

文章编号: 1001-1498(2001)05-0463-09

# 不同密度杉木人工林林下植被发育 与演替的定位研究

盛 炜 彤

(中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 从 1986 年起, 在江西分宜县中国林科院亚热带林业实验中心上村林场, 用间伐方式对 8~ 9 年生的杉木人工林进行林分密度的调整, 每公顷分别为 3 000、2 500、2 000 及 1 500 株; 郁闭度分别为 0.9、0.7 及 0.6。设置固定样地 6 个, 每年以固定样方调查植物, 观测林下植被发育情况, 共进行 13 a。结果表明, 凡经间伐并郁闭度在 0.7 以下的林分林下植被均迅速发育且良好, 间伐 8~ 10 a 后林下植被覆盖度可达 80%~ 90%, 形成三层垂直结构, 干生物量可达  $4\sim 5\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ; 未经间伐或郁闭度恢复较快的样地, 林下植被的良好发育推迟到 20 年生以后。通过间伐适当调整密度是促进林下植被发育的有效方法, 造林密度为  $2\ 500\sim 3\ 000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$  的一般林分, 10 年生以后林分密度应保持为  $1\ 500\sim 2\ 000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 郁闭度保持为 0.6、0.7 即可取得较好的效果。杉木人工林林下植被以蕨类植物为主。

**关键词:** 杉木人工林; 林分密度; 林下植被发育; 植被演替

**中图分类号:** S718.54

**文献标识码:** A

已有的研究证明, 林下植被对林分的养分循环与土壤肥力有较大影响, 当人工林林下植被达到一定覆盖度和生物量时, 对林地土壤肥力有明显改善作用<sup>[1,2]</sup>。研究不同密度杉木人工林林下植被发育和演替, 目的在于通过控制密度促进林下植被的发育, 以维护地力, 从而为人工林因单作而带来的地力退化, 寻找一条有效治理途径。关于杉木林下植被发育的研究, 已有不少论文发表<sup>[3,4]</sup>, 但都是采用临时样地调查, 该项研究是通过长时间定位观测。

从 1986 年起, 在江西分宜县中国林科院亚热带林业实验中心的上村林场, 在 1978 年栽的杉木人工林(8~ 9 年生)中, 通过间伐调整为不同密度的林分, 设置固定样地, 定位观测林下植被变化。在 1995 年前用固定样方每年测定 1 次, 1999 年又测定 1 次, 共观测 13 a。除进行林下植被变化的观测外, 每个样地还设置径流场进行水土流失测定, 同时作土壤剖面记载, 土壤养分分析和土壤微生物种群测定, 观测林地土壤肥力变化。

## 1 研究区域的自然地理条件

江西分宜县中国林科院亚热带林业实验中心上村林场属于中亚热带, 地形为低山丘陵, 海拔为 250~ 800 m, 属武功山脉。年均气温  $17.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 降水量 1 600 mm, 相对湿度 79%。地带性植被是以丝栗栲(*Castanopsis fargesii* Franch.)、苦槠栲[*C. sclerophylla* (Lindl.) Schott.]、钩栲(*C. tibetana* Hance)及青冈栎(*Quercus gluca* Thanb.)等为主的常绿阔叶林, 含有樟(*Cin-*

收稿日期: 2001-03-06

基金项目: 1997~ 2001 年国家自然科学基金资助重点项目“杉木、桉树人工林长期生产力保持机制的研究”(39630240)

作者简介: 盛炜彤(1933-), 男, 江苏海门人, 研究员

*nam an un* spp. ), 楠 (*Phoebe* spp. ) 成分。现状植被为杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. ]、马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)、毛竹 (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie) 人工林及常绿阔叶林破坏后的次生林, 植物种类丰富。土壤为发育于板页岩风化物上的黄红壤, 土层深厚肥沃。样地土壤剖面综合状况见表 1。

表 1 样地土壤剖面综合状况

海拔/m	地形部位	岩性	腐殖质层厚度/cm	土层厚度/cm	土壤质地
300	中下部	板岩	20~25	100 以下	壤土、粘壤土

## 2 研究方法

### 2.1 样地的选择

选择需要进行间伐而林相整齐的 8~9 年生林分, 地位指数为 16 (个别为 14), 林分密度为 3 510~2 280 株·hm<sup>-2</sup>。海拔 300 m, 是杉木最适生的生长区域。

### 2.2 样地设置及林分状况

共设 6 块样地, 样地面积为 600 m<sup>2</sup>, 样地间伐前后林分状况见表 2。林分密度调控分 4 个档次, 即 3 000、2 500、2 000 及 1 500 株·hm<sup>-2</sup>; 郁闭度分别在 0.9、0.7 及 0.6。每个样地机械布设 10 个 1 m × 1 m 的固定样方, 进行林下植物变化观测, 1995 年及 1995 年以前每年调查 1 次, 1999 年又测定 1 次, 共 13 次。测定项目为种类、高度、株数、盖度及生物量。采用常规方法进行林分调查并计算主要植物种类的重要值。

表 2 间伐前后杉木林林分状况

样地号	地位指数	坡度/ (°)	间伐前密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	间伐后密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	试验时年龄/a	平均直径/cm	平均树高/m	郁闭度
6	16	27	2 950	2 950	8	11.8	9.8	0.88
4	14	39	3 510	2 550	9	9.8	8.4	0.81
					9	(10.4)	(8.7)	(0.70)
2	16	24	2 520	1 995	8	10.8	8.3	0.84
					8	(11.3)	(8.5)	(0.58)
5	16	36	2 685	1 920	9	12.0	9.1	0.74
					9	(12.8)	(9.2)	(0.61)
1	16	27	2 745	1 834	9	9.5	8.2	0.84
					14	(11.1)	(13.2)	-
3	16	21	2 280	1 545	8	11.4	9.1	0.87
					8	(12.2)	(9.4)	(0.69)

注: 括号内的数据为间伐后的数据。

## 3 试验结果

### 3.1 不同密度林分植物数量与种类变化

3.1.1 林下植物种数量变化 表 3 表明, 在密度调整后不同密度林分在观测的 13 a 间, 植物种发生了明显的变化。各种密度样地植物种均明显地增加了, 但增加的幅度不同, 增幅大的有 5、3 和 4 号样地, 在 8 a 内 (即以 1995 年种类数为依据) 分别增加了 26、23 及 21 个种, 这些样地原来种类比较少, 分别为 7、16 及 10 种。5 号样地原先林分密度较大, 伐去 28.5% 的株数 (保留 1 920 株·hm<sup>-2</sup>) 以后, 种类增加得最快。种类增加最慢的是对照 (6 号样地), 密度保留最大 (2 950 株·hm<sup>-2</sup>) 的林下植物种增加很少, 只 7 种。此外增加幅度小的还有 2 和 1 号样地, 因

表 3 不同密度林分在观测期内植物种数量的变化

样地号	种 类 数			
	1988 年	1995 年以前	1995 年	1999 年
6	5	16	12	30
4	10	37	31	30
1	24	34	27	32
5	7	41	33	26
1	20	39	30	32
3	16	51	39	36

注: 1995 年前发生的种类数是指包括 1995 年以前曾发生但被淘汰的植物。

表 4 不同林分密度样地植物种数量的逐年变化

样地号	年 份								
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1999
6	5	4	8	10	10	7	10	12	30
4	13	23	33	42	34	33	33	31	30
1		19	24	29	37	35	29	30	32
2		25	31	32	30	26	25	27	32
5	7	14	21	35	35	34	32	33	26

有 3 种情况, 一种是密度大的林分(如样地 6), 在头 8 a 增加速度很缓慢, 在观测的 8 a 中才从 5 个种增至 12 个种。第 2 种情况是经过间伐而原先植物种数量较少的样地, 植物种增加速度很快, 如样地 5 在观测的头 4 a 从 7 种增加到 35 种; 又如样地 4 从 13 种增加到 42 个种。这两个样地以后因竞争逐年又有所减少。第 3 种情况, 有些样地林下植物种原先较多, 植物种增长速度相对较慢, 如样地 2, 1989 年有 25 个种, 但最多时只有 32 个种, 样地 1 增加速度比样地 2 稍快, 但增加幅度也不大。

3.1.2 不同林分密度林下植物种类变化及特点

表 5 说明, 杉木林下植物种类是很丰富的, 多样性高。但在间伐前林下植物种类很少, 特别是密度及郁闭度较大的林分, 如样地 6 和样地 5, 即是这种情况。但一旦通过间伐降低林分密度, 这种情况即可得到改变。如样地 5, 从间伐起经过 8 a 到 1995 年, 科、属分别从 7 科 7 属增加到 26 科 40 属, 样地 3 从 16 科 16 属增加到 39 科 48 属, 样地 4 从 9 科 10 属增加到 29 科 37 属。对照样地 6, 在 8 a 间虽然科、属有增加, 但是变化幅度小。

杉木林下植物的特点为 1 科多属, 1 属多种的少, 多数为 1 科 1 属, 1 属 1 种。从 6 块样地综合看, 林下植物共有 60 科 86 属及 93 种, 如果包括 8 a 内由于竞争而消失的植物种, 共有 82 科 142 属 166 种(苔藓植物未统计在内)。在这些科属中占优势的草本植物是蕨类植物, 分

这两个样地原先发生的种类较多。

从表 3 中还可以看出, 随着植物种增加, 植物间竞争开始激化, 一部分植物被淘汰; 也以 1995 年的调查数为依据, 淘汰多的如 3 号样地达 12 种, 5 号样地达 8 种。被淘汰的植物多以适于撩荒地生长的喜光植物居多, 不耐荫湿环境。如菜蕨 [*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn var. *latiulsculum* (Desr.) Underw.]、草莓 [*Fragaria ananassa* Duch.]、一年蓬 [*Erigeron annuus* (L.) Pers.]、烟管头草 [*Carpesium cernu- un* L.]、龙葵 [*Solanum nigrum* L.]、卷毛耳草 [*Hedyotis mellii* Tutch] 和犁头草 [*Viola japonica* Langsd.] 等。

1995 年到 1999 年, 除了样地 6 因树高的增加和自然整株的加速, 林地透光度提高, 植物种迅速增加外, 其它样地植物种增减不多, 林下植物种类变化处于相对稳定阶段。

表 4 反映了样地植物种变化的速度, 这里

表 5 不同林分密度样地植物科、属、种的变化

样地	1988 年			1995 年		
	科	属	种	科	属	种
6	5	5	5	23	25	26
4	9	10	10	29	37	37
2	23	24	24	29	32	34
5	7	7	7	26	40	41
1	18	19	20	32	37	39
3	16	16	16	39	48	51

属于乌毛蕨科(Blechnaceae),如乌毛蕨属(*Blechnum*);鳞始蕨科(Lindsaeaceae),如乌蕨属(*Stenoloma*);金星蕨科(Thelypteridaceae),如金星蕨属(*Parathelypteris*);鳞毛蕨科(Dryopteridaceae),如鳞毛蕨属(*Dryopteris*),狗脊蕨属(*Woodwardia*);里白科(Gleicheniaceae)的铁芒萁[*Dicranopteris linearis* (Burm.) Underw.]. 这些植物均以孢子繁殖,发育生长速度快,并适于杉木林下环境。草本植物还有如禾本科(Gramineae),有7属7种;蝶形花科(Papilionoideae)有7属8种;菊科(Compositae)有9属9种,也均较发达。木本植物主要有金缕梅科(Hamamelidaceae)的榿木[*Lythrum chinense* (R.Br.) Oliv.],马鞭草科(Verbenaceae)的紫珠属(*Callicarpa*),紫金牛科(Myrsinaceae)的杜茎山[*Maesia japonica* (Thunb.) Moritz],茜草科(Rubiaceae)的大叶白纸扇(*Mussaenda esquirolii* Levl.),荨麻科(Urticaceae)的麻属(*Boehmeria*),桑科(Moraceae)的小叶构树(*Broussonetia kazinoki* Sieb. et Zucc.)等。藤本植物主要有钩藤科(Naucleria)的钩藤,茜草科的鸡矢藤[*Paederia scandens* (Lour.) Merr.]等。上述这些植物,也是中亚热带杉木林下一些代表性的科、属、种。

### 3.2 不同密度林分林下植被盖度变化

林下植被盖度具有重要生态作用,包括改变林地覆被状况,保持水土,增加雨水渗透,改变土壤水热条件,是维护地力的一个重要因素。从表6可以看出,除了林分密度大的对照样地6外,其余密度较小并间伐后的样地林下植被盖度均以较快的速度增长,在观测的8a中平均年增长10%~15%,特别在间伐后3~4a增长速度尤其迅速,如样地4,年增长盖度达30%左右。样地3密度虽小,但林分生长好,郁闭度恢复快(一直保持为0.8~0.9),因此林下植被发育也比较慢。当林下植被盖度达到70%~80%以后,由于竞争的加剧,盖度增加速度又缓慢下来。但对照样地林下植被15a前一直发育很差,覆盖度只2%,直到16a后才开始缓慢增长,到20a左右,随林内透光度的增加才明显增加,20a以后所有样地林下植被覆盖度均达75%以上,不间伐的密度大的林分林下植被良好发育的时间要推迟7~8a。

表6 不同密度林分林下植被盖度的变化

观测年份	样地号						间伐样地平均值
	6	4	2	5	1	3	
1988	0.5	5.0		5.0			5.0
1989	2.0	9.0	37.3	9.0	17.8	11.4	16.9
1990	2.0	45.0	67.0	20.0	39.0	20.5	38.3
1991	2.0	62.5	74.2	25.3	60.8	28.2	50.2
1992	2.0	84.2	87.5	50.8	75.0	34.5	66.4
1993	5.2	93.0	99.0	57.0	93.0	53.0	79.0
1994	10.0	96.0	93.0	70.0	91.0	59.0	81.8
1995	30.0	100.0	90.0	80.0	100.0	73.0	88.6
1999	87.0	62.5	87.3	79.5	76.0	76.0	78.1

与林下植被盖度增加有关的是各主要植物种株数的增加,除样地6从1989~1994年株数增加很少(10m<sup>2</sup>内8~24株)外,其它样地株数也是迅速增长的,如样地5在4a间(1989~1992年)从80株增加到200株,而后保持为160多株。到1995年除样地6只有72株外,其它样地均保持为150~170株,但到了1999年,由于植物个体的生长与竞争,个体数有所减少,多数样地在10m<sup>2</sup>内保持为120~140株。

### 3.3 不同密度林分林下植被垂直结构变化

植物群落结构反映其发育状况, 发育良好的群落是多层结构的, 其生态功能也更大。不同密度林分林下植被结构状况有很大差别。表 7 表明, 样地 5 和 2 有明显的三层结构: 第一层是灌木, 第二层以狗脊蕨或鳞毛蕨为主, 第三层是禾本科的淡竹叶、荩草及金星蕨, 而各层的株数及盖度也较大, 表明垂直结构发育较好。但样地 6 到 1995 年仍保持单层结构, 即使到了 1999 年, 灌木层发育仍较差, 这说明结构的发育需要较长时间才能形成。

表 7 不同密度林分林下植被的垂直结构状况

年份	样地号	层次 <sup>1)</sup>	株数 <sup>2)</sup>	盖度/%	主要植物种 <sup>3)</sup>
1995	6	I	0	0	有少量灌木苗: 毛冬青、杜茎山、悬钩子
		II	2	5	狗脊蕨、土茯苓
		III	71	25	金星蕨、乌蕨
	5	I	9	40	木、乌饭树、紫珠、野苳麻
		II	21	40	狗脊蕨、土茯苓
		III	137	70	淡竹叶、金星蕨、乌蕨、苔草
2	I	30	80	木、紫珠、小叶构树、野苳麻、大叶白纸扇	
	II	47	90	狗脊蕨、土茯苓	
	III	94	60	淡竹叶、金星蕨、乌蕨	
1999	6	I	5	10	杜茎山、紫珠、土茯苓
		II	28	60	鳞毛蕨、菜蕨
		III	106	40	荩草、乌蕨、金星蕨
	5	I	14	25	杜茎山、紫珠、野苳麻、木
		II	21	40	鳞毛蕨、菜蕨
		III	57	60	荩草、金星蕨、乌蕨

注: 1) I 层高度在 100 cm 以上, II 层 50~100 cm, III 层 50 cm 以下。2) 株数指面积为 10 m<sup>2</sup> 以内的植物株数。3) 前面未出现的植物的拉丁学名: 毛冬青 (*Ilex pubescens* Hook. et Arn.), 悬钩子 (*Rubus palmatus* Thunb.), 狗脊蕨 [*Woodsia japonica* (L. f.) Sm.], 土茯苓 (*Smilax glabra* Roxb.), 金星蕨 [*Parathelypteris glanduligera* (Kze.) Ching], 乌蕨 [*Stenoloma chusanum* (L.) Ching.], 乌饭树 (*Vaccinium bracteatum* Thunb.), 紫珠 (*Callicarpa japonica* Thunb.), 野苳麻 (*Bolmertia gracilis* C. H. Wright), 淡竹叶 (*Lophatherum gracile* Brongn.), 苔草 (*Carex* spp.), 荩草 [*Athraxon hispidus* (Thunb.) Makino.]。

### 3.4 不同密度林分林下植被的演替状况

这里以两个样地为代表(表 8)主要分析林下组成植物种类, 反映植物种占优势状况的重要值及垂直结构的变化。在 3.1.1 节中已谈到当林下一些耐荫植物, 如蕨类植物的发育, 导致一些原为撩荒地的喜光植物在 2~3 a 内被淘汰。如在样地 2 中的草莓, 样地 6 的菜蕨很快消失, 而替代它们的是狗脊蕨及金星蕨。1992 年以前样地 2 的狗脊蕨和金星蕨的重要值是相似的, 如 1991 年狗脊蕨的重要值为 45.6, 金星蕨为 43.6, 但 1992 年金星蕨逐渐占优势, 到 1995 年金星蕨的重要值为 82.2, 狗脊蕨为 44.8, 而到了 1999 年, 狗脊蕨不占优势, 替代它的是金星蕨和鳞毛蕨。此外, 在 1991 年前灌木层主要是大叶白纸扇和榿木, 到 1992 年榿木已不占主要, 而由小叶构树替代, 1994 年后野苳麻为优势灌木, 其重要值到 1995 年达到 30.5, 到了 1999 年, 杜茎山成为优势灌木, 盖度达到 15%, 大叶白纸扇及野苳麻已不占主要地位。这说明样地 2 林下植被是不稳定的, 优势种仍在不断演化中。

表8 不同密度林分主要林下植物的特征值

样地号	地位指数	年份	郁闭度/%	优势植物 <sup>2)</sup>	密度 <sup>1)</sup>	频度/%	盖度/%	相对密度	相对频度	相对盖度	重要值
2	16	1989	0.75	草 莓	31	70	1.7	14.1	29.2	3.1	47.0
				狗脊蕨	12	50	4.3	5.5	20.8	7.8	34.1
				金星蕨	15	60	4.6	6.8	25.0	8.4	40.2
				大叶白纸扇	7	40	2.1	3.2	16.7	3.8	23.7
				槲 木	4	20	2.5	1.8	8.3	4.5	14.6
2	16	1990	0.83	金星蕨	10	70	5.8	5.3	33.3	7.7	46.3
				狗脊蕨	11	60	6.0	5.8	28.6	8.0	42.4
				大叶白纸扇	6	40	8.5	3.2	19.1	11.3	27.6
				钩 藤	2	20	4.0	1.1	9.5	5.3	15.9
2	16	1991	0.90	木	4	20	3.0	2.1	9.5	4.0	15.6
				狗脊蕨	15	80	4.7	6.1	33.3	6.2	45.6
				金星蕨	16	70	6.0	6.5	29.2	7.9	43.6
				钩 藤	4	40	16.6	1.6	16.7	21.8	40.1
2	16	1992	0.89	大叶白纸扇	6	30	5.5	2.5	12.5	7.2	22.2
				木	4	20	11.0	1.6	8.5	1.5	11.6
				金星蕨	33	90	13.5	18.4	32.1	14.5	65.0
				狗脊蕨	21	80	16.2	11.7	28.6	17.4	51.6
2	16	1993	-	钩 藤	9	50	10.6	5.0	17.9	9.7	32.6
				大叶白纸扇	6	30	9.0	3.4	10.7	9.7	23.8
				小叶构树	5	30	5.5	2.8	10.7	5.4	18.9
				金星蕨	42	100	15.1	25.3	34.5	15.6	75.4
2	16	1994	-	狗脊蕨	16	80	10.7	9.6	27.6	11.0	48.2
				钩 藤	7	50	12.5	4.2	17.2	7.2	28.6
				大叶白纸扇	6	30	12.0	3.6	10.3	6.2	20.1
				小叶构树	4	30	3.0	2.4	10.3	3.1	15.8
2	16	1994	-	金星蕨	15	100	15.9	11.0	38.5	20.0	69.5
				狗脊蕨	11	70	9.0	8.1	26.9	11.3	46.3
				钩 藤	4	40	8.3	2.9	15.4	10.4	28.7
				野苳麻	9	20	11.5	6.6	7.7	14.5	28.8
2	16	1995	-	大叶白纸扇	6	30	8.0	4.4	11.5	10.1	26.0
				金星蕨	40	100	20.1	20.5	37.0	24.7	82.2
				狗脊蕨	15	80	6.1	7.7	29.6	7.5	44.8
				大叶白纸扇	5	50	6.7	2.6	18.5	8.2	29.3
2	16	1999	-	野苳麻	9	20	11.5	4.6	11.8	14.1	30.5
				钩 藤	2	20	8.0	1.0	11.8	9.8	22.6
				金星蕨	27	80	35	20.8	38.2	10.5	69.5
				鳞毛蕨	12	60	18.5	9.2	38.2	10.5	57.9
6	16	1988	0.88	荻 草	23	70	3.4	17.7	3.7	9.2	30.6
				杜茎山	9	40	14.8	6.9	16.2	5.3	28.4
				菜 蕨	5	40	3.5	45.5	57.1	35.0	137.6
				柃 木	3	20	0.1	27.3	28.6	10.0	65.9
6	16	1989	0.85	土茯苓	1	10	0.1	9.1	28.6	10.0	47.7
				狗脊蕨	12	30	1.0	42.9	33.3	20.8	97.0
				乌饭树	2	20	0.6	7.1	22.2	12.5	41.8
				菜 蕨	2	20	0.2	7.1	22.2	4.2	33.5
6	16	1989	0.85	土茯苓	1	10	0.2	3.6	11.1	4.2	18.9
				金星蕨	2	10	0.1	7.1	11.1	2.1	20.3

(续表 8)

样地号	地位指数	年份	郁闭度/%	优势植物 <sup>2)</sup>	密度 <sup>1)</sup>	频度/%	盖度/%	相对密度/	相对频度	相对盖度	重要值
6	16	1990	0.93	狗脊蕨	10	30	1.4	41.7	42.8	19.2	103.7
				金星蕨	3	20	0.2	12.5	28.6	2.7	43.8
				菜蕨	1	10	0.5	4.2	14.3	6.8	25.3
				乌饭树	1	10	0.5	4.2	14.3	6.8	25.3
				土茯苓	1	10	0.5	4.2	12.5	6.8	23.5
6	16	1991	-	狗脊蕨	12	40	1.5	22.6	8.6	37.5	88.7
				乌蕨	11	50	0.5	20.6	35.7	12.5	68.8
				金星蕨	3	30	0.3	5.7	21.4	7.5	36.8
				乌饭树	1	10	0.2	1.9	7.1	5.0	14.0
				南蛇藤	1	10	0.2	1.9	7.1	5.0	14.0
6	16	1992	0.93	狗脊蕨	8	30	1.7	19.0	25.0	23.3	67.3
				乌蕨	4	30	0.7	9.5	25.0	9.6	44.1
				铁角蕨	3	30	0.3	7.1	25.0	4.1	36.2
				钩藤	4	20	0.4	9.5	16.6	5.5	28.6
				算盘子	1	10	1.0	2.4	8.3	13.7	24.4
6	16	1993	-	狗脊蕨	10	40	1.4	17.2	30.8	13.2	61.2
				乌蕨	5	30	0.7	8.6	23.1	6.6	38.3
				铁角蕨	5	30	0.6	8.6	23.1	5.7	37.4
				钩藤	4	20	1.0	6.9	15.4	9.4	31.7
				算盘子	1	10	1.0	1.7	7.7	9.4	18.8
6	16	1994	-	狗脊蕨	5	50	4.6	5.9	31.3	24.5	61.7
				铁角蕨	16	40	3.8	18.8	25.0	20.2	64.0
				金星蕨	6	40	1.9	7.1	25.0	10.1	42.2
				钩藤	3	20	0.9	3.5	12.5	4.8	20.8
				算盘子	1	10	1.5	1.2	6.3	8.0	15.5
6	16	1995	-	金星蕨	25	60	7.2	22.5	31.6	20.3	74.4
				铁角蕨	17	40	1.8	15.3	15.8	5.0	36.1
				狗脊蕨	5	40	1.8	4.5	15.8	5.1	25.4
				绞股兰	4	40	3.2	3.6	15.8	9.0	28.4
				算盘子	1	10	3.0	0.9	5.3	8.5	14.7
6	16	1999	-	金星蕨	26	100	27.0	18.7	32.9	14.9	66.5
				鳞毛蕨	18	90	20.0	12.9	10.4	24.4	47.7
				荇草	22	90	4.5	15.8	13.4	5.5	34.7
				杜茎山	7	40	5.0	5.7	8.5	6.1	19.7
				钩藤	8	50	2.5	5.8	7.5	3.1	16.4
				乌蕨	8	50	6.5	5.8	7.5	7.9	21.2

注: 1) 密度指面积为  $10\text{m}^2$  以内的植物株数; 2) 前面未出现的植物的拉丁学名: 铃木(*Eurya japonica* Thunb.)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus* Thunb.)、铁角蕨(*Asplenium tripteropus* Nakai)、算盘子[*Glochidion puberum* (L.) Hutch.]、绞股兰[*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Mak.]。

样地 6 是对照样地, 林分密度较大, 演替速度较慢, 灌木发育差, 在林下植被中不占主要地位。草本植物在 1994 年以前一直是狗脊蕨与乌蕨占优势, 1995 年以后演替速度加快, 金星蕨占优势, 狗脊蕨占次要地位, 其重要值分别为 74.4 和 25.4。但到了 1999 年又有新的变化, 占优势的除金星蕨外, 还有鳞毛蕨及荇草。此时, 灌木杜茎山发育生长迅速, 其重要值为 19.7。但灌木层的发育仍不明显。

### 3.5 不同密度林分林下植被的生物量

林下植被对地力的维护功能主要取决于其生物量的多少。当植被生物量较高时对枯落物的分解和养分循环有明显的促进作用。在13 a的观测中,共做了2次(1993年和1999年)生物量测定。1993年的测定结果表明(表9),生物量排序与盖度的变化基本一致,盖度大的生物量大。除样地2的生物量较大外,其余样地的生物量均低于 $3.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,尤其是样地6的生物量只有 $0.31 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。但到1999年除样地3外(因林分生长较好,郁闭度保持较大),其余样地的生物量均达到 $45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,其中尤以样地6发育生长最迅速。据有关研究<sup>[1]</sup>认为当杉木林下植被生物量达到 $5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上时,对地力的维护就会产生明显效果。

表9 不同年份不同密度林分林下植被的生物量

样地号	生物量/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )		不同植被生物量比重/%			
	1993年	1999年	木本	草本	藤本	蕨类
6	0.312 3	5.797 0	22.7	14.5	12.9	49.9
4	3.224 9	5.831 0	54.9	8.0	11.5	25.6
2	4.338 5	4.488 4	29.3	8.5	3.3	58.9
5	1.697 4	5.332 4	44.7	7.8	9.9	37.6
3	2.432 0	3.386 9	17.1	9.3	45.8	27.8

从不同植物类型生物量所占比重看,蕨类植物在所有样地中均占有较大比重(25.6%~58.9%),木本植物比重也较大(17.1%~54.9%),特别是样地4与5比重高达44.7%~54.9%,其余草本植物及藤本植物比重均较低。

## 4 结 论

(1) 调整杉木林分密度,可以促进杉木人工林林下植被的发育,以形成草、灌、乔多层群落结构。不间伐或推迟间伐会影响林下植被发育,在林分20 a以后才有可能得到较好发育。及时间伐的林分,林下植被发育迅速,8~10 a后林下植被覆盖度可达80%~90%,形成三层垂直结构,生物量可达 $4\sim 5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在10 a后,促进林下植被迅速发育的林分密度应为2 000~1 500株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。根据同区域的密度研究,这样的密度到轮伐期时不会影响出材量和经济效益,却能形成良好发育的林下植被,增加植物多样性以维护地力。

(2) 杉木林下植物种类丰富,从9~10 a间伐到20 a,一个样地内的植物可达26~39科,32~48属,34~51个种,6个样地的林下植被增加到60科,86属,93种,如果包括竞争中已淘汰的种,植物种累计达82科,142属,166种,苔藓植物未计在内。林下植物以蕨类植物为主,占优势的为金星蕨、鳞毛蕨、狗脊蕨,其次是禾本科植物,主要是荩草、淡竹叶。灌木植物主要是榿木、杜茎山、野苕麻、大叶白纸扇、紫珠等。藤本植物主要是钩藤和鸡矢藤。

(3) 植物演替反映了立地条件较好的杉木林分情况(多为16地位指级),林下植物演替速度快。在间伐后1~2 a,由于耐荫的蕨类植物的增加,一些撩荒地生存的喜光植物被替代,蕨类植物中一开始以狗脊蕨占优势,其次是金星蕨,5~6 a后逐渐由金星蕨替代,10 a以后又以金星蕨、鳞毛蕨占优势,这也反映出杉木林下环境比较荫湿,土壤比较湿润肥沃。同时灌木植物一开始是榿木、大叶白纸扇占优势,以后逐渐由大叶白纸扇、野苕麻和杜茎山占优势,灌木种类也不断增多。未间伐林地演替速度是比较慢的,但到了20 a前后,演替速度加快,在4~5 a内,植物种类、覆盖度、生物量也达到间伐林分的水平,不同的是垂直结构发展较差,灌木发展滞后,未形成三层结构。



## 参考文献:

- [1] 姚茂和, 盛炜彤. 林下植被对杉木林地力影响的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(3): 247~ 251.
- [2] 盛炜彤, 杨承栋. 关于杉木林下植被对改良土壤性质效用研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 377~ 385.
- [3] 姚茂和, 盛炜彤, 熊有强. 杉木林下植被及其生物量的研究[J]. 林业科学, 1991, 27(6): 644~ 648.
- [4] 熊有强, 盛炜彤, 增满生. 不同间伐强度杉木林下植被发育及生物量研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(4): 408~ 412.
- [5] 张先仪, 盛炜彤, 张小文. 杉木人工林不同保留密度对林下植物发展和水土保持影响的研究[J]. 世界林业研究, 1996, 9(杉木建筑材优化栽培模式研究专集): 168~ 206.

## A Long-term Study on Development and Succession of Undergrowth Vegetations in Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) Plantations with Different Density

SHEN G Wei-tong

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** In 1986, a study was initiated on the 8 or 9-year-old *Cunninghamia lanceolata* plantations with different retained density after thinning at the Shangcun Forest Farm of the Experimental Center for Subtropical Forestry under the Chinese Academy of Forestry (CAF), which is located in Fenyi County of Jiangxi Province. Six sample plots were set up in the Chinese fir plantations with stand density of 3 000 trees · hm<sup>-2</sup>, 2 400 trees · hm<sup>-2</sup> and 1 500 trees · hm<sup>-2</sup> and with the canopy density of 0.9, 0.7 and 0.6 respectively. The annual investigation has been made for 13 years on the development of undergrowth vegetation in the sample plots. The results showed that the undergrowth vegetation developed rapidly and flourished in the plantations with canopy density 0.7 the coverage of undergrowth vegetation had reached 80% ~ 90%, with the total amount of undergrowth biomass of 4 or 5 t · hm<sup>-2</sup> and three-storey stand structure was formed in these plantations 8 to 10 years after thinning. But, in the plantations with high density, the undergrowth vegetation started developing only when the plantation grew up to 20 years old. Therefore, reasonable thinning of the plantation can be an effective way for well development of undergrowth vegetation. Generally, when the plantation with initial planting density of 2 500 ~ 3 000 trees · hm<sup>-2</sup> grows up to 10 years old, the reasonable retained stand density should be 1 500 ~ 2 000 trees · hm<sup>-2</sup> and the canopy density should be 0.6 ~ 0.7 after thinning. The results also showed that the main undergrowth plant species are fernery in *Cunninghamia lanceolata* plantations.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata* plantation; stand density; development of undergrowth vegetation; vegetation succession