

三种人工林的结构特征及林分改造对策

戴朝晖¹ 叶永昌² 朱剑云² 刘颂颂² 苏志尧¹

(1. 华南农业大学林学院 广东广州 510642; 2. 东莞市林业科学研究所)

摘要 对广东省大岭山桉树、马尾松、马占相思三种人工林进行样方调查,分析了林分结构特征并提出林分改造对策。三种人工林的立木密度分别为 1 268, 2 232, 1 524 株/hm²,随着径级的增大,立木数减少。群落种群的频度级分布均为 A > B > C > D = E = 0。垂直结构明显,层间植物种类多,林下植被丰富。除草本层外乔木层、灌木层和层间植物这三个的 Shannon-Weiner 多样性指数和均匀度比较接近,而且和自然条件下的广东亚热带常绿阔叶林的群落组成结构基本相符。林分结构特征表明三种人工林受到的人为干扰少,林分改造效果较明显,从演替的角度看,这三种林分有向亚热带常绿阔叶林发展的趋势。

关键词 人工林 林分结构 林分改造

中图分类号: S756 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2009)01-0016-07

Structural Characteristics of the Three Forest Plantation and the Strategies for Forest Rehabilitation

Dai Zhaohui¹ Ye Yongchang² Zhu Jianyun² Liu Songsong² Su Zhiyao¹

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642; 2. Dongguan Institute of Forest Sciences)

Abstract Based on field surveys in Dalingshan, Dongguan, structural characteristics of the three types of forest plantations, i. e., *Eucalyptus*, *Pinus massoniana*, and *Acacia mangium* plantations, were analyzed and the strategies for forest rehabilitation were put forward. The density of individuals (DBH ≥ 3 cm) is 1 268 stems hm⁻², 2 232 stems hm⁻², 1 524 stems hm⁻² in the three plantations, respectively. Number of stems decreased with the increase of DBH. The frequency classes of species in the three communities were A > B > C > D = E = 0. The vertical spatial structures of the three plantations showed obvious stratification, with rich understory, interlayer, and sub-layer plant species. With the exception of herbaceous layer, the Shannon-Weiner diversity index and evenness index of arborous layer, shrub layer, and interlayer were close to each other. These results were consistent with those from evergreen broadleaved forests. Stand structure characteristics showed the three plantations experienced little disturbance, indicating significant effects of stand improvement. In light of forest succession, these forest plantations with stand improvement measures showed a trend of development to the zonal subtropical evergreen broadleaved forest.

Key words forest plantation, structural characteristics, forest rehabilitation

近百年来,不合理的人类活动造成了大量自然生态系统的严重破坏,热带雨林、常绿阔叶林、温带森林等都不同程度的被砍伐、开垦和用于城市发展等。近年来,由于沙尘暴、生物多样性丧失、环境污染、全球变暖等全球性生态环境问题的加剧,恢复和重建植被生态功能已成为人们关心的生态学热点问题。20 世纪中期以来,我国进行了大量的人工造林,随着前期人工纯林年龄的增长,林分的一些弊端,如生物多样性低、结构简单、易发生病虫害、抗干扰能力差、森林生态功能低等逐渐凸现出来。如何改造现有的人工纯林,使之向具有高生物多样性和高功能的地带性森林植被发展,是当前林业管理的重要课题^[1]。

林分改造的主要理论基础是潜在顶极植被和演替理论。Clement 认为,群落演替意味着物种以一定的顺序成批出现和消失,后面种的出现必须以前期种对群落环境的改变为基础,直到群落达到顶极 (climax) [2]。自然条件下顶极植被的形成是相当缓慢的,需要几百到几千年。目前对森林植被的恢复主要有两条途径:一是自然恢复,二是人工造林。自然恢复速率极其缓慢,大面积退化和受损的森林生态系统靠自然恢复显然难以满足当前社会与经济发展的需求。因此,人工造林成为森林植被恢复的主要手段。林分改造的实质是人们按照森林演替的规律,人为地对现有林分进行结构改造,以促进群落的演替 [1]。林分改造作为促进森林植被的恢复、重建和提高人工林和次生林质量的重要方式 [3-4]。

有关林分改造前进行林分调查了解林分的结构特征的研究国内已有一些 [5-6], 主要注重从生态学角度研究林分结构,并在此基础上提出林分改造对策以提高森林生态效益 [6-8]。国外关于林分改造的研究和我国的区别比较大,像北欧、加拿大等森林资源丰富的林业发达国家,有研究利用 GIS 技术搜集的数据进行裸露地造林的依据 [9],澳大利亚也有研究退化草场的植被恢复 [10]。

本论文对东莞大岭山桉树改造林、马尾松改造林和马占相思改造林三种林分进行了植被调查和林分结构分析,在此基础上提出林分改造对策的建议。本次研究对亚热带人工林和次生林的改造具有一定的指导意义。

1 研究地概况

大岭山森林公园位于东莞市南部,珠江口的东北部,正处于珠江三角洲开发区的中心地带。地理坐标为东经 113°42'22" ~ 113°48'12", 北纬 22°50'00" ~ 22°53'32"。地貌属低山、丘陵,海拔多在 150 ~ 450 m 之间。亚热带季风气候,全年暖热,平均气温 21.7℃。年平均降雨量 1 790 mm,水热条件好,按四季气候标准,大岭山没有冬天,但每年会受 1 ~ 2 次台风影响。土壤为赤红壤,成土母岩为花岗岩,土层深厚,有机质丰富。

2 研究方法

2.1 外业调查

在三种人工林林分中各设置 50 个 10 m × 10 m 的样方进行调查。在样方中测定胸径 ≥ 3 cm 的所有立木的种名、胸径 (cm)、树高 (m)、冠幅 (m) 和枝下高 (m),并对死树、枯立木等做记录。在 100 m² 的样方对角线的中心及 1/4 和 3/4 处各设置 1 个 2 m × 2 m 的小样方,共 5 个小样方。在小样方中调查记录所有植物的株数和估测盖度,包括草质藤本、大型木质藤本及 DBH < 3 cm 的幼树和幼苗。

2.2 数据处理

根据调查数据,计算多度、频度、重要值、立木平均距离 [11]、多样性指数 [12] 和均匀性指数 [13],具体计算公式如下:

重要值 = (相对频度 + 相对多度 + 相对显著度) / 3;

立木的平均距离 $L = \sqrt{\frac{S}{N}} - d$;

Shannon-Wiener 指数测算群落的物种多样性,

多样性指数 $D = \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$,

式中 s 为种数, $P_i = n_i / N$, N 为所有种的个体总数, n_i 为第 i 种的个体数;

均匀性指数 $J = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{D}{\log_2 s}$,

式中 D 为实测多样性指数, $D_{\max}$ 是理论上的多样性指数, s 为种数。

3 结果与分析

3.1 物种组成结构

群落种类组成是森林群落的最基本的特征之一。它不仅可以反映有关生境条件的状况,而且也反映着该群落的历史渊源和更为广阔的空间上的联系 [11]。重要值是用来表示某个种在群落中的地位和作用的数量指标,简单、明确,所以得到普遍采用 [11]。

3.1.1 桉树人工林 桉树人工林主林层树种共 23 科 43 种,林下物种 84 科 102 种。主林层物种重要值前 10 种排序见表 1,其中尾叶桉的重要值最突出,是林分中的建群种。

根据物种多度,林下主要种有玉叶金花(*Mussaenda pubescens*),九节(*Psychotria rubra*),三叉苦(*Evodia lepta*),粗叶榕(*Ficus hirta*),山苍子(*Litsea cubeba*),鬼灯笼(*Clerodendrum fortunatum*),弓果黍(*Cyrtococcum patens*),芒萁(*Dicranopteris dichotoma*),蔓生莠竹(*Microstegium vagans*),短叶黍(*Panicum brevifolium*),罗浮买麻藤(*Gnetum lofuense*)等。林下植被除尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)、变叶榕(*Ficus variolosa*)、黄葛树(*Ficus lacor*)不是本地种外,其它种均为地带性植被。

表 1 桉树人工林主林层物种重要值排序 单位:%

序号	种名	RF	RD	RP	IV
1	尾叶桉 <i>Eucalyptus urophylla</i>	16.78	35.45	85.31	45.85
2	鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	11.74	19.18	7.03	12.65
3	山苍子 <i>Litsea cubeba</i>	13.09	12.96	1.55	9.20
4	银柴 <i>Aporosa dioica</i>	5.70	3.57	1.06	3.45
5	灰木莲 <i>Manglietia glauca</i>	5.70	2.65	0.28	2.88
6	红苞荷 <i>Rhodoleia championii</i>	4.36	2.12	0.12	2.20
7	海红豆 <i>Adenathera pavonina</i>	4.03	1.98	0.08	2.03
8	尖叶杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	3.36	2.25	0.33	1.98
9	九节 <i>Psychotria rubra</i>	2.35	1.32	0.63	1.43
10	布渣叶 <i>Microcos paniculata</i>	1.34	1.59	0.70	1.21

注: RF 为 relative frequency 相对频度; RD 为 relative density 相对密度; RP 为 relative prominence 相对显著度。表 2 表 3 同。

3.1.2 马尾松人工林 马尾松人工林主林层树种共 22 科 41 种,林下植被 31 科 90 种。主林层物种重要值前 10 种树种重要值差距不大(见表 2),马尾松的优势地位不明显,整个乔木层中樟树(*Cinnamomum camphora*)、藜蒴(*Castanopsis fissa*)、马尾松(*Pinus massoniana*)占相对优势,具有亚热带地带性植被的特点^[14],表明该群落正由针叶林向针阔混交林演替。

根据物种丰富度,林下主要种有春花(*Raphiolepis indica*),玉叶金花,越南叶下珠(*Phyllanthus cochinchinensis*),粗叶榕,桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*),梅叶冬青(*Ilex asprella*),九节,豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*),银柴(*Antidesma venosum*),水杨梅(*Adina pilulifera*),潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*),芒萁,扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)等。银柴、黄牛木等阳性生树种占重要地位,中生性的豺皮樟、九节、鸭脚木等成了林下植被的主要种。除变叶榕,非洲楝(*Khaya senegalensis*),马缨丹(*Lantana camara*),薇甘菊(*Mikania micrantha*)不是本地种外其它都为地带性植物种。

表 2 马尾松人工林主林层物种重要值排序 单位:%

序号	种名	RF	RD	RP	IV
1	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	7.69	13.71	14.87	12.09
2	藜蒴 <i>Castanopsis fissa</i>	5.04	4.48	15.14	8.22
3	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	7.69	5.11	11.80	8.20
4	黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>	7.43	12.28	3.75	7.82
5	楝叶吴茱萸 <i>Evodia meliaefolia</i>	8.49	6.27	7.36	7.37
6	大果榕 <i>Ficus auriculata</i>	5.57	3.14	8.95	5.89
7	梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i>	6.90	8.60	1.58	5.69
8	米老排 <i>Mytilaria laeensis</i>	4.24	6.09	5.69	5.34
9	海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i>	2.65	6.45	6.51	5.20
10	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	5.84	4.57	3.06	4.49

3.1.3 马占相思人工林 马占相思人工林主林层树种共 21 科 32 种,林下物种 82 科 91 种。主林层物种以马占相思的重要值突出,是群落中的建群种(见表 3)。

根据物种丰富度,林下主要种有银柴,九节,粗叶榕,潺槁木姜子,玉叶金花,蔓生莠竹,红毛鸭嘴草(*Ischaemum ciliare*),短叶黍,山麦冬(*Liriope spicata*),半边旗(*Pteris semipinnata*),火炭母(*Polygonum chinensis*)等。除变叶榕不是本地种外,其它都为地带性植物种。

表3 马占相思人工林主林层物种重要值排序 单位: %

序号	种名	RF	RD	RP	IV
1	马占相思 <i>Acacia magium</i>	18.45	51.84	0.12	56.62
2	山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	14.02	9.06	0.05	7.71
3	布渣叶 <i>Microcos paniculata</i>	10.33	10.24	0.07	6.88
4	鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	5.54	3.67	0.01	3.07
5	海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i>	5.90	3.28	0.01	3.07
6	楝叶吴茱萸 <i>Evodia meliaefolia</i>	6.27	2.62	0.03	2.97
7	秋枫 <i>Bischofia javanica</i>	5.90	2.76	0.01	2.89
8	对叶榕 <i>Ficus hispida</i>	2.95	3.54	0.03	2.17
9	土密树 <i>Bridelia tomentosa</i>	4.43	1.97	0.02	2.14
10	银柴 <i>Aporosa dioica</i>	3.69	1.44	0.04	1.72

3.2 群落的水平结构

3.2.1 密度 密度是指单位面积上植物的株数,它是反映植物水平散布特征的一个重要指标^[15]。三种人工林不同径阶的个体数、密度、平均距离见表4。

表4 三种人工林各径阶立木的个体数和密度分布

径阶 序号	桉树林				马尾松林				马占相思林			
	径阶	个体数 (个)	密度(株 /hm ²)	平均距 离(m)	径阶	个体数 (个)	密度(株 /hm ²)	平均距 离(m)	径阶	个体数 (个)	密度(株 /hm ²)	平均距 离(m)
1	3≤D≤10	435	870	3.29	3≤D≤8	750	1500	2.51	3≤D≤12	399	798	3.42
2	10<D≤17	81	162	7.76	8<D≤13	245	490	4.45	12<D≤21	258	516	4.29
3	17<D≤24	73	146	8.18	13<D≤18	94	188	7.22	21<D≤30	100	200	6.95
4	24<D≤31	31	62	12.60	18<D≤23	21	42	15.36	30<D≤39	5	10	22.24
5	D>31	14	28	18.80	D>23	6	12	28.80				
合计		634	1268	2.71		1116	2232	2.05		762	1524	2.25

桉树人工林的立木密度为1 268 株/hm²,平均胸径为9.84 cm。小径阶(3≤D≤10)的立木个体数最多,占总立木个体数的68%。其它径阶的立木密度随径阶的增加而减少,但减少的幅度不大,由此推知,在桉树林人工林中,随着桉树的生长,林分中将会有其它阔叶树种的加入,而且这种增加的速度应该是先慢后快。

马尾松人工林立木密度为2 232 株/hm²,平均胸径为7.15 cm。在1 116 个个体中,枯立木27 株,其中13 株是马尾松。小径阶立木个体数最多,占总立木数的67%,立木间平均距离只有2.51 m,而胸径大于23 cm 只有6 株,平均距离为28.8 m,随着径阶的增加,立木密度减少,平均距离增加,根据树木的胸径与年龄存在正相关关系,推知低龄种群在该群落中占优势,整个群落仍处于群落发育的初期阶段。

马占相思人工林立木密度为1 524 株/hm²,平均胸径为11.61 cm。小径阶的立木(3≤D≤12)和较大径阶(12<D≤30)的个体数相差不大,较大径阶的个体总数和小径阶的个体数相当。由此推知在马占相思人工林中,马占相思的生长抑制了林分中其它阔叶树种的生长。

3.2.2 胸径分布 林木的胸径分布是反映该林分的结构是否合理和研究该群落是否遭受干扰破坏的重要指标^[16]。大岭山三种人工林乔木径级分布如图1 所示。总的来说,小径级的乔木占多数,随着径级的增大树木个体数减少,根据林木个体之间的竞争理论^[17],这种径级分布结构是合理的。

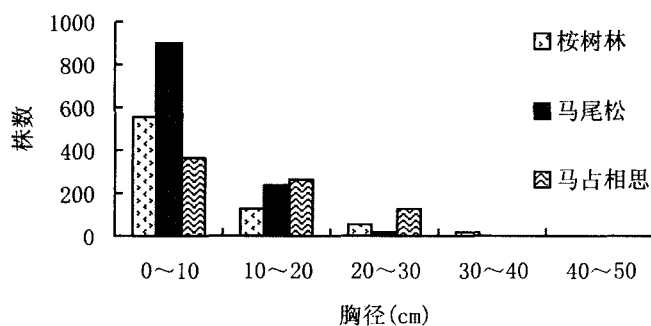


图1 三种人工林胸径变化对比

3.2.3 频度 相对频度反映出某物种或某种群个体在群落中分布的均匀程度,显示个体与不同空间部分的关系,因此,它是森林群落重要的结构特征之一^[18]。Raunkiaer^[11]把频度指数分为5级,即1%~20%为A级、21%~40%为B级、41%~60%为C级、61%~80%为D级、81%~100%为E级。大岭山三种人工林群落物种频度级分布均为A>B>C>D=E=0,D、E级频度的种群等于0,与Raunkiaer的频度定律(A>B>C>D<E)有很大的差异,但与帽峰山次生林^[5]的研究较为一致,这可能因为大岭山森林公园属于亚热带季风气候,水热条件较为优越,适生类群多,生境条件异质性比较高,整个群落种类丰富但种群混杂,优势种也不突出。

3.3 群落的垂直结构

垂直结构是指群落中植物在垂直空间上的配置状况,反映出群落对自然条件尤其是对光照、温度和湿度的利用^[15]。根据乔木层划分亚层的标准^[14]、胸径和树高的正相关关系、平均距离和树木冠幅的关系划分乔木层的亚层结构。板根现象和层间植物也是群落外貌的一个重要方面。丰富的板根和层间植物是热带森林的一个重要特征^[19]。大岭山三种人工林群落板根现象不明显,层间植物种多,通常为草质藤本,如鸡眼藤(*Morinda parvifolia*)、酸藤子(*Embelia laeta*)、锡叶藤(*Tetracera asiatica*)以及罗浮买麻藤。

3.3.1 桉树人工林的垂直结构 桉树人工林林下并没有寸草不生,这可能和林分中常绿阔叶树种的生长有关。林分有明显的垂直结构,乔木层、灌木层、草本层分层明显,各层次的组成复杂,有相互渗透和镶嵌分布现象。乔木层的平均树高9.06 m,林中最高立木31 m。根据划分亚层结构的依据,将乔木层分为两个亚层:第一亚层树高10~31 m,常见种为尾叶桉,没有其它树种伴生;第二亚层树高1~10 m,尾叶桉,鸭脚木,山苍子,银柴,灰木莲等都有分布。林下植被高度绝大多数是2 m以下,物种种类丰富。常见的有玉叶金花,九节,三叉苦等,弓果黍丛生,芒萁,蔓生莠竹,短叶黍等的分布也大。

3.3.2 马尾松人工林的垂直结构 马尾松人工林垂直结构分为乔木层、灌木层、草本层,各层次种群组成复杂,存在相互渗透和镶嵌分布现象。乔木层的平均树高为5.54 m,林中个别立木达18 m,最矮的只有1.6 m,乔木层树高参差不齐,没有明显的亚层结构。乔木层的常见种是樟树,黄牛木,海南蒲桃,楝叶吴茱萸,米老排,藜蒴,马尾松等。林下植被高度绝大多数是2 m以下,种类丰富。乔木幼苗和灌木虽然种类多,但分布的频度和盖度都不大且林下芒萁丛生。

3.3.3 马占相思人工林的垂直结构 马占相思人工林垂直结构特点是乔木层,灌木层,草本层分层明显,各层次的组成复杂。乔木层的平均树高10.93 m,林中最高立木为25 m。根据划分亚层结构的依据,将乔木层划分为两个亚层:第一亚层树高10~25 m,优势种为马占相思,偶见种为厚荚相思,无其它伴生种;第二亚层树高1.8~10.0 m,山杜英,布渣叶,鸭脚木,海南蒲桃等都有分布。林下植被高度绝大多数是2 m以下,物种种类丰富。银柴,九节,粗叶榕等常见于林下灌木层。林下蔓生莠竹丛生,纤毛鸭嘴草和短叶黍等也较常见。

3.4 群落的组成结构

多样性指数和均匀度是反映物种多样性的定量数值。在理论上如衡量群落的演替,探讨群落的最优物

种结构等都具有重要意义;在生产实践中,可作为自然资源的保护管理和开发利用的数量指标^[20]。研究发现森林群落的层次结构可在一定程度上反映群落的稳定性及发展方向。相对稳定的群落,各层次的物种多样性指数也表现出相对一致^[21-22]。此外,自然条件下广东亚热带常绿阔叶林的物种多样性指数为4~5,均匀度为0.7~0.8^[21-22]。

由表5可知,三种人工林群落草本层的Shannon-Weiner多样性指数和均匀度指数相对偏低,究其原因乔木层和灌木层的迅速发展抑制了草本层的复杂化过程。乔木层、灌木层和层间植物的多样性指数和均匀度都比较接近,而且和自然条件下的广东亚热带常绿阔叶的群落组成结构基本相符,这说明三种人工林受人为干扰少,林分改造效果明显。

表5 三种人工林群落的多样性指数和均匀度指数

层次	桉树人工林		马尾松人工林		马占相思人工林	
	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>
乔木层	3.44	0.63	4.38	0.82	2.80	0.56
灌木层	4.03	0.68	4.72	0.82	3.67	0.66
草本层	2.51	0.54	1.35	0.32	2.13	0.48
层间植物	3.70	0.89	3.19	0.78	3.61	0.82

4 林分改造对策

从生态系统的观点出发,大岭山森林公园植被用途只能作为生态公益林加以保护和抚育,应按照植被演替规律进行林分改造。根据本次调查和人工林结构的分析,全面改造这三种林分显然是不必要的,桉树、马尾松和马占相思林现已郁闭成林,为常绿阔叶树种侵入生长创造了良好条件。正顺行演替了针阔叶混交林及次生性常绿阔叶林,但现在还是顺行演替过程中的初中期阶段,与典型的亚热带常绿阔叶林还有较大差距,同时,植被的自然演替时间是相当长的。所以针对三种人工林的结构特征,分别提出林分改造的建议。改善林分结构,形成合理的年龄结构、径级结构、水平结构和层次结构。合理的树种组成、合理的密度和林分结构必然导致林木个体质量提高,整体林分的稳定优质和高效^[23]。

4.1 桉树人工林的林分改造对策建议

根据桉树人工林的调查和林分结构的分析,桉树作为引种成功的速生树种,完全适应亚热带季风气候。大岭山桉树林的主林层桉树占绝对优势,同时有地带性常绿阔叶树种的侵入。根据各径阶立木的密度和平均距离并结合物种重要值可知,桉树林正处于自然演替的初级阶段。所以为了加快林分的演替,可制定抚育间伐的计划,这样不仅增加林下植被的光照数量和改善光照条件,同时可以减少水分和养分的竞争,有利于林下植被的生长更新,能优化林分的层次结构。也可把生态效益和经济效益相结合培育大径材,在林间开阔,培养时间长,适应林下乔灌木的生长的环境条件下,促进桉树的生长,提高桉树的产量和质量。

4.2 马尾松人工林的林分改造对策建议

根据大岭山马尾松人工林的调查和林分结构分析,马尾松群落正处在针叶林向针阔混交林的演替阶段,樟树和藜蒭在林分中的优势已超过了马尾松,但是它们的重要值相差不大,林下植被中灌木层植被的特点是阳生性种和中生性种并重,没有马尾松幼苗。根据白云山马尾松群落演替的特点^[21],大岭山马尾松人工林已具备针阔混交林的物种组成的特点。根据各径阶立木密度和平均距离可知,小径阶的立木占有所有立木个体的大部分,说明整个群落仍处于发育的初期阶段,即针阔混交林的初级阶段。在立木中马尾松有一部分已经枯顶,这是自然更新的结果^[3]。在进行林分改造时,应间伐这些枯立木,为其它植被腾出营养空间以利于亚热带地带性植物种的侵入。

4.3 马占相思人工林的林分改造对策建议

根据大岭山马占相思人工林的调查和林分结构分析,马占相思是主林层的唯一优势种,根据各径阶立木的密度和平均距离可知,马占相思生长迅速,可在林分内套种乡土阔叶树种。

同时还有研究发现马占相思人工林有降温效应。约7龄的马占相思人工林即有较稳定的降温效应。与林外气温变化相比,林分的降温效应在湿季和下午温度较高时则更加明显^[24]。还有研究发现:到6年生为止,马占相思仍为生物量积累的高峰期后期,同时也是干材增长的最佳时期。这说明,马占相思的轮伐期应在6年以上^[25]。马占相思林位于大岭山森林公园,应该在不违背自然演替规律的前提下,最大限度的促进马占相思的生长,从而更好的发挥马占相思林的降温效应。

参考文献

- [1] 蔡锡安,彭少麟,赵平,等.三种乡土树种在二种林分改造模式下的生理生态比较[J].生态杂志,2005,24(3):243-250.
- [2] 李翠环,余树全,周国模.亚热带常绿阔叶林植被恢复研究进展[J].浙江林学院学报,2002,19(3):325-329.
- [3] 古炎坤.从森林生态学观点浅谈广东营造马尾松林及其林分改造问题[J].广东林业科技,1995,11(3):1-5.
- [4] 蓝肖,黄大勇,曹艳云,等.人工促进马尾松林天然更新技术[J].广西林业科学,2003,32(4):188-190.
- [5] 张璐,林伟强,陈北光,等.广州帽峰山次生林群落结构特征[J].华南农业大学学报:自然科学版,2003,24(3):53-56.
- [6] 杨加志,苏志尧,许月明.东莞大屏障森林公园的现状植被及林分改造对策分析[J].生态科学,2004,23(2):144-146.
- [7] 古炎坤,谢正生,苏志尧,等.广州白云山国家级风景名胜区马尾松林分改造效果的初步评价[J].广东林业科技,2002,18(4):11-17.
- [8] 吕勇,汪新良,饶兴旺,等.低质低效次生林改造技术的研究[J].林业资源管理,2000(6):30-36.
- [9] Armando A. Apan. Tropical landscape characterization and analysis for forest rehabilitation planning using satellite data and GIS [J]. Landscape and Urban Planning,1996,34(1):45-54.
- [10] Heather P. Griscom, P. M. S. Ashton, Graeme P. Berlyn. Seedling survival and growth of native tree species in pastures: Implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 218 (1-3):306-318.
- [11] 薛建辉,任青山,阮宏华.森林生态学[M].北京:中国林业出版社,2006:127,130,133.
- [12] 陈北光,苏志尧.广东八宝山常绿阔叶林物种多样性分析[J].华南农业大学学报,1995,16(4):32-36.
- [13] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1969:128.
- [14] 广东省植物研究所.广东植被[M].北京:科技出版社,1976:27.
- [15] 苏志尧,陈北光,古炎坤.粤西八宝山森林群落的组成和结构特征[J].广西植物,1995,15(2):124-130.
- [16] 李意德.海南岛尖峰岭热带山地雨林的群落结构特征[J].热带亚热带植物学报,1997,5(1):18-26.
- [17] 李景文.森林生态学[M].2版.北京:中国林业出版社,1994.
- [18] 杨加志,苏志尧,陈北光,等.大屏障森林公园次生常绿阔叶林的结构特征[J].华南农业大学学报,2005,26(1):89-92.
- [19] 张宏达,王伯荪,张超常,等.广东高要鼎湖山植物群落之研究[J].中山大学学报:自然科学版,1955(3):159-226.
- [20] 陈北光,张木明,苏志尧,等.广东大东山常绿阔叶林物种多样性分析[J].华南农业大学学报,1997,18(4):59-63.
- [21] 彭少麟.南亚热带森林群落动态学[M].北京:科技出版社,1996:84,98-99,32-34.
- [22] 彭少麟.广东亚热带森林群落的生态优势度[J].生态学报,1987,7(1):36-42.
- [23] 李铁民,杨静.低价值林分改造的理论与实践[J].山西林业科技,1999(4):1-4.
- [24] 彭少麟,申卫军,戴智明,等.马占相思人工林温湿效应的时空动态[J].热带植物学报,2001,9(4):277-283.
- [25] 徐大平,杨曾奖,何其轩.马占相思中龄林地上部分生物量及养分循环的研究[J].林业科学研究,1998,11(6):592-598.