

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201603022

朱栗琼, 徐艳霞, 招礼军, 等. 喀斯特地区莎叶兰的解剖构造及其环境适应性 [J]. 广西植物, 2016, 36(10):1179-1185

ZHU LQ, XU YX, ZHAO LJ, et al. Anatomical structure and environmental adaptability of *Cymbidium cyperifolium* in karst area [J]. Guihaia, 2016, 36(10):1179-1185

## 喀斯特地区莎叶兰的解剖构造及其环境适应性

朱栗琼, 徐艳霞, 招礼军\*, 袁娟, 杨丽梅

(广西大学 林学院, 南宁 530004)

**摘要:** 以广西西北部雅长兰科植物保护区的莎叶兰 (*Cymbidium cyperifolium*) 为对象, 采用石蜡切片法对莎叶兰叶片和根的解剖构造及其对喀斯特环境的适应性进行了研究。结果表明: (1) 莎叶兰叶片的上表皮覆盖有较厚的角质层, 气孔均分布于下表皮, 且凸出表皮细胞之上; 各表皮性状在叶片不同部位存在显著差异, 叶片下部的气孔密度、气孔指数和气孔长度最大, 表皮细胞密度以叶片上部的最大; 叶片属于等面叶, 叶肉无栅栏组织和海绵组织的分化; 叶脉为明显的平行脉, 且粗细交互分布; (2) 莎叶兰根的横切面包括根被、皮层、中柱 3 部分, 其中根被细胞排列紧密, 为生活细胞; 皮层由薄壁细胞组成; 根部维管束属于辐射维管束, 14 原型。菌根粗壮, 稀根毛, 共生真菌主要分布于根被及皮层中, 菌丝体通过根被薄壁细胞间隙及内、外皮层的通道细胞进行侵染。 (3) 莎叶兰叶片和根的结构不仅有湿生植物特征, 如叶片相对较薄、气孔少且凸出表皮细胞、冠/根比值大等; 还有旱生植物的特征, 如叶片角质层较厚、机械组织发达、细胞结构紧密、具含晶细胞, 肉质根具根被, 内、外皮层细胞壁明显增厚等。这些结构是莎叶兰对当地缺水、干湿季明显、分布于林下多石砾土壤的生长环境的一种高度适应性表现。

**关键词:** 莎叶兰, 解剖结构, 叶, 菌根, 适应性

**中图分类号:** Q944, S682.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2016)10-1179-08

## Anatomical structure and environmental adaptability of *Cymbidium cyperifolium* in karst area

ZHU Li-Qiong, XU Yan-Xia, ZHAO Li-Jun\*, YUAN Juan, YANG Li-Mei

(College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** The leaf and root anatomical structures of *Cymbidium cyperifolium* in Yachang Orchids Nature Reserve of Northwest Guangxi were studied by using traditional paraffin section, and its adaptability to karst environment was also analyzed. The results were as follows: (1) The upper epidermal cells of *C. cyperifolium* were covered with thick cuticle. The stomata were distributed in lower epidermal cells and protruding on epidermal cells. All epidermal trait features had significance difference among different parts of leaf blade. The highest stoma density, stoma index and length of stoma were in the lower part of leaf blade, and maximum density of epidermal cells was in the upper part of leaf blade. The leaves of *C. cyperifolium* were equifacial leaf and the mesophyll was not differentiated into palisade and spongy tissues. The leaf vein was distinct parallel venation. Thick and thin veins were interactively distributed. (2) The root

收稿日期: 2016-04-25 修回日期: 2016-07-30

基金项目: 国家自然科学基金(31560061); 广西教育厅科研项目(2011106LX038); 广西自然科学基金(2013GXNSFAA019063) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31560061); Scientific Research Project of Guangxi Education Department(201106LX038); Guangxi Natural Science Foundation(2013GXNSFAA019063)]。

作者简介: 朱栗琼(1969-), 女, 广西恭城人, 硕士, 副教授, 主要从事植物学和植物生理生态学研究, (E-mail) liqiongzhu@163.com。

\*通讯作者: 招礼军, 博士, 副教授, 主要从事森林生态和植物生理生态学研究, (E-mail) zhlij-70@163.com。

cross section was composed of root velamen, cortex and stelae. Root velamen cells lived and arranged closely. Cortex was composed by parenchyma cells. Root vascular bundle belonged to radial vascular bundle. The mycorrhiza was thick and had few root hairs. The symbiotic fungi mainly distributed in root velamen and cortex, and infection of mycelium was invaded through the parenchyma intercellular space and the passage cells of cortex by hyphae. (3) The leaf and root anatomical structures of *C. cyperifolium* not only had hygrophyte features, such as relatively thinner leaf blade, less and protruding stoma and higher ratio of shoot mass to root mass, but also had xerophytes features, such as thicker cuticle, developed mechanical tissue, tensely cell structure, having crystal cell, fleshy root had velamen, obviously thickening cell wall of inner and outer cortex. These structures of *C. cyperifolium* represent the adaptability to living environment with water deficit, obvious dry and wet seasons and understory gravel soil.

**Key words:** *Cymbidium cyperifolium*, anatomical structure, leaf, mycorrhiza, adaptability

兰科植物是珍贵的观赏植物,有悠久栽培历史和众多品种,在自然界中还有大量的野生兰科植物有待开发、保护和利用。一直以来,野生兰科植物以其观赏和商业价值巨大而备受人们关注,在利益驱使下被无度采挖和交易,数量锐减,因此沦为珍稀濒危植物,成为植物保护中的“大熊猫”(罗毅波等, 2003)。莎叶兰(*Cymbidium cyperifolium*)属于兰科(Orchidaceae)兰属(*Cymbidium*)的地生或半附生植物,常生于林下排水良好、多石之地或岩石缝中,海拔 900~1 600 m。产中国的广东、海南、广西南部、贵州西南部、云南东南部。尼泊尔、不丹、印度、缅甸、泰国、越南、柬埔寨、菲律宾也有分布。莎叶兰的花期在 10 月至次年的 2 月,花形及花色与寒兰(*C. kanran*)相似,具柠檬香气,有较高的园艺观赏性。2005 年成立的广西雅长兰科植物国家级自然保护区区内发现兰科植物 44 属 113 种(含 5 变种),其中不乏珍品,而且此地不论兰花的种数、分布密度,还是原生状态的野生兰科植物居群数量,都极为罕见(和太平等, 2007),其中莎叶兰的居群数量和密度居世界首位(和太平等, 2007)。然而,由于该保护区地处喀斯特地区,日趋严重的石漠化将可能影响该地区生态系统的稳定性(刘方等, 2008),也必将影响到对环境敏感的珍稀濒危物种,所以,加快兰科植物相关的基础研究工作,是制定具体保育措施的基础(罗毅波等, 2003)。

目前对莎叶兰的研究主要涉及生长环境、植物分布状况及生活类型的调查(和太平等, 2007)、叶片气孔密度、养分含量和比叶面积(成霄峰等, 2011)、叶片和根系的形态特征(陈心启和刘仲健, 2003)等方面。而关于莎叶兰生长特征及其与环境关系方面的研究极其缺乏,这不利于该物种的保护和开发。植物营养器官的形态解剖构造特征可以

反映植物对环境的适应及其演化方向,反过来也表明了环境对植物器官的影响,特别是叶片的各种形态和结构性状常被用于植物功能性状的研究,同时也可以通过研究珍稀濒危植物叶片性状与环境的关系判断其生长环境是否适合这些物种的生长保育(Dunbar-Co et al, 2009; 成霄峰等, 2011; Chang et al, 2011; Guan et al, 2011)。本研究通过对喀斯特地区野生莎叶兰的叶及根的解剖构造进行研究,探讨植物营养器官结构对环境的适应性响应,为了解莎叶兰的演化地位提供更详细的基础理论材料,为制定莎叶兰具体的保育措施,促进其持续利用等提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

广西雅长兰科植物国家级自然保护区位于桂西北乐业县境内,地理坐标 24°44'16"~24°53'58" N 和 106°11'31"~106°27'4" E,地处云贵高原东南缘,是云贵高原向广西丘陵过渡的山原地带,区内沟谷纵横,叠峰连绵,具有典型的喀斯特地貌特征。保护区地处桂西中亚热带季风气候区,季风环流和焚风效应的影响严重,夏季盛行海洋湿润气团,冬季盛行大陆寒冷气团。区域内气候温和、夏无酷暑、冬无严寒。据保护区所在地花坪气象站资料,保护区年均气温 16.3 ℃,极端最高温 41.1 ℃,最低温 -3 ℃,冬季时有霜雪;年均日照 1 467.0 h。保护区降水偏少,年均降水量 1 051.7 mm,比广西全区年均降雨量(1 510.1 mm)减少约 1/3(和太平等, 2007; 黄承标等, 2008)。据黄承标等(2008)连续 8 a 对该保护区的各项气象因子的监测结果显示,3 个监测站(海拔 380 m 的雅长站、600 m 的果麻站、985 m 的花坪站)

的降雨量变化趋势相一致,结果显示为夏季(53.5%~57.2%)>春季(18.7%~21.4%)>秋季(17.6%~19.7%)>冬季(4.0%~6.2%)的规律,其中5~10月占全年总雨量的80.5%~85.0%,表明该区域年中雨量的季节分配不均匀,春、秋干旱。蒸发量的季节变化,林区各站的变化趋势也相一致,即夏季或春季(29.2%~36.1%)>秋季(19.3%~22.6%)>冬季(15.1%~15.3%)。林区内11月至次年4月蒸发量比同期降雨量增大1.4~5.4倍之多,显示出该区域气候较干燥的特点,尤以春季明显。在花坪站测得年均地面温度高于其它两个低海拔的监测站,说明该地存在明显的焚风效应。

本研究样本采自保护区境内的拉雅峡谷的风岩洞店子上,气候条件与花坪监测站相似。土壤pH6.70,土壤密度 $0.68\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,总孔隙度50.30%,通气度25.30%,有机质含量 $70.99\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,全N $4.43\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,全P $1.77\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,全K $1.32\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (黄承标等,2010);莎叶兰在此处主要沿山脊的崖壁区域分布,形成约长×宽=30 m×200 m的狭长带状,有6000~8000丛,母株个体差异不大,基径为10~25 cm,冠幅相对也平均,多为55 cm×63 cm;其上层主要是冬青(*Ilex chinensis*)、风箱树(*Cephalanthus occidentalis*)、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、小化香树(*Platycarya glandulosa*)等混交林形成的沟谷旁多石的阴生环境(程瑾等,2006)。

## 1.2 材料

于2013年5月在生境一致的样地中选择30株长势中等的植株,分别剪取中部一片成熟、正常叶片,并挖取1条自根尖约5 cm长的根,置于FAA液中固定、保存。

## 1.3 制片方法

叶及根的横切面用石蜡制片法(李正理,1996),取叶近中部主脉两侧各0.5 cm材料,根部成熟区以上约1 cm长的材料,酒精梯度脱水,TO生物制片剂透明,切片厚10~15  $\mu\text{m}$ ,番红-固绿对染,加拿大树胶封藏。

叶表皮制片:分别取成熟叶片上部(距叶尖约2 cm)、中部、下部(距叶基约2 cm)组织,浸泡于等量的30%过氧化氢和醋酸溶液中,60℃温箱中放置12~24 h,至叶片发白起泡,用蒸馏水冲洗,剥离表皮,番红染色,1%甘油封片(孙同兴等,2002)。

## 1.4 图片采集和数据分析

用Nikon E100显微镜观察拍片,江苏捷达生产

的JD801图像分析软件采集图片、测定数据,每个观测部位随机采集30个视野,每个性状测量30个数值,取其平均值为特征值。

数据整理及分析均使用SPSS 19.0软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片结构

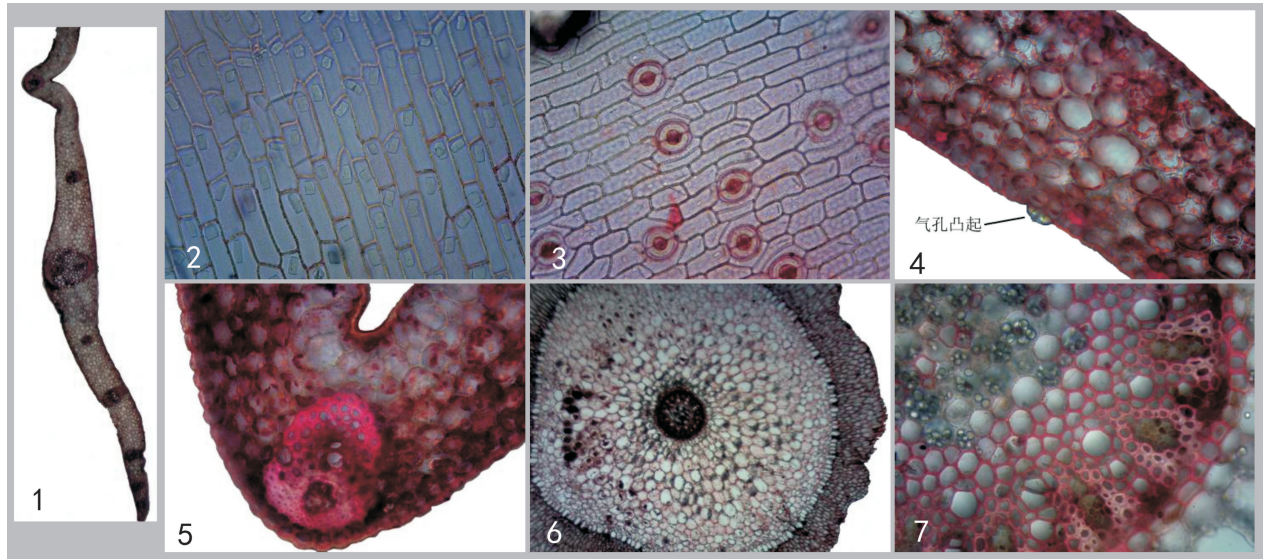
莎叶兰叶片结构由表皮、叶肉、叶脉(维管束)三部分组成(图版I:1)。从表皮制片上可以看到,莎叶兰上表皮细胞(图版I:2)、下表皮细胞(图版I:3)大致呈矩形,排列紧密,细胞长轴与叶脉相平行,内含矩形结晶体;气孔仅分布于下表皮,并且沿叶长轴方向整齐纵列,但气孔的行、间距却不定。气孔由2个肾形保卫细胞组成,外侧有2个副卫细胞,副卫细胞长轴与保卫细胞长轴及表皮细胞长轴方向一致,属于平行式气孔器。

在对叶片不同部位表皮细胞及其气孔器的观察和测量中发现(表1),以叶片中部的气孔密度最小,其次是叶片上部,而叶片下部气孔分布最密;气孔指数及气孔长度以叶下部最大,上部最小,中部居中;下表皮细胞密度相反,以叶下部最小,中部其次,上部最大;上表皮细胞密度以上部的最大,但密度最小的却在叶片的中部。经方差分析,除气孔密度及上表皮细胞密度在莎叶兰的不同部位显示差异不显著( $P>0.05$ )外,其余指标均有不同程度的显著或极显著的差异。经多重比较得知,气孔的长度在叶片的上、中、下3个不同部位两两之间表现差异极为显著( $P<0.01$ ),而气孔指数表现在下部与上部、中部差异均显著,上部与中部之间差异不显著,下表皮细胞密度则表现为上部与下部差异显著,但两者均与中部差异不显著。

从横切面上观察(图版I:4),莎叶兰叶的上、下表皮细胞形态为近圆形,除内向切壁外,其余五面均增厚,上、下表皮的区别在于前者较厚,二者的厚度分别是上表皮为 $(20.49\pm 2.70)\mu\text{m}$ ,下表皮为 $(14.96\pm 3.17)\mu\text{m}$ ,且上表皮角质层稍厚,为 $(2.19\pm 0.60)\mu\text{m}$ ,而下表皮角质层近无,但分布有凸出表皮的气孔,气孔凸出表皮平均高度为 $(11.34\pm 2.04)\mu\text{m}$ 。

莎叶兰叶片属于等面叶,叶肉无栅栏组织和海绵组织的分化,叶片中部的同化组织细胞最大,向表皮处两侧的细胞渐次变小,但也明显较表皮细胞大,叶肉细胞近圆形,排列较紧密,胞间隙不明显,在表





图版 I 莎叶兰的解剖结构 1. 叶片横切面 (4 × 10); 2. 上表皮 (40 × 10); 3. 下表皮 (40 × 10); 4. 叶片横切面 (40 × 10); 5. 中脉横切面 (40 × 10); 6. 根横切面 (40 × 10); 7. 中柱及皮层 (40 × 10)。

Plate I Anatomical structure of *Cymbidium cyperifolium* 1. Cross section of leaf (4 × 10); 2. Upper epidermal of leaf (40 × 10); 3. Lower epidermal of leaf (40 × 10); 4. Cross section of leaf (40 × 10); 5. Cross section of leaf midrib (40 × 10); 6. Cross section of root (40 × 10); 7. Cross section of root stela and cortex (40 × 10).

表 1 莎叶兰叶片不同部位叶表皮特征

Table 1 Epidermal features of different parts of leaf blade of *Cymbidium cyperifolium*

叶片位置 Part of leaf blade	气孔密度 Stoma density (ind. · mm <sup>-2</sup> )	气孔指数 Stoma index (ind. · mm <sup>-2</sup> )	气孔长度 Length of stoma (μm)	上表皮细胞密度 Density of upper epidermal (ind. · mm <sup>-2</sup> )	下表皮细胞密度 Density of lower epidermal (ind. · mm <sup>-2</sup> )
上部 Upper	55.66 ± 17.12a	0.0395 ± 0.012a	13.38 ± 2.22a	1 197.36 ± 223.52a	1 389.79 ± 335.53a
中部 Medium	54.76 ± 10.56a	0.0435 ± 0.011ab	15.21 ± 1.86b	1170.90 ± 214.88a	1 244.06 ± 258.95ab
下部 Lower	117.49 ± 195.28a	0.0793 ± 0.111b	17.04 ± 1.98c	1 181.96 ± 364.23a	1 170.75 ± 263.68b

注: 平均值±标准差; 同列不同字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note: Mean ± SE; different letters in same column differ significantly ( $P < 0.01$ ).

表 2 叶片横切面中的叶脉特征

Table 2 Features of vein in leaf cross section

位置 Parts	叶脉处叶片厚度 Leaf thickness in leaf vein (μm)	叶脉长度 Length of leaf vein (μm)	叶脉宽度 Width of leaf vein (μm)
0	325.63 ± 52.84a	193.44 ± 40.50a	150.64 ± 32.22a
1	362.84 ± 113.48a	176.56 ± 51.49ab	134.18 ± 44.06ab
2	556.40 ± 109.92b	471.33 ± 102.88c	383.40 ± 94.86c
3	368.45 ± 71.49a	136.96 ± 29.50d	115.16 ± 22.86bd
4	330.66 ± 62.65a	233.34 ± 63.15e	176.81 ± 48.16e
5	245.78 ± 25.81c	152.87 ± 29.76bfd	120.95 ± 19.59bdf
6	188.82 ± 16.83d	83.43 ± 24.90g	80.58 ± 19.79g
7	149.61 ± 22.51e	53.28 ± 20.84h	60.55 ± 24.58gh
8	129.04 ± 21.27e	40.68 ± 9.62h	45.17 ± 12.44hi

注: 0-中脉处; 1-8. 表示与中脉一侧依次邻近的其它平行脉。下同。

Note: 0-Principal vein; 1-8. The others veins successively nearby principal vein. The same below.

表 3 叶脉间距  
Table 3 Interval distances among leaf vein

位置 Part	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8
叶脉间距 Distance between the veins ( $\mu\text{m}$ )	1 152.63a	1 127.17a	869.04b	735.87c	735.59c	361.99d	192.79e	150.68e
标准差 Standard deviation (STDEV)	139.77	205.04	123.48	67.04	134.26	36.21	49.28	30.55

表 4 莎叶兰根横切面特征  
Table 4 Features of root cross section of *Cymbidium cyperifolium*

性状 Trait	根半径 Radius of root	根被厚度 Thickness of root velamen	皮层厚度 Thickness of cortex	外皮层厚度 Thickness of exodermis	内皮层厚度 Thickness of endodermis	凯氏带厚度 Thickness of casparian strip	中柱半径 Radius of stelae	维管束半径 Radius of vascular bundle	髓半径 Radius of pith
平均值 Average ( $\mu\text{m}$ )	2 300.12	497.43	1 441.73	73.47	22.57	4.11	360.96	220.30	140.66
标准差 Standard deviation (STDEV)	289.75	106.81	178.49	16.86	4.37	1.01	65.05	77.49	44.15

皮下的一层叶肉细胞中,每隔 2~5 个薄壁细胞均有一小群个数不等的纤维群。部分叶片的中脉距离两侧相邻的叶脉较远时,在两叶脉之间也出现十几个纤维细胞组成的机械组织(图版 I :4)。

莎叶兰维管束发达,中脉凹陷明显(图版 I :1,图版 I :5),以中脉为起点,向左右交错出现细一粗一细的叶脉分布规律,从中脉到叶片最厚处之间有一较小维管束,最厚处的叶脉最发达(表 2,表 2 中代码为 2 的叶脉即为最发达者),从最厚处到叶缘之间有 5~6 条粗细不均的叶脉。各叶脉之间的距离从中脉到叶缘逐渐变小(表 3)。从横切面上观察发现,除靠近叶缘的 2 条维管束的宽大于长外,其余维管束均是长大于宽,所有维管束的厚壁组织均较发达,除近叶缘的 2 条较细维管束无分化,全由管胞构成外,其余维管束有明显的木质部和韧皮部之分,这些维管束除了上、下两侧被纤维呈弧形包围外,韧皮部也完全被厚壁组织包围,与木质部分隔开,且韧皮部近木质部的一侧厚角组织细胞较外围的厚壁组织细胞大,壁强烈增厚,纹孔沟明显,为石细胞所组成。韧皮部的形状、所占比例在各具分化的叶脉之间变化远较木质部的小,且只有一束,居远轴处,韧皮部主要由筛管和伴胞组成;叶脉的木质部除在第 2 条叶脉中可以看到有 4 束木质部外,其他叶脉中无明显的分束界限,木质部的组成成分主要

是导管、木纤维和木薄壁细胞。

## 2.2 根及菌根的结构

莎叶兰的根较粗壮,肉质,直径约 5 mm,横切面上看由根被、皮层及中柱 3 部分构成(图版 I :6)。

根被外存在少量向外突出的根毛,显微镜下看,根毛内分布有大量的菌丝体,且根毛较粗壮,外形已发生变形。根被细胞较大,结合较紧密,细胞壁有不均匀增厚,在细胞表面分布着大量排列整齐而有规律、色泽明亮的菌丝体,同时细胞内还有较粗的黄褐色棒状菌丝团,还能看到细胞核等原生质体。

根被内侧的外皮层,除内向切壁外,其余 5 面均增厚,不过隔一段距离就有一个不增厚的通道细胞,通道细胞较小,颜色深,内含物丰富,丝状体及泡囊状物体较多。中部皮层占大部分,在近中柱处的细胞含淀粉多,而中间皮层常有一群颜色较深,内含物丰富的细胞,同时这群细胞的细胞核较大,结构松散,被真菌侵染过。内皮层形成明显的凯氏带,大部分全面增厚,只在木质部辐射角处有一个不增厚的通道细胞,这些细胞与外皮层的通道细胞相似,颜色较深,内含物丰富。

莎叶兰的中柱由中柱鞘、维管束和髓构成(图版 I :7)。中柱鞘一层,排列较整齐,形态小,壁厚。维管束类型为辐射维管束,十四原型。木质部由一系列导管和若干个木化加厚的薄壁细胞组成,后生导

管腔大于原生导管腔。韧皮部略呈三角形,外侧较内侧大,由筛管和伴胞组成。韧皮部被1~2列纤维所环绕。髓处于根中心位置,由形态较大的薄壁细胞构成,细胞的胞间隙明显,内含大量淀粉等物质。莎叶兰根各项测定特征值见表4。

### 3 讨论与结论

本研究中,叶片线形,表皮细胞矩形,上、下表皮细胞的形体均小于叶肉细胞,叶肉细胞无栅栏组织和海绵组织的分化,为等面叶,叶脉维管组织中厚壁组织明显,气孔仅分布于下表皮并具有明显凸起于表皮细胞之上的特征。这与成霄峰等(2011)、Guan et al(2011)的研究结论相似;季祥彪等(2008)利用RAPD标记,比较分析了12种兰属植物的亲缘关系,认为莎叶兰与建兰的亲缘关系较近,两者在形态及结构上也具相似性。叶片不同部位的气孔数量和气孔指数都存在差异,这与Poole et al(2000)和王碧霞等(2010)的研究相似,表现出叶片基部在气孔数量和气孔指数上占优势。叶部维管束无“花环状”维管束鞘的结构特征印证了兰科植物大部分的光合代谢途径均为 $C_3$ 类型(成霄峰等,2011)。

本研究中,莎叶兰根表皮仅有极少数根毛分布,且发育异常,但也有学者发现其根表皮具有稠密的根毛(陈心启和刘仲健,2003),这可能与莎叶兰在不同的生长环境中的适应性有关。大部分植物根被的细胞往往细胞壁局部栓质化,加厚,原生质体瓦解成为死的组织,主要起保护、被动吸水的功能,本研究观察到莎叶兰根被中细胞排列紧密,有细胞核等原生质体及内含物,应为生活细胞,在其表面分布着大量银色、光亮的菌丝,结合其内部一些黄褐色棒状菌丝团的存在,可以判断其存在大量的共生真菌。莎叶兰的根埋藏于土壤中,根被担负的主要是协同共生真菌吸收和贮藏的作用,其主动吸收和贮藏的功能,与其它植物气生根的根被功能有别,因而结构和生活状态不同。

本研究在根被、根部皮层,以及中柱的薄壁细胞都发现有共生微生物的存在,说明莎叶兰的共生菌侵染能力强,这与翟明恬(2015)的研究结果一致。莎叶兰菌根的外皮层及内皮层的通道细胞是菌丝体入侵的主要途径,这与余知和等(2009)、桂阳和刘作易(2006)对兰属春兰菌根结构的研究结果相同。

植物叶片是表露于环境中具有最大面积的营养器官,因此受环境的影响最大,同时也具有较大的可塑性,在形态与结构上表现出对环境的高度适应性,这也是植物能在不同环境中生存下来的基本技能。由于地生兰和附生兰所生长的环境不同,其植物的叶性状也有较大的差别。一般来说,附生兰生长环境的水分、养分保存较少,叶片性状中常表现为旱生叶的特点,如叶小而厚,角质层和叶脉发达,栅栏组织发达,海绵组织少,气孔多而小,还常出现下陷气孔;而地生兰类则表现出湿生植物的特征,如叶宽大而薄、短茎角质层和机械组织不发达,叶肉排列疏松,通气组织发达,气孔大而少,凸出表皮细胞等(金银根,2010)。

本研究的莎叶兰虽生长在林下阴凉处,光照弱,但由于分布区年降水量较少,干湿季明显(黄承标等,2008),生长地石砾多,土层薄,保水能力差,致使所采莎叶兰样本实际上是处于一种半附生的状况,在焚风效应明显,降水量偏少、干湿季明显的喀斯特地区,出现大量的莎叶兰居群,这与其具有较强的适应本地生境有极大关系。莎叶兰的叶与根的形态与解剖构造既有湿生植物的一些特征,又有旱生植物的一些特征,表现出形态结构与环境的高度适应性:外形上,莎叶兰叶脉粗细交替分布,使叶片的厚度发生波状变化,扩大了叶表面积,不仅可增加光合作用面积,同时又可加强叶表面张力,有利于叶片挺立伸展。从内部结构看,莎叶兰叶肉中频繁出现的纤维细胞群,维管束中发达的导管及纤维、石细胞,排列紧密的叶肉细胞等也能提供较强的机械支撑力,有助于叶片的伸展,以利于充分利用林下的弱光进行光合作用(Terashima & Hikosaka,1995)。

相比较于叶表面积的大小,莎叶兰叶片较薄,在水分较多的情况下降低水分运输距离,加快体内水分的消散;另外,气孔凸出叶表皮细胞,也有利于水分的蒸发;大部分植物的叶平均气孔数量为100~300个 $\cdot\text{mm}^{-2}$ (刘穆,2010),但此地莎叶兰平均气孔密度不足100个 $\cdot\text{mm}^{-2}$ ,相对偏小,这是湿生环境中植物叶片因耗水量较少所形成的特征,这些特征是莎叶兰对于林下光照弱、季节性空气湿度大的生长环境的适应性表现(Zhang et al,2007)。旱生环境下的植物特征在莎叶兰中也较突显,如叶面有较厚的角质层,角质层是由不透水的脂类物质组成,可以减少叶片的蒸腾耗水过度,同时角质层还具有较强的透光性,不影响光线进入叶肉细胞中进行光合作用;气孔仅分布在下表皮可以有效减少干旱缺水时



水分的蒸腾量;根肉质化、具根被不仅可增加贮藏更多水分,同时促进细胞液浓度增加,渗透压增强,更有利于细胞在缺水状态下保持水分不过度流失,叶表皮和根被的内、外皮层细胞壁明显增厚等特征,主要是防止水分过度消耗的措施,以利于其在干旱条件下存活;另外叶肉细胞排列紧密可提高水分从导管到表皮细胞的输导效果,同时可扩大叶肉细胞的表面积,有利于光合作用所需水分的供应,其次可以有效地利用衍射光进行光合作用(薛智德等,2004);叶及根的维管束均较发达有利于对水、养分输送功能和保水、贮水作用;强化的机械组织可以减少萎蔫时的损伤,提高植物抵御干旱的能力(孟庆杰等,2004);含晶细胞的形成被普遍认为是植物对新陈代谢产物中有毒物质集聚而表现出的积极应对策略,避免其它细胞受害,有利于提高植物的抗逆性。

综上所述,莎叶兰叶片和根的解剖结构对生境条件的变异表现出较大的弹性和可塑性,使之既能适应湿润条件,又可通过自我调节忍受一定的干旱环境,在环境资源被限、甚至存在胁迫的状况下仍然可以维持必须的生理功能,保证一定的适合度,从而提高自身整体对环境的适应能力,使其能扩大分布范围,有利于种质资源的保存和发展。

## 参考文献:

CHANG W, ZHANG SB, LI SY, et al, 2011. Ecophysiological significance of leaf traits in *Cypripedium* and *Paphiopedilum* [J]. *Physiol Plant*, 141(1): 30-39.

CHEN J, LUO D, HUANG YQ, et al, 2006. Investigation report of Yachang Orchids Nature Reserve in Guangxi [J]. *Chin Nat*, 4: 24-26. [程瑾,罗敦,黄琼雅,等. 广西雅长兰科植物保护区考察见闻 [J]. 大自然, 2006, (4): 24-26.]

CHEN SC, LIU ZJ, 2003. Critical notes on some taxa of *Cymbidium* [J]. *Acta Phytotax Sin*, 41(1): 79-84. [陈心启,刘仲健. 2003. 兰属中若干分类群的订正 [J]. 植物分类学报, 41(1): 79-84.]

CHENG XF, LI SY, HU H, et al, 2011. Leaf traits of orchids in relation to life form in karst area of southwestern China [J]. *Plant Divers Resour*, 33(6): 595-604. [成霄峰,李树云,胡虹,等. 2011. 喀斯特地区不同类型兰科植物的叶片性状 [J]. 植物分类与资源学报, 33(6): 595-604.]

DUNBAR-CO S, SPORCK MJ, SACK L, 2009. Leaf trait diversification and design in seven rare taxa of the Hawaiian *Plantago* radiation [J]. *Int J Plant Sci*, 170(1): 61-75.

GUAN ZJ, ZHANG SB, GUAN KY, et al, 2011. Leaf anatomical structures of *Paphiopedilum* and *Cypripedium* and their adaptive significance [J]. *J Plant Res*, 124(2): 289-298.

GUI Y, LIU ZY, 2006. A study on mycorrhizal microstructure of *Cymbidium georingii* [J]. *Guizhou Agric Sci*, 34(2): 18-

19. [桂阳,刘作易. 2006. 春兰菌根结构的研究 [J]. 贵州农业科学, 34(2): 18-19.]

HE TP, PENG DR, LI DQ, et al, 2007. Study on the orchid diversity of Yachang Nature Reserve in Guangxi [J]. *Guihaia*, 27(4): 590-595. [和太平,彭定人,黎德丘,等. 2007. 广西雅长自然保护区兰科植物多样性研究 [J]. 广西植物, 27(4): 590-595.]

HUANG CB, CHEN JL, FENG CL, et al, 2008. Characteristics of climate vertical distribution in Yachang Orchids Nature Reserve [J]. *J NW For Univ*, 23(5): 39-43. [黄承标,陈俊连,冯昌林,等. 雅长兰科植物自然保护区气候垂直分布特征 [J]. 西北林学院学报, 23(5): 39-43.]

HUANG CB, FENG CL, LI BP, et al, 2010. Soil physical and chemical properties in a distribution region of *Arethusa* in Yachang, Guangxi Province. [J]. *J NE For Univ*, 38(1): 56-59. [黄承标,冯昌林,李保平,等. 广西雅长兰科植物分布区土壤理化性质 [J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(1): 56-59.]

JI XB, WANG GD, KANG JC, et al, 2008. A comparative study of RAPD and morphological approaches to characterize the genetic relationships of the twelve species of *Cymbidium* in Guizhou [J]. *Seed*, 27(2): 56-60. [季祥彪,王国鼎,康继川,等. 2008. 贵州 12 种兰属植物资源形态学和 RAPD 标记的比较分析 [J]. 种子, 27(2): 56-60.]

JIN YG, 2010. Botany [M]. Beijing: Science Press: 184-190. [金银根. 2010. 植物学 [M]. 北京: 科学出版社: 184-190.]

LI ZL, 1996. Plant tissue processing technique [M]. Beijing: Peking University Press: 130-139. [李正理. 1996. 植物组织制片学 [M]. 北京: 北京大学出版社: 130-139.]

LIU F, WANG SJ, LUO HB, et al, 2008. Micro-habitats in karst forest ecosystem and variability of soils [J]. *Acta Pedol Sin*, 45(6): 1055-1062. [刘方,王世杰,罗海波,等. 2008. 喀斯特森林生态系统的小生境及其土壤异质性 [J]. 土壤学报, 45(6): 1055-1062.]

LIU M, 2010. The anatomy introduction of seeds plant (5th ed.) [M]. Beijing: Science Press: 67-85. [刘穆. 2010. 种子植物形态解剖学导论(第五版) [M]. 北京: 科学出版社: 67-85.]

LUO YB, JIA JS, WANG CL, 2003. A general review of the conservation status of Chinese orchids [J]. *Biodivers Sci*, 11(1): 70-77. [罗毅波,贾建生,王春玲. 2003. 中国兰科植物保育的现状和展望 [J]. 生物多样性, 11(1): 70-77.]

MENG QJ, WANG GQ, DONG SF, et al, 2004. Relation between leaf tissue parameters and drought resistance of peaches [J]. *Agr Res Arid Areas*, 22(3): 123-126. [孟庆杰,王光全,董绍峰,等. 2004. 桃叶片组织解剖结构特征与其抗旱性关系的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 22(3): 123-126.]

POOLE I, LAWSON T, WEYERS JDB, et al, 2000. Effect of elevated CO<sub>2</sub> on the stomatal distribution and leaf physiology of *Alnus glutinosa* [J]. *New Phytol*, 145(3): 511-521.

SUN TX, WU H, LI BT, et al, 2002. Leaf anatomy of *Desmos* and *Dasymaschalon* (Annonaceae) from China in relation to taxonomic significance [J]. *Acta Phytotax Sin*, 40(5): 385-395. [孙同兴,吴鸿,李秉滔,等. 2002. 中国假鹰爪属和皂帽花属植物叶的形态结构及其分类学意义 [J]. 植物分类学报, 40(5): 385-395.]

TERASHIMA I, HIKOSAKA K, 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis [J]. *Plant Cell Environ*, 18(10): 1111-1128.

(下转第 1164 页 Continue on page 1164)