

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

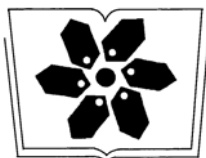
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究
..... 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响
..... 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 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 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例
..... 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201306101601

罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 郭文福, 卢立华, 温远光. 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. 生态学报, 2013, 33(19): 6154-6162.

Luo Y H, Sun D J, Lin J Y, Guo W F, Lu L H, Wen Y G. Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6154-6162.

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

罗应华^{1,2}, 孙冬婧^{1,3}, 林建勇^{1,4}, 郭文福³, 卢立华³, 温远光^{1,2,*}

(1. 广西大学林学院, 南宁 530004; 2. 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 南宁 530004;

3. 中国林业科学院热带林业试验中心, 凭祥 532600; 4. 广西林业科学研究院, 南宁 530002)

摘要:中国人工林面积居世界第一位,而马尾松是中国人工林面积较大的树种之一,广泛分布于中国的亚热带区域。马尾松适应能力强,耐干旱、瘠薄,是南方低山丘陵区群落演替的先锋树种,也是荒山绿化造林的主要树种,马尾松人工林对生态防护、生态治理有着重大的意义。但是,绝大部分马尾松人工林为人工纯林,生态系统比较脆弱,生态服务功能较差。人工林的近自然改造对于增加林地生物多样性,提升人工林的生态服务功能具有重要意义。2005 年,对中国林业科学院热带林业试验中心 1993 年造林的马尾松人工林进行 4 种不同强度(50%、40%、30%、20%)间伐后,套种大叶栎(*Castanopsis fissa*)、米老排(*Mytilaria laosensis*)、润楠(*Machilus pingii*)、红锥(*C. hystrix*)4 个乡土阔叶树种,各种套种密度皆为 120 株/hm²。分别于间伐前(2004 年)及 2010 年对群落生物多样性及人工套种种群生态情况进行调查,结果表明:(1)间伐处理后,自然更新至乔木层的物种种类和数量都有显著的增加,600 m²的样方中,物种数由(2.75±2.56)种增加到(11.17±4.32)种,个体数由(5.75±4.31)株增加到(32.17±19.09)株,群落中乔木亚层的优势种变化不大,主要有南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、水锦树(*Wendlandia uariifolia*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、破布木(*Cordia dichotoma*)、白背桐(*Mallotus paniculatus*)等。新增加到乔木层的物种大都为之前群落中灌木层的种类,主要有三桠苦(*Evodia lepta*)、鸭脚木(*Schefflera minutistellata*)、白花龙(*Styrax faberi*)、中平树(*Macaranga denticulata*)、黄毛榕(*Ficus esquiroliana*)、华南毛柃(*Eurya ciliata*)、罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)、猴耳环(*Pithecellobium clypearia*)、木姜子(*Litsea pungens*)、毛黄肉楠(*Actinodaphne pilosa*)等。(2)间伐处理前,600 m²样方中出现的灌草种类数量为(24.63±4.24)种,间伐处理后,600 m²样方中出现的灌草种类数量为(27.58±3.80)种,不同间伐强度处理后林下灌草的优势种与间伐前大致相同,灌木层优势种为三桠苦,草本层优势种为弓果黍(*Cyrtococcum patens*)。不同间伐强度处理林分间,灌木层和草本层的物种丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数均无显著差异,且与间伐前林分也无显著差异。(3)间伐促进了 4 个乡土树种幼树的生长,随着间伐强度的增加,大叶栎、红锥幼树的高度和胸径显著增长;50%的间伐强度的林分中,阔叶树种幼树的长势要显著好于其他间伐强度,50%的间伐强度最有利于马尾松林下套种的阔叶树种生长。(4)在马尾松林下套种的 4 个阔叶树种幼树的初期生长有明显差异。总体而言,大叶栎与米老排幼树的早期生长速率要明显高于红锥和润楠。

关键词:马尾松人工林 近自然改造; 间伐; 套种; 自然更新; 物种多样性

Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation

LUO Yinghua^{1,2}, SUN Dongjing^{1,3}, LIN Jianyong^{1,4}, GUO Wenfu³, LU Lihua³, WEN Yuanguang^{1,2,*}

1 College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China

2 State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources, Nanning 530004, China

3 Experiment Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, China

4 Guangxi Academy of Forestry, Nanning 530002, China

基金项目:国家科技支撑资助项目(2012BAD22B01);国家自然科学基金科学基金资助项目(31200300)

收稿日期:2013-06-10; **修订日期:**2013-07-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wenyg@263.net

Abstract: China has the world's largest total area of plantation resource, among which the most common species is masson pine (*Pinus massoniana* Lamb). As a pioneer tree species in hill areas of southern China, masson pine is highly resistant to drought and infertile soils and thus plays an important role in the ecological restoration. However, as most masson pine plantations are monocultures, consisting of a single dominant tree species, their ecosystem services are often poor. Close-to-nature management is of great significance for the increase of species diversity and the improvement of ecological service in plantations. In 2005, a thinning experiment was conducted in a 12-year-old masson pine plantation in the Experiment Center of Tropical Forestry of Chinese Academy of Forestry, with four different levels of thinning density (i.e. 50%, 40%, 30%, and 20%). Then, four native broad-leaved tree species, i.e. *Castanopsis fissa*, *Mytilaria laosensis*, *Machilus pingii* and *C. hystrix*, were interplanted with a density of 120 trees /hm² in the thinned masson pine plantation. We investigated the community species diversity and growth conditions before the thinning experiment. Five years later, a re-investigation of the plots showed that: (1) the number of tree layer species were significant increased, with the species richness per plot (600 m²) from 2.75±2.56 to 11.17±4.32 and individual number from 5.75±2.56 to 32.17±19.09. In addition to the original dominant species before the experiment, nearly 10 species in original shrub layer grew into tree layer, including *Evodia lepta*, *Schefflera minutistellata*, *Styrax faberi*, *Macaranga denticulata*, *Ficus esquiroliana*, *Eurya ciliata*, *Diospyros morrisiana*, *Pithecellobium clypearia*, *Litsea pungens* and *Actinodaphne pilosa*. (2) the number of shrub and herb layer species increased only slightly from 24.63±4.24 to 27.58±3.80 per plot (600 m²). Different thinning density treatments had no significant effect on shrub-herb species in terms of Species richness index, Shannon-Wiener index, Simpson index, and Pielou index. The dominant species in shrub and herb layer were *Evodia lepta* and *Cyrtococcum patens*, respectively, which are similar with those before the thinning experiment. (3) The saplings of broad-leaved tree species benefited greatly from thinning management. The height and DBH increased significantly with the thinning intensity in *Castanopsis fissa* and *C. hystrix*. In the 50% thinning intensity stands, the broad-leaves tree saplings had significantly better performance than those in other stands, suggesting that the 50% thinning management was optimal for the growth of broad-leaves tree species. (4) There were significant differences in early growth among the four broad-leave tree species in masson pine plantation. Overall, the early growth rates of *C. fissa* and *Mytilaria laosensis* were obviously higher than the other two species. Our results highlight the significant effects of close-to-nature management, i.e. thinning of dominant masson pine and interplanting of native tree species, on the increase of species diversity in plantations even in a relative short experimental period. As higher levels of species diversity are essential for community stability (e.g. the resistance of forest to variable disturbances), the close-to-nature management will benefit the supply of high-quality timbers and ecological services in masson pine plantations.

Key Words: masson pine plantation; close-to-nature management; thinning, interplanting; natural regeneration; species diversity

马尾松(*Pinus massoniana*)属松科(Pinaceae)松属(*Pinus*)植物,其适应能力强,耐干旱、瘠薄,是南方低山丘陵区群落演替的先锋树种,也是荒山绿化造林的主要树种。中国南方区域马尾松林的面积达 1.13×10^7 hm²,蓄积量为 3.41×10^8 m³,占全国总造林面积的20%^[1]。但是,由于长期进行纯林经营,使得马尾松人工林生态系统比较脆弱,立地衰退日益明显,层次结构简单,容易受到松毛虫侵害,火灾频率增加,林分生产力下降,严重威胁着林地的可持续经营^[2-4]。

研究表明,针阔混交林具有生物多样性丰富,抗逆性强,生态系统稳定等特点^[5-7],混交林与纯林比较,林内光照减弱,气温、地温略低而变幅小,风速降低,蒸发量减少,空气湿度增加,有利于改善林内小气候^[8-11]。混交林的冠层厚,叶面积指数较大,枯落物较多,成分较复杂,比单纯林更能提高土壤肥力。此外,混交林的防护效益高,混交林林冠浓密,根系深广,枯落物丰富,地上地下部分结构比纯林复杂,在涵养水源、保持水土、防风固沙,以及其他防护效益方面都优于纯林^[12-13],然而,如何选择和搭配树种是营造混交林首先要解决的问题^[14-15]。

马尾松人工林的经营过程中,造林密度和保留密度对林木生长、森林蓄积量、林下植物生长有重要的影响^[16-19]。同时,光照条件也是影响植物幼苗、幼树生长的重要环境因素,在人工林群落中,由于林冠层连续整齐,林分郁闭度往往较高,因此,适当的间伐处理是人工林近自然化经营的必要措施^[20]。

本文选取11年生马尾松人工林,设立固定实验样地,通过在不同间伐处理林分下套种4种乡土阔叶树种方式对马尾松纯林进行近自然改造,分析不同间伐强度下,群落物种多样性的变化,以及4个阔叶树种在不同间伐强度下套种的初期生长速率,

为在南亚热带地区马尾松人工林营造针阔混交林树种的选择及营林措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究试验地设在地处我国亚热带南缘的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(106°39'50"—106°59'30"E, 21°57'47"—22°19'27"N)。研究区属南亚热带季风气候,主要受东南与西南两季风控制。年均气温为 20.5—21.7℃,极端高温 40.3℃,极端低温-1.5℃;≥10℃活动积温 6000—7600℃;气候垂直变化明显,海拔每升高 100 m 气温平均下降 0.53℃。年均降水量 1200—1500 mm,年蒸发量 1261—1388 mm,相对湿度 80%—84%,优越的光、水、热条件对林木的生长十分有利。地带性土壤为砖红壤性土,由中酸性火山岩和花岗岩发育而成。

1.2 研究方法

于 2004 年 9 月,在青山实验场选择 1993 年栽植的马尾松林,设立 12 块 20 m×30 m 的固定实验样地,对样地中所有乔木个体(高度大于 4 m)编号并采用每木检尺的方法进行调查,在每块样地内机械布设 5 个 2 m×2 m 的小样方作为灌木样方,设置 5 个 1 m×1 m 的小样方作为草本样方,调查并记录灌草样方中植物的种类、个体数、高度及盖度等。马尾松林林分郁闭度 0.8—0.9,马尾松种植密度 1650 /hm²,马尾松平均胸径(13.54±3.98)cm。

表 1 马尾松林下套种阔叶树种基本情况

Table 1 The native broad-leaved tree species interplanted in masson pine plantation

种名 Species	科名 Family	种植年份 Planted year	苗木始高度/cm Seedling basic height
大叶栎 <i>Castanopsis fissa</i>	壳斗科 Fagaceae	2005	30—40
米老排 <i>Mytilaria laosensis</i>	金缕梅科 Hamamelidaceae	2005	30—40
润楠 <i>Machilus pingii</i>	樟科 Lauraceae	2005	30—40
红锥 <i>C. hystrix</i>	壳斗科 Fagaceae	2005	30—40

于 2005 年 1 月对实验样地进行 4 种不同强度(去除株数分别为 20%、30%、40%、50%)的间伐处理,每个处理 3 个重复。2005 年 4 月,依据林木密度,分别在各实验样地中随机套种大叶栎(*Castanopsis fissa*)、米老排(*Mytilaria laosensis*)、润楠(*Machilus pingii*)、红锥(*C. hystrix*)4 个乡土阔叶树种,4 个阔叶树种的套种密度皆为 120 株/hm²。套种后头 3a 每年块状抚育两次。于 2010 年 8 月对实验样地进行复查,测量套种的 4 个阔叶树种个体的高度、胸径。同时,按照 2004 年的调查方法,分别对实验样地内的乔、灌、草进行复查。

1.3 数据处理

对植物群落物种重要值、物种丰富度(S)、Shannon-Wiener 指数(H')、Simpson 优势度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(J)计算分别按如下公式进行:

$$\text{重要值}(IV) = \text{相对多度} + \text{相对显著度} + \text{相对频度}$$

$$\text{物种丰富度 } S = \text{样方内物种总数}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$J = \left(- \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \right) / \log_2 S$$

式中,重要值的取值范围为 0—300,相对频度为该物种在全部样方中出现的频度与所有物种出现的频度之和的比例;乔木的盖度用胸高断面面积表示; S 为物种总数; P_i 为物种 i 的个体在全部个体中的比例。

试验数据用 Excel2007 进行初步处理,通过 SPSS16.0 软件的单因素方差分析(ANOVA)及多重比较检验群落物种多样性变化,及不同间伐强度中 4 个阔叶树种生长情况的差异。

2 结果与分析

2.1 间伐处理对植物自然更新的影响

2.1.1 间伐处理对乔木层植物更新的影响

2005 年在所有样方中自然更新至乔木层的物种数为 17 种,平均每个 600 m² 的样方中有 (2.75±2.56) 种,个体数为 (5.75±4.31)。由图 1 可知,间伐处理后,群落中自然更新至乔木层的物种种类和数量都有显著的增加,所有样方中,乔木层自然更新的物种数为 47 种,平均每个 600 m² 的样方中有 (11.17±4.32) 种,个体数为 (32.17±19.09),4 个间伐强度处理中自然更新至群落

乔木层的种类和数量皆要显著高于 2005 年。自然更新的物种在群落构建了一个乔木亚层,对比分析我们发现,间伐处理后,群落中乔木亚层的优势种变化不大,主要有南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、水锦树(*Wendlandia uvariifolia*),枫香(*Liquidambar formosana*)、破布木(*Cordia dichotoma*)、白背桐(*Mallotus paniculatus*)等。新增加到乔木层的物种大都为之前群落中灌木层的种类,主要有三桠苦(*Evodia lepta*)、鸭脚木(*Schefflera minutistellata*)、白花龙(*Styrax faberi*)、中平树(*Macaranga denticulata*)、黄毛榕(*Ficus esquiroliana*)、华南毛柃(*Eurya ciliata*)、罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)、猴耳环(*Pithecellobium clypearia*)、木姜子(*Litsea pungens*)、毛黄肉楠(*Actinodaphne pilosa*)等。

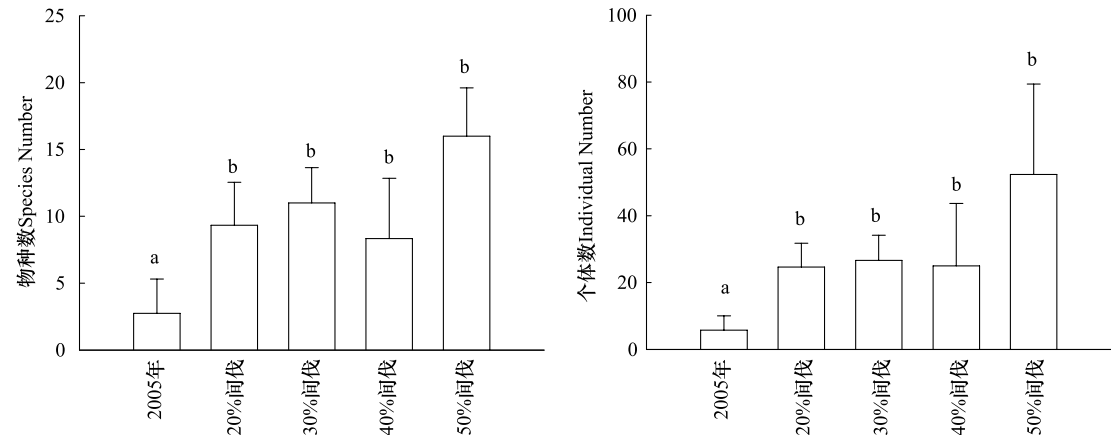


图1 不同间伐强度林份中乔木层自然更新的物种种类与数量及多重比较

Fig.1 The species and individual number of natural regeneration in tree layer in different thinning treatments and the result of multiple comparison

2.1.2 间伐处理对林下灌草物种组成的影响

间伐处理前,600 m²样方中出现的灌草种类数量为(24.63±4.24)种,其中灌木(16±4)种,草本(9.63±0.92)种;间伐处理后,600 m²样方中出现的灌草种类数量为(27.58±3.80)种,其中灌木(18.08±3.75)种,草本(9.50±1.24)种;由表 2 可知,不同间伐强度处理后林下灌草的优势种与间伐前大致相同,灌木层优势种为三桠苦,草本层优势种为弓果黍(*Cyrtococcum patens*)。

表 2 林下灌草主要物种组成及其重要值

Table 2 The main shrub and herb species of understory and its importance value					
物种 Species	林分类型 Forest types				
	2005 年间伐前 Before the thinning treatment	20%间伐 20% thinning treatment	30%间伐 30% thinning treatment	40%间伐 40% thinning treatment	50%间伐 50% thinning treatment
灌木层 The shrub layer					
三桠苦 <i>Evodia lepta</i>	53.51	35.57	34.79	80.96	35.04
粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>	6.19	15.62	18.60	16.02	23.08
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	19.35	15.74	15.37	8.21	15.69
楠藤 <i>Mussaenda erosa</i>	17.23	19.88	15.96	19.22	12.27
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	16.20	22.31	4.39	2.87	4.74
九节 <i>Psychotria rubra</i>	6.75	21.98	10.86	4.42	8.07
毒根斑鸠菊 <i>Vernonia cumingiana</i>		7.21	2.08	16.84	16.77
酸藤子 <i>Embelia laeta</i>	6.83	2.99	5.61	5.60	19.86
白纸扇 <i>Mussaenda philippica</i>	23.82	23.42	6.01	7.82	
牛白藤 <i>Hedyotis hedyotideae</i>		12.26	10.52	5.80	5.49
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	15.56	3.82	7.05	5.34	
白背桐 <i>Mallotus apelta</i>			12.92	2.67	13.49
南方荚蒾 <i>Viburnum fordiae</i>		9.28	9.88		6.85
细圆藤 <i>Pericampylus glaucus</i>		8.68		2.93	13.62
华南毛柃 <i>Eurya ciliata</i>	12.54	3.26	6.21	2.48	

续表

物种 Species	林分类型 Forest types				
	2005 年间伐前 Before the thinning treatment	20%间伐 20% thinning treatment	30%间伐 30% thinning treatment	40%间伐 40% thinning treatment	50%间伐 50% thinning treatment
斑鸠菊 <i>Vernonia esculenta</i>	2.06	13.04	1.90	5.05	2.87
马莲鞍 <i>Streptocaulon griffithii</i>			9.94	6.86	5.31
玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	15.08	2.99	2.31		
毛黄肉楠 <i>Actinodaphne pilosa</i>	16.43		12.58	3.12	2.88
桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	7.07		7.78		
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	5.72				7.94
箭党花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>		8.04	2.54	2.67	
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	4.45	2.60	3.76		2.22
紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>	4.64	3.56	2.83	2.93	2.52
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	2.06	4.50			5.09
越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i>	5.87	3.54		4.54	6.84
草本层 The herb layer					
弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i>	61.20	111.01	88.63	78.26	88.16
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	33.13	42.21	29.54	56.62	46.06
半边旗 <i>Pteris semipinnata</i>	23.01	20.83	33.00	59.92	35.06
求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>		27.15	69.51	18.69	46.30
扇叶铁线蕨 <i>Adiantum flabellulatum</i>	46.78	33.54	25.70	37.94	34.58
团叶鳞始蕨 <i>Lindsaea orbiculata</i>	34.76	21.80	11.85	11.35	16.98
乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	30.80		9.01	5.32	10.27
五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i>		11.65	10.64		10.51
狗脊 <i>Woodwardia japonica</i>	14.16	0	6.37	4.11	
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>		12.19	7.54		2.69

2.2 间伐处理对林下植物物种多样性的影响

由图2可知,所有处理中林分灌木层的生物多样性指数呈现较为一致的规律,30%间伐处理的林分灌木层的生物多样性指数皆为最高,其中,物种丰富度指数 20.67,Shannon-Wiener 指数 2.84,Simpson 指数 0.93,均匀度指数 0.94;而 40%间伐处理的林分灌木层的 Shannon-Wiener 指数(2.26)、Simpson 指数(0.82),均匀度指数(0.81)为最低,物种丰富度指数最低为 20%间伐处理(15.67);多重比较分析发现,除了 30%间伐处理的林分灌木层的均匀度指数要显著高于 20%间伐处理的林分($P=0.022$)外,其他各处理的生物多样性指数差异皆不显著。

50%间伐处理的林分中,草本层的物种丰富度指数(9.00)为最低,但其其他生物多样性指数皆为最高,其中,Shannon-Wiener 指数 1.64,Simpson 指数 0.75,均匀度指数 0.75;30%间伐处理的林分中草本层的物种丰富度指数(10.00)为最高;而 40%间伐处理的林分中,其 Shannon-Wiener 指数(1.47),Simpson 指数(0.65),均匀度指数(0.65)皆为最低,但各指数差异并不显著。

2.3 不同间伐处理下套种阔叶树种生长差异分析

4个乡土阔叶树种幼树在不同间伐强度马尾松林下的早期生长如图3所示,总体而言,4个阔叶树种幼树的初期生长有明显差异。大叶栎与米老排幼树的早期生长速率要明显高于红锥和润楠。所有处理中,50%间伐强度的林分中套种的大叶栎长势最好,平均生长高度达(7.26±2.44)m,胸径(4.84±2.12)cm,平均高度和胸径皆为最大。多重比较分析结果表明,和大叶栎相比,米老排只有在 50%间伐强度的林分中生长高度显著低于大叶栎,而在 20%间伐强度的林分中,米老排的树高和胸径都要显著高于大叶栎(树高 $t=3.30$, $P=0.0014$;胸径 $t=3.22$, $P=0.0019$),可见,由于米老排幼树较为耐阴,且幼树前期生长较快,在不同间伐强度的林分下长势都较好,是林下套种较好的阔叶树种。

间伐促进了 4 个乡土树种幼树的生长。方差分析结果表明,随着间伐强度的增加,大叶栎、红锥幼树的树高和胸径显著增长(大叶栎:树高 $F=5.47$, $P<0.001$,胸径 $F=3.68$, $P<0.01$;红锥:树高 $F=4.91$, $P<0.001$,胸径 $F=3.26$, $P<0.01$)。米老排幼树的树高亦有显著增长($F=2.32$, $P=0.021$),而米老排幼树的胸径、润楠幼树的树高及胸径在不同间伐强度的林分中生长差异并不显著。总体而言,在本试验设计的 4 个间伐强度中,50%的间伐强度最有利于马尾松林下套种的阔叶树种生长。

马尾松林下套种的 4 个阔叶树种中,红锥和润楠的长势表现较差,且随着间伐强度的增加,幼树生长并未显著增长,由于红

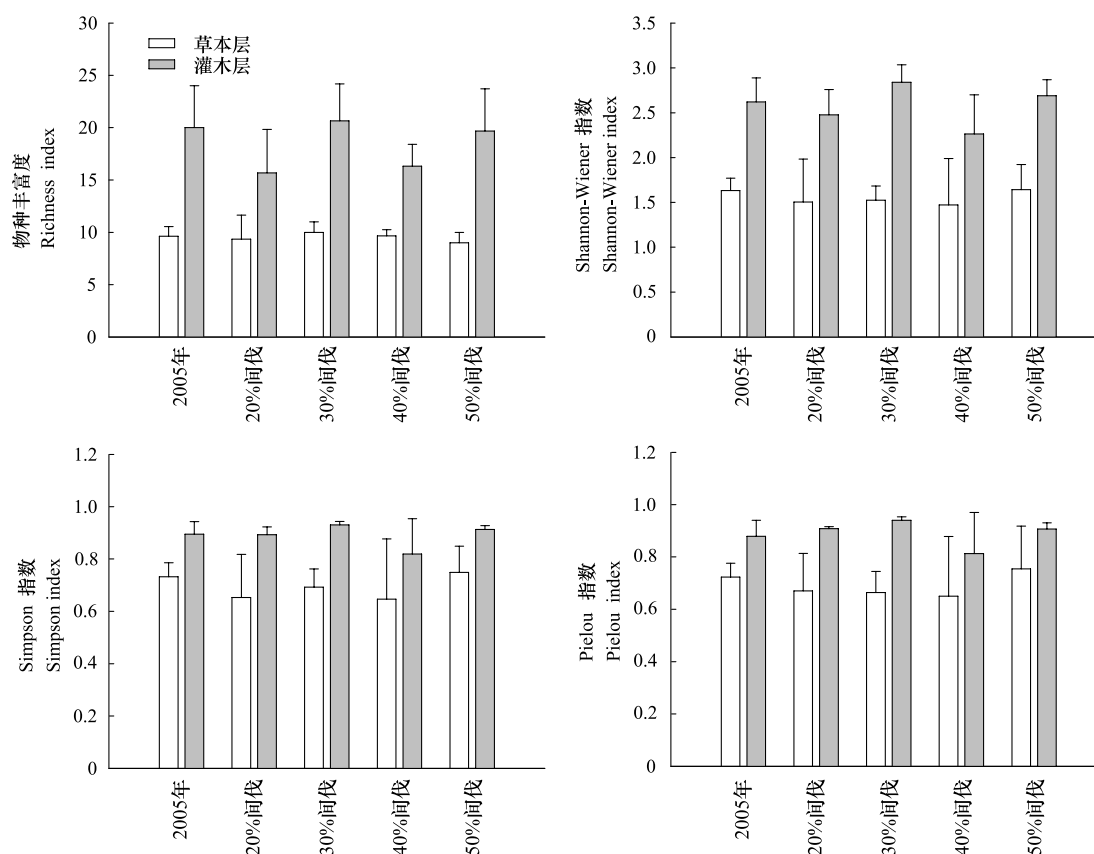


图2 不同间伐处理林分的林下物种多样性

Fig.2 Species diversity of understory in different thinning treatments forest types

锥和润楠皆为耐阴性树种,其长势相对较慢应是它们生物学特性决定的。

3 结论与讨论

3.1 间伐处理对马尾松林下生物多样性的影响

人工林近自然经营过程中,间伐是一个必要的措施,其中,采取何种间伐密度一直是人工林近自然经营的关键技术问题。本研究采取的较低强度的间伐处理并未显著提高林下物种多样性,与同区域采取高强度间伐处理的结果一致^[21]。究其原因可以发现,在高强度的间伐条件下,马尾松的林冠被彻底打破,林下植物尤其是阳生性的草本植物如五节芒(*Miscanthus floridulus*),铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)等大量繁殖,迅速占据了间伐后的生长空间,因此,在如此高强度的间伐处理下套种阔叶树种,必须要进行人工抚育措施。在本研究中,由于间伐强度相对较小,林下草本层的优势种并未发生较大变化,间伐处理前后优势种皆为弓果黍(*Cyrtococcum patens*),草本植物没有对乔木树种的幼苗造成强烈的竞争效应,进而促进了林下灌木层乔木幼苗更新至乔木层。然而,由于林冠上层马尾松成年个体生长较快,冠幅较大,低密度的间伐处理后,经过5a的恢复,马尾松在林冠上层基本郁闭,又对林下植物的更新产生不利的竞争效应。

影响林下植物更新的因素很多,除光照条件外,种子传播限制、凋落物、土壤理化性质等都是限制林下物种更新的因素。在马尾松人工林近自然经营的过程中,必须要考虑到以上各方面因素的影响^[22-24]。本文认为,适度的间伐强度(50%左右)可为林下植物更新提供较好的光照条件,同时又不会导致林下阳生性草本植物迅速生长,增加人工经营的成本;待群落自然恢复一段时间后,再进行适度的间伐将是一种较为理想的经营措施。

此外,为了提高林下植物多样性,可适当人工引入区域内的乡土物种,引入方式可采取人工播种、植苗等多种形式,从而加快林分内物种进入的速率,改善林分的树种组成和结构,促进群落结构向“潜在自然植被”方向演化。

3.2 马尾松林下套种阔叶树种的选择

在本实验中,随着间伐强度的增加,显著地促进了大叶栎和红锥幼树的生长,多重比较分析结果表明,所有间伐处理中,只有50%间伐强度林分中套种的大叶栎和红锥的幼树生长显著高于其他间伐强度中的幼树,而其他间伐强度间差异不显著,因此,马尾松林下间伐后套种阔叶树种,应采取50%或者50%以上的间伐强度的营林措施。

林下套种阔叶树种可以改善林地土壤肥力、提高林地生态效益,是改善马尾松人工林的重要措施^[25-26]。不同树种由于其

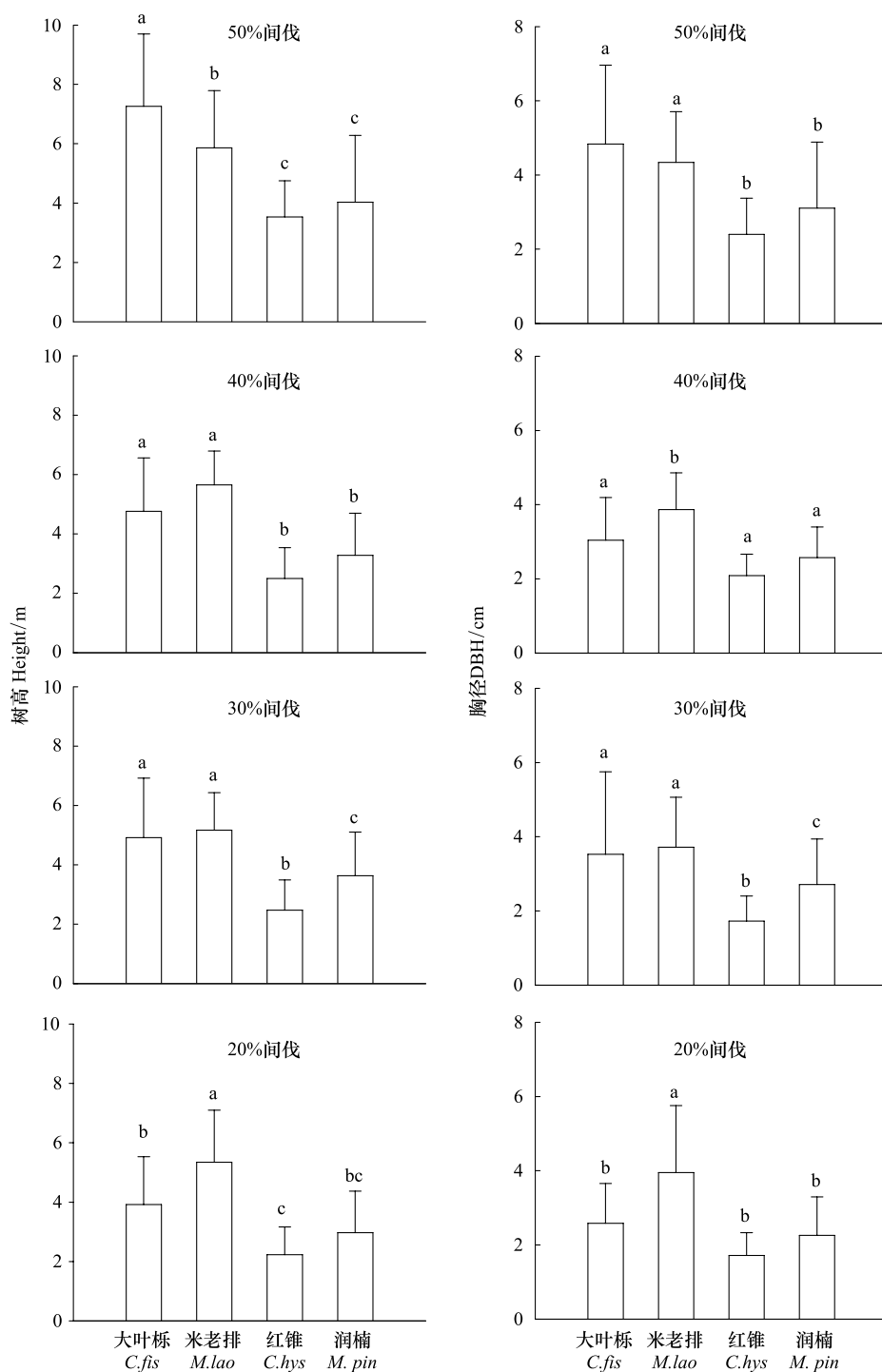


图3 马尾松林下套种的4个阔叶树种初期生长差异及多重比较

Fig.3 The initial growth of saplings of 4 native broad-leaved tree species interplanted in masson pine plantation and the result of multiple comparison

C.fis: 大叶栎 *C. fissa*; M.lao: 米老排 *M. laosensis*; C.hys: 红锥 *C. hystrix*; M.pin: 润楠 *M. pingii*

生物学特性如生长速率、耐阴性等的差异,幼树的初期生长往往受到光照、温度、土壤水分等因素的影响,因而表现出差异。本实验中,大叶栎和米老排在林下套种生长较好,50%间伐强度的林分中,大叶栎生长要好于米老排,而在其他间伐强度处理中,米老排的长势较好。因此,在间伐强度大于50%的马尾松林下套种阔叶树种,阳生性的大叶栎是较好的选择;间伐强度小于50%的马尾松林下套种阔叶树种,具备一定耐荫性的米老排是较好的选择。红锥和润楠皆为中生性树种,其幼苗耐阴性较强,但前期生长较慢,因此,这两个树种可选择在间伐前套种在马尾松林中,待其生长到一定阶段后,再进行间伐处理,促进其尽快

进入林冠上层,进而促进群落的演替进程。

致谢:本研究野外调查得到了中国林业科学研究院热带林业实验中心蔡道雄、贾宏炎、明安刚、曾冀的帮助,谨此致谢。

References:

- [1] Tian D L. Structure and Function of Masson Pine and Slash Pine Ecosystem. Beijing: Science Press, 2005.
- [2] Sheng W T. Studies on Soil Degradation in Plantations. Beijing: Science and Technology Press of China, 1992: 3-46.
- [3] Lu Y C, Zhang S G, Lei X D, Ning J K, Wang Y X. Theoretical basis and implementation techniques on close-to-nature transformation of plantations. World Forestry Research, 2009, 22(1): 20-27.
- [4] Xu X N, Hirata E. Forest floor mass and litterfall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees. Forest Ecology and Management, 2002, 157(1/3): 165-173.
- [5] Bradshaw R, Gemmel P, Björkman L. Development of nature-based silvicultural models in southern Sweden: the scientific background. Forest and Landscape Research, 1994, 1(2): 95-110.
- [6] Schütz J P. Development of close to nature forestry and the role of ProSilva Europe. Zbornik Gozdarstva in Lesarstva, 2011, (94): 39-42.
- [7] Meyer P. Network of strict forest reserves as reference system for close to nature forestry in Lower Saxony, Germany. Forest Snow and Landscape Research, 2005, 79(1/2): 33-44.
- [8] Zerbe S. Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. Forest Ecology and Management, 2002, 167(1/3): 27-42.
- [9] Fan H B, Li Y Y, Su B Q, Lin D X, Liu C H, Jiang Z K. Allocation pattern of biomass and productivity in the mixed uneven-aged stands of Masson's pine and hardwood species. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(8): 2463-2473.
- [10] Zhang S S, Ulrich Apel, Yang Q P, Song Y L, Zhang Z W, Tang Y K, Ma L R, Li L. Water-holding characteristics of litter at different stage of *Pinus massoniana* lamb. close-to-nature forest improvement in Tuanfeng. Hubei Forestry Science and Technology, 2008, (6): 8-12.
- [11] Duo Y F, Wang G J, Yan W D, Liu L. The biomass comparison of soil microbial carbon and nitrogen of 3 kinds of forest types in subtropics. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(13): 14-19.
- [12] Qin J H, Jiang Z L. Cultivating high quality hardwood mixed plantations and sustainable forest management. World Forestry Research, 1999, 12(4): 6-11.
- [13] Qin L, He Y J, Li Z Y, Shao M X, Liang X Y, Tan L. Allocation pattern of biomass and productivity for three plantations of *castanopsis hystrix*, *Pinus massoniana* and their mixture in south subtropical area of Guangxi, China. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(12): 17-21.
- [14] Nichols J D, Bristow M, Vanclay J K. Mixed-species plantations: Prospects and challenges. Forest Ecology and Management, 2006, 233(2/3): 383-390.
- [15] Guo W F, Cai D X, Jia H Y, Wen H H. An analysis of the growth and structure of mixed plantations consisted of *Pinus massoniana* and *Broadleaf species*. Forest Research, 2010, 23(6): 839-844.
- [16] Wang P C, Zhuang E Q, Tu B K, Zhou Z X, Liu X Y, Tao T Q. A study on optimal density of masson pine pulp-plantation with markov theory. Journal of Huazhong Agricultural University, 2000, 19(5): 500-502.
- [17] Xiang W H, Tian D L, Yan W D. Impact of intermediate thinning on the biomass dynamic in masson pine stands with variant densities. Journal of Central South Forestry University, 2001, 21(1): 10-13.
- [18] Chen H H, Fang S Z, Ding G J, Xu J H, Wen H H. Thinning density effects on masson *Pine plantation*. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(5): 84-91.
- [19] Liu H M, Wang Z H, Guan Q W, Zhang J. The effects of thinning on the growth and plant diversity in Chinese fir and *Pinus massoniana* plantations. China Forestry Science and Technology, 2010, 24(3): 33-37.
- [20] Cai Q Y. Analysis of interplanting *Magnolia biloba* after intermediate cuttings of *Pinus massoniana*. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2010, 37(3): 16-20.
- [21] He Y J, Liang X Y, Qin L, Li Z Y, Shao M X, Tan L. Community characteristics and soil properties of coniferous plantation forest monocultures in the early stages after close-to-nature transformation management in southern subtropical China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2484-2495.
- [22] Small C J, McCarthy B C. Relationship of understory diversity to soil nitrogen, topographic variation, and stand age in an eastern oak forest, USA. Forest Ecology and Management, 2005, 217(2): 229-243.
- [23] Dalling J W, Muller-Landau H C, Wright S J, Hubbell S P. Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. Journal of Ecology, 2002, 90(4): 714-727.
- [24] Hooper E, Legendre P, Condit R. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. Journal of Applied Ecology, 2005, 42(6): 1165-1174.
- [25] Zou S R. Effect of interplanting on masson pine stand and the physics and chemistry character of soil. Forestry Prospect and Design, 2009, (2): 64-67.

- [26] Peng S L, Wang D X, Zhao H, Yang T. Discussion the status quality of plantation and near nature forestry management in China. *Journal of Northwest Forestry University*, 2008, 23(2): 184-188.

参考文献:

- [1] 田大伦. 马尾松和湿地松林生态系统结构与功能. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 盛伟彤. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [3] 陆元昌, 张守攻, 雷相东, 宁金魁, 王懿祥. 人工林近自然化改造的理论基础和实施技术. *世界林业研究*, 2009, 22(1): 20-27.
- [9] 樊后保, 李燕燕, 苏兵强, 林德喜, 刘春华, 蒋宗培. 马尾松-阔叶树混交异龄林生物量与生产力分配格局. *生态学报*, 2006, 26(8): 2463-2473.
- [10] 张胜三, 伍力, 杨全平, 宋亚莉, 张卓文, 唐亚坤, 马丽蓉, 李莉. 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. *湖北林业科技*, 2008, (6): 8-12.
- [11] 多伟帆, 王光军, 闫文德, 刘亮. 亚热带3种森林类型土壤微生物碳、氮生物量特征比较. *中国农学通报*, 2012, 28(13): 14-19.
- [12] 秦建华, 姜志林. 培育优质阔叶材混交林与森林可持续经营. *世界林业研究*, 1999, 12(4): 6-11.
- [13] 覃林, 何友均, 李智勇, 邵梅香, 梁星云, 谭玲. 亚热带红椎马尾松纯林及其混交林生物量 and 生产力分配格局. *林业科学*, 2011, 47(12): 17-21.
- [15] 郭文福, 蔡道雄, 贾宏炎, 温恒辉. 马尾松与红椎等3种阔叶树种营造混交林的生长效果. *林业科学研究*, 2010, 23(6): 839-844.
- [16] 王鹏程, 庄尔奇, 涂炳坤, 周志翔, 刘小宇, 陶铁群. 用马尔柯夫过程理论进行马尾松优化密度探讨. *华中农业大学学报*, 2000, 19(5): 500-502.
- [17] 项文化, 田大伦, 闫文德. 中低强度间伐对杆材阶段马尾松林生物量的影响. *中南林学院学报*, 2001, 21(1): 10-13.
- [18] 湛红辉, 方升佐, 丁贵杰, 许基煌, 温恒辉. 马尾松间伐的密度效应. *林业科学*, 2010, 46(5): 84-91.
- [19] 刘红梅, 王祖华, 关庆伟, 张静. 间伐对杉木和马尾松人工林生长及植物多样性的影响. *林业科技开发*, 2010, 24(3): 33-37.
- [20] 蔡庆焰. 马尾松人工林间伐套种凹叶厚朴生长分析. *福建林业科技*, 2010, 37(3): 16-20.
- [21] 何友均, 梁星云, 覃林, 李智勇, 邵梅香, 谭玲. 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. *生态学报*, 2013, 33(8): 2484-2495.
- [25] 邹绍荣. 套种对马尾松林分生长和土壤理化性质的影响. *林业勘察设计*, 2009, (2): 64-67.
- [26] 彭舜磊, 王得祥, 赵辉, 杨涛. 我国人工林现状与近自然经营途径探讨. *西北林学院学报*, 2008, 23(2): 184-188.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Syrnaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元