

# 四种含笑叶解剖性状与抗旱性的研究

李晓储<sup>1,2</sup>, 黄利斌<sup>1</sup>, 张永兵<sup>2\*</sup>, 何开跃<sup>2</sup>

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 对 2 年生乐昌含笑、金叶含笑、阔瓣含笑和深山含笑等 4 种含笑叶片组织解剖性状的测定与盆栽抗旱性观测表明: 供试树种间叶解剖性状在叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度、海绵组织的厚度、栅栏组织与海绵组织的厚度比、叶片结构紧密度、叶片结构疏松度和气孔密度等指标有显著差异; 上表皮和下表皮厚度结构指标差异不显著。叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度和气孔密度等值越大的含笑, 受旱危害愈轻, 其抗旱性就越强。叶片厚度、尤其是角质层的厚度和海绵组织厚度是评价供试含笑抗旱性的重要解剖指标。依据叶解剖性状结构指标, 并结合盆栽试验旱害观测, 供试树种的抗旱性大小为: 阔瓣含笑 > 深山含笑 > 金叶含笑 > 乐昌含笑。研究结果与大田容器苗受持续秋旱产生的旱害观测结果吻合, 为苏南地区北移引种提供了科学依据。

**关键词:** 含笑; 叶片解剖性状; 抗旱性

**中图分类号:** S722.3      **文献标识码:** A

## Studies on Leaf Anatomical Indexes and Their Relations to Drought Resistance of the Four Species of *Michelia*

LI Xiao-chu<sup>1,2</sup>, HUANG Li-bin<sup>1</sup>, ZHANG Yong-bing<sup>2</sup>, HE Kai-yue<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Jiangsu 211153 Nanjing China 2. Nanjing Forestry University, Jiangsu 210037, Nanjing China)

**Abstract** Anatomical indexes in leaves of 4 species of *Michelia* including *Michelia platyeta*, *Michelia tosi*, *Michelia foveolata* and *Michelia maudiae* (two-year-old seedling) and the performances in farm were observed and measured. The results showed that the differences of leaf thickness, cutin layer thickness, stockade tissue thickness, sponge tissue thickness, ratio of stockade tissue thickness to sponge tissue thickness, tightness of leaf tissue structure, sedimentation of leaf tissue structure and stomata density were significant, while the differences of the sizes of upper epidermis and lower epidermis were not. The trees with thick cutin layer, high stomata density, thick stockade tissue, high ratio of stockade tissue thickness to sponge tissue thickness, and high sedimentation of leaf tissue structure are of greater drought resistance. Leaf thickness, especially cutin layer thickness and sponge tissue thickness, are three important anatomical indexes of drought resistance. The order of their drought resistance are *Michelia platyeta* > *Michelia maudiae* > *Michelia foveolata* > *Michelia tosi*.

**Key words** *Michelia*; leaf anatomical index; drought resistance

收稿日期: 2005-08-09

基金项目: 江苏省农业科技攻关项目“优良常绿观赏阔叶树深山含笑、乐昌含笑引进及种源选择研究”(BE2001352)和国家林业局科技项目“城镇绿化乔木树种及生态功能树种区试”(2002-17A)协作研究项目研究内容之一

作者简介: 李晓储(1947—), 男, 河南新乡人, 江苏省林业科学研究院首席专家, 研究员, 南京林业大学兼职教授。

\* 通讯作者: 张永兵 zyb0507@yahoo.com.cn

含笑属 (*Michelia* L.) 是木兰科 (*Magnoliaceae*) 重要树种, 自然分布于我国中亚热带地区。该属树种树形优美, 材质优良, 叶、花、果实富含糖类、烯类、酯类和醇类等芳香物质, 多有药用价值, 是我国南方丘陵山区林业生态建设与城市绿化建设的优良观赏用材及药用树种, 在林业建设中具有广阔应用前景和很高经济价值及社会、生态效益<sup>[1-2]</sup>。

由于含笑属树种的优良特性, 近年来我国林业科技工作者相继开展了该属树种的引种研究<sup>[3-10]</sup>。为了发掘含笑属树种资源的引种应用潜力, 为城市森林建设选育优良的生态景观绿化树种, 作者选择属内相对比较耐寒的阔瓣含笑 (*M. platypetala* Hand-Mazz)、深山含笑 (*M. maudiae* Dunn)、金叶含笑 (*M. foveolata* Merr et Dandy) 和乐昌含笑 (*M. tosi* Dandy) 进行北移引种试验。因引种地受北亚热带气候影响, 降雨量比原产地少, 空气相对湿度小, 冬季极端低温低等原因, 含笑北移引种至江苏苏南丘陵地区, 易遭受寒害和伏秋旱害, 对此开展了相关观测研究<sup>[3,4,9,10]</sup>; 但目前有关含笑对北移引种抗旱适应性研究甚少, 对其抗旱性机理尚不了解。为此, 用上述 4 种较耐寒的含笑为材料, 通过叶解剖结构形态性状指标测定, 结合盆栽试验与大田容器苗观察测定其抗旱系数, 探讨供试含笑叶解剖结构性状差异及其与抗旱性指标的关系, 旨在为江苏苏南地区北移引种筛选出抗旱性较强的优良品种提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试树种

供试树种为阔瓣含笑、深山含笑、金叶含笑和乐昌含笑, 容器苗, 苗龄 1~1 a 取自江苏省林业科学研究院苗圃。

### 1.2 观测方法

1.2.1 叶片解剖性状测定 2004 年 11 月初在苗木成熟叶片上, 以叶脉中部为中心, 切取 0.5 cm<sup>2</sup> 的叶片组织进行测定, 每品种取样 10 个, 用 FAA 固定液固定, 制成石蜡切片, 厚度 8 μm, 番红—固绿双重染色, 中性胶封片。在 OLYMPUS 光学显微镜下观察并用目测尺测定叶片结构参数<sup>[10]</sup>, 同时计算<sup>[11]</sup>:

叶片组织结构紧密度 = 栅栏组织厚度 / 叶片厚度 × 100%,

叶片组织结构疏松度 = 海绵组织厚度 / 叶片厚度 × 100%。

1.2.2 气孔密度观察 在新鲜叶片样品上下表面涂 1 层快干胶, 干燥后将胶膜取下, 放在干燥的载玻片上, 盖好盖玻片, 在显微镜下观察。

1.2.3 受旱田间观测和抗旱系数的测定 于 2005 年 2 月中旬将试验容器苗 (带基质保持完整根系) 移植至试验盆, 栽植盆高 40 cm, 直径 25 cm。于 2005 年 3 月中旬进行盆栽试验测定, 每种含笑固定 10 株盆栽样株, 控制不浇水, 每天观测 1 次供试树种的受害表现, 连续观测 35 d 至盆栽土壤含水量由原来的 54% 降至 14.7% 时, 调查苗木受害程度, 即无伤害、萎蔫、枯萎和枯死 4 个等级, 分别给予 0, 1, 2, 3 观测值:

0 级——无伤害: 叶片与幼芽正常, 外观无明显变化;

1 级——萎蔫: 幼芽、幼叶轻微失水萎蔫;

2 级——枯萎: 叶片都失水呈枯色, 芽变黑色;

3 级——枯死: 植株多半枯萎或近死亡。

由  $P = \sum_{j=1}^3 n_j x_j / (N \times x_{\max})$  式计算旱害指数, 旱害指数愈低, 抗旱性愈强, 式中  $X_j$  为受旱害等级值 ( $j=1, 2, 3$ ),  $n_j$  为各受旱害等级株数,  $N$  为调查总株数,  $X_{\max}$  为旱害最重级值 3。由  $DRI = 1 - P$  式计算抗旱指数,  $DRI$  值愈小, 植株受害愈重, 抗旱性愈弱。

### 1.3 数据统计分析

用单因素方差分析法分析树种间叶解剖性状指标差异和抗旱系数差异, 用相关分析法研究叶解剖性状间的关系和叶解剖性状指标与抗旱性指标的相关关系; 用逐步回归法比较标准回归系数绝对值大小, 分析影响含笑抗旱系数的叶解剖性状重要因子; 依据主要叶解剖性状值的高低, 综合田间抗旱性指标, 评价供试含笑的抗旱性。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶解剖性状的差异

从表 1、2 中看出: 4 种含笑间在叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度, 栅栏组织与海绵组织厚度比值、叶片结构紧密度、气孔密度 6 个解剖性状上具极显著或显著差异, 大小排序均为: 阔瓣含笑 > 深山含笑 > 金叶含笑 > 乐昌含笑; 4 种含笑间在叶片结构疏松度和海绵组织厚度性状上也达极显著差异, 但树种间大小排序为: 阔瓣含笑 < 深山含笑 < 金叶含笑 < 乐昌含笑。上、下表皮厚度差异不显著。

表 1 4种含笑叶片解剖指标的测定结果

树种	叶片厚度	角质层厚	上表皮厚	下表皮厚	栅栏组织	海绵组织	栅栏组织与海	叶片结构 / 叶片结构		气孔密度 /
	$\mu\text{m}$	度 $\mu\text{m}$	度 $\mu\text{m}$	度 $\mu\text{m}$	厚度 $\mu\text{m}$	厚度 $\mu\text{m}$	绵组织厚度比	紧密度	疏松度	(个 $\cdot \text{mm}^{-2}$ )
阔瓣含笑	1 124 71	28. 20	52 17	43 24	625 10	376. 00	1. 66	0 558	0 33	46 3
深山含笑	1 014 73	20. 68	55 93	44 18	508 07	385. 90	1. 32	0 501	0 38	30 3
金叶含笑	916 50	10. 34	57 81	43 71	398 56	406. 10	0. 98	0 435	0 44	26 9
乐昌含笑	801 82	5. 64	50 76	48 41	281 06	416. 00	0. 68	0 351	0 52	25 6

表 2 4种含笑叶片解剖性状的方差分析

性状	差异来源	平方和	自由度	均方	F 值
叶片厚度	组间	569 590 6	3	189 863 5	103 436 5 <sup>*</sup>
	组内	66 080 03	36	1 835 556	
上表皮厚度	组间	319 752 8	3	106 584 3	1 586 301 <sup>ns</sup>
	组内	2 418 855	36	67 190 42	
下表皮厚度	组间	170 093	3	56 697 67	0 960 499 <sup>ns</sup>
	组内	2 125 058	36	59 029 39	
角质层厚度	组间	3 099 227	3	1 033 076	85 897 96 <sup>*</sup>
	组内	432 964	36	12 026 78	
栅栏厚度	组间	638 636 8	3	212 878 9	178 709 2 <sup>*</sup>
	组内	42 883 32	36	1 191 203	
海绵组织厚度	组间	10 022 23	3	3 340 744	3 540 382 <sup>*</sup>
	组内	33 970	36	943 611 2	
栅栏组织与海绵组织厚度比	组间	5 488 858	3	1 829 619	123 787 7 <sup>*</sup>
	组内	0 532 091	36	0 014 78	
叶片结构紧密度	组间	0 235 719	3	0 078 573	132 758 5 <sup>*</sup>
	组内	0 021 307	36	0 000 592	
叶片结构疏松度	组间	0 192 415	3	0 064 138	111 017 4 <sup>*</sup>
	组内	0 020 798	36	0 000 578	
气孔密度	组间	4 132 133	3	1 377 378	170 046 6 <sup>*</sup>
	组内	453 6	56	8 1	

注: F 临界值,  $F_{0.01} = 4 377 1$ ,  $F_{0.05} = 2 866 3$ ,  $F_{0.10} = 2 242 6$

## 2.2 4种含笑抗旱系数差异

田间盆栽试验测定表明: 供试 4 种含笑抗旱系数 (DRI) 有极显著差异 (表 3), 其抗旱系数排序为:

阔瓣含笑 > 深山含笑 > 金叶含笑 > 乐昌含笑, 这说明阔瓣含笑抗旱性最强, 深山含笑其次, 金叶含笑抗旱性较强, 乐昌含笑抗旱性最弱。

表 3 4种含笑抗旱系数的方差分析

树种	抗旱系数 (DRI)	方差分析参数			F 临界值		
		组间均方	组内均方	F 值	$F_{0.01}$	$F_{0.05}$	$F_{0.10}$
阔瓣含笑	0. 947 9	0 413 8	0 013 1	31. 564 1 <sup>*</sup>	5 952 5	3 490 3	2 605 5
深山含笑	0. 682 3						
金叶含笑	0. 500 0						
乐昌含笑	0. 182 3						

## 2.3 叶片解剖性状间的相关

由表 4 相关分析看出:

(1) 叶角质层厚度与叶片厚度、栅栏组织厚度、栅栏组织和海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度呈极显著或显著正相关, 而与海绵组织厚度、叶片结

构疏松度呈极显著或显著负相关。

(2) 表皮厚度 (上表皮厚度与下表皮厚度) 与叶片厚度、角质层厚度、海绵组织、栅栏组织厚度等叶解剖性状虽有一定的正相关或负相关趋势, 但均未达到统计置信的水平。

(3) 栅栏组织厚度与叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度呈显著或极显著的正相关, 而与海绵组织厚度、叶片结构疏松度呈显著负相关。

(4) 栅栏组织与海绵组织厚度的比值与角质层厚度、栅栏组织厚度、叶片厚度、叶片结构紧密度呈极显著正相关, 而与海绵组织、叶片结构疏松度呈显著或极显著负相关。

(5) 叶片结构紧密度与叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值呈

显著或极显著正相关, 而与海绵组织厚度呈负相关, 与叶片结构疏松度呈极显著负相关。

(6) 叶气孔密度虽与叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度呈明显正相关, 但尚未达统计显著度。

由此可见, 叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度、栅栏组织与海绵组织比值、叶片结构紧密度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值等性状间都有显著或极显著的相关关系。

表 4 4种含笑叶片解剖性状的相关系数矩阵

性状	叶片厚度	角质层厚度	上表皮厚度	下表皮厚度	栅栏组织厚度	海绵组织厚度	栅栏组织与海绵组织厚度比	叶片结构紧密度	叶片结构疏松度	气孔密度
叶片厚度	1									
角质层厚度	0.987 0*	1								
上表皮厚度	0.109 7	-0.014 4	1							
下表皮厚度	-0.829 3	-0.733 2	-0.410 9	1						
栅栏组织厚度	0.999 9**	0.989 3	0.097 6	-0.820 6	1					
海绵组织厚度	-0.985 0*	-0.996 1*	-0.051 2	0.754 6	-0.987 2*	1				
栅栏组织与海绵组织厚度比	0.998 8**	0.993 4*	0.065 3	-0.800 7	0.999 4**	-0.989 7	1			
叶片结构紧密度	0.996 2**	0.977 5	0.187 0	-0.899 2	0.995 5**	-0.983 0	0.992 3*	1		
叶片结构疏松度	-0.994 7**	-0.977 3	-0.193 1	0.857 3	-0.994 1**	0.984 5	-0.991 0*	-0.999 8**	1	
气孔密度	0.882 8	0.896 3	-0.304 5	-0.568 1	0.885 2	-0.853 6	0.894 7	0.838 7	-0.830 0	1

注: 相关临界值  $|r_{0.05}| = 0.950$  |  $r_{0.01}| = 0.990$

## 2.4 叶解剖性状与抗旱性的关系

由表 5 可看出: 叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚度和栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度等叶解剖性状与抗旱系数有极显著或显著的正相关关系, 而海绵组织厚度与抗旱系数呈显著负相关。由此可知, 上述因子与含笑树种的抗旱适应性关系密切(表 5), 而气孔密度与抗旱性系数的相关关系不显著。

对表 5 中叶片厚度 ( $X_1$ )、角质层厚度 ( $X_2$ )、栅栏组织厚度 ( $X_3$ )、海绵组织厚度 ( $X_4$ )、栅栏组织与

海绵组织厚度的比值 ( $X_5$ )、叶片结构紧密度 ( $X_6$ )、气孔密度 ( $X_7$ ) 与抗旱系数  $Y$  进行多元逐步标准回归分析, 得出:  $Y = 2.744 + 0.003X_1 - 0.013X_2 + 0.001X_4$  ( $R = 0.999$   $R^2 = 0.998$   $F = 22.338^{**}$ )。由此可见, 叶片厚度、角质层厚度、海绵组织厚度是含笑树种抗旱性的重要解剖指标, 并从叶解剖性状  $X_i$  的标准回归系数  $b_i$  绝对值大小排序  $b_2 > b_1 > b_4$  看出, 评价含笑抗旱适应性的叶解剖性状重要性因子为叶片角质层厚度最大, 其次是叶片厚度, 第三为海绵组织厚度。

表 5 叶解剖性状与抗旱系数的相关分析

叶解剖性状	叶片厚度 ( $X_1$ )	角质层厚度 ( $X_2$ )	栅栏组织厚度 ( $X_3$ )	海绵组织厚度 ( $X_4$ )	栅栏组织与海绵组织厚度的比值 ( $X_5$ )	叶片结构紧密度 ( $X_6$ )	气孔密度 ( $X_7$ )
相关系数 $r$	0.997 4*	0.972 9*	0.996 2*	-0.972*	0.992 9*	0.995 9*	0.871

注: 相关临界值  $|r_{0.05}| = 0.950$  |  $r_{0.01}| = 0.990$

## 2.5 含笑品种抗旱性的评价

用叶角质层厚度、叶片厚度、海绵组织厚度等解

剖性状指标评价供试含笑品种的抗旱性, 从表 6 可知: 阔瓣含笑叶片和角质层的厚度均较厚, 海绵组织

厚度较薄, 故抗旱性强; 深山含笑叶片厚度和角质层厚度较厚, 海绵组织较薄, 故抗旱性也较强; 金叶含笑叶解剖性状低于深山含笑, 故抗旱性也略低于深山含笑; 乐昌含笑叶片较薄, 叶角质层较薄, 叶海绵组织厚度较厚, 因此抗旱性最弱(表 6)。供试 4 种含笑抗旱性排序为: 阔瓣含笑 > 深山含笑 > 金叶含笑 > 乐昌含笑, 这与在持续 60 d 秋旱极端气候下大田的观测结果吻合(表 7)。

表 6 4 种含笑植物 3 个重要叶解剖性状与抗旱系数的比较

树种	叶片解剖性状参数			抗旱系数 (DRI)
	叶片厚度 /	角质层厚度 /	海绵组织厚度 /	
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	
阔瓣含笑	1 124 71	28. 20	376 00	0. 947 9
深山含笑	1 014 73	20. 68	385 87	0. 682 3
金叶含笑	916 50	10. 34	406 08	0. 500 0
乐昌含笑	801 82	5. 64	415 95	0. 182 3

表 7 4 种含笑容器苗田间遭受持续(60 d)秋旱时的旱害

树种	苗龄 /	观测株	枯萎株	受害株	旱害	抗旱性
	a	数株	数株	率 %	指数	排序
阔瓣含笑	2	100	2	2 0	0 04	1
深山含笑	2	80	4	5 0	2 81	2
金叶含笑	2	70	9	12 9	12 86	3
乐昌含笑	2	86	29	33 7	33 72	4

注: 田间土壤为下蜀系黄土母质发育的黄棕壤, pH 值 6.2, 质地为轻至重壤。2004 年秋旱(9-10月)连续 60 d, 自然降雨量仅 1.3 mm, 比正常年份减少 98%。

### 3 结论

(1) 4 种含笑(苗龄 2 a)在叶角质层厚度、栅栏组织厚度、叶片厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度、叶片结构疏松度和气孔密度等指标上有显著或极显著差异; 上、下表皮厚度差不显著。角质层厚度、栅栏组织厚度、叶片厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度、叶片结构疏松度、海绵组织厚度等叶解剖性状间有显著相关关系, 而上、下表皮厚度和气孔密度与其它测试性状间未见明显的关系。

(2) 盆栽试验含笑品种间的抗旱性系数(DRI)差异极显著, 与叶片厚度、角质层厚度、栅栏组织厚

度、海绵组织厚度、栅栏组织与海绵组织厚度的比值、叶片结构紧密度有显著或极显著相关, 而与气孔密度的正相关不显著。多元逐步净回归分析表明: 叶角质层厚度、叶片厚度、海绵组织厚度等 3 个性状是评价含笑品种抗旱性的重要叶解剖性状指标。

(3) 选用叶角质层厚度, 叶片厚度, 海绵组织厚度等 3 个重要性状对供试含笑品种进行抗旱适应性评价, 得出阔瓣含笑 > 深山含笑 > 金叶含笑 > 乐昌含笑, 这与当年田间容器苗遭受持续秋旱时观测结果相吻合。由于阔瓣含笑叶角质层厚, 叶片厚, 海绵组织薄, 故抗旱性强; 乐昌含笑角质层薄, 叶片薄, 海绵组织厚, 故抗旱性弱。

(4) 本文结果只反映含笑叶解剖性状指标与田间抗旱系数的关系, 至于含笑品种叶解剖构造指标与抗旱性直接关系及其抗旱性机理尚待继续研究。

### 参考文献:

- [1] 郑万钧. 中国树木志(第 1 卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985
- [2] 叶桂艳. 中国木兰科树种 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996
- [3] 李晓储, 黄利斌, 黄钟玉, 等. 含笑种源引进及测定评价 [J]. 江苏林业科技, 2005, 32(2): 1~4
- [4] 李晓储, 黄利斌, 施士争, 等. 深山含笑引种苗期试验初报 [J]. 江苏林业科技, 1999, 26(4): 1~10
- [5] 林志洪, 林雄. 多用途树种金叶含笑的开发与应用 [J]. 林业实用技术, 2004, 9: 43~44
- [6] 林金国, 郑郁善, 张金洋, 等. 福建含笑木材物理力学性质的研究 [J]. 西北林学院学报, 1999, 14(2): 33~36
- [7] 刘忠颖, 施宗明. 城市绿化的优良树种—云南含笑 [J]. 云南林业, 2003, 6: 19~20
- [8] 刘克旺, 苏勇, 侯碧清, 等. 乐昌含笑群落特征及其种群动态 [J]. 中南林学院学报, 2004, 24(4): 47~50
- [9] 李晓储, 万志州, 黄利斌, 等. 乐昌含笑引种育苗技术研究 [J]. 林业科技开发, 2001, 15(3): 14~15
- [10] 卢洪霖, 李晓储, 黄利斌, 等. 深山含笑、乐昌含笑、醉香含笑引种栽培试验 [J]. 江苏林业科技, 2003, 30(4): 24~35
- [11] 高信曾. 植物学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [12] 吴林, 霍焰, 聂小兰, 等. 沙棘叶片组织结构观察及其与抗旱性关系的研究 [J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(4): 390~393
- [13] 蓝英山, 郝瑞, 林凤起, 等. 西伯利亚杏、普通杏、东北杏抗旱性的研究 [J]. 北方园艺, 1900(s): 39~40
- [14] 李多伟, 王义潮, 晋坤贞, 等. 中国沙棘营养器官结构特征及其与生境关系的研究 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 1996, 26(3): 247~250