

## 云南城市行道树选择及综合评价研究

张学星<sup>1</sup>, 施莹<sup>1</sup>, 周筑<sup>1</sup>, 邵金平<sup>1</sup>, 李丽全<sup>2</sup>, 谭冬<sup>3</sup>, 何蓉<sup>1</sup>, 刘云彩<sup>1</sup>

(1. 云南省林业科学院, 云南昆明 650204; 2. 云南省丽江县风景园林管理所, 云南丽江 674100; 3. 云南省思茅市环卫绿化处, 云南思茅 665000)

**摘要:** 通过特尔菲园林专家咨询评价的方法, 从生态适应性、观赏价值和生态功能等 3 方面, 选定耐寒性、耐旱性(湿度)、抗污染、抗病虫害、干型、冠型(丰满度)、观花观果观叶、吸收有害气体能力、滞尘能力、绿量大小(叶片疏密)为主要的评价因子, 全面系统地建立了云南南亚热带、北亚热带、温带等 3 种气候类型城市行道树评价应用的综合指标体系, 对云南省不同气候类型城市已栽培或通过树种早期抗性测定等 42 种乡土绿化树种进行了综合评判分级。评价结果表明: 北亚热带气候类型综合评价为 I 级有 13 种, II 级有 9 种, III 级有 1 种; 温带气候类型评价为 I 级有 6 种, III 级有 3 种, IV 级有 1 种; 南亚热带气候类型综合评价为 I 级有 12 种, II 级有 2 种, III 级有 3 种, IV 级有 1 种。表 3 参 10

**关键词:** 园林学; 行道树; 树种选择; 特尔菲评价法; 云南

**中图分类号:** S687.1; S718.55      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2011)06-0922-05

## Evaluation and selection for avenue tree in Yunnan, China

ZHANG Xue-xing<sup>1</sup>, SHI Ying<sup>1</sup>, ZHOU Zhu<sup>1</sup>, SHAO Jin-ping<sup>1</sup>,  
LI Li-quan<sup>2</sup>, TAN Dong<sup>3</sup>, HE Rong<sup>1</sup>, LIU Yun-cai<sup>1</sup>

(1. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China; 2. Lijiang Institute of Landscape Architecture, Lijiang 674100, Yunnan, China; 3. Sanitation and Afforestation of Simao City, Simao 665000, Yunnan, China)

**Abstract:** This study was conducted to establish a comprehensive system of evaluation and application of avenue trees in southern subtropical, northern-subtropical, and temperate cities of Yunnan. The methodology employed consultation and evaluation from garden experts with consideration for ecological adaptation and function as well as ornamental tree value. Using the devised evaluation system, the main evaluation indices of cold resistance, drought resistance, anti-pollution capacity, absorption capacity for toxic gases, anti-insect capacity, tree and crown architecture, ornamental quality, and leaf number and display were analyzed. Forty-two native tree species were evaluated by integrative performance and graded for cities with climatic types in Yunnan. Results showed that for a northern subtropical climate, 13 tree species were graded as class I, 9 species as class II, and 1 species as class III; for a temperate climate 6 tree species were graded as class I, 3 species as class III, and 1 species as class IV; and in a southern subtropical zone, 12 tree species were classified as class I, 2 species as class II, 3 species as class III, and 1 species as class IV. [Ch, 3 tab. 10 ref.]

**Key words:** landscape architecture; avenue tree; tree species selection; Delphi evaluation method; Yunnan

城市行道树是城市绿地系统的骨干, 起着维护和改善城市生态、美化城市环境的决定性作用。不同种类的城市植物对于其生存环境的适应能力各不相同, 同一种植物对于环境中的不同限制因素的表现也存在着一定的差异<sup>[1]</sup>。对城市行道树生态适应性及生态功能性相结合的综合评价, 不仅是构建城市生态

收稿日期: 2010-12-01; 修回日期: 2011-03-13

基金项目: “十五”云南省科技攻关项目(2001NG29)

作者简介: 张学星, 高级工程师, 从事城市绿化植物选育及生态工程建设研究。E-mail: kmzhangxuexing@163.com

工程、合理应用选择城市绿化植物的科学依据,而且对改善城市生态环境质量,实现城市的可持续发展有着重要的理论与实践意义<sup>[1]</sup>。目前,中国对城市行道树的各项指标及其相对重要性评价,缺乏定量的评价指标,致使城市绿化树种选择应用具有较大随意性。云南省城市地理具有多种立体气候类型,其中亚热带气候类型县城占全省城的 79.53%,温带气候类型县城占全省城镇的 14.17%,北热带气候类型县城占全省城的 4.72%,高寒山区气候类型县城占全省城镇的 1.58%<sup>[2]</sup>。树种的生态适应性受气候和立地等自然环境条件的制约,不同类型区具有与之相适应的树种<sup>[3]</sup>。因此,对于不同气候类型区行道树的选择评价,在没有或缺乏数据的条件下,专家的判断往往是唯一的评价根据。本研究引入特尔菲法的评价,其目的是将一般定性问题用定量化方法处理,并以定量结果表述。

## 1 指标体系建立与评价方法

### 1.1 评价指标体系的建立

云南独特的自然地理及气候条件,决定了其绿化树种的评价选择要以不同气候类型的适宜性为基本标准,并以观赏价值和生态功能并重作为重要标准综合评价。采用专家个人调查法,所选专家不仅有技术专家,而且还有管理专家;不仅选择研究人员,而且还有实际工作者,保证了专家选择时的代表性。为了对云南行道树做出全面、客观、准确的评价,从生态适应性、观赏价值、生态功能等 3 方面设计了调查表,对 42 种行道树提出了如下评价指标体系:①生态适应性,包括耐寒性,耐高温性,耐旱性(湿度),耐瘠薄,耐盐碱,耐水湿,抗病虫害,抗污染(抗二氧化硫、氯气氮化物、氟化氢);②观赏价值,包括干型,冠型(丰满度)、叶形和叶色及叶期、花形和花色及花期、果形和果色及果期等;③生态功能,包括吸收有害气体能力、滞尘能力、绿量大小(叶片疏密)。通过专家首轮评价咨询,普遍认为,选定城市绿化行道树种适应性指标是综合评价的基础,观赏价值和生态功能是综合评价的关键。从行道树的总体适应性来看,耐寒性、耐干旱性(湿度)、抗病虫害及抗污染能力等更为重要;从行道树观赏价值(美化效果)来看,干型和冠型(丰满度)更为重要,叶形、叶色、叶期、花形、花色、花期、果形、果色及果期等无统一看法,只能定性确定观花、观果、观叶;从行道树生态功能来看,绿量大小,对有害气体净化能力及滞尘能力更为关键。其中耐寒性、耐旱性(湿度)及抗病虫害能力是对树种综合定性的判定,而抗污染性能,根据不同气候类型典型城市空气污染状况,主要考虑抗二氧化硫、氯化氢和氮化物的能力<sup>[4-10]</sup>。因此,在云南省特定区域和范围内,乡土绿化行道树选择评价指标及因子确定为:①生态适应性:耐寒性、耐旱性(湿度)、抗污染和抗病虫害;②观赏价值:干型、冠型(丰满度)和观花观果观叶;③生态功能:吸收有害气体能力、滞尘能力、绿量大小(叶片疏密)。行道树的评分标准:所有指标因子的得分均按所属程度的强中弱或能力的大中小,分别为 3, 2, 1 分。行道树的抗性分级标准:抗性强指植株生长正常或较正常,顶端优势明显,生长良好,开花结果正常或较正常,在污染点没有受害症状;抗性中等指植株长势中等,枝、叶生长受到抑制,叶片变小或明显变小,叶片出现可见伤害症状,但仍可见开花结果;抗性弱指植株长势差,枝或梢干枯,甚至植株死亡,叶片普遍出现伤害症状,大量落叶,开花结果不正常。

### 1.2 评价方法

采用特尔菲法进行评价。它属于预测和评价的一种方法,适用于研究资料少,未知因素多,主要靠专家主观判断和粗略估计来确定的问题,并对其解决方案进行筛选和评估。其方法是由调查组织者选择和组织咨询专家、设计调查表、按规定程序进行咨询调查,经过多次反馈并对最后一轮调查的结果进行必要的分析和数据处理,使其意见趋于一致或对意见的综合性,从而加大结论的可靠性及可操作性。

作者在选定上述生态适应性、观赏价值、生态功能等 3 方面的多项因子作为评价指标的基础上,通过特尔菲法,采取匿名的发函调查、反馈、统计等确定指标权重。通过专家第 2 轮咨询,采取加权平均法,确定了不同气候类型城市行道树各评价指标的权重,得到的权重值较为客观地反映了各指标的重要程度。亚热带气候类型城市(以思茅市为代表):①生态适应性权重为 0.50,其中耐寒性  $X_1$  为 0.05,耐旱性  $X_2$  为 0.10,抗污染能力  $X_3$  为 0.15,抗病虫害能力  $X_4$  为 0.20;②观赏价值权重为 0.20,其中干型  $X_5$  为 0.10,冠型  $X_6$  为 0.05,观花观果观叶  $X_7$  为 0.05;③生态功能权重为 0.30,其中吸收有害气体能力  $X_8$  为 0.10,滞尘能力  $X_9$  为 0.10,绿量大小  $X_{10}$  为 0.10。北亚热带气候类型城市(以昆明为代表):①生态

适应性权重为 0.50, 其中耐寒性  $X_1$  为 0.10, 耐旱性  $X_2$  为 0.15, 抗污染能力  $X_3$  为 0.15, 抗病虫害能力  $X_4$  为 0.10; ②观赏价值权重 0.20, 其中干型  $X_5$  为 0.10, 冠型  $X_6$  为 0.05, 观花观果观叶  $X_7$  为 0.05; ③生态功能权重为 0.30, 其中吸收有害气体能力  $X_8$  为 0.10, 滞尘能力  $X_9$  为 0.10, 绿量大小  $X_{10}$  为 0.10。温带气候类型城市(丽江为代表): ①生态适应性权重为 0.50, 其中耐寒性  $X_1$  为 0.20, 耐旱性  $X_2$  为 0.20, 抗污染能力  $X_3$  为 0.05, 抗病虫害能力  $X_4$  为 0.05; ②观赏价值权重为 0.20, 其中干型  $X_5$  为 0.10, 冠型  $X_6$  为 0.05, 观花观果观叶  $X_7$  为 0.05; ③生态功能权重为 0.30, 其中吸收有害气体能力  $X_8$  为 0.10, 滞尘能力  $X_9$  为 0.10, 绿量大小  $X_{10}$  为 0.10。

权重值的分布反映了专家对不同气候类型城市行道树评价指标重要性的取向。从指标权重看, 不论是哪种气候类型城市, 对行道树的观赏价值和生态功能的权重看法一致, 而对生态适应性因城市气候类型、空气湿度、城市污染指数等而具有选择性。其中适应性最受重视, 这与云南独特自然气候条件、行道树的标准和当前对绿化树种改善城市生态环境的要求是相吻合的。

## 2 综合评判与分级结果

根据上述指标体系及得分标准, 对不同气候类型乡土绿化行道树进行了综合评判。先按照公式  $X_j = X_j / X_{j(\max)}$  对原始得分数据标准化。南亚热带气候类型城市各因子权重向量  $A_j = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}) = (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.10, 0.05, 0.05, 0.10, 0.10, 0.10)$ ; 北亚热带气候类型城市各因子权重向量  $A_j = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}) = (0.10, 0.15, 0.15, 0.10, 0.10, 0.05, 0.05, 0.10, 0.10, 0.10)$ ; 温带气候类型城市各因子权重向量  $A_j = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}) = (0.20, 0.20, 0.05, 0.05, 0.10, 0.05, 0.05, 0.10, 0.10, 0.10)$ ; 综合指数(Y)按公式  $Y = X_j \cdot A_j$  求得。最后根据综合评分结果, 进行评价排序分级, 按其综合指数的高低, 划分 4 个等级: I 级  $\geq 0.85$ ,  $0.75 \leq$  II 级  $< 0.85$ ,  $0.65 <$  III 级  $< 0.75$ , IV 级  $\leq 0.65$ 。

表 1~3 为综合评价分级结果。北亚热带气候类型综合评价为 I 级行道树有 13 种, II 级有 9 种, III 级有 1 种; 温带气候类型评价为 I 级行道树有 6 种, III 级有 3 种, IV 级有 1 种; 南亚热带气候类型综合评价为 I 级行道树有 12 种, II 级有 2 种, III 级有 3 种, IV 级有 1 种。

从行道树综合评价分级的结果可看出, 3 个气候类型评价为 I 级的行道树具有较强的生态适应性、较高的观赏价值和生态功能, 是云南省类似 3 种气候类型最适宜的行道树的首选种类。评价为 II 级和 III 级的行道树可在绿化上尽可能地选择和应用, 丰富城市绿化树种种类, 增加城市人工植物群落的物种多样性。评价为 IV 级的行道树多数为不耐寒或抗病虫害能力弱、不耐干旱, 其综合效能较差, 只能作为特定环境的行道树或庭院树种适当选用。

表 1 北亚热带气候类型(昆明)23 种行道树综合评价及分级排序表

Table 1 Comprehensive evaluation and classification of 23 street trees roadside for the northern-subtropical climate (in Kunming City)

树种	综合指数	分级	树种	综合指数	分级
滇朴 <i>Celtis kunmingensis</i>	0.933 4	I	麻栗坡含笑 <i>Michelia chartacea</i>	0.850 0	I
云南拟单性木兰 <i>Parakmeria yunnanensis</i>	0.916 7	I	长梗润楠 <i>Phoebe zhennan</i>	0.833 4	II
香叶树 <i>Lindera communis</i>	0.916 7	I	翠柏 <i>Calocedrus macroleips</i>	0.833 4	II
云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i>	0.908 4	I	灯台树 <i>Cornus controversa</i>	0.800 0	II
川滇三角枫 <i>Acer paxii</i>	0.900 0	I	毛果含笑 <i>Michelia sphaerantha</i>	0.783 5	II
球花石楠 <i>Photinia glomerata</i>	0.883 4	I	水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i>	0.783 4	II
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	0.883 4	I	虎皮楠 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	0.783 4	II
头状四照花 <i>Dendrobenthamia capitata</i>	0.883 4	I	红花木莲 <i>Manglietia insignis</i>	0.783 3	II
冬樱花 <i>Cerasus cerasoides</i>	0.883 4	I	南亚含笑 <i>Michelia doltsoa</i>	0.766 7	II
高大含笑 <i>Michelia gigantea</i>	0.875 0	I	杜英 <i>Elaeocarpus decipien</i>	0.750 0	II
山玉兰 <i>Magnolia delawayi</i>	0.866 7	I	白克木 <i>Exbucklandia populnea</i>	0.675 0	III
滇润楠 <i>Machilus yunnanensis</i>	0.850 0	I			

表 2 温带气候类型(丽江)10 种行道树综合评价及分级排序表

Table 2 Comprehensive evaluation and classification of 10 street trees for the temperate climate (in Lijiang City)

树种	综合指数	分级	树种	综合指数	分级
脉瓣卫矛 <i>Euonymus tingens</i>	0.966 7	I	五角枫 <i>Acer mono</i>	0.900 9	I
云南樟 <i>Cinnamomum glanduliferum</i>	0.933 4	I	杜英 <i>Elaeocarpus decipien</i>	0.700 1	III
滇朴 <i>Celtis kunmingensis</i>	0.933 4	I	青皮槭 <i>Acer davidii</i>	0.691 6	III
球花石楠 <i>Photinia glomerata</i>	0.916 7	I	云南红豆杉 <i>Taxus yunnanensis</i>	0.683 3	III
山玉兰 <i>Magnolia delawayi</i>	0.900 0	I	丽江云杉 <i>Picea likiangensis</i>	0.633 3	IV

表 3 南亚热带气候类型(思茅)18 种行道树综合评价及分级排序表

Table 3 Comprehensive evaluation and classification of 18 street trees for the southern-subtropical climate (in Simao City)

树种	综合指数	分级	树种	综合指数	分级
菠萝蜜 <i>Artocarpus heterophyllus</i>	0.983 3	I	大花紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i>	0.866 8	I
云南拟单性木兰 <i>Parakmeria yunnanensis</i>	0.941 7	I	灯台树 <i>Alstonia scholaris</i>	0.866 8	I
柳叶榕 <i>Ficus irregularis</i>	0.933 4	I	黄樟 <i>Cinnamomum parthenoxylum</i>	0.850 1	I
异株木犀榄 <i>Olea dioica</i>	0.933 4	I	天竺桂 <i>Cinnamomum tenuifolium</i>	0.816 7	II
红花荷 <i>Rhodoleia championii</i>	0.916 7	I	白克木 <i>Exbucklandia populnea</i>	0.808 4	II
红花羊蹄甲 <i>Bauhinia purpurea</i>	0.891 7	I	凤凰木 <i>Delonix regia</i>	0.691 6	III
竹柏 <i>Podocarpus nagi</i>	0.883 3	I	红花木莲 <i>Manglietia insignis</i>	0.666 7	III
麻栗坡含笑 <i>Michelia chartacea</i>	0.883 3	I	球花石楠 <i>Photinia glomerata</i>	0.650 1	III
咕山含笑 <i>Michelia gushanensis</i>	0.875 0	I	鸡毛松 <i>Podocarpus imbricatus</i>	0.575 0	IV

### 3 讨论

城市植物的生存条件迥异于自然野地。通过对树种街道栽培观测及树种早期抗性测定的原始材料的研究分析,结合观赏特性及生态功能进行综合评价和分级是行道树选择及应用的基础和关键环节。树种的评价选择缺乏统一的指标及指标权重,通过园林专家咨询评判得出的指标及权重,较为客观地反映了各指标的重要程度,这与云南独特自然气候条件、行道树的标准和当前对绿化树种改善城市生态环境的要求是相吻合的。同时,不同气候类型行道树综合评价及分级排序结果,与树种在城市环境的生长表现是一致的。云南乡土树种具有较强的观赏价值和生态功能,生态适应性因城市气候类型而具有选择性,这与云南省的气候特点相关。云南乡土树种作为行道树利用,其空气湿度是主要限制因子,而引种驯化是基础,干型培养是重点。

**致谢:** 西南林业大学的董文渊教授,李根前教授,赵林森教授;云南省林业科学院的陈强研究员,孟广涛研究员,张劲峰研究员,戴益源高级工程师;昆明市园林科研所的刘克胜高级工程师等,对行道树评价过程的咨询评判给予大力支持。一并致谢!

#### 参考文献:

- [1] 鲁敏,姜凤岐,李英杰. 沈阳城市绿化生态工程树种综合评价分级选择[J]. 应用生态学报, 2004, **15** (7): 1153 - 1156.
- [2] LU Min, JIANG Fengqi, LI Yingjie. Comprehensive evaluation and selection of urban eco-engineering virescent trees in Shenyang City [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15** (7): 1153 - 1156.
- [3] 王宇. 云南省农业气候资源及区划[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [4] 徐永椿. 云南树木图志[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1991.
- [5] 孙维帮. 乡土植物与现代城市园林景观设计[J]. 中国园林, 2003, **23** (7): 63 - 65.

- SUN Weibang. Importance of indigenous plants in their application to the modern urban landscape architecture [J]. *J Chin Landscape Arch*, 2003, **2** (7): 63 – 65.
- [5] 何蓉, 张学星, 施莹, 等. 几种城市绿化树种叶片中铅砷铬镉汞元素的含量特征[J]. 西部林业科学, 2005, **34** (3): 11 – 24.
- HE Rong, ZHANG Xuexing, SHI Ying, *et al.* Contents of Pb, As, Cr, Cd and Hg in leaves of sixteen urban tree species [J]. *J West China For Sci*, 2005, **34** (3): 11 – 24.
- [6] 张学星, 何蓉, 施莹, 等. 云南 13 种乡土绿化树种对 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 气体的反应的研究[J]. 西部林业科学, 2005, **34** (4): 41 – 46.
- ZHANG Xuexing, HE Rong, SHI Ying, *et al.* Study on the reaction of 13 indigenous tree species for greening in Yunnan to SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> [J]. *J West China For Sci*, 2005, **34** (4): 41 – 46.
- [7] 何蓉, 张学星, 施莹, 等. 16 种城市绿化树种叶片中铁锰铜锌元素的含量特征[J]. 西部林业科学, 2006, **35** (1): 23 – 35.
- HE Rong, ZHANG Xuexing, SHI Ying, *et al.* Contents of iron, manganese, copper and zinc in leaves of sixteen urban species [J]. *J West China For Sci*, 2006, **35** (1): 23 – 35.
- [8] 何蓉, 张学星, 施莹, 等. 绿化树种叶片中硫元素的含量特征[J]. 云南环境科学, 2006, **25** (2): 6 – 9.
- HE Rong, ZHANG Xuexing, SHI Ying, *et al.* Content characteristics of sulfur in greening tree species [J]. *Yunnan Environ Sci*, 2006, **25** (2): 6 – 9.
- [9] 张学星, 何蓉, 施莹, 等. 云南乡土绿化树种对 HCl 和 HF 气体的反应[J]. 西北林学院学报, 2006, **21** (5): 47 – 51.
- ZHANG Xuexing, HE Rong, SHI Ying, *et al.* Absorption and purification of native ornamental trees in Yunnan to HCl and HF pollution [J]. *J Northwestern For Univ*, 2006, **21** (5): 47 – 51.
- [10] 张学星, 刘云彩, 施莹, 等. 脉瓣卫矛植物学特性及其在城市绿化中应用研究[J]. 西部林业科学, 2006, **36** (4): 41 – 46.
- ZHANG Xuexing, LIU Yuncai, SHI Ying, *et al.* A study on urban greening adaptability of *Euonymus tingenis* [J]. *J West China For Sci*, 2006, **36** (4): 41 – 46.