

文章编号: 1001-1498(2002)01-0083-05

福建柏人工林养分积累与分配的研究

肖祥希¹, 杨宗武¹, 张学武², 陈林生³, 卓开发⁴, 谭芳林¹

(1. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012; 2. 福建省永春县碧卿国有林场, 福建 永春 362600;

3. 福建省安溪半林国有林场, 福建 安溪 362400; 4. 福建省泉州市林业局, 福建 泉州 362000)

摘要: 1997 年对安溪半林国有林场福建柏人工林的养分积累进行了研究。在连续坡面上福建柏人工林叶的 N、P、K 含量随坡位升高而降低, Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 则相反; 养分积累量随坡位升高而缓慢下降。在生长过程中叶的 N、P 含量随年龄增大而降低, Ca、Mg 则相反, K 含量相对稳定; 10 年生、20 年生时林木叶的养分积累量占全树的比重最大, 由大到小的顺序为叶、根、干、枝、皮, 而 30 年生时林木根的养分积累量占全树的比重最大, 由大到小的顺序为根、干、叶、枝、皮; 营养元素的积累总量随年龄的增大而增加。在不同生长阶段, 养分的积累与分配有所不同。

关键词: 福建柏; 人工林; 养分含量; 养分积累

中图分类号: S718.55

文献标识码: A

林木养分的积累与分配是营养元素生物循环的重要环节, 林木养分含量变化不仅与林木本身的生理特性有关, 也受到树龄、树势、取样时间、环境条件的影响^[1-7]。本文从连续坡面不同年龄福建柏 (*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas) 人工林叶片养分含量、林分养分积累与分配以及养分利用效率等方面探讨福建柏人工林的营养动态, 为福建柏人工林营养元素的生物循环调控提供理论基础, 也为合理经营福建柏人工林提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验点选择在安溪半林国有林场山竹格工区, 属戴云山系东南延伸, 位于 24°52'N, 117°40'E, 土壤为黄红壤, 成土母质为花岗岩, 自然条件较好, 气候温和, 雨量充沛, 日照时间长, 年均气温 17.4℃, 极高气温 34.8℃, 极低气温 -5.4℃, 大于或等于 10℃ 的年积温 6 503.7℃, 年平均日照时数 1 884 h, 年均相对湿度 81%, 年均降水量 1 939.5 mm, 全年无霜期 344 d, 试验地海拔 520 m, 立地类型为Ⅱ类, 林下主要植被为芒萁 (*Dicranopteris dichotoama* (Thunb.) Bernh.), 零星分布有黄瑞木 (*Adinandra millettii* (Hook. et Arn) Benth. et Hook. f.)、木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 等, 林分初植密度均为 3 000 株 hm^{-2} 。

1.2 研究方法

1.2.1 样地的设置 1997 年在连续坡面上选择不同年龄的福建柏人工林 3 块, 顺坡从下而上设置等距离的连续样地。分别调查树高、胸径、冠幅、枝下高、生物量等林分因子。各样地基本

收稿日期: 1999-07-20; 修回日期: 2001-10-25

基金项目: 国家“九五”攻关“福建柏珍贵建筑材树种良种选育及培育技术研究”

作者简介: 肖祥希(1968-), 男, 福建罗源人, 高级工程师, 现为福建农林大学园艺学院在职博士研究生。

情况见表1、表2。

表1 各样地概况及主要测树因子

样地号	样木数 /株	林龄 /a	现实密度 /(株 $4m^{-2}$)	郁闭度	平均树 高/m	平均胸 径/cm	坡度 /(°)	坡向	海拔 /m	样地面积 /(m \times m)
9701	121	10	1 344	0.8	6.43	8.59	24	西南	485	60 \times 15
9702	215	20	1 194	0.7	8.74	14.75	20	西南	520	120 \times 15
9703	74	30	986	0.6	12.39	21.49	26	西北	550	50 \times 15

表2 福建柏样地土壤的养分状况

样地号	全碳 /(g kg^{-1})	全N /(g kg^{-1})	速效N /(mg kg^{-1})	全P/ (g kg^{-1})	速效P /(mg kg^{-1})	全K /(g kg^{-1})	速效K /(mg kg^{-1})	pH
9701	21.37	1.53	50.15	0.32	4.65	12.81	103.25	5.23
9702	18.81	1.66	58.96	0.59	3.47	16.97	87.98	4.91
9703	31.68	2.54	81.26	0.66	6.22	17.93	131.25	5.34

1.2.2 样品采集 在20年生福建柏林分标准地中,从山脚到山顶每隔20m选1株标准采样株,共7株;在10年生、30年生福建柏林分标准地的上、中、下坡位,各选择1株标准株,每个年龄各3株。从标准株采集叶、干、枝、皮和根的样品,每采样株每一器官的样品都是多点采集混合而成的。

1.2.3 样品分析 采集的植物样品经烘干磨碎和过筛后,用湿式灰化法制备P、Ca、Mg等元素的待测样品,P用日立U-3210紫外可见分光光度计测定,Ca、Mg等元素用日立Z-6100原子吸收分光光度计测定,N用岛津GC-8A全自动炭氮分析仪测定。

2 结果与分析

2.1 连续坡面上福建柏人工林的养分状况

2.1.1 连续坡面上福建柏人工林叶的养分含量 20年生福建柏人工林叶的养分含量在连续坡面上的分布规律见表3,随着坡面升高,N、P、K含量呈逐渐降低趋势,而Ca、Mg、Fe、Cu、Zn则逐渐升高。这种养分变化趋势与土壤养分随坡面升高的变化有关(表4)。坡面下部由于土壤中N、P、K含量较高,林木对N、P、K的吸收也多,故林木叶中N、P、K含量较高。随着坡面的升高立地条件变差,土层逐渐变薄,岩石裸露,林木根系直接可接触到土壤的半分化层,这种土壤N、

表3 连续坡面上20年生福建柏人工林叶的养分含量

$g \cdot kg^{-1}$

元素	斜坡长度(由下到上)/m												
	0	20	20	40	40	60	60	80	80	100	100	120	120
N	12.754		12.157		11.834		11.521		11.492		11.267		9.366
P	0.847		0.813		0.794		0.747		0.712		0.684		0.623
K	8.398		8.314		8.275		8.226		8.001		7.854		7.599
Ca	1.366		1.478		1.594		1.656		1.681		1.753		1.811
Mg	1.348		1.351		1.345		1.349		1.485		1.575		1.689
Fe	0.410		0.437		0.461		0.499		0.511		0.518		0.523
Cu	0.010		0.010		0.009		0.011		0.019		0.026		0.032
Zn	0.038		0.046		0.053		0.059		0.061		0.062		0.064

注:调查时林分密度为1 194株 $4m^{-2}$ 。

P、K 含量较低,故其叶中 N、P、K 含量降低。相反,在坡面上部土壤 Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 等金属元素的含量较高,林木对 Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 等金属元素的吸收也多,造成 Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 的含量反而比坡下部高。

表 4 20 年生福建柏人工林不同坡位土壤的养分状况

坡位	全碳 /(g kg ⁻¹)	全 N /(g kg ⁻¹)	速效 N /(mg kg ⁻¹)	全 P /(g kg ⁻¹)	速效 P /(mg kg ⁻¹)	全 K /(g kg ⁻¹)	速效 K /(mg kg ⁻¹)	pH 值
上坡	16.85	1.51	43.15	0.55	2.58	16.75	74.18	4.82
中坡	19.42	1.70	55.28	0.60	3.11	16.81	83.42	4.85
下坡	20.17	1.76	78.45	0.61	4.73	17.35	106.34	5.08

注:调查时林分密度为 1 194 株 hm⁻²。

2.1.2 连续坡面上福建柏人工林的养分积累与分配 除叶的养分积累外,枝、干、根、皮的养分积累均随着坡面的升高而缓慢降低(表 5),这与林木在连续坡面上的生长有关,因为福建柏林分在连续坡面上的生长量随坡位升高而呈缓慢下降趋势。20 年生时福建柏人工林在叶、枝、干、皮、根等各器官的养分积累量由大到小的顺序为叶、根、干、枝、皮。

表 5 连续坡面上 20 年生福建柏人工林不同器官的生物干物质质量、养分积累量 kg hm⁻²

器官	斜坡长度(由下到上)/m													
	0 20		20 40		40 60		60 80		80 100		100 120		120 130	
	生物量	养分量	生物量	养分量	生物量	养分量	生物量	养分量	生物量	养分量	生物量	养分量	生物量	养分量
叶	5 386.0	129.03	5 463.0	130.87	5 448.2	130.52	5 062.0	121.27	4 793.9	114.84	4 987.0	119.47	4 154.9	99.53
枝	9 697.1	72.94	9 543.0	71.78	9 402.9	70.72	8 912.0	67.03	8 277.4	62.26	8 163.0	61.40	6 304.7	47.42
干	36 321.0	106.16	34 722.0	101.49	33 822.9	98.86	32 676.0	95.51	29 787.4	87.06	27 914.0	81.59	20 052.6	58.61
皮	5 422.9	35.41	5 314.0	34.70	5 227.7	34.13	4 968.0	32.44	4 602.2	30.05	4 505.0	29.41	3 443.4	22.48
根	14 833.9	107.85	14 373.0	104.50	14 075.8	102.34	13 478.0	97.99	12 393.9	90.11	11 893.0	86.47	8 836.3	64.24
合计	71 660.9	451.39	69 415.0	443.34	67 977.5	436.57	65 096.0	414.24	59 854.8	384.32	57 462.0	378.34	42 791.9	292.28

注:调查时林分密度为 1 194 株 hm⁻²。

2.2 不同年龄福建柏人工林的养分状况

2.2.1 不同年龄福建柏人工林叶的养分含量 从表 6 可知,随着年龄的增加,林木叶片中 N、P 的含量呈递减趋势,而 Ca、Mg 则呈递增趋势,这与营养元素本身的特性有关,N、P 在林木生长过程中容易移动,随着年龄的增加,干、根等部位的生长以及开花结实等需要消耗大量的 N、P 元素,而 Ca、Mg 在林木生长过程中不易移动,在生长过程中,K 的含量变化不大,Fe、Cu、Zn 等微量元素含量低,看不出明显的规律性。

表 6 不同年龄福建柏人工林叶的养分含量

树龄/a	林分密度/ (株 hm ⁻²)	养分含量/(g kg ⁻¹)							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
10	1 344	12.165	0.897	7.243	1.159	1.193	0.508	0.013	0.042
20	1 194	11.484	0.746	8.095	1.620	1.449	0.480	0.028	0.055
30	986	6.757	0.687	6.906	1.848	1.509	0.389	0.018	0.030

注:表中数据为各坡位平均值。

2.2.2 不同年龄福建柏人工林的养分积累与分配 根据不同年龄福建柏人工林各器官的生

物量及其对应养分含量,可计算出不同年龄林分各器官的养分积累(表7)。从表7可以看出,随着年龄的增长,各器官及全树的各元素的含量不断积累,树龄10、20、30 a的N积累量分别为82.34、136.33、158.57 kg hm⁻²。10 a时N积累量最大,其次是K、Fe;而20 a时K最大,其次是N、Ca、Fe;30 a时也是K最大,其次是N,而Fe的积累明显增加。可见K、N、Fe对福建柏的生长有重要的作用。缺K的林地对生长不利。

各器官和全树养分积累量的大小顺序均为30、20、10 a,叶、枝、干、皮、根的养分积累在全树中的分配比例:10 a时分别为31.8%、9.8%、20.8%、7.4%、30.2%;20 a时分别为30.0%、16.3%、22.5%、7.9%、23.3%;30 a时分别为18.8%、13.1%、27.5%、7.3%、33.3%。这种分配比例与不同年龄福建柏林木的生长特点和生理特性有关,在10 a和20 a时,由于林木生长比较旺盛,叶部的生理活动比较活跃,叶的生物量和养分含量比较大,故养分积累量也多。随着年龄的增长,叶片的营养逐渐转移到干、根等部位,以促进林木生长,所以叶部养分积累比例逐渐减小,而根和干的养分积累比例逐渐增多,30年生福建柏人工林根的养分积累量最大。

表7 不同年龄福建柏人工林的养分积累与分配

kg hm⁻²

年龄/a	林分密度 (株 hm ⁻²)	器官	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	合计
10	1 344	叶	41.82	3.08	24.90	3.98	4.10	1.74	0.04	0.14	79.80
		枝	9.14	1.08	7.49	3.39	1.75	1.67	0.04	0.15	24.71
		干	14.85	2.44	18.49	6.16	2.55	7.39	0.31	0.11	52.30
		皮	1.72	0.86	6.20	7.39	1.07	0.44	0.01	0.85	18.54
		根	14.80	1.64	14.07	0.10	5.30	39.51	0.08	0.23	75.73
		全树	82.33	9.11	71.17	21.04	14.79	50.77	0.48	1.48	250.77
20	1 194	叶	61.88	4.02	43.62	8.73	7.80	2.58	0.15	0.29	129.07
		枝	24.73	4.08	16.19	16.13	4.75	3.99	0.09	0.38	70.34
		干	23.75	5.01	36.60	12.82	4.54	12.99	0.41	0.71	96.83
		皮	3.20	1.49	7.70	18.84	1.98	0.76	0.02	0.10	34.09
		根	22.77	2.88	37.41	0.58	4.34	31.89	0.18	0.41	100.46
		全树	136.33	17.48	141.52	57.10	23.41	52.21	0.85	1.89	430.79
30	986	叶	43.16	4.38	44.11	11.80	9.64	2.48	0.11	0.19	115.87
		枝	36.07	3.82	19.83	8.85	6.42	5.30	0.10	0.39	80.78
		干	45.41	13.68	65.11	11.14	10.85	21.70	0.71	1.06	169.66
		皮	4.35	2.02	1.06	33.66	2.76	0.98	0.03	0.15	45.01
		根	29.58	5.74	56.99	0.47	16.21	96.78	0.29	0.58	206.64
		全树	158.57	29.64	187.10	65.92	45.88	127.24	1.24	2.37	617.96

注:表中数据为各坡位平均值。

表7还表明,在叶中,N、Fe、Cu、Zn的积累量由小到大的顺序均为:10、30、20 a;而P、K、Ca、Mg的积累量则是10、20、30 a。在枝中,N、K、Mg、Fe、Cu、Zn的积累量由小到大的顺序均为:10、20、30 a;而Ca、P则是10、30、20 a。在干中,N、P、K、Mg、Fe、Cu、Zn的积累量由小到大的顺序均为:10、20、30 a;而Ca则是10、30、20 a。在皮中,N、P、Ca、Mg、Fe、Cu的积累量由小到大的顺序均为:10、20、30 a;而K为30、10、20 a;Zn则是20、30、10 a。在根中,N、P、K、Cu、Zn的积累量由小到大的顺序均为:10、20、30 a;而Ca为10、30、20 a,Mg、Fe则是20、10、30 a。这些表明,福建柏对各种养分的需求量随着树体的生长而增加。20 a时,对N的需求量最大;K、Ca、P在各器官的积累,Fe、Mg在地上部各器官的积累,均表现出福建柏旺盛生长时期的养分需求。30 a时,除了叶中N,皮中K,枝、干中Ca的积累明显降低外,根、干中的Fe、N、Mg、K,干中P,枝中K,皮、叶中Ca的积累都明显增加,这反映了福建柏进入成熟生长时期养分积累的变化。

3 结论与讨论

(1) 在连续坡面上福建柏人工林叶的 N、P、K 含量随坡位升高逐渐降低,而 Ca、Mg、Fe、Cu、Zn 则逐渐升高;养分积累量随坡面升高而缓慢降低,这与林木在连续坡面上的生长量变化有关。各坡位各器官的养分积累量在全树中所占的比例由大到小的顺序均为叶、根、干、枝、皮。

(2) 随福建柏人工林年龄的增加,叶的 N、P 含量逐渐递减,而 Ca、Mg 则递增,这可能与 N、P 易移动,而 Ca、Mg 不易移动的特性有关;养分积累量随年龄的增长而增大,K、N、Fe 对福建柏的生长有重要的影响,土壤缺 K 不利于福建柏的生长。随着福建柏的生长,各种养分的需求量持续递增。10、20 a 时叶的养分积累比例最大,其次是根;30 a 时根的养分积累比例最大,其次是干;这是营养元素移动促进物质生产的缘故。

参考文献:

- [1] 盛炜彤,薛秀康. 福建柏杉木及其混交林生长与生态效应研究[J]. 林业科学, 1992, 28(5):397-404
- [2] 王永安,刘意珍,刘舜初,等. 我国福建柏天然林地理分布初报[J]. 生态学杂志, 1984, (4):19-23
- [3] 肖祥希,杨宗武,卓开发,等. 福建柏人工林生长发育规律研究[J]. 福建林业科技, 1998, 25(3):31-35
- [4] 叶功富. 木麻黄人工林营养元素含量的时间变异[J]. 防护林科技, 1996, (1):15-18
- [5] 潘维涛,田大伦,李利村,等. 杉木人工林养分循环的研究[J]. 中南林学院学报, 1981, 1(1):1-21
- [6] 叶功富,隆学武,徐俊森,等. 木麻黄人工林营养元素的积累与分布[J]. 防护林科技, 1996, (专辑):25-29
- [7] 中国树木志编委会. 中国主要树种造林技术(上册)[M]. 北京:农业出版社, 1978. 295-298

The Study on the Accumulation and Distribution of Nutrient in *Fokienia hodginsii* Plantation

XIAO Xiang-xi¹, YANG Zong-wu¹, ZHANG Xue-wu²,
CHEN Lin-sheng³, ZHUO Kai-fa⁴, TAN Fang-lin¹

(1. Forest Academy of Fujian, Fuzhou 350012, Fujian, China; 2. Biqing National Forest Farm of Yongchun County, Yongchun 362600, Fujian, China; 3. Banlin National Forest Farm of Anxi County, Anxi 362400, Fujian, China; 4. Forestry Bureau of Quanzhou City, Quanzhou 362000, Fujian, China)

Abstract: The accumulation and distribution of nutrient in *Fokienia hodginsii* plantation were studied. The results showed: The content of N, P, K in the needle gradually decreased from the bottom to the top along the continual slope, so did the accumulation of nutrients. Conversely, the content of Ca, Mg, Fe, Cu, Zn in the needle increased along the continual slope. The content of nutrient in needle was different with the stand ages. The content of N, P decrease, the content of Ca, Mg increased, and the content of K was relatively stable with the growth of tree. In the 10 and 20 age stands, the sequence of the nutrient accumulation in the different parts of the tree was needle > root > trunk > branch > bark, in the 30 age stand, however, this sequence was root > trunk > needle > branch > bark. The total amount of nutrient accumulation was 30-year-old > 20-year-old > 10-year-old. The utilization efficiency increased with the tree growth. In the different period of tree growth, there were differences on accumulation and distribution of nutrient.

Key Words: *Fokienia hodginsii*; content of nutrient; the accumulation and distribution of nutrient