

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.04.005

四川香椿人工林生物量与碳储量研究

王延茹¹, 侯广维², 彭培好¹, 林林², 杨世之², 周琼²

(1. 成都理工大学旅游与城乡规划学院, 四川 成都 610059; 2. 四川省林业干部学校, 四川 成都 610081)

摘要:探讨了不同发育阶段香椿人工林生物量和碳储量的变化规律。对四川省香椿人工林生物量和碳储量进行了调查。研究表明:3 a~24 a 生香椿乔木层生物量的变异范围为 $1.38 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 130.89 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 碳储量的变异范围为 $0.68 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 64.62 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 1 a~20 a 生香椿生物量和碳储量动态变化波动较大, 20 a 之后呈快速增长趋势, 香椿生物量和碳储量均在香椿成熟期达到最大; 模拟构建了香椿的树高、胸径和单株立木生物量模型(X 表示年龄): $H = -0.26X^2 + 1.4338X + 0.80936$, $D = 0.01057X^2 + 1.5977X - 0.06318$, $W = 0.00315X^2 - 0.03525X + 0.09871$, 其拟合相关系数分别为 0.8313、0.9788、0.9971。香椿生物量和碳储量动态变化过程划分了 3 个阶段, 1 a~10 a 为香椿幼龄林生物量和碳储量缓慢上升期, 11 a~20 a 为香椿中龄林生物量和碳储量中速上升期, 21 a~30 a 为香椿成熟林生物量和碳储量快速上升期; 本文还为香椿人工林碳汇功能提出了合理的林分密度, 香椿幼龄期按照初植密度 $1666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植, 香椿速生期抚育间伐密度保存在 $405 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 香椿成熟期抚育间伐密度保存在 $240 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为宜。该研究为香椿人工林群落碳汇功能与林分经营管理提供基础资料。

关键词: 香椿人工林; 生物量; 碳储量; 林分密度

中图分类号: S718.55 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2016)04-0024-04

Research on the Carbon Storage and Biomass of *Toona sinensis* Plantations in Sichuan

WANG Yan-ru¹ HOU Guan-gwei² PENG Pei-hao¹ LIN Lin²
YANG Shi-zhi² ZHOU Qiong²

(1 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2 Sichuan Forestry Cadre School, Chengdu 610081, China)

Abstract: To know the changes of different developmental stages of plantation biomass and carbon storage of *Toona sinensis* in Sichuan Province, investigations were made on the biomass and carbon stock of artificial toona forest. The results showed that 3 years~24 years old Chinese toona tree layer biomass variation range varied from 1.38 per hectare to 130.89 per hectare, the variation range of carbon storage was from 0.68 per hectare to 64.62 per hectare, the biological amount and carbon storage dynamics change fluctuations of 1 year~20 years old toona trees were larger, 20 years old toona trees had a trend of rapid growth, the biomass and carbon storage reached the maximum in the mature period of *Toona sinensis*; Simulation was done to build Chinese toona tree height, DBH and individual tree biomass model (X as age): $H = -0.26X^2 + 1.4338X + 0.80936$, $D = 0.01057X^2 + 1.5977X - 0.06318$, $W = 0.00315X^2 + 0.03525X + 0.09871$, and their fitting correlation coefficients respectively 0.8313, 0.9788 and 0.9971. *Toona sinensis* biomass and carbon storage dynamics change process were divided into three stages. At the age of 1 to 10 *Toona sinensis* juvenile forest' biomass and carbon stock slowly rose, at the age of 11 to 20 forest biological

收稿日期: 2016-06-01

基金项目: 2015 年地方标准修订, 四川省质量技术监督局资助。

作者简介: 王延茹 (1991-), 女, 在读研究生, 专业自然地理学。

amount and carbon storage was in a medium speed rise, at the age of 21 to 30, mature forest biomass and carbon storage was in the period of rapid rise. Therefore, this paper put forward reasonable stand density carbon sink function of *Toona sinensis* plantation, *Toona sinensis* in the juvenile stage in accordance with the initial planting density of 1 666 trees per hectare should be cultivated, at the toona fast-growing stage the thinning density should concerned at 405 trees per hectare, in *Toona sinensis* mature period, the thinning density preservation at 240 trees per hectare was appropriate, aiming to provide the basis for the data analysis of the research for the function of carbon sequestration and forest plantations community management.

Key words: *Toona sinensis* Plantation, Biomass, Carbon Storage, Stand Density

香椿 [*Toona sinensis* (Juss.) Roem.] 为楝科 (Meliaceae) 香椿属 (*Toona* Roem) 多年生落叶乔木, 是我国南方优良速生丰产用材树种之一。香椿在四川主要分布在海拔 1500m 以下的山地和广大平原地区, 在四川盆周山地最高海拔可达 2 000 m。目前对香椿栽培管理技术^[1~3]、生物生态学特性^[4~6]、化学成分^[7~9]和生长规律^[10~11]的研究报道较多, 但对香椿人工林的生物量与碳储量研究的报道甚少^[12]。本文以四川地区香椿人工林为研究对象, 探讨不同发育阶段香椿人工林生物量与碳储量。为香椿人工林群落碳汇功能与林分经营管理的研究提供依据。

1 研究区自然概况

研究区选择有代表性的四川盆周山地和西南山地的彭州市、崇州市、峨眉山市、芦山县、南江县、平昌县、西昌市香椿人工林栽培区, 各香椿栽培区的自然条件如表 1 所示。

表 1 香椿栽培区自然概况

产地	海拔 (m)	年平均日照时数 (h)	年均气温 (°C)	年均降水量 (mm)	无霜期 (d)
彭州市	848	1455	15.8	980	277
崇州市	820	1200	15.9	1012	285
峨眉山市	651	1161.5	17.1	1521	310
芦山县	788	926	15.2	1660	284.5
平昌县	850	949	16.7	1138.2	297
南江县	675	1508.7	16.2	1160	259
西昌市	1511	2418.8	17	1039.3	274

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

选取样地为人工造林地, 结合当地退耕造林记录和计数样芯年轮确定样地林龄。选择林龄为 3 a ~ 24 a 的林地, 密度为 25 株 · hm⁻² ~ 14 200 株 · hm⁻² 的林分中设置了 14 个 20m × 20m 的标准地, 两

个 10 m × 10 m 的样地, 两个 5 m × 10 m 的样地, 对样地内香椿进行每木检尺, 实测 2717 株香椿的胸径、树高等生长指标。

2.2 生物量估算

利用材积 - 生物量法测定香椿乔木层现存立木生物量, 并根据香椿立木材积公式^[13~15]计算单株材积, 然后依据生物量公式 $W = aV^b$ ($a = 2.1529, b = 0.6085$)^[16] 计算出生物量与材积间的转换系数 0.57^[17~19], 进而求得各样地香椿人工林生物量。

2.3 碳储量的估算

森林立木碳储量为森林立木生物量乘以转换系数进行估算, 本文采用转换系数 0.4937^[16~19] 来计算香椿人工林立木碳储量。

2.4 森林生物量和碳储量预测

根据树龄、树高、胸径等参数模拟构建香椿单株立木生物量模型 (X 表示年龄) $W = 0.00315X^2 - 0.03525X + 0.09871$, 预测各阶段香椿人工林生物量和碳储量。

3 结果与分析

3.1 香椿人工林乔木层生物量

对四川省香椿人工林乔木层生物量进行分析 (表 2 与图 1), 结果表明: 3 a ~ 24 a 香椿乔木层生物量的变异范围为 1.38 t · hm⁻² ~ 130.89 t · hm⁻², 动态变化差异大。18 个样地中生物量平均值为 40.48 t · hm⁻², 其中生物量超过 100 t · hm⁻² 的样地仅有 3 个, 分别是位于西昌城区老街亭的 7 a 生香椿人工林、南江县蒲家河景田村的 24 a 生香椿人工林和南江县沙河镇周山村的 8 a 生香椿人工林, 乔木层生物量依次为 102.28 t · hm⁻²、105.77 t · hm⁻²、130.89 t · hm⁻², 生物量小于 10 t · hm⁻² 的样地也有 3 个, 分别是位于芦山县龙门乡季家坝的 3 a 生香椿人工林、彭州市通济镇大坪村的 8 a 生香

椿人工林和峨眉山市杨河国河坪的 17 a 生香椿人工林,乔木层生物量依次为 $1.38 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $2.72 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,西昌市和南江县香椿生产潜力较大。由于香椿所处的地理环境差异、香椿自身的生物学和生态学特性及其它因素影响导致香椿生长状况有所不同,1 a~20 a 香椿生物量动态变化波动较大,20 a 之后香椿生物量呈快速增长趋势,香椿的数量成熟期在 20 a 之后,香椿生物量在 20 a 之后达到最大。香椿在地理环境相同的地区,林龄、树木胸径、林分密度是影响生物量最大的因素。

3.2 香椿人工林碳储量

森林碳储量是以森林生物量为载体,林分立木

生物量的高低直接反映了森林碳储量的多寡,所以根据林木含碳量即林分生物量,可估算出整个森林碳储量^[20]。对四川省香椿人工林乔木层生物量进行分析(表 2 与图 1),结果表明:3 a~24 a 香椿人工林碳储量的变异范围为 $0.68 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ~ $64.62 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,18 个样地中南江县沙河镇周山村 8 a 生香椿碳储量最大为 $64.62 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,芦山县龙门乡季家坝 3a 生香椿碳储量最小为 $0.68 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,平均香椿碳储量为 $19.99 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。随着林龄的增大,香椿固碳能力逐渐增强,香椿固碳能力在 20 a 之后达到最大。

表 2 不同林龄段香椿人工林树高、胸径、密度、蓄积量、生物量及碳储量

产地	林龄 (a)	平均树高 (m)	平均胸径 (cm)	林分密度 (株·hm ⁻²)	蓄积量 (m ³ ·hm ⁻²)	生物量 (t·hm ⁻²)	碳储量 (t·hm ⁻²)
芦山县龙门乡季家坝	3	9.3	8.3	800	2.43	1.38	0.68
芦山县龙门乡季家坝	3	8.2	7.0	2425	31.72	18.08	8.93
崇州市文井江镇	5	5.4	7.7	4125	104.14	59.36	29.31
芦山县赵家坝古路岗	6	6.0	5.3	10500	79.11	14.83	7.32
西昌城区天喜农业	6	6.7	13.2	450	26.03	45.09	22.26
西昌城区老街亭	7	6.0	5.9	14200	179.44	102.28	50.50
彭州市通济镇大坪村	8	10.0	16.5	50	4.77	2.72	1.34
峨眉山市杨河消水坝	8	10.6	12.1	200	40.29	22.96	11.34
南江县沙河镇周山村	8	12.9	15.8	850	229.63	130.89	64.62
峨眉山市市川主村 1 组	9	13.1	9.9	1400	17.91	10.21	5.04
彭州市通济镇姚家村	10	17.3	21	600	54.66	31.16	15.38
峨眉山市罗日镇刘村	10	10.1	11.3	1150	60.61	34.55	17.06
平昌县灵山镇东王庙	10	16.4	13.3	1600	104.40	59.51	29.38
芦山县龙门乡老鸦鱼	12	13.0	22.3	100	20.52	11.70	5.77
彭州市通济镇岩高村	16	15.3	29.3	150	74.37	42.39	20.93
峨眉山市杨河国河坪	17	21.0	26.6	25	7.81	4.45	2.20
彭州市通济镇春芽村	20	20.0	37.5	75	55.00	31.35	15.48
南江县蒲家河景田村	24	19.0	49.2	125	185.57	105.77	52.22
平均值	10	12.2	17.3	2157	71.02	40.48	19.99

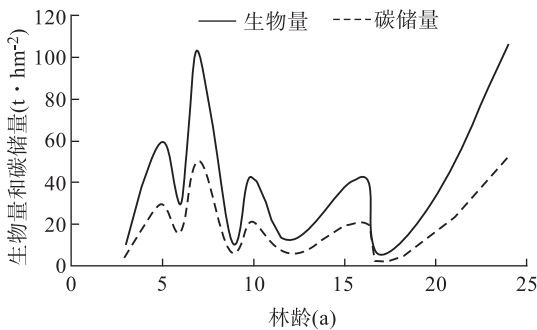


图 1 四川香椿人工林生物量和碳储量动态变化曲线

3.3 香椿林分生物量与碳储量预测

根据树龄、树高、胸径等参数模拟构建香椿树高、胸径、单株立木生物量模型(X 表示年龄): $H = -0.26X^2 + 1.4338X + 0.80936$, $D = 0.01057X^2 + 1.5977X - 0.06318$, $W = 0.00315X^2 - 0.03525X + 0.09871$,其拟合相关系数分别为 0.8313、0.9788、

0.9971,预测各阶段香椿人工林生物量和碳储量。香椿幼龄期,按照初植密度 $1666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植,10 a 生香椿林生物量可达 $75.68 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,森林碳储量可达 $37.08 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,香椿速生期,抚育间伐密度保存在 $405 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$,20 a 生香椿林生物量可达 $118.39 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,森林碳储量可达 $58.01 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,香椿成熟期,成熟林间伐保存在 $240 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为宜,30 a 生香椿林生物量可达 $219.58 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,森林碳储量可达 $107.59 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ (表 3)。

表 3 不同密度香椿人工林预测树高、胸径、生物量与碳储量变化

林龄 (a)	密度 (株·hm ⁻²)	预测树高 (m)	预测胸径 (cm)	生物量 (t·hm ⁻²)	碳储量 (t·hm ⁻²)
10	1666	12.5	17.0	75.68	37.08
20	405	19.1	36.1	118.39	58.01
30	240	20.4	57.4	219.56	107.59

对香椿生物量和碳储量动态过程进行分析(图2),结果表明:1 a~10 a为香椿幼龄林生物量和碳储量缓慢上升期,11 a~20 a为香椿中龄林生物量和碳储量中速上升期,21 a~30 a为香椿成熟林生物量和碳储量快速上升期。在同一地区香椿生物量和碳储量均呈波动上升趋势,香椿间伐时期发生明显变化,香椿生物量和碳储量均在香椿成熟期达到最大。

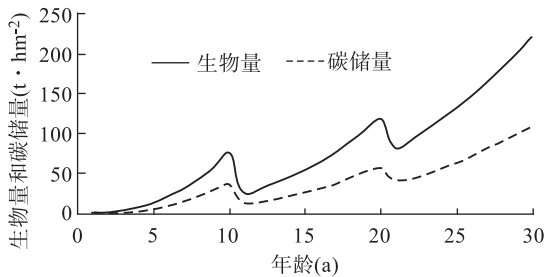


图2 香椿生物量和碳储量动态变化曲线

4 结论与讨论

由于香椿所处的地理环境产生气候差异、香椿自身的生态学特性及其它因素影响导致香椿生长状况有所不同。1 a~20 a香椿生物量和碳储量动态变化波动较大,20 a之后呈快速增长趋势。在同一地区香椿生物量和碳储量均呈波动上升趋势,香椿林分经间伐后发生明显变化,香椿生物量和碳储量均在香椿成熟期达到最大。1 a~10 a为香椿幼龄林生物量和碳储量缓慢上升期,11 a~20 a为香椿中龄林生物量和碳储量中速上升期,21 a~30 a为香椿成熟林生物量和碳储量快速上升期。

林分密度对香椿林生物量及碳储量有较大影响,合理控制林分经营密度就成为森林培育的重要技术管理调控措施。香椿幼龄期,按照初植密度1 666株·hm⁻²种植,香椿速生期,抚育间伐密度保存在405株·hm⁻²,香椿成熟期,成熟林间伐保存在240株·hm⁻²为宜,控制适合的林分密度可以较快获得较高的林分总生物量与碳储量。

在不同林龄下,香椿生物量模型 $W = 0.00315X^2 - 0.03525X + 0.09871$ 能模拟乔木层生物量大小变化,但不能直接反应香椿各器官生物量的大小关系及分配格局。

四川省具有广阔的发展香椿人工林前景,川西

南山地与盆周山地的香椿生物量和碳储量生产力大,川西南山地具有大面积的宜林荒山且发展潜力巨大,可以营造香椿混交林来增加森林生物量和碳储量改善当地生态环境,以达到绿化全川的目标。

参考文献:

- [1] 王寿红. 香椿栽培管理技术[J]. 云南农业, 2011(4): 36~37.
- [2] 黄大勇, 周全连. 石灰岩山区香椿栽培技术[J]. 林业科技开发, 2006, 20(2): 61~63.
- [3] 尹庆珍, 谷成铜, 张立永, 等. 太行山区香椿矮化密植修剪整形技术的研究[J]. 中国农学通报, 2012, (28)7: 238~242.
- [4] 彭方仁, 梁有旺. 香椿的生物学特性及开发利用前景[J]. 林业科技开发, 2005, 19(3): 3~6.
- [5] 杨玉珍, 彭方仁, 岑显超, 等. 干旱胁迫下不同种源香椿苗木的生理生化变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(1): 24~28.
- [6] 吴玉洲, 张新权, 李社辉, 等. 香椿生物学特性及育苗技术[J]. 北方园艺, 2012, (15): 57~58.
- [7] 王昌禄, 江慎华, 陈志强, 等. 香椿老叶总黄酮提取工艺及其抗氧化活性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, (30)4: 28~33.
- [8] 陈玉丽, 阮志鹏, 林丽珊, 等. 香椿的化学成分及药理作用研究进展[J]. 长治医学院学报, 2008, 22(4): 315~317.
- [9] 陈刚, 杨玉珍, 马晓. 香椿化学成分与保健功能研究进展[J]. 北方园艺, 2013, (20): 189~192.
- [10] 贾晨, 侯盛昌, 辜云杰, 等. 蓬溪县乔木型香椿人工林生长特性研究[J]. 四川林业科技, 2015, 36(2): 108~112.
- [11] 张友元, 夏玉芳, 黎磊, 等. 香椿生长规律初步研究[J]. 山地农业生物学报, 2008, 27(5): 393~397.
- [12] 梁有旺, 彭方仁, 陈德平. 不同种源香椿苗期生长差异比较[J]. 林业科技开发, 2007, (21)2: 38~41.
- [13] 周桂香, 朱琴, 陈厚仁, 等. 四川盆地香椿生长过程及速生丰产林栽培区的划分[J]. 四川林业科技, 2010, 31(4): 48~52.
- [14] 管磊, 周桂香, 朱琴, 等. 四川盆地香椿生长规律初步研究[J]. 四川林业科技, 2011, 32(2): 100~103.
- [15] 王延茹, 侯广维, 彭培好, 等. 四川香椿生长特性及栽培分区研究[J]. 四川林业科技, 2016, 37(2): 66~71.
- [16] 唐霄. 四川森林植被碳储量估算及其空间分布特征[D]. 四川农业大学, 2007.
- [17] 黄从德. 四川森林生态系统碳储量及其空间分异特征[D]. 四川农业大学, 2008.
- [18] 罗云建, 张小全, 王效科, 等. 森林生物量的估算方法及其研究进展[J]. 林业科学, 2009, 45(8): 129~134.
- [19] 罗云建, 王效科, 张小全, 等. 中国森林生态系统生物量及其分配研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013: 86~93.
- [20] 刘贤安, 彭培好, 王莉, 等. 不同林分密度下柳杉人工林立木生物量与碳储量研究[J]. 林业科技, 2013, 38(1): 31~34.