



李卓冉,袁喆,翁殊斐,等.9种木质藤本的叶性状及其对光照的响应[J].江西农业大学学报,2024,46(1):152-160.
LI Z R,YUAN Z,WENG S F,et al.Leaf traits of nine tropical lianas and their response to light[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2024,46(1):152-160.

9种木质藤本的叶性状及其对光照的响应

李卓冉¹,袁喆²,翁殊斐^{1*},张波¹,姜飘¹

(1.华南农业大学 林学与风景园林学院,广东 广州 510640;2.深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司广州分公司,广东 广州 510000)

摘要:【目的】木质藤本是热带园林的特色类群,也是城市垂直绿化的主要材料,其生长发育过程均受到光照的影响和制约。叶片是植物重要的光合作用场所,叶性状能够反映植物对光环境的适应性。研究木质藤本的叶性状对光照的响应,将为城市园林绿化建设中木质藤本植物的选择与配置应用提供理论依据和实践参考。【方法】选择广州园林中常用的9种木质藤本,通过对比自然条件下全阳组和荫蔽组的叶厚度(TH)、比叶面积(SLA)、上下表皮细胞(TUE、TLE)、栅栏组织(TPT)、海绵组织(TST)等指标差异,分析其叶性状、变异系数和表型可塑性指数等特点,探究叶性状对光照的响应规律。【结果】(1)不同木质藤本间叶干重(DW)与叶鲜重(FW)相差较大,DMC相差最小,最稳定;(2)9种木质藤本应对两种光环境表现出不同的叶性状策略,异叶地锦(*Parthenocissus dalzielii*)的TH为全阳组大于荫蔽组,SLA为荫蔽组大于全阳组,弱光环境中减少物质交换阻力以及增加光捕获面积,软枝黄蝉(*Allamanda cathartica*)的叶性状规律与之相反,其他藤本在两种光环境下的性状表现介于两者之间;(3)荫蔽组木质藤本叶片普遍表现为TH小、SLA大,TUE、TLE、TPT和TST均小的特点,趋于阴生叶的特性;(4)忍冬(*Lonicera japonica*)和薜荔(*Ficus pumila*)的TPT变异系数大于50%,为生态适应性性状,DMC的表型可塑性指数最小,为最稳定的性状,TLE、DW、TPT等叶性状可塑性较强。【结论】将9种木质藤本根据光照适应性分为3类,异叶地锦为耐荫藤本,软枝黄蝉和使君子(*Quisqualis indica*)为喜阳藤本,薜荔、忍冬、鹰爪花(*Artabotrys hexapetalus*)、山牵牛(*Thunbergia grandiflora*)、叶子花(*Bougainvillea spectabilis*)和炮仗花(*Pyrostegia venusta*)为中性藤本,其中前两种藤本光照适应范围较宽,后两种中性偏阳。

关键词:木质藤本;叶性状;叶片解剖结构;园林植物;光照响应

中图分类号:Q949.99 文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2286(2024)01-0152-09



Leaf traits of nine tropical lianas and their response to light

LI Zhuoran¹,YUAN Zhe²,WENG Shufei^{1*},ZHANG Bo¹,JIANG Piao¹

(1.College of Forestry and Landscape Architecture Guangzhou, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China; 2. Guangzhou Branch, Shenzhen Leo Planning and Design Consulting Co., Ltd. Guangzhou 510000, China)

Abstract: [Objective] Lianas are the characteristic groups of tropical gardens and the main materials of urban vertical greening. The growth and development are affected and restricted by light. Leaves are important

收稿日期:2023-07-21 修回日期:2023-12-06

基金项目:国家自然科学基金项目(32171852)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(32171852)

作者简介:李卓冉,硕士生,orcid.org/0009-0003-3134-0227,lizhuoran0222@163.com;*通信作者:翁殊斐,副教授,博士,主要从事风景园林植物应用研究,orcid.org/0009-0003-8074-1537,shufeiweng@scau.edu.cn。

photosynthetic sites of plants, and leaf traits can reflect the adaptability of plants to the light environment. Therefore, studying the response of leaf traits of lianas to light will provide theoretical basis and practical reference for the selection and configuration of lianas in urban landscaping construction. [Method] In this study, 9 kinds of lianas commonly planted in gardens of Guangzhou city were selected. By comparing the differences of leaf thickness (TH), specific leaf area (SLA), upper and lower epidermal cells (TUE and TLE), palisade tissue (TPT), sponge tissue (TST) and other indicators between the sunny group and the shade group under natural conditions, the characteristics of leaf traits, coefficient of variation and phenotypic plasticity index were analyzed, and the response of leaf traits to light was explored. [Result] (1) The difference of leaf dry weight (DW) and leaf fresh weight (FW) between different lianas was large, and the difference of DMC was the smallest and the most stable; (2) Nine species of lianas showed different leaf trait strategies in response to the two light environments. The TH of *Parthenocissus dalzielii* in the full sun group was larger than that in the shade group, and the SLA in the shade group was larger than that in the full sun group. In the low light environment, the material exchange resistance was reduced and the light capture area was increased. The leaf traits of *Allamanda cathartica* had the opposite characteristics, and the traits performance of the other lianas in the two light environments were between the two; (3) The leaves of lianas in the shade group generally showed the characteristics of small TH, larger SLA, and small TUE, TLE, TPT and TST, which were in line with the characteristics of shade leaves; (4) The coefficient of variation of TPT in *Lonicera japonica* and *Ficus pumila* was higher than 50%, which was an ecologically adaptive trait, and the phenotypic plasticity index of DMC content was the smallest, which was the most stable trait. The plasticity of TLE, DW and TPT and other traits were highly plastic. [Conclusion] Lianas can be divided into three categories according to light adaptability. *Parthenocissus dalzielii* is a shade-tolerant liana; *Allamanda cathartica* and *Quisqualis indica* were sun-friendly lianas; The vines of *Ficus pumila* and *Lonicera japonica*, have a wider range of light adaptation, *Artabotrys hexapetalus* and *Thunbergia grandiflora* are neutral and inclined to be sun-friendly.

Keywords: lianas; leaf traits; leaf anatomy; landscape plants; light response

【研究意义】木质藤本是指其茎不能自我支撑,而需攀援于其他支持物上方能竖向生长的木本植物^[1]。在城市园林绿化应用上,常将藤状灌木归入园林木质藤本的范围。木质藤本多分布于热带、亚热带地区,在华南地区有着丰富的种质资源和巨大的应用潜力^[1]。叶片是植物与外界环境进行物质交换和能量流动的重要场所,可塑性强。叶性状能充分反映植物对环境的适应情况^[4],包括植物对资源的利用能力和对环境变化的响应^[5-6]。随着城市化进程的不断加速,木质藤本普遍应用于城市垂直绿化领域,且前景广阔。【前人研究进展】目前国内外学者对乔灌木、草本植物的叶性状与气候、资源、种内关系的研究较多^[7-9],对园林中木质藤本的研究多集中于种质资源调查和生态环境^[10-11],应用方面主要根据木质藤本的攀援习性和观赏特性确定配植方式^[12-13]。【本研究切入点】由于生活环境和自身特点的限制,木质藤本的整个生长发育过程均受到光照的制约^[2],不同光照强度会在一定程度上改变植物的叶性状^[3],而基于叶性状角度探析木质藤本对不同光环境适应能力的研究较少。【拟解决关键问题】本研究选择广州园林绿地的9种木质藤本植物,通过对比自然条件下全阳组和荫蔽组的叶厚度、比叶面积、上下表皮细胞、栅栏组织、海绵组织等指标差异,分析其叶性状、变异系数和表型可塑性指数等特点,探究叶性状对光照的响应规律,以期在城市园林绿化建设中木质藤本的选择与配置应用提供理论依据和实践参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究以广州兰圃、流花湖公园和华南农业大学作为研究地点。广州位于广东省东南部,在北回归线

以南,属于南亚热带海洋性季风气候。年平均气温为21.5~22.2℃;最冷月平均气温为10℃,最热月平均气温达28.8℃,年均降雨量1600~2000mm。

1.2 样品的采集与测定

选择城市绿地中应用频率较高的9种木质藤本作为研究对象,包括薜荔(*Ficus pumila*)、异叶地锦(*Parthenocissus dalzielii*)、使君子(*Quisqualis indica*)、忍冬(*Lonicera japonica*)、炮仗花(*Pyrostegia venusta*)、山牵牛(*Thunbergia grandiflora*)、软枝黄蝉(*Allamanda cathartica*)、鹰爪花(*Artabotrys hexapetalus*)、叶子花(*Bougainvillea spectabilis*)。采用DT-1300专业型照度计,于秋季09:00点测定栽植点的光照强度,根据所采集叶片环境的光照强度,将试验对象划分为全阳组和荫蔽组,全阳组的光照范围为55600~68400lx,荫蔽组的光照范围为80~3100lx。

1.3 试验方法

1.3.1 植物叶性状数据测定

于晴朗天气分别选取全阳组和荫蔽组的成年植株,剪切健康、成熟、无病虫害的叶片并放入湿润的密封袋中,将密封袋储存在黑暗容器内。试验时,从同一光照条件下的每藤本中随机抽取30片叶,随机分为3组,每组10片,沿叶片上、中、下位置均匀选3个点,利用游标卡尺(精确到0.02mm)测量主脉两侧叶厚度(leaf thickness, TH)3次取平均值;将叶片快速扫描到电脑中,使用WinFOLIA阔叶分析系统测定叶面积(leaf area, LA);剪去叶柄后将叶片放入水中,在5℃的黑暗环境中冷藏12h,吸干叶片水分后,用精确到百万分之一的电子天平称量叶饱和鲜重(leaf saturated fresh weight, FW)并编号记录;将叶片放入80℃的烘箱内烘48h,取出对应编号的叶片,测量其叶干重(leaf dry weight, DW);按照公式(1)、(2)计算比叶面积(specific leaf area, SLA)、叶干物质含量(leaf dry matter content, DMC)^[5];根据公式(3)、(4)计算表型可塑性指数和变异系数^[14]。

$$SLA = LA/DW \quad (1)$$

$$DMC = DW/FW \quad (2)$$

$$\text{表型可塑性指数} = (\text{最大平均值} - \text{最小平均值})/\text{最大平均值} \quad (3)$$

$$\text{变异系数} = \text{标准差}/\text{平均值} \times 100\% \quad (4)$$

1.3.2 叶片形态解剖结构的测定

采用活体切片法测定植物形态解剖结构指标。从9种藤本的全阳组和荫蔽组中分别随机抽取生长成熟、健康的3枚叶片,以平行于中脉方向将叶片剪成约2mm×5mm的条状,用30%~50%琼脂糖包埋条状叶片后,使用Leica VT1000S振动切片机将叶片厚度控制在12~15μm范围内并切片,用显微镜观察并记录叶片组织的结构参数及厚度,指标包括上表皮细胞厚度(thickness of upper epidermal, TUE)、下表皮细胞厚度(thickness of lower epidermal, TLE)、栅栏组织厚度(thickness of palisade tissue, TPT)、海绵组织厚度(thickness of sponge tissue, TST),计算栅栏组织与海绵组织之比(P/S, 栅海比)。

1.4 数据处理

使用SPSS软件分析数据,采用Duncan's多重比较分析9种藤本各叶性状因子之间显著性差异和9种藤本同种光环境下的叶性状显著性差异,使用单因素t检验(Anova)分析同种藤本不同光环境间的差异,使用Origin2023绘制柱状图。文中数据为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 9种木质藤本的叶性状特征

9种木质藤本的5种叶性状间差异较大($P<0.05$),其中山牵牛的TH最大,使君子最小(表1);山牵牛的FW最大,约为最小值薜荔的16.75倍;鹰爪花的DW最大,约为最小值忍冬的9.46倍;山牵牛的SLA最大,最小值为薜荔;薜荔的DMC最大,约为最小值山牵牛的2.47倍。结果表明,不同藤本间DW与FW相差较大,DMC相差最小、最稳定;同种藤本的叶性状间存在权衡关系。

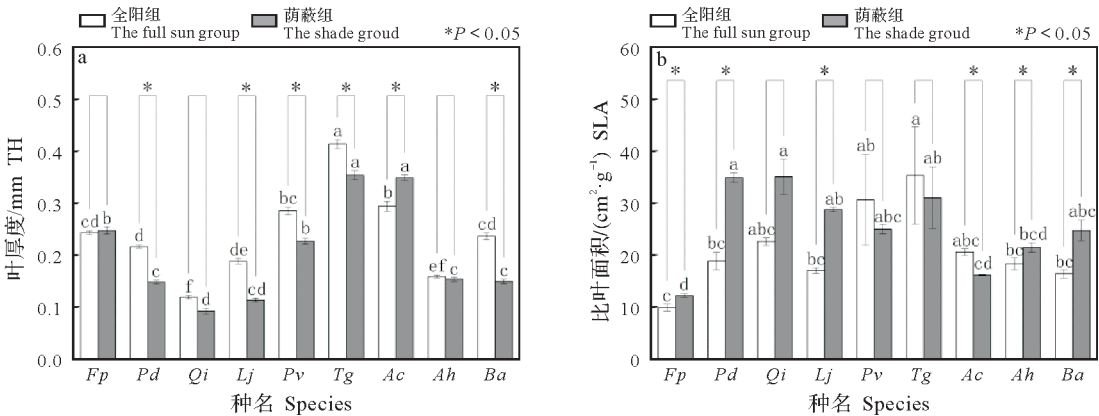
表 1 9 种木质藤本叶性状特征
Tab.1 Characteristics analysis of leaf traits of 9 lianas

种名 Species	缩写 Abbreviation	叶厚度/mm TH	叶饱和鲜重/g FW	叶干重/g DW	比叶面积/ (cm ² ·g ⁻¹) SLA	叶干物质含量/ (g·g ⁻¹) DMC
软枝黄蝉 <i>Allamanda cathartica</i>	Ac	0.32±0.04 ^b	12.97±1.44 ^b	2.05±0.33 ^{cd}	18.33±2.51 ^{cd}	0.16±0.01 ^f
鹰爪花 <i>Artabotrys hexapetalus</i>	Ah	0.16±0.01 ^d	10.27±1.75 ^e	3.50±0.76 ^a	19.84±2.33 ^{bc}	0.34±0.03 ^b
叶子花 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	Ba	0.19±0.05 ^d	9.33±4.11 ^e	2.33±1.07 ^{bc}	20.52±5.13 ^{bc}	0.25±0.01 ^d
薜荔 <i>Ficus pumila</i>	Fp	0.24±0.02 ^c	1.14±0.23 ^e	0.42±0.07 ^e	10.97±1.51 ^d	0.37±0.03 ^a
忍冬 <i>Lonicera japonica</i>	Lj	0.15±0.04 ^d	1.33±0.13 ^e	0.37±0.05 ^e	22.84±6.50 ^{bc}	0.27±0.02 ^e
异叶地锦 <i>Parthenocissus dalzielii</i>	Pd	0.18±0.04 ^d	6.01±2.67 ^d	1.39±0.81 ^d	26.84±9.03 ^{abc}	0.22±0.04 ^e
炮仗花 <i>Pyrostegia venusta</i>	Pv	0.26±0.04 ^c	6.52±1.29 ^d	1.53±0.38 ^d	27.76±10.12 ^{ab}	0.23±0.01 ^{de}
使君子 <i>Quisqualis indica</i>	Qi	0.11±0.02 ^e	6.52±0.82 ^d	1.89±0.28 ^{cd}	28.81±7.81 ^{ab}	0.29±0.02 ^e
山牵牛 <i>Thunbergia grandiflora</i>	Tg	0.38±0.04 ^a	19.09±4.15 ^a	2.85±0.75 ^{ab}	33.13±12.38 ^a	0.15±0.01 ^f

同列数据后的不同小写字母表示不同植物间差异显著 ($P<0.05$)。
Lowercase letters after the same column of data indicate significant differences between different plants ($P<0.05$).

2.2 不同光照强度下同种植物的叶厚度和比叶面积分析

研究显示,全阳组中异叶地锦、忍冬、炮仗花、山牵牛、叶子花的 TH 显著高于荫蔽组 ($P<0.05$,图 1a),全阳组中薜荔、异叶地锦、忍冬、鹰爪花、叶子花的 SLA 显著低于荫蔽组 ($P<0.05$,图 1b);全阳组中软枝黄



指标后的不同小写字母表示同一光环境下不同植物间差异显著 ($P<0.05$)。

The difference in lowercase letters after the index indicates that there are significant difference between different plants in the same light environment ($P<0.05$).

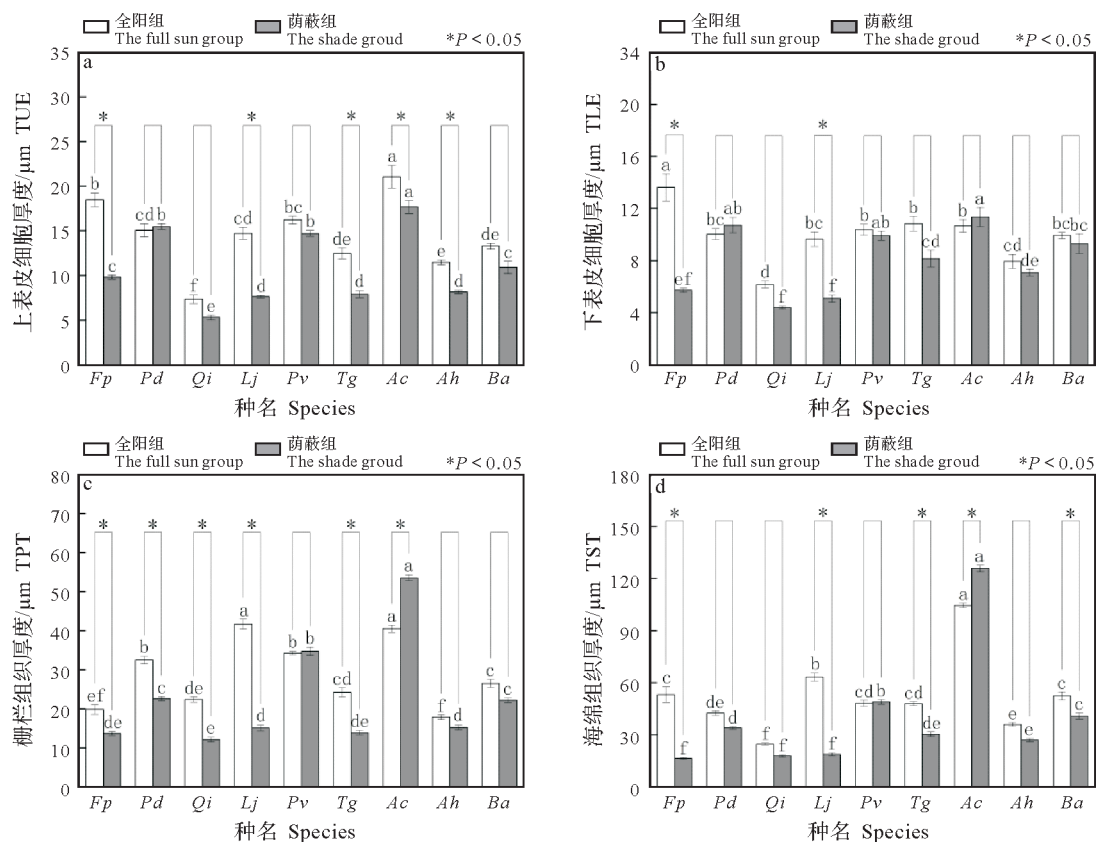
图 1 9 种木质藤本叶厚度与比叶面积比较

Fig.1 Comparison of leaf thickness(TH)and specific leaf area(SLA)of 9 lianas

蝉的TH显著低于荫蔽组($P<0.05$),SLA显著高于荫蔽组($P<0.05$),结果显示荫蔽组藤本普遍降低TH、增加SLA,软枝黄蝉完全相反。全阳组中山牵牛的TH显著高于其他8种藤本($P<0.05$);两组中的使君子的TH显著低于其他8种藤本($P<0.05$),薜荔的SLA显著低于其他8种植物($P<0.05$)。

2.3 不同光照强度下同种植物叶片解剖结构的差异

相较于全阳组,荫蔽组中藤本的叶解剖结构值普遍较低(图2)。全阳组中薜荔、忍冬的叶解剖结构值均显著高于荫蔽组($P<0.05$),表明这两种木质藤本对光照变化最敏感;全阳组中山牵牛的TPT、TST和鹰爪花的TUE显著高于荫蔽组($P<0.05$,图2a,图2c,图2d);全阳组中软枝黄蝉的TST和TPT显著低于荫蔽组($P<0.05$,图2c,图2d),TUE、TST均显著高于其他8种藤本($P<0.05$)。结果表明薜荔和忍冬以减少上下表皮细胞、栅栏组织、海绵组织厚度应对弱光,山牵牛应对方式相同且稍弱;软枝黄蝉以增加栅栏组织和海绵组织的方式应对弱光环境,单位叶面积能吸收更多光量子,但增加了叶片捕获光量子的成本;荫蔽组的鹰爪花、山牵牛减少表皮细胞厚度,以减少吸收光量子阻力。



指标后的不同小写字母表示同种光环境下不同植物差异达到显著($P<0.05$)。

The difference in lowercase letters after the index indicates that there are significant difference between different plants in the same light environment ($P<0.05$).

图2 9种木质藤本的叶片解剖结构比较

Fig.2 Comparison of leaf anatomy of 9 lianas

2.4 9种木质藤本的变异系数和可塑性指标的综合评价

叶性状变异系数(CV)均值在11.67%(软枝黄蝉)~27.69%(忍冬)(表2),表型可塑性指数(PI)均值在0.13%(炮仗花)~0.38%(忍冬),软枝黄蝉、鹰爪花、炮仗花整体的表型可塑性指数较小,薜荔、忍冬表型可塑性指数均值较大。叶性状间的变异系数和表型可塑性指数差异较大,其中叶片解剖结构中TPT的变异程度最大(7.17%~56.64%)、表型可塑性最强(0.02~0.70);叶性状中DW变异程度较大(13.3%~52.9%)、表型可塑性较强(0.09~0.69)。同种藤本的叶性状相差较大,忍冬的TH、TUE、TLE变异系数和表型可塑性指数均最大,而其DW、FW均最小,叶子花、薜荔、异叶地锦均包含叶性状指标极值。

表 2 9 种木质藤本的变异系数和表型可塑性
Tab.2 Coefficient of variation and phenotypic plasticity of nine woody vines

种名 Species	指标 Index	TH	FW	DW	SLA	DMC	TUE	TLE	TPT	TST	均值 Mean
软枝黄蝉	CV/%	10.51	10.14	14.50	12.50	5.43	14.81	14.50	9.76	12.90	11.67
<i>Allamanda cathartica</i>	PI	0.16	0.14	0.23	0.21	0.10	0.16	0.24	0.17	0.06	0.16
鹰爪花	CV/%	7.95	15.58	19.80	10.74	7.28	17.60	11.60	15.94	13.90	13.36
<i>Artabotrys hexapetalus</i>	PI	0.03	0.15	0.26	0.15	0.13	0.29	0.15	0.25	0.11	0.17
叶子花	CV/%	23.57	40.24	42.1	22.84	5.42	14.07	11.60	15.97	13.50	21.04
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	PI	0.37	0.53	0.56	0.34	0.08	0.18	0.16	0.22	0.06	0.29
薜荔	CV/%	7.41	18.36	14.20	12.60	7.95	31.87	22.30	56.64	44.30	23.96
<i>Ficus pumila</i>	PI	0.05	0.19	0.09	0.19	0.09	0.47	0.31	0.69	0.58	0.30
忍冬	CV/%	25.05	8.97	13.30	25.97	6.44	33.16	47.60	55.10	33.60	27.69
<i>Lonicera japonica</i>	PI	0.40	0.06	0.17	0.41	0.11	0.48	0.64	0.70	0.47	0.38
异叶地锦	CV/%	18.97	40.56	52.90	30.72	16.10	8.51	19.00	12.76	11.40	23.43
<i>Parthenocissus dalzielii</i>	PI	0.32	0.57	0.69	0.46	0.27	0.03	0.30	0.20	0.06	0.32
炮仗花	CV/%	14.30	18.06	22.50	33.27	5.25	7.45	5.00	7.17	8.90	13.54
<i>Pyrostegia venusta</i>	PI	0.21	0.24	0.29	0.19	0.08	0.09	0.01	0.02	0.05	0.13
使君子	CV/%	16.1	11.47	13.30	24.75	5.04	21.35	30.70	17.42	18.9	17.66
<i>Quisqualis indica</i>	PI	0.23	0.05	0.14	0.36	0.09	0.28	0.46	0.27	0.29	0.24
山牵牛	CV/%	10.00	19.86	23.9	34.12	8.23	25.14	29.30	23.50	20.30	21.58
<i>Thunbergia grandiflora</i>	PI	0.15	0.17	0.10	0.12	0.08	0.37	0.43	0.37	0.25	0.23

TH 为叶厚度,FW 为叶饱和鲜重,DW 为叶干重,SLA 为比叶面积,DMC 为叶干物质含量,TUE 为上表皮细胞厚度,TLE 为下表皮细胞厚度,TPT 为栅栏组织厚度,TST 为海绵组织厚度,CV 为变异系数,PI 为表型可塑性指数。
TH is leaf thickness,FW is leaf saturation fresh weight,DW is leaf dry weight,SLA is specific leaf area,DMC is the dry matter content of the leaf,TUE is upper epidermal cell thickness,TLE is epidermal cell thickness,TPT is fence tissue thickness,TST is sponge tissue thickness, CV is the coefficient of variation;PI is the phenotypic plasticity index.

3 讨 论

3.1 9 种木质藤本的叶性状对光照的响应

木质藤本通过叶片的形态建成获取光资源,叶性状反映木质藤本对环境的适应能力。木质藤本具有适应环境变化及在自然环境中生长、繁殖及获取资源的能力,而这种能力需要多性状的权衡来实现^[6]。比叶面积表征植物捕获光能的能力,比叶面积高表明植物对资源的利用及转化能力较强^[15],也反映植物在不同光环境下对光能的吸收情况和对不同环境的适应能力^[16],而叶厚度影响叶片光合作用的物质和能量的转化^[16],从而间接影响资源获取。本研究中,全阳组 5 种木质藤本比叶面积低于荫蔽组,表明这些藤本在荫蔽环境下资源转化利用能力仍较强,能高效捕获光量子;而荫蔽组中藤本较高的比叶面积可有利于减少建成与维持叶片的成本,降低气体扩散阻力^[17],提升单位面积的光捕获能力,以应对弱光胁迫,薜荔的比叶面积小于其他 8 种植物,利用光资源保守,适应弱光环境。叶厚度与叶片防御相关,厚叶片会增加藤本细胞水分扩散和气体交换的阻力以及防御外界强光,本研究中全阳组中山牵牛的叶厚度最高,表明物理防御强可适应强光环境,这与前人对二球悬铃木(*Platanus acerifolia*)等植物的叶厚度研究结果一致^[18],而使君子在全阳和荫蔽组中,叶厚度和海绵组织均最小,表明其以保守的策略应对环境,而其叶干物质含量较低,在弱光环境中难以维持,荫蔽组中软枝黄蝉叶厚度显著高于全阳组,可能与软枝黄蝉

栅栏组织和海绵组织显著提高以增加光量子的吸收有关。

3.2 9种植物叶片解剖结构对光照的响应

研究显示,荫蔽组藤本叶片普遍表现出上下表皮细胞、栅栏组织和海绵组织厚度均小的性状,趋于阴生叶的特性,与前人对灌木的研究结果一致^[7]。荫蔽组中忍冬、薜荔表现为栅海比值偏高的特点,原因可能与栅栏组织能大量吸收光量子、海绵组织对光量子的吸收较少有关,而炮仗花的海绵组织相较于栅栏组织发达,表明不同环境下不同藤本的栅栏组织和海绵组织的分配策略不同,与前人对白刺(*Nitraria tangutorum*)的研究结果一致^[19]。全阳组中叶子花、炮仗花的栅栏组织、海绵组织厚度偏高以吸收光量子,与前人对沙棘(*Hippophae rhamnoides*)的研究一致^[16],弱光环境中植物通过较高的比叶面积增加光获取构件的投资来获取资源^[20],如叶子花、使君子。

3.3 9种木质藤本叶性状的变异特征与可塑性

变异系数反映叶片解剖结构的演化特征,叶片解剖结构变异系数大于50%为生态适应性状,小于50%为系统演化性状^[14],本研究仅忍冬和薜荔的栅栏组织厚度为生态适应性状,可能与栅栏组织的叶绿素含量丰富,是主要进行光合作用的场所^[18],能尽快适应环境有关。9种藤本叶干物质含量的表型可塑性指数和变异系数的均值最小,与描述性统计结果一致,原因可能与叶干物质含量反映植物对养分的保留能力^[21]有关。在长期适应环境过程中,叶性状组合表现出藤本最合适生存的资源获取能力和环境应对策略,叶性状表型可塑性指数表征木质藤本的生态幅^[22]。本研究中,同种木质藤本叶性状具有差异化,并非所有的叶性状均表现出强的可塑性,表明一些性状相对稳定是基于部分性状较大的可塑性,符合表型可塑性效应理论^[23]。

4 结 论

综上所述,藤本叶片的下表皮厚度、叶干重和栅栏组织厚度等有较高的可塑性,而叶厚度、叶干物质含量的可塑性较低。根据9种木质藤本在两种光环境下的叶性状研究,结合观察与实践应用,将藤本分为喜阳、耐荫和中性3类。耐荫藤本为异叶地锦,喜阳藤本为软枝黄蝉和使君子,薜荔、忍冬、鹰爪花、山牵牛、叶子花和炮仗花为中性藤本,其中前2种藤本光照适应范围较宽,后4种藤本生态幅小,叶子花和炮仗花中性偏阳。

木质藤本的攀援方式及其对不同光照的响应决定了其配植方式。在园林配植应用上,吸附类异叶地锦和薜荔以观叶为主,深绿色,适合配植于建筑墙面、挡土墙、阳台、长廊、岩壁等地作为背景植物或起固土护坡的作用;异叶地锦为落叶藤本,可配植于背光面,并与常绿藤本混合配植;薜荔营养枝的叶片细小而密集,贴附性好,可应用于各种光照环境;搭靠类使君子和软枝黄蝉均喜光,且花量大色彩鲜艳,宜配植于光照充足的花架、篱栏、花廊、墙垣、山石等构筑物 and 园林小品作观赏藤本;缠绕茎类忍冬和山牵牛均为中性藤本,炮仗花中性偏阳,3种藤本观花效果好,层次丰富,生长速度较快,可作为花架、花廊、披垂绿化的木质藤本配植于光照充足的位置,亦可配植于半日荫的阳台和建筑中庭;搭靠类鹰爪花和叶子花观花效果佳,鹰爪花具有一定的耐荫性,而叶子花在阳光充足的地方花繁叶茂,可配置于坡坎、挡土墙或高架桥和人行天桥的种植槽,亦可依附栅栏攀援或作花墙绿化。

参考文献 References:

- [1] 袁喆,翁殊斐,王琳琅.广州园林绿地木质藤本景观美景色评价[J].西北林学院学报,2015,30(4):301-306.
YUAN Z, WENG S F, WANG L L. Scenic beauty estimation of linana landscape in guangzhou green open spaces[J]. Journal of northwest forestry university, 2015, 30(4): 301-306.
- [2] 宋述灵,易伶俐,张李龙,等.森林木质藤本数过度增长的机制与生态效应[J].广西植物,2023,43(5):980-990.
SONG S L, YI L L, ZHANG L L, et al. Mechanisms and ecological consequences of the over-increase of lianas in forests[J]. Guihaia, 2023, 43(5): 980-990.

- [3] 罗久富,罗忠新,赵世麒,等.植物叶功能性状对光伏组件遮阴的响应与生态策略[J].西部林业科学,2022,51(4):48-53.
LUO J F, LUO Z X, ZHAO S L. Responses of leaf functional traits to partial shading of a photovoltaic array and their different ecological strategies[J]. Journal of west China forestry science, 2022, 51(4): 48-53.
- [4] 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. Characteristics and relationships of foliar water and leaf functional traits of desert plants[J]. Plant physiology journal, 2013, 49(2): 153-160.
- [5] 张姗姗,张兴,曲彦婷,等.留园植物叶性状及其叶经济谱研究[J].北方园艺,2022(14):57-65.
ZHANG S S, ZHANG X, QV Y T, et al. Study on leaf traits and leaf economic spectrum of lingering garde[J]. Northern horticulture, 2022(14): 57-65.
- [6] 何念鹏,刘聪聪,张佳慧,等.植物性状研究的机遇与挑战:从器官到群落[J].生态学报,2018,38(19):6787-6796.
HE N P, LIU C C, ZHANG J H, et al. Perspectives and challenges in plant traits: from organs to communities[J]. Acta ecologica Sinica, 2018, 38(19): 6787-6796.
- [7] 杭夏子,翁殊斐,袁喆.华南5种园林灌木叶性状特征及其对环境响应的研究[J].西北林学院学报,2014,29(2):243-247.
HANG X Z, WENG S F, YUAN Z. Relationships between leaf traits of 5 plantscape shrubs and their responses to the environment in southern China[J]. Journal of northwest forestry university, 2014, 29(2): 243-247.
- [8] 夏蕾,吉卉,张家铨,等.降水差异对内蒙古温带草原植物根系和叶片功能性状的影响[J].西北植物学报,2022,42(12):2112-2122.
XIA L, JI H, ZHANG J Y, et al. Effects of different precipitation on root and leaf functional traits of plants in Inner mongolia temperate steppe[J]. Acta botanica boreali-occidentalia Sinica, 2022, 42(12): 2112-2122.
- [9] LIU F. Coordination of intra and inter-species leaf traits according to leaf phenology and plant age for three temperate broad-leaf species with different shade tolerances[J]. Forest ecology and management, 2019, 434: 63-75.
- [10] 刘奇,吴怀栋,谭运洪,等.西双版纳热带季雨林木质藤本多样性及其攀援方式[J].林业科学,2017,53(8):1-8.
LIU Q, WU H D, TAN Y H, et al. Liana diversity and its climbing situation on trees in Xishuangbanna tropical seasonal rain-forest[J]. Scientia silvae sinicae, 2017, 53(8): 1-8.
- [11] 陆芳,李先琨,王斌,等.广西弄岗五桠果叶木姜子群落木质藤本空间格局及其与树种间的关系[J].生态学报,2021,41(15):6191-6202.
LU F, LI X K, WANG B, et al. Spatial pattern of lianas of *Litsea dilleniifolia* community and its relationship with main tree species in Nonggang, Guangxi[J]. Acta ecologica Sinica, 2021, 41(15): 6191-6202.
- [12] 赖巧晖,翁殊斐,胡竞恺.攀援植物在广州公园的应用[J].北方园艺,2012(13):118-122.
LAI Q H, WENG S F, HU J K. Application of climber in parks of Guangzhou[J]. Northern horticulture, 2012(13): 118-122.
- [13] 杜铃,杨开太,李进华,等.南宁木质藤本植物园林应用探讨[J].西南林业大学学报(社会科学),2018,2(4):72-75.
DU L, YANG K T, LI J H, et al. Landscape application of woody vines in Nanning[J]. Journal of southwest forestry university (social sciences), 2018, 2(4): 72-75.
- [14] 朱凯琳,李嘉宝,陈昕.龙苍沟国家森林公园7种花楸属植物的叶解剖特征及其环境适应性[J].植物研究,2022,42(2):174-183.
ZHU K L, LI J B, CHEN X. Leaf anatomical characteristics and environmental adaptability of seven *Sorbus* species at Longcanggou national forest park[J]. Bulletin of botanical research, 2022, 42(2): 174-183.
- [15] 张治国,魏海霞.微山湖红荷湿地主要植物种比叶面积和叶干物质含量研究[J].江西农业学报,2021,33(5):63-69.
ZHANG Z G, WEI H X. Specific leaf area and leaf dry matter content of main plant species in Red Lotus Wetland of Weishan Lake[J]. Acta agriculturae Jiangxi, 2021, 33(5): 63-69.

- [16] 唐玉瑞,赵成章,赵辉,等.不同光环境下洮河护岸林沙棘叶干重与叶面积、叶厚度间的关系[J].生态学杂志,2021,40(9):2745-2753.
- TANG Y R,ZHAO C Z,ZHAO H.The relationship between leaf dry mass and leaf area, leaf thickness of *Hippophae rhamnoides* under different light conditions in Taohe River riparian forest, [J].Chinese journal of ecology, 2021, 40(9): 2745-2753.
- [17] 张盟,任可,柳佳莹,等.林冠环境对沿海沙地竹子叶功能性状的影响[J].森林与环境学报,2021,41(6):561-569.
- ZHANG M,REN K,LIU J Y, et al.Effects of different canopy conditions on bamboo leaf functional traits in a sandy coastal area[J].Journal of forest and environment, 2021, 41(6): 561-569.
- [18] 庞志强,姜丽莎,缪祥蓉,等.昆明市主要园林植物叶性状及叶经济谱研究[J].西南林业大学学报(自然科学),2019,39(4):53-60.
- PANG Z Q,JIANG L S,MIAO X R, et al.Leaf traits and leaf economics spectrum of main garden plants in Kunming[J].Journal of southwest forestry university (natural science), 2019, 39(4): 53-60.
- [19] 任尚福.白刺叶片解剖结构性状异速生长与生态适应性研究[J].草地学报,2022,30(5):1150-1158.
- REN S F.Allometric growth and ecological adaptability of the leaf anatomical structure of *Nitraria* spp.[J].Acta agrestia Sinica, 2022, 30(5): 1150-1158.
- [20] ZIRBEL C R,BRUDVIG L A.Trait-environment interactions affect plant establishment success during restoration[J].Ecology, 2020, 101(3).
- [21] 仲小茹,张露,潘昕昊,等.常绿阔叶林米槠叶片功能性状对不同海拔梯度的响应与适应[J].江西农业大学学报, 2022, 44(6): 1438-1447.
- ZHONG X R,ZHANG L,PAN X H, et al.Response and adaptation of leaf functional traits to different altitudes in evergreen broadleaved[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2022, 44(6): 1438-1447.
- [22] 程晶,刘济明,王灯,等.喀斯特特有植物罗甸小米核桃幼苗对光照强度的可塑性响应[J].应用与环境生物学报, 2021, 27(1): 23-30.
- CHENG J,LIU J M,WANG D, et al.Plastic response of the karst endemic plant *Juglans regia* L. f. *luodianense* seedlings to light intensity[J].Chinese journal of applied and environmental biology, 2021, 27(1): 23-30
- [23] 杨克彤,陈国鹏,李广,等.兰州市区主要阔叶绿化树种叶表型可塑性特征[J].西北林学院学报, 2021, 36(1): 126-131.
- YANG K T,CHEN G P,LI G, et al.Phenotypic plasticity of the main broad-leaved greening tree species in Lanzhou[J].Journal of northwest forestry university, 2021, 36(1): 126-131.