

## 中国刺栲林的分类与分布初探

李 静, 曹洪麟, 练琚滢, 叶万辉\*

(中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

**摘要:** 介绍了中国刺栲林的群落生态学特性及其分布特征等, 根据刺栲在群落中的地位(优势种、共建种、伴生种或偶见种), 将刺栲林分为三种主要的群落类型, 每一大类中, 又依据分布地的环境状况等, 各分为几种不同的亚型。值得注意的是, 在以刺栲为优势种的群落类型中, 随着海拔的升高, 其共建种表现出独特的替代规律。同时, 进一步探讨了刺栲群落形成与维持机制, 认为在刺栲自身生物学和生态学特性的基础上, 生境异质性和环境及人为干扰导致刺栲形成了不同群落类型, 但其内在机制的揭示还需进行深入的研究。最后, 对其速生丰产林和混交林营造提出了一些建议。

**关键词:** 刺栲; 群落生态学; 分布; 群落维持

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)01-0022-06

## Study on classification and geographical distribution of *Castanopsis hystrix* forest in China

LI Jing, CAO Hong-lin, LIAN Ju-yu, YE Wan-hui\*

(South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** This paper reported the ecological features and distribution of *Castanopsis hystrix* forest in China. 3 community types were identified according to the status(dominant species, co-edificators, accompanying species or occasional species)of *C. hystrix* in the forest. And every type was divided into several different subtypes based on its geographical position, habitat and climate character. In the first type of community, accompanying species displayed special species replacement pattern with the elevation of altitude. In addition, we discussed that the habitat heterogeneous and the environmental and human disturbance led to the formation of different types of community, but the inner mechanism needed further research. We also made some suggestions for the culture of fast-growing and high-yield forests and mixed forests of *C. hystrix*.

**Key words:** *Castanopsis hystrix*; community ecology; distribution; maintenance of community

栲属(*Castanopsis*) (壳斗科 Fagaceae) 植物是我国常绿阔叶林的主要组成物种, 广泛分布在长江以南亚热带和热带山地, 多为亚热带季风常绿阔叶林和中亚热带常绿阔叶林区域的主要建群种(吴征镒, 1980), 是一类适应性很广的植物。其中刺栲作为建群种对胁迫生境存在着很强的适应能力, 在我国亚热带、中亚热带南部广泛分布, 地理位置为

95°20'~118° E, 18°30'~29° N(朱积余, 1990)。大陆自福建东南部, 沿亚热带或中亚热带南部, 向西直达西藏东南(叶万辉等, 2004)。具体分布在福建东南部(南靖、云霄等), 湖南西南部(江华等), 广东, 海南(中部以南各地), 广西, 贵州(红河水地区)及云南南部, 西藏东南部(墨脱), 和台湾地区(黄成就等, 1998; 倪健等, 1997)。生于海拔 30~1 600 m 缓坡

收稿日期: 2004-09-30 修回日期: 2005-06-16

**基金项目:** 中国科学院华南植物园领域前沿项目: 刺栲在大尺度生境变化下的适当对策及其群落建成特征[Supported by the Director Fund of South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences].

**作者简介:** 李静(1979-), 女, 河南开封市人, 博士生, 保护生态学方向。

\* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: <why@scbg.ac.cn>.

及山地常绿阔叶林中。有时成小片纯林。

刺栲(*Castanopsis hystrix*)又名红栲、红锥、红柯、锥栗、红锥栗、锥丝栗、桐栗,为热性深根性树种,主根明显,垂直分布深达 1.5 m,侧根发达,分布深度 80~90 cm,根幅可达 21~25 m<sup>2</sup>。萌芽力极强,生长快,速生期长,生长潜力很大(黄全能,1998)。刺栲喜温暖湿润的气候,不耐低温,不耐干旱,耐荫,多生于降水量在 1 100~2 000 mm,年均温在 18~24 °C 的地区。当年均温小于 18 °C,≥10 °C 的年活动积温小于 6 000 °C 时,刺栲生长量低,表现为主干不明显,侧枝增多增粗;当极端最低温度低于-5 °C 时,会严重影响生长甚至死亡(朱积余,1990)。

刺栲适生于由花岗岩,沙页岩,变质岩等发育而成的酸性红壤,砖红壤或黄壤,而不适生于石灰岩山地。在土层深厚、疏松、肥沃、湿润的立地条件,生长良好;在土层浅薄、贫瘠的石砾土或山脊,生长不良,表现为树形矮小;在低洼积水地不能生长。

刺栲是一种生长潜力很大的优良速生树种。黄全能(1998)调查发现,在亚热带较好的立地条件,目前保存密度较低的情况下,刺栲平均年龄 36 a,蓄积量达到 438 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,材积年生长量 13.4 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,明显超过杉木速生丰产林标准,同时显示刺栲林龄在 35~40 a 之间,平均胸径达 24 cm 以上,已达到大材径的要求。刺栲天然林树高速生期为 4~18 年生,连年生长量最大值可达 1.5 m,胸径速生期为 6~14 年生,立地好的材积速生期在 10~27 年生之间,差的在 10~19 年生之间。立地好的 38 年生和立地很差的 34 年生刺栲材积平均生长量曲线与连年生长量曲线尚未相交,说明材积速生期持续时间长。在较好立地中,刺栲天然林乔木层生物量达 500.87 t/hm<sup>2</sup>,较差立地中为 354.65 t/hm<sup>2</sup>。林分生产力很高。木材利用率高,树干生物量占总生物量的 59.7%~62.6%。

## 1 刺栲分布区的主要群落类型

刺栲林群落结构较复杂,组成种类丰富,常有其它常绿阔叶树种或针叶树种伴生,少数在人为干扰下呈纯林状。以刺栲为建群种的群落,可明显分出乔木层,灌木层和草本层三个层次,乔木层常可分 2~3 亚层。参考刺栲在中国的分布资料(吴征镒,1980;吴征镒等,1987;薛纪如等,1986;徐燕千,1990;林鹏,1990),根据刺栲在群落中的地位,中国

刺栲林大致可以分成 3 种群落类型。

### 1.1 以刺栲为优势种的群落类型

即通常所称的刺栲林。根据分布地的地理位置、生境状况和气候特征等,此类型的刺栲林可划分为 4 种亚型。(1)刺栲、红鳞蒲桃、厚壳桂林(Form. *Castanopsis hystrix*, *Syzygium hancei*, *Cryptocarya chinensis*)。主要分布于台湾北部,广东东部以及福建南部海拔 200 m 以下的低丘台地。此类型为具有热带性质的刺栲林,分布区内气候条件较湿热,夏长冬暖,雨量充沛。乔木层以刺栲、红鳞蒲桃和厚壳桂为主,其它还有硬壳桂(*Cryptocarya chingii* Cheng)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*)、茜草树(*Randia densiflora*)、黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*)、闽粤栲(*Castanopsis fissa*)等。灌木层以九节木(*Psychotria rubra*)和罗伞树(*Ardisia quinquegona*)占优势,其他常见的还有柏拉木(*Blastus cochinchinensis*)、朱砂根(*Ardisia crenata*)、毛冬青(*Ilex pubescens*)等。草本层主要有狗脊蕨(*Woodwardia japonica*)、淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、单叶新月蕨(*Pronephrium simplex*)等。藤本植物常见的有买麻藤(*Gnetum montanum*)、藤黄檀(*Dalbergia hancei*)、花皮胶藤(*Ecdysanthera utilis*)等。(2)刺栲、罗浮栲(栲树或米楮)林(Form. *Castanopsis hystrix*, *C. fabri*(*C. fargesii* or *C. carlesii*)。在我国的分布区最为广泛,为刺栲林的主体类型,横跨福建、广东、广西三省区以及云南东南部,见于低海拔(<600 m)的丘陵,低山。分布区地处南亚热带,热量充足,雨量充沛。在不同地区,可见刺栲与栲树,或米楮,罗浮栲共同组成群落的优势种。乔木的主要树种有刺栲、罗浮栲、米楮、大叶栲(*C. tibetana*)、甜楮(*C. eyrei*)等,其次为鹿角栲(*C. lamontii*)、鹅掌柴、南岭栲(*C. fordii*)、闽粤栲(*C. fissa*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、木荷(*Schima superba*)等。灌木层主要有九节木、柏拉木、百两金(*Ardisia crispa*)、杜茎山(*Maesa japonica*)、罗伞树、紫金牛(*Ardisia japonica*)等。草本层以淡竹叶为主,此外还有很多耐荫的蕨类植物,如狗脊蕨等。(3)刺栲、小果石栎、红木荷林(Form. *Castanopsis hystrix*, *Lithocarpus microspermus*, *Schima wallichii*)。主要分布在云南南亚热带高原地区,见于思茅、普洱、双江、镇越、澜沧等地,海拔 1 200~1 500 m。分布区欠湿润,偏旱,因此在过去此林型被称为“南亚热带干性常绿阔叶林”。乔木上层的主要种类有长穗栲

(*C. echidnocarpa*)、小果石栎、刺栲、红木荷、华南石栎(*Lithocarpus fenestratus*)等。乔木下层除上层老树的荫干外,还常见毛银柴(*Aporosa villosa*)、老虎楝(*Trichilia connaroides*)、四帽榄(*Tetrapilus roseus*)、印栲、围涎树(*Pithecellobium clypearia*)、岗桉(*Eurya groffii*)等。灌木层仅见三叉苦(*Evodia lepta*)、密花树(*Rapanea nerii folia*)以及榕多种(*Ficus* spp.),黄檀多种(*Dalbergia* spp.)。草本层以毛果珍珠茅(*Scleria levis*)为常见,此外还常见单芽狗脊蕨(*Woodwardia unigemmata*),金虫草(*Pogonatherum crinitum*)等。(4)刺栲、印栲林(Form. *Castanopsis hystrix*, *C. indica*)。分布于较干燥的热带地区山地,在云南主要是海拔在800~1200 m的西双版纳,临沧和德宏等州地区的南部,而在西藏主要是海拔1100~1800 m的墨脱地区。乔木层以刺栲为优势种,其次有印栲、石栎(*Lithocarpus* spp.)、杜英(*Elaeocarpus* sp.)、润楠(*Machilus* sp.)等。灌木层主要种类有紫金牛,云贵粗叶木(*Lasianthus henryi*),三叉苦,丽江桉(*Eurya handle-mazzettii*)等。草本层在云南常见的有毛果珍珠茅(*Scleria levis*)、狗脊蕨、球迷草(*Oplismenus undulatifolius*)、山姜(*Alpinia japonica*)等;在西藏主要为墨脱沿阶草(*Ophiopogon motuensis*)、楼梯草(*Elatostema stewardii*)、鳞毛蕨(*Dryopteris* sp.)等。

### 1.2 刺栲作为共建种形成的群落类型

此林型只有一种,即马蹄果,刺栲林(Form. *Protium serratum*, *Castanopsis hystrix*)。这是分布在滇西海拔600~1000 m广大低山,丘陵的类型,为季雨林的一种。虽具有一定的次生性,但也有相对的持久性。这一地区的气候与缅甸北部更为接近,一年中干季较长,雨季暴雨较多。这一类型中树木虽矮小,但已是这一带保存较好的林地。群落结构大体分为4层,即乔木上层、中层、下层和林下的灌草层。乔木上层常见的有马蹄果、刺栲、薄姜木(*Vitex quinata*)、小花五桠果(*Dillenia pentagyna*)、黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*)等。第二层乔木常常是常绿,落叶树混生。常绿层分有刺栲、云南银柴(*Aporosa yunnanensis*)、毛银柴、印栲等。落叶树种有钝叶黄檀(*Dalbergia obtusifolia*)、滇石梓(*Gmelina arborea*)、苦丁茶(*Cratoxylum prunifolium*)、马蹄果等。第三层乔木以常绿植株为主,除上两层某些种的小树外,主要是乔木紫金牛、大果

山香圆(*Turpinia pomifera*)、毛银柴、苦丁茶等。灌木和草本在高度上难以分开,且数量都较稀少,特别是干季,不少草本尚未发芽,唯有生长高1 m左右的喜花草(*Eranthemum morsei*)和山姜一种(*Zingiber* sp.)等散生。

### 1.3 以刺栲为伴生种或偶见种的群落类型

此林型又可以分为4类。(1)分布在中亚热带福建、广东、广西局部地区的一些类型,为山地常绿阔叶林。(2)为分布在海南地区的热带山地雨林。(3)分布在滇中南海拔1300~2000 m高原地区的亚热带季风常绿阔叶林。在不同地区代表林型为石栎林(Form. *Lithocarpus* spp.),青冈林(Form. *Cyclobalanopsis* spp.),润楠林(Form. *Machilus* spp.)和思茅松林(Form. *Pinus kesiya* var. *langbianensis*)等。各个林型又可以细分为多个亚型。如小果栲、截果石栎林(Form. *Castanopsis fleuryi*, *Lithocarpus truncatus*) (滇南高原北部,海拔为1300~1900 m),水仙石栎林(Form. *Lithocarpus naiadarum*) (滇东南文山州西畴县,海拔1500~1850 m),青冈栎林(Form. *Cyclobalanopsis glauca*) (怒江两岸),秃杉,青冈栎林(Form. *Taiwania flousiana*, *Cyclobalanopsis glauca*) (怒江两岸)等;栎子青冈林(Form. *Cyclobalanopsis blakei*) (金平县分水岭地区,海拔1400~1650 m),红花荷,润楠,石栎林(Form. *Rhodoleia parvipetala*, *Machilus* spp., *Lithocarpus* spp.) (滇东南文山州老君山,海拔2150 m);思茅松林(哀牢山西坡以西的亚热带南部,海拔700~1800 m)等。(4)分布在西藏海拔1000 m以下的察隅,错那和墨脱以南地区的低山热带森林。

## 2 刺栲林的组成和分布特征

通过分析刺栲林的群落类型,我们发现,在刺栲作为优势种的林型中,与其共同组成群落建群种的树种类型具有明显的海拔与生境替代规律。随着海拔的升高,气候逐渐由湿润经偏旱变得干燥,共建种也由喜温喜湿的类型逐步变为喜温耐旱的类型。从海拔小于200 m的低丘台地到海拔高达1800 m的高原山地,共建种由红鳞蒲桃,厚壳桂,经罗浮栲、栲树、米楮,逐步被小果石栎、红木荷,最终被印栲完全替代。而刺栲作为共建种则仅分布于滇西海拔600~1000 m的广大低山,丘陵地区,这与当地的地形及气候是密切相关的,形成了独特的落叶季雨林类

型。作为伴生种或偶见种,我们也可以发现,刺栲分布区也具有明显的热带亚热带气候性质。

综合以上结果,结合叶万辉等(2004)对栲类林的聚类分析,可以得出影响刺栲林分布的最大因素是水热条件。这就决定了刺栲林主要分布于年均温与降水量均较高的亚热带南部至南亚热带,以及两广、海南、云南南部等地区。同时由刺栲分别作为优势种,共建种及半生种或偶见种的分布规律及所在群落组成来看,其间表现出了不同建群种沿生境梯度的替代规律,既包括沿纬度的替代,也有沿经度,海拔高度的替代。另外,不同地区的土壤类型、坡度、坡向等由其他一些因素所决定的小生境对刺栲林的分布也起到了一定的作用。

### 3 刺栲群落的形成与维持机制

通常人们认为环境因子,如气温、降水量(多少和分配)、光照(光量、光质和光周期)、土壤环境等决定了物种的分布。也就是说,物种的分布取决于它们对这些因子的适应能力。研究植物对变化的环境因子的适应虽然已有近百年的历史,但至今人们仍不太清楚其内在的机制(Lerner 1999; Schroeder 等,2001; Xiong 等,2002)。而且,许多研究又多是在个体水平上,采用单因子在实验室或小样品的试验地上进行的,在群体水平上,特别是在大尺度上采用复合因子对植物进行整合性研究(陈其军等,2001; Fowler 等,2002)还不多。当人们从大范围(结合特殊生境)对某些种群的分布进行多样性的研究时发现:(1)一个种群的建立不仅与综合的环境因子有关,而且与它们内部结构和群落组成的相互作用有关,这种状况决定了建群群落的形成、大小和分布;(2)建群种的建立还与建群种所在群落内各物种之间的相互竞争有关;(3)许多从人为的条件下得到的物种对某种或某些环境因子在生理上的适合度往往与处于自然条件得到的物种对环境的适合度不同;(4)建群种的地理分布有着很明显的梯度变化,这种变化反映了种或种群对环境适应能力的大小。现在,国际上研究环境对种或种群分布时,引入了生态差型(ecocline)的概念。作为对环境连续变化的响应,生态差型是生态型之间的逐渐过渡。它除了考虑到一个种在伴生环境发生变化时其适应性的特征出现的可变性,还包括沿环境梯度存在的生态型梯度。因此研究生态差型不仅可以揭示一个种的分

布规律,而且还可以对一个自然群(Complex)的建成过程进行描述。例如,有人对阿尔卑斯山的6个关键种的海拔分布进行研究发现,积温是种和物种多样性梯度分布的重要因素(Theurillat 等,2001),但各个种对这种因素的忍耐除了有不同的对策外,还与其它某种物种的存在与否有关。另外,有人在研究了 *Campanula excisa*, *Anthoxanthum alpinum*, *Larix deciduas*, *Vaccinium myrtillus* 等植物的 ecocline(Guisan 等,2000)时指出,通过研究关键种对气候的响应机制,建立评估群落的分布和预测气候影响的体系是很重要的。

然而,我们不清楚的是:(1)物种、种群的分布与它们所在的生境存在什么样的依赖关系,这种关系受什么因素的影响;(2)生态差型在环境条件梯度变化过程中形态和生理机制变化是否具有协同性;(3)建群群落的梯度分化(生态差型)规律(规模、分布特征、群落内和群落间的物种多样性、生境状况)具有什么样的内部机制。

另一方面,人们早就认识到植物群落异质性和斑块镶嵌的特点,1947年英国生态学家 Watt 就指出生态系统是由许多具有不同特征的斑块组成的镶嵌体,系统的结构与功能反映了这些斑块的复合特征(邬建国,1996)。每个生态系统在空间、时间和组织尺度上都表现出异质性、变异性和斑块化(Levin, 1992),并且这些属性是种群动态和群落组织结构形成的基础,也是群落维持多物种共存的条件(Tilman 等,1993)。植物群落斑块结构的形成与维持是植物群落及其物种多样性持续发展的基础,其驱动力源于外界的干扰。对于自然森林生态系统来讲,其斑块结构形成与维持的主要原因是风倒等形成的林隙(gap)。林隙的形成与恢复,导致了新的异质性生境和各个处于不同发育阶段的群落斑块形成。近几十年的林隙研究工作,已经对林隙更新和森林动态发生与发展的理论与过程做出了很好的解释(Boman 等,1979; Whitmore, 1989; Glenn-lewin 等,1992)。

森林由于林冠上层树木的死亡,形成林隙,导致群落的斑块结构(Boman 等,1979; Whitmore, 1989)。从群落的形成和维持上看,干扰所形成的林隙导致了森林循环或森林生长循环,是植物群落形成与维持的驱动力,使植物群落成为不同发育阶段斑块的镶嵌体。这些阶段包括林隙阶段(gap phase)、恢复阶段(building phase)和成熟阶段(mature phase)(Whitmore, 1989)。这样即使一个郁闭

度很高、乔木层发育良好的森林群落,虽然它没有明显的林隙,但仍然是由不同发育阶段(如恢复阶段和成熟阶段)的斑块组成的镶嵌体。

刺栲在自身的生物学和生态学特性的基础上,受到生境异质性和环境及人为干扰的影响,形成了相应的群落类型。但其群落建成的内在机制,生理适应与环境变化的协同关系,群落与其它物种间的相互作用,以及在大尺度上对环境适应的对策和群落建成特征及两者之间的关系还需要开展大量的相关研究。

## 4 评价与经营建议

刺栲作为南亚热带优良阔叶树种之一,具有如下优良特性:(1)速生优质。刺栲年均树高生长可达 1 m 以上,胸径生长可达 1 cm 以上,木材坚硬,耐腐,干燥后开裂小,质量系数为 2503,可与世界珍贵用材柚木媲美,是建筑和制作高级家具的优质用材;(2)适应性广。在适生的气候带范围,除石灰岩发育的土壤和过于贫瘠的立地外,均可生长,成林成材;(3)社会效益好。刺栲可以纯林经营,与松、杉等混交,不仅可提供大量优质用材,而且还可提供薪材和制作农具的小径材,树皮和壳斗含鞣质,壳作栲胶原料,果实富含淀粉,可供食用;(4)生态效益好。生物量和落叶量大,改良土壤和涵养水源的效益高,并可改善林分结构,增强人工林对病虫害自控的能力(朱积余,1990)。因此,刺栲极具开发利用价值。

### 4.1 混交林经营

根据试验研究和经验总结,混交林能提高林分生产力,改善林地生态环境,促进土壤养分循环,增强林分抗逆性(谭绍满等,1997)。而不同的混交林可以产生不同的森林生态效应与森林小气候效应,直接影响着林分生境质量的优劣,从而影响林木的生长发育。可与刺栲混交形成稳定生长林分的有大叶相思(*Acacia mangium*),杉木(*Cunninghamia lanceolata*),马尾松(*Pinus massoniana*),木荷,火力楠(*Michelia macclurei* var. *sublanaea*),檫树(*Sassafras tzumu*)等树种(潘强,2003)。目前关于刺栲混交林的研究,多集中于刺栲、马尾松混交林及刺栲、杉木混交林。

4.1.1 刺栲、马尾松混交林 刺栲和马尾松是生物学特性不同但又相适应,相协调的两个树种,它们通过混交组成一种似亚热带森林的复层,结构复杂的森林群落。

刺栲,马尾松混交林林冠层厚,叶量多,其枝条、叶子呈垂直镶嵌郁闭分布,枝叶繁茂,受太阳光照面积大,同时,林冠长,透光率低,从而提高了叶面积指数。叶面积和叶面积指数的提高增大了混交林对光能的利用率(广西林科所混交林课题组,1992a)。研究测定,混交林的营养元素积累总量也高于松纯林,且循环速度快,养分的吸收量,存留量及归还量均高于松纯林,而利用量则比松纯林的低,说明混交林能改善土壤养分状况,提高土壤肥力(梁建平,1990)。再者,混交林使到达地面的太阳辐射能大为减少,避免了土壤和空气温度的大骤变现象,增加了相对湿度,减少了蒸发量(杨茂精等,1998)。在地面凋落物方面,混交林的多且厚,形成一层隔热层,地深层热量向上传递受阻,从而降低了地面辐射,提高了地温。在一定范围内,地温的升高又有利于土壤微生物的活动,加速凋落物的腐殖分解,促进土壤的改良(广西林科所混交林课题组,1992b)。以上这些都证明,刺栲、马尾松混交林能够促进林木生长,对于改善生态系统,维持和提高土壤肥力都具有明显的作用。

4.1.2 刺栲、杉木混交林 刺栲与杉木混交不但可以促进杉木的生长,其自身的成活率也大大提高,因为刺栲幼树较耐荫且生长缓慢,其与杉木混交恰好利用了杉木的侧荫条件(林俊平,2002),从而改善了生长状况。二树种混交形成了杉木根系在上刺栲根系在下的分布特点。这种分布不仅能利用土壤不同层次的养分,还可以减缓二树种对土壤肥力的竞争矛盾。刺栲、杉木混交林冠幅大,冠层厚,且刺栲根深,根量多,枝条也多,能充分利用营养空间,从而大大提高了林分的生产力。另外,混交林林木分枝细,夹角小,自然整枝好,死结小而少,林分质量和出材量也得到了提高。混交林林地土壤水分物理性状由于刺栲的改土效果也得到了较大的改善,其土层较为疏松,土壤通气性能好,水分容蓄大,有利于降水的渗透。就林下调落物来说,混交林的枯枝落叶量多且成分复杂,在混交林小气候及根系相互作用的影响下,土壤养分得到一定程度的矿化和积累(蒋家淡,2002)。

4.1.3 刺栲与其它树种的混交 实验栽培发现,刺栲与大叶相思混交也是一种较有发展前景的混交模式。大叶相思生长快,根部富含根瘤菌,枝叶含氮量高,可为刺栲提供庇荫和肥沃的土壤环境,从而使刺栲快速生长(潘强,2003)。

有研究显示,在刺栲、杉木、木荷混交林中,虽然刺栲的各生长量指标也高于刺栲纯林,但由于混交林

中的木荷,杉木可能因长期受压而生长较差,使得混交林分的蓄积量反而比纯林的要低(林俊平,2002)。

#### 4.2 再生林分的改造

刺栲人工造林应注意造林方法,在起苗前剪去大部分叶片和过长侧根,并蘸浆,可提高刺栲造林的成活率。同时,由于刺栲幼树较为耐荫且造林后头3年生长期较为缓慢,而5年生左右,当林分郁闭后其生长速度相当快,因此,生产上营造刺栲人工林成功与否,关键在于提高造林成活率并如何促进其尽早郁闭的问题,根据试验表明,可以先选择适意树种如杉木、马尾松等与刺栲进行混交造林,充分发挥伴生树种的辅佐功能,待林分郁闭后,根据生长发育情况,适时适量地将伴生树种砍伐掉,最终形成高生产力的刺栲纯林。

#### 参考文献:

- 广西林科所混交林课题组. 1992a. 马尾松,红锥混交林林冠结构的研究[J]. 广西林业科技,21(1):11-16.
- 广西林科所混交林课题组. 1992b. 马尾松,红锥混交林小气候效应的研究[J]. 广西林业科技,21(2):20-23.
- 叶万辉,练璐瑜,曹洪麟. 2004. 中国栲属植物建群种地理分布与替代规律分析[A]. 见:中国科学院生物多样性委员会. 中国生物多样性保护与研究进展第五届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集[C]. 281-287.
- 朱积余. 1990. 广西红锥适宜生态条件区划[J]. 广西林业科技,3:18-24.
- 吴征镒. 1980. 中国植被[M]. 北京:科学出版社.
- 吴征镒,朱彦丞. 1987. 云南植被[M]. 北京:科学出版社.
- 林 鹏. 1990. 福建植被[M]. 福州:福建科学技术出版社.
- 徐燕千. 1990. 广东森林[M]. 广州:广东科技出版社;北京:中国林业出版社.
- 黄成就,张永田. 1998. 锥属[A]. 见:陈焕镛,黄成就. 中国植物志(第22卷)[M]. 北京:科技出版社,13-80.
- 梁建平. 1990. 马尾松,红锥混交林营养元素循环的研究初报[J]. 广西林业科技,4:12-17.
- 潘 强. 2003. 红锥的繁育与栽培[J]. 林业实用技术,2:29-30.
- 薛纪如,姜汉侨. 1986. 云南森林[M]. 昆明:云南科技出版社;北京:中国林业出版社.
- Boman F H, Likens G E. 1979. Pattern and Process in a Forested Ecosystem[M]. New York: Springer-Verlag.
- Chen QJ(陈其军), Wang XC(王学臣), Liu Q(刘 强). 2001. Progress in functional genomics of plant stress tolerance(植物逆境胁迫耐受性功能基因组研究进展)[J]. Prog Biochem Biophys(生物化学与生物物理进展),28(6):797-801.
- Fowler S, Thomashow MF. 2002. Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are activated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway[J]. Plant Cell,14:1 675-1 690.
- Glenn-lewin DC, Peet RK, Veblen TT(eds). 1992. Plant Succession: Theory and Prediction[M]. London: Chapman & Hall.
- Guisan A, Theurillat JP. 2000. Equilibrium modeling of alpine plant distribution and climatic change, how far can we go? [J]. Phytocoenologia,30(special vollum).
- Huang QN(黄全能). 1998. Investigation on the growth law and biomass of *Castanopsis hystrix* natural forest(红锥天然林生长规律与生物量得调查研究)[J]. J Fujian Fore Sci Tech(福建林业科技),25(2):22-23.
- Jiang JD(蒋家淡). 2002. Study on the effect of mixed afforestation of *Castanopsis hystrix* and *Cunninghamia lanceolata*(红锥杉木混交林造林效果研究)[J]. J Fujian Coll Fore(福建林学院学报),22(4):329-333.
- Lerner HR(ed). 1999. Plant response to environmental stresses: from phytohormones to genome reorganization[M]. The United States of America: Marcel Dekker, Inc.
- Levin SA. 1992. The problem of pattern and scale in ecology [J]. Ecology,73(6):1 943-1 967.
- Lin JP(林俊平). 2002. Analysis of the planting effects of different patterns of *Castanopsis hystrix*(红锥不同模式造林效果分析)[J]. J Fujian For Sci Tech(福建林业科技),29(3):59-61,80.
- Ni J(倪 健), Song YC(宋永昌). 1997. Relationship between climate and distribution of main species of subtropical evergreen broad-leaved forest(中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种分布与气候的相关分析)[J]. Acta Phytocol Sin(植物生态学报),21(2):115-129.
- Schroeder JI, Allen GJ, Hugouvieux V, et al. 2001. Guard cell signal transduction[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,52:627-658.
- Su ZM(苏宗明). 1998. The classified system of natural vegetation in Guangxi(广西天然植被类型分类系统)[J]. Guihaia(广西植物),18(3):237-246.
- Tan SM(谭绍满), Ding H(丁 海), Luo RS(罗人深), et al. 1997. The evaluation and analysis of *Pinus massoniana* and *Castanopsis hystrix* mixed forest(马尾松红锥混交林现状分析与评价)[J]. Acta Phytocol Sin(植物生态学报),21(6):571-578.
- Theurillat JP, Schlusser A. 2001. Phenology and distribution strategy of key plant species within the subalpine-alpine ecocline in the Valais Alps(Switzerland)[J]. Phytocoenologia,30(special volume).
- Tilman D, Pacala SI. 1993. The Maintenance of species richness in plant communities[A]. In: Ricklefs RE, Schluter D(eds). Species diversity in ecological communities[C]. Univ of Chicago Press.
- Wang BS(王伯荪), Zhang WY(张炜银). 2002. The groups and features of tropical forest vegetation of Hainan Island(海南岛热带森林植被得类群及其特征)[J]. Guihaia(广西植物),22(2):107-115.
- Whitmore TC. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees[J]. Ecology,70(3):536-538.
- Wu JG(邹建国). 1996. Paradigm shift in ecology: an overview(生态学范式变迁综论)[J]. Acta Ecol Sin(生态学报),16(5):449-460.
- Xiong L, Schumaker KS, Zhu JK. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress[J]. Plant Cell,165-183.
- Yang MJ(杨茂精), Huang JG(黄镜光), Huang SG(黄色贵), et al. 1998. Microclimatic characteristics in the sparse stand of *Pinus massoniana* mixed with *Castanopsis hystrix*(稀疏马尾松林混交红锥后的小气候特点)[J]. For Res(林业科学研究),11(5):560-563.