

# 皖东松树纯林与复层混交林比较研究

潘国兴 贺 民 (安徽农业大学, 合肥 230036)

**【摘要】** 通过对皖东地区松树纯林和零星分布的复层林的调查, 比较了单纯林和复层林的材积生长以及林地土壤理化性质的改善情况, 研究了林内的光环境和庇荫下的林木的生理生态特性, 认为建立充分发挥森林多种效益的人工复层林施业体系是该地区林业经营的方向。

**关键词** 复层林 单纯林 马尾松 黑松

**Comparative study on pure pine and mixed multi-storied stands in east Anhui.** Pan Guox-ing and He Min (Anhui Agricultural University, Hefei 230036). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 1994, 5(4): 342-348.

Based on the investigations of pure pine and mixed multi-storied stands in east Anhui, their volume growth and soil physico-chemical properties are compared, and internal illumination conditions of the stands and physiological and ecological characteristics of forest trees under shade are analyzed. It is believed that a working plan system for establishing an artificial multi-storied stand which may bring the multi-benefits into full play is an effective way of forest management in this region.

**Key words** Multi-storied forest, Pure forest, *Pinus massoniana*, *Pinus thunbergii*.

## 1 引言

皖东地区(安徽省滁县地区)约有  $10 \times 10^4$  ha 松树纯林(马尾松 *Pinus massoniana*、黑松 *Pinus thunbergii*) 和零星分布其间的复层林(实际上是同龄混交林, 只是由于混交树种生长进程的差异, 才形成复层林相), 本文针对该地区松树纯林生产力低和松毛虫危害严重等问题, 在分析两种林相效益的基础上, 提出有关复层林的施业技术, 为松树纯林改造和人工复层林的造成提供方法和依据。

## 2 调查方法

### 2.1 标准地选择和调查

在地块毗邻、立地条件相同的单纯林和复层林内设置面积为 0.0667 ha 的标准地计 56 块。标准地内每木实测胸径和树高, 按林层选取平均木作为解析木, 并调查土壤、植被和林内幼树更新情况。

### 2.2 林内照度的测定

用 JD-1A 照度计 2 台, 同时测定林内、林外的光照度, 求出各测点林内光照度占林外光照度的百分比的平均相对照度。

### 2.3 土壤理化性质的测定

在标准地内选择有代表性位置挖土壤剖面, 分 A、B 层采集土样。用比重瓶法测定土壤比重, 用环刀法测定土壤容重和毛管孔隙度, 用开氏法测定全 N, 用碳酸氢钠法测定速效 P, 用重铬酸钾法测定有机质。

## 3 结果与分析

### 3.1 复层林的材积生长

和单纯林相比, 复层林能期待较高的材积生长量。从表 1 可见, 除、组外, 复层林的材积总生长量均高于单纯林。在复层林材积总生长量中, 和主林层相比次林层占的比率一般是很低的, 但在最近两年定期平均生长量中次林层占的比率却有很

表 1 不同林相林分的材积生长

Table 1 Volume increment of different forest form stand

组号 Number	调查地点 Investigation site	林分类型 Forest type	林层 Story	树种 Tree species	年龄 Age	平均树高 Average height (m)	密度 Density (plant ha <sup>-1</sup> )	平均胸径 Average D. B. H (cm)	材积 Volume (m <sup>3</sup> · ha <sup>-1</sup> )	相对照度 Rate of luminosity (%)	
孤山 <sup>1)</sup> 林场		复层林 <sup>6)</sup>	主 <sup>8)</sup>	栎类 <sup>10)</sup>	18	10.9	8.3	495	10.95	24	
			次 <sup>9)</sup>	黑松 <sup>11)</sup>	18	7.1	10.6	1260	44.70		
瓦山 <sup>2)</sup> 林场		复层林	主	黑松	18	6.7	11.2	1365	58.05	36	
				次	马尾松 <sup>12)</sup>	13	8.0	11.4	900	38.25	20
				单纯林	马尾松	13	9.1	12.3	1695	62.80	25
老加山 <sup>3)</sup> 林场		复层林	主	马尾松	27	14.6	16.5	960	136.35	26	
				次	栎类	27	10.8	11.5	540	27.75	
				单纯林	马尾松	27	11.7	15.7	1545	134.40	32
老加山 林场		复层林	主	马尾松	22	12.5	15.8	960	109.95	22	
				次	栎类	23	7.5	5.3	2205	15.15	
				单纯林	马尾松	22	11.5	13.6	1515	96.90	31
老加山 林场		复层林	主	马尾松	27	11.1	17.0	855	93.00	17	
				次	杜仲 <sup>13)</sup>	32	6.5	6.3	780	8.25	
				单纯林	马尾松	27	10.8	16.0	1065	96.45	36
孤山 林场		复层林	主	黑松	18	8.6	10.3	1665	58.65	15	
				次	栎类	18	6.3	5.4	1965	18.30	
				单纯林	黑松	18	8.7	9.0	2565	64.05	23
孤山 林场		复层林	主	马尾松	18	11.0	12.4	1590	100.20	20	
				次	栎类	18	8.1	6.6	1215	17.25	
				单纯林	栎类	18	8.9	9.6	2595	79.95	30
瓦山 林场		复层林	主	马尾松	15	8.4	12.0	1560	74.85	19	
				次	栎类	15	6.3	6.2	1725	25.20	
				单纯林	马尾松	15	8.6	11.8	1875	91.95	24
紫阳 <sup>4)</sup> 林场		复层林	主	刺槐 <sup>14)</sup>	16	5.7	7.9	1275	27.15	16	
				次	黑松	16	2.9	5.5	2955	20.70	
				单纯林	黑松	16	5.5	8.3	1470	30.15	27
西桃园 <sup>5)</sup> 林场		复层林	主	马尾松	20	10.4	15.6	1305	118.95	13	
				次	黄檀 <sup>15)</sup>	18	5.4	5.2	3135	18.90	
				单纯林	马尾松	20	11.3	14.0	1560	121.65	33

1) Gushan tree farm, 2) Washan tree farm, 3) Laojiashan tree farm, 4) Ziyang tree farm, 5) Xitaoyuan tree farm, 6) Multi-storied forest, 7) Pure forest, 8) Main storey, 9) Substorey, 10) *Quercus*, 11) *Pinus thunbergii*, 12) *Pinus massoniana*, 13) *Eucommia ulmoides*, 14) *Robinia pseudocacia*, 15) *Dalbergia bupleana*.

大提高。表 2 是根据复层林主、次林层解析木资料整理而成的, 由表 2 可知, 除

组外其它各组复层林均符合上述规律, 说明次林层因庇荫造成的初期生长缓慢并非不利, 相反却证明当时主林层正在充分地利用光能, 并且这种初期生长缓慢随着光照条件改善到后期能得到相当的补偿, 这也是复层林能有效地利用光能的理由之

一。

### 3.2 主、次林层的树种构成

皖东地区的复层林, 尽管主、次林层都是由阳性树种构成, 但由于林内保持一定的透光度(相对照度 13—26%), 下层木不仅无枯萎现象, 而且生长良好。只是由于上层木树种不同, 下层木生长状况有差异而已。

表 2 复层林材积总生长量和定期平均生长量的主次林层的比率

Table 2 Total volume increment of multi-storied stand and the rate of periodic mean volume increment between main storey and substorey

组号 Number	年 龄 Age		材积总生长 Total volume increment ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	主林层 Main storey (%)	次林层 Substorey (%)	最近两年定期平均生长量 Periodic mean volume increment in past two years ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	主林层 Main storey (%)	次林层 Sub- storey (%)
	主林层 Main storey (%)	次林层 Substorey (%)						
	18	18	55.65	20	80	4.710	59	41
	14	13	73.50	48	52	19.080	67	33
	27	27	164.10	83	17	11.160	73	27
	22	23	125.10	88	12	6.255	78	22
	27	32	101.25	92	8	5.400	87	13
	18	18	76.95	76	24	6.525	53	47
	18	18	117.45	85	15	8.925	65	35
	15	15	100.05	75	25	12.690	70	30
	16	16	47.85	57	43	4.050	79	21
	20	18	137.85	86	14	11.670	81	19

表 1 和 2 数据表明, 凡松树居于上层林冠者, 不仅材积总生长量高于单纯林, 而且下层木后期生长也明显加快. 这是因为上层松树进入壮龄期以后, 枝条已不再形成明显的轮层而呈散生状态, 树冠的郁闭开始破裂, 林内光照强度增加, 不仅提高了下层木的光合生产量, 同时由于林分的立体结构, 也提高了全林分的生产量. 相反, 当阔叶树居于上层林冠, 虽然在落叶期间林内透光度较好, 但在夏季, 作为经营主体的松树在阔叶树浓密树冠庇荫下, 生长受到抑制, 以致影响材积的总生长量. 由此不难看出, 以强阳性针叶树构成主林层, 以适于和伴生树种混交、要求侧方庇荫的落叶阔叶树构成次林层的人工复层林具有较高的森林生产力.

### 3.3 次林层的形状比

复层林的次林层树干比较细长. 根据标准地每木测胸径测树高材料, 求出树高和形状比的关系如图 1 所示. 为比较起见, 以单纯林予以表示. 次林层树木的形状比在树高高低的时候, 栎类 (*Quercus*)、黄檀 (*Dalbergia bupeana*) 均超过 140, 树高达到 6m 以上, 形状比的平均值栎类为 120,

黄檀为 95 左右. 形状比高, 表明直径生长受到抑制, 自木材的中心部位年轮幅度较窄, 而且能长成干形圆满的优质材. 另一方面, 形状比超过 100 以上, 易遭风折或雪压危害.

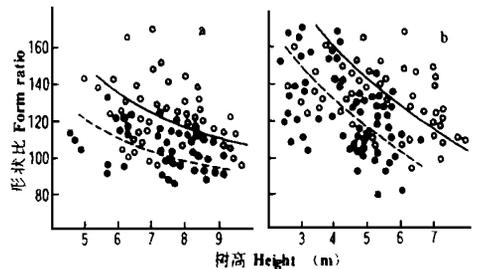


图 1 次林层树木的形状比

Fig. 1 Form ratio of trees in the substorey.

○ 次林层木 Substorey, ○ 单纯林 Pure forest.

### 3.4 林内更新状况

在林内气象条件下更新, 由于气候和土壤水分条件较好, 可提高造林成活率. 表 3 列举了西桃园林场的调查实例.

表 3 中各区均为 20 年生马尾松 (*Pinus massoniana*) 林, 因位于同一坡面, 立地条件基本相同. 1 区于当年实施皆伐, 伐后全面整地仍栽植马尾松, 并补植和 3 次除草. 2 区于当年实施间伐, 林冠下栽植马尾

松。1990 年全部砍去上层马尾松, 未进行补植和除草。

调查结果表明, 在 1986 年气候特别干旱的情况下, 林内更新的成活率远远高于皆伐迹地更新的成活率。另外, 马尾松幼年

稍耐一定庇荫, 林内保持 20–30% 的相对照度, 对幼树的生长影响不大。

### 3.5 地力维持的状况

不同林相林分的地力维持状况见表

### 4. 从土壤容重来看, 复层林普遍低于单纯

表 3 不同更新方式更新情况调查结果

Table 3 Results of regeneration conditions under various regeneration type

调查年度 Year	采伐迹地更新(1区) Regeneration on the clearing			林内更新(2区) Regeneration on the forest			调查年度 Year	采伐迹地更新(1区) Regeneration on the clearing		林内更新(2区) Regeneration on the forest	
	相对照度 Relative illumination (%)	造林株数 Density	成活率 Survival rate (%)	相对照度 Relative illumination (%)	造林株数 Density	成活率 Survival rate (%)		株数 Density (plant · ha <sup>-1</sup> )	平均高 Average height (m)	株数 Density (plant · ha <sup>-1</sup> )	平均高 Average height (m)
1986	100	4500	36	28	3825	82	1991	4245	3.2	3735	2.7

表 4 不同林相林分的土壤理化性质

Table 4 Soil physical-chemical character of different forest form stand

组号 Number	林分类型 Forest type	树种 Tree species	土壤剖面 Soil profile	比重 Specific gravity	容重 Unit weight	总孔隙度 Total porosity (%)	毛管孔隙度 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙度 Not capillary porosity (%)	固相 Solid phase	液相 Liquid phase	气相 Gas phase	速效 P Available P (mg · 100g <sup>-1</sup> )	全 N Total N (mg · 100g <sup>-1</sup> )	有机质 Organic matter (%)
复层林 <sup>1)</sup>	栎类 <sup>3)</sup>	黑松	A	2.610	1.320	50.59	47.21	3.38	49.41	21.20	29.39	1.74	10.58	2.43
			B	2.637	1.385	47.47	38.71	8.76	52.53	11.30	36.17	1.22	3.54	0.79
单纯林 <sup>2)</sup>	黑松	黑松	A	2.626	1.340	48.94	46.08	2.86	51.06	19.00	29.94	-	7.58	2.00
			B	2.658	1.508	43.28	35.98	7.30	56.72	8.70	34.58	-	3.39	0.59
复层林	栎类	马尾松 <sup>5)</sup>	A	2.679	1.200	55.22	40.71	14.51	44.78	22.90	32.32	1.64	15.89	3.68
			B	2.735	1.456	46.78	37.93	8.25	53.22	12.05	34.73	1.33	6.92	1.65
单纯林	马尾松	马尾松	A	2.586	1.296	49.90	38.60	11.30	50.10	12.20	37.70	1.22	14.93	2.85
			B	2.626	1.386	45.63	35.50	10.13	54.37	12.34	33.29	1.02	5.33	1.37
复层林	马尾松	栎类	A	2.620	1.278	51.35	41.71	9.64	48.65	17.80	33.55	1.15	15.65	3.47
			B	2.659	1.440	45.26	31.70	13.56	54.74	8.50	36.76	1.45	8.01	1.49
单纯林	马尾松	马尾松	A	2.631	1.295	47.23	39.34	7.89	52.77	6.30	40.93	1.84	12.29	4.26
			B	2.679	1.477	43.15	30.84	12.31	56.85	4.50	38.65	0.92	9.89	2.91
复层林	马尾松	杜仲 <sup>6)</sup>	A	2.529	1.051	58.45	46.44	12.01	41.55	20.20	38.25	2.35	25.00	6.54
			B	2.632	1.217	51.30	34.26	17.04	48.70	10.30	41.00	1.56	12.57	3.07
单纯林	马尾松	马尾松	A	2.638	1.470	44.28	41.26	3.02	55.72	10.50	33.78	2.20	9.33	2.39
			B	2.653	1.493	41.58	32.44	9.14	58.42	4.00	37.58	1.46	7.23	1.71
复层林	马尾松	黄檀 <sup>7)</sup>	A	2.627	1.217	53.69	46.25	7.44	46.31	15.00	38.69	1.63	9.60	2.52
			B	2.628	1.259	45.26	36.03	9.23	54.74	16.60	28.66	1.27	8.95	2.29
单纯林	马尾松	马尾松	A	2.620	1.399	46.61	44.28	2.33	53.39	6.50	40.11	1.12	7.30	1.56
			B	2.640	1.490	43.58	35.56	8.02	56.42	5.30	38.28	0.62	5.22	0.96
复层林	马尾松	栎类	A	2.616	1.286	50.84	40.81	10.03	49.16	16.50	34.34	2.30	11.15	5.95
			B	2.636	1.377	45.81	33.17	12.64	54.19	9.70	36.11	1.21	5.45	1.45
单纯林	马尾松	马尾松	A	2.622	1.381	47.32	39.09	8.23	52.68	7.38	39.94	1.42	7.15	1.80
			B	2.652	1.441	42.53	32.81	9.72	57.47	5.12	37.41	0.61	4.26	1.04

1) Multi-storied forest, 2) Pure forest, 3) *Quercus*, 4) *Pinus thunbergii*, 5) *Pinus massoniana*, 6) *Eucommia ulmoides*, 7) *Dalbergia bupeana*.

林,说明复层林土壤比较疏松,结构良好.从3相组成来看,各组的A层和B层都明显不同.以固相而论,任何林相的林分B层均大于A层,在A、B层中,复层林又比单纯林低.因固相容积是由石砾、细土、细根所组成,复层林内土壤的固相容积之所以低于单纯林,可能是因为土壤中细土和细根的含量较多的缘故.3相组成中由于土壤水分和空气是经常变动的,所以液相和气相容积是一个依时而变的数值.土壤的全容积和固相容积之差就是总孔隙度,和A层相比,B层的总孔隙度普遍偏低,而复层林各层的总孔隙度均大于单纯林.在总孔隙度中毛管孔隙度所占的比例,复层林也高于单纯林.土壤总孔隙度和毛管孔隙度高,任何时刻都能充分发挥保水、通气、排水的作用,无论从提高林地生产力,或从涵养水源、保持水土来看都是非常重要的.另外,从土壤的化学成分的分析结果来看,复层林土壤的无机养分和有机养分含量一般均高于单纯林,说明复层林的物质循环比单纯林好.

### 3.6 林内的光环境

**3.6.1 林内照度的日变化** 即使是同一林分内的相对照度,由于测定时间不同,测定值是有变化的.因此,如果不了解其日变化,即使求出相对照度,也不能充分评定其数值.为了比较不同林相林分内的光环境的日变化规律,分别测定了复层林和单纯林全天的相对照度.由表5可知,林内的平均相对照度,在一天中以正午最高,早晚最低.这与树身的水平投影在正午时最短、早晚时变长有关.或者说在全光条件下连结太阳和林内某点的直线上的叶、枝、干的数量,是在太阳高度低的早晚时多,通过树冠的空隙直达林地的直射光是在接近太阳高度高的正午时容易射入.在复层林中,全天任何时刻的平均相对照度均低于单纯林,

说明复层林对光能的利用率高.另外,全天任何时刻的胸高处的平均相对照度均大于地面,这对于下层木顶端部位的生长是极为有利的.

表5 全光条件林内照度的日变化

Table 5 Daily variation of luminosity in the forest

高度 Height	时间 Time	照度 Illumination (%)	
		马尾松单纯林 Pure stand	马尾松黄檀复层林 M ulti-storied forest
胸高 <sup>1)</sup>	9 00	17.6	6.0
地面 <sup>2)</sup>		16.4	5.4
胸高	10 00	21.8	9.0
地面		18.0	7.0
胸高	11 00	23.4	13.2
地面		18.8	9.0
胸高	12 00	27.3	14.8
地面		26.1	9.6
胸高	13 00	25.5	16.7
地面		20.8	12.6
胸高	14 00	22.3	13.6
地面		16.8	10.0
胸高	15 00	19.6	10.3
地面		15.4	7.3
胸高	16 00	15.6	7.5
地面		14.4	5.8
胸高	17 00	8.0	6.6
地面		8.7	5.4
胸高	18 00	7.3	5.7
地面		6.9	4.5

1) Breast height, 2) Ground.

**3.6.2 林分年龄与相对照度** 林分郁闭以后,林内光线变暗,相对照度降低.而随着林龄增长,自然整枝加快,枝下高上升,即使树冠重叠交错,但因阳光从侧方射入,林内却相当明亮,相对照度迅速提高,这在不同林龄的松林内反映很明显(表6).因此,若将单纯林改造成为复层林,必须研究上层林分的年龄与相对照度的关系,选择好改造的适期.

**3.6.3 幼树生长与相对照度** 相对照度在20-15%以下,光是生长的制约因素,相对照度和高生长之间有很高的相关性.然而超过这个界限以上,光照强度越大,地位级和除草与否的影响越大,相对照度和生长的相关破裂.根据测定的松树林内更新的栎类幼树的顶端(地上0.4-1.5m)的平

表 6 马尾松林分年龄与相对照度

Table 6 Age of *Pinus massoniana* stand and relative illumination

年龄 Age	平均高 Average height (m)	平均胸径 Average D. B. H (cm)	密度 (株数·ha <sup>-1</sup> ) Density (plant·ha <sup>-1</sup> )	相对照度 Illumination (%)
13	7.9	12.3	1695	21.9
15	7.6	11.8	1500	23.2
16	9.6	11.6	1830	22.1
18	9.3	12.6	2205	23.5
19	8.3	11.7	1800	25.4
20	9.1	14.3	1635	28.1
22	10.7	13.6	1590	33.4
22	9.2	12.7	1725	29.6
26	9.6	13.1	1665	34.5
27	10.8	16.8	1635	39.2
27	11.7	15.7	1800	38.2

均相对照度和年间高生长的关系如图 2 所示。图 2 曲线表明, 光对幼树生长影响最大的相对照度是在 20% 以下。另外, 相对照度在 10% 的条件下, 年间仍有 10cm 的伸长量。就复层林施业而言可以利用这种关系, 通过调整上层木的立木度和修枝等, 为林内更新的幼树生长创造适宜的光环境。

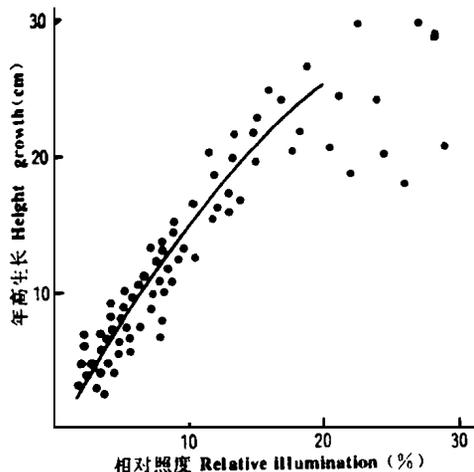


图 2 林内照度和幼树的生长(栋类)

Fig. 2 Relative illumination in forest and seedling growth (Oak).

3. 6. 4 距林缘距离与相对照度 林缘因光从侧方射入所以明亮, 随着进入到林内就逐渐变暗。在带宽 54m 的松林内, 从东侧林缘到西侧林缘每隔 5 m 调查了林内照

度。结果从林缘一进入 15m, 侧方光线的影响就变小。这个林分的平均高是 10.8m, 在这种情况下, 一进入大约相当于树高 1.5 倍的距离处, 林缘的影响就变小。但是, 这种侧方光线的影响又因立木密度而异, 密度越大影响的距离越小。

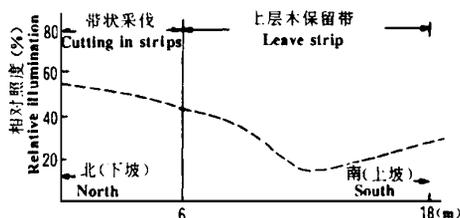


图 3 带状采伐林分的全光相对照度

Fig. 3 Relative illumination of cutting atrips forest.

就非皆伐作业而言, 应该考虑利用这样的侧方光线, 可采用带状采伐。在位于北坡的平均树高 11.7m 的松树林内, 沿等高线按斜距离带状采伐带宽 6m, 相当于树高的 1/2, 保留大致和树高相等的 12m。在保留带内实施株数间伐率 30% 的下层间伐, 于正午前后测定全光相对照度(图 3)。因为带状采伐地位于北坡下部, 所以在保留立木的底荫下其平均相对照度为 55%。但从北侧一进入立木保留带相对照度就减小, 到达一定距离, 因来自南侧的侧方光线的影响, 相对照度又逐渐提高。由此不难看出, 如采用这种不等带间隔采伐方式进行林内更新, 可使林内更新的幼树充分利用这样的侧方光线。

## 4 结 论

4. 1 人工针阔复层林能高效率地利用太阳能, 提高森林的生产量和蓄积量; 林内相对照度低, 下层木直径生长受到抑制, 有利于培育干形圆满的优质材; 在林内气象条件下更新, 有利于提高造林的成活率, 同时还由于能抑制杂草木的繁茂生长, 也节省了除草等幼林抚育费用; 在实行非皆伐作

业的条件下,土壤的特性得以维持,既提高了土地生产力,也提高了保持水土和涵养水源的功能.

4.2 要造成一个人工的复层林结构,林内更新的树种当然以耐阴性强的树种为宜,但也并不排除阳性树种的可能性.据此,复层林的树种选择也就比较自由,可以如同单纯林那样完全按照适树适种的原则和经济的观点来确定.根据皖东地区的自然地理条件,在林层的树种构成上,主林层可选择能培育大径材的阳性针叶树如松类,次林层可选择和伴生树种混交的,要求侧方庇荫条件的阳性阔叶树,如栎类.

4.3 任何林龄的单纯林通过林内更新都能改造成复层林,但在幼龄期特意栽植幼树而进行无收益的强度间伐是不合算的.因此必须研究林分年龄和相对照度的关系,选择好改造适期.由松树纯林改造成针阔混交复层林应选择在松树壮龄期以后,因为此期间树冠的郁闭开始破裂,林内相对照度增加,不仅能满足更新的幼树对光的要求,而且结合上层木的间伐还能生

产一定规格的用材.两者相比无疑后者的经济效益高.

4.4 在松树林内更新栎类幼树,相对照度在 20% 以下时,光是影响幼树生长的主导因素,两者之间有很高的相关性,相对照度超过 20% 以上,两者相关破裂.相对照度在 10% 左右时,年间仍约有 10cm 的伸长量.因此,就一般阳性阔叶树作为下层木栽植而言,只要把上层木株数间伐率控制在林内相对照度达到 20% 左右的程度即可.

4.5 因光从侧方射入所以林缘明亮,随着进入到林内就逐渐变暗.对于实行非皆伐作业的复层林施业来说,应该考虑利用这样的侧方光线.可采用不等带间隔采伐方式进行林内更新,可使更新幼树充分利用侧方光线.

#### 参考文献

- [1] 坂口胜美等. 1982. 复层林的施业技术. 日本林业技术协会, 7, 115.
- [2] 早稻田收. 1981. 复层林的培育方法. 全国林业改良普及协会, 75- 77.