

# 废弃采石迹地自然恢复的刺槐对降水变化的响应

许晓岗<sup>1,2</sup>, 陈墨坤<sup>2</sup>, 杜顺宝<sup>1</sup>

(1. 东南大学建筑学院, 江苏 南京 210096; 2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 为了探索废弃采石迹地自然恢复过程中水分环境的变化趋势, 利用年轮分析法对幕府山纪念碑采石场的 18 个刺槐年轮样本进行分析, 并在搜集了该地区实测水文资料的基础上, 研究了废弃采石迹地中自然恢复的刺槐年轮对降水变化的响应。结果表明: 在采石场停采 10 a 后, 刺槐开始定居, 这说明采石迹地的水分环境已经能够满足刺槐生长; 刺槐年轮对 8 月份的降雨响应程度最高, 表明 8 月是采石迹地刺槐生长的高峰期; 从 1986~2007 年的 8 月实测降水值与计算值的比较可以看出, 刺槐年轮对降水的响应呈周期性变化趋势。

**关键词:** 降水; 年轮; 刺槐; 废弃采石迹地

**中图分类号:** S 792.27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0086-04

随着我国基础设施建设规模的逐步扩大, 对石材的需求量不断增加。大量的采石破坏了当地的自然生态系统而导致环境恶化, 并且影响了城市的景观, 严重阻碍了经济社会的可持续发展<sup>[1]</sup>。因此, 世界各国均对废弃采石场的植被恢复问题高度重视。虽然对采石场人工植被恢复技术的研究已经取得了很大进展, 但是这种恢复往往与植被自然演替的效果之间差距较大, 导致人工恢复的结果最终还会被大自然所修正。目前, 业内人士更多的是从自然演替的角度来研究植被恢复的规律, 试图通过废弃采石迹地的植被恢复, 建立起具有稳定生物多样性的本地植物群落<sup>[2]</sup>, 将人为破坏的区域环境恢复或重建成一个与当地自然界相和谐的植被系统。已有研究表明, 土壤中可利用的水分是坡地上绿色生物总量的主要限制因子<sup>[3]</sup>, 而且土壤的含水量也会对植物群落的组成产生影响<sup>[4]</sup>。

在废弃采石迹地植被自然恢复的条件下, 借助当地生长树木年轮信息来重建采石场降水的序列, 揭示采石迹地自然恢复中水分环境的变化趋势, 可以深入探究降水对植被自然发生的影响, 为人工促进植被自然恢复过程中的水分管理提出理论依据, 从而加速废弃采石迹地植被恢复的进程, 建立起有助于改善环境的近自然植物群落。

## 1 采样地概况

采样地位于停采 59 a 的纪念碑采石场迹地 (N32°07'55.7", E118°47'52"), 开采面最高点海拔 101.1 m, 坡向

北偏东 12°, 坡度为 60.5°, 其土壤类型为发育在石灰岩残丘和其它基性岩浆岩上的黄棕壤, 地貌类型属于丘陵<sup>[5]</sup>。未受破坏的森林植被生长十分茂密, 主要树种为构树、刺槐、朴树、臭椿、绣线菊、酸枣、女贞等<sup>[6]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

刺槐是采石废弃地次生群落中的优势种, 较少受周围物种的影响。对于干旱、半干旱地区的研究表明<sup>[7]</sup>: 树木生长较为疏散时, 树木间的相互影响不大, 树木中所包含的气候信息相应地比较大; 再加上刺槐木材的早材界限分明, 纹路比较清晰, 试验以刺槐做为样本, 测量它的年轮宽度并做分析。

由于纪念碑采石场达到一定树龄的刺槐数量有限, 在尽可能减少破坏当前采石场植被的情况下, 在 3 个样地上取年轮盘, 样本总数为 18。取样过程中, 选取仅有单一主干的样树, 以避免发芽和分枝对树木主干年轮宽度造成影响<sup>[8]</sup>。试验中 1986~2007 年月降水量由南京市水文局提供。

### 2.2 试验方法

用 WINDENDRO™ 2005 a 树木年轮分析仪进行测量轮宽并交叉定年, COFECHA 程序<sup>[9]</sup> 检验交叉定年的结果, 用 ARSTAN 程序<sup>[10]</sup> 修订树轮宽度指数序列, 建立年轮年表序列, 最后用 Excel 软件对树木年轮宽度指数与降雨量进行相关分析, 建立降雨量的回归方程式<sup>[11]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 年轮宽度变化趋势

年轮宽度的变化趋势可分为两大类<sup>[12]</sup>: 一类是生长受到抑制的轮宽变化趋势, 即随着树龄的增加, 轮宽没有明显的高峰值和低谷值, 除了前几年有剧烈的变化

第一作者简介: 许晓岗(1968-), 男, 博士后, 讲师, 现主要从事植被恢复与观赏植物资源研究工作。E-mail: brianxu0829@sina.com。

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(20080441011)。

收稿日期: 2009-10-20

外, 随后的年份都处于相对平稳的阶段; 另一类是正常生长的轮宽变化趋势, 即在树木幼龄期年轮宽度呈不断增加的趋势, 随后年轮宽度变化比较平稳。该试验中01~03号

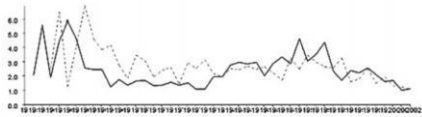


图1 抑制型树年轮宽度变化曲线

注: 横坐标是年份, 纵坐标是年轮宽度, 单位 mm。实线代表活动路径的年轮宽度曲线, 虚线代表同一棵树的另外一条路径的轮宽曲线。

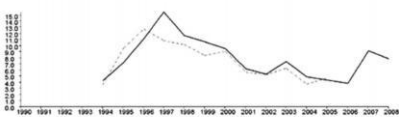


图2 正常生长型年轮宽度变化曲线

3.2 刺槐年表与降水量的相关关系

为了更好地反映废弃采石迹地的关键抑制因子——水分的变化趋势, 选用剔除低频气候信息后的差值年表与 1986~2007 年各月降水量的相关性系数见图 3, 可见: 1、7、12 月份的降水量与年轮宽度指数成明显的负相关, 2、8、11 月份成明显的正相关。其它月份的相关性系数基本处于 0.1 以下, 相关性不明显。根据实际降水资料, 2 月份和 11 月份的平均降水在 50 mm 以上, 分别能够满足树木的 1a 当中的前期和后期的生长。12 月份和 1 月份树木基本上停止生长, 这 2 个月的降雨量相对较少, 会导致该地区的生长季节前的土层含水量和营养物质积累相应地也会减少, 从而影响到年轮宽度的增加, 因而出现了树木生长与当年 12 月和翌年 1 月的降水量呈负相关关系。7 月份的降水量是最多的, 但是同时 7 月份温度最高, 加上采石迹地极端的立地条件, 地表蒸发量较大, 刺槐的蒸腾作用较强, 树木实际利用的降水很少, 因而树木生长与 7 月份的降水也呈负相关的关系。8 月份降水丰富, 温度较 7 月份有一定程度的下降, 中午温度高, 早晚温度低, 昼夜温差相对较大, 有利于植物营养物质积累, 从而能够很好的满足树木的生长。其它月份可能存在比降水敏感性更强的抑制因子, 所以相关性不明显。

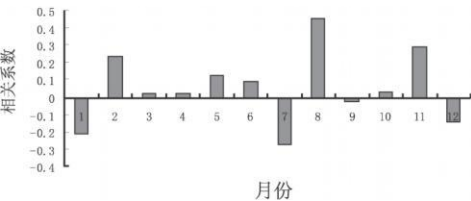


图3 刺槐年轮宽度与月降水量的相关系数

3.3 幕府山地区废弃采石迹地刺槐年轮响应水分变化趋势

根据以上的相关性分析以及对南京幕府山地区其

和 16~18 号属抑制型, 该类型代表曲线见图 1。其它样树属正常型, 该类型代表曲线见图 2, 后者占多数。

它气象因子了解情况, 8 月份的降水量比较充分, 同时气温相对于 7 月份较低, 不会或很少出现高温抑制树木生长, 导致树木休眠的情况。因此, 可以认为 8 月份的年轮生长量在每一年的年轮生长量中贡献率是最大的。因此可以通过 8 月份降雨量的重建值与实测值的比较, 从大体上说明幕府山采石迹地刺槐所响应的水分因子的变化, 从而为进一步探索刺槐林所处的采石迹地的水分环境的变化趋势提供依据。通过计算, 年轮宽度指数与 8 月份的降雨量的相关性系数为 0.452, 用来评价 8 月份降水 3 次模型拟合优度的  $R^2$  值为 0.37, 建立的 8 月份降水的回归方程为:

$$y = -796.86 + 3844.5x - 5042.3x^2 + 2122.08x^3$$

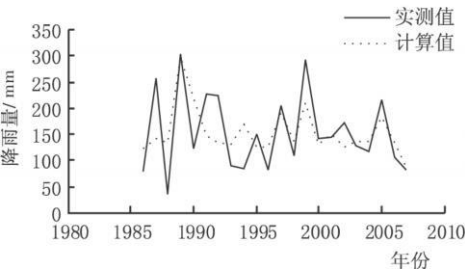


图4 1986~2007 年 8 月降水量实测值与计算值的比较

从图 4 可以看出, 大体上变化趋势较一致, 但是 1991~1996 年与 2003 年这段时间计算值与实测值不一致。1986~1991 年, 计算值与实测值较一致, 接着出现了不一致的时间段 1991~1996 年, 1996~2001 年又恢复到同步水平, 2003 年又出现不一致的现象, 2003 年之后较一致, 这说明了幕府山采石迹地刺槐响应的降水变化具有周期性。

1991~1996 年这段时间计算值与实测值不一致, 可能的解释就是 1991~1996 年树木生长的过程中存在降水之外的其它高频气象因子干扰了刺槐对于水分的响应。还有一种可能就是有大量其它物种的侵入, 打破了该区域的水分平衡。根据前人研究, 在 40 a 左右会有桑

树、构树等这样对水分需求较大的物种侵入定居, 应证了这一点<sup>[13]</sup>。由于观测小范围的降雨量比较困难, 试验中所用的数据是南京主城区这样一个较大范围的降雨量数据, 可能会造成局部偏差。按照树轮气候学的规定取样地与气象观测站的距离越近, 数据越可靠<sup>[12]</sup>。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

通过对南京幕府山废弃采石迹地的次生树种刺槐的年轮宽度与 8 月份降水量的响应变化的初步探索, 可以得到以下结论。

4.1.1 试验所取样的年轮盘中, 最长的树龄为 45 a (1960~2004 年), 并且正常生长型年轮居多, 抑制型的年轮占少数, 这说明采石场的局部环境差异比较大, 正常生长型的刺槐树较抑制型刺槐树所处的环境优越, 采石场在刺槐定居时(1960 年前), 废弃采石迹地的水分条件已经能够基本满足刺槐的生长。

4.1.2 通过差值年表与月降水量的相关性分析, 7 月份降水量与刺槐年轮宽度成负相关, 8 月份降水量与年轮宽度成明显的正相关。差值年表与 8 月份的降水量响应程度最好, 7 月份次之, 通过回归值与实测值的比较, 在一定程度上反映了幕府山废弃采石迹地中自然定居的刺槐树利用水分的周期性变化趋势。

### 4.2 讨论

根据结论 1, 7 月份降水量与刺槐年轮宽度成明显的负相关, 而 7 月份的实际降雨量是各个月份中最高的, 说明 7 月份的降雨量不是限制因子, 可能存在如温度<sup>[14]</sup> 等其它限制因子。

目前, 树木年轮气候学的研究主要集中在干旱半干旱地区, 而湿润地区的树轮气候研究虽然有, 但仍比较少, 且多集中在针叶树种<sup>[15]</sup>。试验仅是对亚热带废弃采石场树木年轮气候研究的一个初步探索, 在废弃采石场是否存在比刺槐更能够敏感反映气象要素的树种还有待进一步证实。并且在纪念碑采石场取的刺槐样本, 由于环境的特殊性, 树心有腐烂或虫害现象, 坡上的树偏心现象严重<sup>[16]</sup>, 这些都给交叉定年带来一定困难。

由于废弃采石场地域条件的限制, 在选取样本方面有一定的局限性。试验虽然尽量选取生长良好、无病害的树轮样本, 但是实际上采石场的树木稀疏, 可选择的样本很有限。

另外亚热带地区气候环境复杂, 单个因素变化很难综合反映采石场的水分变化规律。一个地区的水分平衡还涉及到蒸发量、地表径流等因素<sup>[17]</sup>, 可能考虑到更多气候要素变化会更加合理。

## 5 建议

纪念碑采石场的停采时间是 1949 年。根据以上结论 1, 最长的树龄为 45 a, 且从 1960 年开始。可以推出

在该采石场停采 11 a 或更早的时候, 就有耐旱的刺槐种子落到这里生长繁殖, 这就说明停采 11 a 后采石场的环境条件已经得到一定程度的改善。但是由于刺槐较耐旱, 所以这里土壤水分条件还是很有限。所以在停采 10 a 后的时间里应该加强废弃采石迹地的水分管理, 对于像刺槐这样的乔木侵入和定居是很有益处的。

由于纪念碑采石场 1949 年停采, 而该试验是从 1986 年开始重建的降水序列, 这间接地反映了停采 37 a 后纪念碑采石迹地的水分环境已经恢复到一个与正常环境类似的程度, 即废弃采石场自然恢复条件下, 从遍地裸岩到大量植被定居的漫长几十年中植被生存环境在逐渐改善, 但植被群落远远没有演替到稳定的阶段<sup>[12]</sup>。幕府山采石迹地刺槐树利用水分具有周期性, 应该在实际降水量与利用水量出现差距的时间段——新物种侵入阶段, 通过人工的管理加速采石场植被的演替与恢复的进程, 从而把新物种定居的时间提前, 把重建和谐群落的时间缩短。

## 参考文献

- [1] 李兴伟, 王振师, 李小川. 采石场复绿经济价值评估[J]. 广东林业科技, 2006, 22(3): 37-39.
- [2] 方华, 林建平, 莫江明. 采石场生态重建的有关问题[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 654-658.
- [3] Gong X, Brueck H, Giese K M, et al. Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin [J]. Journal of Arid Environments 2008(72):483-493.
- [4] Karim M N, Mallik A U. Roadside revegetation by native plants I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits [J]. Ecological Engineering, 2008(32): 222-237.
- [5] 刘国华, 舒洪岚, 张金池, 等. 南京幕府山矿区废弃地植被恢复模式研究[J]. 水土保持研究, 2005(2): 141-142.
- [6] 李林. 南京幕府山植物区系[J]. 南京林业大学学报, 2006, 30(2): 39.
- [7] 冷冷. 大岗山丝栗栎和樟树年轮宽度对气候变化响应研究[D]. 中国林业科学研究院硕士学位论文, 2007.
- [8] Grissino-Mayer H D. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer [J]. Tree-Ring Research, 2003, 59(2): 63-79.
- [9] Cook E R, Holmes R L. Users manual for ARSTAN. Lab. of tree-ring research [M]. University of Arizona Tucson, 1986.
- [10] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement [J]. Tree-ring bulletin, 1983, 43: 69-75.
- [11] 康兴成, 程国栋, 康尔泗, 等. 利用树轮资料重建黑河近千年来出山口径流量[J]. 中国科学, 2002, 32(8): 678-679.
- [12] 哈密树木年轮气候研究组. 哈密地区树木年轮年表的建立[M]. 新疆气象出版社, 1980.
- [13] 许晓岗, 张晓露, 杜顺宝, 等. 采石宕口石壁植被自然恢复初期特征[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 332-333.
- [14] Overdieck D, Ziche D, Bottcher-Jungclaus K. Temperature responses of growth and wood anatomy in European beech saplings grown in different carbon dioxide concentrations [J]. Tree Physiology, 2007, 27: 261-268.
- [15] 雷静品, 肖文发, 黄志霖, 等. 三峡库区秭归县不同海拔马尾松径向生长对气候的响应[J]. 林业科学, 2009, 45(2): 34-38.

# 焚烧枯草对三色堇幼苗及其根际微生物的影响

霍宪起

(临沂师范学院 生命科学学院 山东 临沂 276005)

**摘要:** 利用选择性培养基,对焚烧和未焚烧土壤中的三色堇幼苗根际微生物进行分离,分析其数量变化;用简单装置测定2种土壤中三色堇幼苗的生理指标;用钾稀蓝吸附法测定2种土壤中的三色堇幼苗的根系活力。结果表明:相比于未经焚烧过的土壤,经焚烧过的土壤中的三色堇幼苗根际单位根菌量真菌、细菌、放线菌、磷细菌、钾细菌都减少了。在同样生长时间内,经枯草焚烧过的土壤中的三色堇幼苗在苗体积、根湿重、根干重、根体积等方面均明显低于未焚烧的土壤,而苗高、苗湿重、苗干重3方面变化不大。而枯草焚烧土壤比未焚烧土壤中的三色堇幼苗根的总比表面和活跃比表面均减少。

**关键词:** 焚烧枯草;三色堇;根际微生物;根系活力

中图分类号: S 529; Q 938.1<sup>+</sup>3 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2010)04—0089—03

枯草是重要的生物能源,含有大量的养分和能量。枯草还田不仅能增加土壤的有机质含量,改善土壤理化性质,增加土壤肥力,而且能够促进后茬花草生长,改善

作物品质,提高作物抗逆性<sup>[1]</sup>。另外,枯草还可用来发电、造纸、生产乙醇、提取木素、用做饲料等<sup>[2-4]</sup>。但是园林工人在绿化过程中,常将枯草就地焚烧,而后在原地种植新的花草。这样做不仅导致了环境污染、资源浪费,而且对土壤生态系统和后茬花草的生长造成一定的影响。近年来,关于焚烧枯草的研究较多,且集中于焚烧枯草的原因、焚烧枯草带来的直接经济损失和焚烧枯草对环境的影响<sup>[5-7]</sup>,而对于焚烧枯草对后茬花草的影响

**作者简介:** 霍宪起(1977-),男,山东德州人,讲师,现主要从事园林植物与观赏园艺的教学与研究工作。E-mail: huoxianqi@gmail.com。  
**收稿日期:** 2009—12—20

[ 16] Grissino-Mayer H D. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer [ J]. Tree-Ring Research, 2003 59(2): 63-79.

[ 17] 张永勤 缪启龙,何毓意,等. 区域水资源量的估算及预测分析——以南京地区为例 [J]. 理学科学, 2005, 21(5): 457-459.

## The Response of *Robinia Pseudoacacia* to Variance of Precipitation in Abandoned Quarry Under Natural Restoration Condition

XU Xiao-gang<sup>1,2</sup>, CHEN Zhao-kun<sup>2</sup>, DU Shun-bao<sup>1</sup>

(1. College of Architecture, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096; 2. Faculty of Forest Resources and Environmental sciences, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037)

**Abstract:** To research the variance trend of water environment in abandoned quarry in natural restoration process, 18 annual ring samples of *Robinia pseudoacacia* in Monument quarry of Mufu Mountain area were analyzed by dendrochronology method. Based on observed precipitation data, responses of *Robinia pseudoacacia* annual rings to observed precipitation were studied. The results showed that after ten years of the quarry abandonment, *Robinia pseudoacacia* began to settle down. In other words, available water in abandoned quarry can satisfy the growth of *Robinia pseudoacacia*; annual rings of *Robinia pseudoacacia* respond to precipitation in August at the highest level, that is, annual rings of *Robinia pseudoacacia* grow most in this month; from comparison between observed and theoretical value of August precipitation years of 1986 to 2007, we conclude that there is a periodic trend on response of annual rings to August precipitation.

**Key words:** response; precipitation; annual ring; *Robinia pseudoacacia*; abandoned quarry