

重庆城市森林乡土树种资源调查与评价*

刘燕新¹, 方文¹, 马立辉^{1,2}, 黄世友¹

(1. 重庆市林业科学研究院; 2. 重庆瀚业园林工程有限公司, 重庆 400036)

摘要:运用资料查阅、访问和实地调查相结合的方法对重庆城市森林乡土树种资源进行调查,并运用层次分析法(AHP)建立了重庆乡土树种评价体系,确定了评价因子及其权重,对重庆城市森林乡土树种进行客观定量的评价。结果表明:重庆乡土树种资源有2 300余种,其中乔木600余种,灌木1 700余种;朴树(*Celtis sinensis*)、灯台树(*Cornus controversa*)等一、二级树种抗逆性强、生态效益好、观赏价值高,在城市森林建设中应大力推广应用,垂柳(*Salix babylonica*)等三级树种作为补充配置树种运用。重庆市乡土树种资源丰富,有利于增加城市森林的物种多样性,丰富城市森林景观,改善城市环境。

关键词:重庆;城市森林;乡土树种;树种评价;层次分析法

中图分类号:Q-9;Q149

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2013)06-063-06

20世纪60年代以来,在全球人口急剧增加、环境日益恶化、人类生存面临严重威胁的背景下,城市森林作为城市的一项基础设施发展起来^[1-3]。城市森林被称为“城市之肺”,具有调节城市小气候^[4-7]、提高空气负离子^[8-10]、降噪^[11-12]、杀菌滞尘^[13-14]、净化大气^[15-17]、旅游休闲等综合功能,可以改善城市环境,满足城市居民的身心健康,是衡量城市可持续发展水平和文明程度的重要标志。近年来,发展城市森林已经成为世界各国改善城市生态环境、建设生态城市、提升城市知名度的重要手段之一。

树种选择是城市森林建设中重要的技术要素,树种的选择是否科学合理直接关系到城市森林建设的速度与质量。市区污染严重,受人为干扰因素大。因此,要提高树木的成活率并发挥它们的生态效益,通常的做法是开发利用地带性物种,尤其是乡土树种;并且有节制地引进外域特色植物,以增加城市森林的物种多样性^[18]。Miyawaki等人^[19]提出用乡土树种在当地重建环境保护林。乡土树种是指在当地自然条件下,经过数年的优胜劣汰考验、筛选和自然竞争后保留保存下来的地方优势种,对当地灾害性天气、气候、局部区域水文条件等有较强抵御适应能力,特别是能适应当地的综合立地环境、生态、立地条件,并在一定程度上凝聚了当地的历史文化积淀,折射出当地的民俗文化 with 风情^[20-22]。乡土树种适应性广、抗逆性强、不易感染病虫害、易于养护管理、能自然繁衍成林。然而,目前由于设计者受重“洋”轻“土”思想的严重影响,一味追求新奇、洋气,错误地认为“高档次”的外来树种是新鲜事物,是高贵的树种,“低档次”的乡土树种太普通,从而忽视了对乡土树种的应用。因此挖掘并充分利用乡土树种,控制外来外来树种的比率问题迫在眉睫。

本研究所定义的乡土树种不仅包括那些土生土长的原生树种,同时也包括那些经过长期引种栽培、驯化繁殖,高度适应本地区气候环境的外来优势树种。本研究以“生态优先,兼顾景观效果”为原则,通过对重庆市乡土树种的调查,应用层次分析法(Analytic hierarchy process, AHP)^[23]的原理与方法,建立重庆市城市森林乡土树种评价体系,对乡土树种进行综合评价,为合理选择重庆市城市森林乡土树种提供量化的依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

重庆市位于105°17' E~110°11' E、28°10' N~32°13' N之间的青藏高原与长江中下游平原的过渡地带。当地气候属亚热带季风性湿润气候,年平均气温在18℃左右,冬季最低气温平均在6~8℃,夏季平均气温为27~29℃。日照总时数1 000~1 200 h,冬暖夏热,无霜期长、雨量充沛、湿润多阴、雨热同季,常年降雨量1 000~

* 收稿日期:2013-03-12 修回日期:2013-05-27 网络出版时间:2013-11-20 14:46

资助项目:国家林业局2010年度林业公益性行业科研专项(No. 201004064)

作者简介:刘燕新,女,博士研究生,研究方向为森林生态学, E-mail: yanxinliu@126.com

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20131120.1446.201306.63_039.html

1 400 mm, 春夏之交夜雨尤甚, 素有“巴山夜雨”之说。重庆地质地貌类型丰富, 生物种类多样, 亚热带气候特征明显。在这些因素的综合作用下, 形成多种土壤类型, 森林土壤类型主要有黄壤、紫色土等。重庆森林覆盖度高, 广泛分布亚热带森林。

1.2 研究方法

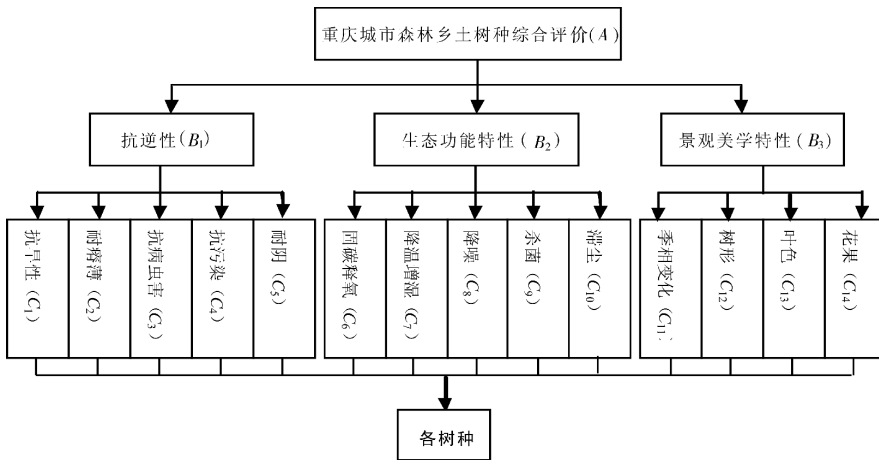


图 1 重庆城市森林乡土树种的 AHP 评价模型

Fig. 1 AHP evaluative modeling of native trees for urban forest in Chongqing

1.2.1 调查方法 样带法: 鉴于植物群落带状分布, 主要采用样带法进行物种调查, 即调查者按一定路线行走, 记录调查路线左右一定范围内出现的物种; 样方法: 对物种丰富、分布相对集中、面积较大的地段采用样方法, 即在样地上设立一定数量的样方, 对样方中的物种进行全面调查; 标本采集: 对现场无法鉴定到种的植物, 要采集和拍摄标本, 做好特征信息记录, 以备室内鉴定之用。记录包括形态特征和生态环境信息等; 物种鉴定: 标本鉴定参照《中国植物志》、《四川植物志》、《中国高等植物图鉴》等工具书, 若有分歧, 以《中国植物志》为准。

中国高等植物图鉴》等工具书, 若有分歧, 以《中国植物志》为准。

1.2.2 评价方法 运用 AHP 法对重庆城市森林乡土树种资源进行评价分析, AHP 评价模型见图 1。运用北京欣晟软件技术有限公司开发的层次分析法软件 yaaph6.0 计算指标权重并自动进行一致性检验。该软件具有直观方便的特性, 免去了繁杂的计算过程, 并带有群决策和评分再计算的功能。

本研究请 13 位专家对评价因子进行两两比较建立成对比较矩阵, 经 1~9 比率标度调整构造出 A-B、B₁-C、B₂-C、B₃-C 两两比较判断矩阵。

$$T_{A-B} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 5 \\ 1/7 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}, T_{B_1-C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 1 & 5 & 5 & 5 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, T_{B_2-C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, T_{B_3-C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

2 结果分析

2.1 重庆城市森林景观型乡土树种资源调查与分析

对重庆各个区县进行乡土树种调查, 重庆乡土树种资源有 122 科 412 属 2 300 余种, 其中乔木 600 余种, 灌木 1 700 余种。从上述乡土树种资源中, 初步筛选出抗逆性强、绿量大、观赏性高的乡土树种 47 种进行研究试验, 其中常绿针叶乔木 3 种, 落叶针叶乔木 2 种, 常绿阔叶乔木 23 种, 落叶阔叶乔木 19 种(表 1)。

2.2 重庆城市森林景观型乡土树种资源的筛选

2.2.1 准则层与因子层各指标的权重 根据判断矩阵运用 yaaph 6.0 可以得出重庆城市森林乡土树种综合评价的模型与中间层各个因子所占的权重, 见表 2。

权重值的大小反映了评判者对各个评价因子的重视性程度, 从表 2 可以看出, A-B 层中抗逆性的权重值最高, 为 0.649 1, 比排在第二位的生态功能特性高出 0.370 1。说明在重庆市城市森林建设中, 树种对当地环境的抵抗适应能力十分重要。只有首先保证了基本生存能力, 才能在此基础上讨论树种的生态效应和景观效果。树种的生态功能特性权重值排列第二, 比景观美学特性高 0.207 1, 表明在城市森林建设中, 树种的生态效应比较重要, 能够改善城市生态环境。此外, 作为构建城市森林的树种, 树木产生的景观效果也应成为考虑要素。

表 1 重庆市城市森林乡土树种初步筛选表

Tab. 1 The preliminary selection of native trees for urban forest in Chongqing

序号	树种类型	树种名称	序号	树种类型	树种名称
1		雪松(<i>Cedrus deodara</i>)	25		日本珊瑚树(<i>Viburnum awabuki</i>)
2	常绿针叶乔木	马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)	27	常绿阔叶乔木	秋枫(<i>Bischofia javanica</i>)
3		侧柏(<i>Platyclusus orientalis</i>)	26		黄牛奶树(<i>Symplocos laurina</i>)
4	落叶针叶乔木	池杉(<i>Taxodium ascendens</i>)	28		四川山矾(<i>Symplocos setchuanensis</i>)
5		水杉(<i>Metasequoia glyptostroboides</i>)	29	垂柳(<i>Salix babylonica</i>)	
6		香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)	30		构树(<i>Broussonetia papyifera</i>)
7		小叶榕(<i>Ficus microcarpa</i>)	31		枫杨(<i>Pterocarya stenoptera</i>)
8		北碚榕(<i>Ficus beipeiensis</i>)	32		黄葛树(<i>Ficus virens</i>)
9		黑壳楠(<i>Lindera megaphylla</i>)	33		复羽叶栎树(<i>Koelreuteria bipinnata</i>)
10		楠木(桢楠)(<i>phoebe zhennan</i>)	34		无患子(<i>Sapindus mukorossi</i>)
11		白楠(<i>Phoebe neurantha</i>)	35		野漆树(<i>Toxicodendron succedaneum</i>)
12		润楠(<i>Machilus Nees</i>)	36		梧桐(青桐)(<i>Firmiana platanifolia</i>)
13		红翅槭(<i>Acer fabri</i>)	37		灯台树(<i>Cornus controversa</i>)
14		银木(大叶樟)(<i>Cinnamomum septentrionale</i>)	38	落叶阔叶乔木	朴树(<i>Celtis sinensis</i>)
15	常绿阔叶乔木	四川大头茶(<i>Gordonia acuminata</i>)	39		白栎(<i>Quercus fabri</i>)
16		木荷(<i>Schima superba</i>)	40		乌柏(<i>Sapium sebiferum</i>)
17		蒲桃(<i>Syzygium jambos</i>)	41		银杏(<i>Ginkgo biloba</i>)
18		女贞(<i>Ligustrum lucidum</i>)	42		二乔玉兰(<i>Magnolia soulangeana</i>)
19		桂花(<i>Osmanthus fragrans</i>)	43		盐肤木(<i>Rhus chinensis</i>)
20		天竺桂(<i>Cinnanomum japonicum</i>)	44		三角槭(<i>Acer buergerianus</i>)
21		广玉兰(<i>Magnolia grandiflora</i>)	45		蓝花楹(<i>Jacaranda mimosifolia</i>)
22		白兰花(<i>Michelia alba</i>)	46	枫香(<i>Liquidambar formosana</i>)	
23		杜英(<i>Elaeocarpus decipiens</i>)	47	刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i>)	
24		鱼木(<i>Crateva religiosa</i>)			

抗逆性 B_1-C 的各个具体评价因子中,抗旱性(C_1)和耐瘠薄(C_2)的权重值较高,均为 0.249 7。抗病虫害(C_3)、抗污染(C_4)和耐阴(C_5)的权重值较低,均为 0.049 9。

根据重庆市的自然地理环境可知:重庆市夏季炎热光照强,降水不匀多伏旱,因此在城市森林树种选择过程中,抗旱性是首要考虑的因子;重庆市是典型的山地型城市,自古就有“三分丘陵七分山,真正平地三厘三”的

表 2 准则层与因子层各指标的权重

Tab. 2 The weights between criteria layer and object layer index

目标层	总权重值 W_i	准则层	A-B 层权重值 W_i	因子层	B-C 层权重值 W_i	C 层总权重
重庆城市森林景观型乡土树种综合评价(A)	1	抗逆性(B_1)	0.649 1	抗旱性(C_1)	0.384 6	0.249 7
				耐瘠薄(C_2)	0.384 6	0.249 7
				抗病虫害(C_3)	0.076 9	0.049 9
				抗污染(C_4)	0.076 9	0.049 9
				耐阴(C_5)	0.076 9	0.049 9
		生态功能特性(B_2)	0.279 0	固碳释氧(C_6)	0.333 3	0.093
				降温增湿(C_7)	0.333 3	0.093
				降噪(C_8)	0.111 1	0.031
				杀菌(C_9)	0.111 1	0.031
				滞尘(C_{10})	0.111 1	0.031
		景观美学特性(B_3)	0.071 9	季相变化(C_{11})	0.375	0.027
				树形(C_{12})	0.375	0.027
				叶色(C_{13})	0.125	0.009
				花果(C_{14})	0.125	0.009

说法,多山地和丘陵,土壤较贫瘠,因此选择耐贫瘠的树种也非常重要。同时,抗病虫害、抗污染和耐阴也是需要关注的因子。

生态功能特性 B_2-C 的各个具体评价因子中,固碳释氧(C_6)和降温增湿(C_7)的权重较高,均为 0.333 3。降噪(C_8)、杀菌(C_9)和滞尘(C_{10})的权重值较低,均为 0.111 1。随着城市的不断发展,城市污染日益加重,使之生态环境不堪重负,并且已经威胁到城市区域内的动植物乃至人类的健康和生存。为了改善城市环境质量,在树

种的选择中,应该注重其带来的固碳释氧、降温增湿、降噪、杀菌、滞尘等生态效益。树木的生态效益中比较重要的是固碳释氧和降温增湿,能够缓解城市“热岛效应”;降噪、杀菌、滞尘等能够净化环境。

景观美学特性 B_3-C 的各个具体评价因子中,季相变化(C_{11})和树形(C_{12})的权重值较高,均为 0.375。叶色(C_{13})和花果(C_{14})的权重值较低,均为 0.125。因为作为构建城市森林的树种,首先要考虑的因素是它的整体效果,即季相变化和树形:季相变化明显的城市森林拥有丰富的季相景观,全年都能欣赏到不同的景色,而优美的树姿时刻都能给人以美感;对于树木来说,色叶和优美的花果能大大增加它的观赏效果。

2.2.2 综合评判计算 利用方程 $V = \sum_{i=1}^n B_i \omega_i$ (其中 V 为综合得分; B 为因子评分, ω 为因子权重值, n 为因子数),根据表 8 各指标权重值和各评价因子得分,得到重庆城市森林乡土树种综合评价计算方程为

$$V = \sum_{i=1}^n B_i \omega_i = \sum_{i=1}^n C_i \omega_i = 0.2497 \times C_1 + 0.2497 \times C_2 + 0.0499 \times C_3 + 0.0499 \times C_4 + 0.0499 \times C_5 + 0.093 \times C_6 + 0.093 \times C_7 + 0.031 \times C_8 + 0.031 \times C_9 + 0.031 \times C_{10} + 0.027 \times C_{11} + 0.027 \times C_{12} + 0.009 \times C_{13} + 0.009 \times C_{14} \quad (1)$$

2.2.3 评价结果 表 3 为对重庆城市森林乡土树种根据公式得出的综合得分和排序。根据表 3,将现有树种划分为 4 级,7.9 分以上为一级树种,综合表现佳;6.9~7.9 分之间为二级树种,综合表现较好;6~6.9 分之间为三级树种,表现情况一般;5 分以下为四级树种,不建议在重庆市城市森林建设中推广应用。

表 3 重庆市城市森林乡土树种综合评价值

Tab. 3 Comprehensive evaluation values of native trees for urban forest in Chongqing

树种名称	综合评价值	排名	树种名称	综合评价值	排名
朴树	8.148 1	1	蓝花楹	7.105 2	25
构树	8.073 1	2	黑壳楠	7.070 3	26
刺槐	7.975 2	3	野漆树	6.999 1	27
木荷	7.949 3	4	银杏	6.960 2	28
香樟	7.937 1	5	盐肤木	6.914 0	29
黄葛树	7.913 1	6	白栎	6.910 1	30
复羽叶栎树	7.883 3	7	垂柳	6.870 2	31
桂花	7.883 2	8	三角槭	6.860 1	32
梧桐(青桐)	7.831 2	9	桢楠	6.790 3	33
大叶樟(银木)	7.737 4	10	小叶榕	6.682 1	34
乌桕	7.733 2	11	白兰花	6.578 2	35
水杉	7.709 3	12	天竺桂	6.526 5	36
枫香	7.675 1	13	日本珊瑚树	6.516 4	37
无患子	7.649 2	14	二乔玉兰	6.486 6	38
广玉兰	7.621 1	15	杜英	6.462 8	39
蒲桃	7.575 2	16	池杉	6.428 7	40
灯台树	7.549 3	17	四川山矾	6.424 4	41
鱼木	7.541 4	18	红翅槭	6.316 5	42
雪松	7.539 2	19	马尾松	6.147 4	43
枫杨	7.529 1	20	黄牛奶树	5.917 1	44
秋枫	7.411 2	21	四川大头茶	5.689 6	45
北碚榕	7.387 3	22	润楠	5.174 8	46
侧柏	7.173 4	23	白楠	5.006 9	47
女贞	7.157 2	24			

从表 3 可知,一级树种共 6

种,综合评分均在 7.9 分以上。其中常绿树种 3 种,落叶树种 3 种。分别为朴树、构树、刺槐、木荷、香樟、黄葛树;它们各自的特点如下。

1) 朴树:重庆分布广泛,遍及各区县。朴树喜光耐荫;喜肥厚湿润疏松的土壤,耐干旱瘠薄,耐轻度盐碱,耐水湿;适应性强,深根性,萌芽力强,抗风;耐烟尘,抗污染。生长较快,寿命长。

2) 构树:重庆分布非常广泛,耐干旱瘠薄,耐污染,耐高温潮湿,繁殖容易,适应能力强。

3) 刺槐:树体高大,耐干旱瘠薄,繁殖容易,适应能力强;叶色鲜绿,每当开花季节绿白相映,素雅而芳香。

4) 木荷:常绿乔木,夏天开白花、芳香四溢;幼苗喜阴湿,成林

后耐干旱瘠薄,叶片为厚革质,耐火烧,萌芽力又强,可作防火树种。

5) 香樟:常绿大乔木,是亚热带常绿阔叶树林的代表树种,为亚热带地区(西南地区)重要的材用和特种经济树种,一年四季都呈现绿意盎然的景象,绿化树、行道树。樟树具有樟脑般的清香,可驱虫,而且永远不会消失。

6) 黄葛树:重庆市的市树(又名黄楠树),落叶乔木,根深杆壮,枝繁叶茂,生长快,寿命长,忍高温,耐潮湿,抗污染,即使置身于悬崖峭壁,也迎风昂首,茁壮成长。

二级树种 24 种,其中常绿树种有 11 种,落叶树种有 13 种。分别为灯台树、梧桐(青桐)、乌桕、无患子、侧柏、水杉、枫香、野漆树、广玉兰、蒲桃、大叶樟(银木)、鱼木、雪松、枫杨、秋枫、北碚榕、复羽叶栎树、女贞、桂花、黑壳楠、银杏、蓝花楹、盐肤木和白栎。这些树种抗逆性强,生态效益好,观赏价值较高,能够增加城市森林的物种多

样性;但是这些树种以野生居多,人工开发利用尚少,应在以后的城市森林建设中进行人工驯化,积极推广应用。乌桕、无患子、水杉、枫香、野漆树、银杏、盐肤木这些树种叶子的季相变化明显,叶色美丽,能够丰富城市森林的季相景观。广玉兰、蒲桃、鱼木、复羽叶栎树、蓝花楹这5种树的树形美观、花姿美丽有很高的观赏价值,尤其是广玉兰和蒲桃的花还芳香馥郁,令人心情愉悦,能够增加城市森林的美学价值。

三级树种11种,其中常绿树种6种,落叶树种5种。分别为垂柳、三角槭、桢楠、小叶榕、天竺桂、日本珊瑚树、杜英、二乔玉兰、白兰花、池杉、四川山矾,这类树种可以作为补充配置树种运用。

四级树种有红翅槭、马尾松、黄牛奶树、四川大头茶、润楠和白楠,虽然它们具有一定观赏效果,但是由于适应性不强,不适宜在城市森林环境中生长,推广运用具有一定难度。

3 结论

乡土树种的应用是一个区域保持其生态稳定性和特色性的重要绿色材料,山地城市森林受地形地貌、气候环境和人为活动的影响,在特定区域营建和恢复有利于生态系统稳定的植物群落,必须充分运用乡土树种。重庆城市森林乡土树种资源种类较多,抗逆性强、生态效益好、观赏价值高,开发利用前景非常广阔。应在资源调查的基础上加强对野生乡土树种资源的保护和开发利用,不断发掘筛选出优良种类,培育抗逆性强、生态效益好、观赏价值高的新品种,在城市森林建设中大力推广应用,同时开展野生乡土树种保护和净化环境等方面的研究,发挥其良好的环境效益,增加城市森林的物种多样性,丰富城市森林景观,美化和改善城市环境。

致谢:感谢重庆市林业科学研究院漆波、耿养会等院领导的大力支持!感谢西南大学何平、王海洋等教授的耐心指导!感谢韦品祥、徐封丰、王娟等在调查中提供的帮助!

参考文献:

- [1] 刘殿芳. 城市森林初探[J]. 国土与自然资源研究, 1997(3): 47-50.
- [2] 何兴元, 宁祝华. 城市森林生态研究进展[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [3] 李海梅, 何兴元, 陈玮, 等. 中国城市森林研究现状及发展趋势[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 55-59.
- [4] Bonan G B. The microclimates of a suburban Colorado (USA) landscape and implications for planning and design [J]. Landscape and Urban Planning, 2000, 49: 97-114.
- [5] 高健, 王成, 吴泽民. 城市不同土地利用类型小气候状况及对人体舒适度的影响[J]. 中国城市林业, 2004, 2(2): 41-48.
- [6] Chen W Y, Jim C Y. Evaluation and valuation of the diversified ecosystem services provided by urban forest [C]// Carreiro M M, Song Y C, Wu J G. Ecology, planning and management of urban forests. New York: Springer Verlag, 2008: 53-83.
- [7] Zhang K X, Wang R, Shen C, et al. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island during rapid urbanization in Shanghai, China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 169: 101-112.
- [8] Tikhonov V P, Tsvetkov V D, Litvinova E G, et al. Generation of negative air ions by plants upon pulsed electrical stimulation applied to soil [J]. Journal of plant physiology, 2004, 51: 414-419.
- [9] 秦俊, 王丽勉, 高凯, 等. 植物群落对空气负离子浓度影响的研究[J]. 华中农业大学学报: 自然科学版, 2008, 27(2): 303-308.
- [10] 穆丹, 梁英辉. 佳木斯绿地空气负离子浓度及其与气象因子的关系[J]. 应用生态学报, 2009, 28(8): 2038-2041.
- [11] Nowak D J, Dwyer J F. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystem [M]// Kuser J E. Handbook of urban and community forestry in the northeast. New York: Kluwer Academic/Plenum, 2006.
- [12] 袁玲, 王选仓, 武彦林, 等. 夏冬季公路林带降噪效果研究

- [J]. 公路, 2009(7):355-358.
- Yuan L, Wang X C, Wu Y L, et al. A study on traffic noise attenuation effect by tree belts in summer and winter[J]. Highway, 2009(7):355-358.
- [13] 李晓储, 蒋继宏, 陈凤美, 等. 扬州古运河沿岸生态林主要绿化树种抑菌功能的初步研究[J]. 林业科学, 2006, 42(6):129-133.
- Li X C, Jiang J H, Chen F M, et al. The primary study of the antimicrobial function of main tree species in the woodland along the Grand Canal in Yangzhou[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(6):129-133.
- [14] 罗英, 李晓储, 黄利斌, 等. 城市街道绿地不同配置模式植物群落的抑菌功能[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(6):859-864.
- Luo Y, Li X C, Huang L B, et al. Antibacterial effect of street-side plant arrangement in Huai'an, Jiangsu [J]. Journal of Zhejiang Forest College, 2009, 26(6):859-864.
- [15] Lovett G M, Traynor M M, Pouyat R V, et al. Atmospheric deposition to oak forests along an urban-rural gradient[J]. Environmental Science and Technology, 2000, 34:4294-4300.
- [16] 吴晓璐, 余琦, 马蔚纯. 环境空气质量数值模拟及其在山东道路交通规划环境影响评价中的应用[J]. 复旦学报:自然科学版, 2007, 46(3):348-355.
- Wu X L, Yu Q, Ma W C H. Numerical simulation for air quality and its application in environmental assessment of Shanghai Road Transportation Planning [J]. Journal of Fudan University: Natural Science, 2007, 46(3):348-355.
- [17] Escobedo F J, Nowak D J. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 90:102-110.
- [18] 林源祥, 杨学军. 模拟地带性植被类型, 建设高质量城市绿地[J]. 中国城市林业, 2003, 1(2):21-24
- Lin Y X, Yang X J. Building high quality urban vegetation by simulating region-species vegetation type[J]. Journal of Chinese Urban Forest, 2003, 1(2):21-24.
- [19] Miyawaki A, Fujiwara K, Osawa M. Native species by native trees[J]. Bulletin of the Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University, 1993, 19:73-107.
- [20] 刘为民. 安徽广德县乡土树种调查及资源保护[J]. 中国园艺文摘, 2012(1):38-39.
- Liu W M. The investigation and protection of native tree species resources in Guangde county of Anhui province [J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2012(1):38-39.
- [21] 张运兴. 河南乡土树种在园林绿化中的应用[J]. 中国科技信息, 2007(8):55-56.
- Zhang Y X. The application of native trees in Henan province in landscaping[J]. China Science and Technology Information, 2007(8):55-56.
- [22] 唐红军. 乡土树种在城市绿化中缺少利用的原因[J]. 中国园林, 2004(6):73-74.
- Tang H J. The advantage of local plants and the reasons of lacking of their application in city greening [J]. Chinese Landscape Architecture, 2004(6):73-74.
- [23] Saaty T L. The analytic hierarchy process [M]. New York: McGraw-Hill, 1980.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Investigation and Evaluation of Native Tree Species Resources for Urban Forest in Chongqing

LIU Yan-xin^{1,2}, FANG Wen¹, MA Li-hui^{1,2}, HUANG Shi-you¹

(1. Chongqing Academy of Forestry; 2. Chongqing Hanye Landscape Engineering Co., Ltd., Chongqing 400036, China)

Abstract: This paper studied on native tree species resources for urban forest in Chongqing through field survey methods combining with literature review and visit, and then we established native tree species resources for urban forest evaluation system by the method of Analytical Hierarchy Process (AHP), confirmed evaluation factors and their weights to evaluate native tree species resources for urban forest objectively and quantificationally. The results showed that there were more than 2300 species of native trees in Chongqing, including 600 species of trees and 1 700 species of shrubs. Because a grade 1 and 2 native trees such as *Celtis sinensis* and *Cornus controversa* have strong resistance, good ecological benefits and high ornamental value, so they should be energetically applied in the city forest construction. A grade 3 native trees such as *Salix babylonica* are complementary configuration trees. Our results suggest that Chongqing has abundant native tree species resources, which contribute to increase the city forest species diversity, enrich city forest landscape and improve the city environment.

Key words: Chongqing; urban forest; native trees; tree species evaluation; analysis hierarchy process (AHP)

(责任编辑 方 兴)