

舒马栎不同无性系性状早期变异与综合选择

董筱昀¹, 黄利斌¹, 吕运舟¹, 孙海楠¹, 黄延芳², 梁珍海^{1*}

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 南京彩树种植有限公司, 江苏 南京 211155)

摘要:为了选择生长速度快、观赏价值高的舒马栎优良无性系,开展优树选择及无性系测定研究。对供试的23个无性系3年生试验林测定分析结果表明,不同无性系间树高、胸径、冠幅、一级侧枝数、主干通直度等性状表现出极显著差异,各性状的重复力达0.724—0.886,具有中等以上水平。有8个无性系秋季叶色呈现出较艳丽的红色或橙色,2个无性系的春季叶色分别呈金黄色和棕红色,具有较好的彩叶观赏价值。舒马栎无性系嫁接繁殖成活率很低,平均成活率只有28.6%,仅有6个无性系的嫁接成活率超过40%。应用层次分析法对舒马栎不同无性系的生长、观赏和繁殖特性进行综合评价,选出18号、16号、1号、2号、14号、17号和23号等7个优良无性系。

关键词:舒马栎;无性系;变异;层次分析;综合选择

中图分类号:S722.3⁺3;S792.18

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.03.005

栎树又称橡树,是壳斗科(Fagaceae)栎属(*Quercus* L.)树种的统称,全世界有600种以上,是北半球温带至亚热带阔叶森林的重要组成部分,具有重要的经济和生态价值。北美地区是世界栎属分布的中心区之一,自然分布有栎属100多个种或变种^[1-2]。舒马栎(*Q. shumardii*)又称沼地红栎,属于红栎组(Section *Lobatae*),主要分布于美国东南部地区,东部自纽约州、宾夕法尼亚州,向南至佛罗里达州北部,西至德克萨斯州中部,北至密苏里州、伊利诺州、密歇根州以及加拿大安大略省南部。舒马栎为落叶高大乔木,树高可达30 m,胸径可达1.2 m,主干通直,树冠宽阔,秋叶红色,材质优良,生长速度快,生态适应性强,是美国南方重要的栎属树种之一^[2-3]。我国从本世纪初开始引种,实践表明舒马栎在我国长江三角地区生长表现良好,秋叶红色艳丽,是适宜推广的优良用材和彩叶观赏树种^[4]。由于舒马栎个体间生长、树冠形态以及春、秋季叶色等性状变异较大,采用种子实生繁殖很难满足景观苗木生产的标准化和一致性要求。利用林木个体间的生长变异进行优树选择,再通过无性系测定选育优良品种是开展林木常规育种的主要

方法。目前,国外已有舒马栎无性系品种选育的报道^[5],由于国内引种时间较短,对其研究仅见于引种栽培、无性繁殖以及抗逆生理测定等方面^[4,6-8],其优良无性系选育研究未见报道。自2014年开始,对早期引种的舒马栎林开展优良单株的选择、无性繁殖及无性系造林试验,本文报道了第1批无性系造林3 a时测定的结果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于2014年从南京地区引种的5—10年生舒马栎林分中开展优树选择,引种种源主要来自美国密西西比州和路易斯安那州。优树选择采用优势木比较法和目测法。选择标准为生长健壮、枝叶浓密、无明显病害,秋叶红色或橙色,色彩鲜艳。此外,一些春天新叶黄色和红色的变异单株也作为优树入选,共选择优树26株。2015年春从优树上采集穗条进行嫁接育苗,嫁接砧木为1年生舒马栎实生苗。2016年3月对满足试验苗木数量的23个无性系进行造林。造林地位于南京市江宁区横溪街道云台村,该区属北亚热带湿润季风气候,年均气

收稿日期:2019-05-20;修回日期:2019-06-02

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“彩叶观赏北美红栎新品种选育”[CX(16)1033];江苏省科技计划项目“优质用材及观赏北美栎树良种选育”(BE2015370);江苏省林业科学研究院自主科研项目“北美红栎遗传多样性研究”(BM2018022-3)

作者简介:董筱昀(1983-),女,河南正阳人,助理研究员,硕士。研究方向:林木新品种培育。

***通信作者:**梁珍海(1965-),男,安徽明光人,研究员,博士。主要研究方向:森林生态学。E-mail:443673600@qq.com。

温 15.1 ℃,年均降雨量 1 100 mm,无霜期 229 d,年日照 2 199.5 h。地貌属宁镇低山丘陵,造林地海拔高度 40 m 左右,土壤为粘性黄棕壤。试验为随机区组设计,单行 4 株小区,重复 3 次,以同龄实生苗为对照(CK),造林株行距为 1.5 m×2 m。

1.2 调查方法

优树调查记录地点、树龄、树高、胸径、枝下高、冠幅、枝叶浓密度、春夏秋冬叶色变化、落叶时间等。苗期调查嫁接成活率和苗高、地径生长量。于 2018 年 11—12 月对造林 3 a 的无性系试验林进行每木调查,调查指标包括树高、胸径、冠幅、一级侧枝数、通直度指数、春季、夏季和秋季叶色变化等指

标。通直度采用通直度指数评定法,调查时将主干通直度分为 4 级:Ⅰ级,主干明显、通直;Ⅱ级,主干明显,但稍有弯曲;Ⅲ级,有主干,但存在明显弯曲;Ⅳ级,树冠分叉多,无明显主干。分别赋值为 4,3,2 和 1。通直度指数=Σ通直度等级×株数/(4×总株数)。由于每个无性系个体间的叶色变化相对较稳定,因此叶色调查采取对每个无性系定性赋值法。春季叶色调查观察每个无性系春季完成展开的新叶的叶色变化,秋季叶色调查观察每个无性系秋季转色最明显时的色彩,分别对不同色彩指标进行赋值见表 1。

表 1 舒马栎无性系春、秋季叶色变化的评价指标

季节	赋值			
	4	3	2	1
春季	鲜红、金黄色	紫红、浅红、棕色	区别于普通绿色的淡绿、淡黄、浅灰等颜色	普通绿色
秋季	亮红、亮橙色	暗红、暗橙色	红褐色、棕色	褐色、土黄色

1.3 统计分析方法

对无性系观测数据进行方差分析(叶色性状为定性指标,不进行方差分析),方差分析模型 $x_{ij} = \mu + A_i + R_j + \varepsilon_{ij}$ (μ 为总体平均数, A_i 为无性系效应, R_j 为区组效应, ε_{ij} 为误差);无性系重复力 $h^2 = r\sigma_g^2 / (\sigma_e^2 + r\sigma_g^2)$ (σ_g^2 为遗传方差, σ_e^2 为机误, r 为重复数)。

无性系的综合评价采用层次分析法^[9]。围绕舒马栎无性系选育的总体目标,选择对目标层影响最大的生长、观赏和繁殖特性 3 个性状建立准则层,并由影响准则层的 10 个因子组成指标层,构建舒马栎无性系综合评价的层次结构模型如图 1。

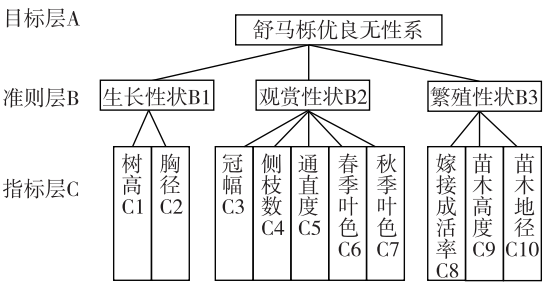


图 1 舒马栎优良无性系的评价指标体系

构造判断矩阵及一致性检验。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)。通过专家咨询并结合生产实际,构建 A-B 和 B-C 的判断矩阵如表 2,经计算,其随机一致性比率 CR 值均小于 0.10,因此,认为构建的判断矩阵列层次单排序的结果有较满意的一致性。数据处理应用 Excel 2007 软件和 DPS 17.10 统计软件完成^[9]。

表 2 舒马栎无性系评价判断矩阵及一致性检验结果

层次模型	判断矩阵					权重	一致性检验
A—B	A	B1	B2	B3			
	B1	1	3	5		0.637 0	CR=0.037 2
	B2		1	3		0.258 3	
	B3			1		0.104 7	
B1—C	B1	C1	C2				
	C1	1	2			0.666 7	CR=0.000 0
	C2		1			0.333 3	
B2—C	B2	C3	C4	C5	C6	C7	
	C3	1	1/3	1/5	1/5	1/7	0.041 2
	C4		1	1/2	1/3	1/5	0.087 1
	C5			1	1/3	1/5	0.132 0
	C6				1	1/3	0.242 4
	C7					1	0.497 3
B3—C	B3	C8	C9	C10			
	C8	1	7	7			0.714 3
	C9		1	1			0.142 9
	C10			1			0.142 9

2 结果与分析

2.1 不同无性系的性状变异

2.1.1 生长变异 由表 3 方差分析和表 4 的结果可知,树高、胸径、冠幅、一级侧枝数和主干通直度等性状在不同无性系间存在极显著差异,无性系重复力为 0.724—0.886,具有中等以上水平,无性系选择具有较高的遗传增益。树高生长量超过对照的有 16 个无性系,其中超过对照 20% 以上有 1 号、13 号、16 号和 18 号等 4 个无性系;胸径生长量超过对照的有 22 个无性系,其中超过对照 30% 以上有 18 号、16 号、13 号、22 号、10 号和 11 号等 6 个无性系;冠幅超过对照的有 10 个无性系,其中超过对照 20% 以上有 18 号、1 号、12 号和 22 号等 4 个无性系;一级侧枝数超过对照的有 13 个无性系,其中超过对照 20% 以上有 7 号、18 号、22 号、13 号、1 号、3 号、2 号和 11 号等 8 个无性系;主干通直度超过对照的有 19 个无性系,其中通直度指数超过对照 30% 以上有 14 号、1 号、13 号、11 号、8 号和 5 号等 6 个无性系。

表 3 舒马栎无性系性状差异的方差分析						
性状	变异来源	均值	均方	F 值	P 值	重复力
树高	无性系	4.4	0.696 6	3.626 **	0.001	0.724
	区组		0.043 3	0.225	0.799	
胸径	无性系	4.21	1.174 4	4.255 **	0	0.763
	区组		0.037 3	0.135	0.874	
冠幅	无性系	2.22	0.896 2	8.257 **	0	0.879
	区组		0.098 0	0.903	0.413	
一级侧枝数	无性系	18.16	64.734 9	8.762 **	0	0.886
	区组		1.896 0	0.238	0.789	
主干通直度	无性系	0.70	0.043 7	5.003 **	0	0.800
	区组		0.003 0	0.348	0.708	

2.1.2 叶色变异

(1)春季叶色 舒马栎春季萌发的嫩芽和幼叶通常呈红色,但随着展叶生长迅速转变成绿色,与纳塔栎(*Q.texana*)相比,其新叶呈红色、紫色、橙色、黄色等单株类型极少。本试验中仅有 4 个无性系春季叶色在一定程度上呈现出不同于绿色的色彩。其中,23 号无性系春季新叶呈金黄色,一直持续至夏季,颇具观赏价值。14 号无性系新叶生长过程中由绿色转变成紫红色,再转变成绿色,变色期 1 个月左右,具有一定的观赏性。

(2)秋季叶色 由于目前生产上主要将舒马栎作为秋季彩叶树种应用于绿化造林,因此在本试验优树选择中,将秋叶色彩是否鲜艳作为优树选择的主要指标

之一。试验结果表明,在供试的 23 个无性系中,仅有 1 号、2 号和 18 号 3 个无性系保持了母本秋叶亮红色的性状,9 号、10 号、14 号、16 号和 17 号等 5 个无性系的秋叶呈暗红色或暗橙色,具有一定的彩叶观赏价值,其他无性系的秋叶彩色效果较差。由此可见,秋叶的呈色受外部环境因子影响较大,优树的秋叶性状表现在繁育成无性系后的重复性较差。

2.1.3 嫁接成活率差异 舒马栎属于无性繁殖十分困难的树种,嫁接成活率较低,23 个无性系的平均嫁接成活率仅为 28.6%。但试验表明,不同基因型之间存在明显的差异,如 2 号无性系成活率达 60.6%,23 号无性系成活率达 50%,此外,有 16 号、18 号、9 号和 6 号 4 个无性系的嫁接成活率超过 40%(见表 4)。因此,在开展舒马栎优良无性系选择时,除生长和观赏性状外,其嫁接成活率的高低的是影响今后优良无性系推广应用的重要因素。

2.2 优良无性系选择

由表 4 层次分析结果可知,在观测的 10 个指标中,综合选择的权重值大小依次为:树高>胸径>秋叶色>嫁接成活率>春叶色>主干通直度>一级侧枝数大>冠幅>苗高和地径。其中,树高和胸径生长量指标的权重值最大,占 63.7%,春秋季叶色指标的权重值占 19.1%,嫁接成活率和苗木生长指标的权重值占 10.5%,主干通直度、侧枝数和冠幅等冠形指标的权重值最小,仅占 6.72%。将各性状测定数据归一化处理后得到不同无性系的综合评价得分值及总排序(见表 4)。按入选率 30% 的标准,排在前 7 位的 18 号、16 号、1 号、2 号、14 号、17 号和 23 号入选综合性状优良无性系,各无性系的主要特性如下:18 号,树高和胸径生长量大,冠幅大,分枝浓密,秋叶鲜红色,但主干通直度一般,嫁接成活率中等。16 号,树高和胸径生长量大,秋叶橙红色,冠幅、分枝浓密和主干通直度中等,嫁接成活率较高。1 号,树高生长量大,枝叶浓密,主干通直,秋叶深红色,嫁接成活率中等。2 号,树高和胸径生长量较大,冠幅较小,枝叶浓密,秋叶亮红色,嫁接成活率高。14 号,树高和胸径生长量中等,主干通直,冠幅窄小,分枝少,春叶棕红色,秋叶橙色,嫁接成活率中等。17 号,树高和胸径生长量较大,春叶浅红色,秋叶橙色,嫁接成活率中等。23 号,春叶呈金黄色,嫁接成活率较高,但树高和胸径生长量较小,主干通直度也较差。

3 结论与讨论

本研究表明,舒马栎不同无性系间树高、胸径、

冠幅、一级侧枝数、主干通直度等性状表现出极显著差异,各性状的重复力为0.724—0.886,达到中等以上水平,具有较大的遗传改良潜力。综合不同无性系的生长、观赏特性和嫁接繁殖特性,通过层次分析法对不同无性系进行综合评价,选育出18号、16号、1号、2号、14号、17号和23号等7个综合性状表现优良的无性系,其中,春季新叶呈金黄色和棕红色的彩叶观赏无性系2个,秋季呈现出较艳丽的红色或橙色的彩叶观赏无性系5个。

表4 舒马栎无性系选择的综合评价结果

无性系号	树高/m	胸径/cm	冠幅/m	侧枝数/n	主干通直度	春叶色	秋叶色	嫁接成活率/%	苗高/cm	苗地径/cm	综合得分	位次
权重	0.424 7	0.212 3	0.010 6	0.022 5	0.034 1	0.062 6	0.128 4	0.074 8	0.015 0	0.015 0		
1	5.22	4.30	3.06	21.27	0.84	1	4	28.5	1.8	2	0.051 7	3
2	4.54	4.20	1.82	20.42	0.75	1	4	60.6	1.8	1.6	0.051 6	4
3	4.28	4.08	1.72	20.83	0.71	1	1	34.5	1.5	1.8	0.039 7	15
4	4.60	4.33	2.17	16.67	0.75	1	1	9.1	2	1.6	0.038 7	18
5	4.33	4.10	1.23	14.67	0.79	1	1	26.4	1.5	1.5	0.038 6	19
6	3.82	3.46	2.43	15.17	0.46	1	1	41.7	1.8	1.5	0.036 5	21
7	4.00	4.20	2.20	34.00	0.75	1	2	8.8	2	1.2	0.039 2	17
8	4.32	3.83	2.50	16.17	0.79	1	2	11.8	1.8	2	0.039 5	16
9	4.28	4.26	1.78	14.47	0.69	1	3	41.6	1.6	2	0.045 6	9
10	4.62	4.75	1.83	19.33	0.75	1	3	16.3	1.5	1	0.045 2	10
11	4.87	4.62	2.65	20.00	0.79	1	2	21.1	1.2	1	0.044 1	11
12	4.59	3.94	2.86	18.78	0.58	1	2	26.6	1.5	1.5	0.042 0	12
13	5.16	4.87	2.53	21.67	0.83	1	2	21.7	1.8	1.5	0.046 6	8
14	4.48	3.77	1.07	11.50	1.00	3	3	36.3	1.5	1	0.048 8	5
15	3.23	3.05	2.67	13.17	0.71	2	2	18.2	1.2	1	0.035 1	23
16	5.04	4.95	2.12	13.75	0.64	2	3	45	1.8	2	0.052 8	2
17	4.80	4.35	2.17	18.97	0.73	1	3	37.3	1.6	1.5	0.047 7	6
18	4.95	6.08	3.33	24.33	0.63	1	4	43.5	2	2	0.056 0	1
19	3.93	3.83	1.73	13.00	0.75	1	1	28.1	1.6	1.5	0.036 5	20
20	3.90	3.79	2.39	17.00	0.63	1	1	19.9	1.6	1.6	0.035 5	22
21	4.52	4.40	2.15	15.17	0.46	1	2	19.3	1.5	1.2	0.041 1	13
22	4.00	4.85	2.75	23.50	0.63	1	2	12.5	1.2	1.2	0.040 0	14
23	3.92	3.67	1.68	15.33	0.58	4	2	50	2	1.5	0.047 3	7
CK	4.12	3.43	2.32	16.60	0.61							

层次总排序一致性 $CI=0.000\ 0$, $RI=1.000\ 0$, $CR=0.037\ 2$

研究表明,舒马栎扦插和嫁接繁殖的成活率很低,无性繁殖困难^[6,10]。本研究中23个无性系的平均嫁接成活率仅28.6%。但试验中发现,不同基因型之间嫁接成活率存在明显差异,且2号和23号2个无性系的嫁接成活率分别达到60.8%和50%,基本达到无性系在生产上推广应用的繁殖水平。因此,在开展舒马栎优良无性系选育时,除生长和观赏性状外,要加强不同无性系的无性繁殖特性研究,筛选无性繁殖相对较容易的基因型,从而促进优良无性系的推广应用。

参考文献:

[1] 黄利斌,窦全琴,汤 槿,等.栎树的生物学特性与栽培研究综述[J].江苏林业科技,2014,41(6):43-47.
[2] JOHNSON P S , SHIFLEY S R. The ecology and silviculture of

oaks[M]. New York: CABI Publishing, 2001.
[3] BURNS R M, HONKALA B H. Silvics of North America: Volume 2. Hardwoods [M]. Washington, D. C.: USDA Forest Service, 1990: 1415-1421.
[4] 陈益泰,孙海菁,王树凤,等.5种北美栎树在我国长三角地区的引种生长表现[J].林业科学研究,2013, 26(3):344-351.
[5] 董筱均,黄利斌,吕运舟,等.栎树栽培品种概述[J].江苏林业科技,2018,45(6):47-51.
[6] 吕秀立,杨 芳,施季森,等.苏玛栎无性繁殖试验[J].上海交通大学学报,2013,31(3):58-62.
[7] 吕秀立,沈烈英,施季森,等.苏玛栎离体培养和植株再生研究[J].植物研究,2015,35(2):185-190.
[8] 杨振亚.4个引种栎类树种苗期抗逆性初步研究[D].泰安:山东农业大学,2017.
[9] 唐启义.DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析与数据挖掘:第2版[M].北京:科学出版社,2009: 1127-1137.
[10] DREW J J III, DIRR M A. Propagation of Quercus species by cuttings[J]. Journal of Environmental Horticulture, 1989, 7(3): 115-117.