科技,2007,27(6):10-13
- [5] 曹碧凤.不同经营措施对毛竹材用林竹材生物量的影响[J].安徽农学通报,2011,17(19):105-107
- [6] 徐华勤,肖润林,杨知建,等.不同培肥措施对红壤茶园土壤微生物量碳的影响[J].生态学杂志,2007,26(7):1009-1013
- [7] 沙丽清,邓继武,谢克金,等.西双版纳次生林火烧前后土壤养分变化的研究[J].植物生态学报,1998,22(6):513-517
- [8] 徐德应.人类经营活动对森林土壤碳的影响[J].世界林业研究,1994(5):26-32
- [9] Johnson C E, Johnson A H, Huntington T O, et al. Whole-tree clear cutting effects on soil horizons and organic matter pools[J]. Journal of American Society of Soil Science,1991(55):497-502
- [10] 吴仲民,李意德,曾庆波,等.尖峰岭热带山地雨林C素库及皆伐影响的初步研究[J].应用生态学报,1998,9(4):341-344
- [11] 骆土寿,陈步峰,陈永富,等.海南岛霸王岭热带山地雨林采伐经营初期土壤碳氮储量[J].林业科学研究,2000,13(2):123-128
- [12] 李意德.海南岛热带山地雨林林分生物量估测方法比较分析[J].生态学报,1993,13(4):313-320
- [13] 陈永富,杨秀森.中国海南岛热带天然林可持续经营[M].北京:中国科学技术出版社,2001