

不同幼龄巨桉生物量及主要营养元素分配

龙汉利 郭洪英 辜云杰

(四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

摘要:通过对四川双流县4a和5a生巨桉人工林的主要营养元素含量和分配及生物量分配的研究,结果表明:巨桉4a巨桉标准木全株鲜重达到311.24 kg,5a巨桉标准木全株鲜重达到484.02 kg,从两种林龄巨桉生物量的分配看,均为树干>树皮或大枝>小枝>叶>果实;两种林龄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>果实>大枝或小枝>树皮>树干;从营养元素和有机质在树干的分配来看,N、P、K、Mg含量基本呈现随着树干高度而增加,有机质含量树干中部最高,树干越高有机质含量越低,Ca含量树干基部最高,中部最低;从巨桉人工林营养元素积累与分配看,两种林龄巨桉人工林营养元素积累量均表现一致规律,均为N最多,其中4a生N含量积累为637.32 kg·ha⁻²,5a生N含量积累为1134.17 kg·ha⁻²,其次为Ca、K、Mg,P积累最低。

关键词:巨桉;生物量;营养元素;积累与分配

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)02-0015-05

Distribution of the Biomass and Main Nutrient Elements of Different Young Plantations of *Eucalyptus grandis*

LONG Han-li GUO Hong-ying GU Yun-jie

(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Studies were made of the distribution of main nutrient elements and biomass of the young *Eucalyptus grandis* plantation in Shuangliu county in Sichuan province. The results showed that the whole plant fresh weight of the 4-year-old *Eucalyptus grandis* standard wood was 311.24 kg, while the 5-year-old was 484.02 kg. The ranked order of the biomass distribution of two kinds of *Eucalyptus grandis* plantation was trunk > bark or big branch > branchlet > leaf > fruit. The distribution regularity of nutrient element content in different organs of the two kinds of *Eucalyptus grandis* plantations. And its ranked order was leaf > fruit > big branch or branchlet > bark > tree trunk. From the perspective of nutrients and organic matter distribution in the trunk, N, P, K, Mg content presented basically increasing with the trunk height. Organic matter content was the highest in central trunk, while organic matter content of the trunk decreased when the tree height increased. The Ca content in stem base was the highest and the lowest in central trunk. From the aspects of *Eucalyptus grandis* plantation nutrient accumulation and distribution, the nutrient element accumulation of two kinds of *Eucalyptus grandis* plantation was proved to be consistent. N accumulation was the highest in the two kinds of plantations, followed by the Ca, K, Mg, P. N content accumulation of four years old *Eucalyptus grandis* plantation was 637.32 kg·hm⁻², while the five years old *Eucalyptus grandis* plantation was 1134.17 kg·hm⁻².

Key words: *Eucalyptus grandis* biomass, nutrient element accumulation and distribution

收稿日期: 2014-12-33

基金项目: 省级财政专项自列项目“速生用材林复层林经营技术研究”(ZL2014-13)。

作者简介: 龙汉利(1959-), 四川广安人, 研究员, 主要从事森林培育工作。

巨桉(*Eucalyptus grandis*)为桃金娘科(Myrtaceae)桉树属(*Eucalyptus*)双萼盖亚属横脉组柳桉系树种,自然分布于澳大利亚东部沿海地带,位于南纬 $16^{\circ}\sim 33^{\circ}$ 之间,主要集中于南纬 $25^{\circ}\sim 33^{\circ}$,垂直分布一般在海拔600 m内,但在分布区北部的亚瑟顿高原可高达1 100 m。

我国引种巨桉始于20世纪60年代,在广东、福建、海南、广西、浙江、云南等省有零星栽植。20世纪80年代中期开展区域性试验,90年代和本世纪初进行了引种栽培区和适生范围的研究,将四川、福建、湖南、云南、江西、贵州等省作为巨桉发展的重点省。四川省于1986年首次将巨桉引种到丰都和富顺国营林场,来自澳大利亚昆士兰南部的种源总体上在当地均表现出良好的适应性和经济性状。经引种试验后,于1992年开始在盆地推广巨桉,现已营建巨桉推广示范林20万余 hm^2 ,目前巨桉已成为四川桉树的主要栽培种,主要分布在川中、川南、川东南、川西南边缘地带,主要栽培区在宜宾、泸州、乐

山、眉山、成都等市县。

目前,四川省对巨桉人工林的研究已有大量报道,但有关巨桉人工林营养特性的研究并不多。为此,本文中拟通过不同林龄巨桉人工林主要营养元素含量、积累、分配进行较系统的研究,以揭示巨桉人工林生长过程中营养元素积累特点和变化趋势,为四川省巨桉人工林的合理管理和发展提供科学依据。

1 试验地及人工林概况

1.1 试验地概况

本试验林地处于四川省成都市双流县合川镇丹景山村,海拔600m左右。土壤以山地黄壤为主,对试验地土壤进行抽样分层进行pH值、有机质、全N、全P、全K、水解N、有效P、速效K、有效Si测定,共布设4个土样点,结果见表1所示。

表1 试验地土壤养分测定结果

土壤分层 (cm)	pH值	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 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	水解N ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效P ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效Si ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0~20	4.49~6.66	8.10~20.75	0.32~1.49	0.127~0.624	6.21~25.55	36.87~113.2	2.25~27.09	28.57~236.66	65.98~177.9
20~40	4.41~7.31	11.26~16.36	0.73~1.26	0.20~0.71	10.99~26.63	66.71~102.4	3.37~17.16	37.94~346.18	61.20~252.1

1.2 人工林概况

该巨桉人工林2008年、2009年秋季造林,造林前,对林地进行炼山处理,全垦整地,沿等高线种植。样地1号为2009年造林,株行距 $3\text{ m}\times 6\text{ m}$;样地3号为2008年造林,株行距 $3\text{ m}\times 6\text{ m}$ 。造林苗木均为四川省林业科学研究院选育的巨桉优良无性系。2014年4月对2个不同年龄巨桉人工林进行胸径和树高测定,测定结果见表2所示。

表2 不同年龄巨桉人工林本地调查

样地号	林龄(a)	H(m)	DBH(cm)
1	4	16.35 ± 1.32	16.19 ± 4.40
2	5	17.50 ± 0.87	17.30 ± 3.65

2 研究方法

2.1 样地选择与林分调查

于2014年4月分别在5a、4a生的巨桉人工林选择立地条件相似且较一致林分,然后对各样地林木进行每木检尺,实测胸径、树高和枝下高。根据每木检尺结果,分别在4a、5a生的巨桉人工林样地中

选择测定生物量的林分平均木,其中4a生6株,5a生6株,将样木伐倒,地上部分采用分层切割法,分别测定各器官(干材、干皮、树枝、树叶和果实)的鲜质量,其中干材采取2 m一段,分段测定。

2.2 林木样品营养元素分析

在测定生物量的同时按不同器官即树叶、树枝、树皮、树干分别采集混合样品,经粉碎过筛后待测。样品采用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HClO}_4$ 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 $\text{HClO}_4-\text{HNO}_3$ 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。

3 结果与分析

3.1 林龄巨桉主要营养元素含量

表3为不同林龄巨桉主要营养元素分配。从表3可知,4a生巨桉有机质以叶含量最高,树皮含量最低,依次为叶>树干>大枝>果>小枝>树皮; N以叶含量最高,树干最低,依次为叶>果>小枝>树皮

>大枝>树干; P 以果最高, 树干最低, 依次为果>小枝>树皮>大枝>叶>树干; K 以果最高, 树干最低, 依次为果>小枝>叶>树皮>大枝>树干; Ca 以叶最高, 树干最低, 依次为叶>小枝>果>树皮>大枝>树干; Mg 以树叶最高, 树干最低, 依次为叶>树皮>果>大枝>小枝>树干。

表 3 不同林龄巨桉主要营养元素分配

林龄 (a)	器官	营养元素 ($g \cdot kg^{-1}$)					
		有机质	N	P	K	Ca	Mg
4	叶	583.70	17.67	0.87	5.59	13.43	2.19
	果	514.50	11.15	1.90	11.82	6.81	1.84
	树皮	446.20	3.96	1.15	3.52	4.63	1.97
	小枝	505.50	5.32	1.82	6.10	12.95	1.15
	大枝	528.90	3.17	1.02	3.05	3.18	1.43
	树干	543.81	2.20	0.22	1.28	0.85	0.23
5	叶	580.30	16.64	1.02	4.73	13.67	2.21
	果	521.40	9.92	1.98	8.70	7.45	1.78
	树皮	519.40	3.91	0.33	1.73	4.68	1.61
	小枝	537.10	5.72	1.66	4.52	9.60	0.93
	大枝	558.30	5.84	1.69	4.76	9.71	0.98
	树干	566.19	1.82	0.21	0.97	0.74	0.26

5a 生巨桉有机质以叶最高, 树皮最低, 依次为叶>树干>大枝>小枝>果>树皮; N 以叶含量最高, 树干最低, 依次为叶>果>大枝>小枝>树皮>树干; P 以果最高, 树干最低, 依次为果>大枝>小枝>叶>树皮>树干; K 以果最高, 树干最低, 依次为果>叶>大枝>小枝>树皮>树干; Ca 以叶最高, 树干最低, 依次为叶>大枝>小枝>果>树皮>树干; Mg 以叶最高, 树干最低, 依次为叶>果>树皮>大枝>小枝>树干。

分析可知: 巨桉 4a 和 5a 生各营养元素含量在不同器官的分配规律基本一致。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^[1]。

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。其中叶片有机质、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>果实>大枝或小枝>树皮>树干。

3.2 巨桉树干营养元素含量

干材采取 2 m 一段, 分段测定各营养元素, 结果见表 4 和图 1~图 6 所示。

从表 4 和图 1~图 6 可以看出, 巨桉树干 N、P、K、Mg 含量基本呈现随着树干高度增加其含量也增

加的趋势; 有机质含量树干中部最高, 树干越高有机质含量越低; Ca 含量树干基部最高, 中部最低。

表 4 巨桉树干不同区段营养元素分配

区段 (m)	营养元素 ($g \cdot kg^{-1}$)					
	有机质	N	P	K	Ca	Mg
0-2	538.40	1.40	0.08	0.72	0.96	0.18
2-4	550.70	1.26	0.08	0.52	1.12	0.20
4-6	545.10	1.22	0.09	1.12	1.03	0.23
6-8	551.30	2.55	0.14	1.03	0.96	0.26
8-10	553.30	1.64	0.15	1.52	0.63	0.19
10-12	545.50	1.96	0.19	1.56	0.67	0.20
12-14	545.60	2.07	0.22	1.49	0.88	0.33
14-16	533.00	3.38	0.42	1.50	0.57	0.18
16-18	531.40	4.31	0.58	2.09	0.81	0.26
平均	543.81	2.2	0.29	1.28	0.85	0.23

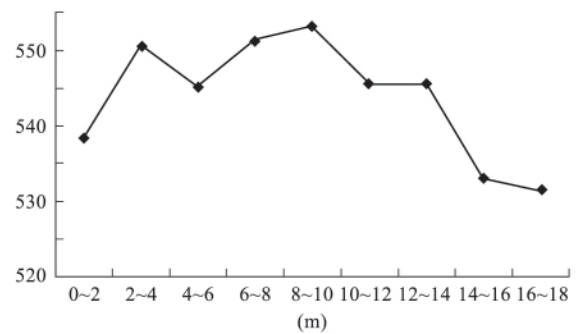


图 1 巨桉树干不同区段有机质含量变化

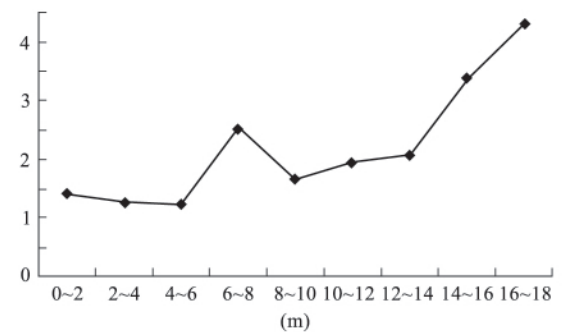


图 2 巨桉树干不同区段 N 含量变化

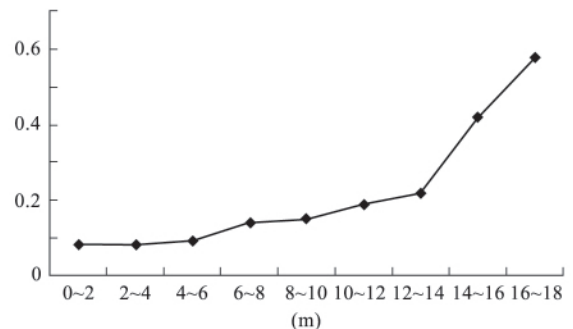


图 3 巨桉树干不同区段 P 含量变化

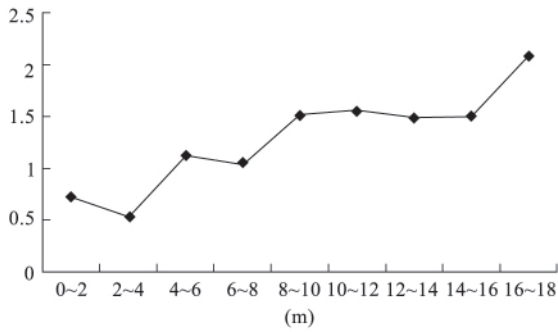


图4 巨桉树干不同区段 K 含量变化

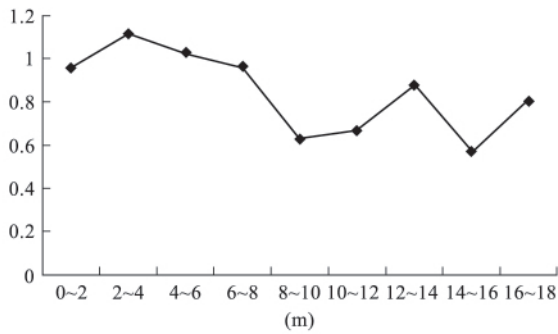


图5 巨桉树干不同区段 Ca 含量变化

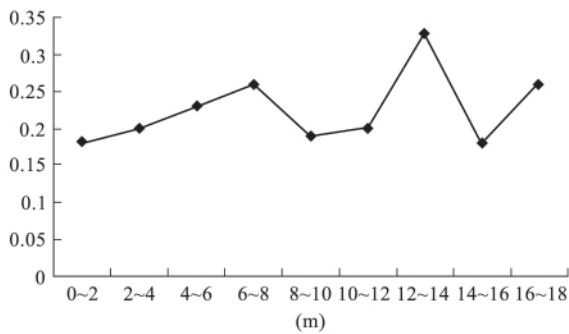


图6 巨桉树干不同区段 Mg 含量变化

3.3 巨桉不同年龄不同器官生物量分配

表5为巨桉不同年龄不同器官的生物量。从4可以看出4a生巨桉全株鲜重达到311.24 kg,其中树干鲜重达到212.46 kg,占全株的68.26%,其次为树皮35.95 kg,占全株11.55%,果实鲜重最低为7.78 kg,占全株2.50%。

5a巨桉全株鲜重达到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%。

从两种年龄巨桉生物量的分配看,均为树干>树皮或大枝>小枝>叶>果实。

3.4 巨桉营养元素积累与分配

根据3.1中单株元素含量和3.3中单株生产量和栽培密度,可以计算出不同林龄巨桉人工林5种营养元素积累总量,结果见表6所示。

表5 巨桉不同年龄不同器官生物量

林龄	器官	总湿重(kg)	占比(%)	
4	叶	17.57	5.65	
	果	7.78	2.50	
	树皮	35.95	11.55	
	小枝	9.68	3.11	
	大枝	27.80	8.93	
	树干	0~2 m	56.10	18.02
		2~4 m	39.76	12.77
		4~6 m	33.24	10.68
		6~8 m	28.00	9.00
		8~10 m	21.64	6.95
		10~12 m	15.62	5.02
		12~14 m	10.58	3.40
		14~16 m	4.96	1.59
		16~18 m	2.56	0.82
	小计	212.46	68.26	
	合计	311.24	100.00	
5	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	0~2 m	75.38	15.57
		2~4 m	56.30	11.63
		4~6 m	41.86	8.65
		6~8 m	34.54	7.14
		8~10 m	26.58	5.49
		10~12 m	17.46	3.61
		12~14 m	9.30	1.92
		14~16 m	3.28	0.68
		16~18 m	0.48	0.10
	小计	265.18	54.79	
	合计	484.02	100.00	

从表6可以看出4a和5a生巨桉人工林有机质、N、P、K、Ca、Mg等6种成分总含量分别为93685.82 kg·hm⁻²和153342.95 kg·hm⁻²,随着林龄增加,有机质和营养元素积累均增加。

由于不同林龄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,不同林龄各器官营养元素积累量及其分配存在较大的差异。4a生巨桉人工林营养元素积累树干最大,果实最小,依次为树干>叶>树皮>大枝>小枝>果实;5a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。

从不同林龄各器官营养元素积累量看均表现一致规律,均为N最多,分别为637.32 kg·hm⁻²和1134.17 kg·hm⁻²,其次为Ca、K、Mg,而P积累最低。

表 6 巨桉人工林营养元素积累与分配

林龄 /a	器官	有机质与营养元素 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$							小计	合计
		有机质	N	P	K	Ca	Mg			
4	叶	5 700.41	172.57	8.50	54.59	131.16	21.39	388.20	6 088.61	
	果	2 224.90	48.22	8.22	51.11	29.45	7.96	144.95	2 369.85	
	树皮	8 916.06	79.13	22.98	70.34	92.52	39.36	304.33	9 220.39	
	小枝	2 719.83	28.62	9.79	32.82	69.68	6.19	147.10	2 866.93	
	大枝	8 172.65	48.98	15.76	47.13	49.14	22.10	183.11	8 355.76	
	树干	64 219.80	259.80	25.98	151.16	100.38	27.16	564.48	64 784.28	
	合计	91 953.64	637.32	91.23	407.15	472.32	124.15	1 732.17	93 685.82	
5	叶	8 650.79	248.06	15.21	70.51	203.78	32.95	570.51	9 221.30	
	果	5 460.05	103.88	20.73	91.11	78.02	18.64	312.38	5 772.43	
	树皮	12 258.19	92.28	7.79	40.83	110.45	38.00	289.34	12 547.54	
	小枝	11 777.33	125.43	36.40	99.11	210.51	20.39	491.84	12 269.16	
	大枝	28 323.07	296.27	85.74	241.48	492.60	49.72	1 165.80	29 488.86	
	树干	83 454.08	268.26	30.95	142.97	109.07	38.32	589.58	84 043.66	
	合计	149 923.51	1 134.17	196.82	686.01	1 204.43	198.01	3 419.45	153 342.95	

4 结论与讨论

四川双流县 4 a 和 5 a 生巨桉人工林不同器官的营养元素含量、生物量因器官和林龄不同而存在差异。

4 a 生巨桉标准木全株鲜重达到 311.24 kg, 5 a 生巨桉标准木全株鲜重达到 484.02 kg, 从两种年龄巨桉生物量的分配看, 均为树干 > 树皮或大枝 > 小枝 > 叶 > 果实。

从巨桉单株营养元素含量来看, 4 a 和 5 a 各营养元素含量基本一致, 均是 $N > K$ 或 $Ca > Mg > P$ 。从分配上看: 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, 按营养元素含量大小排序大致是树叶 > 果实 > 大枝或小枝 > 树皮 > 树干。

从树干营养元素分配来看, 巨桉树干 N、P、K、Mg 含量基本呈现随着树干高度增加其含量也增加的趋势; 有机质含量树干中部最高, 树干越高有机质含量越低; Ca 含量树干基部最高, 中部最低。

4 a 和 5 a 生巨桉人工林营养元素积累量均表现一致规律, 均为 N 最多, 其次为 Ca、K、Mg, P 积累最低, 表现出对 N 大量的需求。从营养器官分配来

看, 干材、枝营养元素积累远大于叶和果实营养元素的积累。

由于巨桉人工林营养元素积累以干材(树干、大枝)为主, 叶、果实积累相对较少, 而干材是利用的主要对象, 叶、果等凋落物归还量较低, 导致巨桉林地养分回归量较少。巨桉人工林对 N 需求量特别大, 4 a 生为 $637.32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-2}$, 5 a 生为 $1134.17 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-2}$, 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。同时在调查中发现, 在 $3 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 栽植密度下, 巨桉林下灌草及其丰富, 盖度几乎达到 100%。

因此, 通过合理的栽培密度(稀植), 可以保留和发展林下植被和凋落物层, 改善林地环境, 促进养分回归; 同时通过适当的经营模式(与四川桉木或台湾桉木等固氮树种进行混交等)和外部养分的输入, 对于防止或减缓巨桉林地力衰退, 提高土壤肥力, 维持和提高巨桉人工林生物生产力, 促进巨桉人工林的健康、可持续发展, 都具有积极作用。

参考文献:

- [1] 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