

汉中市中心城区常绿行道树综合评价

罗贵斌

(汉中职业技术学院,陕西 汉中 723000)

摘要:以汉中市中心城区的主要常绿行道树为研究对象,选取形态、功能、抗性和管理指标中的14项评价因子,构建行道树的综合评价层次指标体系,运用层次分析法(AHP)对各层次因素进行权重计算,建立行道树的多级模糊数学评价模型,对香樟、女贞、乐昌含笑、杜英、广玉兰、桂花和楠木7种常绿行道树进行综合评价。结果表明,评价为优、良的树种分别为香樟、女贞,评价一般的树种为乐昌含笑、杜英,评价为差的树种为广玉兰、桂花和楠木。建议汉中市中心城区常绿行道树栽植应以香樟、女贞为主;对乐昌含笑、杜英、广玉兰、桂花和楠木等评价一般和较差的树种,应根据其形态和抗性等特点选择适宜的绿地环境进行布置。

关键词:汉中市;常绿行道树;AHP;模糊评价

中图分类号:S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)02-0302-07

Comprehensive Evaluation of the Evergreen Street Trees Planted in the Downtown of Hanzhong City

LUO Gui-bin

(Hanzhong Vocational and Technical College, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

Abstract:Forteen factors covering indicators of tree shape, function, resistance and management were applied to set up comprehensive fuzzy assessment mode based on analytic hierarchy process (AHP), which was applied to evaluate seven kinds of evergreen street trees in the downtown of Hanzhong, such as *Cinnamomum camphora*, *Ligustrum lucidum*, *Michelia chapensis*, *Elaeocarpus decipiens*, *Magnolia grandiflora*, *Osmanthus fragrans* and *Phoebe zhennan*. The results showed *C. camphora* was the best species, followed by *L. lucidum*, *M. chapensis* and *E. decipiens* performed moderately whereas *M. grandiflora*, *O. fragrans* and *P. zhennan* performed the worst. *C. camphora* and *L. lucidum*, therefore, were highly recommended as the candidate species of street trees applied in the downtown of Hanzhong, while the other trees species performed moderately or the worst like *M. chapensis*, *E. decipiens*, *M. grandiflora*, *O. fragrans* and *P. zhennan* should be applied to the suitable site according to their morphology and property of resistance.

Key words: Hanzhong; evergreen street tree; AHP; fuzzy evaluation

汉中市中心城区城市道路绿化中,常绿植物的应用是城市的一大特色,特别是常绿行道树布置已成为建设宜居生态型城市的一项重要工程。按照汉中市的城市道路绿地规划,在行道树的选择中,除了传统的悬铃木和银杏等部分落叶树种外,主要应用了香樟、女贞、桂花、广玉兰等常绿树种。近几年,随

着城市道路建设步伐的加快,又陆续引种了杜英和乐昌含笑作为行道树在市区的部分路段进行种植。这些常绿行道树为汉中城市道路景观特色的形成奠定了一定的基础,但这些树种的观赏性、使用功能和生态适应性等方面在城市道路中的表现还存在很大差异^[1-2],有的甚至没有发挥出行道树应有的功能。

为了在道路绿地建设中选择适应当地环境特点和功能要求的最佳树种,很多学者开展了行道树应用的综合评价研究,如游惠明^[1]等对福州市的行道树进行了综合评价与分级选择,张佳佳^[3]等对贵阳市的行道树用层次分析法进行了选择评价,沈大刚^[4]对安康市中心城区行道树进行了综合评价,周景斌^[5]等对杨凌主城区行道树综合性能进行了评价研究等,而汉中市城市行道树的综合评价研究还未见报道,为此,根据行道树的相关选择标准^[6],结合汉中市中心城区的城市生态环境特点,运用层次分析法(AHP)^[7,9-12]和模糊综合评价法^[7-8,13]对中心城区栽植的几种常绿行道树进行综合评价,从而为道路绿地建设中行道树的应用提供选择依据。

1 研究区概况

汉中市中心城区地处汉中盆地中央,位于 107°02'E、33°04'N,属北亚热带气候,年均气温 14.5℃,1 月平均气温 2.4℃,极端最低气温-10.1℃,7 月平均气温 25.7℃,极端最高气温 38℃,年均无霜期

234 d,年平均日照时数 1 478.4 h,年降水量 800~1 000 mm,土壤类型主要为棕壤及黄棕壤,土壤 pH 6.52~6.93。汉中的气候和土壤条件适合多种植物的生长,一些原产亚热带中南部地区的植物,也能在这里生长。樟科、木兰科、茶科、木犀科及芸香科等中的很多常绿植物不仅能在该区域正常生长,而且有些已成为该区域的主要绿化树种和农林业的重要产业资源。

2 研究方法

2.1 评价树种

通过对汉中市中心城区所有道路行道树的应用分布现状调查,中心城区主要有行道树 11 种,隶属 7 科 11 属(表 1)。这些行道树中除悬铃木、银杏和栎树等落叶树木外,其余有 4 科 7 属都是常绿树种,分别是香樟、女贞、桂花、广玉兰、杜英、乐昌含笑和楠木。本研究以这 7 种常绿树种为评价对象,所选树种树龄均为 15 a 以上(含移栽部分大树)。

表 1 汉中市中心城区行道树种类调查情况
Table 1 Information for the street trees in the center of Hanzhong city

树种	科	分布路段	栽植方式	树龄/a
悬铃木(<i>Platanus orientalis</i>)	悬铃木科	北团结街、中山街、人民路等	大苗栽植	>20
银杏(<i>Ginkgo biloba</i>)	银杏科	兴汉路、天汉大道、滨江路等	大苗栽植及大树移栽	>15
栎树(<i>koelreuteria paniculata</i>)	无患子科	朝阳路、青龙路等	大树移栽	>15
槐树(<i>Sophora japonica</i>)	豆科	东塔北路、滨江路西段	大苗栽植及大树移栽	>15
香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)	樟科	莲湖路、风景路、南团结街、北大街、滨江路、兴汉路(中段)、西环路等	大苗栽植及大树移栽	>20
女贞(<i>Ligustrum lucidum</i>)	木犀科	天汉大道(中段)、朝阳北路、北一环路等	大苗栽植及大树移栽	>15
乐昌含笑(<i>Michelia chapensis</i>)	木兰科	兴汉路(东段)、中学巷等	大树移栽	>15
杜英(<i>Elaeocarpus sylvestris</i>)	杜英科	天台路、汉中东高速出入口段等	大树移栽	>20
广玉兰(<i>Magnolia grandiflora</i>)	木兰科	东大街、虎桥路等	大苗栽植及大树移栽	>20
桂花(<i>Osmanthus fragrans</i>)	木犀科	民主街、五一路、天汉大道(中段)等	大苗栽植及大树移栽	>20
楠木(<i>Phoebe zhennan</i>)	樟科	朝阳路(中段)	大苗栽植	>20

2.2 评价方法

由于行道树在形态和功能等方面的复杂性和多样性,树种在一个环境中的优劣程度很难具体量化,在研究过程中通过对各种评价方法的比较选择,采用模糊综合评价法结合层次分析法(AHP)进行评价。层次分析法主要用以确定各指标因子的权重^[11-12],这一定量与定性相结合的方法能较好地避免一般估测法在权重因子计算中的主观随意性,在权重确定的基础上,运用模糊数学原理,建立模糊综合评价模型,构建每个树种的单因素评判矩阵,并结合权重进行综合评价,最后按照最大隶属度原则,确定出每个树种的优劣等级^[6,13]。

2.2.1 建立评价层次指标体系 根据行道树的功

能要求及不同树种的形态特征和生态习性,结合具体城市环境的自然生态条件,在调查研究的基础上,参照游惠明^[1]、刘杰^[10-12]等的研究成果,借鉴李丹^[14]等对人工林生境评价指标体系建立的方法,确定出常绿行道树评价的指标体系层次结构。按照层次分析法的原理,目标层为常绿行道树综合评价(记为 *T* 层);城市环境中的行道树主要考虑其满足特定的功能、观赏性、抗逆性和耐修剪性等方面的要求,因此,准则层确定为行道树的形态指标、功能指标、抗性指标和管理指标^[3,10,12,15-16](记为 *I* 层),该层也为模糊评价中的一级因素层;在准则层中,分别选择了树形、树干、枝叶和冠幅 4 项形态指标因子。根据环境行为学理论^[17],功能指标主要选择了遮荫

效果和观赏特性 2 项因子,受时间和试验条件等因素的限制,树种的固氮释氧、滞尘能力等需要具体测定的因子未被采纳。在树种的抗性方面根据城市环境特点和树种的生态习性,选择了耐瘠薄、对当地土壤质地及 pH 的适应性、抗寒和抗病虫 4 项指标因子。管理指标中选择了耐修剪性、落叶及落果特性、苗木繁育和移植成活率 4 项因子,把这些因子确定为指标因子层(记为 P 层),同时,该层也作为模糊评价中的二级因素层。各指标因子构成评价层次指标体系(表 2)。

表 2 常绿行道树评价层次指标体系

Table 2 Hierarchic factor system for evergreen street tree evaluation		
目标层 (T 层)	准则层 (一级因素层/ I 层)	指标因子层 (二级因素层/ P 层)
常绿行道树综合评价	形态指标(I_1)	树形(P_1)
		树干(P_2)
		枝叶(P_3)
		冠幅(P_4)
	功能指标(I_2)	遮荫效果(P_5)
		观赏性(P_6)
	抗性指标(I_3)	耐瘠薄性(P_7)
		耐寒性(P_8)
		土壤适应性(P_9)
	管理指标(I_4)	抗病虫性(P_{10})
		耐修剪性(P_{11})
		落叶落果(P_{12})
		苗木繁育(P_{13})
		移植成活率(P_{14})

2.2.2 确定各层次因素的权重 运用层次分析法原理确定各层次因素的权重^[7],构建如下所示的准则层对目标层和指标因子层分别对应的准则层的判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n\times n}$ 。

A	A_1	A_2	...	A_i
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1i}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2i}
...
A_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ii}

判断矩阵中, a_{ij} 表示每一层次所属因素进行两两比较时 a_i 相对于 a_j 的重要程度, a_{ij} 的量化标准,按照 Saaty 1~9 比率标度取值(表 3),并结合专家咨询法进行确定。对判断矩阵 A 的每一列归一化,得到判断矩阵 $B=(b_{ij})_{n\times n}$,用公式 $w_i=\sum_{j=1}^nb_{ij},i=1,2,\cdots,n$ 。其中, $b_{ij}=a_{ij}/\sum_{k=1}^na_{kj},i,j=1,2,\cdots,n$ 。计算出 w_i ,对 w_i 归一化后即得出判断矩阵的权重向量,求出最大特征值 $\lambda_{\max},\lambda_{\max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{(AW)_i}{w_i}$,其中

$(AW)_i$ 表示 AW 的第 i 个分量,计算一致性比率 $C_R,C_R=C_I/R_I$,其中, $C_I=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1},R_I$ 为平均一致性指标^[3](当 $n=3$ 时, R_I 为 0.58, $n=4$ 时, R_I 为 0.90),并进行一致性检验,从而确定出各层次因素的权重(表 4)。

表 3 Saaty 的 1~9 比率标度定义
Table 3 Saaty's ratio scale definition

判断术语	术语释义	量化标度
同等重要	a_i 和 a_j 同样重要	1
较为重要	a_i 比 a_j 较为重要	3
明显重要	a_i 比 a_j 更加重要	5
相当重要	a_i 比 a_j 重要的多	7
绝对重要	a_i 比 a_j 绝对重要	9
相邻标度的中间值		2,4,6,8

2.2.3 建立模糊评价模型和模糊综合评价 采用模糊多级综合评价模型对各树种进行综合评价。设一级因素集 $U=\{I_1,I_2,I_3,I_4\}$,二级因素集 $U_1=\{P_1,P_2,P_3,P_4\},U_2=\{P_5,P_6\},\cdots,U_4=\{P_{11},P_{12},P_{13},P_{14}\}$;评判集 $V=\{\text{优,良,一般,差}\}$,在广泛征求专家意见的基础上,制定如表 5 所列的评判集具体标准。对各树种具体评价步骤如下。

2.2.3.1 调查评价数据 按照二级因素层各因素设计问卷调查表,邀请了 7 名园林树木方面的专家对各树种按其评价因素所属程度的优、良、一般、差 4 个等级进行打分评定,然后统计各因素不同等级的调查结果(表 6),以此作为各树种评价的数据来源。

2.2.3.2 建立单因素评判矩阵及运算 对表 6 中各树种的统计数据进行归一化处理,

令
$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^4x_{ij}}(i=1,2,\cdots,k,j=1,2,\cdots,4)$$

建立每个树种的二级因素单因素评判矩阵 $R_i=(r_{ij})_{k\times 4},k$ 为二级因素个数,结合二级因素权重值 $A_i(i=1,2,\cdots,14)$,采用加权平均模型 $M(\cdot, +)$,计算得出关于一级因素的综合评价结果 $b_j=\sum_{i=1}^kA_i\cdot r_{ij}(j=1,2,\cdots,4)$ 。

2.2.3.3 综合评价 将 b_j 构成总的单因素评判矩

阵
$$R=\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$
,再用模型 $M(\cdot, +)$,结合一级因素的

权重系数 $A_i(i=1,2,\cdots,4)$ 进行计算,得出各树种综合评价集 $B=(A_i\cdot R)$,最后根据最大隶属度原则得出树种的评价结果。

表 4 判断矩阵及各层次因素权重值

Table 4 The judgment matrix and the weight of hierarchic factors in evaluation

层次模型	判 断 矩 阵					权重值	λ_{\max}	$C_R<0.1$
$T-I$	I_1	I_1	I_2	I_3	I_4			
	I_1	1	1/3	1/2	3	0.186	4.09	0.03
	I_2	3	1	2	4	0.457		
	I_3	2	1/2	1	3	0.271		
	I_4	1/3	1/4	1/3	1	0.087		
I_1-P_{1-4}	I_1	P_1	P_2	P_3	P_4			
	P_1					0.085	4.043	0.016
	P_2					0.258		
	P_3	P_4				0.134		
I_3-P_{5-6}	P_4					0.523		
	I_2	P_1	P_6					
	P_5	1	2			0.667	2	0
I_3-P_{7-10}	P_6	1/2	1			0.333		
		P_7	P_8	P_9	P_{10}			
	P_7	1	1/5	1/3	2	0.115	4.056	0.021
	P_8	5	1	3	6	0.564		
	P_9	3	1/3	1	3	0.244		
I_4-P_{11-14}	P_{10}	1/2	1/6	1/3	1	0.076		
	I_4	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}			
	P_{11}	1	1/3	2	3	0.23	4.036	0.013
	P_{12}	3	1	5	5	0.564		
	P_{13}	1/2	1/5	1	1	0.107		
	P_{14}	1/3	1/5	1	1	0.099		

表 5 各指标因子评价标准

Table 5 Standard for each evaluation index

评价因子	优	良	一般	差
树形	圆球形或倒卵形树形	卵圆形或阔圆锥形树形	半球形或伞形树形	树形松散
树干	树干高直	树干较高而直	树干较高,略有弯曲	树干矮,干有弯曲
枝叶	分枝多且以粗大枝为主,叶片浓密	分枝多,大枝较少,叶片浓密	分枝较多,大枝少,叶片较浓密	分枝较少,大枝少,叶片较疏散
冠幅	>10 m	8~10 m	5~8 m	<5 m
遮荫效果	冠大,冠层厚,夏季树冠下阴凉感强	冠较大,冠层较厚,夏季树冠下阴凉感较强	冠较大,冠层薄,夏季树冠下阴凉感一般	冠较小,冠层薄,夏季树冠下阴凉感差
观赏性	树形优美,或花果叶某方面具有独特观赏价值	树形较好,或花果叶某方面有较高观赏价值	树形一般,花果叶某方面有一定观赏价值	树形较差,花果叶观赏价值不高
耐瘠薄性	贫瘠土壤中正常生长	贫瘠土壤中生长较好	贫瘠土壤中长势一般	贫瘠土壤中长势较差
耐寒性	无冻害发生	特殊年份当年生秋梢受冻害	冬季少量枝梢发生冻害	冬季树体大部分枝梢发生冻害
土壤适应性	在当地土壤质地、pH 值条件下正常生长	能较好地适应当地土壤质地、pH 值条件	在当地土壤条件下生长一般	在当地土壤条件下生长较差
抗病虫性	无病虫害,树木生长健康	有病虫害,但树木仍能正常生长	病虫害发生后,树木长势受到影响	病虫害发生后,树木生长严重受损
耐修剪性	枝干锯截后萌芽力强,伤口愈合快	枝干锯截后萌芽力较强,伤口愈合快	枝干锯截后萌芽力一般,伤口愈合慢	枝干锯截后萌芽力弱,伤口愈合慢
落叶落果	新叶生长期,老叶无明显脱落;结实少,落果对环境无污染	新叶生长期,老叶有少量脱落,落叶期短;有一定结实量,落果对环境污染小	新叶生长期,老叶部分脱落,落叶期短;有一定结实量,落果对环境有污染	新叶生长期,老叶部分脱落,落叶期较长;有一定结实量,落果对环境污染较大
苗木繁育	易在当地用种子或无性繁殖法培育苗木	较易用种子或无性繁殖法培育苗木	繁育苗木有一定难度	苗木繁育难度大
移植成活率	成活率>90%	成活率 80%~90%	成活率 70%~80%	成活率<70%

表 6 汉中中心城区常绿行道树评价调查结果

Table 6 The judgment result of the evergreen trees in the downtown of Hanzhong

树种	评判结果	评价指标													
		树形	树干	枝叶	冠幅	遮荫效果	观赏性	耐瘠薄性	耐寒性	土壤适应性	抗病虫性	耐修剪性	落叶落果	苗木繁育	移植成活率
香樟	优	3	2	5	3	5	3	1	2	2	4	5	0	6	4
	良	3	4	2	4	2	3	2	4	4	3	2	2	1	3
	一般	1	1	0	0	0	1	3	1	1	0	0	3	0	0
	差	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
女贞	优	2	0	3	2	2	1	3	4	4	3	0	5	5	4
	良	3	1	3	3	3	4	3	3	2	2	1	2	2	3
	一般	2	3	1	1	2	1	1	0	1	1	2	0	0	0
	差	0	3	0	1	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0
乐昌含笑	优	2	3	1	1	1	2	1	4	0	3	0	4	2	0
	良	3	2	3	1	2	2	2	2	3	2	1	2	3	2
	一般	1	2	2	3	3	3	3	1	2	2	3	1	2	2
	差	1	0	1	2	1	0	1	0	2	0	3	0	0	3
杜英	优	1	2	1	0	0	2	2	5	3	1	1	1	3	2
	良	2	3	2	1	1	3	2	2	3	3	1	2	4	3
	一般	3	1	3	2	3	2	3	0	1	1	3	3	0	2
	差	1	1	1	4	3	0	0	0	0	2	2	1	0	0
广玉兰	优	1	1	2	0	0	2	0	6	1	5	2	0	2	1
	良	2	1	3	2	1	3	1	1	3	2	3	2	3	1
	一般	3	4	2	2	2	2	2	0	2	0	2	1	2	2
	差	1	1	0	3	4	0	4	0	1	0	0	4	0	3
桂花	优	4	0	5	0	0	5	0	3	5	1	0	3	4	1
	良	2	1	2	1	1	2	2	3	2	3	1	4	3	4
	一般	1	2	0	1	2	0	3	1	0	2	2	0	0	2
	差	0	4	0	5	4	0	2	0	0	1	4	0	0	0
楠木	优	1	2	0	0	0	0	1	3	2	4	0	4	0	0
	良	2	3	2	1	0	2	3	3	3	2	1	2	3	1
	一般	3	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	1	4	2
	差	1	0	3	4	5	3	1	0	1	1	4	0	0	4

3 结果与分析

3.1 评价结果

以桂花评价为例,对表 6 中的统计数据进行归一化处理,构建二级因素 R_1 的评判矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.571 & 0.286 & 0.143 & 0 \\ 0 & 0.143 & 0.286 & 0.571 \\ 0.714 & 0.286 & 0 & 0 \\ 0 & 0.143 & 0.143 & 0.714 \end{bmatrix}$$

结合二级因素的权重系数,计算得出关于一级因素形态指标的评价结果 $b_1 = (0.145, 0.174, 0.161, 0.52)$,同样的方法可得到桂花的 $b_2 = (0.238, 0.19, 0.191, 0.381)$, $b_3 = (0.427, 0.378, 0.152, 0.044)$, $b_4 = (0.317, 0.458, 0.094, 0.131)$ 。将一级因素 b_1, b_2, b_3, b_4 的评价结果构成总的单因素评判矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} 0.145 & 0.174 & 0.161 & 0.52 \\ 0.238 & 0.19 & 0.191 & 0.381 \\ 0.427 & 0.378 & 0.152 & 0.044 \\ 0.317 & 0.458 & 0.094 & 0.131 \end{bmatrix}$$

再结合一级因素的权重 $A_i = (0.186, 0.457, 0.271, 0.087)$,运用加权平均模型 $M(\cdot, +)$,最后得出桂花的综合评价结果集 $(0.28, 0.261, 0.166, 0.294)$ 。

按照上述方法可计算出其它各树种的综合评价结果集分别是:香樟 $(0.469, 0.418, 0.097, 0.014)$,女贞 $(0.346, 0.411, 0.175, 0.071)$,乐昌含笑 $(0.261, 0.286, 0.342, 0.112)$,杜英 $(0.229, 0.271, 0.284, 0.218)$,广玉兰 $(0.224, 0.248, 0.246, 0.284)$,楠木 $(0.145, 0.224, 0.243, 0.389)$ 。根据最大隶属度原则,得出各树种综合评价的优劣等级(表 7)。

表 7 表明,汉中中心城区的常绿行道树在优、良、一般和差 4 个等级中均有分布。按最大隶属原则,香樟综合评价为优 (0.469) ,女贞为良 (0.411) ,评价一般的树种为乐昌含笑 (0.342) 、杜英 (0.284) ,评价差的树种有广玉兰 (0.284) 、桂花 (0.294) 和楠木 (0.389) 。

3.2 评价分析

香樟树体高大,枝叶浓密,冠大荫浓,树姿雄伟。香樟喜光,稍耐荫,喜温暖湿润的气候;对土壤要求

表 7 汉市中心城区常绿行道树综合评价结果

Table 7 Evaluation result of evergreen street trees in the downtown of Hanzhong

树种名称	优	良	一般	差	最大隶属划分
香樟(<i>C. camphora</i>)	0.469	0.418	0.097	0.014	优
女贞(<i>L. lucidum</i>)	0.346	0.411	0.175	0.071	良
乐昌含笑(<i>M. chapensis</i>)	0.261	0.286	0.342	0.112	一般
杜英(<i>E. sylvestris</i>)	0.229	0.271	0.284	0.218	一般
广玉兰(<i>M. grandiflora</i>)	0.224	0.248	0.246	0.284	差
桂花(<i>O. fragrans</i>)	0.28	0.261	0.166	0.294	差
楠木(<i>P. zhennan</i>)	0.145	0.224	0.243	0.389	差

不严,以深厚、肥沃、湿润的微酸性粘质土最好;较耐水湿,不耐干旱和瘠薄,抗病虫,萌芽力强,耐修剪;生长速度中等偏慢,寿命长^[2]。该树种在汉中中心城区作行道树栽培已有 20 多 a 的历史,汉中的气候和土壤环境条件较为适合香樟的生长,调查发现香樟在中心城区表现出良好的生长势和适应性,移栽成活率高,种苗繁殖容易,尤其是它具有良好的遮荫功能,卵圆形树冠又能美化街景,这些优良的习性特点,也体现在表 6 的专家评价调查表中。因此,香樟评价为优的结果与实际较为一致。

女贞在汉中属于乡土树种,该树种树体较高大,枝叶茂密,终年常绿。女贞性喜光,稍耐荫,喜温暖,较耐寒;适生于微酸至微碱性的湿润土壤,不耐瘠薄;萌芽力强,耐修剪^[2]。该树种在汉中城市环境中的适应性强,长势良好。种苗繁殖容易,移植成活率高,管理成本低。但该树种冠幅较小,分枝点低,干形较差,长势弱时易受虫害。这些树形和抗性方面的不足,必然影响评价的结果。因此,女贞评价为良的结果与该树种在当地调查的实际状况较为一致。

乐昌含笑干形挺拔,主干分枝较多,粗大枝较少,叶色苍翠,花香宜人,具有较高的观赏价值^[18]。该树种喜温暖湿润的气候,较耐寒;喜光性较强;在土层深厚、肥沃、湿润、排水良好的微酸性土壤中生长良好,不耐干旱瘠薄。该树种以大树移栽的方式引入汉中城区作行道树栽植,通过对该树种在城区中的生长表现调查,乐昌含笑大树移植成活率偏低,对土壤的适应性一般,修剪后萌芽力较弱,其作为行道树发挥的功能作用一般。杜英树形高大,枝叶茂密,霜后部分叶片变红,给绿色叶丛平添了色彩。杜英喜光,稍耐荫,喜温暖湿润的气候,耐寒性不强;适生于排水良好的酸性黄壤和红黄壤土;萌芽力强,耐修剪;生长速度中等偏快^[2]。该树种也是以大树移栽的方式引入汉中作行道树,但调查发现,杜英在城区环境中生长势较弱,没有发挥出行道树应有的功能作用。因此,综合评价一般的结果较为符合这 2 个树种的实际表现。

广玉兰干形明显,花大而香,为著名的观赏树

种。该树种喜光,亦耐荫;喜温暖湿润的气候,较耐寒;喜肥沃湿润而排水良好的沙壤土,在土壤干燥以及排水不良的粘性土和碱性土上生长不良^[2];萌芽力较强,耐修剪;种苗繁殖容易。通过对广玉兰行道树的调查,城市道路环境的立地条件常导致广玉兰生长势衰弱,作行道树栽植时,一般定干高度以上形成的树形冠幅较小,冠层较薄。这几方面的因素会影响该树种形态和功能指标的评价。桂花也为著名的观赏树种,具有很高的观赏价值,在适生区的庭院及园林环境中广为栽植。桂花性喜光,稍耐荫;喜温暖和通风良好的环境,耐寒性较强;喜湿润而排水良好的砂质壤土;萌芽力强,耐修剪。该树种在汉中有着悠久的栽培历史,但作行道树栽植仅有十余年的时间。在城区道路栽植的桂花行道树,由于干形较矮,定干高度达不到一般行道树的要求,加之冠幅小,遮荫效果差,因此,虽然它的观赏价值高,但按行道树的标准进行评价,其评价为差的结果是符合调查实际的。楠木树干高直,树形雄伟,分枝紧凑,叶片浓密。该树种喜温暖湿润的气候,以肥沃、湿润而排水良好的微酸性或中性土为宜;深根性,有较强的萌蘖力;生长速度缓慢,寿命长^[2]。通过对楠木行道树的综合调查发现,该树种大苗移植成活率不高,特别是在城市环境中生长速度极其缓慢,在汉中市朝阳市中段栽植的树龄 20 a 以上的行道树,冠幅都在 5 m 以下,对该树种综合评价时,在其形态、功能及管理指标因子等方面的评价打分都可能偏低,因此,模糊综合评价为差的结果也较符合该树种的实际。

4 结论与讨论

在用层次分析法确立评价因子权重的基础上,运用模糊多级综合评价模型对汉市中心城区常绿行道树进行综合评价,得出评价为优的树种有 1 种(香樟),占常绿行道树总数的 14.3%;评价为良的树种有 1 种(女贞),占 14.3%;评价为一般的树种有 2 种(杜英、乐昌含笑),占 28.6%;评价为差的树种有 3 种(广玉兰、桂花、楠木),占 42.9%。评价结果总体反映出汉市中心城区中常绿行道树优良种

类较少,一般和较差种类较多。

本次对各树种的评价结果与实际调查较为相符,说明本次研究中建立的评价层次指标体系及权重确定较为科学。但在评价因子中,适用于主观评判的定性因子较多,定量测定因子较少,这样的评价指标体系,可能会使评价的主观性成分加大,因此,实际评价操作中,要采取措施克服调查人员的主观随意性,以使评价更为客观真实。用层次分析法确定的各指标因子权重,较为明显地突出了行道树的功能指标(0.457),而行道树的功能作用在一定程度上又是树种的形态特征和生态环境适应性的综合表现。从实际调查的结果来看,这种以功能指标因子占主导的评价指标体系,能较为真实地反映出行道树的优劣等级,这是本次评价研究在前人研究基础上深入探讨的意义所在。

几种常绿树种优劣等级的评价是基于汉中特定的气候和城市道路环境立地条件,若城市立地条件发生变化,这些树种评价的优劣等级可能不同。本次评价中的乐昌含笑和杜英,这2个树种是以大树移栽的方式定植于城市道路中,栽植时进行了不同程度的修剪,加之对气候和土壤的适应性问题,使这2个树种表现出了较弱的生长势,影响了评价结果。如果用大苗在汉中城市环境中定植,使其自然生长形成大树,可能会使评价结果更为真实,这方面还需要进一步研究探讨。

参考文献：

[1] 游惠明,游秀花,陈笑玲,等.福州市行道树种综合评价与分级选择[J].中国城市林业,2009,7(1):15-17.
YOU H M,YOU X H,CHEN X L,*et al.* Integrated evaluation and selection of street tree species in Fuzhou City[J]. Journal of Chinese Urban Forestry,2009,7(1):15-17. (in Chinese)

[2] 陈有民.园林树木学[M].北京:中国林业出版社,2002.

[3] 张佳佳,白新祥,谢伟,等.层次分析法在贵阳市行道树选择评价中的应用[J].山地农业生物学报,2014,33(2):27-32.
ZHANG J J,BAI X X,XIE W,*et al.* The application of analytic hierarchy process on street tree selection and evaluation in Guiyang City[J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology,2014,33(2):27-32. (in Chinese)

[4] 沈大刚.安康市中心城区行道树综合评价研究[J].陕西农业科学,2011,(3):70-72.

[5] 周景斌,王彦平,何宾线.杨凌主城区行道树综合性能评价研究[J].陕西农业科学,2014,60(4):50-52,55.

[6] 赵建民.园林规划设计[M].北京:中国农业出版社,2010.

[7] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2013.

[8] 康永祥,陈亚萍,莫春雷.太白山国家森林公园综合功能数量评价[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(7):35-39.

KANG Y X,CHEN Y P,MO CH L. The fuzzy comprehensive evaluation on the function of Taipei Mountain National Forest Park [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry:Nat. Sci. Edi.,2005,33(7):35-39. (in Chinese)

[9] 张锁成,谷建才,王秀芳,等.基于AHP方法的高速公路中央分隔带绿化植物综合评价[J].西北林学院学报,2012,27(4):100-102.
ZHANG S CH,GU J C,WANG X F,*et al.* Evaluation of ureening plants in expressway divider based on AHP method[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(4):100-102. (in Chinese)

[10] 曾照霞,赵长江. AHP法在城市行道树综合评价筛选中的应用[J].园林科技信息,1996(1):31-36.

[11] 孙明,李萍,张启翔.基于层次分析法的地被菊品系综合评价研究[J].西北林学院学报,2011,26(3):177-181.
SUN M,LI P,ZHANG Q X. Comprehensive evaluation of the ground-cover *Chrysanthemum morifolium* cultivars by analytic hierarchy process (AHP) [J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(3):177-181. (in Chinese)

[12] 刘杰,杨恒友,孙双君.层次分析法在城镇行道树选择评价中的应用[J].安徽农业科学,2010,38(6):3257-3258.

[13] 徐敬林,王秉宇. AHP与模糊法相结合的公路景观评价研究[J].河北农业大学学报,2011(4):115-118.
XU J L,WANG B Y. Application of fuzzy/ AHP model in synthetic assessment of highway view[J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2011(4):115-118. (in Chinese)

[14] 李丹,戴魏,闫志刚,等.基于模糊层次分析法的落叶松人工林生境评价系统[J].北京林业大学学报,2014,36(4):75-81.
LI D,DAI W,YAN Z G,*et al.* Habitat evaluation system of larch plantation based on fuzzy analytic hierarchy[J]. Journal of Beijing Forestry University,2014,36(4):75-81. (in Chinese)

[15] 童丽丽.南京城市森林群落结构及优化模式研究[D].南京:南京林业大学,2007:152-154.

[16] 解迪,宋力.沈阳城市绿化树种综合评价指标体系研究[J].沈阳农业大学学报:社会科学版,2006,8(1):58-60.

[17] 胡正凡,林玉莲.环境心理学[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.

[18] 于雅鑫,胡希军,金晓玲.12种木兰科乔木的景观评价[J].西北林学院学报,2014,29(6):240-244.
YU Y X,HU X J,JIN X L. Plantscape evaluation of 12 *Magnoliaceae* trees[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(6):240-244. (in Chinese)

[19] 彭修强.基于AHP和模糊数学的滨海城市旅游生态环境评价——以青岛市为例[J].环境保护科学,2012,38(2):76-80.

[20] 魏艳君,宋力.城市滨河绿带景观模糊综合评价[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2014,33(4):569-572.
WEI Y J,SONG L. The fuzzy comprehensive evaluation of greenbelt landscape in urban riverfront[J]. Journal of Liaoning Technical University: Nat. Sci. Edi.,2014,33(4):569-572. (in Chinese)

[21] 张铁男,李晶蕾.对多级模糊综合评价方法的应用研究[J].哈尔滨工程大学学报,2002,23(3):132-135.
ZHANG T N,LI J L. Application of multi-step fuzzy comprehensive evaluation[J]. Journal of Harbin Engineering University,2002,23(3):132-135. (in Chinese)