

# 黑木相思14个无性系叶片性状变异分析\*

吕中跃<sup>1</sup> 裘珍飞<sup>2</sup> 曾炳山<sup>2</sup> 范春节<sup>2</sup> 邓文林<sup>1</sup>

(1. 韶关市国有仁化林场, 广东 韶关 512300; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

**摘要** 在6年生黑木相思 (*Acacia melanoxylon*) 无性系试验林中, 对14个无性系的叶长、叶宽、叶面积、叶柄长、叶厚、比叶面积及叶干物质质量共7项叶片性状进行了测定和变异分析。结果表明: 叶面积和叶柄长变异系数较大, 叶干物质质量的变异系数较小, 且叶片性状的变异主要为无性系之间的变异; 黑木相思无性系叶片性状之间存在相关性, 叶长、叶柄长和叶宽与叶面积呈极显著正相关, 而叶面积、比叶面积与干物质质量呈极显著负相关, 叶厚与比叶面积呈极显著负相关; 主成分分析表明, 除叶柄长外, 其它6个叶片性状都是鉴定无性系的重要特征指标。聚类结果显示, 14个无性系聚为4类, F1、SR38、SR41被单独聚类, 其它11个无性系聚为1大类, 说明大部分无性系叶片性状变异不显著。

**关键词** 黑木相思; 叶片性状; 变异

中图分类号: S722.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 04-0043-05

## Analysis of Variation of Leaf Traits in *Acacia melanoxylon* Fourteen Preferred Clones

LV Zhongyue<sup>1</sup> QIU Zhenfei<sup>2</sup> ZENG Bingshan<sup>2</sup> FAN Chunjie<sup>2</sup>  
DENG Wenlin<sup>1</sup>

(1. Shaoguan State-owned Forest Farm, Shaoguan, Guangdong 512300, China; 2. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** The genetic variation of leaf traits including leaf length, leaf width, leaf area, petiole length, thickness of blade, specific leaf area and leaf dry matter content of 14 superior clones in 6-year-old *Acacia melanoxylon* trial were studied and analyzed. The results showed that the leaf traits exhibited significant differences among *A. melanoxylon* clones, in which the variation coefficient of the leaf width and leaf area was higher, and that of leaf dry matter content was relative low. It was also found that different leaf traits existed correlation. For example, leaf length, petiole length and leaf width had significant positive correlation with leaf area, while leaf area and specific leaf area showed significant negative correlation with leaf dry matter content, and specific leaf area showed significant negative correlation with thickness of blade. Besides, all the other six leaf traits except for petiole length could be important indicators for identifying these *A. melanoxylon* clones by principal component analysis. All clones were clustered for four groups, which F1, SR38 and SR41 were cluster one individual group, respectively, and the rest 11 clones were clustered for one main group. The results of clustering analysis suggested that the leaf trait of most of the clones did not vary significantly.

**Key words** *Acacia melanoxylon*; leaf trait; variation

\* 基金项目: 中国林业科学研究院基本科研业务费专项资金 (CAFYBB2018ZB004)。

第一作者: 吕中跃 (1973—), 男, 工程师, 主要从事营林生产、森林病虫害防治工作, E-mail: 269003557@qq.com。

通信作者: 裘珍飞 (1966—), 女, 高级工程师, 主要从事林木组织培养和生物技术研究, E-mail: qzf5702@163.com。

黑木相思 (*Acacia melanoxylon*) 属含羞草科金合欢属, 为相思类最高大乔木之一。原产澳大利亚、巴布亚新几内亚和印度尼西亚等地, 20世纪90年代引进我国, 在广东、广西、海南、福建省等地成功种植。因其具有固氮、速生、材质优良和抗逆性强等特点<sup>[1]</sup>, 现已成为我国华南地区中短周期生态友好型珍贵树种。

叶片性状变异是基因型和环境因子共同作用的结果, 叶形变异是遗传变异的重要特征之一。毛白杨 (*Populus tomentosa*) 叶片形态特征研究表明, 优树间存在较大的遗传变异<sup>[2]</sup>; 桉树 (*Eucalyptus*) 8个不同无性系幼苗叶片形态特征差异显著<sup>[3]</sup>; 马大杂种相思 (*Acacia mangium* × *A. auriculiformis*) 无性系表型性状差异分析表明, 叶片密度在无性系间差异显著, 可作为无性系选育指标<sup>[4]</sup>; 黑木相思叶片数量性状与生长评价研究表明, 无性系叶宽与树高, 叶宽、叶面积和比叶面积与胸径具有显著相关, 研究叶片数量性状可为选育高效速生用材新品种提供参考<sup>[5]</sup>。因此不同树种的叶片性状研究为资源分类、评价、良种选育等提供了参考。

我国黑木相思无性系通过早期选择<sup>[6]</sup>, 获得部分生长迅速、抗寒性强的优良无性系应用于生产, 无性系栽培中存在较为固定的叶形、树型等可区别特性, 这在形态上为无性系区别鉴定和黑木相思资源分类提供可能。为了更好地估量叶片性状在黑木相思无性系资源分类和遗传多样性研究中的价值, 本试验对14个黑木相思无性系进行部分叶片变异分析, 为进一步无性系选育提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验材料来自6a生的黑木相思无性系试验林, 无性系来源参见黑木相思无性系早期选择<sup>[6]</sup>, 本文应用无性系SR3、SR9、SR12-24、SR38、SR25和SR53分别选育于广东省始兴县、广州市龙眼洞林场、梅州市、广州市增城区、台山市和东莞市, SR41选育于广西高峰林场, F1为早期选育的对照无性系。

### 1.2 研究地概况

无性系试验林位于广东省紫金县中坝镇, 115°34'E, 23°70'N, 海拔230m, 土壤类型为

山地赤红壤, 年降雨量为1760mm, 年平均气温为20.6℃。试验林定植于2010年4月, 株行距2m×2m, 随机完全区组设计, 3次重复, 每重复10株。

### 1.3 叶片样品采集

2016年6月, 利用高枝剪在每个无性系南向林冠采集1~6枝长度适中、强壮、无病虫害的枝条作为标准枝, 每标准枝上随机摘取完整叶片10~20片, 即每无性系获取叶片60片, 叶片取样后装入密封袋冷藏带回实验室。

### 1.4 测定指标和方法

用直尺测量叶长度、叶宽和叶柄长, 电子游标卡尺测叶厚, 用型号为Yaxin-1242叶面积仪测叶面积, 取测完叶面积的鲜叶, 用蒸馏水浸泡24h, 用精确度为万分之一的电子天平称饱和鲜重(FW), 再在105℃下烘30min杀青后在80℃烘箱内烘干, 称取叶片干重(DW)。各指标计算公式为:

$$\text{比叶面积 SLA} = \text{叶面积 LA} / \text{叶干重 DW}$$

$$\text{干物质量 LDMC} = \text{叶干重 DW} / \text{叶饱和鲜重 FW}$$

$$\text{变异系数 CV} = (\text{标准偏差 SD} / \text{平均值 M}) \times 100\%$$

式中, 比叶面积SLA以 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 表示, 干物质量LDMC以 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示, 变异系数CV以%表示。

### 1.5 统计分析

试验数据采用Microsoft Excel 2003进行统计, 用SPSS19.0软件进行方差分析和Duncan's多重比较分析、Pearson相关性分析和主成分分析, 并进行UPGMA聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同无性系叶结构性状的变异分析

黑木相思14个无性系叶片性状方差分析表明(表1): 所有的叶片性状在无性系间存在极显著的差异( $P < 0.01$ ), 而无性系内只有叶宽和叶柄长有显著差异( $P < 0.05$ ), 其它性状差异不显著, 这说明黑

木相思叶片性状的变异主要来自无性系间, 而无性系内分化较小。因此叶长、叶厚、叶面积、比叶面积、干物质量这些叶片性状均可作为区别鉴定黑木相思无性系的特征性状。

进一步通过多重比较分析, 结果表明(表

表 1 黑木相思 14 个无性系结构性状方差分析结果  
Table 1 Variance analysis of leaf traits of 14 *Acacia melanoxylon* clones

来源 Source	无性系间 Between clones			无性系内 Within clones		
	均方 Mean square	误差 Error	F 值	均方 Mean square	误差 Error	F 值
叶长 Leaf length	116.957	1.124	104.060**	1.571	1.124	1.398
叶宽 Leaf width	4.362	0.044	99.482**	0.118	0.044	2.689*
叶厚 Leaf thickness	0.040	0.001	64.996**	0.000	0.001	0.704
叶柄长 Petiole length	75.600	2.904	26.032**	7.074	2.904	2.436*
叶面积 Leaf area	42.956	1.021	42.082**	0.597	1.021	0.585
比叶面积 Specific leaf area	700.398	27.609	25.368**	13.586	27.609	0.492
干物质量 Leaf dry matter content	0.003	0.000	14.192**	0.000	0.000	1.033

注：表中无性系间的自由度为 13，无性系内的自由度为 5。\* 表示差异在 0.05 水平差异显著，\*\* 表示差异在 0.01 水平差异显著。Note: The degree of freedom used was 13 between clones and 5 within clones. \* represents a 0.05 significance and \*\* represents a 0.01 significance.

表 2 黑木相思 14 个无性系叶片性状差异比较分析  
Table 2 Comparative analysis of leaf traits of 14 *Acacia melanoxylon* clones

无性系 Clones	叶长 Leaf length /cm	叶宽 Leaf width /cm	叶厚 Leaf thickness/mm	叶柄长 Petiole length/cm	叶面积 Leaf area/cm <sup>2</sup>	比叶面积 Specific leaf area / (cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup> )	干物质量 Leaf dry matter content/ (g · g <sup>-1</sup> )
F1	12.5 c	1.5 d	0.29 a	5.5 c	12.16 cd	98.46 cde	0.31 g
SR3	10.9 e	1.8 b	0.26 cd	5.5 bc	12.34 cd	81.41 g	0.40 a
SR9	10.9 e	1.7 c	0.25 de	3.7 e	11.46 d	89.22 efg	0.37 cd
SR13	11.0 e	1.8 b	0.24 fg	5.9 b	12.03 cd	93.75 cdef	0.35 de
SR14	10.6 ef	1.2 g	0.25 def	5.8 bc	8.05 f	89.39 efg	0.38 abc
SR16	12.6 c	1.6 c	0.26 bc	7.8 a	14.40 b	86.03 fg	0.37 cd
SR17	10.9 e	1.1 g	0.25 de	5.4 c	8.44 f	91.38 def	0.39 ab
SR18	10.6 ef	1.1 g	0.23 g	5.4 c	8.05 f	98.87 cd	0.39 abc
SR21	13.1 b	1.4 f	0.26 bc	5.6 bc	11.55 d	90.83 def	0.37 bc
SR24	10.1 g	1.5 de	0.24 ef	4.6 d	9.76 e	102.36 c	0.36 d
SR25	12.7 c	1.3 f	0.26 bc	4.8 d	9.69 e	91.96 def	0.36 de
SR38	15.1 a	1.9 a	0.21 h	7.6 a	17.74 a	110.71 b	0.34 f
SR41	10.2 fg	1.4 ef	0.19 i	4.7 d	9.67 e	121.16 a	0.34 ef
SR53	11.4 d	1.8 b	0.27 b	4.7 d	12.90 c	87.56 fg	0.37 cd
平均值	11.6	1.51	0.25	0.56	11.34	95.06	0.36
变异系数 /%	12.04	17.95	10.09	20.03	23.21	11.41	6.52

注：表格中数据为均值，同列不同字母表示无性系间存在显著差异 ( $P < 0.01$ )。Note: All values shown above were mean values. Different letters in each column suggested a significant difference across the clones ( $P < 0.01$ ).

2)：同一性状中 14 个无性系被划分为 6~9 个差异等级，如叶长性状中，14 个无性系叶长由长到短排序可分为 6 个等级，SR38 无性系叶最长，SR21 无性系叶长排序第 2，SR16、SR25 和 F1 排序第 3，SR53 排序第 4，排序第 5 的无性系为 SR3、SR9、SR13、SR14、SR17 和 SR18，排序第 6 的

无性系为 SR41 和 SR24。叶片性状中，叶面积和叶柄长的变异系数较大，干物质量的变异系数最小。

## 2.2 叶片性状间的相关性

通过对叶片性状的相关性分析发现 (表 3)：叶片性状间存在一定的相关性，叶长分别与叶宽、

表3 黑木相思 14 个无性系叶片性状的相关性  
Table 3 Correlation analysis of leaf traits of 14 *Acacia melanoxylon* clones

指标 Index	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	叶厚 Leaf thickness	叶柄长 Petiole length	比叶面积 Specific leaf area	干物质量 Leaf dry matter content
叶长 Leaf length						
叶宽 Leaf width	0.345**					
叶厚 Leaf thickness	0.072	0.177				
叶柄长 Petiole length	0.456**	0.148	0.082			
比叶面积 Specific leaf area	0.174	0.041	-0.603**	0.099		
干物质量 Leaf dry matter content	-0.341**	-0.204	0.127	-0.167	-0.664**	
叶面积 Leaf area	0.655**	0.669**	0.148	0.468**	0.07	-0.334**

注: \*\*表示在 0.01 水平显著相关。Note: \*\* represents correlation is significant at the 0.01 level.

表4 黑木相思 14 个无性系叶片性状主成分分析  
Table 4 Principal component analysis of leaf traits of 14 *Acacia melanoxylon* clones

指标 Index	主成分负载值 Principal component value	
	1	2
叶面积 Leaf area	0.864	0.297
叶长 Leaf length	0.793	0.128
叶宽 Leaf width	0.641	0.312
干物质量 Leaf dry matter content	-0.624	0.504
叶柄长 Petiole length	0.594	0.161
比叶面积 Specific leaf area	0.407	-0.859
叶厚 Leaf thickness	0.013	0.807
贡献率 Contribution/%	38.495	26.737
累计贡献率 Cumulation contribution/%	38.495	65.231

叶柄长、叶面积存在极显著的正相关,而与干物质量存在极显著的负相关 ( $P<0.01$ );叶宽除了与叶长呈极显著的正相关外,还与叶面积呈极显著正相关 ( $P<0.01$ );叶厚只与比叶面积呈极显著负相关 ( $P<0.01$ );叶柄长除了与叶长正相关外,还与叶面积呈极显著正相关。由此可以看出,叶长、叶柄长及叶宽都影响叶面积。比叶面积与叶厚和干物质量呈显著负相关 ( $P<0.01$ ),比叶面积大的叶片往往较薄,干物质量小。

### 2.3 叶片性状的主成分分析

进一步进行叶片主成分分析表明:第1、第2、第3和第4的主成分贡献率分别为38.5%、26.7%、12.8%和9.9%,合计贡献率87.9%,其中第1、第2主成分负载值总和超过1,合计贡献率为65.231% (表4)。第1主成分中叶面积、叶长、叶宽和干物质量的负载值的绝对值超过0.60,它们是区分无性系的主要叶片性状,第2主成分中,

负载值的绝对值超过0.60的性状为比叶面积和叶厚。因此在测定的7个叶片性状中,除了叶柄长外,其它6个叶片性状都是区别、鉴定黑木相思无性系的重要特征指标。

### 2.4 根据叶片性状的无性系聚类分析

以14个黑木相思无性系叶长、叶宽、叶面积、叶厚、比叶面积、叶干物质量6个主成分为基础,采用UPGMA法聚类结果表明(图1):当欧式距离为10时,14个黑木相思无性系聚为4类,其中无性系SR38、SR41、F1分别单独聚为一类,而其余11个无性系聚为1大类。

## 3 讨论与结论

3.1 在本研究中,黑木相思各无性系栽培在环境条件一致的试验地中,采用完全随机区组设计,很大程度上消除了环境因素造成的个体表型差异,无性系间各性状都存在极显著的差异,而无性系

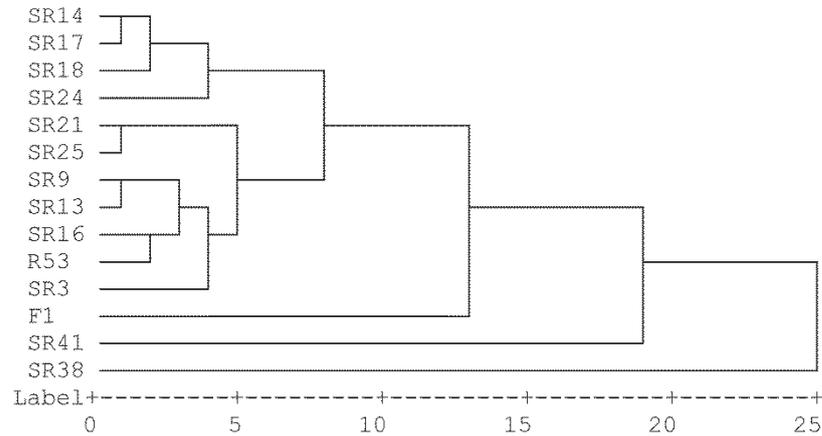


图 1 黑木相思 14 个无性系叶片性状聚类分析

Figure 1 Clustering analysis of leaf traits of 14 *Acacia melanoxylon* clones

内只有叶宽和叶柄长有显著差异。叶片性状的变异主要来自无性系间，为直观区分无性系提供可能。

3.2 叶片性状间存在一定的相关性，叶片较长、较宽且叶柄较长，叶面积往往较大，这些一致性有利于直观区别无性系间的差异，而比叶面积与干物质量、叶厚呈显著负相关，这与许多大尺度检测植物功能性状相关性一致<sup>[7]</sup>。

3.3 基于叶片表型性状的聚类分析，有的植物自然群体叶形指标聚类与地理来源吻合，如新疆野苹果 (*Malus sp.*)<sup>[8]</sup>，而大多植物叶片表型性状与地理来源无关，如橡胶树 (*Hevea brasiliensis*) 和银杏叶 (*Ginkgo biloba*)<sup>[9-10]</sup>。黑木相思无性系叶片性状聚类把无性系 F1、SR38、SR41 分别单独聚为一类，主要特征为 F1 为早期选育的无性系，叶片较厚，选育地区不明；SR38 无性系从广东增城选育，叶面积较大；SR41 无性系从广西高峰林场选育，叶片较薄，其它 11 个无性系分别从广东始兴 (SR3)、广东龙眼洞林场 (SR9)，广东台山 (SR25)，广东东莞 (SR53) 及广东梅州 (SR12-24) 选育，聚为一类。采用黑木相思无性系 SSR 遗传多样性分析也发现广东梅州和东莞选育的无性系具有较近的遗传距离<sup>[11]</sup>。这说明采用叶片性状进行无性系鉴定具有较高的可靠性。同时也证明了适应于我国华南地区生长的黑木相思优良无性系大多来源较近。因此在以后的资源保存和无性系选育时应多关注不同性状、不同来源的无性系。

## 参考文献

- [1] 刘建潮. 黑木相思引种栽培技术及效益分析[J]. 广东林业科技, 2012, 28(1): 100-103.
- [2] CHENG Z H, ZHANG Z Y, FENG X L, et al. Variation of leaf characteristics in *Populus tomentosa* Carr. [J]. Forestry Study in China, 2005, 7(3): 51-53.
- [3] 肖青青, 项东云, 姚瑞玲, 等. 不同桉树无性系幼苗叶片形态、生理特征的差异性比较[J]. 广西林业科学, 2009, 38(1): 17-21.
- [4] 孙恒, 段安安, 张卫华, 等. 马大杂种相思无性系表型性状差异分析[J]. 广东林业科技, 2015, 31(1): 7-13.
- [5] 裘珍飞. 黑木相思优良无性系叶片数量性状与生长评价[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(5): 465-471.
- [6] 吴清, 曾炳山, 陈考科, 等. 黑木相思无性系早期选择[J]. 广东林业科技, 2014, 30(6): 40-44.
- [7] 刘金环, 曾德慧, Don Koo Lee. 科尔沁沙地东南部地区主要植物叶片性状及其相互关系[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 921-925.
- [8] 左力辉, 张军, 董研, 等. 新疆野苹果自然群体叶形遗传多样性分析[J]. 北方园艺, 2015(11): 1-7.
- [9] 倪书邦, 毛常丽, 吴裕, 等. 云南保存橡胶树部分种质资源叶表型变异分析[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(3): 32-35.
- [10] 余运国, 汪洋, 罗国斌, 等. 银杏品种叶片表型性状的多样性[J]. 林业科技开发, 2012, 26(2): 54-56.
- [11] FAN C J, LIU Q Y, ZENG B S, et. al. Development of simple sequence repeat (SSR) markers and genetic diversity analysis in blackwood (*Acacia melanoxylon*) clones in china[J]. Silvae Genetica, 2017, 65(1): 49-54.