

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.06.001

不同林分密度对巨桉养分空间分配及积累研究

王 丽, 龙汉利, 郭洪英, 辜云杰, 肖兴翠, 盛玉珍
(四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

摘要:选择立地条件相似、生长良好的5a生巨桉人工林为研究对象,通过设置556株·hm⁻²和1667株·hm⁻²两种不同的林分密度,对其主要营养元素含量、分配及生物量分配进行了研究。结果表明:①两种不同林分密度巨桉单株营养元素含量在不同器官的分配规律基本一致,均为树叶>树干>大枝或小枝>果实>树皮;②从营养元素和有机质在树干的分配来看,两种密度巨桉人工林P、K、Mg和Ca变化趋势相同,基本随着树干高度增加而增加,有机C在556株·hm⁻²样地随着树干高度增加而逐渐增加,而1667株·hm⁻²样地则是逐渐减小,N在556株·hm⁻²样地为随着树干高度增加而逐渐增加的趋势,1667株·hm⁻²样地的变化趋势为先增加后降低再增加的趋势;③从两种密度巨桉生物量的分配看,生物量分配为树干>树皮或大枝>小枝>叶>果实;④两种密度巨桉人工林营养元素积累量均表现一致规律,均为Ca最多,分别为601.78 kg·hm⁻²和1204.43 kg·hm⁻²,其次为N、K、Mg和P积累最低。

关键词:巨桉;林分密度;养分;分配

中图分类号:S722.3 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2016)06-0001-05

A Study of the Distribution and Accumulation of Major Nutrient Elements in Different Densities of *Eucalyptus grandis*

WANG Li LONG Han-li GUO Hong-ying GU Yun-jie
XIAO Xing-cui SHENG Yu-zheng
(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

Abstract: In this paper, studies were made of the distribution and accumulation of major elements of 5-year old *Eucalyptus grandis* forest with the densities of 556 trees per hectare and 1667 trees per hectare. The results showed that: ① The distribution of major nutrient element content in different organs of 2 kinds of densities was nearly the same. And the ranked order was leaf > tree trunk > big branch or branchlet > fruit > bark; ② From the distribution of nutrient elements and organic matter in the trunk, P, K, Mg and Ca content presented basically increasing along with the trunk height. And the organic matter content increased with the trunk height in low density stand, while the result was opposite in high density stand. At the same time, N content increased with the trunk height in low density stand, but the content in high density increased after the decrease and increased at the last. ③ From the distribution of biomass, the ranked order was tree trunk > bark or big branch > branchlet > leaf > fruit. ④ The accumulation of major nutrient element content in different organs of 2 kinds of densities was nearly same. Ca content was the highest in two kinds of plantations, followed by N, K, Mg and P content. Ca content was 601.78 kg per hectare in

收稿日期:2016-11-03

基金项目:四川省科技计划项目“林-板-家具一体化现代产业链关键技术集成研究与产业化示范”(2014NZ0033)。

作者简介:王丽(1982-)女,副研究员,主要从事森林土壤研究工作。E-mail:vengly@163.com。

low density stand and 1 204.43 kg per hectare in high density stand.

Key words: *Eucalyptus grandis*, Stand density, Nutrient elements, Distribution

巨桉(*Eucalyptus grandis*)属桃金娘科,桉属优良速生用材树种,原产于澳大利亚,具有生长快、干形好、经济效益高等特点,为四川省主要桉树树种之一^[1]。目前四川已经栽植巨桉人工林超过 2 万 hm^2 ,是低山丘陵区退耕还林的主要树种之一,为本省纤维产业的发展做出了积极贡献。林木养分的积累与分配是养分元素生物循环的重要环节,是研究森林生态系统物质和能量的基础,研究养分在各器官的含量差异将为林木的施肥管理、集约化栽培提供科学的指导^[2]。生物量作为森林生态系统的特征数据,对于评价人工林生态系统生产力与环境因子之间的关系具有重要的科学价值^[3]。目前关于巨桉人工林生态系统的研究国外研究较多,国内研究较少,相关的研究主要集中在土壤生物群落、养分循环、施肥抚育等方面^[2,4~10]。本研究对不同密度

的 5a 生巨桉人工林主要营养元素的含量、分配、积累以及生物量进行较系统的研究,以揭示巨桉人工林生长过程中营养元素的积累特点和变化趋势,这将为确定合理的造林密度、施肥和防止地力衰退奠定理论基础,为四川巨桉人工林的科学化管理和发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在四川省成都市双流县合江镇丹景山村,海拔 600 m,属亚热带季风湿润气候,全年降水丰富,光水热集中,夏季光照足,秋冬云雾多,四季分明,无霜期长。土壤以山地黄壤土为主,地表 0~40 cm 的土壤背景值见表 1。

表 1 桉树人工林土壤养分含量均值和土壤综合肥力

林分	pH	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 N ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 P ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 K ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解 N ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效 P ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效 K ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	综合肥力系数 (P)
1	6.77	7.27	0.80	0.73	20.30	46.46	75.45	67.49	1.96
2	6.69	9.05	0.92	0.98	24.55	53.02	46.57	111.36	2.26

巨桉人工林于 2008 年秋季造林,造林前进行炼山处理,全垦整地,沿等高线种植。1 号样地造林株行距为 3 m × 6 m,2 号样地林株行距为 2 m × 3 m。林木生长状况详见表 2。

表 2 巨桉人工林生长状况

样地号	林分密度(株· hm^{-2})	树高 H(m)	胸径 D(cm)
1	1667	16.35 ± 1.32	10.72 ± 4.6
2	556	17.5 ± 0.87	15.40 ± 3.6

1.2 研究方法

1.2.1 试验地设置及林分生物量测定

于 2014 年 4 月选择立地条件一致的林分,分别在不同林分密度的巨桉人工林内设置 3 个面积为 20 m × 20 m 的标准样地,对标准地内林木进行每木尺检,测定各样株的胸径、树高、枝下高。在每块标准地内选取 1 株代表林分生长状况的平均木,伐倒后地上部分采用分层切割法,分别测定干材、干皮、树枝、树叶和果实等各个器官的鲜重,其中干材采取 2 m 一段,分段测定。

1.2.2 林木样品营养元素分析

样品采集后经粉碎过筛待测。采用浓 H_2SO_4 -

HClO_4 消化法消煮后,分别采用如下方法测定 N、P、K 含量:N 用氨气敏电极法测定,P 用钼锑抗比色法测定,K 用火焰光度计法测定;Ca 和 Mg 含量采用 HClO_4 - HNO_3 消化法消煮,然后用原子吸收光谱法测定,分析结果均为 3 次测定结果的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同林分密度巨桉主要营养元素含量

由表 3 可以看出,556 株· hm^{-2} 样地的有机碳含量以叶含量最高,树皮含量最低,依次为叶 > 树干 > 小枝 > 果 > 大枝 > 皮;N 含量以叶片最高,树干最低,依次为叶 > 果 > 皮 > 小枝 > 大枝 > 树干;P 元素含量以果实最高,树干最低,依次为果 > 皮 > 小枝 > 叶 > 大枝 > 树干;K 含量以果实最高,树干最低,依次为果 > 叶 > 小枝 = 大枝 > 皮 > 树干;Ca 含量以树皮含量为最高,树干最低,依次为皮 > 叶 > 果 > 小枝 = 大枝 > 树干;Mg 含量以树皮含量最高,树干最低,依次为皮 > 叶 > 果 > 小枝 > 大枝 > 树干。

1 667 株· hm^{-2} 样地的有机碳含量树叶为最高,树皮最低,依次为叶 > 树干 > 大枝 > 小枝 > 果 >

皮;N 含量以树叶最高,树干最低,依次为叶 > 果 > 根 > 小枝 > 皮 > 大枝 > 树干;P 元素含量以果实最高,树干最低,依次为果 > 大枝 > 小枝 > 叶 > 皮 > 树干;K 含量以果实最高,树干最低,依次为果 > 大枝

> 叶 > 小枝 > 皮 > 树干;Ca 含量以树叶最高,树干最低,依次为叶 > 大枝 > 小枝 > 果 > 皮 > 树干;Mg 含量以树叶最高,树干最低,依次为叶 > 果 > 皮 > 大枝 > 小枝 > 树干。

表 3 不同林分密度巨桉主要营养元素分配

样地号	器官	营养元素(g · kg ⁻¹)						
		有机碳	N	P	K	Ca	Mg	合计
556 株 · hm ⁻²	叶	562.9	18.35	1.19	5.33	12.23	2.63	602.63
	果	530.4	9.52	1.92	9.61	7.51	1.8	560.76
	皮	477.7	3.94	1.51	3.51	12.81	3.54	503.01
	小枝	550.3	3.99	1.33	4.51	9.65	0.87	570.65
	大枝	518.7	3.07	0.77	4.51	4.22	0.83	532.10
	树干	559.53	1.61	0.15	1.30	0.93	0.22	563.74
1667 株 · hm ⁻²	叶	580.30	16.64	1.02	4.73	13.67	2.21	580.30
	果	521.40	9.92	1.98	8.70	7.45	1.78	521.40
	皮	519.40	3.91	0.33	1.73	4.68	1.61	519.40
	小枝	537.10	5.72	1.66	4.52	9.60	0.93	537.10
	大枝	558.30	5.84	1.69	4.76	9.71	0.98	558.30
	树干	566.19	1.82	0.21	0.97	0.74	0.26	566.19

不同林分密度对各器官养分元素含量影响差异不显著,基本相同。从营养元素含量看,均是 N > K 或 Ca > Mg > P,这与尾叶桉人工林营养元素含量结果基本一致^[11]。由于各营养器官的生理功能的不同,对营养元素吸收也不同,其中作为同化器官的叶和贮藏器官的果实含量相对较高,而树干、树皮生理功能相对较弱,各种营养元素含量多数也较低。其中叶片有机碳、N、Ca、Mg 最高,果实 K 和 P 最高,树干中各种营养元素含量基本最低。按营养元素含量大小排序大致是树叶 > 树干 > 大枝或小枝 > 果实 > 树皮。

2.2 不同林分密度巨桉树干养分元素含量

干材采取 2 m 一段,分段测定各营养元素,结果如图 1~6 所示。

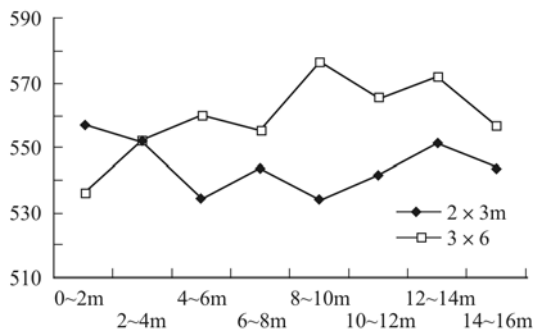


图 1 巨桉树干不同区段有机质含量变化

由图 1 至图 6 可知不同林分密度树干区段各养分含量影响趋势不完全相同。有机碳含量变化趋势差异显著,556 株 · hm⁻²样地随着树干高度增加而逐渐增加,而 1 667 株 · hm⁻²样地则是逐渐减小。

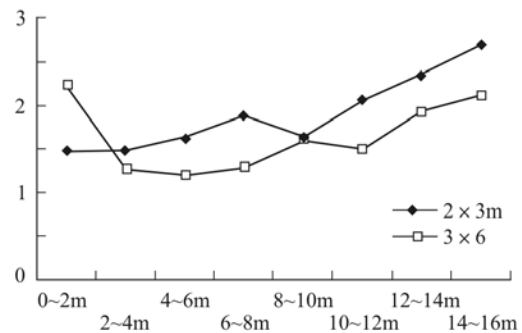


图 2 巨桉树干不同区段 N 含量变化

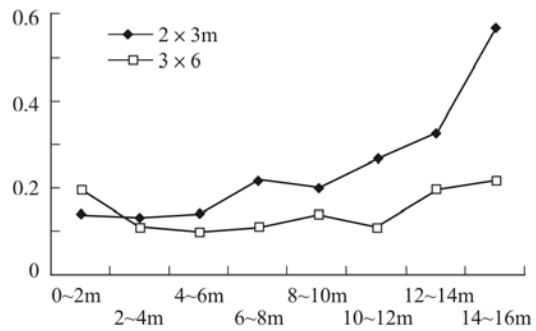


图 3 巨桉树干不同区段 P 含量变化

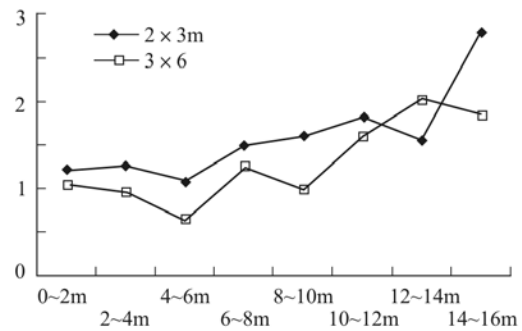


图 4 巨桉树干不同区段 K 含量变化

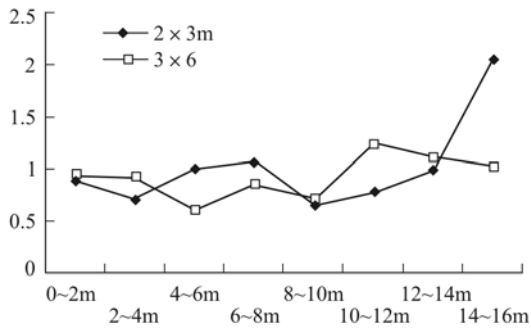


图5 巨桧树干不同区段Ca含量变化

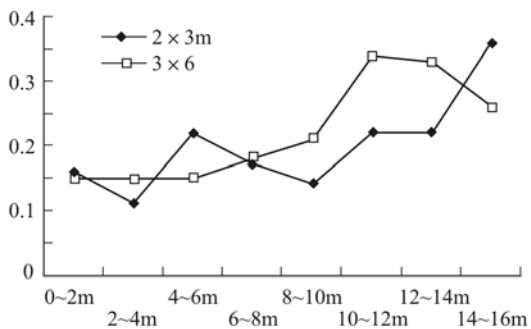


图6 巨桧树干不同区段Mg含量变化

两种密度桧树林 P、K、Mg 变化趋势相同,基本随着树干高度增加而增加。N 元素两种林分密度的含量变化趋势不同,556 株·hm⁻²样地为随着树干高度增加而逐渐增加的趋势,1 667株·hm⁻²样地的变化趋势为先增加后降低再增加的趋势,高峰值在 0~2 m 段。Ca 元素在两种密度分布的趋势基本为随树干高度增加波动较大,556 株·hm⁻²样地的高峰段在 8 m~14 m 段,1 667株·hm⁻²样地的变高峰段在 6~8 m 和 14~16 m 段。

2.3 不同密度巨桧树林不同器官生物量分配

表 4 为不同林分密度巨桧不同器官的生物量。从图可以看出,林分密度对桧树单株生物量及其分

配的影响显著,556 株·hm⁻²样地林分密度巨桧全株鲜为 156.83 kg,其中树干鲜重达到 119.02 kg,占全株的 75.89%,其次为树皮 18.9 kg,占全株 12.05%,果实鲜重最低为 0.25 kg,占全株 0.16%。生物量分配为树干>树皮>大枝>果实>小枝>叶。

1 667株·hm⁻²样地林分密度的巨桧全株鲜重达到 484.02 kg,其中树干 265.18 kg,占全株的 54.79%,其次为大枝 91.27 kg,占全株 18.86%,果实鲜重最低为 18.84 kg,占全株 3.89%。生物量分配为树干>树皮或大枝>小枝>叶>果实。

556 株·hm⁻²样地林分密度的巨桧单株生物量为 156.83 kg,仅为1 667株·hm⁻²样地林分密度的巨桧单株生物量的 32.40%。差异主要来自树木生长空间的不同。

表 4 不同林分密度巨桧不同器官生物量

林分密度	器官	湿重(kg)	占比(%)
556 株·hm ⁻²	叶	7.65	4.88
	果	0.25	0.16
	树皮	18.9	12.05
	小枝	3.86	2.46
	大枝	7.15	4.56
	树干	119.02	75.89
	合计	156.83	100.00
1 667 株·hm ⁻²	叶	26.82	5.54
	果	18.84	3.89
	树皮	42.46	8.77
	小枝	39.45	8.15
	大枝	91.27	18.86
	树干	265.18	54.79
	合计	484.02	100.00

2.4 不同林分密度巨桧营养元素积累与分配

根据 2.1 中单株元素含量和 2.3 单株生产量和栽培密度,可以计算出不同林龄巨桧人工林 6 种营养元素积累总量,结果见表 5 所示。

表 5 巨桧人工林营养元素积累与分配

密度	器官	有机质与营养元素(kg·hm ⁻²)							小计	合计
		有机质	N	P	K	Ca	Mg			
556 株·hm ⁻²	5025.32	163.82	10.62	47.58	109.19	23.48	354.70	5380.02		
	果	154.74	2.78	0.56	2.80	2.19	0.53	8.86	163.60	
	树皮	10536.29	86.90	33.31	77.42	282.54	78.08	558.24	11094.54	
	小枝	2478.89	17.97	5.99	20.32	43.47	3.92	91.67	2570.56	
	大枝	4328.06	25.62	6.42	37.63	35.21	6.93	111.81	4439.87	
	树干	77716.67	223.62	20.83	180.57	129.17	30.56	584.75	78301.42	
合计	100239.98	520.71	77.74	366.32	601.78	143.49	1710.04	101950.01		
1 667 株·hm ⁻²	8650.79	248.06	15.21	70.51	203.78	32.95	570.51	9221.30		
	果	5460.05	103.88	20.73	91.11	78.02	18.64	312.38	5772.43	
	树皮	12258.19	92.28	7.79	40.83	110.45	38.00	289.34	12547.54	
	小枝	11777.33	125.43	36.40	99.11	210.51	20.39	491.84	12269.16	
	大枝	28323.07	296.27	85.74	241.48	492.60	49.72	1165.80	29488.86	
	树干	83454.08	268.26	30.95	142.97	109.07	38.32	589.58	84043.66	
合计	149923.51	1134.17	196.82	686.01	1204.43	198.01	3419.45	153342.95		

从表 5 可以看出,两种密度巨桉人工林有机质、N、P、K、Ca、Mg 等 6 种成分总含量分别为 101 950.01 kg·hm⁻²和 153 342.95 kg·hm⁻²,可以看出密度与生物量不成正比,适宜的密度才能得到最高的生物量。

由于不同密度巨桉人工林各器官的生物量不同,各器官营养元素含量差别又比较大。因此,不同林分密度各器官营养元素积累量及其分配存在较大的差异。556 株·hm⁻²样地营养元素积累树干最大,果实最小,依次为树干>树皮>叶>大枝>小枝>果实;1 667 株·hm⁻²样地生巨桉人工林营养元素积累依次为大枝>树干>叶>小枝>果实>树皮。

从不同密度对器官营养元素积累量看均表现一致规律,均为 Ca 最多,分别为 601.78 kg·hm⁻²和 1 204.43 kg·hm⁻²,其次为 N、K、Mg、P 积累最低。

3 结果与讨论

四川双流县不同林分密度巨桉人工林不同营养元素的含量、积累及生物量因器官和林分密度不同而存在差异。

(1) 不同林分密度对各器官养分元素含量影响差异不显著,基本相同。从营养元素含量看,均是 N>K 或 Ca>Mg>P。其中叶片有机 C、N、Ca、Mg 最高,果实 K 和 P 最高,树干中各种营养元素含量基本最低。按营养元素含量大小排序大致是树叶>树干>大枝或小枝>果实>树皮。

(2) 从营养元素和有机质在树干的分配来看,两种密度桉树林 P、K、Mg、Ca 变化趋势相同,基本随着树干高度增加而增加,有机 C 在 556 株·hm⁻²样地随着树干高度增加而逐渐增加,而 1 667 株·hm⁻²样地则是逐渐减小,N 在 556 株·hm⁻²样地为随着树干高度增加而逐渐增加的趋势,1 667 株·hm⁻²样地的变化趋势为先增加后降低再增加的趋势;

(3) 从两种密度巨桉生物量的分配看,生物量分配为树干>树皮或大枝>小枝>叶>果实。其中 1 667 株·hm⁻²样地单株生物量鲜重为 484.02 kg,556 株·hm⁻²样地单株生物量鲜重为 156.83 kg,仅为 1 667 株·hm⁻²样地 32.40%,差异主要来自树木

生长空间的不同。

(4) 不同林分密度各器官营养元素积累量及其分配存在较大的差异。556 株·hm⁻²样地营养元素积累树干最大,果实最小,依次为树干>树皮>叶>大枝>小枝>果实;1 667 株·hm⁻²样地生巨桉人工林营养元素积累依次为大枝>树干>叶>小枝>果实>树皮。从不同密度对器官营养元素积累量看均表现一致规律,均为 Ca 最多,其次为 N、K、Mg、P 积累最低。

巨桉人工林对 N 需求量特别大,556 株·hm⁻²样地为 520.71 kg·hm⁻²,1 667 株·hm⁻²样地为 1 134.17 kg·hm⁻²,因此在人工经营时,通过外部输入养分,尤其是 N 肥的输入,尤为关键。两种密度巨桉人工林有机质、N、P、K、Ca、Mg 等 6 种成分总含量分别为 101 950.01 kg·hm⁻²和 153 342.95 kg·hm⁻²,可以看出密度与生物量不成正比,适宜的密度才能得到最高的生物量。

参考文献:

- [1] 冯茂松,张健,杨万勤.巨桉人工林叶片养分交互效应[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1160~1169.
- [2] 谢贤键.短轮伐期巨桉人工林地上部分生物量与生产力 and 主要养分元素积累与分配研究[D].四川农业大学,2005.
- [3] 李志辉,陈少雄,谢耀坚,等.林分密度对尾巨桉生物量及生产力的影响[J].中南林业科技大学学报,2008,28(4):49~54.
- [4] Praad K G, et al. Indian Forester, 1988, 114(8):453~459.
- [5] Zohaw Y. Outh African Journal, 1989(149):54~57.
- [6] 谢贤键,张健,冯茂松.巨桉主要营养元素积累与分布研究[J].四川林业科技,2005,26(2):1~6.
- [7] 黄玉梅,张健,杨万勤.巨桉人工林土壤动物群落结构特征[J].生态学报,2006,26(8):2502~2509.
- [8] 陈礼清,张丹桔,张健.巨桉人工林不同林龄阶段土壤微生物多样性特征[J].2011,29(4):475~472.
- [9] 刘洋.巨桉人工林凋落物养分归还、转移及分解动态的研究[D].四川农业大学,2006.
- [10] 李晓清,胡天宇.巨桉短周期工业用材林培育技术研究[J].四川林业科技,2002,23(2):19~24.
- [11] 王东,龚伟,胡庭兴,等.施肥对巨桉幼树生长及生物固氮量的影响[J].浙江农林大学学报,2010,28(2):207~213.
- [12] 何斌,温远光,周敏毅.新栽培区尾叶桉人工林营养元素积累与分配特征[J].中南林业科技大学学报,2008,28(5):11~15.