

文章编号: 1000-5692(2005)03-0255-04

红壤丘陵区不同类型生态系统的小气候效应

王前华, 余树全, 周国模

(浙江林学院 生命科学学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 对浙江省金衢盆地红壤丘陵区雷竹 *Phyllostachys praecox*, 杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 湿地松 *Pinus elliottii*, 湿地松+百喜草 *Paspalum notatum*, 杉木-湿地松, 胡柚 *Citrus grandis* ‘Changshanhuoyou’, 6种不同类型生态系统的小气候进行对比分析及灰色关联度分析。对比分析表明, 杉木-湿地松林对土壤湿度和空气相对湿度的调节效果最佳, 雷竹林对气温的调节能力最强; 6种类型生态系统的关联度分别为 0.781 6, 0.738 4, 0.823 4, 0.759 5, 0.712 2, 0.741 8。对所选定的土壤湿度、空气相对湿度和气温3个因子而言, 杉木-湿地松林的调节功能最好。图3表1参11

关键词: 恢复生态学; 红壤丘陵区; 生态系统; 小气候; 关联分析

中图分类号: S716 **文献标识码:** A

浙江金衢盆地红壤丘陵区是浙江省的重要生产基地, 也是浙江省重点开发的区域之一。由于这一地区人口密集, 自然植被破坏严重, 大多数地段已丧失绿色植被的保护, 水土流失严重, 气候恶化, 不仅使其自身的资源得不到充分发挥, 还严重影响了农业生产。气候条件是生态环境的重要组成部分, 直接影响着环境的质量, 进而左右生态系统物质循环与能量的转化。因此, 开展红壤丘陵区不同类型生态系统的小气候研究, 不仅可为该地区植被恢复提供重要参数, 也为评价该地区生态系统功能及资源的合理利用和农、林业生产的可持续发展提供科学参考依据^[1-3]。

1 试验材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验区设在浙江省兰溪市马达镇与金华市蒋堂镇的交界处, 位于浙江省中部偏西, 金衢盆地北缘, 钱塘江上游。该地区属亚热带季风气候区, 地理位置为 29°05′41″~29°27′27″N, 119°13′04″~119°55′40″E, 海拔 50~80 m。年平均降水量为 1 400~1 600 mm, 降水量分布极不均匀, 主要集中在 4—8 月, 年日照时数为 2 013.7 h, 年平均气温为 17.0~18.0 °C, ≥ 10 °C 的积温为 5 651.0 °C, 年平均无霜期为 265 d。该小流域土壤类型为第四纪红色黏土发育的地带性红壤。地形地貌为低丘岗冲地, 相对高程 34 m, 面积为 3.21 万 m², 其中坡岗地面积为 1.95 万 m², 部分坡岗地侵蚀严重, 林业和农林复合为主要生产方式; 河谷沟地面积 1.26 万 m², 主要生产水稻 *Oryza sativa*, 玉米 *Zea mays*, 西瓜 *Citrullus lanatus*。该地区在 20 世纪 80 年代以前灾害性天气频繁, 洪涝、干旱和风暴发生频率高。

收稿日期: 2004-10-20; 修回日期: 2005-03-18

基金项目: “十五”浙江省重点资助项目(011037)

作者简介: 王前华, 硕士, 从事恢复生态学研究。E-mail: wqhk@yaho.com.cn. 通讯作者: 余树全, 教授, 博士, 从事恢复生态学研究。E-mail: yushq@zjfc.edu.cn

1.2 试验设计与方法

1.2.1 试验设计 在该区域选择了雷竹 *Phyllostachys praecox* (T1), 杉木 *Cunninghamia lanceolata* (T2), 湿地松 *Pinus elliottii* (T3), 湿地松+百喜草 *Paspalum notatum* (T4), 杉木-湿地松(T5), 胡柚 *Citrus grandis* ‘Changshanhuoyou’ (T6) 等6种不同类型人工林生态系统进行试验观测, 以裸地(ck)为对照。

雷竹种植于1990年, 面积为0.67 hm²; 杉木种植于1998年, 株行距按0.5 m×2.0 m 实生苗造林, 面积为0.4 hm²; 湿地松种植于1995年, 行距为2.0 m, 面积为0.53 hm²; 湿地松+百喜草, 湿地松种植于1995年, 百喜草种植于2002年, 按20 cm 条播种植, 面积为0.33 hm²; 杉木-湿地松混交林种植于1993年, 株行距为1.0 m×2.0 m, 1行杉木1行湿地松混交, 面积为1.0 hm²; 胡柚种植于1993年, 株行距为1.0 m×1.0 m, 面积为1.33 hm²。

1.2.2 观测方法 采用红雉3000袖珍型小气候观测仪和MP-406水分传感器对这6种人工生态系统进行观测。观测时期为2004年3月至10月, 每月连续测3d, 每天观测3次, 分别在8:00, 12:00, 16:00进行。经初步相关性检验, 阴雨天气的空气湿度与晴天的空气湿度存在较大差异, 与黄承标等^[6]对窿缘桉 *Eucalyptus exserta* 防护林小气候研究的结果不尽一致等, 所以观测选在晴天进行。观测内容为常规的空气温度、空气湿度及土壤湿度^[7]。土壤湿度用MP-406水分传感器进行观测, 空气湿度用红雉3000袖珍型小气候观测仪进行观测。文中所列数据均为每月3d观测的平均值^[8]。

1.2.3 计算方法与分析方法^[9] 对不同类型生态系统的小气候进行对比分析和灰色关联优势分析。灰色关联分析主要步骤为^[10]: ①制定参考序列 $X_0 = \{x_0(1), x_0(2), \Delta, x_0(k), \Delta, x_0(m)\}$ ($k = 1, 2, \dots, m$)。然后, 将每一生态系统单元观测值做无量纲化处理, 得到一个新的无量纲化数列。以这个数列作为被比较数列, 得 $X_i = \{x_i(1), x_i(2), \Delta, x_i(k), \Delta, x_i(m)\}$ ($i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m$)。②原始数据变换, 数据采用均值化处理。③求各比较数列与参考数列的关联系数。关联系数的求法如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}$$

其中 ρ 为分辨系数, 一般在0~1之间, 常取0.5。④求关联度。关联系数是一个数列, 信息过于分散, 不便于比较, 因此, 采用关联度来表示被比较数列与参考数列的接近程度。关联度的一般表达式为:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k), R = \frac{1}{n} \sum_j r_j$$

在生态系统对小气候的调节效应贡献中, 土壤湿度、空气相对湿度和气温为等权。关联度越大, 则表明被比较数列与参考数列越接近^[11]。⑤排关联序。将 m 个比系列对同一比较系列的关联度按大小顺序排列起来, 组成关联序, 记为 $\{X\}$, 它直接反映各比较序列对参考系列的“优劣”关系。

2 结果与分析

2.1 生态系统小气候比较分析

2.1.1 土壤湿度 各系统的土壤湿度均在8月达到整个观测期的最低值(图1)。而雷竹林因挖笋期将土翻起, 因而在8月低于ck的土壤湿度。其他类型的土壤湿度在8月均高于ck。这充分证明了植被具有保持土壤水分的能力, 过度的人为干扰则加速土壤水分的丧失。同时在气温最高的8月, 保持土壤水分能力最强的为杉木-湿地松林, 它的土壤湿度在整个观测期均高于ck, 其次为湿地松+百喜草, 其他依次是胡柚林、湿地松林和杉木林, 保水能力最弱为雷竹林。对于保水能力最强的杉木-湿地松林, 其林分郁闭良好, 有效减弱林内风速, 降低林内光照等, 从而减小林内土壤水分蒸发量; 在降水强度较大的5月和6月, 其种植较早, 土壤物理结构良好, 增强了水分的下渗, 起到很好的持水效果。湿地松

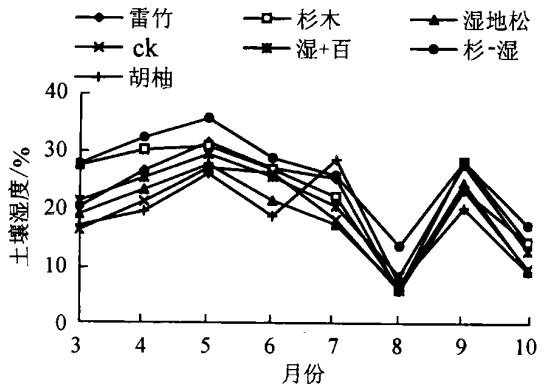


图1 不同生态系统土壤湿度随时间变化
Figure 1 Change of soil humidity of systems in different dates

在降水强度较大的5月和6月, 其种植较早, 土壤物理结构良好, 增强了水分的下渗, 起到很好的持水效果。湿地松

十百喜草林内虽然空旷, 但林下覆盖的百喜草充分起到防止水分大量蒸发的作用。

2.1.2 空气相对湿度 在 8 月, 各系统的空气相对湿度均达到整个观测期的最低值, 但各系统的值均明显高于 ck (图 2)。其中杉木-湿地松林内空气相对湿度最大, 达到了 47.19%, 其次是杉木林为 46.56%, 其他依次为雷竹林、胡柚林、湿地松林和湿地松+百喜草。杉木-湿地松林郁闭完好, 减弱风速, 有效地起到调节空气湿度的作用; 湿地松+百喜草, 虽然百喜草起到防止水分大量蒸发的作用, 但林内空旷, 不能有效保留从土壤中蒸发的水分; 相对湿地松+百喜草而言, 杉木林则有很好的调节空气相对湿度的功能。

2.1.3 气温 与土壤湿度和空气相对湿度相反, 各生态系统的气温在 8 月达到整个观测期的最高值 (图 3)。其中, 湿地松+百喜草系统的气温在整个伏旱季节均高于 ck。这与该系统林内空旷直接相关, 林内风速大, 从而加速林内空气与外界交换。雷竹林的气温在整个伏旱季节为所有系统中的最低值, 主要是雷竹林为完全郁闭, 所以有效调节了林内气温, 起到了良好的降温作用; 紧接为杉木-湿地松林, 它与雷竹林的气温仅相差 0.12 °C, 其原因与空气相对湿度相类似。

2.2 生态系统小气候灰色关联度分析

通过灰色关联度分析可表明各生态系统的小气候调节效应大小。根据本次研究的需要以裸露地 ck 为参考系列, 分别计算关联系数和关联度, 进行关联度分析, 因而对于参考系列关联度越大的系统, 则小气候调节能力越弱。

根据关联系数的计算公式, 对所观测的数据进行均值化处理, 并求出各子系列与参考系列的关联系数, 进而求出关联度 (表 1)。由表 1 可见, T1, T2, T3, T4, T5, T6 各生态系统土壤湿度对于 ck 的关联度分别为 0.787 9, 0.755 8, 0.840 6, 0.770 6, 0.732 5, 0.747 7。关联度越大的表明土壤保湿能力越差, 所以生态系统的土壤保湿能力由强到弱的排序为 T5> T6> T2> T4> T1> T3。

6 种类型生态系统空气相对湿度对 ck 的关联度分别为 0.830 3, 0.824 1, 0.834 4, 0.760 7, 0.682 5, 0.800 0。根据关联度越大调节空气湿度能力越差, 进行系统调节空气湿度的能力由强到弱排序为 T5> T4> T6> T2> T1> T3。

T1, T2, T3, T4, T5, T6 各生态系统的气温对 ck 的关联度分别为 0.726 6, 0.635 4, 0.795 3, 0.747 1, 0.721 5, 0.677 2。同理, 关联度越大的表明调节气温的能力差, 系统调节气温的能力由强到弱排序为 T2> T6> T5> T1> T4> T3。

各生态系统的相对 ck 的综合关联系数大小分别为 0.781 6, 0.738 4, 0.823 4, 0.759 5, 0.712 2,

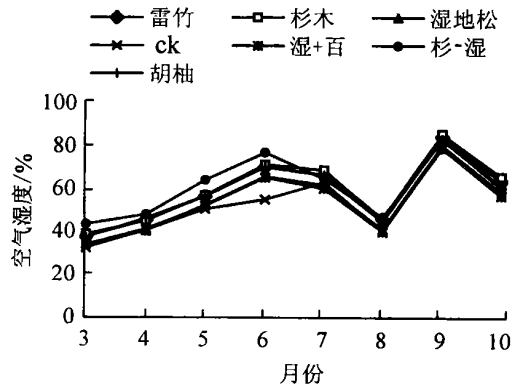


图 2 不同生态系统空气湿度随时间变化
Figure 2 Change of atmosphere humidity of systems in different dates

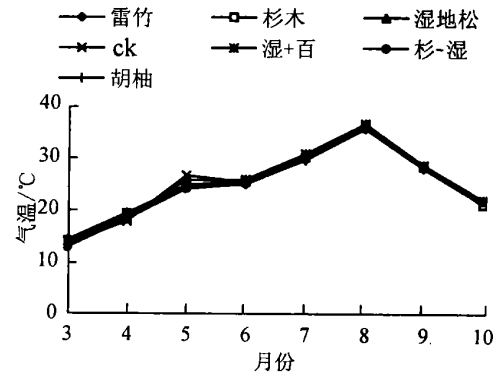


图 3 不同生态系统气温随时间变化
Figure 3 Change of air temperature of systems in different dates

表 1 参考系列与子系列的关联系数及关联度

Table 1 Cognation of fertility factors driven from ecosystems' climate

生态系统	关联度			关联系数
	土壤湿度	空气相对湿度	气温	
T1	0.787 9	0.830 3	0.726 6	0.781 6
T2	0.755 8	0.824 1	0.635 4	0.738 4
T3	0.840 6	0.834 4	0.795 3	0.823 4
T4	0.770 6	0.760 7	0.747 1	0.759 5
T5	0.732 5	0.682 5	0.721 5	0.712 2
T6	0.747 7	0.800 0	0.677 2	0.741 8

0.741 8。

3 结论

通过比较分析,各生态系统小气候指标变化不尽相同。随时间变化,系统土壤湿度变化差异最大,而系统气温变化差异略小。在高温干旱的8月,杉木-湿地松林充分展现了其较大的调节小气候的能力。

经比较分析,各生态系统的各项小气候指标随时间变化的差距无法确定,从而不能有效地对各生态系统的小气候效应作出准确的判定。因此,应用灰色关联度对生态系统小气候进行分析,能准确地判定系统的小气候效应。系统相对于ck,小气候调节效能由强到弱的顺序为杉木-湿地松林>杉木>胡柚>湿地松+百喜草>雷竹>湿地松。

灰色关联度分析生态系统小气候效应是理想的,该方法将不同类型生态系统小气候因素的综合优势作了排序,进行系统优化的关联分析。该方法可靠性强,是多因素决策的一种简便有效实用的方法,它从定量的角度反映不同类型生态系统的小气候调节效能,为红壤丘陵区生态恢复与重建提供科学依据。

参考文献:

- [1] 黄欠如, 贺相逸, 周慕卿. 红壤丘陵果农复合系统的小气候效应初步观察[J]. 江西农业学报, 1998, 10(2): 76-83.
- [2] 范兴海, 黄寿波. 我国农村系统小气候研究概述[J]. 林业科学研究, 2000, 13(2): 197-202.
- [3] 卢庭高, 水建国, 柴锡周. 低丘红壤坡地开发的经济生态效益[J]. 浙江林业科技, 1999, 19(6): 62-65.
- [4] 肖金香, 罗威年, 董闻达, 等. 果园百喜草覆盖与敷盖对小气候的影响[J]. 中国生态农业学报, 2000, 8(1): 63-66.
- [5] 杨柳青, 梁及芝, 邓凤笙, 等. 南方丘陵区马尾松次生植被小气候效应研究[J]. 湖南林业科技, 2002, 29(2): 12-15.
- [6] 黄承标, 梁宏温, 温远光, 等. 窿缘校防护林小气候的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(3): 247-251.
- [7] 张璐, 林伟强. 森林小气候观测研究概述[J]. 广东林业科技, 2002, 18(4): 52-56.
- [8] 张一平, 刘玉洪, 马友鑫, 等. 热带森林不同生长时期的小气候特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(1): 83-87.
- [9] 谢平, 李燕. 海岸沙地防护林的小气候效应[J]. 中国沙漠, 2001, (1): 93-96.
- [10] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用: 第2版[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 40-77.
- [11] 阎伍玖. 环境质量模糊综合评判——灰色关联度分析[J]. 农村生态环境, 1994, 10(3): 30-33.

Study on microclimates of different ecosystems in hilly red soil areas

WANG Qian-hua, YU Shu-quan, ZHOU Guo-mo

(School of Life Sciences, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Comparative analysis and correlation analysis of microclimates in 6 ecosystems of *Phyllostachys praecox*, *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus elliottii* and *Paspalum notatum*, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii*, *Citrus grandis* 'Changshanhuoyou', in hilly red soil areas of Jinhua-Quzhou Basin, Zhejiang Province, were conducted. The results of comparative analysis showed that *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii* was most effective to regulate the soil humidity, air relative humidity and *Phyllostachys praecox* was the most effective to regulate air temperature. The correlations of 6 ecosystems were 0.781 6, 0.738 4, 0.823 4, 0.759 5, 0.712 2 and 0.741 8 respectively. As far as the regulation of all three factors including soil humidity, air relative humidity and air temperature was concerned, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii* functioned the best. [Ch, 3 fig. 1 tab. 11 ref.]

Key words: restoration ecology; hilly red soil area; ecosystem; microclimate; relational analysis