

文章编号:1001-7380(2019)03-0034-05

基于层次分析法榉树无性系生长特性综合评价

董筱昀,黄利斌,蒋泽平,梁珍海,杨建军,邢 玮*

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

摘要:以10个榉树无性系为研究对象,基于层次分析法对不同榉树无性系的生长特性进行综合评价。结果表明:不同榉树无性系间树高、胸径、地径、胸径/地径、枝下高、分枝角度、叶面积等定量性状存在极显著或显著差异,无性系重复率为0.62—0.99。不同无性系间的干形、分枝浓密度、分枝均匀度、叶片浓密度、秋叶色彩等性状差异也很明显。综合考虑用材和观赏指标,通过构建4个层次12个指标的决策模型,对10个榉树无性系优劣筛选的综合排序结果为:冲天>4号>壮榉>无性系6号>5号>飞龙>绿花瓶>武野>8号>绿村。‘冲天’、4号和‘壮榉’综合性状排序位列前3位,是用材和观赏兼优品种。

关键词:榉树;无性系;品种;层次分析;生长特性;综合评价

中图分类号:S722.3⁺3;S792.99

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.03.008

现代林业强调造林绿化的多功能性,优良绿化树种、品种的选择是发挥森林多种功能的重要基础^[1]。近年来,江浙沪等地在城乡造林绿化中积极推广珍贵彩色树种,提出在营造丰富多彩的森林景观的同时要扩大珍贵木材资源的储备,为子孙后代留下一批宝贵的森林资产^[2]。榉树是榉属(*Zelkova* Spach)树种的统称,该属共有6种,我国自然分布大叶榉(*Z. schneideriana*)、光叶榉(*Z. serrata*,又称日本榉)和大果榉(*Z. sinica*,又称小叶榉)3种。榉树的树体高大,秋叶红色或橙色,秋叶变色早,变色期长,色彩较艳丽,是重要的秋色叶风景树种。榉树木材心材呈浅红色,俗称“红榉”、“血榉”,木材坚硬,花纹美丽,用途广泛,是制作高档家具、室内装饰等珍贵用材。在江浙地区,从明代开始榉木就作为民间高档家具的上等用材^[3]。榉树兼具用材、观赏、生态功能于一体,是江浙地区发展珍贵彩色树种造林的首先树种之一。目前,国内关于榉树的研究主要集中在育苗、造林以及种源选择等方面,有关榉树品种选育评价等方面的研究少见报道^[4-8]。层次分析法(AHP)是一种将定性指标与定量指标相结合的综合评价方法,可将人们的主观判断和定

性分析用数量形式表达,将复杂的问题逐步分解为若干层次进行分析,增强了判断的客观性、灵活性、准确性和实用性,已在林木品种选择评价中得到广泛应用^[9-10]。本文以10个榉树无性系为试验材料,分析比较了它们的生长和观赏性状特征,应用AHP进行了综合评价,以期对榉树优良用材观赏品种的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于江苏省扬州市江都区仙女镇江苏省林业科学研究院苗木中试基地。该区属于北亚热带季风性湿润气候区,年均气温14.9℃,极端最高气温39.1℃,极端最低气温-15.8℃,年均相对湿度79%,年降水量1020 mm,年蒸发量1425.2 mm,全年约60%—70%的降雨量集中在夏季,尤以梅雨季节降雨量最多,全年平均无霜期220 d,平均年日照时数2140.4 h,日照百分率48%。试验地属于苏中沿江平原农区,土壤为灰潮土,土壤pH值6.5—7.5,土壤有机质含量12.51—32.59 g/kg,土壤肥力总体上处于平原耕地的中等水平。

收稿日期:2019-05-28;修回日期:2019-06-10

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“优质用材树种良种选育及配套栽培技术”(CX(16)1005-3);江苏省第五期“333工程”科研资助项目“榉树菌根真菌人工侵染提升生产力技术研究”(BRA2016482);江苏省科技支撑(现代农业)项目“榉树和榔榆优质用材新品种选育”(BE2017386);中央财政林业科技推广项目“榉树优良无性系繁殖技术集成示范与推广”(苏[2018]TG07)

作者简介:董筱昀(1983-),女,河南正阳人,硕士。主要研究方向:林木良种培育。

* **通信作者:**邢玮(1981-),女,河北省高邑县人,副研究员,博士研究生。主要研究方向:森林生态学。

1.2 试验材料与设计

参试榉树无性系 10 个。其中,江苏省林业科学研究院选育的大叶榉无性系 6 个,包括‘冲天’‘壮榉’‘飞龙’和无性系 4 号、5 号、6 号,从美国引进光叶榉无性系 4 个,包括‘武野’‘绿花瓶’‘绿村’和无性系 8 号。参试的 10 个无性系均是 2015 年春季采用嫁接方法繁殖的无性系容器苗,砧木为大叶榉 1 年生实生苗,无纺布容器袋规格 30 cm(高)×15 cm(直径)。2016 年 3 月造林 1 000 m²,苗木定植株行距为 1.5 m×2.0 m,田间常规管理。按随机区组设计,10 个处理,每个小区 10 株,3 次重复,试验林保存率为 96.2%。

1.3 试验调查与性状测定

2017 年 11 月对试验林进行调查。树高、胸径、地径、枝下高、分枝角度、叶面积等定量性状采用每木调查法,分枝角度调查方法为每株在 3 个方向上选择有代表性的一级侧枝,测定分枝伸展方向与主干的夹角(主干不明显的估测与垂直方向的夹角),叶面积调查在每株树的不同方向上采集健康成熟叶片各 5 枚,利用 CI202 便携式叶面积测定仪(北京中仪科信科技有限公司出口)测定。定性性状采用现场目测法,每个无性系品种观测 10 个单株,按 3 级标准进行等级划分,并分别按 5 分、3 分和 1 分进行数字赋值。干形性状分为:通直、中等、弯曲;分枝浓密度分为:浓密、中等、稀疏;分枝均匀度指分枝在 4 个方向上的均称程度,分为:均匀、较均匀、偏冠;叶片浓密度分为:浓密、中等、稀疏;秋叶颜色性状分为:亮红或亮橙色、暗红或暗橙色、棕褐色。

1.4 层次分析方法

1.4.1 构建层次分析模型 进行层次分析决策时,首先要构造一个层次合理的结构模型。对于需要满足珍贵化、彩色化造林需求的榉树品种而言,其用材性状和观赏性状是主要考虑因素,用材性状的主要制约因素为生长量和形质指标,观赏性状的主要制约因素为树冠形态和叶色等指标。因此,为了对榉树无性系进行客观评价,构建 4 个层次 12 个指标的决策模型(见表 1)。

1.4.2 构造判断矩阵与一致性检验 根据层次分析法理论,一般采用 1—9 及其倒数的标度方法,对同一层的因素两两进行比较得出相对于上一层因素的相对重要性,构造判断矩阵。判断矩阵对应于最大特征值 λ_{max} 的特征向量,经归一化后即为同一层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的

表 1 榉树无性系品种综合评价的分层决策模型

目标层 A	准则层 B	准则层 C	指标层 D
榉树优良品种 A	用材性状 B1	生长指标 C1	树高 D1、胸径 D2、地径 D3
		形质指标 C2	胸径/地径 D4、枝下高 D5、干形 D6
	观赏性状 B2	冠形指标 C3	干形 D6、分枝角度 D7、分枝浓密度 D8、分枝均匀度 D9
		叶片指标 C4	秋叶颜色 D10、叶片浓密度 D11、叶面积 D12

排序权重。一致性指标 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$,其中 λ_{max} 为矩阵的最大特征根。随机一致性比率 $CR = CI/RI$, (RI 为平均随机一致性指标,可根据经验方程求得)。当 CR<0.10 时,认为层次单排序的一致性是可以接受的,否则应对判断矩阵作适当修正^[11]。

1.4.3 层次总排序及一致性检验 层次总排序是从上而下将单准则中的排序权重进行合并,计算最底层中各因素对于最高层目标相对重要性的排序权重值,从而进行方案选择。层次总排序一致性检验 CR<0.10,认为层次总排序的结果有满意的一致性。数据分析使用 DPS 17.10 数据处理软件完成^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同品种的性状差异

由表 2 可知,不同榉树无性系间各性状存在明显差异。经对定量性状进行方差分析,树高、胸径、地径、枝下高、胸径/地径、分枝角度、单叶面积等 7 个性状方差分析 F 值除枝下高为显著水平外,其余均达到极显著水平,各性状的重复率为 0.626—0.99,在较高遗传水平,说明通过榉树无性系选择可以获得较高的遗传增益。在供试的 10 个榉树无性系中,‘冲天’和 6 号的树高生长量最大,分别达 3.69 m 和 3.23 m,‘武野’和‘绿村’的树高生长量最小,仅为 2.03 m 和 2.18 m;胸径生长量最大的为‘冲天’和 4 号,分别达 3.59 cm 和 3.49 cm,生长量最小的也是‘武野’和‘绿村’,仅为 1.28 cm 和 1.64 cm;‘冲天’和无性系 6 号叶面积最大,分别为 33.85 cm²和 27.63 cm²,无性系 8 号和‘绿村’的叶面积较小,仅分别为 13.06 cm²和 13.45 cm²。从树冠的分枝角度看,‘武野’、6 号和‘绿花瓶’的分枝角度最小,而 8 号、4 号和‘绿村’的分枝角度较大;

从试验结果看出,大叶榉总体表现为叶面积较大,其生长量明显优于光叶榉,6 个大叶榉无性系的平均树高、胸径和地径分别为 2.87 m、2.98 cm 和 5.4 cm,分别比 4 个光叶榉无性系的平均树高、胸径和地径增加 44.25%、72.25%和 74.19%。

2.2 判断矩阵及一致性检验

通过专家咨询并结合生产实际调研,建立榉树无性系不同层次的判断矩阵及各层次排序权重和一致性检验结果,见表 3、4。在目标层(A)中,用材性状权重为 0.666 7,是观赏性状权重的 1 倍,因为用材性状中包含树高、胸径生长量等反映林木生长健康的基本指标。准则层用材性状(B1)和观赏性状(B2)中,生长量和叶片性状的权重较大,分别为 0.75 和 0.666 7,说明生长量和叶色是榉树无性系评价的重要指标。从观赏性而言,在冠形因子中,枝叶浓密一般认为是观赏性状优良的评价指标,但主干的通直或弯曲,分枝角度的大或小都是主要树形特点,具备特殊的观赏性,如榉树‘武野’这种分枝角度很小的柱状树形,一些专家认为是优良的观赏类型。但从生产实践来看,主干通直、树冠宽阔仍是榉树主流的观赏树形类型。因此本文中采用主干通直

度越好、分枝角度越大,其树形指标越优进行综合评估。同时,干形是否通直还是影响榉树用材林经营中出材率的重要形质指标,因此,干形指标在用材和观赏性状中都有较高的权重系数。据对判断矩阵进行一致性检验,其一致性比率 CR 均小于 0.10(见表 3),表明构建的矩阵满足层次分析法对一致性检验的要求。

2.3 榉树性状的综合评价

经过对各观测数据无量纲归一化处理后,得到不同榉树无性系的层次分析总排序及各指标的权重值见表 4。由表 4 可知,在 12 个观测指标中,树高的权重值最大,为 0.263 9,其次为胸径、干形和秋色叶指标,分别为 0.166 3、0.166 3 和 0.144 2,分枝角度、枝下高、分枝均匀度和叶面积 4 个指标所占权重值较小,仅为 0.006 3、0.012 0、0.013 6 和 0.016 0。根据综合得分值,10 个榉树无性系的优劣排序依次为冲天>4 号>壮榉>6 号>5 号>飞龙>绿花瓶>武野>8 号>绿村。其中,‘冲天’、4 号和‘壮榉’综合性状排序位列前 3 位,是用材和观赏兼优的无性系。而‘武野’‘绿花瓶’‘绿村’和 8 号这 4 个引种的光叶榉无性系的综合性状排序位于后 4 位,其生长和观赏性表现较差。

表 2 10 个榉树无性系品种的性状差异比较

无性系	树高/m	胸径/cm	地径/cm	胸径/地径	枝下高/m	干形	分枝角度/度	分枝密度	分枝均匀度	秋叶色	叶片密度	叶面积/cm ²
冲天	3.69 a	3.54 a	5.17 ab	0.68 a	0.91 a	5	41.00 bcd	3	5	3	5	33.85 a
壮榉	2.29 efg	2.93 abc	5.57 a	0.53 ab	0.63 ab	5	38.30 de	5	5	3	5	19.62 cd
飞龙	2.40 ef	1.83 bcd	4.65 ab	0.40 b	0.40 b	3	40.20 cd	3	3	5	3	20.87 c
4 号	2.86 c	3.49 a	5.32 ab	0.66 a	0.82 a	3	45.33 ab	5	5	5	3	15.05 de
5 号	2.73 cd	2.83 abc	5.48 a	0.52 ab	0.51 b	3	43.48 abc	5	5	3	3	19.10 cd
6 号	3.23 b	3.22 ab	6.20 a	0.52 ab	0.63 ab	3	37.17 de	5	5	3	3	27.63 b
武野	2.03 g	1.28 d	2.50 d	0.51 ab	0.88 a	5	35.10 e	5	5	3	3	19.52 cd
绿花瓶	2.30 ef	1.92 bcd	3.24 cd	0.59 ab	0.83 a	5	37.23 de	3	3	3	3	15.12 de
绿村	2.18 fg	1.64 cd	3.11 cd	0.53 ab	0.85 a	1	43.93 abc	1	1	1	1	13.45 e
8 号	2.53 de	2.09 abcd	3.55 bcd	0.59 ab	0.87 a	1	46.43 a	3	3	3	3	13.06 e
平均值	2.62	2.48	4.48	0.55	0.73		40.82					19.73
方差分析 F 值	94.99**	8.21**	11.75**	2.67*	8.80**		19.34**					49.34**
重复率	0.99	0.88	0.92	0.63	0.87		0.95					0.98

数字后字母为 Tukey 法多重比较结果,相同小写字母表示 0.05 水平上差异不显著,不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著;**表示显著性概率小于 0.01,*表示显著性概率小于 0.05

表 3 榉树无性系不同层次的判断矩阵及其
一致检验

层次模型	判断矩阵				权重	一致检验	
A—B	A	B1	B2				
	B1	1	2		0.666 7	$\lambda_{\max}=2.000\ 0, CI=0.000\ 0, RI=0.000\ 0, CR=0.000\ 0$	
	B2		1		0.333 3		
B1—C	B1	C1	C2				
	C1	1	3		0.750 0	$\lambda_{\max}=2.000\ 0, CI=0.000\ 0, RI=0.000\ 0, CR=0.000\ 0$	
	C2		1		0.250 0		
B2—C	B2	C3	C4				
	C3	1	1/2		0.333 3	$\lambda_{\max}=2.000\ 0, CI=0.000\ 0, RI=0.000\ 0, CR=0.000\ 0$	
	C4		1		0.666 7		
C1—D	C1	D1	D2	D3			
	D1	1	2	3	0.527 8	$\lambda_{\max}=3.053\ 6, CI=0.026\ 8, RI=0.518\ 0, CR=0.051\ 8$	
	D2		1	3	0.332 5		
	D3			1	0.139 6		
C2—D	C2	D4	D5	D6			
	D4	1	5	1/3	0.278 9	$\lambda_{\max}=3.065\ 2, CI=0.032\ 6, RI=0.518\ 0, CR=0.063\ 0$	
	D5		1	1/7	0.072 0		
	D6			1	0.649 2		
C3—D	C3	D6	D7	D8	D9		
	D6	1	7	2	5	0.523 2	$\lambda_{\max}=4.068\ 7, CI=0.022\ 9, RI=0.886\ 2, CR=0.025\ 8$
	D7		1	1/5	1/3	0.057 0	
	D8			1	3	0.297 6	
	D9				1	0.122 2	
C4—D	C4	D10	D11	D12			
	D10	1	3	7		0.649 1	$\lambda_{\max}=3.064\ 9, CI=0.032\ 4, RI=0.518\ 0, CR=0.062\ 6$
	D11		1	5		0.279 0	
	D12			1		0.071 9	

表 4 不同榉树无性系的层次总排序

无性系	树高	胸径	地径	胸径/ 地径	枝下高	干形	分枝 角度	分枝 密度	分枝 均匀度	秋叶色	叶片 密度	叶面积	综合 得分	位次
权重	0.263 9	0.166 3	0.069 8	0.046 5	0.012 0	0.166 3	0.006 3	0.033 1	0.013 6	0.144 2	0.062 0	0.016 0		
冲天	0.140 5	0.142 9	0.115 4	0.122 9	0.124 5	0.147 1	0.100 4	0.078 9	0.125 0	0.093 8	0.156 3	0.171 6	0.131 5	1
壮榉	0.087 3	0.118 1	0.124 3	0.095 1	0.086 4	0.147 1	0.093 8	0.131 6	0.125 0	0.093 8	0.156 3	0.099 4	0.112 7	3
飞龙	0.091 6	0.073 9	0.103 8	0.072 0	0.054 5	0.088 2	0.098 5	0.078 9	0.075 0	0.156 3	0.093 8	0.105 8	0.096 7	6
4 号	0.109 0	0.140 9	0.118 9	0.119 0	0.112 3	0.088 2	0.111 1	0.131 6	0.125 0	0.156 3	0.093 8	0.076 3	0.118 4	2
5 号	0.103 9	0.114 4	0.122 3	0.094 5	0.070 0	0.088 2	0.106 5	0.131 6	0.125 0	0.093 8	0.093 8	0.096 8	0.102 5	5
6 号	0.123 2	0.130 0	0.138 5	0.094 5	0.085 5	0.088 2	0.091 1	0.131 6	0.125 0	0.093 8	0.093 8	0.140 0	0.112 1	4
武野	0.077 4	0.051 7	0.055 7	0.092 6	0.119 5	0.147 1	0.086 0	0.131 6	0.125 0	0.093 8	0.093 8	0.099 0	0.090 6	8
绿花瓶	0.087 8	0.077 4	0.072 4	0.107 1	0.112 7	0.147 1	0.091 2	0.078 9	0.075 0	0.093 8	0.093 8	0.076 6	0.096 6	7
绿村	0.083 2	0.066 3	0.069 4	0.095 5	0.115 5	0.029 4	0.107 6	0.026 3	0.025 0	0.031 3	0.031 3	0.068 2	0.058 0	10
8 号	0.096 3	0.084 5	0.079 3	0.106 9	0.119 1	0.029 4	0.113 8	0.078 9	0.075 0	0.093 8	0.093 8	0.066 2	0.081 0	9

层次总排序一致性 $CI=0.000\ 0, RI=1.000\ 0, CR=0.062\ 6$

3 结论与讨论

榉树在我国分布范围很广,因具有生态适应性强、病虫害少、材质优良、秋叶季相变化丰富等优良特性,在城乡造林绿化中应用十分广泛。本研究通过对 10 个榉树无性系的树高、胸径、地径、胸径/地径、枝下高、干形、分枝角度、分枝密度、分枝均匀度、叶片密度、叶片大小和秋叶颜色等 12 个指标的测定,结果表明无性系间各性状存在显著的差异,定量性状的无性系重复率为 0.62—0.99,通过无性系选择可以获得较高的遗传增益。采用层次分析法对 10 个榉树无性系综合性状评价的优劣排序结果为冲天>4 号>壮榉>6 号>5 号>飞龙>绿花瓶>武野>8 号>绿村,综合性状排序位列前 3 位的‘冲天’、4 号和‘壮榉’可以作为榉树用材和观赏兼优的无性系。本研究中引进的‘武野’‘绿花瓶’‘绿村’等是日本、美国栽培较多的榉树优良园艺品种,但从造林 2 a 的初期表现看,其生长适应性和观赏性表现较差,尚需要进一步观测。

目前生产上榉树造林往往兼具生态景观绿化和珍贵用材储备林的双重功能。因此,根据榉树的生物学特性,确定一套准确、客观、系统的榉树用材及观赏品种综合评价标准,对于促进榉树良种化发展具有十分积极的意义。本研究以 10 个榉树无性系为对象,构建了兼顾用材和观赏 2 个目标的 4 个层次决策模型,各观测指标的权重值大小依次为树高>胸径=干形>秋叶颜色>地径>叶片密度>胸径/地径>分枝密度>叶面积>分枝均匀度>枝下高>分枝角度,其中,树高、胸径、干形和秋叶颜色 4 个指标为主要指标,其权重值占 74.1%。各判断矩阵均获得了较满意

的一致性检验结果,说明确定的权重值具有一定的科学性和合理性,可供榉树良种选择评价时参考。但需要指出的是,本研究是针对榉树用材和观赏联合选择建立的评价模型,而仅作为园艺观赏的榉树无性系还存在一些特殊性,如一些主干弯曲的垂枝品种在植物造景中受到人们的推崇,而在一些狭窄的街道或小庭园,需要生长相对缓慢、分枝角度很小的品种。因此,还需根据生产上的实际需要针对不同榉树品种进行灵活选择应用。

参考文献:

- [1] 曾祥谓,樊宝敏,张怀清,等.我国多功能森林经营的理论探索与对策研究[J].林业资源管理,2013,2:10-16.
- [2] 江苏省绿化委员会办公室.植珍贵树致富百姓 造彩色林美化家园——江苏省扎实推进国土绿化彩色化珍贵化效益化建设[J].国地绿化,2017(4):31-35.
- [3] 仲 磊,黄利斌.榉树育种研究进展及遗传改良策略[J].林业科技开发,2015,29(1):5-8.
- [4] 董筱均,黄利斌,周荣超.榉树不同品种扦插生根差异比较[J].江苏林业科技,2018,45(2):10-13.
- [5] 黄利斌,董筱均,窦全琴,等.大叶榉树无性系生长性状的早期变异[J].江苏林业科技,2014,41(5):1-5.
- [6] 黄利斌,汪企明,樊丛梅,等.榉树半同胞家系苗期性状变异的研究[J].江苏林业科技,2001,28(6):1-3.
- [7] 董筱均.榉树园艺品种的选育与园林应用[J].园林,2018,(4):46-47.
- [8] 郁世军,李 英,李晓储,等.榉树家系苗期生长变异及选择研究[J].南方林业科学,2016,44(3):11-16.
- [9] 蒋艾平,刘 军,姜景民,等.基于层次分析法的乐东拟单性木兰优良种源选择[J].林业科学研究,2015,28(1):50-54.
- [10] 刘 丽,李振坚,翟飞飞,等.基于叶、枝特性的柳树苗期观赏性评判[J].林业科学研究,2016,29(6):926-932.
- [11] 唐启义.DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析与数据挖掘:2 版[M].北京:科学出版社,2009.
- [12] 秦锡祥,高瑞桐,李吉震,等.不同杨树品种对光肩星天牛抗虫性的调查研究[J].林业科学,1985(3):310-314.
- [10] 国家标准局.GB144.3-1984.中华人民共和国原木检验等级评定国家标准[S].1984-12-22 发布.1985-12-01 实施.
- [11] 韩一凡,胡建军,赵自成.抗虫杨[M].北京:科学普及出版社,2010:21-122.
- [12] 秦锡祥.谈杨树蛀干害虫[J].森林病虫通讯,1984(1):32-34.

(上接第 28 页)

- [5] 秦旦仁,郭同斌,蒋富荣,等.桑天牛卵巢发育与补充营养关系的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),1994(3):46-50.
- [6] 胡建军,赵自成,苗世龙,等.杨树人工接虫方法的研究[J].林业科学研究,1998,11(6):574-580.
- [7] 胡建军,韩一凡,尹伟伦.在人工接种和自然感虫情况下美洲黑杨后代对桑天牛抗性的研究[J].林业科学,2002,38(1):164-167.
- [8] 秦 飞,李云岷,周正标,等.近 10 年我国林木抗虫性研究概述