

# 广东8种乡土绿化树种的叶结构型性状研究

刘爽<sup>1</sup>, 李静鹏<sup>2</sup>, 孙余丹<sup>1,2</sup>, 李文斌<sup>2</sup>

(1. 湛江师范学院生命科学与技术学院, 广东 湛江 524048; 2. 华南农业大学林学院, 广州 510642)

**摘要:** 为探讨乡土绿化树种对广东边缘热带和南亚热带气候的响应特征, 在广州和湛江选取 8 种共有乡土绿化树种进行叶片结构型性状研究, 分析两地间各性状的异同以及相关性状与叶比重(LMA)间的关系。结果表明, 叶片鲜重(FW)、叶长、叶宽、平均宽度以及干重(DW)、叶面积和叶片含水率等在两地存在差异, 但并未表现出一致的变化规律; 尖叶杜英(*Elaeocarpus apiculatus*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、大叶紫薇(*Lagerstroemia speciosa*)和非洲楝(*Khaya senegalensis*)两地间的比叶面积(SLA)差异极显著( $P < 0.001$ ); 洋紫荆(*Bauhinia variegata*)的上、中部叶片厚度(TH), 黄葛榕(*Ficus virens* var. *sublanceolata*)、大叶紫薇、白兰(*Michelia alba*)和人面子(*Dracontomelon duperreanum*)的上部叶片厚度均为广州大于湛江( $P < 0.05$ )。LMA 与 FW 和 DW 呈显著正相关, 与叶片含水率呈显著负相关, 而与叶面积、叶平均宽度和宽长比并无显著的线性相关关系。这可能是两地的气候条件相差不大, 还不足以使乡土树种的结构型性状产生一致性的适应性变化特征。

**关键词:** 广州; 湛江; 乡土绿化树种; 叶片结构; 比叶面积; 边缘热带

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2013.02.012

## Leaf Structure Characteristics of Eight Indigenous Greening Trees in Guangdong

LIU Shuang<sup>1</sup>, LI Jing-peng<sup>2</sup>, SUN Yu-dan<sup>1,2</sup>, LI Wen-bin<sup>2</sup>

(1. College of Life Sciences, Zhanjiang Normal University, Zhanjiang 524048, China; 2. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** To reveal the effects of edge tropical and lower subtropical climatic conditions on indigenous trees in Guangdong Province, leaf structure characteristics of 8 indigenous greening species in Guangzhou and Zhanjiang were studied. The relationship between leaf mass per area (LMA) and leaf structure characters were analyzed. The results showed that leaf structure characters, i.e., fresh weight (FW), leaf length, leaf width, average leaf width and dry weight (DW), leaf area and leaf moisture content, had significant differences between two cities without consistent pattern. Specific leaf area (SLA) of *Elaeocarpus apiculatus*, *Pterocarpus indicus*, *Lagerstroemia speciosa* and *Khaya senegalensis* had significant difference between Zhanjiang and Guangzhou ( $P < 0.001$ ), while did not SLA of *Michelia alba*, *Dracontomelon duperreanum*, *Bauhinia variegata* and *Ficus virens* var. *sublanceolata*. The thickness (TH) of upper and middle leaves of *Bauhinia variegata*, upper leaves of *Ficus virens* var. *sublanceolata*, *Lagerstroemia speciosa* and *Dracontomelon duperreanum* in Guangzhou were larger than those in Zhanjiang ( $P < 0.05$ ). LMA had significantly positive correlation with FW and DW, and significantly negative correlation with leaf moisture content. There were not significant relation between LMA and leaf area, average leaf width and ratio of width to length. The climate conditions of two climate zones in Guangdong are differ litter, which not enough to make consistent adaptive variation of leaf structure characteristics in indigenous greening tree species.

**Key word:** Guangzhou; Zhanjiang; Indigenous greening tree; Leaf structure; SLA; Edge tropics

收稿日期: 2012-09-11 接受日期: 2012-11-01

基金项目: 湛江市科技攻关项目(2010C3110012)资助

作者简介: 刘爽(1980~), 女, 汉族, 硕士, 讲师, 研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail: liushuangaaa@163.com

叶片是植物进行光合作用的主要器官,是获取外界资源和进行物质交换的重要场所<sup>[1-2]</sup>,更是生态系统赖以维系的能量转换器<sup>[3]</sup>。叶片性状直接影响到植物的行为和功能特点,与植物对资源的获取和利用有着密切的联系,能够有效地反映其所适应的生境条件,体现植物在特定生存环境下的生存策略以及对环境变化的响应<sup>[4-6]</sup>。叶片的结构型特征包括比叶面积(SLA)、叶厚度(TH)、叶鲜重(FW)、叶干重(DW)和叶干物质含量(DMC)等指标<sup>[7-9]</sup>,是植物在外界环境条件(尤其是气候条件)的长期影响下经遗传变异和自然选择而逐步形成的,这些生物化学结构性状相对稳定,可以较好地反映植物在不同环境因子充足或胁迫等环境条件下的气体交换、能量吸收和碳固定等一系列生存对策。

乡土树种是经过长期的自然选择和物种演替后对当地各环境因子有高度生态适应性的木本植物种类<sup>[10]</sup>。乡土树种有助于地域文化的构建并保证生态安全<sup>[11]</sup>,在未来的城市绿化和园林建设中必然会起到越来越重要的作用。广东乡土树种种类丰富,除粤北部分地区属中亚热带湿润区气候类型外,全省大部分区域的气候类型分属亚热带湿润亚区-闽粤桂低山平原区和边缘热带湿润地区-琼雷低山丘陵区两大类<sup>[12]</sup>,两类气候类型较为相似,但是否会对乡土树种的生长和分布有明显的影响,这一问题值得探讨。因此,本文在两气候区具有代表性的城市——广州和湛江,分别选取岭南园林中较

为常见的8种乡土绿化树种,对其叶结构型性状进行研究,通过分析这些性状在地区间的差异来探讨乡土树种对广东省不同气候条件的响应特点,为乡土树种的生态适应性研究和在城市绿化中的应用提供科学参考,从而促进生态园林的发展和对乡土树种有效的保护与利用。

## 1 研究地概况

研究地设置在广州和湛江两城市,广州(112°57' ~ 114°35' E, 22°36' ~ 24°04' N)位于珠江三角洲的北缘,北回归线从中穿过。湛江市(109°31' ~ 110°55' E, 20° ~ 21°35' N)位于中国大陆的最南端,包括雷州半岛全部和半岛以北一部分,东濒南海,西临北部湾。两城市气候类型分属亚热带湿润亚区-闽粤桂低山平原区和边缘热带湿润地区-琼雷低山丘陵区(图1,表1)<sup>[12]</sup>。

## 2 材料和方法

### 2.1 取样

选定城市园林中应用较多的8种乡土绿化树种作为研究对象(表2),于2012年7月中旬在每个城市对每种植物各取10株生长成熟、长势良好的个体进行重复取样,保持每株植物的胸径近乎一致(避免树龄的影响)。广州在越秀公园和天河区部

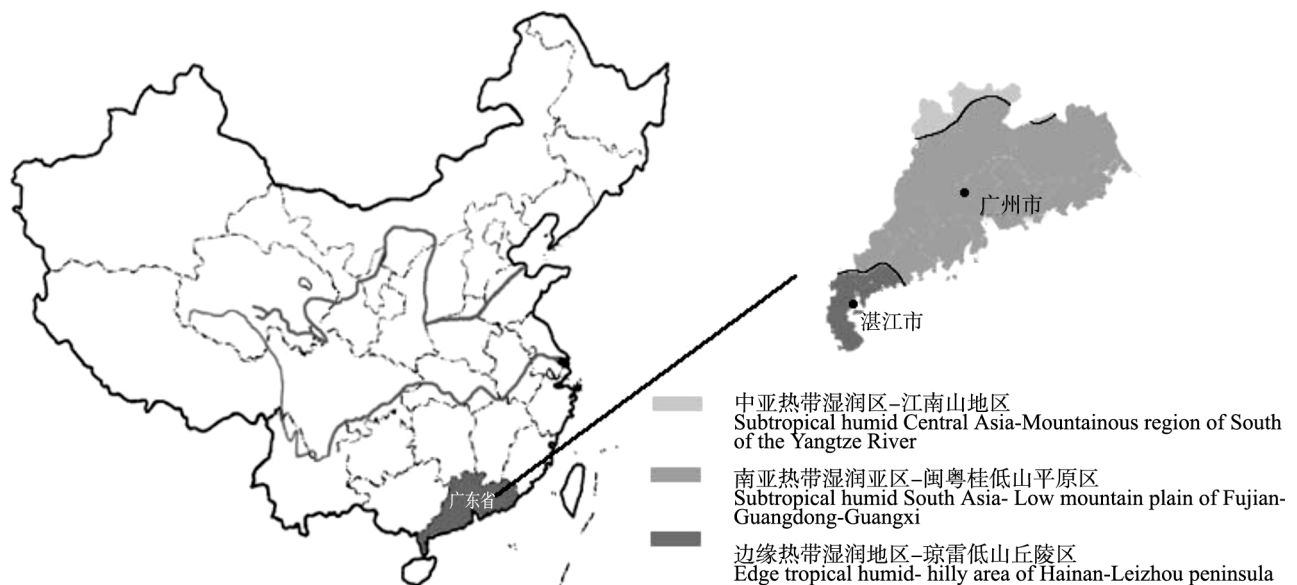


图1 研究区地理位置

Fig. 1 Location of the study sites

表1 采样地点及所属气候区资料<sup>[12]</sup>Table 1 Sampling sites and climatological data of two climatic regions<sup>[12]</sup>

采样地点 Sampling site	气候区 Climatic region	日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的 日数 Days of daily average temperature $\geq 10^{\circ}\text{C}$	干燥度 Dry degree	1月气温( $^{\circ}\text{C}$ ) Temperature of January	7月气温( $^{\circ}\text{C}$ ) Temperature of July	年降水量 Annual precipitation (mm)
广州 Guangzhou	南亚热带湿润亚区-闽粤桂低山平原区 Subtropical humid South China- Low mountain plain in Fujian-Guangdong-Guangxi	325	0.5	13.6	28.6	1736
湛江 Zhanjiang	边缘热带湿润地区-琼雷低山丘陵区 Edge tropical humid-hilly area of Hainan- Leizhou peninsula	363	0.6	17.7	28.6	1653

表2 8种乡土树种基本特征<sup>[13-15]</sup>Table 2 General characteristics of indigenous tree species<sup>[13-15]</sup>

植物 Species	科 Family	属 Genus	叶形态 Leaf morphology
尖叶杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	杜英科 Elaeocarpaceae	杜英属 <i>Elaeocarpus</i>	叶聚生于枝顶、革质、全缘或上半部有小钝齿,倒卵状披针形,先端钝,中部以下渐变狭窄,基部窄圆形。
印度紫檀 <i>Pterocarpus indicus</i>	蝶形花科 Papilionaceae	紫檀属 <i>Pterocarpus</i>	奇数羽状复叶,小叶互生,下垂,卵形,先端锐尖,基部钝形,革质,全缘。
洋紫荆 <i>Bauhinia variegata</i>	苏木科 Caesalpiniaceae	羊蹄甲属 <i>Bauhinia</i>	互生,近革质,广卵形,基部浅至深心形,先端2裂达叶长的1/3,裂片阔,钝头或圆。
黄葛榕 <i>Ficus virens var. sublancoolata</i>	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>	互生,叶薄革质,全缘,卵状披针形,先端短渐尖,基部钝圆形。
大叶紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i>	千屈菜科 Lythraceae	紫薇属 <i>Lagerstroemia</i>	互生、革质、全缘,矩圆状椭圆形,顶端钝形,基部阔楔形。
白兰 <i>Michelia alba</i>	木兰科 Magnoliaceae	含笑属 <i>Michelia</i>	互生、薄革质、全缘,披针状椭圆形,先端长渐尖,基部楔形。
人面子 <i>Dracontomelon duperreanum</i>	漆树科 Anacardiaceae	人面子属 <i>Dracontomelon</i>	奇数羽状复叶,全缘;小叶互生,近革质,长圆形,自下而上逐渐增大,先端渐尖,基部偏斜。
非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i>	楝科 Meliaceae	非洲楝属 <i>Khaya</i>	羽状复叶,全缘;革质,小叶互生,长圆状椭圆形,先端短渐尖,基部宽楔形,稍不对称。

分街道取样,湛江取样地主要为寸金公园和赤坎区部分街道。每株植物采集树冠中部不同方向、受光一致的当年生枝条4枝,每枝在顶端第5片叶至最后第5片叶之间取一片成熟、完整和健康的典型叶片,用滤纸擦拭干净后装入密封袋进行实验室指标的测定<sup>[8]</sup>。

## 2.2 结构型性状的测定

对每片叶子进行编号,用1/100天平称量每片叶子的鲜重(FW),然后用Epson Perfection V700 Photo扫描仪进行叶面积扫描,叶面积、叶长、叶宽、长宽比等指标采用软件WinFolia 7.0测量和计

算<sup>[16]</sup>,其中叶宽是指叶片最宽处的长度,平均宽为每片叶从叶尖至叶柄处各部位叶宽的平均值;将扫描后的叶片放入105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱杀青15 min,在80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒重<sup>[17]</sup>,并称量每片叶的干重(DW)。用精度为0.02 mm的游标卡尺测定每片叶子上、中、下3个部位的叶片厚度(TH),测量位置为叶片主脉两侧约0.25 cm处<sup>[7]</sup>。叶片的比叶面积、叶比重和含水量按如下公式进行计算:

比叶面积(SLA,  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) = 叶面积( $\text{cm}^2$ ) / 叶干重(g), 叶片含水率(%) = [叶鲜重(g) - 叶干重(g)] / 叶鲜重(g), 叶比重(LMC,  $\text{mg cm}^{-2}$ ) = 叶干重(g) / 叶面积( $\text{cm}^2$ )。

### 2.3 数据分析

统计各结构型性状数据,用 SPSS 17.0 进行独立样本  $t$  检验,分析性状在湛江和广州间的差异;分析叶比重与各结构型性状之间的相关关系,相关分析和 Kruskal-Wallis 检验采用软件 SASTISTICA 8.0。显著性水平为  $P < 0.05$ ,数据保留两位小数,标准误差均为舍入误差。

## 3 结果和分析

### 3.1 鲜重和叶形态的比较

8 种乡土树种的不同结构型指标在湛江和广州存在差异(表 3)。尖叶杜英(*Elaeocarpus apiculatus*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、非洲楝(*Khaya senegalensis*)和人面子(*Dracontomelon duperreanum*)的鲜重在两地间并无显著性差异( $P > 0.05$ ),而洋紫荆(*Bauhinia variegata*)、黄葛榕(*Ficus virens* var. *sublanceolata*)、大叶紫薇(*Lagerstroemia speciosa*)和白兰(*Michelia alba*)的鲜重表现出显著差异( $P < 0.05$ )。

尖叶杜英的叶宽及平均宽在两地间存在显著性差异,但其叶长和宽长比并未存在显著性差异;印度紫檀的叶长、叶宽、平均宽均表现为湛江显著小于广州,但长宽比却为湛江大于广州;洋紫荆的叶长、叶宽和平均宽均为湛江显著大于广州,其长宽比为广州大于湛江;黄葛榕的叶长、叶宽和平均宽为湛江大于广州,但其宽长比却无显著性差异;大叶紫薇的叶宽和平均宽在两地间无显著差异,但其叶长和长宽比有显著差异;白兰的叶长在两地间无显著差异,但其叶宽、平均宽和宽长比均表现为广州大于湛江;人面子的叶长、叶宽在两地间无显著差异,但其平均宽和宽长比为湛江大于广州;非洲楝的宽长比为湛江大于广州,但其叶长、叶宽和平均宽之间并无显著差异。这些结果表明湛江和广州两地间的树种鲜重和各形状指标不存在明显的规律性差异,每树种表现出各自的变化特征。

### 3.2 干重、叶面积和叶片含水率的地区间差异

8 种树种的干重、叶面积和叶片含水率在湛江和广州间的差异表现也不同(图 2)。大叶紫薇、人

表 3 两城市间 8 种植物的叶片结构型性状

Table 3 Leaf structure characteristics of 8 species in two cities

植物 Specie	地点 Site	鲜重 Fresh weight (g)	叶长 Length (cm)	叶宽 Width (cm)	平均宽 Average width (cm)	宽长比 W/L
尖叶杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	湛江 Zhanjiang	2.19 ± 0.09a	19.45 ± 0.41a	6.72 ± 0.14b	3.88 ± 0.08b	0.35 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	2.06 ± 0.16a	20.79 ± 0.71a	7.54 ± 0.30a	4.54 ± 0.19a	0.36 ± 0.01a
印度紫檀 <i>Pterocarpus indicus</i>	湛江 Zhanjiang	0.77 ± 0.02a	12.53 ± 0.25b	6.25 ± 0.10b	3.85 ± 0.06b	0.51 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.85 ± 0.04a	14.92 ± 0.28a	6.91 ± 0.15a	4.33 ± 0.10a	0.47 ± 0.01b
洋紫荆 <i>Bauhinia variegata</i>	湛江 Zhanjiang	2.74 ± 0.10a	16.41 ± 0.25a	14.00 ± 0.19a	9.66 ± 0.19a	0.86 ± 0.02b
	广州 Guangzhou	1.37 ± 0.08b	11.60 ± 0.31b	10.86 ± 0.26b	7.58 ± 0.22b	0.94 ± 0.01a
黄葛榕 <i>Ficus virens</i> var. <i>sublanceolata</i>	湛江 Zhanjiang	1.28 ± 0.05b	18.32 ± 0.32b	6.14 ± 0.09b	3.41 ± 0.06b	0.34 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	1.63 ± 0.09a	19.59 ± 0.48a	6.80 ± 0.19a	4.06 ± 0.13a	0.35 ± 0.01a
大叶紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i>	湛江 Zhanjiang	1.84 ± 0.10b	17.14 ± 0.37b	7.61 ± 0.14a	4.95 ± 0.10a	0.45 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	2.65 ± 0.16a	19.10 ± 0.37a	7.71 ± 0.18a	4.92 ± 0.15a	0.41 ± 0.01b
白兰 <i>Michelia alba</i>	湛江 Zhanjiang	2.20 ± 0.08b	21.62 ± 0.45a	7.14 ± 0.14b	4.26 ± 0.09b	0.33 ± 0.01b
	广州 Guangzhou	2.48 ± 0.08a	22.36 ± 0.36a	7.80 ± 0.15a	4.74 ± 0.10a	0.35 ± 0.01a
人面子 <i>Dracontomelon duperreanum</i>	湛江 Zhanjiang	0.66 ± 0.03a	12.92 ± 0.24a	3.81 ± 0.07a	2.66 ± 0.06a	0.30 ± 0.00a
	广州 Guangzhou	0.65 ± 0.03a	13.40 ± 0.26a	3.66 ± 0.08a	2.50 ± 0.06b	0.27 ± 0.00b
非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i>	湛江 Zhanjiang	0.89 ± 0.05a	14.34 ± 0.35a	5.34 ± 0.13a	3.77 ± 0.09a	0.38 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.99 ± 0.04a	14.80 ± 0.37a	5.04 ± 0.14a	3.57 ± 0.10a	0.34 ± 0.01b

同一树种同列数据后不同字母表示差异显著性( $P < 0.05$ )。

Data followed different letters within column of the same tree indicate significant differences at 0.05 level.

面子和非洲楝的叶面积在两地间并无显著差异,除洋紫荆的叶面积为湛江显著大于广州外,尖叶杜英、印度紫檀、黄葛榕和白兰的叶面积均为湛江小于广州。尖叶杜英、印度紫檀、白兰和人面子的叶片干重在两城市间并无显著性差异,洋紫荆仍为湛江大于广州,而其余3树种的干重为广州大于湛江。两地的叶片含水率在印度紫檀、黄葛榕、白兰和人面子等树种中并无显著差异;尖叶杜英的含水率为湛江小于广州;洋紫荆、大叶紫薇和非洲楝的

叶片含水率则为湛江大于广州。其中,作为湛江市市树的洋紫荆的干重、叶面积和叶片含水率均表现为湛江大于广州;而人面子的3个指标在两个城市间并无显著差异。

### 3.3 比叶面积与叶厚度的地区间差异

比叶面积代表植物单位叶干重的光截获面积,与植物的同化率密切相关,反映植物获取资源的能力,与植物的生存对策有密切联系<sup>[18]</sup>。尖叶杜英、

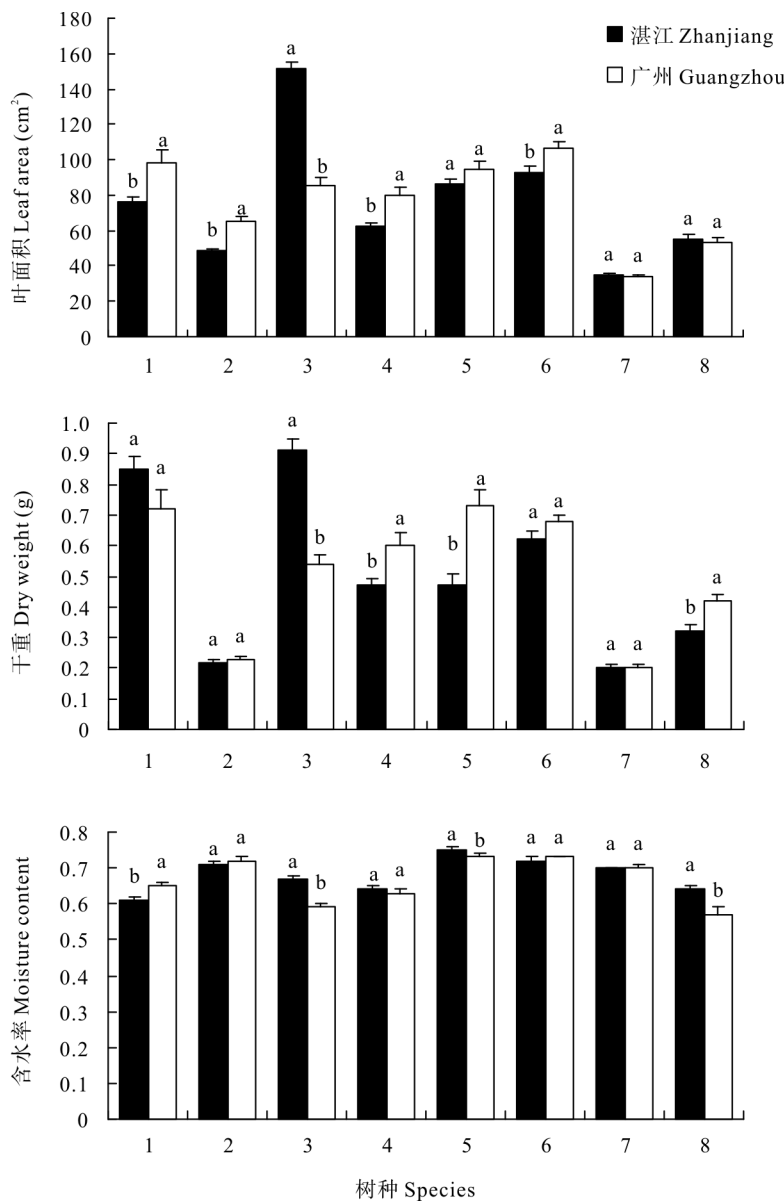


图2 8种乡土树种的叶片干重、叶面积和含水率的地区间差异。1. 尖叶杜英; 2. 印度紫檀; 3. 洋紫荆; 4. 黄葛榕; 5. 大叶紫薇; 6. 白兰; 7. 人面子; 8. 非洲楝。同一树种柱上不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Fig. 2 Differences in dry weight, leaf area and moisture content of leaves of 8 indigenous trees between two cities. 1. *Elaeocarpus apiculatus*; 2. *Pterocarpus indicus*; 3. *Bauhinia variegata*; 4. *Ficus virens* var. *sublanceolata*; 5. *Lagerstroemia speciosa*; 6. *Michelia alba*; 7. *Dracontomelon duperreanum*; 8. *Khaya senegalensis*. Different letters above column of the same species indicate significant difference at 0.05 level.

印度紫檀、大叶紫薇和非洲楝的 SLA 在湛江和广州有极显著差异( $P < 0.001$ ),表明这几种乡土树种对两地气候条件的响应不同;白兰、人面子、洋紫荆和黄葛榕的 SLA 在广州和湛江没有显著差异( $P > 0.05$ ),两地气候条件的差异不足以使上述 4 种乡土树种发生 SLA 的改变(图 3)。

叶片厚度通常与比叶面积有紧密的联系,是衡量植物生存策略的关键叶性状之一<sup>[19-20]</sup>。从表 4 可见,8 种乡土树种的下部叶厚度在两地间并无显著性差异;仅有洋紫荆的中部叶厚度在两地间有显著差异,广州大于湛江;洋紫荆、黄葛榕、大叶紫薇、白兰和人面子的上部叶厚度均为广州显著大于湛江,其余 3 树种在两地间无显著差异,表明部分乡土树种的上部和中部叶厚度对气候变化有所响应,且变化呈现一致的规律,均为广州大于湛江。

### 3.4 叶比重与各结构型因子间的相关关系

作为 SLA 的倒数, LMA 表示单位叶面积的

干物质质量,可以更为直观地表现叶的固碳能力与同化效率。从图 4 可见, LMA 与选取的 6 个结构型性状有不同程度的相关关系。LMA 与叶面积、平均宽和宽长比的整体水平上存在显著差异( $P < 0.05$ ),但并没有明显的线性相关关系( $R^2 < 0.100$ ); LMA 与鲜重呈弱的正相关关系( $P < 0.001$ ,  $R^2 = 0.151$ ); LMA 与叶片含水率和干重分别呈中等强度的负相关和正相关关系( $P < 0.001$ ,  $R^2 = 0.346$ ;  $P < 0.001$ ,  $R^2 = 0.359$ )。

## 4 结论和讨论

### 4.1 植物叶片对不同生境类型的响应

植物叶片对环境的反应较为敏感,其性状反映了环境对植物的影响及植物对环境的适应状况<sup>[21]</sup>,植物形态特征的改变是适应变化环境的重要生存策略<sup>[22]</sup>,其相对于内部的生理机制有更强的可塑性<sup>[23]</sup>。本文测定的 8 种乡土树种的叶结构型性状

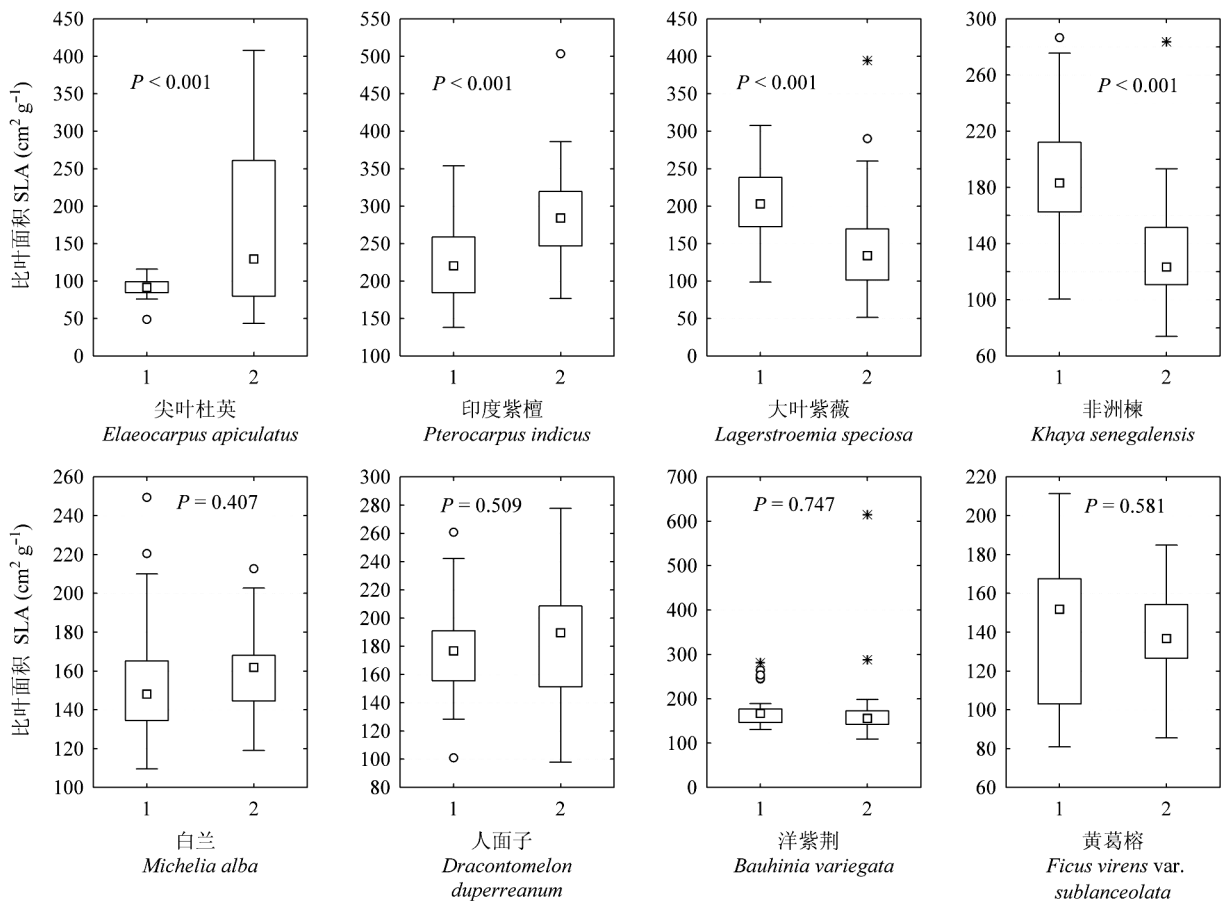


图 3 两地 8 种乡土树种比叶面积的差异。1. 湛江; 2. 广州; □: 25% ~ 75%; I: 非离群值范围; ○: 离群值; \*: 极端值。

Fig. 3 Differences in SLA of 8 indigenous trees between Guangzhou and Zhanjiang. 1. Zhanjiang; 2. Guangzhou; □: 25% - 75%; I: Non-outlier range; ○: Outliers; \*: Extremes.

表4 两地8种乡土树种不同部位的叶厚度比较

Table 4 Comparisons of leaf thickness on different parts of eight indigenous greening tree species between two cities

树种 Specie	样地 Site	上 Upper (mm)	中 Middle (mm)	下 Lower (mm)
尖叶杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	湛江 Zhanjiang	0.30 ± 0.04a	0.28 ± 0.02a	0.23 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.29 ± 0.03a	0.30 ± 0.04a	0.28 ± 0.02a
印度紫檀 <i>Pterocarpus indicus</i>	湛江 Zhanjiang	0.18 ± 0.01a	0.18 ± 0.00a	0.19 ± 0.00a
	广州 Guangzhou	0.20 ± 0.03a	0.17 ± 0.03a	0.15 ± 0.03a
洋紫荆 <i>Bauhinia variegata</i>	湛江 Zhanjiang	0.24 ± 0.01b	0.27 ± 0.01b	0.29 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.31 ± 0.03a	0.33 ± 0.02a	0.29 ± 0.02a
黄葛榕 <i>Ficus virens</i> var. <i>sublanceolata</i>	湛江 Zhanjiang	0.19 ± 0.01b	0.25 ± 0.02a	0.24 ± 0.04a
	广州 Guangzhou	0.29 ± 0.03a	0.27 ± 0.02a	0.21 ± 0.02a
大叶紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i>	湛江 Zhanjiang	0.29 ± 0.01b	0.30 ± 0.03a	0.27 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.40 ± 0.03a	0.34 ± 0.03a	0.30 ± 0.03a
白兰 <i>Michelia alba</i>	湛江 Zhanjiang	0.23 ± 0.01b	0.26 ± 0.01a	0.27 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.31 ± 0.02a	0.27 ± 0.02a	0.24 ± 0.01a
人面子 <i>Dracontomelon duperreanum</i>	湛江 Zhanjiang	0.20 ± 0.00b	0.25 ± 0.02a	0.24 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.30 ± 0.02a	0.24 ± 0.02a	0.21 ± 0.01a
非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i>	湛江 Zhanjiang	0.20 ± 0.01a	0.22 ± 0.01a	0.22 ± 0.01a
	广州 Guangzhou	0.25 ± 0.03a	0.21 ± 0.03a	0.24 ± 0.02a

同一树种同列数据后不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Data followed different letters within column of the same tree indicate significant differences at 0.05 level.

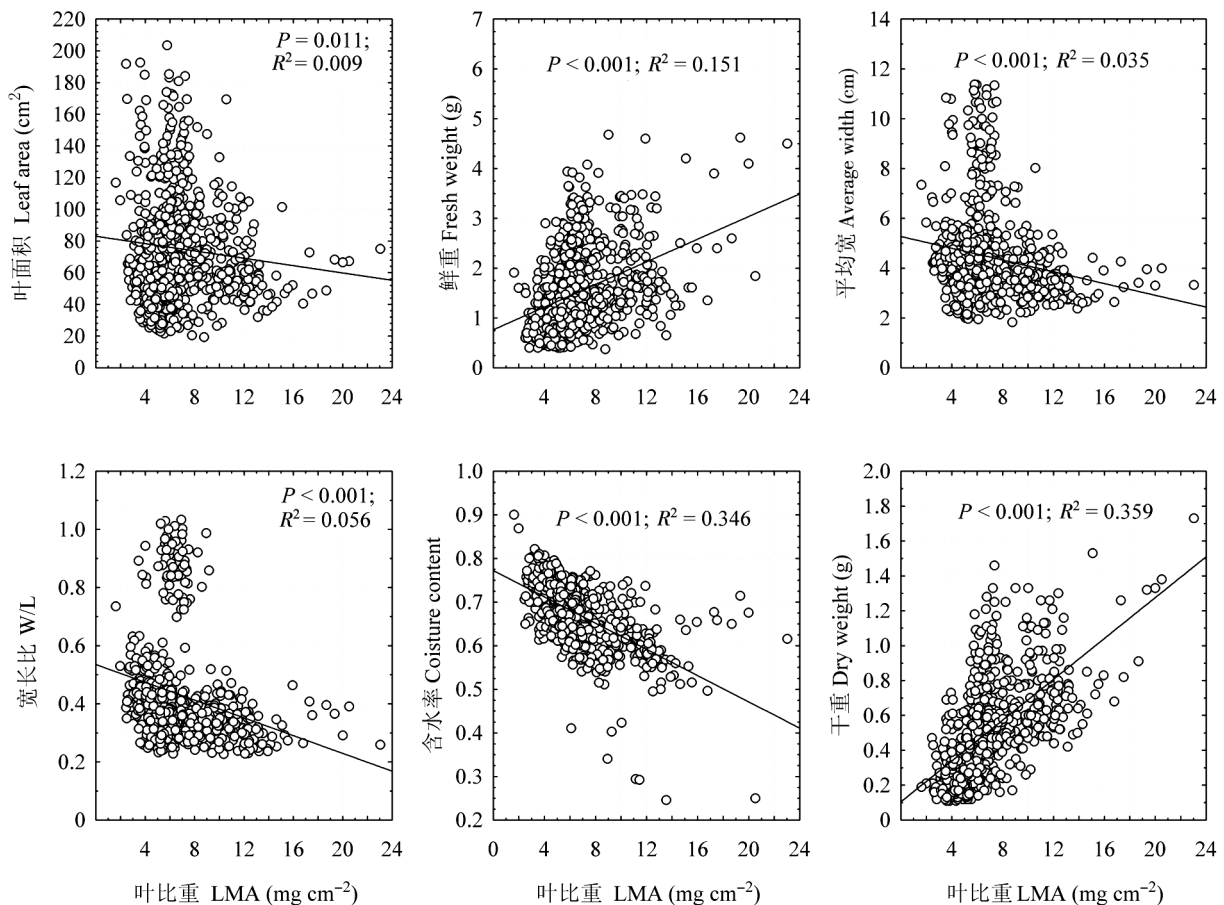


图4 叶比重与结构型性状之间的关系

Fig. 4 Correlation between LMA and other leaf structural traits

在两城市间各自呈现不同程度的差异,鲜重、叶长、叶宽、平均宽以及干重、叶面积和叶片含水率的地区间差异并未呈现一致的变化规律,表明乡土树种对不同的生境特点具有适应性变化,但形态特征的变化具有各自的特点。

SLA 表述为叶面积与叶干重的比值,能反映植物对不同生境的适应特征,其常为植物比较生态学研究中的首选指标<sup>[7]</sup>。比叶面积可以反映植物获取资源和利用水分的能力,通常认为低比叶面积的植物能更好的适应资源贫瘠和干旱的环境,高比叶面积的植物保持体内营养的能力较强<sup>[16,24]</sup>。本研究中尖叶杜英、印度紫檀、大叶紫薇和非洲楝的 SLA 在湛江和广州有显著差异,而白兰、人面子、洋紫荆和黄葛榕的 SLA 在两个地区并没有显著差异,表明 4 种乡土树种对气候因子或许有较宽的生态幅,导致两地气候因子的差异不足以使 4 种乡土树种发生生存策略的改变。

#### 4.2 水分因子对叶比重的影响

本研究中 LMA 与干重和鲜重呈显著正相关;与叶片含水率呈显著负相关,即叶片含水率越大、叶干物质含量越小, LMA 越小,单位叶面积干物质积累越小。也有研究表明 LMA 受水分影响显著,而受光照的影响并不显著, LMA 在较干旱地区拥有较大的值<sup>[9]</sup>,这与本文的研究结果相同。但 LMA 与叶面积、叶平均宽和宽长比并无显著线性相关关系,这与曾小平等<sup>[25]</sup>比叶面积与叶大小呈显著正相关的研究结果有所不同,可能与研究对象不同有关。曾小平等<sup>[25]</sup>对 25 种植物进行耐阴性研究,耐阴植物必然要通过增大叶面积来获取更多阳光,从而增大同化作用效率,进而导致比叶面积的增大。对于冠层乡土绿化树种,也许水分是其生长的主要制约因素,叶干物质含量的增加,即比叶面积的减少,使叶片内部水分向叶片表面扩散的距离增大,降低植物内部的水分散失,使比叶面积小的植物在贫瘠的环境中拥有更强的适应性<sup>[26]</sup>。

#### 4.3 探讨植物对不同气候条件的适应具有实践意义

按照郑景云等的气候区划新方案<sup>[12]</sup>,广东省大部分地区属于本文所探讨的两气候类型,不同乡土树种在南亚热带湿润亚区-闽粤桂低山平原区和边缘热带湿润地区-琼雷低山丘陵区两大气候区域内生长状况并不相同,乡土绿化树种的引种及驯化要

因树种而异。本文对研究乡土树种对广东气候的生态适应性和在园林文化构建中的应用与推广具有一定的实践意义,尤其对雷州半岛城市园林的建设,乡土树种具有巨大的应用潜力,在未来将会在未来的城市取样及乡土树种的选择中得以应用。

#### 参考文献

- [1] Xi X Q, Zhao Y J, Liu Y G, et al. Variation and correlation of plant functional traits in Karst area of central Guizhou Province, China [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2011, 35(10): 1000–1008.  
习新强, 赵玉杰, 刘玉国, 等. 黔中喀斯特山区植物功能性状的变异与关联 [J]. *植物生态学报*, 2011, 35(10): 1000–1008.
- [2] Wei L Y, Shangguan Z P. Relation between specific leaf areas and leaf nutrient contents of plants growing on slope lands with different farming-abandoned periods in the Loess Plateau [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(6): 2526–2535.  
韦兰英, 上官周平. 黄土高原不同退耕年限坡地植物比叶面积与养分含量的关系 [J]. *生态学报*, 2008, 28(6): 2526–2535.
- [3] Liu F D, Wang Z S, Zhang M, et al. Photosynthesis in relation to leaf nitrogen, phosphorus and specific leaf area of seedlings and saplings in tropical montane rain forest of Hainan Island, South China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, 27(11): 4651–4661.  
刘福德, 王中生, 张明, 等. 海南岛热带山地雨林幼苗幼树光合与叶氮、叶磷及比叶面积的关系 [J]. *生态学报*, 2007, 27(11): 4651–4661.
- [4] Zhang P P, Li Y Y, Shao M A. Effects of sandy land water habitat and years after rejuvenation pruning on leaf functional traits of *Salix psammophila* [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2011, 22(9): 2240–2246.  
张萍萍, 李秧秧, 邵明安. 沙地生境和平茬年限对沙柳叶功能特征的影响 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(9): 2240–2246.
- [5] Hu M Y, Zhang L, Luo T X, et al. Variations in leaf functional traits of *Stipa purpurea* along a rainfall gradient in Xizang, China [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2012, 36(2): 136–143.  
胡梦瑶, 张林, 罗天祥, 等. 西藏紫花针茅叶功能性状沿降水梯度的变化 [J]. *植物生态学报*, 2012, 36(2): 136–143.
- [6] Ishihara M I, Hiura T. Modeling leaf area index from litter collection and tree data in a deciduous broad-leaved forest [J]. *Agri For Meteor*, 2011, 151(7): 1016–1022.
- [7] Liu J H, Zeng D H, Lee D K. Leaf traits and their interrelationships of main plant species in southeast Horqin sandy land [J]. *Chin J Ecol*, 2006, 25(8): 921–925.  
刘金环, 曾德慧, Lee D K. 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] Huang W J, Li Z J, Yang Z P, et al. The structural traits of *Populus euphratica* heteromorphic leaves and their correlations [J]. *Acta Ecol Sin*, 2010, 30(17): 4636–4642.



- 黄文娟, 李志军, 杨赵平, 等. 胡杨异形叶结构型性状及其相互关系 [J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4636–4642.
- [9] Ogaya R, Peñuelas J. Leaf mass per area ratio in *Quercus ilex* leaves under a wide range of climatic conditions: The importance of low temperatures [J]. *Acta Oecol*, 2007, 31(2): 168–173.
- [10] Sun W B. Importance of indigenous plants in their application to the modern urban landscape architecture [J]. *Chin Landscape Architect*, 2003, 19(7): 63–65.  
孙卫邦. 乡土植物与现代城市园林景观建设 [J]. *中国园林*, 2003, 19(7): 63–65.
- [11] Li W H. Degradation and restoration of forest ecosystems in China [J]. *For Ecol Manag*, 2004, 201(1): 33–41.
- [12] Zheng J Y, Yin Y H, Li B Y. A new scheme for climate regionalization in China [J]. *Acat Geog Sin*, 2010, 65(1): 3–12.  
郑景云, 尹云鹤, 李炳元. 中国气候区划新方案 [J]. *地理学报*, 2010, 65(1): 3–12.
- [13] South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Flora of Guangdong, Tomus I* [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1987: 12–199.  
中国科学院华南植物研究所. 广东植物志 第1卷 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1987: 12–199.
- [14] South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Flora of Guangdong, Tomus V* [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2003: 190–227.  
中国科学院华南植物研究所. 广东植物志 第5卷 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2003: 190–227.
- [15] Zhou L J. *South China Indigenous Trees and Their Uses* [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2010: 36–285.  
周琳洁. 华南乡土树种及应用 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 36–285.
- [16] Bao L, Liu Y H. Comparison of leaf functional traits in different forest communities in Mt. Dongling of Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, 29(7): 3692–3703.  
宝乐, 刘艳红. 东灵山地区不同森林群落叶功能性状比较 [J]. *生态学报*, 2009, 29(7): 3692–3703.
- [17] Nasahara K N, Muraoka H, Nagai S, et al. Vertical integration of leaf area index in a Japanese deciduous broad-leaved forest [J]. *Agri For Meteor*, 2008, 148(6/7): 1136–1146.
- [18] Zheng Z X, Sun Z H, Zhang Z M, et al. Comparison of leaf, height and seed functional traits of species in Dry-hot valleys [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, 31(4): 982–988.  
郑志兴, 孙振华, 张志明, 等. 干热河谷植物叶片、树高和种子功能性状比较 [J]. *生态学报*, 2011, 31(4): 982–988.
- [19] Zhang L, Luo T X. Advances in ecological studies on leaf lifespan and associated leaf traits [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2004, 28(6): 844–852.  
张林, 罗天祥. 植物叶寿命及其相关叶性状的生态学研究进展 [J]. *植物生态学报*, 2004, 28(6): 844–852.
- [20] Huang W J, Li Z J, Yang Z P, et al. Heteromorphic leaf structural characteristics and their correlations with diameter at breast height of *Populus euphratica* [J]. *Chin J Ecol*, 2010, 29(12): 2347–2352.  
黄文娟, 李志军, 杨赵平, 等. 胡杨异形叶结构型性状及其与胸径关系 [J]. *生态学杂志*, 2010, 29(12): 2347–2352.
- [21] Meziane D, Shipley B. Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: Effects of irradiance and nutrient availability [J]. *Plant Cell Environ*, 1999, 22(5): 447–459.
- [22] Gonçalves B, Correia C M, Silva A P, et al. Leaf structure and function of sweet cherry tree (*Prunus avium* L.) cultivars with open and dense canopies [J]. *Sci Hort*, 2008, 116(4): 381–387.
- [23] Deng Y, Wang B, Su W H, et al. Phenotypic plasticity and physiological responses of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* seedling under drought stress [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin*, 2010, 30(6): 1173–1179.  
邓云, 王冰, 苏文华, 等. 干旱胁迫下巨尾桉的形态可塑性和生理响应特征 [J]. *西北植物学报*, 2010, 30(6): 1173–1179.
- [24] Davi H, Barbaroux C, Dufrêne E, et al. Modelling leaf mass per area in forest canopy as affected by prevailing radiation conditions [J]. *Ecol Model*, 2008, 211(3/4): 339–349.
- [25] Zeng X P, Zhao P, Cai X A, et al. Shade-tolerance of 25 low subtropical plants [J]. *J Beijing For Univ*, 2006, 28(4): 88–95.  
曾小平, 赵平, 蔡锡安, 等. 25种南亚热带植物耐阴性的初步研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(4): 88–95.
- [26] Qi J, Ma K M, Zhang Y X. Comparisons on leaf traits of *Quercus liaotungensis* Koidz. on different slope positions in Dongling Mountain of Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(1): 122–128.  
祁建, 马克明, 张育新. 北京东灵山不同坡位辽东栎(*Quercus liaotungensis*)叶属性的比较 [J]. *生态学报*, 2008, 28(1): 122–128.