

# 福建柏和杉木人工林营养元素积累与分配

何宗明<sup>1</sup> 张任好<sup>2</sup> 邹双全<sup>1</sup> 岳永杰<sup>1</sup> 于占源<sup>1</sup> 刘艳丽<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学林学院, 福建 南平 353001; 2. 福建省南平市林业委员会, 福建 南平 353000)

**摘要:** 对福建三明 33 a 生福建柏和杉木人工林群落营养元素积累和分配进行了研究, 结果表明: 福建柏和杉木人工林群落乔木层生物量分别为 228.8 t hm<sup>-2</sup> 和 235.1 t hm<sup>-2</sup>, N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种元素总积累量分别为 1 283 kg hm<sup>-2</sup> 和 1 060 kg hm<sup>-2</sup>, 乔木层和群落 5 种元素积累量的大小顺序均为: K>N>Ca>Mg>P, 5 种元素总积累量在乔木层各器官的分配量顺序分别为: 干材>枝>根>干皮>叶>枯枝、干材>根>干皮>叶>枝>枯枝。福建柏的营养利用效率低于杉木。虽然两种人工林生态系统 94% 以上的营养元素储存在土壤中, 但是土壤中植物容易利用的有效营养元素储量较低, 其中有效 P 在土壤中的储量低于植物中的储量。福建柏和杉木人工林 33 a 生时乔木层 5 种营养元素总和的当年存留量分别为 30.75 kg hm<sup>-2</sup> 和 16.53 kg hm<sup>-2</sup>。

**关键词:** 福建柏; 杉木; 营养元素积累

中图分类号: S718.554.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2003)03-0205-06

## Nutrient Accumulation and Distribution in *Fokienia hodginsii* and *Cunninghamia lanceolata* Plantations

HE Zong-ming<sup>1</sup> ZHANG Ren-hao<sup>2</sup> ZOU Shuang-quan<sup>1</sup>  
YUE Yong-jie<sup>1</sup> YU Zhan-yuan<sup>1</sup> LIU Yan-li<sup>1</sup>

(1. Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China;

2. Nanping Forestry Committee, Fujian, Nanping 353000, China)

**Abstract:** Nutrient accumulation and distribution in 33-year-old *Fokienia hodginsii* and *Cunninghamia lanceolata* plantation communities were determined during 1999 to 2000 in Sanming, Fujian, China. The results showed that the biomass in tree layer of *F. hodginsii* and the *C. lanceolata* communities were 228.8 t hm<sup>-2</sup> and 235.1 t hm<sup>-2</sup>, respectively, and total accumulation of nutrient elements (N, P, K, Ca, and Mg) being 1 283 kg hm<sup>-2</sup> and 1 060 kg hm<sup>-2</sup>, respectively. The accumulation of nutrient elements in tree layer or in the whole community for both plantations were in the order of K>N>Ca>Mg>P. The total accumulation of the 5 nutrient elements in different parts of trees was in the order of stem wood>branch>root>stem bark>leaf>dead branch for *F. hodginsii* plantation, and stem wood>root>stem bark>leaf>branch >dead branch for *C. lanceolata* plantation. The nutrient utilization efficiency of *F. hodginsii* was lower than that of *C. lanceolata*. Although over 94% of the nutrient elements in both ecosystems were stored in the soil, available nutrient elements in the soil which could be easily utilized by the plants were rather low, particularly, the reserve of available P in the soil was lower than that in the plants. The amount of annual retention of all the 5 elements in tree layer of the *F. hodginsii* and the *C. lanceolata* communities were 30.75 kg hm<sup>-2</sup> and 16.53 kg hm<sup>-2</sup>, respectively.

**Key words:** *Fokienia hodginsii*; *Cunninghamia lanceolata*; Nutrient element accumulation

福建柏(*Fokienia hodginsii*)是我国南方珍贵用材树种, 有关其养分积累与分配的研究报道较少<sup>[1]</sup>。

杉木人工林营养元素的积累与分配曾有一些报道, 但主要以中幼林居多, 30 a 以上的成熟林分报道较

收稿日期: 2002-11-11 接受日期: 2003-03-17

基金项目: 福建省青年科技人才创新项目(2001J038); 福建省科委重大基础研究项目(2000-F-004); 高等学校骨干教师资助计划项目资助

少<sup>[2-4]</sup>。本文对福建三明莘口林场 33 a 生福建柏人工林与邻近的 33 a 生杉木纯林的生物量、营养元素积累与分配进行比较研究。

## 1 试验地概况

试验地位于三明莘口教学林场小湖工区(北纬 26°11'30", 东经 117°26'00"), 为武夷山脉东伸支脉, 属低山丘陵地貌, 海拔高度均在 500 m 以下。本地属中亚热带季风型气候, 年均气温 19.1℃, 无霜期 300 d 左右。年均降水量 1 749 mm, 年均蒸发量 1 585 mm, 年均相对湿度 81%, 冬、春季多雾。土壤

均为砂页岩发育的红壤, 基本性质见表 1。

福建柏和杉木人工林前身均为以格氏栲(*Castanopsis kawakamii*)、米楮(*C. carlesii*)等为主的天然林, 1966 年经皆伐劈草炼山, 穴状整地, 1967 年初用福建柏和杉木实生苗营造人工纯林, 初植密度均为 2 505 株  $\text{hm}^{-2}$ , 1967 年和 1968 年每年 5 月和 9 月对两种幼林进行除草、松土 2 次, 1969 年进行 1 次(5 月)除草松土, 杉木林于当年郁闭, 而福建柏林于 1970 年郁闭。1980 年对两种林分进行卫生伐, 1990 年进行强度为 30%–40%(材积)间伐。

福建柏人工林标准地坡向北偏东 52°, 坡度

表 1 标准地土壤理化性质  
Table 1 Soil physical and chemical properties in plantations studied

林分类型 Plantations	土层 Soil layer (cm)	容重 Bulk density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	有机质 Organic matter	(g $\text{kg}^{-1}$ )					(mg $\text{kg}^{-1}$ )		
				全 N Total N	全 P Total P	全 K Total K	全 Ca Total Ca	全 Mg Total Mg	水解性 N Hydrolytic N	速效 P Available P	速效 K Available K
福建柏	0–20	1.13	30.762	1.366	0.352	24.919	4.08	3.56	118.13	5.56	99.83
<i>F. hodginsii</i>	20–40	1.23	13.731	0.760	0.313	22.592	4.12	3.68	63.01	2.45	74.96
	40–60	1.48	8.965	0.546	0.252	20.898	4.35	3.80	35.88	1.53	71.83
杉木	0–20	1.20	29.483	1.120	0.294	23.870	4.03	3.68	110.25	4.69	95.76
<i>C. lanceolata</i>	20–40	1.25	16.554	0.702	0.257	22.513	4.10	3.77	56.02	2.76	71.83
	40–60	1.42	11.960	0.458	0.246	20.053	4.35	3.81	42.01	1.88	73.97

30°, 林分保留密度为 975 株  $\text{hm}^{-2}$ , 平均胸径 21.6 cm, 平均高 21.37 m, 蓄积量为 420.7  $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$ , 侧枝数量多, 枝下高 12.9 m, 林相整齐, 林分郁闭度为 0.90。灌木层主要为冬青 (*Ilex purpurea*)、粗叶榕 (*Ficus hirta*)、杜茎山 (*Maesa japonica*)、黄瑞木 (*A. dinandra millettii*) 等, 生物量为 1.673  $\text{t hm}^{-2}$ ; 草本层主要为狗脊 (*Woodwardia japonica*)、毛鳞省藤 (*Calamus thysanolepis*)、芒萁 (*Dicranopteris pedata*) 等, 生物量为 1.794  $\text{t hm}^{-2}$ ; 枯枝落叶层的现存生物量为 2.652  $\text{t hm}^{-2}$ 。

杉木人工林标准地坡向北偏东 50°, 坡度为 35°, 林分保留密度为 1 117 株  $\text{hm}^{-2}$ , 平均胸径 23.3 cm, 平均高 21.89 m, 蓄积量为 488.6  $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$ , 侧枝少, 枝下高 15.35 m, 林分郁闭度 0.85。灌木层主要为粗叶榕、悬钩子 (*Rubus palmatus*)、毛冬青 (*Ilex pubescens*) 等, 生物量为 1.993  $\text{t hm}^{-2}$ ; 草本层主要为乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)、芒萁、观音座莲 (*Angiopteris fokiensis*) 等, 生物量为 2.478  $\text{t hm}^{-2}$ ; 枯枝落叶层的现存生物量为 3.155  $\text{t hm}^{-2}$ 。

## 2 研究方法

研究时间为 1999 年 1 月至 2001 年 1 月。分别

在 33 a 生福建柏和杉木林内设置 20 m×20 m 标准地各 3 块, 进行每木调查, 按各径级选取标准木, 伐倒后用“分层切割法”<sup>[2]</sup>测定乔木层地上部分各器官的生物量, 并进行解析木测定; 地下部分生物量测定采用全挖法(测定  $d>0.2 \text{ cm}$  根系)和土芯法(测定  $d<0.2 \text{ cm}$  细根)相结合, 采用相对生长法 (Allometric method)<sup>[2, 3]</sup>推算单位面积乔木层各器官生物量。根据树干解析计算出平均标准木的去皮胸径、树高和材积年生长量, 结合以往积累的两片林分的生物量测定数据, 推算乔木层各器官年积累量。灌木层和草本层以及枯枝落叶层现存生物量采用样方收获法<sup>[3]</sup>。

土壤容重测定采用环刀法<sup>[7]</sup>, 有机质采用重铬酸钾氧化、外加热法<sup>[7]</sup>, 全 N 采用凯氏法<sup>[7]</sup>, 全 P 采用 NaOH 碱熔、钼锑抗比色法<sup>[7]</sup>, 全 K 采用 NaOH 碱熔、火焰光度法<sup>[7]</sup>, 全 Ca、全 Mg 采用原子吸收分光光度法<sup>[7]</sup>测定。

植株养分的测定采用硫酸-高氯酸消煮法<sup>[7]</sup>, 用上海嘉定纤维仪器厂制造的 KDN- 消化炉制备待测液, 用同厂制造的 KDN-C 型蒸馏定氮仪测定全 N, 钼锑抗比色法<sup>[7]</sup>测定全 P, 火焰光度计法<sup>[7]</sup>测定全

K, AA-670 原子吸收分光光度计测 Ca 和 Mg<sup>[7]</sup>。

### 3 结果和分析

#### 3.1 福建柏乔木层各组分营养元素积累和分配

根据 33 a 生福建柏和杉木群落不同组分的养分含量(表 2)和生物量数据计算出乔木层各组分营养元素积累和分配情况(表 3, 表 4)。

从表 3 可见, 33 a 生福建柏人工林乔木层和群落 N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种元素积累量的大小顺

序均为: K>N>Ca>Mg>P(与杉木相同)。5 种元素积累量总和在福建柏乔木层各器官的分配量顺序为: 干材>枝>根>干皮>叶>枯枝, 而在杉木林(表 4)乔木层各器官的分配量顺序则为: 干材>根>干皮>叶>枝>枯枝, 两者区别在于枝的位置不同, 福建柏为第 2 位, 而杉木为第 5 位, 这主要是由于福建柏枝的生物量占较大的比例。

33 a 生福建柏人工林乔木层生物量为 228.763 t hm<sup>-2</sup>, N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种元素总

表 2 33 a 生福建柏和杉木人工林群落不同组分养分含量 (g kg<sup>-1</sup>)

Table 2 Nutrient concentration (g kg<sup>-1</sup>) in different plant components of 33-year-old *F. hodginsii* and *C. lanceolata* plantations

组分 Components	福建柏 <i>F. hodginsii</i>					杉木 <i>C. lanceolata</i>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
叶 Leaf	16.190	3.003	11.630	3.875	2.292	8.615	2.221	13.370	4.251	3.028
枝 Branch	2.860	0.687	5.307	2.323	1.531	2.044	0.574	5.310	1.697	0.855
枯枝 Dead branch	1.879	0.189	0.027	1.597	0.738	1.643	0.132	0.422	2.545	0.324
干材 Stem wood	0.720	0.066	1.094	0.575	0.302	0.756	0.057	0.888	0.427	0.306
干皮 Stem bark	2.566	0.633	2.420	3.437	0.712	2.395	0.706	2.217	2.735	0.572
根桩 Stump	1.876	0.147	2.413	0.594	0.461	1.319	0.167	1.202	0.984	0.203
>4 cm 根 Root >4 cm	2.103	0.151	3.256	1.108	0.530	1.321	0.187	2.014	1.241	0.326
2-4 cm 根 Root 2-4 cm	2.290	0.171	4.155	0.912	0.629	1.653	0.181	2.387	1.011	0.288
1-2 cm 根 Root 1-2 cm	2.024	0.203	3.620	1.150	0.851	2.778	0.479	5.281	2.050	0.680
0.4-1 cm 根 Root 0.4-1 cm	3.127	0.314	6.595	1.309	0.977	3.298	0.543	5.060	1.994	0.837
0.2-0.4 cm 根 Root 0.2-0.4 cm	4.096	0.405	13.160	1.245	0.993	4.553	0.555	5.225	1.807	1.035
<0.2 cm 根 Root <0.2 cm	5.174	0.852	7.063	3.240	1.116	5.500	0.834	4.925	2.855	1.180
灌木茎和枝 Shrub stem and twig	2.566	0.855	8.266	3.093	1.527	3.155	0.951	9.093	3.312	1.043
灌木叶 Shrub leaf	8.963	1.926	19.05	4.844	3.977	13.930	2.214	18.46	10.133	3.938
灌木根 Shrub root	2.439	0.718	8.103	1.833	1.840	5.402	1.713	9.491	3.336	1.572
草本叶和茎 Herb leaf and stem	9.927	2.198	20.33	2.704	6.490	12.130	2.131	20.77	3.808	4.463
草根本根 Herb root	6.618	1.710	7.583	1.471	3.571	9.146	1.389	9.079	2.500	2.207
林褥层 Forest floor	4.420	0.562	1.775	2.851	0.827	5.665	0.895	1.252	6.984	1.750

表 3 33 a 生福建柏人工林生态系统营养元素的积累和分配 (kg hm<sup>-2</sup>)

Table 3 Nutrient accumulation and distribution (kg hm<sup>-2</sup>) in ecosystem of 33-year-old *F. hodginsii* plantation

层次 Layer	组分 Components	生物量 Biomass (t hm <sup>-2</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	总和 Total
乔木层 Tree layer	叶 Leaf	4.409	71.38	13.24	51.28	17.08	10.11	163.09
	枝 Branch	19.860	56.80	13.64	105.40	46.13	30.41	252.38
	枯枝 Dead branch	7.498	14.09	1.42	0.20	11.97	5.53	33.22
	干材 Stem wood	142.900	102.89	9.43	156.33	82.17	43.16	393.98
	干皮 Stem bark	19.630	50.37	12.43	47.50	67.47	13.98	191.75
	根 Root	34.466	75.28	6.49	115.90	31.32	19.25	248.23
	小计 Subtotal	228.763	370.80	56.64	476.61	256.15	122.43	1282.64
灌木层 Shrub layer	茎和枝 Shrub stem and twig	0.757	1.94	0.65	6.26	2.34	1.16	12.34
	叶 Shrub leaf	0.497	4.45	0.96	9.47	2.41	1.98	19.26
	根 Shrub root	0.419	1.02	0.30	3.40	0.77	0.77	6.26
	小计 Subtotal	1.673	7.42	1.91	19.12	5.52	3.90	37.87
草本层 Herb layer	叶和茎 Herb leaf and stem	0.555	5.51	1.22	11.28	1.50	3.60	23.12
	根 Herb root	1.239	8.20	2.12	9.40	1.82	4.42	25.96
	小计 Subtotal	1.794	13.71	3.34	20.68	3.32	8.03	49.08
林褥层 Forest floor		2.652	11.72	1.49	4.71	7.56	2.19	27.67
群落总和 Total in the community		234.882	403.65	63.38	521.11	272.55	136.55	1397.25
土壤(0-60 cm 深度) Soil (0-60 cm depth)		7680.00	6572.92	2311.42	17375.1	32232	28346.4	243214
生态系统 Ecosystem		7914.88	6976.57	2374.80	174272	32504.6	28483.0	244611

表 4 33 a 生杉木人工林生态系统营养元素的积累和分配 (kg hm<sup>-2</sup>)Table 4 Nutrient accumulation and distribution (kg hm<sup>-2</sup>) in ecosystem of 33-year-old *C. lanceolata* plantation

层次 Layer	组分 Components	生物量 Biomass (t hm <sup>-2</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	总和 Total
乔木层 Tree layer	叶 Leaf	3.841	33.09	8.53	51.35	16.33	11.63	120.93
	枝 Branch	8.679	17.74	4.98	46.09	14.73	7.42	90.96
	枯枝 Dead branch	0.134	0.22	0.02	0.06	0.34	0.04	0.68
	干材 Stem wood	148.100	111.96	8.44	131.51	63.24	45.32	360.48
	干皮 Stem bark	27.530	65.93	19.44	61.03	75.29	15.75	237.45
	根 Root	46.859	73.54	9.95	95.33	55.75	15.07	249.64
	小计 Subtotal	235.143	302.49	51.35	385.38	225.69	95.23	1060.13
灌木层 Shrub layer	茎和枝 Shrub stem and twig	0.779	2.46	0.74	7.08	2.58	0.81	13.67
	叶 Shrub leaf	0.560	7.80	1.24	10.34	5.67	2.21	27.26
	根 Shrub root	0.655	3.54	1.12	6.22	2.19	1.03	14.09
	小计 Subtotal	1.994	13.80	3.10	23.64	10.44	4.05	55.02
草本层 Herb layer	叶和茎 Herb leaf and stem	0.858	10.41	1.83	17.82	3.27	3.83	37.15
	根 Herb root	1.620	14.82	2.25	14.71	4.05	3.58	39.40
	小计 Subtotal	2.478	25.22	4.08	32.53	7.32	7.40	76.55
林褥层 Forest floor		3.155	17.87	2.82	3.95	22.03	5.52	52.20
群落总和 Total in the community		242.770	359.38	61.36	445.49	265.48	112.20	1243.91
土壤(0-60 cm 深度) Soil (0-60 cm depth)		7740.00	5743.72	2046.74	170521	32276	29077.4	239665
生态系统 Ecosystem		7982.77	6103.10	2108.10	170967	32541.5	29189.6	240909

积累量为 1 282.64 kg hm<sup>-2</sup>, 占乔木层生物量的 0.5607%, 即生产 1 t 乔木层干物质需要 5.607 kg 营养元素, 其数值比杉木(4.508 kg)大; 生产 1 t 树干(干材 + 树皮)干物质需要 3.604 kg 营养元素, 其数值仍然比杉木(3.404 kg)要大些(表 3, 表 4)。说明福建柏人工林乔木层营养利用效率略低于杉木人工林。

若将林木器官分为树干(包括树皮)、树冠(叶 + 枝 + 枯枝)、树根 3 部分, 则福建柏人工林乔木层中树干生物量最大, 占乔木层总生物量的 71.05%(杉木为 74.69%), 而其 N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种营养

元素积累量仅占乔木层营养元素总积累量的 45.67%(杉木为 56.40%), 树冠和树根生物量较小, 分别占乔木层生物量的 13.89%和 15.07%(杉木为 5.38%和 19.93%), 而营养元素积累量却占乔木层营养元素总积累量的 34.98%和 19.36%(杉木为 20.05%和 23.55%)。福建柏树冠中 5 种营养元素积累总量所占比例比杉木大得多。

从表 5 可见, 33 a 生福建柏乔木层最近 1 a 生物量积累量为 7.749 t hm<sup>-2</sup> (杉木为 5.460 t hm<sup>-2</sup>), N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种营养元素积累量为: 30.748 kg hm<sup>-2</sup>(杉木的为 16.534 kg hm<sup>-2</sup>), 占乔木层

表 5 33 a 生福建柏和杉木人工林乔木层年营养元素的积累和分配 (kg hm<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>)Table 5 Annual nutrient accumulation and distribution (kg hm<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>) in tree layer of 33-year-old *F. hodginsii* and *C. lanceolata* plantations

林分类型 Plantations	组分 Components	当年积累量 Accumulation in 2000							平均年积累量 Mean annual accumulation	
		生物量 Biomass (t hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	总和 Total elements	生物量 Biomass (t hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	总和 Total elements
福建柏 <i>F. hodginsii</i>	叶 Leaf	-0.106	-1.716	-0.318	-1.233	-0.411	-0.243	-3.921	0.134	4.942
	枝 Branch	0.446	1.276	0.306	2.367	1.036	0.683	5.668	0.602	7.648
	干材 Stem wood	5.898	4.247	0.389	6.452	3.391	1.781	16.261	4.330	11.939
	干皮 Stem bark	0.724	1.858	0.458	1.752	2.488	0.515	7.072	0.595	5.811
	根 Root	0.787	1.719	0.148	2.646	0.715	0.440	5.668	1.044	7.522
	总和 Total	7.749	7.383	0.984	11.985	7.220	3.176	30.748	6.932	38.868
杉木 <i>C. lanceolata</i>	叶 Leaf	-0.123	-1.060	-0.273	-1.645	-0.523	-0.372	-3.873	0.116	3.665
	枝 Branch	0.035	0.072	0.020	0.186	0.059	0.030	0.367	0.263	2.756
	干材 Stem wood	4.055	3.066	0.231	3.601	1.731	1.241	9.870	4.488	10.924
	干皮 Stem bark	0.672	1.609	0.474	1.490	1.838	0.384	5.796	0.834	7.195
	根 Root	0.821	1.288	0.174	1.670	0.977	0.264	4.374	1.420	7.565
	总和 Total	5.460	4.975	0.627	5.302	4.083	1.547	16.534	7.126	32.125

生物量当年积累量的 0.3968%, 即最近 1 a 生产 1 t 乔木层干物质仅需要 3.968 kg 营养元素, 比 33 a 平均值(5.607 kg)少, 但比杉木(3.028 kg)大得多; 最近 1 a 生产 1 t 树干(干材 + 树皮)干物质需要 3.524 kg 营养元素, 比 33 a 平均值(3.604 kg)略少, 但仍然比杉木(3.314 kg)要多些。福建柏人工林在 33 a 生时的乔木层营养利用效率仍然低于杉木人工林。

33 a 生福建柏林的干材和总生物量平均年积累量略低于杉木人工林(表 5), 说明福建柏人工林的生产力也是较高的。尽管都是针叶树种, 但杉木和福建柏的生物学特性有所不同。杉木属于早期速生的中性偏阳树种, 总生物量增长高峰期在 10 a 生左右, 33 a 生时已进入成熟龄阶段, 生物量的年积累量逐年减少, 各器官的生物量和营养元素的当年积累量均小于平均年积累量, 养分需求量大的光合作用器官叶的生物量明显处于负增长, 养分需求量少的干材的生物量增长量虽然较小, 但所占的比例较大, 所以 33 a 生时生产单位重量的乔木层干物质需要的营养元素比速生阶段要少得多, 且呈逐年下降趋势, 即营养利用效率逐年提高。与杉木相比, 福建柏属于阴性树种, 早期生长较慢, 总生物量增长高峰期来得晚(在 15 a 生左右), 持续时间长, 33 a 生时仍然处于生长旺盛期, 尽管叶、枝、根的生物量和营养元素的当年积累量均低于平均年积累量, 叶的生物量还出现负增长, 但是总生物量的当年积累量, 以及干材、干皮的生物量和营养元素的当年积累量均高于平均年积累量。由于 33 a 生时福建柏各器官(特别是枝和干)的生物量当年积累量大, 养分含量也大多高于杉木, 所以营养元素的年积累量大高于杉木。

### 3.2 福建柏人工林生态系统营养元素积累和分配

从表 3 和表 4 可见, 福建柏和杉木人工林生态系统绝大部分的营养元素储存在土壤中, 而植物体中的积累量极少。两个林分土壤营养元素储量占生态系统总储量的比例均以 N 和 P 最低, 福建柏林分别为 94.21% 和 97.33%, 杉木林分别为 94.11% 和 97.09%, 而其他元素的比例均在 99% 以上。尽管植物仅消耗土壤中营养元素的极小部分, 但土壤中植物容易利用的有效营养元素储量较低。根据表 1 计算结果, 土壤中植物容易利用的速效性 N、P 和 K 元素的储量, 福建柏林分别为 528.18 kg hm<sup>-2</sup>、23.12 kg hm<sup>-2</sup> 和 622.63 kg hm<sup>-2</sup>, 杉木林则分别为 523.96 kg hm<sup>-2</sup>、23.50 kg hm<sup>-2</sup> 和 619.47 kg hm<sup>-2</sup>, 其中

速效 N 和 K 略高于植物中的储量, 而速效 P 低于植物中的储量。因此, 福建柏和杉木采伐后, 应尽可能保留采伐剩余物, 减少养分输出, 这对维护林地长期生产力具有重要意义。

## 4 讨论

33 a 生福建柏和杉木人工林乔木层和群落 N、P、K、Ca 和 Mg 等 5 种元素积累量的大小顺序相同, 但乔木层各器官元素积累总量的分配顺序有所不同, 这主要是由于两者枝生物量所占比例不同造成的。

福建柏和杉木人工林每生产单位数量乔木层干物质所需的营养元素均随年龄的增加而减少, 说明它们的营养效率均随年龄的增加而提高, 适当延长轮伐期有利于林地长期生产力的维持。

杉木连栽后往往存在生产力下降和土壤衰退现象<sup>[3,4]</sup>。福建柏的营养利用效率略低于杉木, 连栽后是否比杉木更容易出现地力衰退现象, 还有待今后进一步研究。

虽然福建柏和杉木人工林生态系统 94% 以上的营养元素储存在土壤中, 但是土壤中植物容易利用的有效营养元素储量(例如 P 和 N)较低, 因此, 人工林采伐后若能保留采伐剩余物, 减少养分输出, 或者有针对性施肥, 将有利于林地土壤肥力的恢复和提高。

33 a 生福建柏人工林的生产力与速生树种杉木接近, 但其生物学特性与杉木有所不同。福建柏属阴性树种, 早期生长慢, 但生长后劲大。在本试验条件下, 33 a 生福建柏林不但干材、枝等器官的生物量的当年积累量大, 生殖生长也较旺盛, 每年所产生的大量种子多能在林下发芽并长成幼苗, 说明福建柏是一个较能忍耐蔽荫的树种, 适宜高密度种植, 以减少侧枝的过分生长造成的营养元素消耗。

**致谢** 参加该项研究的还有杨玉盛、郑燕明、陈祖松、刘春华、陈勇、蒋宗垵、陈辉、王巧珍、蔡丽平、陈爱玲、陈清山、谢锦升、陈光水、陈银秀、黄荣珍、郭剑芬、江森华、李高令、王义祥等同志, 谨此致谢。

### 参考文献

- [1] Tan F L(谭芳林), Yang Z W(杨宗武), Chen D Q(陈堆全), et al. A study on nutrient cycling of *Fokienia hodginsii* plantation [J]. J Nanjing For Univ (南京林业大学学报), 2001, 25(3):35-38. (in Chinese)
- [2] Pan W C(潘维铸), Tian D L(田大伦), Lei Z X(雷志星), et al.

- Studies on the nutrient cycling in the Chinese fir plantations (II) Content, accumulation rate and biological cycling of nutrient elements in the fast-growing Chinese fir forest in hilly regions [J]. J Central South For Inst (中南林学院学报), 1983, 3(1):1-17. (in Chinese)
- [3] Feng Z W(冯宗炜), Chen C Y(陈楚莹), Wang K P(王开平), et al. Studies on the accumulation, distribution and cycling of nutrient elements in the ecosystem of the pure stand of subtropical *Cunninghamia lanceolata* forests [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin (植物生态学与地植物学丛刊), 1985, 9(4):245-255. (in Chinese)
- [4] Wen Z M(温肇穆), Liang H W(梁宏温), Li Y(黎跃). Studies on the biocycling of nutrient elements of tree layer of *Cunninghamia lanceolata* mature plantations [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin (植物生态学与地植物学学报), 1991, 15(1):36-45. (in Chinese)
- [5] Deng S J(邓士坚), Wang K P(王开平), Gao H(高虹). Biological productivity and nutrient distribution in over-mature plantation of *Cunninghamia lanceolata* [J]. Chin J Ecol (生态学杂志), 1988, 7(1): 13-18. (in Chinese)
- [6] Yang Y S(杨玉盛), Chen G S(陈光水), Xie J S(谢锦升), et al. Nutrient cycling of N and P by a mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odorum* in subtropical China [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 2002, 26(4):473-480. (in Chinese)
- [7] Zhang W R(张万儒), Yang G Y(杨光潋), Tu X N(屠星南), et al. Forest Soil Analysis Methods [M]. Beijing: China Standardization Press, 2000. 1-334. (in Chinese)

## 欢迎订阅《分子植物育种》(双月刊)

《分子植物育种》是由国家科技部批准,国家新闻出版署核准的学报级刊物,本刊由张启发院士担任主编,并由国内二十几位著名的专家学者组成强大的编委会阵容,本刊“立足国内,面向国际”,是一份为转基因育种、分子标记辅助育种及常规育种服务的国际化科学杂志。

本刊围绕水稻、小麦、玉米、油菜、大豆、棉麻、薯类、果树、蔬菜、花卉、茶叶、林草等,刊登分子遗传育种理论、分子育种方法、分子育种研究动态以及优良种质培育等方面的科学论文报道,内容新颖,信息量大、报道及时、可读性强,是广大植物分子生物学家、分子遗传学家、植物育种家的必备刊物。

本刊向国内外公开发刊,影响大,发行范围广。国内各省(区)、市均有订户,发行量近4千份;对外向70多个国家发行、交换。读者对象是国内外从事植物分子遗传与育种的科研工作者、大专院校师生及农业生产指导者。

### 订阅办法:

1. 本刊为大16开本150页,逢单月28日出版,全年出刊6期。铜版纸彩色印刷,每期40元,全年240元(含邮寄费)
2. 填好订单,用电子邮件或寄回第一联到编辑部作为发行凭证,收到订付款后编辑部开好发票按订单上通讯地址寄出
3. 汇款可通过邮局或银行帐号汇至编辑部海南办公室

海南编辑部 E-Mail:mpbhn@vip.sina.com 电话:0898-88231312, 传真:0898-88231342 联系人:李娟

邮局汇款

邮编:572012

地址:海南省三亚市丹州小区 D223 幢 103 号

收款单位:分子植物育种编辑部

银行汇款

开户银行:建行三亚市分行二环西路分理处

开户帐号:000016010000000351

单位名称:分子植物育种编辑部