

熊玲, 龙翠玲, 廖全兰, 薛飞. 茂兰喀斯特森林木本植物叶的功能性状及其相互关系[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28 (1): 152-159

Xiong L, Long CL, Liao QL, Xue F. Leaf functional traits and their interrelationships with woody plants in karst forest of Maolan [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2022, 28 (1): 152-159

茂兰喀斯特森林木本植物叶的功能性状及其相互关系

熊玲 龙翠玲✉ 廖全兰 薛飞

贵州师范大学地理与环境科学学院 贵阳 550025

摘 要 叶功能性状是连接植物与外界环境的重要桥梁,与植株资源获取与利用密切相关,能直观反映植物适应环境变化的生存对策。为探讨原生性喀斯特森林植物叶片性状的适应性特征,以茂兰自然保护区不同地形(槽谷、漏斗、阴坡、阳坡)的木本植物为研究对象,通过测定叶片的叶鲜重(FW)、叶干重(DW)、叶厚度(LT)、叶面积(LA)、比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)、叶绿素含量(Chl)和叶组织密度(LTD) 8项叶性指标,研究叶功能性状之间的关系,并对不同生长型、不同地形木本植物叶功能性状进行比较。结果显示:(1)茂兰喀斯特森林木本植物呈现出叶面积和比叶面积大、叶厚度及叶干物质含量低的性状组合,叶性状的变化范围不同,其中叶鲜重和叶干重的变异系数较大,叶绿素含量较稳定。(2)叶功能性状之间的相关性好,比叶面积与叶鲜重、叶干重、叶厚度、叶绿素含量及叶干物质含量之间呈极显著负相关,叶鲜重对叶干重、叶面积、叶厚度及叶绿素含量表现为促进效应。(3)不同生长型植物叶功能性状不同,常绿树种的叶厚度、叶干物质含量和叶绿素含量高于落叶树种,比叶面积则相反,落叶树种的叶干重数值较为集中,常绿树种的叶厚度和叶组织密度数值较为分散。(4)不同地形木本植物叶功能性状存在显著差异,叶面积表现为阴坡>槽谷>阳坡>漏斗,比叶面积为阴坡>阳坡>漏斗,叶厚度则是阳坡>槽谷>阴坡。乔木的叶干物质含量为阳坡>阴坡>槽谷>漏斗,灌木的差异性不显著。本研究表明原生性喀斯特森林木本植物的LA、SLA较大而LDMC较小,叶功能性状间的相互作用强烈,植物采用不同的叶性策略来适应微生境。(图2 表4 参34 附表1)

关键词 喀斯特森林;木本植物;叶功能性状;叶性策略;茂兰

Leaf functional traits and their interrelationships with woody plants in karst forest of Maolan

XIONG Ling, LONG Cuiling✉, LIAO Quanlan & XUE Fei

College of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China

Abstract In order to explore the adaptability characteristics of leaf functional traits of the original karst forest, woody plants grown in different topographies (valley, funnel, shade slope, and sunshine slope) in the Maolan National Reserve, Guizhou, China were studied. The leaf fresh weight (FW), leaf dry weight (DW), leaf thickness (LT), leaf area (LA), specific leaf area (SLA), leaf dry matter content (LDMC), chlorophyll content (Chl), and leaf tissue density (LTD) of the woody plants were measured. The relationships between the different leaf functional traits were studied, and the leaf functional traits of different growth forms and woody plants grown in different topographies were compared. The results showed that: (1) The woody plants in the Maolan karst forest exhibited traits with larger LA and SLA, and lower LT and LDMC. The variation range of leaf functional traits was different; the coefficient of variation of leaf FW and leaf DW was larger, but the Chl content was relatively stable. (2) There was good correlation between leaf functional traits. The SLA was negatively correlated with leaf FW, leaf DW, LT, Chl content, and LDMC. Leaf FW had a positive effect on leaf DW, LA, LT, and Chl content. (3) The leaf functional traits of different growth forms of woody plants were different. The LT, LDMC, and Chl content of evergreen species were higher than those of deciduous species, but the opposite was true for the SLA. The leaf DW of deciduous species was more concentrated, and the LT and LTD of evergreen species were scattered. (4) There were significant differences in the leaf functional traits of woody plants among the different topographies. The ranking of LA from different topographies was shady slope > valley > sunny slope > funnel. The ranking of SLA from different topographies was shady slope > sunny slope > funnel. The ranking of LT from different

收稿日期 Received: 2020-09-30 接受日期 Accepted: 2020-12-22

国家自然科学基金项目(31660107)和贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5726-45号)资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (31660107), and the Science and Technology Project of Guizhou Province ([2017]5726-45)

✉通信作者 Corresponding author (E-mail: longcuiling898@163.com)

topographies was sunny slope > valley > shady slope. The ranking of LDMC of trees from different topographies was sunny slope > shade slope > valley > funnel. The differences in the leaf functional traits of shrubs were not significant. In total, woody plants grown in the original karst forest showed higher LA, SLA, and lower LDMC. The interaction between leaf functional traits was strong, and plants adopted different leaf strategies to adapt to the microhabitat.

Keywords karst forest; woody plant; leaf functional trait; leaf strategy; Maolan

叶片作为植物的基本结构和功能单位,是植物、土壤、大气能量和物质交换的重要器官^[1],不仅是植物进行光合作用的重要场所,其功能性状还能很好地表征养分循环和生产力等生态系统功能特征^[2].叶功能性状是植物的重要特性之一^[3],是维持陆地生态系统功能的最基本要素^[4],叶片的形态和生理性状与陆地生态系统的结构和功能密切相关^[5].不同叶性状之间常表现出相关关系,且这种关系普遍存在于植物种群、群落和生物区系中^[6].叶厚度、叶面积、比叶面积、叶干物质含量、叶组织密度等是指示植物生长状况的关键属性,其差异性受多种环境因子的影响^[7],研究这些属性的变化及其关联有助于了解植物适应环境所形成的叶性策略^[8],反映出植物对气候和生长环境的趋同适应^[9].因此,结合环境、植物个体和生态系统结构对叶功能性状进行研究,对于揭示植物种群对不同生境的响应具有重要指导意义.

喀斯特森林因其生境的特殊性、结构的复杂性和系统的脆弱性,与常态地貌上的森林植被相比,在生态环境、群落性质、群落外貌、区系组成、垂直结构以及演替更新动态等方面都有显著不同,是一种特殊的森林生态系统^[10].研究植物叶功能性状在喀斯特生境中的生长规律及叶性策略具有重要意义.目前,国内外对叶功能性状都有大量研究^[7-8, 11-12],许多学者对中国西南喀斯特植物叶功能性状的研究发现,黔中次生林木本植物叶功能性状既相互联系又存在较大的种内与种间差异,且表现出较大的叶干物质含量、叶组织密度和较小叶面积的性状组合^[13].黔北植物形成高叶干物质含量、高叶组织密度和低比叶面积的性状特征,叶干物质含量在物种间无显著差异而比叶面积种间变异最大^[14].滇中石林植物叶性状变异范围大,多为高变异系数,只有叶厚度在不同生长型植物间稳定性较好^[15].重庆中梁山和桂林喀斯特地区叶性状在种内和种间也存在较大差异^[16-17].总体而言,次生性喀斯特植物叶性状在种内和种间的差异较大,普遍呈现出叶干物质含量和叶组织密度大、叶面积及比叶面积低的性状组合.这种性状组合意味着植物为适应喀斯特生境土层浅薄、基岩裸露、土壤水分渗漏等造成的干旱特性,趋向于发展一套适应干旱环境的叶性状组合^[13].贵州茂兰自然保护区保存着世界同纬度地区原生性较强的喀斯特森林^[10],以上植物适应次生性喀斯特生境所形成的叶性状组合是否也存在于原生性喀斯特森林植物中?茂兰喀斯特森林植物如何适应微生境?目前,对原生性较强的喀斯特森林植物叶功能性状研究鲜有报道,对其叶性策略还知之甚少.因此,本文以茂兰自然保护区不同地形的木本植物为研究对象,通过测定叶片的叶鲜重、叶干重、叶厚度、叶面积、比叶面积、叶干物质含量、叶绿素含量和叶组织密度8项指标,研究叶功能性状之间的关系,比较不同地形木本植物叶功能性状的差异和不同生长型叶性状的分布特征,以期深入了解原生性喀斯特森林植物叶片对生长环境的适应策略,为退化喀斯特区的森林植被恢复和造林树种选择提供参考.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地位于贵州省茂兰国家自然保护区(107°52'-108°05'E, 25°20'N),其东、南面与广西环江毗邻,最高海拔1 078.6 m,最低海拔430 m,平均海拔800 m左右,属中亚热带季风湿润气候.年均温为15.3℃,1月均温8.3℃,7月均温26.4℃,气温年较差18.3℃,≥10℃积温5 727.9℃,年均降雨量1 320.5 mm,多集中在4-10月份,年均蒸发量1 343.6 mm,平均相对湿度为83%,年日照时数1 272.8 h,日照百分率29%,生长期315 d,雨量充沛,湿度大,适宜林木生长,森林覆盖率达87%^[10].土壤以黑色石灰土为主,土壤有机质、氮、磷、钾含量丰富,pH值为7.5-8.0,呈弱碱性,土壤质量好,但土层浅薄,土被不连续,地面岩石裸露率高^[10].研究区常见乔木有掌叶木(*Handeliiodendron bodinieri*)、香叶树(*Lindera communis*)、椴木石楠(*Photinia davidsoniae*)、光皮楸木(*Swida wilsoniana*),常见灌木有湖北十大功劳(*Mahonia fortunei*)、南天竹(*Nandina domestica*)、长梗罗伞(*Brassaiopsis glomerulata*)、球核荚蒾(*Viburnum propinquum*)等,植被类型主要为常绿阔叶阔叶混交林.

1.2 样地设置与调查

2019年12月进行群落调查,在对茂兰国家自然保护区全面踏查的基础上,选择在槽谷、漏斗、阴坡、阳坡(表1)上分别设置样地,每种地形设置5个20 m×20 m的固定样地,结合野外实际情况,共20个不连续样地,相邻样地直线距离不超过50 m.把每个固定样地划分为16个5 m×5 m的样方,在样方内对木本植物进行调查,记录其种名、乔木的胸径和灌木的基径、树高、冠幅、枝下高、郁闭度等指标,用GPS测定样地的地理坐标并记录样地的海拔、坡度、坡向等环境因子.所调查样地内共有木本植物38科65属76种,其中槽谷地形共有木本植物73种,漏斗67种、阴坡54种、阳坡61种.常绿树种42种,占总数的55.3%,落叶树种34种,占总数的44.7%,样地内木本植物组成及树种特性见附表1.

1.3 叶片采集与指标测定

2020年7-8月对样地调查到的木本植物进行叶片采集,此时树木生长旺盛,叶片发育完整并保持旺盛的生理活性,参照植物功能性状采样方法^[18],使用6 m可伸缩高枝剪并请当地擅长爬树的人员协助采样.结合每种地形的实际情况,对样地中胸径≥10 cm的木本植物进行全部采样,对于胸径<10 cm的个体按照胸径从大到小选择前5个个体进行采样,如果每个样地中树种的个体数不足5个则全部采样.先用高枝剪剪下树木各个方向的枝条,选择枝上生长状况良好、完全展开、无病虫害的完整成熟叶,用剪刀剪下叶片,把叶片整理好装入自封袋中,并在自封袋上标注种名、地形部位等信息后放入保鲜箱里带回实验室进行叶功能性状的测定^[19-20].本次一共采集到682份叶片样本,各地形样本数量各有不同,其中槽谷地形有样本193份,漏斗地形185份,阳坡地形156份,阴坡地形148份.常

绿树种416份,落叶树种266份。

在每种地形采集的叶片样本中,每个样本选取5片健康完整的叶片用纱布擦拭干净并编号标记(便于后续测定叶功能性状时好一一对应),再用0.000 1的电子天平称量叶鲜重(FW)。用便携式激光面积仪(CI-202, Walz, Camma, USA)对每个编号标记的样本叶片进行扫描获得叶面积(LA)并做好记录,取5片叶片的平均值为该样本的叶面积。用数显千分尺测量叶片的厚度(LT),将编号标记的叶片叠放在一起,在叶片上沿着主脉方向均匀选取上中下3个点,测量叶片主脉约0.25 cm处的厚度,测得的3个厚度值求平均再除以5即为该组叶片的平均厚度^[21-22]。采用便携式叶绿素仪SPAD-502PLUS进行叶绿素含量(Chl)的测定,对编号标记的叶片测量其主脉和叶缘部位各3个点的叶绿素含量,取其平均值代表单个叶片的叶绿素含量,5片叶片叶绿素含量的平均值为单个样本的叶绿素含量。待测完叶面积、叶厚度、叶绿素含量等指标后,将叶片放入120 ℃烘箱内杀青30 min,之后在80 ℃下烘24 h至恒重,称量并记录叶干重(DW)。比叶面积(SLA, cm² g⁻¹)、叶干物质含量(LDMC, w/g g⁻¹)、叶组织密度(LTD, ρ/g cm⁻³)按照下列公式进行计算^[18]。

$$SLA = \frac{\text{叶面积 (cm}^2\text{)}}{\text{叶干重 (g)}} \times 100\%$$

$$LDMC = \frac{\text{叶干重 (g)}}{\text{叶鲜重 (g)}} \times 100\%$$

$$LTD = \frac{\text{叶干重 (g)}}{\text{叶面积 (cm}^2\text{)} \times \text{叶厚度 (cm)}} \times 100\%$$

1.4 数据处理

将每个物种所采集到的植株样本叶功能性状取平均值作为该物种叶性状的平均值。将每种地形所有样本测得的叶功能性状值,根据木本植物的不同生长型进行多度加权平均,算出同一地形不同生长型的叶功能性状值,然后把相同地形不同生长型叶功能性状再进行平均,算出同一地形群落的性状平均值,实现对不同生长型、不同地形叶功能性状值进行比较^[22]。用Excel 2010对数据进行初步整理后,用SPSS 25.0对不同地形木本植物叶功能性状进行单因素方差分析(one-way ANOVA)并用Duncan法进行多重比较,用Pearson相关分析

检验叶功能性状间的相关性,用Origin Pro. 2018绘图软件完成作图。

2 结果与分析

2.1 叶功能性状及其变异特征

茂兰喀斯特森林木本植物的叶性状平均值、变化范围和变异系数,如表2所示,植物的叶面积和比叶面积较大,叶干物质含量较少,叶绿素含量和叶组织密度较为适中,叶片厚度比较薄。其中叶鲜重、叶干重和叶面积的变化范围较大,各性状最大值是最小值的10倍以上。不同叶功能性状变异系数具有明显差异,叶鲜重(88.69%)和叶干重(89.91%)的变异系数较大,叶绿素含量(20.35%)的变异系数最小,说明叶鲜重、叶干重受环境的影响最大,而叶绿素含量则相对较为稳定,茂兰原生性喀斯特森林木本植物表现出叶面积和比叶面积大、叶厚度及叶干物质含量低的性状组合。

2.2 叶功能性状间的相关关系

由表3可知,叶功能性状之间的相关性好,大多呈显著水平。比叶面积与叶鲜重、叶干重、叶厚度、叶绿素含量及叶干物质含量之间呈极显著负相关($P < 0.01$),即叶干物质含量、叶厚度和叶绿素含量随比叶面积的增大而减小;叶鲜重与叶干物质含量呈显著负相关($P < 0.05$),与叶组织密度无显著相关性($P > 0.05$),说明叶组织密度几乎不受叶鲜重影响,而叶干物质含量随叶鲜重的增加而降低;叶面积与叶干物质含量之间存在抑制效应,与叶厚度、叶绿素含量及叶组织密度的相关性不明显;叶干重与叶面积、叶厚度及叶绿素含量呈极显著正相关($P < 0.01$);由此可知,原生性喀斯特森林木本植物叶功能性状之间的相互作用强烈,叶鲜重对叶干重、叶面积、叶厚度及叶绿素含量表现为促进效应,而比叶面积对叶鲜重、叶干重、叶厚度、叶绿素含量及叶干物质含量等有抑制作用。

2.3 不同生长型叶功能性状的分布特征

如图1所示,通过平均值比较,常绿树种的叶厚度、叶干重、叶干物质含量和叶绿素含量比落叶树种高,落叶树种的比叶面积高于常绿树种。根据不同生长型叶功能性状指标的中间位数与平均值的相对位置来判断叶功能性状的分布特征,中

表1 不同地形部位生境特征

Table 1 Habitat characteristics of different topographical sites

地形 Terrain	海拔 Altitude (h/m)	坡度 Slope (a/°)	位置 Location	常见种 Common species
漏斗 Funnel	566	5°-10°	低凹处的负地形 Negative topography in lowlands	翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i> , 裂果卫矛 <i>Euonymus dielsianus</i> , 椴木石楠 <i>Photinia davidsonian</i> , 紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>
槽谷 Valley	685	15°-25°	下坡位且谷底平坦 Downhill position and flat valley bottom	湖北十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i> , 光皮楸木 <i>Swida wilsoniana</i> , 构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> , 香叶树 <i>Lindera communis</i>
阴坡 Shady slope	736	25°-35°	坡体中上部的背光面 Back side of the middle and upper part of the slope	长梗罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i> , 光皮楸木 <i>Swida wilsoniana</i> , 青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , 狭叶润楠 <i>Machilus rehderi</i>
阳坡 Sunny slope	784	30°-45°	坡体上部的向光面 Light side of the upper part of the slope	掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , 球核荚蒾 <i>Viburnum propinquum</i> , 黄连木 <i>Pistacia chinensis</i> , 南天竹 <i>Nandina domestica</i>

表2 茂兰喀斯特森林木本植物叶功能性状及其变异特征

Table 2 Characteristics and variation of leaf functional traits of woody plants in Maolan karst forest

叶片性状 Leaf trait	均值±标准误 Mean ± SE	最小值 Min	最大值 Max	中值 Med	变异系数 CV/%
叶鲜重 Leaf fresh weight (FW/g)	0.76 ± 0.05	0.1059	3.7338	0.5781	88.69
叶干重 Leaf dry weight (DW/g)	0.24 ± 0.17	0.0149	1.3116	0.1813	89.91
叶厚度 Leaf thickness (LT/mm)	0.15 ± 0.01	0.049	0.324	0.140	37.33
叶面积 Leaf area (LA/cm ²)	43.75 ± 2.64	4.46	184.15	31.68	77.92
叶绿素含量 Chlorophyll content (SPAD)	43.33 ± 0.68	18.67	67.75	42.55	20.35
叶组织密度 Leaf tissue density (LTD/g cm ⁻³)	0.39 ± 0.01	0.17	0.75	0.38	28.64
叶干物质含量 Leaf dry matter content (LDMC/g g ⁻¹)	0.33 ± 0.01	0.09	0.54	0.32	23.33
比叶面积 Specific leaf area (SLA/cm ² g ⁻¹)	203.53 ± 6.38	82.33	481.66	187.87	40.42

位数在平均值下方为右偏分布,表示数值均较小.中位数在平均值上方为左偏分布,表示数值均较大.图1显示研究区内常绿和落叶树种的叶功能性状均呈右偏分布,尤其是常绿树种的叶厚度、叶干重和比叶面积呈明显的右偏分布,即多数常绿树种的叶厚度、叶干重和比叶面积数值有集中较小的趋势.常绿树种的叶厚度和叶组织密度数值较为分散,比叶面积呈现出比较集中的状态,落叶树种的叶干重较为集中,而比叶面积较为分散.说明常绿树种的叶组织密度、叶厚度和落叶树种的比叶面积波动性大,受环境的影响明显,而常绿树种的比叶面积和落叶树种的叶干重相对稳定,对原生性喀斯特生境具有普遍的适应性.以上分析表明茂兰喀斯特森林常绿和落叶树种具有不同的叶功能性状特征,分别采取不同的叶性策略适应环境,形成稳定的常绿落叶阔叶混交林.

2.4 不同地形叶功能性状的比较

从图2可知,不同地形乔木,叶面积阳坡和漏斗无显著差异($P>0.05$),两者与阴坡、槽谷均有显著差异($P<0.05$),阴坡的叶面积最大,阳坡最小;叶厚度阴坡与漏斗有显著差异,阳坡和槽谷差异性不显著,漏斗中植物叶片较厚;比叶面积阴坡和漏斗有显著差异,漏斗的比叶面积较小;叶干物质含量阴坡和阳坡显著不同,槽谷和漏斗无显著差异;阴坡和阳坡的叶组织密度有显著差异,而阴坡、槽谷和漏斗的叶绿素含量无显著差异.不同地形灌木的叶干物质含量无显著差异,叶面积、叶厚度阴坡和阳坡有显著差异,其中阳坡的叶面积较

小,叶厚度较大;比叶面积在阳坡、槽谷、漏斗间差异性不显著,三者与阴坡有显著差异,阴坡的比叶面积最大;叶组织密度阳坡和阴坡、漏斗有显著差异,阳坡的叶组织密度最大;叶绿素含量阳坡和槽谷有显著差异,阴坡和漏斗的差异性不显著.综上所述,不同地形木本植物叶功能性状存在差异性,其中阳坡和阴坡的差异性最为显著,漏斗和槽谷的差异性不太明显,整体上看,叶面积和比叶面积在阴坡具有优势,叶干物质含量和叶组织密度在阳坡较高,槽谷植物的叶绿素含量高.

3 讨论

3.1 茂兰喀斯特森林木本植物叶功能性状特征

从全球尺度看,不同地区不同气候类型的植物叶功能性状会有很大差异^[4],在相同气候带内,植物叶功能性状也会因为地形、坡向和海拔等环境因子产生差异^[23].处于亚热带气候条件下的茂兰喀斯特森林原生性强,且具有多样的小生境,森林滞留水丰富,森林覆盖下的枯枝落叶层较厚且石灰土有机质含量高^[10, 24],因而植物形成了有别于其他喀斯特生境的叶功能性状组合.SLA表示植物单位叶片干重对光的接受和截获面积,表征植物对环境资源的利用能力和对获得资源的保存能力,与植物的同化率和生存对策密切相关^[25-26].与其他喀斯特地区相比较(表4),本研究中木本植物的SLA均值为203.53 cm²/g,大于桂林尧山^[25]、桂林岩溶石山和喀斯特高原^[27-28],与滇中喀斯特^[15]相当,说明茂兰原生性喀斯特森林的

表3 茂兰喀斯特森林木本植物叶功能性状Pearson相关分析
Table 3 Pearson correlation analysis of leaf functional traits of woody plants in Maolan karst forest

功能性状 Functional trait	比叶面积 (SLA) Specific leaf area	叶鲜重 (FW) Leaf fresh weight	叶干重 (DW) Leaf dry weight	叶面积 (LA) Leaf area	叶厚度 (LT) Leaf thickness	叶绿素含量 (SPAD) Chlorophyll content	叶组织密度 (LTD) Leaf tissue density
叶鲜重 FW	-0.270**						
叶干重 DW	-0.377**	0.962**					
叶面积 LA	-0.068	0.921**	0.885**				
叶厚度 LT	-0.569**	0.202**	0.213**	-0.052			
叶绿素含量 SPAP	-0.371**	0.215**	0.242**	0.104	0.353**		
叶组织密度 LTD	-0.057	0.015	0.036	0.031	-0.310**	0.094	
叶干物质含量 LDMC	-0.378**	-0.156*	0.036	-0.178*	0.019	0.161*	0.032

Pearson相关分析,双尾检验:**表示 $P<0.01$,*表示 $P<0.05$.
Pearson correlation analysis, two-tailed test; ** means $P<0.01$, * means $P<0.05$. LDMC: Leaf dry matter content.

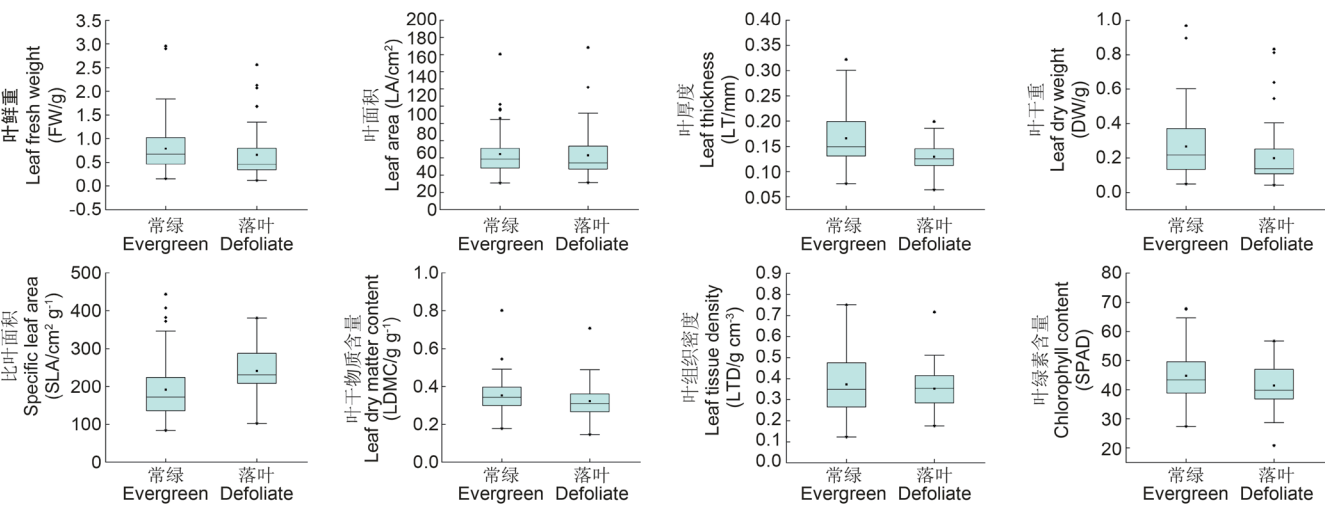


图1 茂兰喀斯特森林木本植物不同生长型叶功能性状分布特征. 图中“▲”为极大值、“▼”为极小值、“■”为平均值、“◆”为异常值、“—”为中位数、“**”表示99%和1%.

Fig. 1 Distribution characteristics of leaf functional traits in different growth forms of woody plants in Maolan karst forest. In the figure, “▲” is the maximum, “▼” is the minimum, “■” is the average, “◆” is the abnormal value, “—” is the median, “**” is 99% and 1%, respectively.

环境资源比相同喀斯特区的其他生境丰富. LDMC表征植物对资源的获取和利用的有效性高低, 反映植物对养分的保有能力, 是资源获取轴上比较稳定的指标^[21], LDMC高的植物通常能很好地生存在环境资源匮乏的生境^[26]. 本研究中LDMC的均值为0.33 g/g, 与桂林尧山和广西大明山地区^[25, 29]相当, 表明不同生境的植物可能在环境资源匮乏时表现出对资源的利用策略相当^[15]; 但普遍低于其他喀斯特区^[15, 27-28, 30], 从侧面说明原生性喀斯特地区的植物抵御外界干扰的能力低于其他喀斯特区, 所以保护好原生性喀斯特森林是非常必要的. LA表征叶片获取光照的能力, LA增加有利于植物获取更多的光能. 茂兰喀斯特森林木本植物的平均LA为43.75 cm², 总体上较其他喀斯特区要高, 可能是原生性较强的原因, 植物普遍生长较好, 对光资源的获取存在竞争, 植物用增大LA的策略来适应环境. LT是叶片内部水分向表面扩散的距离长短和阻力大小的重要指标^[31], 被认为是非常有价值的特性, 它可能与资源获取、碳同化、植物细胞体积和水分储备密切相关^[32]. 本研究中LT的均值为0.15 mm, 较其他地区要小, 可能是因为该区域森林滞留水丰富, 养分和水分等环境资源相对比较充足, 导致茂兰原生性喀斯特森林木本植物叶片内部水分向表面扩散的距离和阻力减小, 以更好地适应环境. 总体而言, 与其他喀斯特生境的植物相比, 茂兰原生性喀斯特森林木本植物具有SLA

和LA较大、LDMC和LT较小的性状组合, 反映了茂兰原生性喀斯特生境比其他喀斯特区具有较好的水分和养分特征, 该区的森林具有独特的叶性策略.

3.2 茂兰喀斯特森林木本植物叶功能性状间的相关关系

植物叶功能性状之间的关系能够代表植物对其生境资源的不同利用方式^[26]. 许多研究表明, SLA与LDMC之间呈负相关关系^[15, 22, 28, 33], 本研究结果与其一致. 程雯等对喀斯特高原优势植物叶片研究^[28]发现LTD与LT呈极显著负相关, LDMC与FW呈负相关, 本研究结果再次证明了这样的相关性, 说明植物为了适应喀斯特区这种特殊生境, 表现出相似的叶性策略. 本研究中Chl与FW、DW及LT呈极显著正相关, 与SLA呈极显著负相关, 与庞志强等对滇中喀斯特区植物的研究^[15]相符. LA、LT与DW呈极显著正相关, LT与SLA呈显著负相关, LA与LT表现为不显著的负相关关系, 与桂林尧山植物的研究结果^[25]一致. 相关研究表明DW与LDMC呈正相关, 与SLA呈负相关^[25, 32], 但在本研究中DW与LDMC相关性不明显. 由此可见, 不同地区叶功能性状间的相关性极其相似但也存在不确定性. 在本研究区内小生境复杂多样, 丰富的森林滞留水和枯枝落叶层为植物生长提供了充足的水分和养分条件^[10], 使植物对水分和养分的利用更加具有优势.

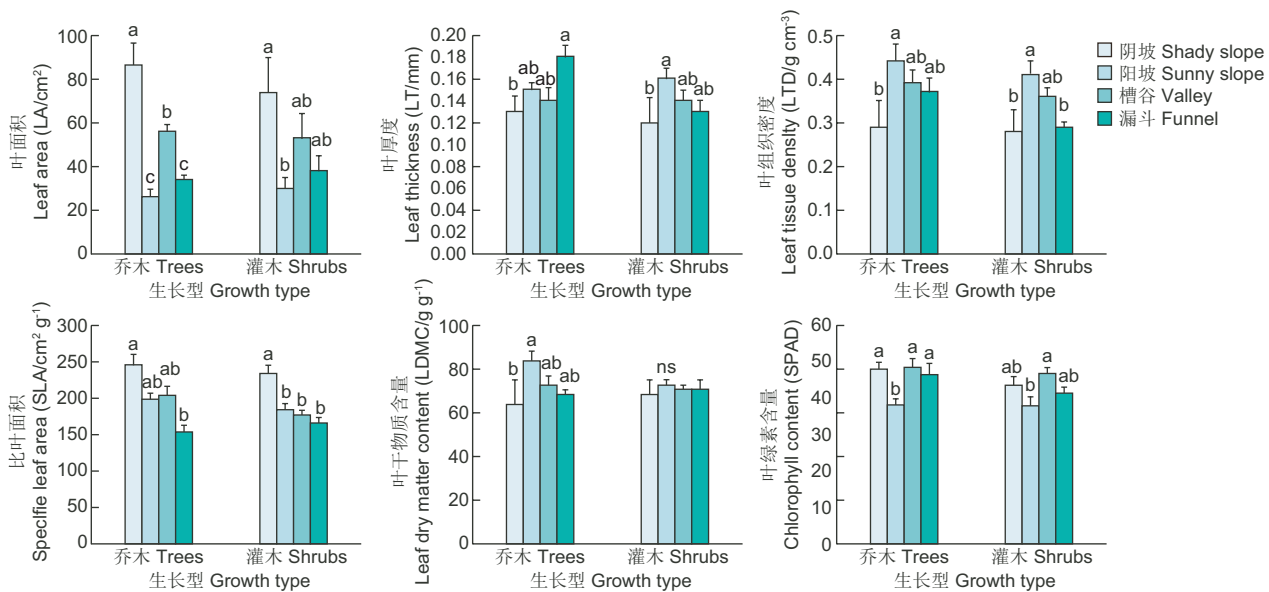


图2 茂兰喀斯特森林不同地形木本植物叶功能性状分布特征. 不同小写字母代表不同地形不同生长型叶功能性状之间具有显著差异 ($P < 0.05$); ns 表示不同地形不同生长型叶功能性状之间无显著差异; 图中数据为平均值 $\pm$ 标准误差.

Fig.2 Distribution characteristics of leaf functional traits of woody plants in different topography in Maolan karst forest. Different lowercase letters represent significant differences in leaf functional traits of different growth types in different terrains ($P < 0.05$); ns means that there is no significant difference between leaf functional traits of different growth types in different terrains; the data in the figure is the mean $\pm$ standard error.

表4 茂兰喀斯特森林木本植物叶功能性状与其他研究结果比较

Table 4 Comparison in leaf functional traits of woody plants in karst forest of Maolan and other studies

研究区 Research area	比叶面积 Specific leaf area (SLA/cm ² g ⁻¹)	叶干物质含量 Leaf dry matter content (LDMC/g g ⁻¹)	叶干重 Leaf dry weight (DW/g)	叶面积 Leaf area (LA/cm ²)	叶厚度 Leaf thickness (LT/mm)	叶绿素含量 Chlorophyll content (SPAD)	叶组织密度 Leaf tissue density (LTD/g cm ⁻³)	文献来源 Literature
桂林尧山 Yaoshan Mountain of Guilin	150.34	0.37	0.10	14.06	0.25	—	—	[25]
桂林岩溶石山 Karst hills of Guilin	102.28	0.44	0.17	18.44	0.33	—	—	[27]
广西大明山 Daming Mountain of Guangxi	151.24	0.38	—	40.33	0.26	—	—	[29]
黔西北高原山地 Plateau mountain of northwestern Guizhou	51.30	0.42	—	16.17	0.32	—	—	[30]
喀斯特高原峡谷 Karst plateau-canyon of Guizhou	117.05	0.43	0.68	94.43	0.34	—	0.22	[28]
滇中喀斯特 Karst area of Yunnan	195.98	0.40	0.30	31.89	0.15	24.74	—	[15]
本研究 The study	203.53	0.33	0.24	43.75	0.15	43.33	0.39	

3.3 茂兰喀斯特森林不同地形木本植物适应环境的叶性策略

茂兰原生性喀斯特森林植物的SLA、LA较大,LT与LDMC较小,是植物适应环境的主要策略,与其他喀斯特区植物的适应策略有差异,不同地形中的植物叶功能性状对微生境的响应也各不相同。SLA与LDMC是叶功能性状研究中常用的性状,是植物资源轴上较为稳定的指标,在植物叶功能性状中起着重要的作用,能反映植物对资源获取和利用的情况^[22]。研究区内地貌形态多样,有落水洞、漏斗、槽谷等,不同地形条件对植物的种类和生长状况均有影响。阳坡位于坡体中上部,地势陡峭且水土流失严重,水分条件差,光照条件好^[34],阳坡植物具有较大的LT和LTD,其LA与SLA较小,说明生长在阳坡的植物通过减小LA和SLA的策略来适应土壤相对贫瘠且水分条件差的生境,通过增大LT使植物水分蒸发的阻力和距离变大,减少水分散失^[31],体现出适应干旱生境的叶性策略。相反,漏斗和阴坡的光照条件差,水分条件好,生长在其生境的植物LT和LTD较小,阴坡的LA与SLA较大,体现出适应湿润生境的叶性策略,而漏斗则有所不同,其枯枝落叶层较厚,土壤有机质含量高,叶片普遍细小饱满,其LT较大而LA和SLA都相对较小,可能是由于漏斗位于研究区内低凹处的负地面,常年无直射光照入,导致生长在该生境的植物叶片为了适应弱光环境而采取缩小叶面积的策略。槽谷位于下坡位,谷底平坦,光照和水分条件适中,温度适宜且土壤发育较好^[34],生长在槽谷的植物,其LA、LT、LTD和LDMC介于阴坡和阳坡之

间,总体而言,在槽谷生境下的植物接受的光照和水热条件都较为适中,可利用的资源更加丰富,植物长势整体较阴坡、阳坡和漏斗要好。通过对比不同地形木本植物叶功能性状,发现阴坡植物的LA和SLA较大,阳坡植物的LT较大,漏斗和槽谷的叶功能性状差异不显著。

4 结论

通过对茂兰自然保护区不同地形木本植物叶功能性状的研究,发现原生性喀斯特森林木本植物表现出LA和SLA较大,而LT与LDMC低的性状组合,植物叶功能性状与其他喀斯特区对比既有共性也各具特色。总体而言,叶功能性状间的相关性良好,其变异系数较为集中且相对较小,植物对环境的适应性生长良好。不同地形木本植物叶功能性状存在差异性,其中阴坡和阳坡的差异性最为显著,槽谷中的植物长势较阳坡、阴坡和漏斗要好。不同生长型植物通过叶功能性状间的协作适应微生境,保持群落性质的稳定性。通过从结构型性状分析不同地形木本植物叶功能性状特征,对茂兰原生性喀斯特森林植物叶功能性状及其生长策略有了初步的认识,有助于深入探讨不同喀斯特区植物的生长适应性。但环境对叶功能性状的影响是复杂多样的,在今后还有待于加强对功能型性状和生理性状的研究,结合各类环境因子进行进一步分析是非常必要的,进而全面揭示植物叶功能性状对原生性喀斯特生境的适应与响应。

参考文献 [References]

- 1 赵夏纬, 王一峰, 马文梅. 高寒草地不同坡向披针叶黄华蒸腾速率与叶性状的关系[J]. 生态学报, 2019, **39** (7): 2494-2500 [Zhao XW, Wang YF, Ma WM. The relationship of transpiration rate with leaf characters of *Thermopsis lanceolate* in different slopes of an alpine meadow [J]. *Acta Ecol Sin*, 2019, **39** (7): 2494-2500]
- 2 Garnier E, Cortez J, Billes G, Navas ML, Roumet C, Debussche M, Laurent G, Blanchard A, Aubry D, Bellmann A, Neill C, Toussaint JP. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession [J]. *Ecology*, 2004, **85** (9): 2630-2637
- 3 Vendramini F, Diaz S, Gurvich DE. Leaf traits as indicators of resource strategy in floras with succulent species [J]. *New Phytol*, 2002, **154** (1): 147-157
- 4 Wright IJ, Reich PB, Westoby M, Ackerly DD, Baruch Z, Bongers F, Cavender-Bares J, Chapin T, Cornelissen JHC, Diemer M, Flexas J, Garnier E, Groom PK. The world-wide leaf economics spectrum [J]. *Nature*, 2004, **428** (6985): 821-827
- 5 Gedan KB, Bertness MD. Experimental warming causes rapid loss of plant diversity in New England salt marshes [J]. *Ecol Lett*, 2010, **12** (8): 842-848
- 6 Wright IJ, Reich PB, Cornelissen JHC, Falster DS, Groom PK, Hikosaka K, Lee W, Lusk CH, Oleksyn J, Osada N, Poorter H, Warton DI, Westoby M. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate [J]. *Glob Ecol Biog*, 2005, **14** (5): 411-421
- 7 Zirbel CR, Bassett T, Grman E, Brudvig LA. Plant functional traits and environmental conditions shape community assembly and ecosystem functioning during restoration [J]. *J Appl Ecol*, 2017, **54** (4): 1070-1079
- 8 Fu PL, Zhu SD, Zhang JL, Patrick M, Jiang YJ, Lin H, Fan ZX, Cao KF. The contrasting leaf functional traits between a karst forest and a nearby non-karst forest in south-west China [J]. *Funct Plant Biol*, 2019, **46** (10): 907-915
- 9 Scoffoni C, Rawls M, McKown A. Decline of leaf hydraulic conductance with dehydration: relationship to leaf size and venation architecture [J]. *Plant Physiol*, 2011, **156** (2): 832-843
- 10 朱守谦. 喀斯特森林生态研究-III[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2003 [Zhu SQ. Study of Karst Forest Ecology-III [M]. Guiyang: Guizhou Sci-tech Publishing House, 2003]
- 11 张秀芳, 穆振北, 林美娇, 江淼华, 巩嘉欣, 游巍斌. 琅岐岛4种优势植物叶功能性状及其影响因子[J]. 应用与环境生物学报, 2020, **26** (3): 667-673 [Zhang XF, Mu ZB, Lin MJ, Jiang MH, Gong JX, You WB. Functional traits of four dominant plants on Langqi Island, Fuzhou, and factors influencing these traits [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2020, **26** (3): 667-673]
- 12 陈嘉静, 余华, 徐朝斌, 钟全林. 种源与同质园环境对刨花楠幼苗叶功能性状的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2019, **25** (3): 648-654 [Chen JJ, Yu H, Xu CB, Zhong QL. Effects of provenance and common garden environment on leaf functional traits of *Machilus pauhoi* seedlings [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2019, **25** (3): 648-654]
- 13 钟巧连, 刘立斌, 许鑫, 杨勇, 郭银明, 许海洋, 蔡先立, 倪健. 黔中喀斯特木本植物功能性状变异及其适应策略[J]. 植物生态学报, 2018,

- 42 (5): 562-572 [Zhong QL, Liu LB, Xu X, Yang Y, Guo YM, Xu HY, Cai XL, Ni J. Variations of plant functional traits and adaptive strategy of woody species in a karst forest of central Guizhou province, southwestern China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2018, **42** (5):562-572]
- 14 杨勇, 许鑫, 徐玥, 倪健. 黔北优势植物对槽谷型喀斯特生境的适应策略: 基于功能性状与生态化学计量相关联的证据[J]. 地球与环境, 2020, **48** (4):413-423 [Yang Y, Xu X, Xu Y, Ni J. Adaptation strategies of three dominant plants in the trough-valley karst region of northern Guizhou province southwestern China, evidence from associated plant functional traits and ecostochiometry [J]. *Earth Environ*, 2020, **48** (4): 413-423]
 - 15 庞志强, 卢炜丽, 姜丽莎, 靳珂, 元峥. 滇中喀斯特41种不同生长型植物叶性状研究[J]. 广西植物, 2019, **39** (8): 1126-1138 [Pang ZQ, Lu WL, Jiang LS, Jin K, Qi Z. Leaf traits of different growing plants in karst area of Shilin, China [J]. *Guihaia*, 2019, **39** (8): 1126-1138]
 - 16 刘宏伟, 王微, 左娟, 陶建平. 中梁山石灰岩山地30种主要植物叶片性状研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, **39** (9): 50-55 [Liu HW, Wang W, Zuo J, Tao JP. Leaf traits of main plants on Limestone area in Zhongliang Mountain [J]. *J SW Chin Nor Univ (Nat Sci Ed)*, 2014, **39** (9): 50-55]
 - 17 庞世龙, 欧芷阳, 申文辉, 何峰, 陆国导. 桂西南喀斯特地区主要木本经济植物叶功能性状变异及其适应策略[J]. 广西植物, 2021, **41** (5): 707-714 [Pang SL, Ou ZY, Shen WH, He F, Lu GD. Leaf function traits variations and adaptive strategies of major woody economic plants in karst area of southwest Guangxi [J]. *Guihaia*, 2021, **41** (5): 707-714]
 - 18 Perez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide [J]. *Aust J Bot*, 2013, **61** (3): 167-234
 - 19 唐青青, 黄永涛, 丁易, 臧润国. 亚热带常绿落叶阔叶混交林植物功能性状的种间和种内变异[J]. 生物多样性, 2016, **24** (3): 262-270 [Tang QQ, Huang YT, DingY, Zang RG. Interspecific and intraspecific variation in functional traits of subtropical evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests [J]. *Biodiv Sci*, 2016, **24** (3): 261-270]
 - 20 王进, 朱江, 艾训儒, 姚兰, 黄小, 吴漫玲, 朱强, 洪建峰. 湖北星斗山地形变化对不同生活型植物叶功能性状的影响[J]. 植物生态学报, 2019, **43** (5): 447-457 [Wang J, Zhu J, Ai XR, Yao L, Huang X, Wu ML, Zhu Q, Hong JF. Effects of topography on leaf functional traits across plant life forms in Xingdou Mountain, Hubei, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2019, **43** (5): 447-457]
 - 21 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 [Bao L, Liu YH. Comparison of leaf functional traits in different forest communities in Mt. Dongling of Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, **29** (7):3692-3703]
 - 22 刘贵峰, 刘玉平, 达福白乙拉, 程伟燕, 高学磊, 姜丽丽. 大青沟自然保护区主要森林群落优势种的叶性状[J]. 生态学报, 2017, **37** (14): 4646-4655 [Liu GF, Liu YP, Baiyila DF, Cheng WY, Gao XL, Jiang LL. Leaf traits of dominant plants of main forest communities in Daqinggou Nature Reserve [J]. *Acta Ecol Sin*, 2017, **37** (14):4646-4655]
 - 23 冯秋红, 史作民, 董莉莉. 植物功能性状对环境的响应及其应用[J]. 林业科学, 2008, (4): 125-131 [Feng QH, Shi ZM, Dong LL. Response of plant functional traits to environment and its application [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, (4): 125-131]
 - 24 郑鸾, 龙翠玲. 茂兰喀斯特森林不同地形土壤生态化学计量特征[J]. 南方农业学报, 2020, **51** (3):545-551 [Zheng L, Long CL. Eco-stoichiometric characteristics of soil in different topographical sites of Maolan karst forest [J]. *J S Agric*, 2020, **51** (3): 545-551]
 - 25 马姜明, 张秀珍, 梁士楚, 陈婷, 黄秋菊. 桂林尧山常见植物叶片性状研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2012, **30** (1): 77-82 [Ma JM, Zhang XZ, Liang SC, Chen T, Huang QJ. Leaf traits of common plants in Yaoshan Mountain of Guilin, China [J]. *J Guangxi Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2012, **30** (1): 77-82]
 - 26 冯秋红, 史作民, 董莉莉, 刘世荣. 南北样带落叶乔木功能性状及其与气象因子的关系[J]. 中国农业气象, 2009, **30** (1): 79-83 [Feng QH, Shi ZM, Dong LL, Liu SR. Functional traits of deciduous trees and their relationships with meteorological factors in NSTEC [J]. *Chin J Agro*, 2009, **30** (1): 79-83]
 - 27 Ma JM, Chen T, Liang SC. Leaf traits of 14 dominant arbuscle and liana species in karst hills of Guilin [C]. International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), Nanjing, 2011: 7653-7655
 - 28 程雯, 喻阳华, 熊康宁, 张俞, 许敏, 谭代军. 喀斯特高原峡谷优势种叶片功能性状分析[J]. 广西植物, 2019, **39** (8): 1039-1049 [Cheng W, Yu YH, Xiong KN, Zhang Y, Xu M, Tan DJ. Leaf functional traits of dominant species in karst plateau-canyon areas [J]. *Guihaia*, 2019, **39** (8): 1039-1049]
 - 29 谢益君, 陆晓明, 蓝嘉川, 龙涛, 王家妍, 雷丽群, 朱宏光, 温远光. 广西大明山常绿阔叶林功能群间的功能性状关系[J]. 南方农业学报, 2013, **44** (9): 1504-1510 [Xie YJ, Lu XM, Lan JC, Long T, Wang JY, Lei LQ, Zhu HG, Wen YG. Functional traits of evergreen broad-leaved forest in Daming Mountain Nature Reserve, Guangxi [J]. *J S Agric*, 2013, **44** (9): 1504-1510]
 - 30 喻阳华, 钟欣平, 程雯. 黔西北地区优势树种叶片功能性状与经济谱分析[J]. 森林与环境学报, 2018, **38** (2): 196-201 [Yu YH, Zhong XP, Chen W. Analysis of relationship among leaf functional traits and economics spectrum of dominant species in northwestern Guizhou province [J]. *J For Environ*, 2018, **38** (2): 196-201]
 - 31 李永华, 罗天祥, 卢琦, 田晓娅, 吴波, 杨恒华. 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 YH, Luo TX, Lu Q, Tian XY, Wu B, Yang HH. Comparisons of leaf traits among 17 major plant species in Shazhuyu Sand Control Experimental Station of Qinghai Province [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, (5): 994-999]
 - 32 刘金环, 曾德慧, Don KL. 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]. 生态学报, 2006, (8): 921-925 [Liu JH, Zeng DH, Don KL. Leaf traits and their interrelationships of main plant species in southeast Horqin sandy land [J]. *Chin J Ecol*, 2006, (8): 921-925]
 - 33 吴漫玲, 朱江, 朱强, 黄小, 王进, 刘易. 星斗山常绿落叶阔叶混交林木本植物叶功能性状及其多样性特征分析[J]. 西北植物学报, 2019, **39** (9): 1678-1691 [Wu ML, Zhu J, Zhu Q, Huang X, Wang J, Liu Y. Analysis of leaf functional traits and functional diversity of woody plants in evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest of Xingdoushan [J]. *Acta Bot Bor Occid Sin*, 2019, **39** (9): 1678-1691]
 - 34 秦随涛, 龙翠玲, 吴邦利. 地形部位对贵州茂兰喀斯特森林群落结构及物种多样性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2018, **40** (7): 18-26 [Qin ST, Long CL, Wu BL. Effects of topographic sites on the community structure and species diversity of karst forest in Maolan, Guizhou Province of southwestern China [J]. *J Beijing For Univ*, 2018, **40** (7): 18-26]

附表1 研究区木本植物区系组成及树种特性

Table S1 Flora composition of woody plants and tree species characteristics in the research area

科 Family	属 Genus	种 Species	树种特性 Species characteristics
樟科 Lauraceae	山胡椒属 <i>Lindera</i>	香叶树 <i>Lindera communis</i>	常绿小乔木 Small evergreen tree
	木姜子属 <i>Litsea</i>	轮叶木姜子 <i>Litsea verticillata</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	润楠属 <i>Machilus</i>	狭叶润楠 <i>Machilus rehderi</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	楠属 <i>Phoebe</i>	楠木 <i>Phoebe zhennan</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	琼楠属 <i>Beilschmiedia</i>	美脉琼楠 <i>Beilschmiedia delicata</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	樟属 <i>Cinnamomum</i>	桂皮 <i>Cinnamomum tamala</i>	常绿乔木 Evergreen tree
无患子科 Sapindaceae	灯台树属 <i>Bothrocaryum</i>	灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	黄梨木属 <i>Boniodendron</i>	黄梨木 <i>Boniodendron minus</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	掌叶木属 <i>Handeliodendron</i>	掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i>	落叶乔木 Deciduous tree
蔷薇科 Rosaceae	石斑木属 <i>Rhaphiolepis</i>	石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
	扁核木属 <i>Prinsepia</i>	扁核木 <i>Prinsepia utilis</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
	火棘属 <i>Pyracantha</i>	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
	石楠属 <i>Photinia</i>	罗木石楠 <i>Photinia davidsonian</i>	常绿乔木 Evergreen tree
		石楠 <i>Photinia serrulata</i>	常绿乔木 Evergreen tree
漆树科 Anacardiaceae	黄连木属 <i>Pistacia</i>	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	南酸枣属 <i>Choerospondias</i>	南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	落叶乔木 Deciduous tree
五加科 Araliaceae	梁王茶属 <i>Nothopanax</i>	异叶梁王茶 <i>Nothopanax davidii</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
	罗伞属 <i>Brassaia</i>	尾叶罗伞 <i>Brassaia producta</i>	常绿乔木 Evergreen tree
		长梗罗伞 <i>Brassaia glomerulata</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
壳斗科 Fagaceae	栎属 <i>Quercus</i>	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	锥栗属 <i>Castanopsis</i>	丝栗栎 <i>Castanopsis fargesii</i>	常绿乔木 Evergreen tree
杜英科 Elaeocarpaceae	杜英属 <i>Elaeocarpus</i>	山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	常绿乔木 Evergreen tree
	猴欢喜属 <i>Sloanea</i>	猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	常绿乔木 Evergreen tree
小檗科 Berberidaceae	十大功劳属 <i>Mahonia</i>	湖北十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
	南天竹属 <i>Nandina</i>	南天竹 <i>Nandina domestica</i>	常绿小灌木 Small evergreen shrub
大戟科 Euphorbiaceae	乌桕属 <i>Sapium</i>	圆叶乌桕 <i>Sapium rotundifolium</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	野桐属 <i>Mallotus</i>	石岩枫 <i>Mallotus repandus</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
鼠李科 Rhamnaceae	枳椇属 <i>Hovenia</i>	拐枣 <i>Hovenia acerba</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	鼠李属 <i>Rhamnus</i>	鼠李 <i>Rhamnus davurica</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
金缕梅科 Hamamelidaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	蚊母树属 <i>Distylium</i>	中华蚊母树 <i>Distylium chinense</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
芸香科 Rutaceae	黄皮属 <i>Clausena</i>	齿叶黄皮 <i>Clausena dunniiana</i>	落叶小灌木 Small deciduous shrub
	吴茱萸属 <i>Euodia</i>	吴茱萸 <i>Euodia rutaecarpa</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
马鞭草科 Verbenaceae	牧荆属 <i>Vitex</i>	黄荆 <i>Vitex negundolinn</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
	紫珠属 <i>Callicarpa</i>	紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
槭树科 Aceraceae	槭属 <i>Acer</i>	梓叶槭 <i>Acer catalpifolium</i>	落叶大乔木 Big deciduous tree
		樟叶槭 <i>Acer cinnamomifolium</i>	常绿乔木 Evergreen tree
		角叶槭 <i>Acer sycopseoides</i>	常绿小乔木 Small evergreen tree
		粗柄槭 <i>Acer tonkinense</i>	落叶乔木 Deciduous tree
山茱萸科 Cornaceae	四照花属 <i>Dendrobenthamia</i>	四照花 <i>Dendrobenthamia japonica</i>	落叶小乔木 Small deciduous tree
		香港四照花 <i>Dendrobenthamia hongkongensis</i>	常绿乔木 Evergreen tree
		光皮楸木 <i>Swida wilsoniana</i>	落叶乔木 Deciduous tree
忍冬科 Caprifoliaceae	荚蒾属 <i>Viburnum</i>	巴东荚蒾 <i>Viburnum henryi</i>	常绿乔木 Evergreen tree
		球核荚蒾 <i>Viburnum propinquum</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
冬青科 Caprifoliaceae	冬青属 <i>Ilex</i>	大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i>	常绿大乔木 Big evergreen tree
		小叶冬青 <i>Ilex ficoidea</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
榆科 Ulmaceae	榆属 <i>Ulmus</i>	多脉榆 <i>Ulmus castaneifolia</i>	落叶乔木 Deciduous tree
		榔榆 <i>Ulmus parvifolia</i>	落叶乔木 Deciduous tree
		朴树 <i>Celtis sinensis</i>	落叶乔木 Deciduous tree
		青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	落叶乔木 Deciduous tree
		白桦 <i>Zelkova serrata</i>	落叶乔木 Deciduous tree
桦木科 Betulaceae	鹅耳枥属 <i>Carpinus</i>	云贵鹅耳枥 <i>Carpinus pubescens</i>	落叶乔木 Deciduous tree
豆科 Leguminosae	香槐属 <i>Cladrastis</i>	翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	落叶乔木 Deciduous tree
山矾科 Symplocaceae	山矾属 <i>Symplocos</i>	薄叶山矾 <i>Symplocos anotiiala</i>	常绿乔木 Evergreen tree
胡桃科 Juglandaceae	化香树属 <i>Platycarya</i>	圆果化香 <i>Platycarya longipes</i>	落叶小乔木 Small deciduous tree
	黄杞属 <i>Engelhardia</i>	黄杞 <i>Engelhardia roxburghiana</i>	常绿乔木 Evergreen tree
梧桐科 Sterculiaceae	梧桐属 <i>Firmiana</i>	青桐 <i>Firmiana simplex</i>	落叶乔木 Deciduous tree
桑科 Moraceae	构属 <i>Broussonetia</i>	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	落叶乔木 Deciduous tree
	桑属 <i>Morus</i>	荔波桑 <i>Morus liboensis</i>	落叶乔木 Deciduous tree
八角枫科 Alangiaceae	八角枫属 <i>Alangium</i>	八角枫 <i>Alangium chinense</i>	落叶小乔木 Small deciduous tree
卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i>	裂果卫矛 <i>Euonymus dielsianus</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
山榄科 Sapotaceae	铁榄属 <i>Sinosideroxylon</i>	革叶铁榄 <i>Sinosideroxylon wightianum</i>	常绿小灌木 Small evergreen shrub
胡颓子科 Elaeagnaceae	胡颓子属 <i>Elaeagnus</i>	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
茶茱萸科 Icacinaceae	粗丝木属 <i>Gomphandra</i>	粗丝木 <i>Gomphandra tetrandra</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
桃金娘科 Myrtaceae	子楝树属 <i>Decaspermum</i>	华夏子楝树 <i>Decaspermum esquirolii</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
荨麻科 Urticaceae	水麻属 <i>Debregeasia</i>	水麻 <i>Debregeasia orientalis</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
		粗梗楠 <i>Phoebe crassipedicella</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
苦木科 Simaroubaceae	苦木属 <i>Picrasma</i>	苦木 <i>Picrasma quassioides</i>	落叶灌木 Deciduous shrub
	臭椿属 <i>Ailanthus</i>	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	落叶乔木 Deciduous tree
藤黄科 Guttiferae	金丝桃属 <i>Hypericum</i>	金丝桃 <i>Hypericum monogynum</i>	常绿灌木 Evergreen shrub
茜草科 Rubiaceae	六月雪属 <i>Serissa</i>	六月雪 <i>Serissa japonica</i>	常绿小灌木 Small evergreen shrub
	香果树属 <i>Emmenopterys</i>	香果树 <i>Emmenopterys henryi</i>	落叶大灌木 Big deciduous tree
清风藤科 Sabiaceae	泡花树属 <i>Meliosma</i>	贵州泡花树 <i>Meliosma henryi</i>	常绿小乔木 Small evergreen tree
交让木科 Daphniphyllaceae	虎皮楠属 <i>Daphniphyllum</i>	交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	常绿乔木 Evergreen tree
木棉科 Bombacaceae	木棉属 <i>Bombax</i>	木棉 <i>Bombax malabarica</i>	落叶乔木 Deciduous tree
山茶科 Theaceae	柃木属 <i>Eurya</i>	细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	常绿小乔木 Small evergreen tree
38科	65属	76种	