

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

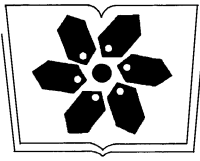
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期
Vol.30 No.21
2010



中国生态学学会
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 30 卷 第 21 期 2010 年 11 月 (半月刊)

目 次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应·····	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势·····	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性·····	曾 军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康·····	裴雪姣,牛翠娟,高 欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系·····	张慧文,马剑英,孙 伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果·····	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子·····	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应·····	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局·····	卢训令,胡 楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响 ·····	陈宗瑜,钟 楚,王 毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化 ·····	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系·····	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征·····	柏方敏,田大伦,方 晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响·····	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征·····	刘 克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较·····	朱光玉,吕 勇,林 辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局·····	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例 ·····	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析 ·····	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价 ·····	高 杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较 ·····	张小飞,王如松,李 锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估 ·····	王 萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响 ·····	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响·····	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较·····	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响·····	李 影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化 ·····	安宗胜,詹 婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响 ·····	韩永强,刘 川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响·····	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
专论与综述	
河流水质的景观组分阈值研究进展 ·····	刘珍环,李 猷,彭 建 (5983)
研究简报	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响 ·····	杨 兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响 ·····	曾 杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响

蒋子涵, 金光泽*

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要:对择伐 37a 后的阔叶红松 (*Pinus koraiensis*) 林与原始林主要组成树种的年轮和树高数据进行分析,旨在了解择伐对其径向与纵向生长的影响。结果表明:(1)择伐显著促进了主要树种的径向生长 ($P < 0.01$),但生长增加量在树种间存在显著差异 ($P < 0.01$),其反应的强弱与耐荫性有关 ($r = -0.79, P < 0.01$),因择伐所导致的生长加速会持续 26—29a。(2)择伐显著减小了主要树种的树高-胸径比 ($P < 0.01$),即同等胸径时择伐林的树木较矮,因此在计算择伐林蓄积量时应对树高进行实测。(3)径向生长率与树高、胸径之间存在显著相关性(原始林: $r = 0.65^*, r = 0.58^*$;择伐林: $r = 0.53^*, r = 0.48^*$),择伐林内每一树高级的径向生长率均高于原始林,其中树高级在 10 m 以下的树木差异最大(0.69),说明择伐有利于林下树木的生长。择伐显著增加了 $DBH < 40$ cm 树木的径向生长率,其中胸径在 20—40 cm 之间的树木有较大的伐后生长率,应予以保护。

关键词:阔叶红松林 (*Pinus koraiensis*); 径向生长; 纵向生长; 择伐; 年轮分析

Effects of selection cutting on diameter growth and vertical growth among major tree species in the mixed broadleaved-Korean pine forest

JIANG Zihan, JIN Guangze*

School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract: The mixed broadleaved-Korean pine (*Pinus koraiensis*) forest is one of the most complex and common vegetation types in northeast China. It is well known for its high biodiversity, complex stand structure and unique species composition. Because of unrestrained timber harvesting practices, the extent of the mixed forest has been greatly reduced and old-growth forest stands can only be found in reserves and national forest parks.

The study objective was to determine whether the diameter and vertical growth response to selection cutting was immediate for five species. Two 1 hm² (100 m × 100 m) plots were sampled, including half the plot in the selection cutting area (which was measured 37 years after commercial selection cutting) and half in the control area (virgin forest). Forest inventory and increment estimations on five major tree species were carried out in the two plots.

For the two stands, living stems with DBH (diameter at breast height: 1.3 m above ground level) over 2.0 cm and height over 30 cm were measured to determine which is the major tree species. We randomly selected 15 living trees with a diameter above 10cm in the selection cutting area, from which two cores, each at 180, were taken at breast height. Depending on the species, 15 additional trees with a diameter above 10cm were cored in the control area. The following three results were obtained.

(1) The selection cutting significantly increased the survivor's mean annual diameter growth for the five major tree species. The post-cut survivors' growth of all major species responded similarly with an increase in the range of 39.70%. There was a significant correlation between species-specific response and shade tolerance ($r = -0.79, P < 0.01$). The

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30770350);黑龙江省自然科学基金重点资助项目(ZJN0706);中央高校基本科研业务费专项资金资助(DL09CA02)

收稿日期:2010-01-05; 修订日期:2010-06-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: taxus@126.com

increasing rate of the strongest shade-tolerant species (*Pinus koraiensis*) increased the least, while the weakest shade-tolerant species (*Acer mono*) increased the most. Different tree species showed contrasting patterns of response: *Acer tegmentosum* showed a rapid growth in the first 5-year period after harvest, while *Abies nephrolepis*' growth was highest for the third 5-year period. For all the major tree species, improved environmental conditions resulting from selection cutting lasted for 26–29 years following harvest.

(2) Selection cutting significantly reduced the tree height-diameter rate ($P < 0.01$), indicating that mean basal diameters are the same but lower heights occur in the selection cutting area. In order to calculate timber volumes accurately, we recommend that height should be measured.

(3) The growth rates in the control and selection cutting areas were positively correlated with tree height (control area: $r = 0.65^*$; selection cutting area: $r = 0.53^*$) and DBH (control area: $r = 0.58^*$; selection cutting area: $r = 0.48^*$), but not with the trees' age. The mean annual diameter growth of all trees in the selection cutting area was higher than that in control area; however, the difference was more significant among trees under 10 m (0.69), which indicated that selection cutting was good for understory growth. In addition, selection cutting showed different effects in different DBH classes. Selection cutting did not significantly affect trees with DBH more than 40 cm ($40 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$; $P = 0.61$; $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$; $P = 0.54$). However, the effect was significant between trees with DBH less than 40 cm in the selection cutting area and in the virgin forest ($P < 0.01$). The highest mean annual diameter growth was exhibited at $30 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 40 \text{ cm}$ (3.92 mm/a), followed by $20 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 30 \text{ cm}$ (3.64 mm/a), and the lowest at $\text{DBH} < 10 \text{ cm}$ (2.44 mm/a). This indicated that trees with DBH in the range of 20–40 cm should be particularly protected.

Key Words: *Pinus koraiensis*; diameter growth; vertical growth; selection cutting; dendrochronological analysis

阔叶红松林 (*Pinus koraiensis*) 是我国东北东部山区的地带性森林植被, 是温带针阔混交林的典型代表, 和全球同纬度地区的森林相比, 以其建群种独特、物种多样性丰富及含有较多的亚热带成分而著称^[1], 但是由于近代的采伐抚育不当、乱砍滥伐, 原始红松林的面积已所剩无几^[2], 我国从 20 世纪 50 年代开始对阔叶红松林实行择伐^[3], 旨在逐步恢复其原生植被的前提下, 保证森林经营获得最大收益。而关于伐后树木生长情况的了解对森林经营以及如何恢复受损生态系统都具有十分重要的意义^[4-5]。

一些学者认为小范围的采伐可以改善林内的光照和温度条件, 使得森林结构复杂化, 因此有利于树木的生长, 这些结论已在实验中被证实: Archambault 等^[6]利用长期监测方法对伐后 50a 的魁北克南部的混交林进行了研究, 结果表明择伐有利于增加树木的生长量; Deal 和 Tappeiner 在 2002 年^[7]对阿拉斯加西南部的北美铁杉林 (*Tsuga heterophylla*) 进行研究, 结果表明择伐明显地提高了不同径级树木的生长率; Man 等^[8]对择伐后的针叶林进行长达 11a 的监测, 同样得到了类似的结果。但是也有一些学者持相反的观点: Staschel 和 Greger^[9]认为强度过高的择伐可能会导致树木生长量不可逆转的减少; Matyssek^[10]认为择伐增加了林内的温度和空气流动能力, 进而导致了土壤水分大量减少, 因此会有大量树木在干旱压力下死亡或者出现生长减速现象。长期不合理的采伐操作也会对树木的生长产生消极的影响, 根据 2002 年加拿大魁北克省自然保护组织 (MRN) 的监测, 大范围采伐至少导致三分之一的树木受到伤害, 这种伤害会导致树木生长量的减少。Be'dard 和 Brassard^[11]指出择伐对树木生长的影响会因地理条件而异, 择伐在某些地区会增加树木生长率而在另外一些地区会产生相反的效果。

关于择伐对树木生长的影响, 目前最普遍的研究方法是定期对择伐迹地的树木进行测量, 此方法的优点在于获得数据的速度较快, 尤其适用于测量年轮不清晰的树种; 但同时也存在以下问题: (1) 每次测量要求有较长的时间间隔; (2) 测量精度不够, 常常会因为人为误差导致树木出现“负增长”现象^[12]。目前国内研究主要集中在择伐的短期影响上^[13-14], 关于伐后树木生长情况方面的研究报道较少, 已有的大部分研究也只关注了树木的径向生长, 没有考虑到树木的纵向生长, 而面对生长环境的突然变化, 不同树种的生长方向也有所不

同^[15],因此只考虑径向生长并不能全面地反映树木的生长状况。本实验通过钻取树木的生长芯,分析择伐林和原始林主要树种在采伐后的生长差异,结合比较两块样地中树种的树高-胸径比,旨在了解:(1)不同树种的径向、纵向生长对择伐的响应;(2)树高、胸径、树龄与伐后径向生长之间的关系。

1 试验方法

1.1 研究区域概括

研究区域地处黑龙江省伊春市带岭区的黑龙江凉水国家级自然保护区(N 47°10'50", E 128°53'20"),该保护区位于小兴安岭南部长带支脉的东坡,属大陆性夏雨季风气候,年平均气温 -0.3 °C,年均最高气温 7.5 °C,年均最低气温 -6.6 °C,正值积温在 2200—2600 °C 之间。年平均降水量 676 mm,积雪期 130—150 d,无霜期 100—120 d。该区的地带性植被是以红松为主的温带针阔叶混交林,组成林分的乔木树种以红松为建群种,其他树种有五角槭(*Acer mono*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、花楷槭(*Acer ukurunduense*)、青楷槭(*Acer tegmentosum*)、裂叶榆(*Ulmus laciniata*)、枫桦(*Betula costata*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、黄菠萝(*Phellodendron amurense*)、胡桃楸(*Juglans mandshurica*)、糠椴(*Tilia mandshurica*)、白桦(*Betula platyphylla*)、暴马丁香(*Syringa reticulata*)等阔叶树种和冷杉(*Abies nephrolepis*)、红皮云杉(*Picea koraiensis*)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis*)等针叶树种。灌木主要有毛榛子(*Corylus mandshurica*)、东北山梅花(*Philadelphus schrenkii*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)等。藤本植物主要为狗枣猕猴桃(*Actinidia kolomikta*)。

1.2 研究方法

1.2.1 数据收集

择伐区的阔叶红松林于 1971 年被择伐,采伐对象为大径级红松,采伐强度约为 30%。选择地势较为平坦的择伐迹地和原始阔叶红松林,各建立 1 hm² (100 m × 100 m) 样地,对样地内 DBH ≥ 2 cm 的活立木进行调查,记录其胸径、树种、坐标、高度。在每块样地分别选择 15 株生长状态良好、DBH ≥ 10 cm 的红松、五角槭、冷杉、水曲柳、裂叶榆、枫桦、青楷槭、紫椴钻取生长芯(每株 2 芯,两枚样芯在相反的方向钻取)。对样芯进行打磨后,采用 EPSON 扫描仪对样芯进行数字化,再用 WinDENDRO 进行年轮的宽度测量,年轮不清晰的样芯,利用显微镜进行校正,用国际年轮库的 COFECHA^[16] 交叉定年质量控制程序进行交叉定年检验,无法进行交叉定年的树芯不纳入分析。

1.2.2 数据分析

不同径级和树种的生长序列可能存在差异,因此本文利用种群表示信号(*EPS*)^[17] 计算从择伐前 5 年至今(1966—2008 年)生长序列之间的相关性,确定择伐林与原始林各主要树种的样本对总体信息的代表性程度:

$$EPS = \frac{Nr}{(N-1)r+1}$$

式中, N 为生长序列的个数, r 为序列间平均相关系数, EPS 的值越低代表性越差。

利用 Pearson 相关系数分析了主要树种的耐荫性指数 TI ^[18] 与径向生长增加比率之间的关系;根据年轮分析结果定义 $DBH > 10$ cm 的树木为残留木(伐前生长的树木),利用线性回归分析了择伐林和原始林内不同树种残留木的树高与胸径之间的关系;利用方差分析检验了择伐对不同树种树高-胸径比的影响;利用 Pearson 相关系数分析了径向生长量与树高、胸径、树龄之间的相关关系;择伐对不同径级树木径向生长量的影响利用了方差分析。以上数据分析均使用了 SPSS13.0。

2 结果

2.1 树种的组成和相对优势度

除家榆(*Ulmus pumila*)、白桦(*Betula platyphylla*)外,择伐林与原始林的树种组成完全一致(表 1),说明择伐对阔叶红松林树种组成影响很小。Deal & Tappeiner^[7]、Buffum 等^[19]、Moktan 等^[20]、Man 等^[8] 在各自研究中也得出了类似的结论。择伐在一定程度上重新分配了各树种的相对优势度,在原始林中,红松在相对优势

度、平均胸径、平均树高上均占有绝对优势,而在择伐林中相对优势度有所下降(21.07%),但这并没有影响红松做为单优势树种中的地位。水曲柳、红皮云杉的相对优势度略有下降,分别减少了0.77%和0.63%;而枫桦、紫椴、五角槭、冷杉、花楷槭的优势度有所上升,分别为3.67%、3.15%、2.16%、2.23%、1.97%。红松、五角槭、冷杉、枫桦、水曲柳、紫椴、裂叶榆、青楷槭在原始林和择伐林内相对优势度均大于2%,为阔叶红松林的主要组成树种。

表1 择伐林和原始林树种组成

Table 1 Composition of major tree species in selection cutting area and control area

主要树种 Major tree species	原始林 Control area			择伐林 Selective cutting area		
	相对优势度/% Relative superiority	平均胸径/cm AV DBH	平均树高/m AV height	相对优势度/% Relative superiority	平均胸径/cm AV DBH	平均树高/m AV height
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	67.07	43.90	23.19	45.10	30.10	16.20
五角槭 <i>Acer mono</i>	5.88	12.08	9.07	8.04	7.05	7.94
冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	5.87	16.20	13.10	8.10	21.30	16.20
枫桦 <i>Betula costata</i>	5.09	11.59	10.29	8.76	8.39	11.97
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	3.65	11.39	11.15	2.88	11.70	13.20
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	3.6	10.10	7.84	6.79	8.40	9.40
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	2.70	7.76	7.02	3.58	10.10	10.10
红皮云杉 <i>Picea koraiensis</i>	2.20	22.73	16.02	1.57	35.00	19.90
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	2.17	5.84	8.10	2.77	7.10	7.01
花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i>	0.61	4.16	5.98	2.58	5.10	6.60
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	0.30	5.05	5.61	2.06	4.70	6.00
大青杨 <i>Populus ussuriensis</i>	0.29	4.56	8.08	0.55	17.70	18.80
黄榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	0.28	4.43	5.31	0.12	12.00	11.00
春榆 <i>Ulmus japonica</i>	0.08	6.45	6.60	0.83	9.70	8.70
家榆 <i>Ulmus pumila</i>	0.02	3.44	5.36	—	—	—
蒙古栎 <i>Quercus mongolicus</i>	0.019	9.20	10.16	0.46	14.30	10.60
糠椴 <i>Tilia mandshurica</i>	0.008	4.30	4.33	0.05	3.50	4.20
黄菠萝 <i>Phellodendron amurense</i>	0.004	15.50	11.60	1.09	12.00	12.00
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	—	—	—	0.67	12.40	15.79

2.2 择伐对主要组成树种生长的影响

原始林中树种的 *EPS* 均大于择伐林,原因可能是择伐产生的林窗使得树木的生长在空间上存在变异,即距离林窗较近的树木生长较好,而离林窗较远的树木生长较差。由表2可知,水曲柳、裂叶榆、枫桦的 *EPS* 指数明显低于其他主要树种(可能是由于取样或者交叉定年上存在误差),而花楷槭的样芯过于模糊(树种本身的原因),无法准确表达总体的生长趋势,以上树种未列入分析。

表2 择伐区和对照区主要树种树轮宽度序列统计特征的对比

Table 2 Chronology characteristics for major tree species in selection cutting area and control area

主要树种 Major tree species	原始林 Control area			择伐林 Selective cutting area		
	芯数 Number of core	伐后径向生长率 Mean annual diameter growth (Mean ± SD) /(mm/a)	种群表达信号 EPS	芯数 Number of core	伐后径向生长率 Mean annual diameter growth (Mean ± SD) /(mm/a)	种群表达信号 EPS
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	30	1.98 ± 0.23	0.81	30	2.74 ± 0.35	0.80
五角槭 <i>Acer mono</i>	30	1.22 ± 0.33	0.85	28	2.08 ± 0.43	0.80
冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	30	2.72 ± 0.45	0.87	27	4.04 ± 0.12	0.81
枫桦 <i>Betula costata</i>	12	1.21 ± 0.11	0.36	14	4.71 ± 0.53	0.36
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	21	1.77 ± 0.23	0.82	23	1.45 ± 0.33	0.45
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	30	2.10 ± 0.42	0.80	30	3.10 ± 0.27	0.80
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	22	1.65 ± 0.12	0.77	25	1.72 ± 0.39	0.51
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	30	1.74 ± 0.24	0.91	26	2.72 ± 0.19	0.75

列入分析共有 5 个树种 321 个样芯(表 2), 结果发现择伐林中树种的伐后径向生长量均大于原始林, 其增加率与其耐荫系数之间存在显著的负相关关系 ($r = -0.79$, $P < 0.01$), 耐荫性最弱的五角槭径向生长量增加比率最大(70%), 其次为紫椴(56%)和冷杉(49%), 增加比率最小的为耐荫性最强的红松(38%)(图 1)。树种之间的径向生长增加量存在显著性差异(表 3)。

表 3 主要树种的径向生长增长率的方差分析表

Table 3 Results of ANOVA, showing degrees of freedom and F values for the effects of selection cutting for major tree species

变异来源 source of variation	自由度 df	平方和 SS	方差 S^2	F
树种间 Between groups	4	48805.14	12201.29	7.608**
树种内 Within groups	195	3122735.20	1603.77	
总变异 Total	199	361540.40		

所有树种均在择伐后的 1 至 2a 内呈现出生长加速现象, 但是加速的模式有所不同(图 2): 青楷槭在伐后第 1 个 5a 内增加量最大; 红松、五角槭、紫椴在伐后第 2 个 5a 内径向生长增加量最大; 冷杉在伐后第 3 个 5a 内增加量达到最大值。各个树种的加速程度也不相同(图 3): 青楷槭的加速程度最大, 在伐后的两年内径向生长量增加最大(2.48 mm/a), 其次为冷杉(2.22 mm/a), 红松的加速程度最小(0.78 mm/a)。而生长加速所持续的时间在树种间没有明显的差异: 冷杉持续的时间最长(29a), 其次是红松(28a)和紫椴(27a), 青楷槭和五角槭持续的时间最短(26a)。

择伐对主要树种的树高-胸径比均产生了显著性影响($P < 0.01$): 择伐林内树木的树高-胸径比均较原始林小(图 4), 说明在胸径相等的情况下, 择伐林树木的树高较矮。其中五角槭、青楷槭差异较大, 冷杉、红松的差异较小。

2.3 树高、胸径、树龄与径向生长之间的关系

树高与径向生长量之间的关系最密切, 不论在原始林还是择伐林, 径向生长率均表现为随树高级的增加而增加(表 4)。择伐林内每一树高级的径向生长率均高于原始林, 其中树高级在 10 m 以下的树木差异最大(0.69)(图 5)。在原始林中, 树高级在 10 m 以下树木径向生长量的均值最低, 低于整体水平; 择伐林中树高级在 10 m 以下树木的径向生长率略高于整体水平, 径向生长率最小的为 10—15 m 树高级。

表 4 径向生长量与各个参数之间的 Pearson 相关系数

Table 4 Correlation coefficients of structural and growth parameters in selection cutting area and control area

	径向生长量 Diameter growth	树龄 Year	树高 Height
径向生长量 Diameter growth	—	—	—
树龄 Year	-0.19(-0.14)	—	—
树高 Height	0.65*(0.53*)	0.29(0.21)	—
胸径 DBH	0.58*(0.48*)	0.59*(0.51*)	0.79*(0.75*)

注: 括号内为择伐林数据

树龄-径向生长率的相关系数低, 且不显著; 胸径与径向生长率之间存在显著正相关(表 4), 主要树种在

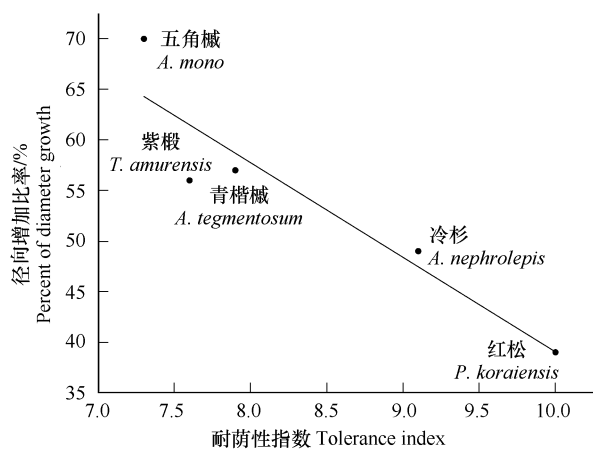


图 1 耐荫指数和径向生长增加比率之间的关系

Fig. 1 Relationship between percent of diameter growth and tolerance index

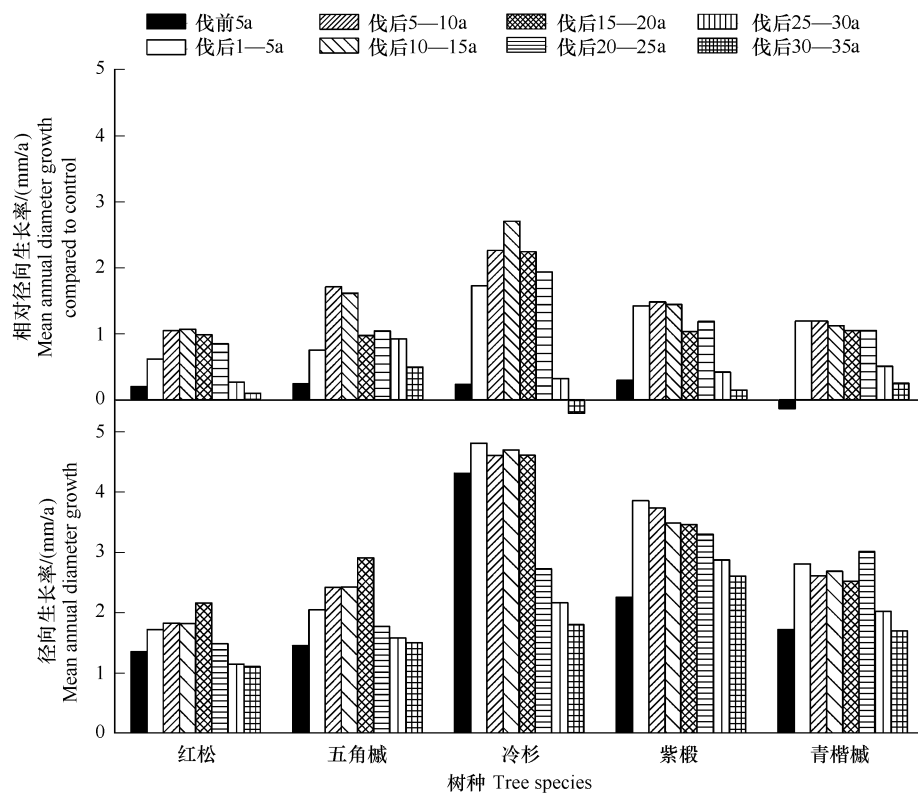


图2 择伐林内主要树种的径向生长率

Fig. 2 Mean annual diameter growth of major tree species in selection cutting area

择伐前的径向生长率随着胸径的增加而增加,各径级之间的差异较大(0.78),胸径小于20cm 树木生长率与样地平均水平差异较大($DBH < 10$ cm:1.39; $10\text{cm} \leq DBH < 20$ cm:0.7)。择伐对不同径级的影响不同,胸径大于40 cm 的树木受择伐的影响不显著($40\text{cm} \leq DBH < 50$; $P = 0.61$; $DBH \geq 50$; $P = 0.54$),而胸径小于40 cm 的树木均与原始林的相应径级存在显著性差异($P < 0.01$),伐后径向生长率最大的径级为 $30\text{cm} \leq DBH < 40$ cm(3.92 mm/a),其次为 $20\text{cm} \leq DBH < 30$ cm(3.64 mm/a),最小的为 $DBH < 10$ cm(2.44 mm/a),但这一径级的增加量最大(1.05 mm/a), $10\text{cm} \leq DBH < 20$ cm 略小(1.00 mm/a)。

3 结论与讨论

3.1 主要树种的径向、纵向生长量

分析结果表明强度约为30%左右的择伐有助于阔叶红松林主要树木径向生长的增加。但由于不同树种对环境改变的敏感度不同,增加量在树种之间存在一定的差异,这是因为光照的突然增加会使相对耐荫的树种出现光抑制现象(Photo-Inhibition),因此耐荫性较弱的树种在光照增加的条件下往往能表现出更强的生长潜力和形体可塑性^[21-24],进而使其生长相对较快。

择伐改善了林内的光照和温度条件,有效地增加了树木光合作用的强度和时间^[25],但加强光合作用同时也提高了树木对水的需求,较强的光照和温度也加速了植株的蒸腾作用和土壤水分的丧失,为了适应新的环境和满足个体新的需求,树木最初会通过增加根部的生长来加强植株摄取水分的能力^[26],因此大部分树种在伐后的1—2a内并没有出现明显的生长加速(图3),有些个体甚至出现了生长量减小的现象。所有树种的年径向生长量均在伐后5—15a中达到峰值,随着择伐林内树木不断增多,树木之间的竞争日趋激烈,树木的年生长量开始不断下降(图1),直到与原始林的生长量没有差异。对于择伐会给树木的生长产生多久的影响,以往的研究并没有给出明确的回答^[27-29]。而在本实验中发现了树种生长加速的全过程,得到了生长加速的确切时间,即所有树种均会持续26—29a。

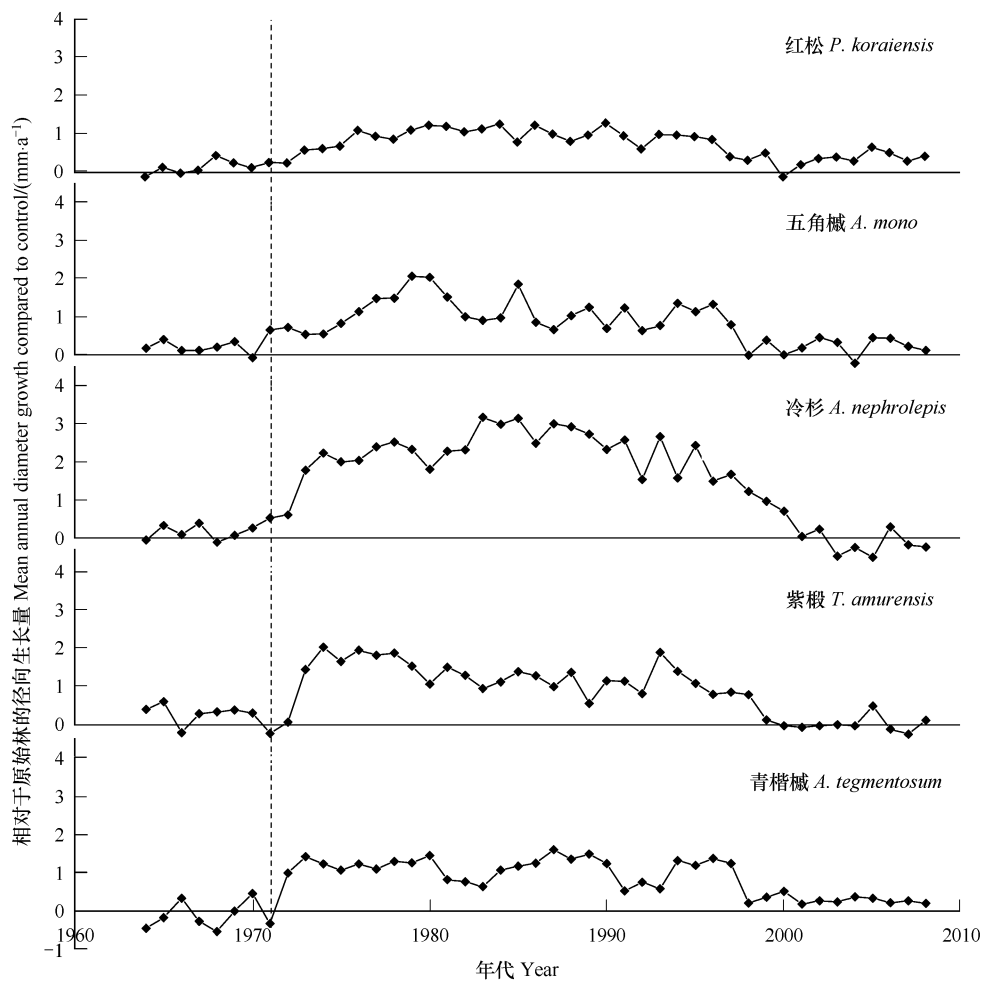


图3 择伐林内主要树种的相对径向生长量

Fig. 3 Mean annual diameter growth of selection cutting area compared to control area

注: 图中垂直的虚线标记的为择伐时间

择伐对树木的形态也有一定的影响,原始林中的树木更趋向于纵向生长,以便能获得足够的阳光维持生长^[29];而在择伐林中,树木会分配更多的生长量去扩展冠幅,进而最大限度的利用光照,而侧芽生长会抑制顶芽生长^[30],因此在胸径相近的情况下择伐林树木更矮。在以往的研究中,一些学者利用胸径直接计算择伐林的蓄积量^[31],没有考虑择伐对树木径向生长的影响,其计算结果可能会偏大,因此在计算择伐林蓄积量时,应对胸径和树高进行实测。

3.2 树高、胸径、树龄与径向生长量之间的关系

在原始林中,较高的树木在对光的竞争中占有绝对优势,因而具有较快的生长率和较大的胸径(表3、图4),而下层木通常得不到良好的光照,因此生长缓慢,死亡率也较高^[2]。择伐在一定程度上改变原有的林层结构^[32-33],使下层林木能够获得良好生长条件(图5),因此择伐在一定程度上改善了红松林的生境,有利于树种的更新。树龄与年生长量之间的关系不显著,这与处在生长条件较好生境下,即使树龄较小同样可以拥有较大的径向生长量^[34]有关,说明树龄并不是限制年生长量的因素。

不同径级的树木对择伐的反应程度有所不同(图6),小径级个体($DBH \leq 20$ cm)受择伐的影响较大,在伐后有较好的生长潜力;大径级个体($DBH \geq 40$ cm)对择伐的反应不太敏感,因此具有相对稳定的径向生长率。中等径级(20—40 cm)树木在伐后表现出最高的径向生长率,这无疑对择伐林径级结构的恢复是十分有利的:择伐使得红松林中大径级个体的数量有所减少,而中等径级树木在伐后的生长加速有助于大径级个体数

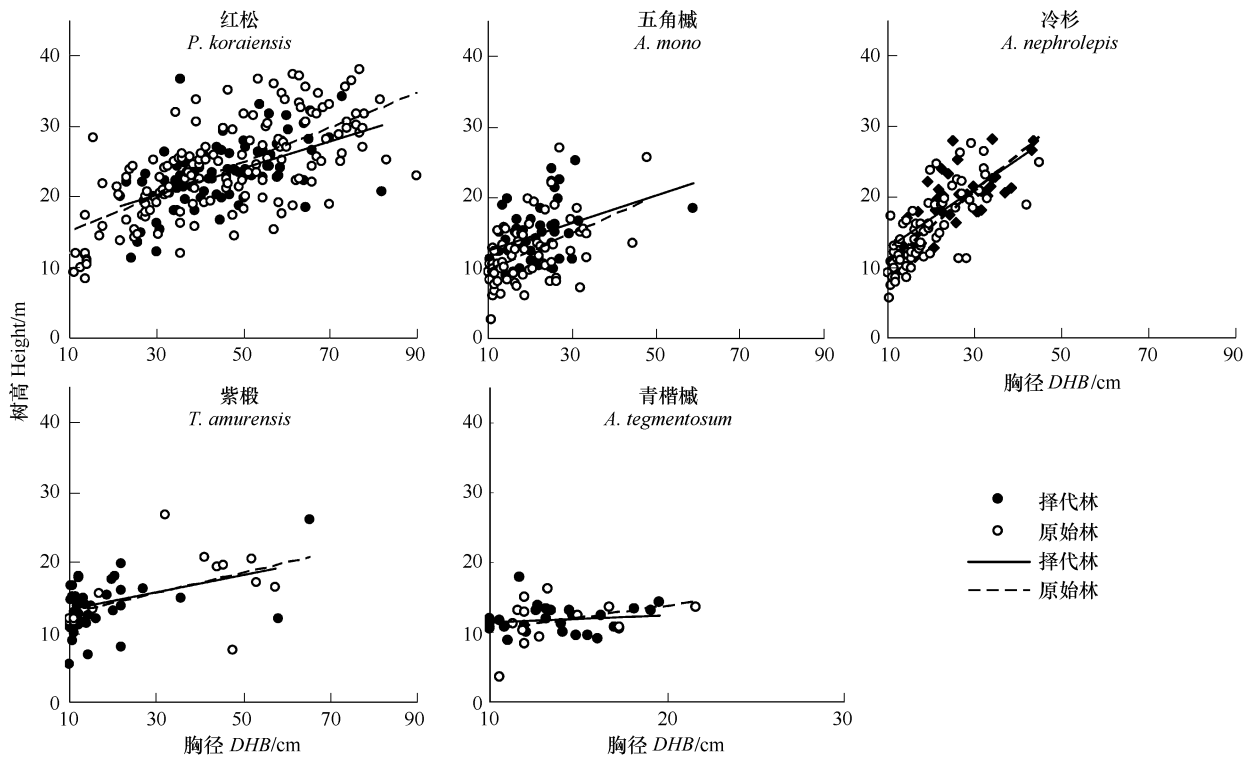


图4 择伐林和原始林主要树种的胸径和树高之间的关系

Fig. 4 Relationship between height and diameter of major trees species in selection cutting area and control area

量上的恢复,因此在择伐林的恢复过程中要尤其加强对中等径级树木的保护和抚育,以期尽快恢复至伐前的径级结构。

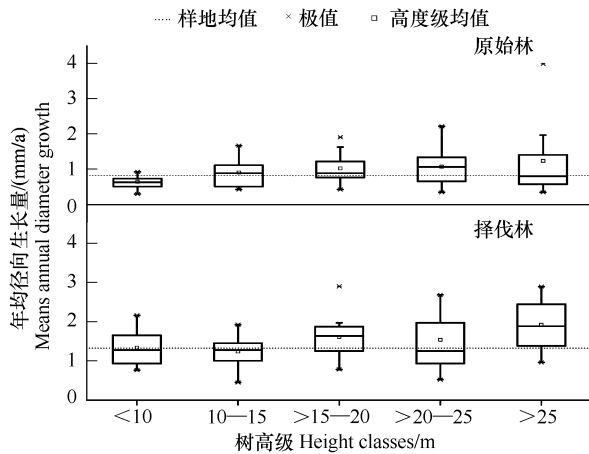


图5 择伐林与原始林不同树高级树木的径向生长率

Fig. 5 Mean annual diameter growth in different height classes between selection cutting area and control area

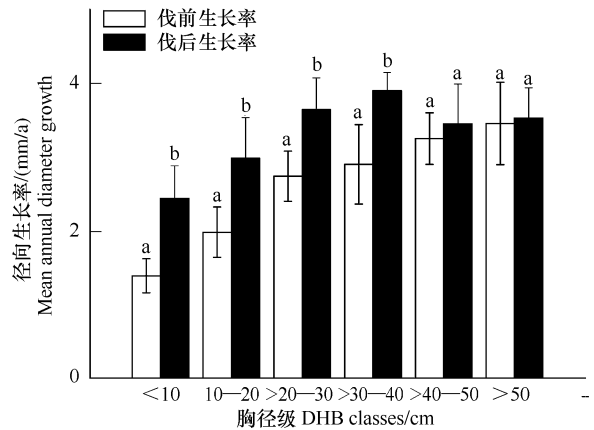


图6 择伐前后不同径级树木的径向生长率

Fig. 6 Mean annual diameter growth in different diameter classes between cutting before and after

择伐改变了林内小生境,进而在相当长的一段时间内对迹地树木的生长产生影响,而林内环境的变化程度与择伐林的地形、树种组成、采伐强度以及采伐木的大小和分布有关,本实验着重阐述了择伐对残留木生长的影响,没有考虑其它众多因素,此外,对恢复木(择伐后生长的树木)的影响也有待进一步讨论。

References:

- [1] Hao Z Q, Li B H, Zhang J, Wang X G, Ye J, Yao X L. Broad-leaved Korean pine (*Pinus koraiensis*) mixed forest plot in Changbaishan (CBS) of China: community composition and structure. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(2) : 238-250.
- [2] Wang Y J. Broad-leaved Korean Pine Forest. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1995:3-4, 110-112.
- [3] Dai L M, Shao G F, Chen G, Liu X S, Guan Z P, Li Y. Forest cutting and regeneration methodology on Changbai Mountain. *Journal of Forestry Research*, 2003, 14(1) : 56-60.
- [4] Pearson H L, Vitousek P M. Stand dynamics, nitrogen accumulation, and symbiotic nitrogen fixation in regenerating stands of *Acacia koa*. *Ecological Applications*, 2001, 11(5) : 1381-1394.
- [5] Spiecker H. Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia*, 2002, 20(1/2) : 191-202.
- [6] Archambault L, Delisle C, Larocque G R. Forest regeneration 50 years following partial cutting in mixed wood ecosystems of southern Quebec, Canada. *Forest Ecology and Management*, 2009, 257(2) : 703-711.
- [7] Deal R L, Tappeiner J C. The effects of partial cutting on stand structure and growth of western hemlock-Sitka spruce stands in southeast Alaska. *Forest Ecology and Management*, 2002, 159(3) : 173-186.
- [8] Man R Z, Kayahara G J, Rice J A, MacDonald G B. Eleven-year responses of a boreal mixed wood stand to partial harvesting light, vegetation, and regeneration dynamics. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255(3/4) : 697-706.
- [9] Staschel R, Greger O. Vergleich des Radialzuwachses einzeln und gruppiert stehenden Altkiefern in einem Buchengrundbestand. *Forst und Holz*, 1993, 11: 285-295.
- [10] Matyssek R, Cermak J, Kucera J. Ursacheneingrenzung eines lokalen Buchensterbens mit einer Messmethode der Kronentranspiration. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen*, 1991, 142: 809-828.
- [11] Bédard S, Brassard F. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et 1996. *Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, direction de la recherche. Forestière et des Programmes Forestiers*, 2002: 15.
- [12] Clark D A, Clark D B. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. *Ecological Applications*, 1999, 9(3) : 981-997.
- [13] Wu Z L, Zhou X N, Zheng L F, Gao S, Luo J C, Chen C H. Litter and soil nutrient content analysis of mixed plantation of coniferous and broadleaf after selective cutting. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2007, 27(4) : 318-321.
- [14] Meng C, Wang L H, Shen W. Effect of selective cutting on soil partitioning respiration in a conifer-broadleaved forest during growing season. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(8) : 24-28.
- [15] Chen H Y H, Klinka K. Survival, growth, and allometry of planted *Larix occidentalis* seedlings in relation to light availability. *Forest Ecology and Management*, 1998, 106(2/3) : 169-179.
- [16] Homes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bull*, 1983, 43: 69-78.
- [17] Wigley T M L, Briffa K R, Jones P D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Applied Meteorology*, 1984, 23(3) : 201-213
- [18] Jin G Z. The Analysis of Ecological Structure and Dynamics for Community Types in the Natural Deciduous Forest of Mt. Chumbong Area. Chunchon, Korea: Kangwon National University, 2002, 139.
- [19] Buffum B, Gratzler G, Tenzin Y. The sustainability of selection cutting in a late successional broadleaved community forest in Bhutan. *Forest Ecology and Management*, 2008, 256(12) : 2084-2091.
- [20] Muktan M R, Gratzler G, Richards W H, Rai T B, Dukpa D. Regeneration and structure of mixed conifer forests under single-tree harvest management in the western Bhutan Himalayas. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258(3) : 243-255.
- [21] Grime J P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, 1977, 111: 1169-1194.
- [22] Lambers H, Poorter H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*, 1992, 23: 187-261.
- [23] Coleman J S, McConnaughay K D M, Ackerly D D. Interpreting phenotypic variation in plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 1994, 9(5) : 187-191.
- [24] Guo K, Marinus J A, Werger. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size. *Acta Oecologica*, 1999, 20(6) : 579-586.
- [25] Jose S, Merritt S, Ramsey C L. Growth, nutrition, photosynthesis and transpiration responses of longleaf pine seedlings to light, water and

- nitrogen. *Forest Ecology and Management*, 2003, 180(1/3): 335-344.
- [26] Kneeshaw D D, Williams H, Nikinmaa E, Messier C. Patterns of above- and below-ground response of understory conifer release 6 years after partial cutting. *Canadian Journal of Forest Research*, 2002, 32 (2): 255-265.
- [27] Simard S W, Blenner-Hassett T, Cameron I R. Pre-commercial thinning effects on growth, yield and mortality in even-aged paper birch stands in British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 2004, 190(2/3): 163-178.
- [28] Jones T A, Thomas S C. The time course of diameter increment responses to selection harvests in *Acer saccharum*. *Canadian Journal of Forest Research*, 2004, 34: 1525-1533.
- [29] Forget E, Nolet P, Doyon F, Delagrange S. Ten-year response of northern hardwood stands to commercial selection cutting in southern Quebec, Canada. *Forest Ecology and Management*, 2007, 242(2/3): 764-775.
- [30] Sipe T W, Bazzaz F A. Gap partitioning among maple (*Acer*) in central New England: survival and growth. *Ecology*, 1995, 76(5): 1587-160.
- [31] Brienen R J W, Zuidema P A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest Ecology and Management*, 2006, 226(1/3): 256-267.
- [32] Lorimer C G. Eighty-year development of northern red oak after partial cutting in a mixed species Wisconsin forest. *Forest Science*, 1983, 29(2): 371-383.
- [33] Lertzman K P, Sutherland G D, Inselberg A, Saunders S C. Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest. *Ecology*, 1996, 77(4): 1254-1270.
- [34] Worbes M, Staschel R, Roloff A, Junk W J. Tree ring analysis reveals age, structure dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 2003, 173(1/3): 105-123.

参考文献:

- [1] 郝占庆, 李步杭, 张健, 王绪高, 叶吉, 姚晓琳. 长白山阔叶红松林样地(CBS)群落组成与结构. *植物生态学报*, 2008, 32(2): 238-250.
- [2] 王业遽. 阔叶红松林. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994; 3-4, 110-112.
- [13] 巫志龙, 周新年, 郑丽凤, 高山, 罗积长, 陈诚焕. 人工针阔混交林择伐后凋落物及土壤养分含量分析. *福建林学院学报*, 2007, 27(4): 318-321.
- [14] 孟春, 王立海, 沈微. 择伐对生长季针阔混交林土壤分室呼吸的影响. *林业科学*, 2008, 44(8): 24-28.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 21 2010

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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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

订 购 全国各地邮局
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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

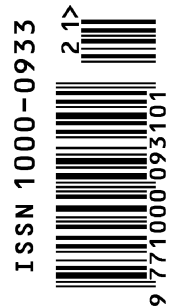
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元