

华南 5 种园林灌木叶性状特征及其对环境响应的研究

杭夏子, 翁殊斐*, 袁 喆

(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘 要:叶片是植物进行光合作用的主要器官,其性状特征直接影响到植物的基本行为和功能。为研究植物对环境变化的响应及指示作用,选择花叶鹅掌藤(*Schefflera heptaphylla*)、金叶假连翘(*Duranta erecta*)、金边决明(*Senna bicaapsularis*)、福建茶(*Carmona microphylla*)、狗牙花(*Tabernaemontana divaricata*) 5 种华南常用园林灌木,研究其在校园和道路绿地中叶片形态解剖结构特征、叶片含水量、比叶面积、叶厚度、叶氮含量等叶性状特征的变化。结果表明,5 种灌木的叶性状特征对环境变化均有一定响应,金叶假连翘和福建茶对环境变化有明显的响应,其次为金边决明、花叶鹅掌藤,狗牙花对环境变化响应较弱;而且叶性状指标间也有一定相关性,叶片含水量、比叶面积、叶氮含量等 3 个指标间成正相关。

关键词:园林灌木;叶性状特征;比叶面积;叶氮含量;华南地区

中图分类号:S731.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)-02-0243-05

Relationships Between Leaf Traits of 5 Plantscape Shrubs and Their Responses to the Environment in Southern China

HANG Xia-zi, WENG Shu-fei*, YUAN Zhe

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract: Leaf is the main organs of a plant for photosynthesis, and its traits directly impact on the basic behavior and function of a plant. To study the response and indication of plants to environmental changes, 5 shrub species commonly used in the establishment of plantscape in southern China were chosen as research objects, such as *Schefflera heptaphylla*, *Duranta erecta*, *Senna bicaapsularis*, *Carmona microphylla*, and *Tabernaemontana divaricata*. It's the leaf morphological anatomy structures, leaf water content (LWC), specific leaf area (SLA) and leaf nitrogen content per mass (N_{mass}) were measured. We concluded that leaf traits of 5 shrub species demonstrated responses to the environmental changes in certain degrees. *D. erecta* and *C. microphylla* exhibited the most active responses, followed by *S. bicaapsularis*, *S. arboricola*, *T. divaricata* had weakest response among the 5 species. Certain correlations existed between leaf traits. LWC, SLA and N_{mass} were positively correlated.

Key words: landscape shrub; leaf trait; specific leaf area; leaf nitrogen content; Southern China

植物与环境的相互关系一直是生态学研究的核心问题。植物生态学研究的一个重要目的是通过了解植物对环境的适应特征,预测植物种群、群落乃至整个生态系统对竞争、气候变化及土地利用变化的响应^[1]。现今,大多数植物生态学家认为,在众多的

植物性状中,植物的一些叶片性状被认为是环境状况的敏感指示者^[1],与植物的生长对策及植物利用资源的能力紧密联系^[2],并且这些叶片性状具有易测定的特点,植物种间的叶性状变化显著^[1],且可同时对大量植物种类进行比较^[2-3]。

收稿日期:2013-09-10 修回日期:2013-10-22

作者简介:杭夏子,女,在读研究生,研究方向:园林植物与观赏。E-mail:hangxiazi89@163.com

* 通信作者:翁殊斐,女,博士,副教授,研究方向:园林植物应用与城市绿化。E-mail:shufeiweng@scau.edu.cn

近年来在自然环境中,这些特性已被多次应用于了解和预测植物物种的分布和物种多度^[4]。在国外,植物生态学家和生理学家对比叶面积、叶片干物质含量、比叶重等^[5]主要叶片特性之间的关系以及叶片特性与气候的关系的研究较多^[4,6-7]。目前,国内对应应用叶片性状因子解释植物对环境变化的响应的研究较少^[8],而且叶功能性状的研究对象多为山林群落或干旱沙漠地区的植物^[2-4,8-9],对园林中常用植物种类的诸多叶片特性进行比较研究很少见报道。广州市中心城区常用园林灌木有 25 种,其种植数量占灌木总数的 80% 左右^[10],本研究从中选取在校园绿地和道路绿地中使用频率均较高的 5 种园林灌木,测定其叶性状指标,探寻植物对环境变化的响应,以为园林灌木的选择和应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择华南农业大学校园绿地(以下简称“校园”)和市政路 S303 华南快线华南东侧路的绿化带(以下简称“道路”)等 2 个环境下的福建茶(*Carmona microphylla*)、金叶假连翘(*Duranta erecta*)、金边决明(*Senna bicapsularis*)、花叶鹅掌藤(*Schefflera heptaphylla*)、狗牙花(*Tabernaemontana divaricata*)等 5 种园林灌木作为研究对象,分别选取 3~5 株生长健康的植株进行试验研究。取样点白天中小型车、大型车的流量,校园为 57 辆/h、18 辆/h、道路为 538 辆/h、142 辆/h;道路生长环境相对恶劣。

1.2 试验方法

1.2.1 植物形态解剖结构特征测定 采用活体切片法测定植物形态解剖结构特征。每种植物取 3 枚生长成熟、健康的叶片,沿中脉平行方向将叶片剪成 2 mm×5 mm 条状,用 30%~50% 琼脂糖包埋,待包埋完成后,用 Leica VT1000S 振动切片机进行切片,植物切片厚度控制在 12~20 μm 范围内,在电子显微镜下用 CellSens Entry 1.8 对植物切片进行实时观察并拍照记录植物组织的结构参数及其厚度。

1.2.2 叶形态指标测定与数据分析 采用凯氏定氮法测定单位重量的叶氮含量(N_{mass})^[3];比叶面积(Specific leaf area, SLA)和含水量(Leaf water content, LWC)则按公式计算^[11]。

采用 SPSS 17.0 对各性状因子进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 5 种灌木叶形态解剖结构特征的比较与分析

植物的形态结构会随生境的不同、生态因子的变化而发生变化,其中叶的变化最为快速明显,最能

反映植物对逆境的适应性^[12-13]。

表 1 结果显示,在相同环境中 5 种灌木间叶形态解剖结构参数均差异极显著($p = 0.000 < 0.01$)。由表 1 可以看出,校园和道路绿地中狗牙花均表现为海绵组织发达,栅栏组织薄,相应其栅栏组织与海绵组织的比值最低,其次为福建茶;花叶鹅掌藤的表皮厚度明显最高。校园绿地中金边决明海绵组织最薄;金边决明的栅栏组织与海绵组织的比值最高。道路中花叶鹅掌藤的栅栏组织最厚,栅栏组织和海绵组织比值最高,其次为金边决明。

在不同环境中,5 种灌木叶形态结构参数的差异显著性则各有不同。2 种环境中狗牙花的海绵组织和栅栏组织、金边决明的表皮和栅栏组织、金叶假连翘的栅栏组织/海绵组织以及福建茶的表皮均无显著差异;而花叶鹅掌藤的叶形态结构各个参数均差异显著,说明环境变化时,其叶形态解剖结构参数能做出积极响应。表 1 显示,花叶鹅掌藤、金叶假连翘、福建茶的变化幅度最大;金边决明的变化幅度较小,也可能与其叶片纸质、偏薄等原因有关,而不同质感的叶片,对于环境的响应机制可能是不同的。有的通过增加栅栏组织或皮层厚度,有的通过增加细胞液浓度等。

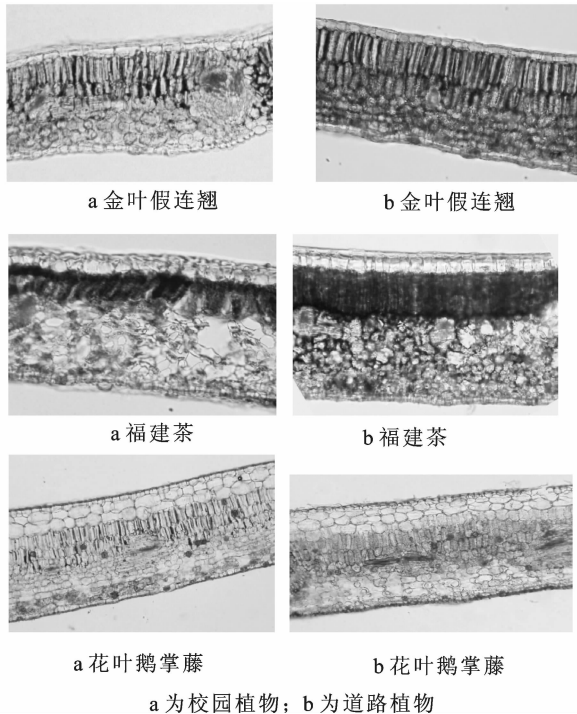


图 1 2 种环境下 3 种灌木叶横切面示意图

Fig. 1 Transverse section schematic diagrams of 3 landscape shrubs in different environments

由图 1 可看出,校园中福建茶的海绵组织排列疏松,细胞间隙发达,道路中福建茶的海绵组织排列紧密,细胞间隙小;金叶假连翘和花叶鹅掌藤的栅栏

组织均排列紧密整齐,细胞间隙较小,机械组织发达;花叶鹅掌藤的表皮明显较其他 4 种厚,这与其叶片厚革质的质感相符。

植物生活在逆境中时,其叶片解剖结构出现:叶片变厚,叶肉栅栏组织发达,海绵组织相应减少^[12]等,高山植物也经常会增加叶厚度来对抗强风等物理

胁迫,它可能与资源获取、水分保存和 CO₂ 同化有关^[3]。因此,植物组织解剖结构特征显示,环境发生变化时,金叶假连翘、花叶鹅掌藤和福建茶的变化幅度最大,即其对环境变化的响应最明显;金边决明则对环境变化时的响应较弱,狗牙花对环境响应最弱。

表 1 5 种灌木叶形态结构参数比较与分析

Table 1 Comparison and analysis of morphological and anatomical structure of 5 landscape shrubs

种名		表皮/ μm	栅栏组织/ μm	海绵组织/ μm	栅栏组织/海绵组织
狗牙花(<i>Tabernaemontana divaricata</i>)	校园	66.98±1.44a	64.26±1.05a	180.07±2.93a	0.36±0.01a
	道路	48.31±0.86b	68.28±1.80a	170.37±4.01a	0.40±0.01b
花叶鹅掌藤(<i>Schefflera heptaphylla</i> 'HongKong Variegata')	校园	128.15±3.06a	146.19±6.13a	156.33±4.59a	0.94±0.05a
	道路	114.57±2.49b	206.39±3.35b	137.31±5.29b	1.51±0.08b
金边决明(<i>Senna bicapsularis</i>)	校园	56.03±2.29a	96.25±2.31a	68.00±2.76a	1.43±0.08a
	道路	52.71±2.88a	94.50±3.46a	84.42±4.30b	1.13±0.09b
金叶假连翘(<i>Duranta erecta</i> 'Dwarf Leaves')	校园	36.33±0.61b	86.99±4.08b	82.24±3.28b	1.07±0.09 a
	道路	80.20±5.11a	154.94±6.52a	136.59±6.69a	1.15±0.09 a
福建茶(<i>Carmona microphylla</i>)	校园	62.08±1.46a	58.56±2.33a	111.58±2.08a	0.52±0.02 a
	道路	63.86±1.01a	110.08±1.26b	178.05±1.54b	0.62±0.01 b

注:字母标注仅表示不同环境同种灌木叶形态结构特征之间的差异显著性。

2.2 相同环境下 5 种灌木叶性特征的比较与分析

叶氮含量和比叶面积是描述植物叶片结构性状的基本参数,其变化反映了不同物种在长期进化过程中对其生存环境的适应特征。对 5 种园林灌木的叶形态指标进行显著性分析,结果显示在相同环境下不同种植物间植物叶性状指标均差异显著($p=0.000\sim0.002<0.05$)。

从图 2 可以看出,校园 5 种园林灌木比叶面积、氮含量均高于道路,说明植物比叶面积、叶氮含量对于环境变化做出了一定响应,而且 2 个指标间呈正相关。道路汽车尾气、烟尘等导致道路环境相对恶劣,植物比叶面积变小,可以增加其水分利用率,使其更加适应外界环境。

其中,金叶假连翘和福建茶的叶性状特征下降幅度最大,也是植物机体为适应环境变化做出的改变,同样二者的比叶面积、叶氮含量也可作为响应环境的叶性状特征,其次为金边决明;狗牙花和花叶鹅掌藤的下降幅度较小,也可能是其自身对环境的适应性较强,植物自身叶性状指标没有发生明显变化。

对于叶片结构型性状,在校园资源充足条件下,植物适应环境,生长良好,光合能力就强,叶氮含量就比较高,植物比叶面积比较大,净光合速率也会增加。

2.3 不同环境下 5 种灌木叶性特征的比较与分析

同种植物在不同环境中,由于自身适应环境变化的机制不同,植物体本身外部形态及生理指标也

会发生相应的变化,以此来响应环境的变化。

试验结果(表 2)显示,不同环境下同种植物间叶性状特征的显著性差异有所不同。由表 2 可以看出,不同环境中金边决明、金叶假连翘、福建茶的比叶面积均差异显著,而花叶鹅掌藤、狗牙花的比叶面积无显著差异,可能由于其叶片厚革质,叶片较大,比叶面积变化不明显;除狗牙花外,其余 4 种灌木叶片含水量均差异显著;而不同环境下花叶鹅掌藤、福建茶的叶氮含量均有显著差异,其余则无显著差异。

不同环境中 5 种灌木叶性状指标的差异性显示。狗牙花和花叶鹅掌藤的比叶面积在环境发生变化时对环境的响应最弱,而金边决明和福建茶最强,其次为金叶假连翘。狗牙花的叶片含水量对环境响应最弱,其余 4 种灌木叶的含水量对环境变化都有明显响应,其中金叶假连翘的响应最为明显,其次为福建茶。而在环境变化时,狗牙花、金边决明和金叶假连翘的叶氮含量对环境的响应最弱,福建茶对环境的响应最强,其次为花叶鹅掌藤。

因此,环境变化时,福建茶的叶性状指标均差异极显著,也说明其植物体本身对环境变化有明显响应,也可让其作为环境变化指示性植物。金叶假连翘和金边决明对环境也有一定的响应,狗牙花对环境变化的响应最弱。5 种灌木叶片比叶面积、含水量、叶氮含量等对环境有一定响应作用。在较恶劣的环境中,植物叶片含水量降低,与比叶面积、叶氮含量呈正相关。

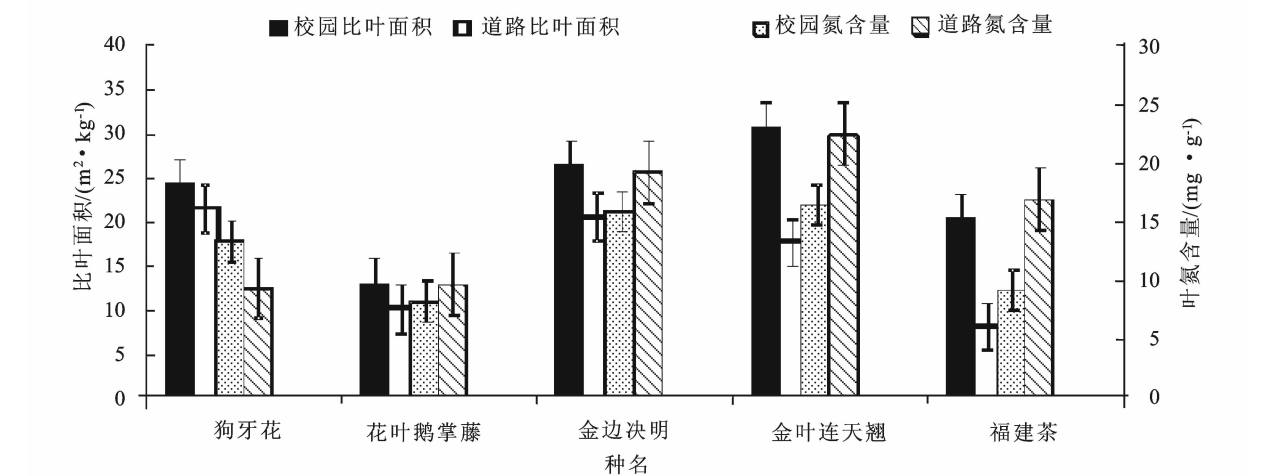


图 2 2 种环境下 5 种灌木的比叶面积和叶氮含量比较

Fig. 2 Comparison of SLA and Nmass for 5 landscape shrubs in different environment

表 2 不同环境条件下 5 种灌木叶性状指标的方差分析

Table 2 Comparison and analysis of morphological and anatomical structure of five landscape shrubs						
因子	种名	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
比叶面积	狗牙花	13.808	1	13.808	0.872	0.39
	花叶鹅掌藤	14.526	1	14.526	3.851	0.1
	金边决明	64.241	1	64.241	25.543	0.00*
	金叶假连翘	332.304	1	332.304	11.113	0.02*
	福建茶	289.682	1	289.682	26.523	0.00**
含水量	狗牙花	16.388	1	16.388	2.908	0.14
	花叶鹅掌藤	17.376	1	17.376	9.565	0.02*
	金边决明	34.031	1	34.031	28.637	0.00**
	金叶假连翘	174.005	1	174.005	20.428	0.00**
	福建茶	99.970	1	99.970	33.411	0.00**
叶氮含量	狗牙花	23.325	1	23.325	2.710	0.18
	花叶鹅掌藤	3.241	1	3.241	8.184	0.05*
	金边决明	16.834	1	16.834	3.620	0.13
	金叶假连翘	55.207	1	55.207	2.373	0.2
	福建茶	88.397	1	88.397	24.572	0.01*

注：* 表示 $p < 0.05$ ；** 表示 $p < 0.01$ 。

3 结论与讨论

叶片是对环境变化最为敏感的器官,其形态特征最能体现环境因子的影响或植物对环境的适应^[1]。比叶面积是评价植物叶片功能特性的重要参数,能反映植物对不同生境的适应特征,是植物比较生态学研究中的首选指标^[2-3],叶氮含量及比叶面积与水分利用效率密切相关,对植物水分利用效率具有重要的指示意义。

研究表明,5 种灌木叶性状指标对环境变化均有一定的响应和指示作用。其中,在较为恶劣的环境条件下,植物叶片含水量、比叶面积、单位重量叶氮含量降低,即叶片含水量、比叶面积和叶氮含量等 3 个特征间呈正相关,这与前人的试验结果相一致^[14-15]。在 5 种灌木中,金叶假连翘、福建茶和金边决明的含水量、比叶面积和氮含量变化对环境响应特别明显,花叶鹅掌藤的叶性状特征对环境也有一

定响应作用,可能狗牙花适应环境的策略与其他种类不同,对环境响应较弱。

园林应用中福建茶是属于抗性比较强的一个种,在研究结果中显示其随环境变化各个叶性状特征的变化均比较明显,说明机体对环境变化能够做出积极的适应策略,这也可能是其能适应恶劣环境的一个原因。植物在营养或水分较为贫乏的环境下,其比叶面积低、叶片厚,叶氮含量低这可以解释为植物为获得最大的碳收入和最少的水分消耗所采取的生存适应对策。这种相互关系反映了植物对环境适应的趋同进化特征,是进一步理解生态系统行为特征的基础。

参考文献:

[1] 许松葵,薛立. 6 种阔叶树种幼林的叶性状特征[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(6): 20-25.

XU S K, XUE L. Leaf characteristics of six broadleaved stands [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,

27(6):20-25. (in Chinese)

[2] 李玉霖, 崔建垣, 苏永中. 不同沙丘生境主要植物比叶面积和叶干物质含量的比较[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 304-311.
LI Y L, CUI J Y, SU Y Z. Specific leaf area and leaf dry matter content of some plants in different dune habitats[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(2): 304-311. (in Chinese)

[3] 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.
LIU J H, ZENG D H, DON K L. Leaf traits and their inter-relationships of main plant species in southeast Horqin sandy land[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(8): 921-925.

[4] 李晓兰, 李雪华, 蒋德明, 等. 科尔沁沙地 22 种菊科草本植物叶片形态特征研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1397-1401.
LI X L, LI X H, JIANG D M. *et al.* Leaf morphological characters of 22 compositae herbaceous species in Horqin sandy land[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(12): 1397-1401.

[5] ACKERLY DD, DUDLEY SA, SULTAN S E. *et al.* The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions[J]. Biological Science, 2000, 50(11): 979-995.

[6] WRIGHT I J, REICH P B, WESTOBY M. Strategy shifts in leaf physiology structure and nutrient content between species of high and low rainfall and high and low nutrient habitats[J]. Functional Ecology, 2001, 15: 423-434.

[7] NIINEMETS U. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area density and thickness in trees and shrubs[J]. Ecology, 2001, 82: 453-469.

[8] 李善家, 苏培玺, 张海娜, 等. 荒漠植物叶片水分和功能性状特征及其相互关系[J]. 植物生理学报, 2013, 49(2): 153-160.
LI S J, SU P X, ZHANG H N. *et al.* Characteristics and relationships of foliar water and leaf functional traits of desert plants[J]. Plant Physiology Journal, 2013, 49(2): 153-160. (in Chinese)

[9] 罗璐, 申国珍, 谢宗强, 等. 神农架海拔梯度上 4 种典型森林的乔木叶片功能性状特征[J]. 生态学报, 2011(21): 6420-6428.
LUO L, SHEN G Z, XIE Z Q. *et al.* Leaf functional traits of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011(21): 6420-6428. (in Chinese)

[10] 马芸. 广州市植物多样性和景观构成的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.

[11] 李永华, 罗天祥, 卢琦, 等. 青海省沙珠玉治沙站 17 种主要植物叶性因子的比较[J]. 生态学报, 2005(5): 994-999.
LI Y H, LUO T X, LU Q. *et al.* Comparisons of leaf traits among 17 major plant species in Shazhuyu Sand Control Experimental Station of Qinghai Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005(5): 994-999. (in Chinese)

[12] 王金照, 张文辉. 不同生境下栓皮栎叶形态解剖的研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 44-46.
WANG J Z, ZHANG W H. The research on form dissecting of quercus variabilis leaf in different habitats[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(2): 44-46. (in Chinese)

[13] 李欢, 樊军峰, 高建社, 等. 黑杨叶片旱生结构的比较[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(3): 113-118.
LI H, FAN J F, GAO J S. *et al.* Comparison on drought resistance on anatomical structures of black poplar leaf[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(3): 113-118. (in Chinese)

[14] WRIGHT I J, REICH P B, WESTOBY M. *et al.* The worldwide leaf economics spectrum[J]. Nature, 2004, 428: 821-827.

[15] 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.
ZHANG L, LUO T X. Advances in ecological studies on leaf lifespan and associated leaf traits[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(6): 844-852. (in Chinese)