

马尾松人工林近自然化改造对林分生长的影响*

Effects of Close-to-Nature Management on the Stand Growth in a Masson Pine (*Pinus massoniana*) Plantation in Southern China

朱宏光¹,陆晓明¹,温远光^{1,2**},蔡道雄²,刘世荣³,李晓琼¹,黄雪蔓¹,周晓果¹,李婉舒¹

ZHU Hong-guang¹, LU Xiao-ming¹, WEN Yuan-guang^{1,2}, CAI Dao-xiong², LIU Shi-rong³, LI Xiao-qiong¹, HUANG Xue-man¹, ZHOU Xiao-guo¹, LI Wan-shu¹

(1. 广西大学林学院,亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室,广西南宁 530004; 2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心,友谊关森林生态系统定位研究站,广西凭祥 532600; 3. 中国林业科学研究院森林生态与保护研究所,北京 100091)

(1. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources, Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Guangxi Youyiguan Forest Ecosystem Research Station, Experiment Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang, Guangxi, 532600, China; 3. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, China)

摘要:【目的】研究和阐明马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 人工林近自然化改造对林分保留木、套种树种和自然更新树种生长的影响。【方法】2005年1月,采用随机区组设计对中国林业科学研究院热带林业实验中心12年生马尾松人工林进行5种不同强度(0%, 20%, 30%, 40%和50%)间伐后,套种米老排 (*Mytilaria laosensis*)、红锥 (*Castanopsis hystrix*) 和润楠 (*Machilus pingii*) 3个乡土阔叶树种,每种强度设3次重复,每个套种种密度均为120株/hm²,2013年8月对所有样地(共15个,每个样地面积为600m²)的马尾松保留木、套种树种和自然更新至乔木层的树种进行每木调查,记录种名、胸径和树高等。【结果】间伐处理8年后,不同间伐处理间林分保留木的平均胸径、树高和蓄积量均存在极显著差异(胸径: $P < 0.001$, 树高: $P = 0.001$, 蓄积量: $P = 0.008$); 林分平均胸径和树高随着间伐强度的增加而增加,林分蓄积量随间伐强度的增大而减少。间伐促进了3个套种种幼树的生长,但不同树种间存在差异;米老排在50%间伐林分下生长最优,而红锥和润楠以40%间伐林分较优,前者的生长速率明显高于后者。间伐显著地提高了自然更新至乔木层的林木株数,与对照处理(100±25株/hm²)相比,20%,30%,40%和50%间伐林分分别是对照处理的8.72倍、11.22倍、11.06倍和13.78倍;间伐显著提高了自然更新林木的树高生长,而胸径生长差异不显著。【结论】从人工林木材生产、套种种生长和自然更新树种生长情况分析,采用30%或40%的间伐强度和套种优质乡土阔叶树是马尾松纯林近自然化改造的最佳选择。

关键词:马尾松人工林 近自然化改造 间伐 套种 乡土树种

中图分类号:S718.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)05-0477-07

Abstract:【Objective】The effects of close-to-nature management on the growth of masson pine reserved tree, interplanted species and natural regeneration species in masson pine (*Pinus*

收稿日期:2014-08-10

作者简介:朱宏光(1962-),男,副研究员,主要从事森林生态学

研究。
* 国家科技支撑计划项目(2012BAD22B01),广西重大专项计划项目(1222005)和广西教育厅重大项目资助。

** 通讯作者:温远光(1957-),男,博士,教授,主要从事森林生态和森林培育研究。

massoniana Lamb.) plantation were researched and evaluated. **【Methods】**In January 2005, a thinning experiment was conducted in a 12-year-old masson pine plantation in Experiment Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, with five different levels of thinning intensity (i. e. 0%, 20%, 30%, 40% and 50%), of which each treatment had three replicates, by the method of randomized blocks. Then, three native broad-leaved tree species, i. e. *Mytilaria laosensis*, *Castanopsis hystrix* and *Machilus pingii*, were interplanted with a density of 120 trees/hm² in the thinned masson pine plantation. In August 2013, we investigated the masson pine reserved tree, interplanted species and natural regeneration species in all plots (total 15 plots, each 30m×20m), with recording species name, dbh and height of individuals. **【Results】**Eight years later, a re-investigation of the plots showed that: There were extremely significant differences in the growth of average dbh, average height and stand volume of masson pine reserved trees in different thinning treatment stands (DBH: $P < 0.001$; height: $P = 0.001$; volume: $P = 0.008$); The average dbh and height of masson pine reserved tree in the stands increased with increasing thinning intensity, whereas the stand volume decreased with increasing thinning intensity. The saplings of broad-leaved tree species benefited greatly from thinning management, but there were significant difference between tree species. The growth of *M. laosensis* was optimal in the 50% thinning intensity stand, while *C. hystrix* and *M. pingii* were optimal in the 40% thinning intensity stand. The growth rate of *M. laosensis* was significantly higher than that of both *C. hystrix* and *M. pingii*. The individual number of tree layer species were significantly increased with thinning treatment, compared with unthinned stand (100 ± 25 trees/hm²). The individual number of tree layer of 20%, 30%, 40% and 50% thinning treatment was higher 8.72 times, 11.22 times, 11.06 times and 13.78 times than that in unthinned stand, respectively. The growth of height of natural regeneration tree was significantly increased while there were not significant differences in the growth of dbh. **【Conclusion】**According to the timber production and the growth of both interplanted tree and natural regeneration tree species, 30% or 40% thinning treatment and interplanted native broad-leaved tree species may be an optimal selection for the close-to-nature management to masson pine plantation.

Key words: masson pine plantation, close-to-nature management, thinning, interplanting, native tree species

【研究意义】马尾松 (*Pinus massoniana*) 广泛分布于我国亚热带地区, 它不仅是我国南方极其重要的优良用材树种, 也是荒山绿化的先锋造林树种^[1]。中国是世界上人工林面积最大的国家, 广西是我国人工林面积最大的省区, 马尾松人工林占全国人工林总面积的 20%^[2], 占广西人工林面积的 30% 以上。由于绝大部分马尾松属于人工纯林, 在人为干扰下长期保持偏途顶极状态, 林分生物多样性较低, 松毛虫危害严重, 生态系统比较脆弱, 生态服务功能较差^[2~6]。随着森林问题的国际化和森林经营需求的多目标化, 马尾松人工纯林实施近自然化改造实验越来越受到重视^[6]。**【前人研究进展】**间伐和套种树种是实施林分改造最基本的方法^[6,7], 这些措施对森林生态系统的多功能性和可持续性具有显著作用^[6~8]。研究表明, 间伐使林冠稀疏, 改善土壤温度和水分条件, 降低

林木间的竞争, 扩大保留木的生长空间, 改善和促进林分生长^[9,10]。近年来, 有学者对马尾松人工林开展了以多功能可持续利用为目标的人工林改造实验, 取得了初步成效。例如, 张胜三等^[11]研究了马尾松人工林近自然化改造不同阶段森林凋落物的持水特性, 何友均等^[12]研究了近自然改造对马尾松人工林早期的群落特征和土壤性质的影响, 罗应华等^[7]研究了马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响。但是, 目前的初步实验研究对森林多目标影响的效果如何还没有得到科学、系统的实证研究^[6]。**【本研究切入点】**以往的人工林间伐实验只对经营对象的生长情况进行分析, 对套种树种、天然更新树种的生长极少涉及^[6,7], 而这些信息对森林多目标管理具有重要意义。**【拟解决的关键问题】**本研究于 2004 年开始, 在 11 年生的马尾松人工林中设立固

定样地,实施不同强度的间伐实验,在林下套种米老排(*Mytilaria laosensis*)、润楠(*Machilus pingii*)和红锥(*Castanopsis hystrix*)3种乡土阔叶树种,研究不同间伐处理对马尾松、套种树种和自然更新树种生长的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区域环境概况

研究区域位于广西壮族自治区凭祥市中国林业科学研究院热带林业实验中心(21°57′~22°19′N, 106°39′~106°59′E),属低山丘陵地貌,最高峰大青山海拔1045.9m。气候属于南亚热带季风气候,年平均气温20.5~21.7℃,最冷月(1月)平均气温12.5~13.5℃,最热月(7月)平均气温26.8~28.1℃,极端最高气温31.1~33.8℃,极端最低气温-1.5℃,年≥10℃积温6000~7000℃。年均降水量1200~1500mm,雨季4~9月,雨量占全年降雨量的80%,旱季10月至次年3月,雨量占20%。年蒸发量为1261~1388mm,年平均相对湿度80%~84%。研究区域热量丰富,雨量较充沛,水热同季,对林木生长十分有利。地带性土壤为砖红壤,成土母岩为中酸性火山岩和花岗岩,土层深厚。地带性植被为热带季雨林、雨林^[1],由于长期的人为干扰,原生植被早已荡然无存,转变为各种人工植被,尤其以马尾松人工林最多,面积占50%以上。

试验样地选择在热带林业实验中心大青山实验场山顶站,第4林班,为1993年栽植的马尾松人工林,初植密度为1650株/hm²,郁闭度0.8~0.9。林分整枝强烈,林下枯枝落叶较厚,约6~8cm,分解不良。林下植被稀少,分布不均。

1.2 研究方法

2004年9月,选择坡向、坡度、土壤肥力、林相相对一致,生长正常的马尾松林作为实验地,设立15个30m×20m的固定实验样地,对样地中所有乔木个体(高度≥4m)编号并进行每木调查,实测林木胸径和树高。2005年1月,采用随机区组设计对15个固定

表1 不同间伐处理的林分概况

Table 1 Stand features under different thinning treatments

| 处理 Treatment | 保留密度 Reserve density (n/hm ²) | 伐除株数 Numbers of thinning treatments(n/hm ²) | 平均胸径 Average DBH (cm) | 平均树高 Average height (m) | 套种株数 Numbers of interplanted trees(n/hm ²) |
|--------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 对照 Check | 1650a | 0 | 14.18±0.40a | 9.98±0.17a | 0 |
| 20%间伐 20% thinning | 1320b | 333 | 14.07±0.69a | 10.11±0.41a | 360 |
| 30%间伐 30% thinning | 1155c | 500 | 13.66±1.00a | 10.14±0.31a | 360 |
| 40%间伐 40% thinning | 990d | 667 | 14.54±0.96a | 9.81±0.08a | 360 |
| 50%间伐 50% thinning | 825e | 833 | 14.43±0.72a | 9.84±0.61a | 360 |

* 同一列中字母不同表示差异显著(P<0.05)。Note: different letters within a column indicate significant difference at P<0.05.

实验样地进行5种强度的间伐处理,每种强度3次重复,各处理的林分概况见表1。2005年4月分别在12个间伐实验样地中随机套种米老排、润楠、红锥3个优质乡土阔叶树种,其套种密度均为120株/hm²,苗木高度为30~40cm,套种后头2年每年进行2次扩坎抚育。2013年8月对所有固定样地进行复查,测定所有乔木个体和3种套种阔叶树种的胸径和树高等生长因子。测定结果表明,5种处理的林分平均胸径和树高均无显著差异,而保留密度存在显著差异(表1)。

1.3 数据处理与分析

试验数据用Excel 2010软件进行初步处理,通过SPSS17.0软件的单因素方差分析(ANOVA)及多重比较检验,分析不同间伐强度下马尾松、3个套种树种和自然更新至乔木层树木的生长差异。

2 结果与分析

2.1 间伐处理对马尾松保留木生长的影响

图1结果显示,马尾松纯林实施间伐后,林分的密度存在极显著差异(F=136.98, P<0.001),林分密度的显著变化对马尾松保留木的胸径、树高和蓄积量生长有显著的影响。方差分析表明,不同间伐处理间林分的平均胸径、树高和蓄积量均存在极显著差异(胸径: F=14.36, P<0.001, 树高: F=13.14, P=0.001, 蓄积量: F=6.46, P=0.008)。其中,50%间伐处理的林分平均胸径和树高皆为最高,分别为29.65cm和16.64m,而20%间伐最低,相应为20.37cm和14.04m。与胸径和树高相反,林分蓄积量随间伐强度的增大而减少,20%间伐处理的林分蓄积量最高(225.67m³/hm²),50%间伐处理的最低(135.67m³/hm²)。多重比较分析结果表明,和对照相比,除20%间伐强度外,其余间伐强度林分的平均胸径和树高均显著高于对照,30%间伐林分显著低于40%间伐和50%间伐林分;林分蓄积量中,50%间伐强度林分的蓄积量显著低于对照和其他间伐处理林分,其余间伐处理与对照差异不显著(图1)。

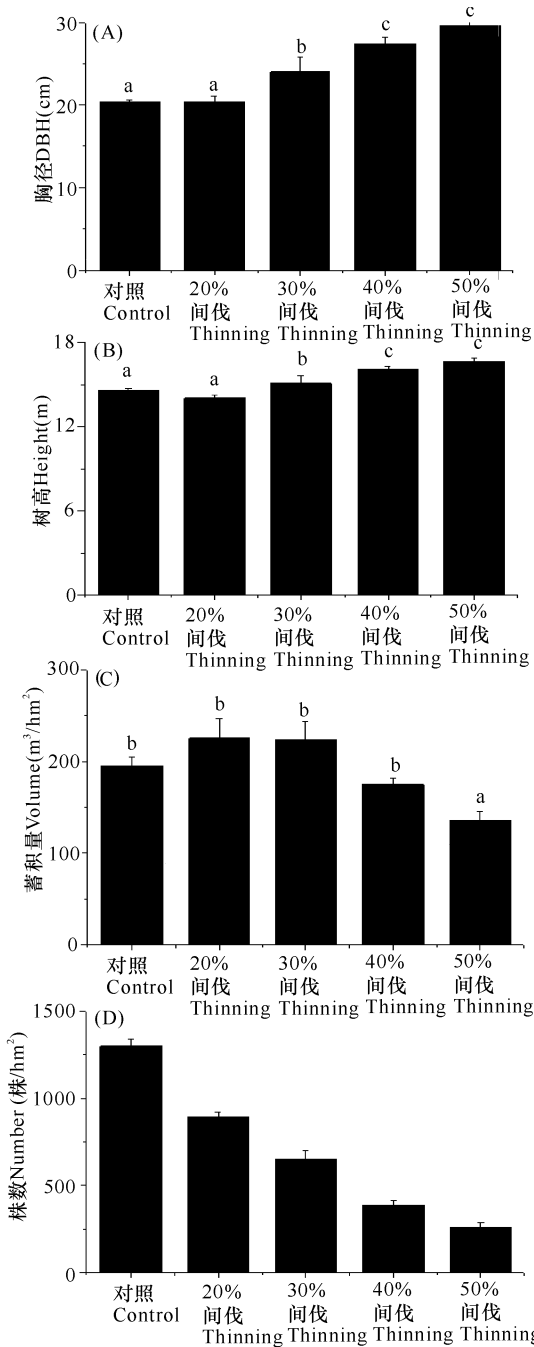


图1 不同处理下马尾松胸径(A)、树高(B)、蓄积量(C)和密度(D)的比较

Fig. 1 Comparison of DBH(A), height(B), volume(C) and density(D) of *P. massoniana* under different thinning treatments

2.2 间伐处理对林下套种阔叶树种生长的影响

不同间伐处理下不同套种树种的生长表现不同(图2)。套种树种平均树高的大小顺序为米老排(9.23±0.26m) > 红椎(5.13±0.26m) > 润楠(4.89±0.26m); 平均胸径的大小顺序相应为米老排(8.16±0.33cm) > 润楠(3.85±0.33cm) > 红椎(3.73±0.33cm)(图2)。方差分析表明,不同间伐处理下,套种树种的平均树高($F = 89.65, P = 0.000 < 0.01$)、

平均胸径($F = 56.15, P = 0.000 < 0.01$)存在极显著差异。多重比较显示,米老排平均胸径和树高与红椎、润楠存在显著差异,而红椎与润楠差异不显著。

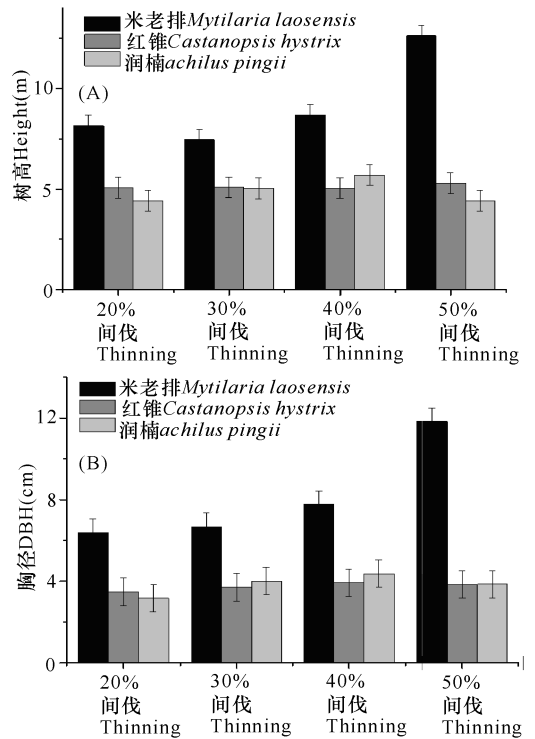


图2 不同间伐处理下不同套种树种的树高(A)和胸径(B)生长比较

Fig. 2 Comparison of DBH and height of interplanted trees under different thinning treatments

从图2还可看出,米老排的胸径和树高随间伐强度的增大而增加,最大值均出现在50%间伐林分,而且显著高于其它3种间伐强度林分。红椎和润楠对间伐强度不敏感,不同间伐强度处理间的生长差异不显著。红椎的最大胸径出现在40%间伐林分,最大树高出现在50%间伐林分。润楠的最大胸径和树高都是出现在40%间伐林分。

2.3 间伐处理对自然更新树种生长的影响

2005年在所有样方中自然更新至乔木层的个体数为 95.83 ± 71.83 株/hm²。由图3可知,间伐处理后,经过8年的恢复演替,群落中自然更新至乔木层的个体数均显著增加,不同处理林分间差异极显著差异($F = 12.24, P = 0.001 < 0.01$)。与对照处理(100±25株/hm²)相比,20%间伐处理下自然更新乔木株数是对照处理的8.72倍(872±313株/hm²),30%间伐处理为11.22倍(1122±315株/hm²),40%间伐处理为11.06倍(1106±69株/hm²),50%间伐处理为13.78倍(1378±302株/hm²)。多重比较显示:对照处理与20%间伐、30%间伐、40%间伐、50%间伐处理存在显著差异;20%间伐处理与50%间伐

处理存在显著差异,与30%间伐、40%间伐处理差异不显著;30%间伐处理与50%间伐处理存在显著差异,与40%间伐处理差异不显著;40%间伐处理与50%间伐处理存在显著差异(图3C)。

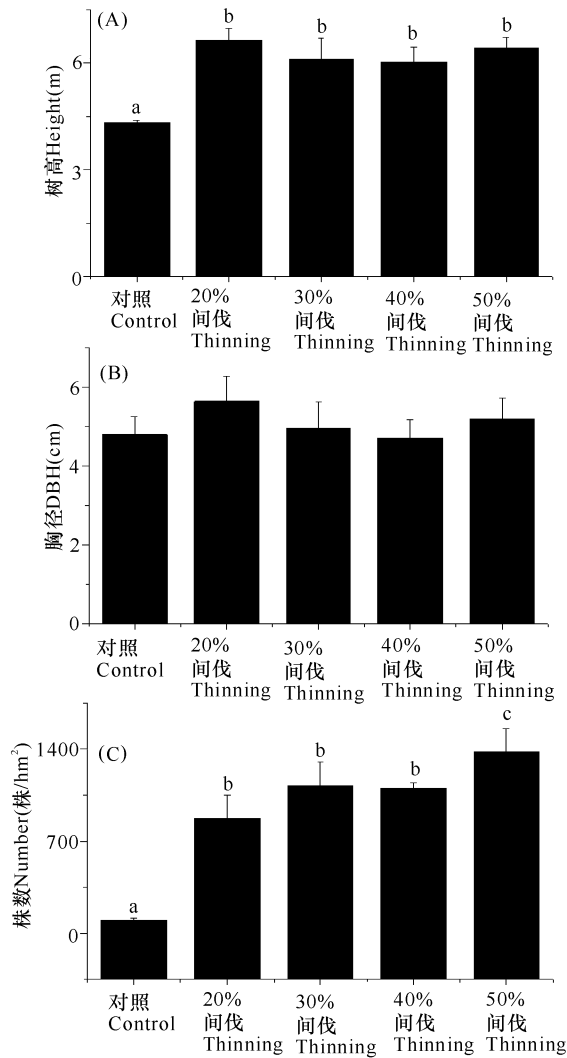


图3 不同处理下马尾松林自然更新林木树高(A)、胸径(B)和株数(C)比较

Fig. 3 Comparison of height (A), DBH (B) and individual numbers (C) of natural regeneration trees under different thinning treatments

不同间伐处理林分中自然更新林木的胸径生长量的大小顺序为20%间伐(5.64±1.08cm) > 50%间伐(5.19±0.91cm) > 30%间伐(4.95±1.15cm) > 对照(4.80±0.79cm) > 40%间伐(4.71±0.79cm),方差分析表明差异不显著($F = 0.454, P = 0.768 > 0.05$)(图3B)。自然更新林木的树高生长量的大小顺序为20%间伐(6.64±0.56m) > 50%间伐(6.42±0.52m) > 30%间伐(6.12±1.02m) > 40%间伐(6.04±0.70m) > 对照(4.80±0.79cm),方差分析表明差异显著($F = 5.846, P = 0.011 < 0.05$),多重

比较显示,对照处理与20%间伐、30%间伐、40%间伐、50%间伐处理间差异显著;而4种间伐处理间差异不显著(图3A)。

3 讨论

3.1 间伐强度对马尾松的木材生产的影响

木材生产是马尾松人工林的重要功能之一。抚育间伐能否提高森林总生产量,这是长期以来林业上争论的问题^[9]。孙冬婧^[13]对杉木人工林间伐的试验表明,在短期内(5年),间伐不能提高林分乔木层的蓄积量和生物量。在本试验中,实施间伐后8年,20%间伐和30%间伐林分的蓄积量比对照分别提高15.40%和14.77%,而40%间伐和50%间伐林分分别比对照下降10.34%和30.62%。表明较高强度(如40%和50%间伐)的间伐在短期内并不能有效的提高生态系统固定CO₂的功能;然而,与较低间伐强度(20%和30%间伐)林分的个体生长相比,较高的间伐强度林分具有最大的个体胸径增长。这与Seiwa等^[10]的研究结果一致。因此,在林分经营中,若以培育中、小径材为目标宜采用较低的间伐强度;若以培育大径材为主,则应采取较高的间伐强度。

3.2 马尾松纯林改造的树种选择

林下套种阔叶树种是改善林分结构、提高土壤肥力、实现森林多目标经营的重要措施^[4,6,14~17],而套种树种的选择一直是人工林近自然化改造成败的关键技术。不同树种由于其生态生物学特性的差异(如喜光性、耐阴性、生长速率、光合特性等),幼苗幼树的生长往往受到光照、温度、土壤水分等因素的影响,因而表现出生长差异。在本实验中,3个套种乡土阔叶树种都表现出良好的适应性,但树种间存在差异。米老排属于喜光性树种,但幼龄期具备一定的耐阴性,其平均胸径和树高均随着间伐强度的增加而增加,表明米老排幼树在间伐强度较大的林分中生长更好;红锥和润楠皆为中生性树种,其幼苗幼树需要一定的荫蔽,随着间伐强度的增加,其胸径和树高生长表现为先增加后减少,且间伐强度间差异不显著,在30%~40%间伐林分下生长较好。因此,在南亚热带马尾松纯林的改造中,在间伐强度为50%或大于50%的马尾松林下套种米老排是较好的选择;在间伐强度小于50%的马尾松林下可选择红锥和润楠。本实验中,间伐和套种后8年,马尾松在林冠上层已重新郁闭,已对林下套种的米老排、红锥和润楠产生不利的竞争效应,有必要再次实施间伐,使其尽快进入林冠上层,进而促进群落的顺向演替进程。

3.3 马尾松人工纯林近自然化改造方法

针对南亚热带大面积针叶纯林功能低下的现实问题,大力开展大面积针叶纯林的近自然化改造,迫切需要可行的改造方法。本实验结果表明,参照天然林生态系统的结构和功能,对大面积针叶纯林进行适当疏伐,保留一定密度,选用米老排、红锥、润楠等当地优质乡土阔叶树种,按照一定的比例进行套种,经过8年的自然演替,已基本形成异龄、复层的针阔混交林,林分生态系统的稳定性、抗逆性、抗病虫害能力和物种多样性不断改善,提高了森林的质量和森林的多种功能。从人工林木材生产、套种树种和自然更新树种的生长情况等综合考虑,作者认为,采用30%或40%的间伐强度和套种优质乡土阔叶树是马尾松纯林近自然化改造的最佳选择。

参考文献:

[1] 李治基. 广西森林[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
Li Z J. Guangxi Forests [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,2001.

[2] 田大伦. 马尾松和湿地松林生态系统结构与功能[M]. 北京:科学出版社,2005.
Tian D L. Structure and Function of Masson Pine and Wetland Pine Ecosystem [M]. Beijing: Science Press, 2005.

[3] 盛炜彤. 人工林立地衰退研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992:3-46.
Sheng W T. Studies on Soil Degradation in Plantations [M]. Beijing: Science and Technology Press of China, 1992:3-46.

[4] 陆元昌,张守攻,雷相东,等. 人工林近自然化改造的理论基础和实施技术[J]. 世界林业研究,2009,22(1):20-27.
Lu Y C,Zhang S G,Lei X D,et al. Theoretical basis and implementation techniques on close-to-nature transformation of plantations [J]. World Forestry Research, 2009,22(1):20-27.

[5] Xu X N, Hirata E. Forest floor mass and litterfall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees[J]. Forest Ecology and Management,2002, 157:165-173.

[6] 何友均,覃林,李智勇. 森林经营对多维目标功能的影响评价与模拟研究[M]. 北京:科学出版社,2013.
He Y J, Qin L, Li Z Y. Impact Assessment of Forest Management Strategies on Multi-purposes and Its Modeling[M]. Beijing: Science Press,2013.

[7] 罗应华,孙冬婧,林建勇,等. 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2013,33(19):201-209.

Luo Y H, Sun D J, Lin J Y, et al. Effect of close-to-nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation[J]. Acta Ecologica Sinica,2013,33(19):201-209.

[8] 湛红辉,方升佐,丁贵杰,等. 马尾松间伐的密度效应[J]. 林业科学,2010,46(5):84-91.
Chen H H, Fang S Z, Ding G J, et al. Thinning density effects on masson pine plantation[J]. Scientia Silvae Sinicae,2010,46(5):84-91.

[9] 沈国舫,翟明普. 森林培育学[M]. 第2版. 北京:中国林业出版社,2011.
Shen G F, Zhai M P. Silviculture [M]. The Second edition. Beijing: China Forestry Publishing House,2011.

[10] Seiwa K, Eto Y, Hisshita M, et al. Effects of thinning intensity on species diversity and timber production in a conifer (*Cryptomeria japonica*) plantation in Japan [J]. Journal of Forest Research,2012,17:468-478.

[11] 张胜三,伍力,杨全平,等. 马尾松人工林近自然化改造不同阶段森林凋落物持水特性研究[J]. 湖北林业科技,2008(6):8-12.
Zhang S S, Wu L, Yang Q P, et al. Water-holding characteristics of litterfall at different stage of *Pinus massoniana* Lamb. close-to-nature Forest Improvement in Tuanfeng [J]. Hubei Forestry Science and Technology,2008(6):8-12.

[12] 何友均,梁星云,覃林,等. 南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响[J]. 生态学报,2013,33(8):2484-2495.
He Y J, Liang X Y, Qin L, et al. Community characteristics and soil properties of coniferous plantation forest monocultures in the early stages after close-to-nature transformation management in southern subtropical China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2484 - 2495.

[13] 孙冬婧. 间伐和套种阔叶树对杉木人工林生物量、物种多样性及地力的影响[D]. 南宁:广西大学硕士学位论文,2011.
Sun D J. The effects on biomass, species diversity and soil fertility of *Cunninghamia lanceolata* plantation by intermediate cuttings and interplanted with broad-leaved tree [D]. Nanning: Master's Degree Thesis of Guangxi University,2011.

[14] 郭文福,蔡道雄,贾宏炎,等. 马尾松与红锥等3种阔叶树种营造混交林的生长效果[J]. 林业科学研究,2010, 23(6):839-844.
Guo W F, Cai D X, Jia H Y, et al. An analysis of the growth and structure of mixed plantations consisted of *Pinus massoniana* and broadleaf species [J]. Forest Research,2010,23(6):839-844.

[15] 刘红梅,王祖华,关庆伟,等.间伐对杉木和马尾松人工林生长及植物多样性的影响[J].林业科技开发,2010,24(3):33-37.
Liu H M,Wang Z H,Guan Q W,et al. The effects of thinning on the growth and plant diversity in Chinese fir and *Pinus massoniana* plantations[J]. China Forestry Science and Technology,2010,24(3):33-37.

[16] 蔡庆焰.马尾松人工林间伐套种凹叶厚朴生长分析[J].福建林业科技,2010,37(3):16-20.
Cai Q Y. Analysis of interplanting *Magnolia biloba* after intermediate cuttings of *Pinus massoniana* [J].

Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2010,37(3):16-20.

[17] 邹绍荣.套种对马尾松林分生长和土壤理化性质的影响[J].林业勘察设计,2009(2):64-67.
Zou S R. Effect of interplanting on masson pine stand and the physics and chemistry character of soil[J]. Forestry Prospect and Design,2009(2):64-67.

(责任编辑:尹 闯)

(上接第 468 页 Continue from page 468)

[25] Wen Y G, Ye D, Chen F, et al. The changes of understory plant diversity in continuous cropping system of *Eucalyptus* plantations, South China[J]. Journal of Forest Research, 2010, 15(4): 252-258.

[26] Whitney G G, Foster D R. Overstorey composition and age as determinants of the understory flora of central New England's woods[J]. Journal of Ecology, 1988, 76: 867-879.

[27] Takafumi H, Hiura T. Effects of disturbance history and environmental factors on the diversity and productivity of understory vegetation in a cool-temperate forest in Japan [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257: 843-857.

[28] 唐勇,曹敏,张建侯,等.西双版纳热带森林土壤种子库与地上植被的关系[J].应用生态学报,1999,10(3):

279-282.

Tang Y, Cao M, Zhang J H et al. Relationship between soil seed bank and aboveground vegetation in tropical forest of Xishuangbanna[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(3): 279-282.

[29] 温远光.常绿阔叶林退化生态系统恢复过程物种多样性的发展趋势与速率[J].广西农业大学学报,1998,17(2):93-106.

Wen Y G. Restorative trend and rate of the species diversity of recovering process in degraded ecosystem of evergreen broad-leaved forest [J]. Journal of Guangxi Agricultural University, 1998, 17(2): 93-106.

(责任编辑:陈小玲)