

生态景观林树种选择定量研究

马俊, 韦新良, 尤建林, 徐小军

(浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 树种选择是生态景观林营建中重要的技术要素。以浙江省青山湖国家森林公园为研究对象, 针对当地的自然环境条件、生态建设与旅游发展的要求, 制订了树种选择标准。根据专家建议, 以树种的生物学特性、观赏特性和生态功能作为生态景观林树种选择的主要依据, 确定了形态习性、生长速度、土壤适应性和抗病虫性等 12 个树种评价指标, 采用 5 级评分制对每一项指标进行量化分级, 并运用层次分析法确定了各个指标的权重, 为研究区生态景观林树种选择提出了一个完整的评价指标体系和数量化评价模型。应用树种评价模型对研究区 41 个绿化树种进行了综合评价。结果表明: 合欢 *Albizia julibrissin*, 枫香 *Liquidamba formosana*, 乌桕 *Sapium sebiferum*, 黄连木 *Pistacia chinensis*, 臭椿 *Ailanthus altissima*, 银杏 *Ginkgo biloba* 等落叶树种综合性状良好; 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*, 樟树 *Cinnamomum camphora*, 深山含笑 *Michelia maudiae* 和木荷 *Schima superba* 等常绿树种综合性状较好。但因合欢分枝较低, 不宜做大面积绿化树种, 建议选择枫香、乌桕、苦槠和樟树作为青山湖国家森林公园生态景观林建设的基调树种。表 2 参 64

关键词: 森林培育学; 生态景观林; 树种选择; 层次分析法; 评价指标; 综合评价

中图分类号: S725.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)05-0578-06

Tree species selection for an ecological landscape forest at Qingshan Lake, Zhejiang Province

MA Jun, WEI Xin-liang, YOU Jian-lin, XU Xiao-jun

(School of Environmental Sciences and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Tree species selection is a key technical element in the construction of an ecological landscape forest. Designed to facilitate tourism development at Qingshan Lake National Forest Park in Zhejiang Province, this research considered the local environment and ecosystem to determine a set of standards for tree species selection and then determine the best trees to use. With the advice of specialists, standards consisting of biological characteristics, ornamental characteristics, and ecological functions were chosen. To this end, twelve evaluating indexes were used including morphological habit, rate of growth, adaptability to soil, and resistance to insect pests and diseases. With a five level rating system, a quantitative grade was determined for each index, and using a stratified analysis, weights were fixed for each index. Then, this comprehensive evaluating index system and quantitative model were applied to 41 tree species to determine tree species selection. Results showed that among the deciduous tree species, *Albizia julibrissin*, *Liquidambar formosana*, *Sapium sebiferum*, *Pistacia chinensis*, *Ailanthus altissima*, and *Ginkgo biloba* were excellent choices, and that among evergreen tree species, *Castanopsis sclerophylla*, *Cinnamomum camphora*, *Michelia maudiae*, and *Schima superba* were excellent ones. However, *Albizia julibrissin* with its low branching habit was not appropriate for large-scale planting. Therefore, the suggested primary tree species for Qingshan Lake National Forest Park were the following four species: *Liquidambar formosana*,

收稿日期: 2007-11-28; 修回日期: 2008-03-21

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y304369)

作者简介: 马俊, 硕士, 从事森林景观评价与设计研究。E-mail: majun3106@163.com。通信作者: 韦新良, 教授, 博士, 从事森林景观评价与设计研究。E-mail: weixl@zjfc.edu.cn

Sapium sebiferum, *Castanopsis sclerophylla*, and *Cinnamomum camphora*. [Ch, 2 tab. 64 ref.]

Key words: silviculture; ecological landscape forest; tree species selection; analytic hierarchy process; evaluating index; comprehensive evaluation

随着工业化进程的加快, 人类赖以生存的自然环境不断恶化, 保护和改善生态环境已经成为建设和谐社会的紧迫任务。生态景观林作为一种特殊的森林类型, 在调节气候、环境保护、水源涵养、水土保持、防风固沙、观赏游憩和美化城市等方面发挥着重要作用^[1], 而树种选择的水平直接影响了生态景观林建设的效果。目前, 生态景观林树种选择主要依靠设计者的经验和主观意愿进行选择, 多数采用定性分析, 科学依据不足, 说服力不强。作者从生态景观林景观功能和生态功能出发, 以浙江省临安市青山湖国家森林公园为例, 应用层次分析法建立判断矩阵得到树种综合评价值并排序, 为合理选择生态景观林树种提供定量化的参考依据。

1 研究区概况

青山湖国家森林公园位于浙江省临安市东郊, 属于低山丘陵型地貌, 海拔为 150 m。青山湖气候温暖湿润, 光照充足, 雨水丰沛, 四季分明, 属中亚热带季风气候, 年平均气温为 15.9℃, 极端最高气温 41.2℃, 最低气温达 -13.1℃, 全年降水量 1 427 mm, 全年日照时数 1 920 h, 无霜期 234 d。青山湖区北、南、东部坡度较大, 山体部分坡度多在 25°以上, 西部坡度较小。海拔 50 m 以下坡度多为 15°~25°; 部分在 5°~15°; 极少坡度低于 5°; 西部坡度多在 15°以下, 比较平缓。土壤以红、黄壤为主, pH 4.72, 肥力较低, 土壤有机质为 4.86 mg·kg⁻¹, 速效氮磷钾分别为 95.78, 12.23, 39.37 mg·kg⁻¹, 土层厚度一般为 40~80 cm。森林覆盖率达 53.9%, 本区植物区系为亚热带常绿阔叶林, 现有森林为天然林和人工林, 类型主要为杉木 *Cunninghamia lanceolata* 纯林、马尾松 *Pinus massoniana* 纯林, 针叶树与常绿阔叶树混交林, 另有小面积的阔叶林、灌草、水生植物、茶园和果园等。

2 研究材料

研究材料即参评树种, 主要根据生态景观林树种选择原则并结合研究区的立地条件和植被状况初步选取了 41 个树种。树种选择遵循适地适树, 以乡土树种为主, 外来树种为辅, 兼顾生态功能与景观效果的原则。具体而言必须选择符合以下条件: 适合本地气候条件; 适合林地立地条件; 适合不同林型生态功能; 生长速度快; 景观效果好; 无公害或病虫害; 对污染有一定抗性^[2]。

3 研究方法和过程

生态景观林树种评价与多种因子有关, 属于多指标评价系统。为便于操作和计算, 研究评价模型采用线性加权综合法 (SAW) 进行综合评价^[3]。确定参评因子的权重主要有 2 种方式: 其一是数学计算, 一般采用经验评分法、回归分析法、主成分分析法、层次分析法、模糊综合评价法、相关分析法和灰色系统方法^[4]。其二是利用专家知识系统。作者采用层次分析法 (AHP) 确定各评价因子的权重。

3.1 树种评价指标的筛选及量化

目前, 筛选指标的方法主要有频度分析法、理论分析法和专家咨询法等^[5]。作者采取 3 种方法的综合选取, 即首先采取频度分析法, 全面收集生态景观林的相关资料及研究文献, 选取其中使用频度较高的指标; 同时结合研究区现状和规划目标等进行分析、比较和综合; 在此基础上, 采用专家咨询法对指标进行调整, 如果有 1/3 以上的专家认为某项指标不重要, 该指标即被淘汰。此外, 对于权重很小的指标, 并入相近指标中。经过 2 轮专家咨询, 直到 70% 以上的专家认同, 才列入指标体系, 最终形成生态景观林树种综合评价指标体系^[6]。另外, 根据生态景观林的树种要求, 在调查研究基础上, 通过咨询专家, 采用 5 级评分制对 12 个树种选择指标实行量化分级, 每一个指标确定相应的评分标准 (表 1)。其中形态习性指标的量化主要根据研究区的建设目标, 确定以常绿阔叶树种为主, 常绿与落叶阔叶树种混交的基本外貌, 优先考虑常绿阔叶树种^[7, 8]; 生长速度根据研究区尽早发挥生态

景观林景观效果的要求和树种生长特性进行量化分级^[9]；固碳释氧能力用单位叶面积植物的日平均固碳量进行量化分级^[10]；降温增湿能力用单位叶面积植物的蒸腾降温量进行量化分级^[11]；土壤适应性^[9]、抗病虫性^[12]、观赏特性^[9, 13]、杀菌能力^[14]和滞尘能力^[15]先进行定性评比，然后进行量化处理。

表1 树种评价指标及评分标准

Table 1 Evaluation criterion and graded standard of tree species

评价指标	各分值评分标准				
	5	4	3	2	1
形态习性 C_1	常绿阔叶树种	落叶阔叶树种	常绿针叶树种	落叶针叶树种	棕榈类, 竹类树种
生长速度 C_2	生长迅速, 前 10 a 年均生长高度可达 1.0 m 以上	生长较快, 前 10 a 年均生长高度 0.7~1.0 m	生长速度中等, 前 10 a 年均生长高度 0.5~0.7 m	生长速度较慢, 前 10 a 年均生长高度 0.5~0.3 m	生长速度慢, 前 10 a 年均生长高度小于 0.3 m
土壤适应性 C_3	适应性强, 耐干旱瘠薄, 喜酸性土壤	对土壤要求不严, 较耐瘠薄土壤, 喜微酸性土壤	适应性一般, 要求肥力一般, 耐酸性土壤	要求肥力良好土壤或喜碱性土壤	要求深厚肥沃土壤, 不耐干旱瘠薄或要求碱性土壤
抗病虫性 C_4	生长健壮, 无病虫害, 抗病性强	生长良好, 偶尔发生病虫害, 抗病性较强	生长一般, 1~2 种病虫害, 有危害程度轻微的病虫害	生长较差, 3~6 种病虫害, 有危害程度中等的病虫害	生长差, 病虫害多于 6 种, 有危害程度严重的病虫害
树形 C_5	高大, 枝叶茂密或奇特美观	较高, 美观	树高一般, 枝叶茂密	枝叶稀疏	低矮或枝叶散生, 零乱
叶形及叶色 C_6	叶形奇特, 春、秋色叶美丽	春、秋色叶美丽	春色叶或秋色叶美丽	叶形宽大, 浓绿	叶形一般, 基本以绿色为主
花形及花色 C_7	花大奇特, 颜色鲜艳, 有香气, 花期长	花型好, 颜色较好, 花期短, 或花小, 有香气, 花期长	花型一般, 花色较好	花小, 花型一般, 颜色尚可	花小杂乱, 颜色黯淡或有怪味
果形及果色 C_8	果型奇特, 鲜艳	果型大, 鲜艳	果型饱满, 颜色一般	果型较小, 颜色暗淡	果型干瘪, 毫无特色
杀菌能力 C_9	对杆菌和球菌的杀菌力均极强	对两菌种的杀菌力均较强	对其中一个菌种的杀菌力强	对其中一个菌种的杀菌力中等	对球菌和杆菌的杀菌力均弱
滞尘能力 C_{10}	滞尘能力强, 能分泌油脂或黏液	滞尘能力较强, 叶片宽大粗糙, 小枝张开度大	滞尘能力中等, 叶片粗糙	滞尘能力较弱, 叶片光滑	滞尘能力弱, 叶片狭小光滑, 小枝张开度小
固碳释氧/ ($g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$) C_{11}	> 12	10~12	6~10	4~6	< 4
降温增湿/() C_{12}	> 0.24	0.18~0.24	0.12~0.18	0.06~0.12	< 0.06

3.2 用 AHP 法确定各指标权重(ω_j)

层次分析法(AHP)是美国匹兹堡大学教授沙旦(Saaty)于20世纪70年代中期提出的一种多层次权重分析决策方法,目的是将复杂的社会经济系统划分为递阶层次,进行两两比较,使难于标度的事物数量化,以避免或减少人们对事物决策的主观臆断性^[16]。国外主要将它应用于环境、行为科学、军事指挥、教育、人才,以及经济计划和管理、能源政策和分配等领域^[17, 18]。近年来,层次分析法已在我国能源、经济分析、医学诊断、科研管理、农业资源、饲草种质等领域得到了广泛的应用^[19-21]。研究通过以下4个步骤:建立层次结构模型;构造判断矩阵;层次单排序及其一致性检验;层次总排序及一致性检验。结果表明,目标总排序通过了一致性检验,说明 $C_1 \sim C_{12}$ 权重 $\omega_j = \{0.063\ 0.020\ 0.106\ 0.059\ 0.148\ 0.221\ 0.088\ 0.041\ 0.050\ 0.050\ 0.100\ 0.050\}$ 可作为最终的决策依据。根据权重的结果,在生态景观林树种评价指标中,土壤适应性、树形、叶形叶色和固碳释氧能力的重要性较大,而生长速度因子在树种选择中的重要性较小。

3.3 综合评价及排序

对初选的41个树种参照树种评分标准(表1)打分,树种的观赏特性通过照片问卷形式调查,共收到问卷304份,统计分析后确定各树种的观赏特性分值,其他指标分值通过查询现有文献资料所得^[22-63]。

若树种的土壤适应性和抗病虫性两个单项指标的评分太低则不予考虑, 最后保留 32 个树种, 然后采用线性加权综合法, 计算参评树种的综合评价价值 $y = \sum_{j=1}^m w_j \times R_{ij}$ (R_{ij} 为各树种单指标分值)。结果见表 2。

表 2 各树种的综合得分值及其排序

Table 2 The integrated point value of each tree species and the rank

综合排序	树种	总分	综合排序	树种	总分
1	合欢 <i>Albizia julibrissin</i>	4.143 9	17	木荷 <i>Schima superba</i>	3.507 1
2	枫香 <i>Liquidamba formosana</i>	4.097 8	18	榔榆 <i>Ulmus parvifolia</i>	3.502 8
3	乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	3.945 0	19	落羽杉 <i>Taxodium distichum</i>	3.468 6
4	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	3.938 4	20	柿树 <i>Diospyros kaki</i>	3.436 9
5	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	3.767 1	21	金钱松 <i>Pseudolarix amabilis</i>	3.411 9
6	银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	3.747 9	22	杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	3.406 1
7	五角枫 <i>Acer mono</i>	3.729 4	23	三角枫 <i>Acer buergerianum</i>	3.352 4
8	黄山栎树 <i>Koelreuteria integrifolia</i>	3.696 2	24	梧桐 <i>Firmiana simplex</i>	3.337 3
9	无患子 <i>Sapindus mukurossi</i>	3.676 6	25	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	3.293 8
10	国槐 <i>Sophora japonica</i>	3.667 3	26	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	3.133 7
11	重阳木 <i>Bischofia polycarpa</i>	3.639 2	27	池杉 <i>Taxodium ascendens</i>	3.095 0
12	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	3.619 2	28	玉兰 <i>Magnolia denudata</i>	3.007 8
13	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	3.544 0	29	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	2.917 3
14	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	3.528 3	30	冬青 <i>Ilex chinensis</i>	2.845 2
15	七叶树 <i>Aesculus chinensis</i>	3.515 5	31	板栗 <i>Castanea mollissima</i>	2.731 7
16	深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	3.510 8	32	蚊母树 <i>Distylium racemosum</i>	2.698 4

4 结果与讨论

根据树种综合评价结果, 合欢、枫香、乌桕、黄连木、臭椿和银杏等落叶树种的综合性状表现良好, 苦槠、樟树、深山含笑、木荷等常绿树种的综合性状较好, 但因合欢分枝较低, 不宜做大面积绿化树种。结合这些树种在当地的应用情况, 建议使用枫香、乌桕、苦槠和樟树作为当地生态景观林营造的基调树种。

作者根据研究区的立地条件和规划目标, 结合专家建议, 以树种的生物学特性、观赏特性和生态功能作为生态景观林树种选择的主要依据, 确定了形态习性、生长速度、土壤适应性和抗病虫性等 12 个树种评价指标, 采用 5 级评分制对每一项指标进行量化分级, 并运用层次分析法确定了各个指标的权重, 建立了生态景观林树种选择的综合评价模型, 将初选的树种进行综合评价。该法的突出优点是可以尽量减少主观因素的影响, 将人的主观判断用数量形式表达和处理^[64]。

运用层次分析法综合评价生态景观林树种特性的关键在于构建树种评价指标和确定各指标间的相对重要性, 以此建立层次结构模型和构造判断矩阵。

致谢: 研究课题问卷得到中国林业科学研究院、北京林业大学、南京林业大学、西北农林科技大学、东北林业大学、中南林业科技大学、浙江林学院、西南林学院、浙江省森林资源监测中心等单位一部分专家的支持和帮助, 在此表示诚挚的感谢。

参考文献:

- [1] 薛达, 罗山, 薛立. 论生态风景林在我国城市发展中的作用[J]. 城市规划汇刊, 2001 (6): 77 - 78.
- [2] 陈涛, 李刚, 梁正阳. 深圳生态风景林树种选择与示范林营造[J]. 中国园林, 1999 (4): 44 - 46.
- [3] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 16 - 18.
- [4] 师彦武, 康绍忠, 简艳红. 干旱区内陆河流域水资源开发对水土环境效应的评价指标体系设计[J]. 水土保持通报, 2003 (3): 24 - 27.
- [5] 王翠娟, 高素萍. 成都城市森林生态效益综合评价指标体系研究[J]. 林业建设, 2007 (5): 34 - 37.
- [6] 雷孝章, 王金锡, 彭沛好, 等. 中国生态林业工程效益评价指标体系[J]. 自然资源学报, 1999, 14 (2): 175 - 182.
- [7] 重庆市园林局, 重庆市风景园林学会. 园林植物及生态[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007: 9 - 10.
- [8] 苏雪痕. 植物造景[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 63 - 64.
- [9] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [10] 王丽勉, 胡永红, 秦俊, 等. 上海地区 151 种绿化植物固碳释氧能力的研究[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26 (3): 399 - 401.
- [11] 莫健彬, 王丽勉, 秦俊, 等. 上海地区常见园林植物蒸腾降温增湿能力的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (30): 9 506 - 9 507, 9 510.
- [12] 王才良, 李杰, 刘丽月. 嘉兴市农田林网树种数量化评价[J]. 防护林科技, 2006 (6): 42 - 44.
- [13] 徐亮, 司马永康, 郝佳波. 园林树木的分类方法及观赏特性评价[J]. 西部林业科学, 2007, 36 (1): 123 - 126.
- [14] 刘常富, 陈玮. 园林生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 171 - 172.
- [15] 高金晖, 王冬梅, 赵亮. 植物叶片滞尘规律研究——以北京市为例[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29 (2): 94 - 99.
- [16] 许树柏. 实用决策方法——层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1986.
- [17] PRASNTAK D. Project risk management a combined analytic hierarchy process and decision tree approach [J]. Cost Eng, 2002, 44 (3): 13 - 14.
- [18] HUANG W, LUUKKANEN O, JOHANSON S, et al. Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves functional group identification and analysis[J]. Agrofor Syst, 2002, 55: 65 - 72.
- [19] 黄启堂, 游水生, 黄榕辉, 等. 运用层次分析法评价木质藤本观赏植物资源[J]. 福建林学院学报, 1997, 17 (3): 269 - 272.
- [20] 刘振虎, 卢欣石, 葛军. 利用层次分析法综合评价 9 个草坪品种的耐盐性[J]. 草地学报, 2002, 10 (3): 207 - 211.
- [21] 乐新贵, 刘细燕, 杨帆. 层次分析法在防火林带树种选择上的应用[J]. 江西林业科技, 2002 (2): 12 - 14.
- [22] 郑万钧. 中国树木志: 第 1 卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- [23] 郑万钧. 中国树木志: 第 2 卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [24] 郑万钧. 中国树木志: 第 3 卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [25] 郑万钧. 中国树木志: 第 4 卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [26] 石杨文, 杨萍, 陈波涛, 等. 黎平县鹅掌楸人工林的生长状况调查[J]. 贵州林业科技, 2005, 33 (3): 20 - 22, 62.
- [27] 翁琳琳, 蒋家淡, 张鼎华, 等. 乡土树种枫香的研究现状与发展前景[J]. 福建林业科技, 2007, 34 (2): 192 - 197.
- [28] 叶书有. 黄山区珍贵风景树种——黄连木[J]. 园林绿化, 2007(11): 44 - 45.
- [29] 虞祖权, 陈万章, 仇才楼, 等. 黄山栎树引种试验初报[J]. 江苏林业科技, 2003, 30 (1): 9 - 10, 13.
- [30] 魏学智, 胡玉熏, 林金星, 等. 中国特有植物金钱松的生物学特性及其保护[J]. 武汉植物学研究, 1999, 17(增刊): 73 - 77.
- [31] 汪贵斌, 曹福亮. 落羽杉抗性研究综述[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26 (6): 78 - 82.
- [32] 吴道圣, 王于荣, 陈秋芳, 等. 木荷造林试验初报[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16 (2): 207 - 210.
- [33] 石柏林, 周国模, 应叶青, 等. 喜树不同种源苗高生长规律的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16 (4): 353 - 357.
- [34] 孟小华, 姜卫兵. 我国特有树种喜树及其在园林中的应用[J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (20): 542 - 543.
- [35] 张风娟, 李继泉, 徐兴友, 等. 皂荚和五角枫挥发性物质组成及其对空气微生物的抑制作用[J]. 园艺学报, 2007, 34 (4): 973 - 978.
- [36] 霍光华, 高荫榆, 陈明辉. 乌桕叶抑菌活性功能成分的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31 (3): 52 - 56.
- [37] 张均. 浅析乌桕的开发利用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (9): 2 603, 2 696.
- [38] 李晓储, 黄利斌, 施士争, 等. 深山含笑引种苗期试验初报[J]. 江苏林业科技, 1999, 26 (4): 1 - 5, 10.

- [39] 贺红早, 贺瑞坤, 段旭, 等. 贵阳二环林带主要造林树种碳汇研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (32): 10 270 - 10 271, 10 293.
- [40] 黄永高, 许超, 徐玮玮, 等. 扬州古运河风光带不同林地生态效应指标分析[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2007, 28 (3): 87- 90.
- [41] 徐玮玮, 李晓储, 汪成忠, 等. 扬州古运河风光带绿地树种固碳释氧效应初步研究[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 575 - 580.
- [42] 徐玮玮. 扬州古运河生态环境林绿地树种配置及环境效应研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2007.
- [43] 任引. 遵义市城区行道树结构优化分析[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [44] 钱能志. 遵义市城区城市森林结构与生态功能研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [45] 胡仁火, 蔡朝晖, 任国祥, 等. 8 种校园绿化植物挥发性物质的抑菌杀菌作用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (29): 9 128 - 9 129, 9 131.
- [46] 罗充, 理燕霞, 张伟, 等. 19 种园林植物组织杀菌作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33 (5): 810 - 811.
- [47] 胡羨聪, 吴小英, 温海祥, 等. 珠三角城市森林景观树种杀菌效应及其应用[J]. 城镇绿化, 2005 (3): 46 - 49.
- [48] 张燕. 几种园林植物挥发性物质成分分析及抑菌活性研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.
- [49] 赵勇, 李树人, 阎志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21 (6): 582 - 586.
- [50] 朱丽娜. 校园森林植被效益研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- [51] 方颖. 城市森林绿地系统的生态环境功能研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [52] 姜红卫. 苏州高速公路绿化减噪吸硫滞尘效果初探[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
- [53] 吴云霄. 重庆市主城区主要绿地生态效益研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [54] 梁淑英. 南京地区常见城市绿化树种的生理生态特性及净化大气能力的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [55] 蒙彬. 株洲市几种常用绿化植物滞尘能力初探[J]. 湖南林业科技, 2007, 34 (4): 33 - 34.
- [56] 张秀梅, 李景平. 城市污染环境中适生树种滞尘能力研究[J]. 环境科学动态, 2001 (2): 27 - 30.
- [57] 吴中能, 于一苏, 边艳霞. 合肥主要绿化树种滞尘效应研究初报[J]. 安徽农业科学, 2001, 29 (6): 780 - 783.
- [58] 姜红卫, 朱旭东, 孙志海. 苏州高速公路绿化滞尘效果初探[J]. 福建林业科技, 2006, 33 (4): 95 - 99.
- [59] 刘霞, 李海梅. 园林植物滞尘效应的研究[J]. 北方园艺, 2007 (8): 73 - 76.
- [60] 程政红, 吴际友, 刘云国, 等. 岳阳市主要绿化树种滞尘效应研究[J]. 2004, 2 (2): 37 - 40.
- [61] 康博文, 刘建军, 王得祥, 等. 陕西 20 种主要绿化树种滞尘能力的研究[J]. 2003 (4): 54 - 56.
- [62] 苏俊霞, 靳绍军, 闫金广, 等. 山西师范大学校园主要绿化植物滞尘能力的研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2006, 20 (2): 85 - 88.
- [63] 晏妮, 石登红, 贺瑞坤. 贵阳二环林带 5 种绿化树种质膜相对透性及滞尘能力初步研究[J]. 贵州科学, 2007, 25 (3): 20 - 22.
- [64] 郑德祥, 陈平留. 层次分析法在防火树种选择中的应用[J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2000, 1 (5): 443 - 446.