

文章编号:1001-1498(2011)02-0263-04

石灰石粉施用量对重庆酸雨区马尾松林下木荷生长的影响

李志勇^{1,2}, 刘桂君³, 王彦辉^{2*}, 于澎涛², 张治军⁴, 李振华², 杜士才⁵, 刘源⁶

(1. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003;

2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

3. 河南省孟津县气象局, 河南 孟津 471100; 4. 国家林业局昆明勘察设计院, 云南 昆明 650216;

5. 重庆市林业局, 重庆 401147; 6. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

关键词: 重庆; 酸雨; 木荷; 石灰石粉; 生长

中图分类号: S718.51 X517

文献标识码: A

Influence of Limestone Powder Doses on Growth of *Schima superba* in *Pinus massoniana* Plantation in the Acid Rain Region of Chongqing, China

LI Zhi-yong^{1,2}, LIU Gui-jun³, WANG Yan-hui², YU Peng-tao², ZHANG Zhi-jun⁴,
LI Zhen-hua², DU Shi-cai⁵, LIU Yuan⁶

(1. College of Agriculture, He'nan University of Science and Technology, Luoyang 471003, He'nan, China;

2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 3. Meteorological Bureau of Mengjin County, Mengjin 471100, He'nan, China;

4. Kunming Survey and Design Institute of State Forestry Administration, Kunming 650216, Yunnan, China;

5. Forestry Administration of Chongqing City, Chongqing 401147, China;

6. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

Abstract: An evaluation of the impact of scattering limestone powder on acidified soil surface on the growth of young trees of *Schima superba* under crowns of a *Pinus massoniana* plantation (three years and four months after treatment) were made by a long-term field fixed position experiment, which was conducted in the Tieshanping Forest Farm of Chongqing City in 2004. The randomized complete block experiment had five treatments and three replicates: the doses of one-time scattering of 0 (control), 1, 2, 3 and 4 t · hm⁻² finely ground limestone respectively. The effect was significant: surface limestone could ameliorate health condition of the young trees of *S. superba* and among them the optimum dose was 2 t · hm⁻². The mean canopy thickness, crown size, height and diameter of the base at 20 cm above the ground of the young trees of *S. superba* treated by 2 t · hm⁻² increased by 96.84%, 52.68%, 77.47% and 61.19% respectively ($P < 0.05$) compared to the control.

Key words: Chongqing; acid rain; *Schima superba*; limestone powder; growth

重庆是我国酸雨发生最早且其污染最严重的地区之一。由于长期遭受酸雨影响,这里的森林受害明显,经济和环境损失巨大^[1]。马尾松(*Pinus mas-*

soniana Lamb.)和木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)都属于重庆的重要乡土树种,马尾松在造林中被广泛使用,木荷是优良的生物防火树种,并因

收稿日期: 2009-05-23

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2005CB422207);中挪合作项目“N₂O emissions from N saturated subtropical forest in South Cina(193725/S30)”;中国林科院中央级公益性科研院所项目(CAFRIF200702);科技部“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A1803)和国家林业局森林生态环境重点实验室资助项目。

作者简介: 李志勇(1965—),男,河南开封人,博士,副教授,主要从事生态、生理和农艺措施优化研究。E-mail: pphdll@126.com

* 通讯作者: E-mail: wangyh@caf.ac.cn

具有一定的耐荫能力而适合林下更新。由于马尾松对土壤酸化反应敏感,在当地常表现出中等以上程度的受害^[2],而木荷的抗酸能力强,在酸化土壤上仍能健康生长^[3],因而在一些地区被作为受害马尾松林的林下更新树种。

20世纪90年代以来,我国学者在重庆对施用石灰修复马尾松林生态系统的效果做了一些探讨,表明施用石灰能有效提高林地土壤pH值,降低土壤活性Al含量,提高土壤活性Ca和有效P水平,促进马尾松生长^[2,4-8];然而,到目前为止还未见施用石灰对酸雨区马尾松林下木荷生长影响的报道。因此,2004年在重庆市江北区铁山坪林场,设立了在混生有木荷的马尾松林酸化土壤表面一次性撒施不同量石灰石粉的长期定位观测试验,并在以后观测马尾松生长反应的同时也对林下栽植木荷幼树的生长状况进行了调查和比较,本文报道的是在撒施不同量石灰石粉约3年4个月后的木荷幼树生长情况,以期为重受森林的恢复与管理提供科学依据。

1 研究地区与研究林分概况

研究地点位于重庆市江北区铁山坪林场(29°38'N,106°41'E),在重庆市的东北方向,离市中心约25 km,属亚热带湿润气候,年均气温18℃,年均降水量1100 mm,年均空气相对湿度80%(1971年—2000年),海拔512~579 m,土壤为砂岩上发育的山地黄壤,一般厚50~80 cm,土壤密度1.25~1.34 g·cm⁻³,土壤孔隙度47%~50%。由于受地理位置、地形、煤炭消耗量大和煤炭含硫量高等影响,这里的酸雨强度大,土壤酸化和森林受害严重^[9-11]。

本文研究的马尾松林位于铁山坪田园山庄后面。该马尾松林于1980年营造。为了提高马尾松林的抗火能力和改善林区景观,铁山坪林场利用木荷幼年较耐荫的特点^[12-14],在2003年3月上旬于林下栽植了木荷幼树。具体栽植方法是在林分内插花式挖穴(穴的长×宽×深为30 cm×30 cm×30 cm),采用了2年生木荷裸根苗(苗高1.0 m,根径1.0 cm),栽植密度为627株·hm⁻²,分布较均匀。研究林分地处海拔522 m,坡度11°,坡向西北坡,上坡坡位。对该林分没有进行任何施肥和抚育。马尾松林木分布较均匀,生长较整齐,在2004年5月下旬调查时的马尾松林龄为26 a(包括移植时的苗龄

2 a),密度1192株·hm⁻²,优势木平均叶量损失率34%,优势木平均高和胸径分别为13.3 m和15.5 cm。马尾松林下除了木荷以外,还有少量的杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、青皮木(*Schoepfia jasminodora* Sieb. et Zucc.)和石栎(*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai)。林下草本层以蕨类为主,有狗脊蕨(*Woodwardia japonica* (L. f.) Sm.)和黑足鳞毛蕨(*Dryopteris fuscipes* C. Chr.)等。林地岩石出露率3%,土壤类型为黄壤,腐殖质层厚约1.05 cm,矿质土层厚约60 cm。在0~60 cm土层,pH值为3.74,交换性阳离子K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Al³⁺和H⁺的含量分别为0.024、0.084、0.377、0.075、3.66、4.26 cmol(+)·kg⁻¹,盐基饱和度仅6.63%。总之,林地土壤酸化严重,养分非常缺乏,土壤对酸雨的缓冲能力已经十分有限。

2 研究方法

2.1 样地设置

2004年5月上旬,在上述马尾松林分内布设了撒施石灰石粉(CaO含量49.5%,粒径250目)试验样地,试验共设5个处理即石灰石粉的施用量分别为:0(不撒施,对照)、100、200、300、400 g·m⁻²,采用随机区组设计,重复3次,不同小区面积均为10 m×10 m,重复和小区间设置1 m宽隔离带。2004年6月5日,将石灰石粉一次性均匀撒施于每个小区。不同小区的海拔、坡度、坡向基本相同,透光率相似,林下光照条件比较一致,木荷幼树密度接近、年龄相同,处理间具有很好的可比性。

2.2 调查方法

分别于撒施石灰石粉前的2004年5月下旬和撒施石灰石粉后的2007年10月中旬(即撒施石灰石粉约3年4个月后),选择全日光天气条件,对不同小区内马尾松林下栽植的木荷幼树的冠层厚度、冠幅、叶量损失率、叶片变色率、树高和距地面20 cm处的直径进行观测。叶量损失率和叶片变色率的观测依据欧洲标准^[15],评价落叶率和叶片变色率的标度单位是5%,对照标准是以当地生长最好的、具全部树叶(叶量损失率是0)的、年龄和立地条件等与样地相似的木荷作为参照木。树高利用测竿测量,近地面直径利用测树钢围尺测量,冠层厚度、冠幅、叶量损失率和叶片变色率分别从东南西北4个方位观测4次后取平均值。

2006年10月上旬,对不同小区0~60 cm土壤

采样^[7-8],用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的KCl以1:2.5的土:水比浸提样品,采用复合电极法测定土壤的pH值,用美国热电公司IRIS Intrepid II电感耦合等离子体原子发射光谱仪测定土壤的交换性阳离子 Ca^{2+} 和 Al^{3+} 的含量。

采用SPSS12.0统计软件进行调查数据的统计分析。

3 结果与分析

3.1 石灰石粉施用量对木荷冠层厚度的影响

图1展示了撒施石灰石粉后的马尾松林下木荷的冠层厚度。撒施石灰石粉可增加木荷冠层厚度生长量,且不同施用量的效果有差异。处理0、100、200、300和 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的冠层厚度分别为1.05、1.24、2.07、1.46、1.67 m,处理200、300、 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 与对照差异显著($P<0.05$), $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 效果最佳。

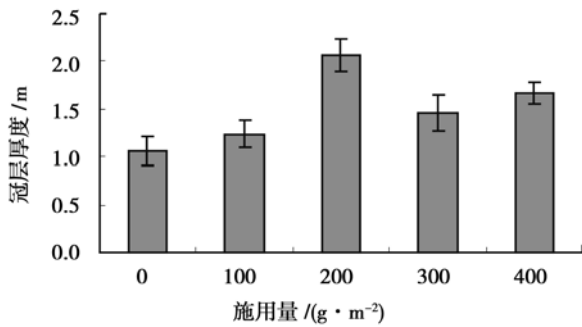


图1 石灰石粉施用量对马尾松林下木荷冠层厚度的影响

3.2 石灰石粉施用量对木荷冠幅的影响

图2展示了撒施石灰石粉后的马尾松林下木荷的冠幅。撒施石灰石粉可增加木荷冠幅生长量,且不同施用量的效果有差异。处理0、100、200、300、 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的冠幅分别为0.29、0.33、0.45、0.36、0.36 m,处理200、300、 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 与对照差异显著($P<0.05$), $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 效果最佳。

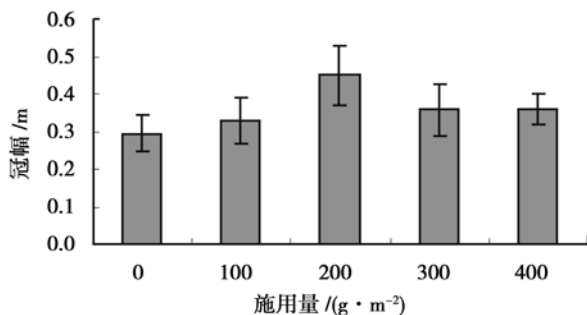


图2 石灰石粉施用量对马尾松林下木荷冠幅的影响

3.3 石灰石粉施用量对木荷叶量损失率和叶片变色率的影响

图3展示了撒施石灰石粉后的马尾松林下木荷的叶量损失率。撒施石灰石粉可降低木荷叶量损失率,且不同施用量的效果有差异。处理100、200、300和 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的叶量损失率比对照分别低6%、20%、2%和6%,处理 $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的下降值最大,与对照差异显著($P<0.05$),效果最佳。

撒施石灰石粉与否和施用量的多少对木荷叶片变色率无明显影响,各处理木荷叶片的变色率很低,均约1%。

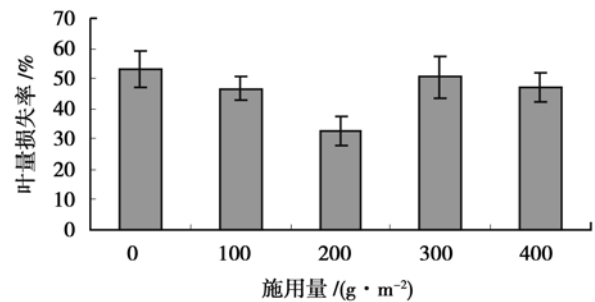


图3 石灰石粉施用量对马尾松林下木荷叶量损失率的影响

3.4 石灰石粉施用量对木荷树高和近地面直径的影响

图4展示了撒施石灰石粉后的马尾松林下木荷的树高。撒施石灰石粉可增加木荷的树高生长量,且不同施用量的效果有差异。处理0、100、200、300、 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的树高分别为1.51、1.76、2.69、1.93、2.09 m,处理200、300和 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 与对照的差异显著($P<0.05$), $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 效果最佳。

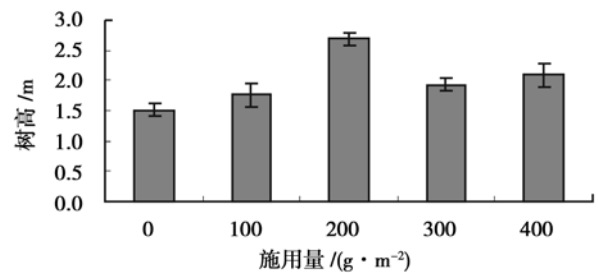


图4 石灰石粉施用量对马尾松林下木荷树高的影响

图5展示了撒施石灰石粉后的马尾松林下木荷距地面20 cm处的直径。撒施石灰石粉可增加木荷直径生长量,且不同施用量的效果有差异。处理0、100、200、300和 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的直径分别为1.28、1.40、2.06、1.49和1.61,处理200、 $400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 与对照差异显著($P<0.05$), $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 效果最佳。

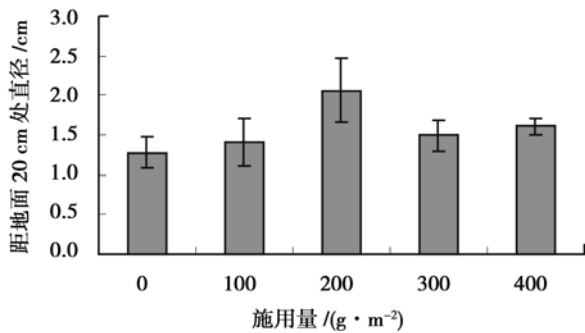


图5 石灰石粉施用量对马尾松林下木荷距地面20 cm处直径的影响

4 讨论与结论

本研究在受酸雨长期严重影响的重庆市江北区铁山坪林场实施了在混生有木荷的马尾松林酸化土壤表面一次性撒施不同量石灰石粉的长期定位观测试验,调查和比较了马尾松林下栽植木荷幼树的生长状况。结果表明:尽管木荷为对酸不敏感的树种,抗酸能力强^[3],但是严重的土壤酸化还是明显阻碍了其正常生长,撒施石灰石粉可降低木荷叶量损失并促进其生长,这可能主要与石灰石粉对酸化土壤的改良有关。

一般认为,由酸沉降引起的土壤酸化及其对植物根系和养分吸收的影响是森林衰退的主要原因^[16]。本试验林地0~60 cm土层的pH值为3.74,远低于木荷的最适宜pH值范围(4.5~6.0)^[14]。撒施石灰石粉改善了林地土壤化学性质。据2006年10月上旬对各处理0~60 cm土层的pH值分别为3.61、3.88、4.75、5.34和5.60,4个处理比对照分别高0.27、1.14、1.73和1.99;处理0、100、200、300和400 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ 比(摩尔比)分别为0.153 9、0.163 8、0.249 5、0.327 3和0.410 8,4个处理比对照分别高0.009 9、0.095 6、0.173 4和0.256 9。表明随撒施剂量增大,各处理土壤化学性质逐渐变优。在撒施石灰石粉后,土壤酸度降低和养分含量提高,无疑有利于改善树木根系的生长及其对水分和养分的吸收能力^[4-5, 7, 17-18];然而,石灰石粉施用量100 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的效果不明显,这可能是由于施用量过少;300和400 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的效果不及200 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 明显,可能与栽植木荷年龄较小或一次撒施量过大有关。基于本文的短期(约3 a)内木荷地上生长改善效果定位监测

结果而言,以200 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的处理效果最佳。如果进行酸雨区马尾松林下栽植木荷的更新改造,建议一次性撒施石灰石粉的最佳剂量为200 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

参考文献:

- [1] 冯宗炜,曹洪法,周修萍,等.酸沉降对生态环境的影响及其生态恢复[M].北京:中国环境科学出版社,1999
- [2] 李志勇,郭永新,王彦辉,等.石灰石粉对重庆酸雨区马尾松健康状况的改善效果[J].华南农业大学学报,2008,29(2):86-89
- [3] 刘菊秀,周国逸,张德强.酸雨对鼎湖山土壤的累积效应及荷木的反应[J].中国环境科学,2003,23(1):90-94
- [4] 杜晓明,刘厚田.酸性土壤抗铝处理对土壤特性及马尾松幼苗生长的影响[J].环境科学研究,1994,7(2):55-58
- [5] 杜晓明,田仁生.重庆南山马尾松衰亡与铝中毒[J].环境科学研究,1996,9(6):21-25
- [6] 黄永梅,段雷,靳腾,等.投加石灰石和菱镁矿对酸化土壤上马尾松(*Pinus massoniana*)林的影响[J].生态学报,2006,26(3):786-792
- [7] 杨永森,段雷,靳腾,等.石灰石和菱镁矿对酸化森林土壤修复作用的研究[J].环境科学,2006,27(9):1878-1883
- [8] 李志勇,王彦辉,于澎涛,等.酸沉降影响下重庆马尾松林的健康监测及调控技术研究[J].生态环境,2007,16(1):54-59
- [9] Lei X E, Jia X Y, Yuan S Z, et al. A numerical simulation of the distribution of acid precipitation in Chongqing area of China [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1987, 4: 313-322
- [10] Zhao D W, Larssen T, Zhang D B, et al. Acid deposition and acidification of soil and water in the Tie Shan Ping Area, Chongqing, China [J]. Water, Air and Soil Pollution, 2001, 130(1/4): 1733-1738
- [11] 金蕾,邵敏,曾立民,等.穿透水方法估算主要可溶性无机组分的干沉降通量[J].科学通报,2006,51(11):1333-1337
- [12] 达良俊,杨永川,宋永昌.浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J].植物生态学报,2004,28(3):376-384
- [13] 王荣,郭志华.木荷幼苗对常绿阔叶林不同光环境的光合响应[J].林业科学研究,2007,20(5):688-693
- [14] 王亿青,黄长春,郑建义.浅谈永嘉县木荷人工造林[J].现代农业科技,2007(13):57
- [15] 德国林业和林产品研究中心 ICP 项目协调中心.空气污染对森林影响的统一采样、评价、监测和分析的方法与标准手册[M].北京:中国科学技术出版社,2002
- [16] Ulrich B. Waldsterben: forest decline in West Germany [J]. Environmental Science and Technology, 1990, 24: 436-441
- [17] 孟赐福,傅庆林,水建国,等.浙江中部红壤施用石灰对土壤交换性钙、镁及土壤酸度的影响[J].植物营养与肥料学报,1999,5(2):129-136
- [18] 蒋廷惠,占新华,徐阳春,等.钙对植物抗逆能力的影响及其生态学意义[J].应用生态学报,2005,16(5):971-976