

Comparative Studies of Leaf Anatomical Characteristics of *Primulina tabacum* in Different Habitats

Jianhui Chen¹, Shenyu Miao¹, Yingshan Gu¹, Houlin Wang¹, Ruihua Zhao¹, Chunbo Li², Zhixin Tang²

¹School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

²Tianxin Provincial Nature Reserves of Lianzhou, Guangdong, Lianzhou Guangdong

Email: gzhubchjh@163.com

Received: Sep. 2nd, 2016; accepted: Sep. 20th, 2016; published: Sep. 23rd, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This study used the leaf in different habitats as research object. The leaf structures of *Primulina tabacum* were studied by enzymatic hydrolysis, transparent and paraffin sectioning under a light microscope. Through observing and analyzing the anatomical structure, the results showed that: *P. tabacum* had branch-camptodromous pinnate venation, the leaves had four veins. In different habitats, with the deepening of the cave, the density of epidermal hairs, glandular hairs and stomatal apparatus became smaller. In the parenchyma cells clearance increased gradually, vascular bundle vessels gradually reduced. The types of stomatal apparatus and glandular hairs increased. The sizes of palisade tissue cells in inner cave were different. These were the characteristic of *P. tabacum* adapt to the environments in different caves.

Keywords

Primulina tabacum, Leaf, Epidermal Hair, Glandular Hair, Stomatal Apparatus

不同生境报春苣苔叶片解剖特征的比较研究

陈健辉¹, 缪绅裕¹, 古颖珊¹, 王厚麟¹, 赵瑞华¹, 李春波², 唐志信²

¹广州大学生命科学学院, 广东 广州

文章引用: 陈健辉, 缪绅裕, 古颖珊, 王厚麟, 赵瑞华, 李春波, 唐志信. 不同生境报春苣苔叶片解剖特征的比较研究[J]. 植物学研究, 2016, 5(5): 139-160. <http://dx.doi.org/10.12677/br.2016.55019>

²广东连州田心省级自然保护区管理处, 广东 连州
Email: gzhubchjh@163.com

收稿日期: 2016年9月2日; 录用日期: 2016年9月20日; 发布日期: 2016年9月23日

摘要

以不同生境的报春苣苔叶片为研究对象, 利用酶解法、透明法和石蜡切片法制片, 对其解剖结构进行观察分析, 结果表明: 报春苣苔脉序为分枝曲行羽状脉, 具四级叶脉。在不同生境中, 随着洞穴的深入, 其表皮毛密度、腺毛密度和气孔器密度逐渐变小; 薄壁细胞间隙逐渐增大, 维管束导管逐渐减少; 气孔器类型、腺毛类型增多; 洞内材料栅栏组织细胞大小不一, 这些都是报春苣苔适应不同洞穴环境的表现。

关键词

报春苣苔, 叶片, 表皮毛, 腺毛, 气孔器

1. 引言

报春苣苔(*Primulina tabacum*)是我国特有的多年生草本植物[1], 属苦苣苔科(Gesneriaceae), 报春苣苔属(*Primulina*)。报春苣苔为多年生草本; 叶基生, 叶片羽状浅裂, 圆卵形或三角形, 基部浅心形; 长 5~10 cm, 宽 5~10 cm; 具或长或短的叶柄; 叶面被腺毛和短柔毛[1]。由于报春苣苔分布地域狭窄, 数量少, 1999 年, 被列为国家 I 级重点保护野生植物, 并列入首批《国家重点保护野生植物名录》[2]。常被发现在海拔约 300 m 的石灰岩山地阴湿的石壁上[3] [4], 是石灰岩地区特有植物、我国喀斯特植物的重要类群之一[5]。石灰岩上土壤土层薄且土被不连续, 不易保水, 土壤呈中性偏碱, 这样特殊的生态环境, 加上昆虫难以进行异地授粉, 繁殖率极低[6] [7], 使得报春苣苔濒临灭绝。

迄今为止, 报春苣苔的研究报道, 主要是新种的记录[8]-[11]、培植技术的改进[12] [13]; 还有从生态生物学特征[7] [14]、光合作用机制角度开展研究[15] [16]; 围绕报春苣苔已开展了花粉形态[17]、遗传多样性[18]-[20]等方面的研究, 但未见从解剖学的角度对报春苣苔叶片开展的研究。本研究主要对报春苣苔叶片进行研究, 旨在找出在不同生境条件(洞口、洞中、洞内)下, 报春苣苔叶片维管束、表皮毛和腺毛的形态变化规律, 为报春苣苔的保护和进一步研究, 提供有一定参考价值的资料; 同时也丰富石灰岩植被植物营养器官的解剖学资料。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

实验用的报春苣苔(*P. tabacum*)叶片于 2015 年 3 月, 采自广东省连州市星子上柏场石灰岩洞; 长 4~9 cm, 宽 3~6 cm。该洞海拔约 600 m, 洞高 3~15 m; 洞内报春苣苔分布范围约 75 m。洞口报春苣苔多数生长在石壁缝隙中; 洞中报春苣苔有约一半生长在石壁缝隙中, 另一半生长在地上; 洞内报春苣苔主要生长在地上。

2.2. 处理方法

在洞口、洞中、洞内 3 个观察点(各点相距约 25 m)采集不同植株、不同发育阶段的叶片, 用卡诺氏

固定液 I (无水乙醇:冰醋酸 = 3:1) 固定, 再用 75% 酒精清洗 2 次, 75% 酒精低温保存, 备用。

2.3. 组织切片制作方法

分别切取不同生境、成熟的报春苣苔叶片中下部、过主脉的部分。用爱氏苏木精整体染色, 常规石蜡切片法制片, 切片厚度为 8 μm , 再用 1% 碱性品红酒精液复染, 中性树胶封固, Olympus 显微镜观察、拍照。

2.4. 表皮解离的制作方法

分别切取不同生境、成熟的报春苣苔叶片中下部、过主脉的部分。置于 2.5% 果胶酶加 2.5% 纤维素酶混合液(根据叶片老嫩不同, 比例由 4:6 到 6:4 改变)中, 30 $^{\circ}\text{C}$ 恒温 20~45 min, 1% 亚甲基蓝染色, 阿拉伯树胶封藏, Olympus 显微镜观察、拍照。

2.5. 叶脉标本的制作方法

用卡诺氏固定液 II (无水乙醇:冰醋酸:氯仿 = 6:3:1) 透明 24~48 h (视材料而定) 取出; 再用酒精、甘油等组成的混合液透明 24~96 h (视材料而定); 待透明后, 换上新的透明液, 加入 1% 的亚甲基蓝染色至合适, 流水冲洗, 乳胶贴片; Canon G5 相机拍照。

3. 观察结果

3.1. 成熟叶片外形及叶脉结构

叶脉的描述术语参考喻诚鸿等[21]的表述; 气孔器类型分类按胡正海[22]的表述。

报春苣苔叶基生, 具叶柄, 叶片圆卵形至三角形, 基部浅心形。叶片脉序属分枝曲行羽状脉类型; 成熟叶片叶脉分为四级。叶片中央分布一条一级叶脉。二级脉由一级脉生出; 每侧 3~5 条, 基部的 2 条粗大, 近叶尖的 2~3 条较细; 二级脉至边缘常产生分枝, 有分枝直至叶缘(图 1)。具复合型的二级间脉。三级脉为结网型。四级脉与三级脉及二级间脉组成完善的网眼; 盲脉缺或弧曲(图 2)。

3.2. 成熟叶片横切面结构

3.2.1. 报春苣苔成熟叶片的结构

显微观察显示: 报春苣苔的成熟叶片由表皮、叶肉和叶脉三部分组成。表皮由 1 层细胞构成, 细胞排列紧密、不规则, 细胞壁不加厚, 表皮外无角质层。非一级脉区叶肉常由 4~5 层薄壁组织细胞, 有栅栏组织和海绵组织之分, 栅栏组织 1 层, 细胞呈长柱形; 海绵组织细胞不规则, 3~4 层, 排列较紧密, 有细胞间隙(图 3)。一级脉区叶肉不分为栅栏组织和海绵组织(图 4)。一级脉、二级脉中下部明显向下表皮凸出; 该区叶肉细胞近下表皮的大、含叶绿体少或不, 近上表皮的细胞小、含叶绿体多(图 5)。叶脉维管束均为外韧有限维管束; 近叶基的一级脉维管束呈弧形团状排列, 维管束外近上表皮位置, 会出现 1~2 个维管束, 是一级脉分生形成二级脉的维管束, 维管束的木质部和韧皮部均未见纤维(图 6); 远离叶基的一级脉呈圆形(图 7)。由一级脉近基部发出的 1~2 对二级脉粗大, 近叶尖的 2~3 对二级脉纤细, 二级脉维管束呈近圆形(图 8)。三级脉、四级脉具由一层薄壁组织构成的维管束鞘; 三级脉(图 9)由于生长环境不同, 导管和筛管数量有不同。四级脉维管束分化较晚, 且筛管形成更后, 往往只见导管(图 10)。

3.2.2. 不同生境下报春苣苔成熟叶片结构的比较

不同生境下的报春苣苔的叶片, 除了具有上述相同的结构外, 还具各自的结构特点, 见表 1:



Figure 1. Leaf venation in middle cave. Scale bar = 13 mm

图 1. 洞中叶片脉序。比例尺 = 13 mm

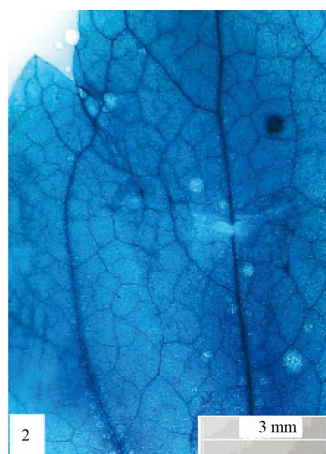


Figure 2. Leaf venation in middle cave. Showing the areole. Scale bar = 3 mm

图 2. 洞中叶片脉序，示网眼。比例尺 = 3 mm

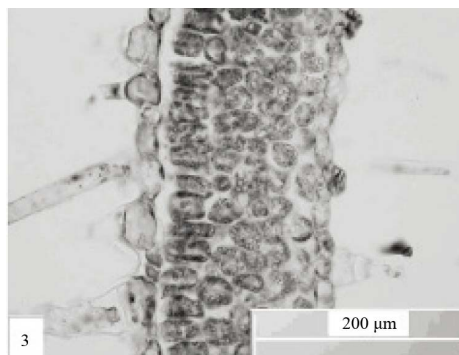


Figure 3. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in entrance cave. Scale bar = 200 μm

图 3. 洞口叶片非一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

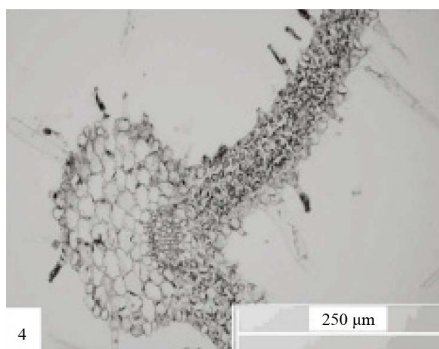


Figure 4. Transverse-section of the primary vein area in entrance cave. Scale bar = 250 μm

图 4. 洞口叶片一级脉区横切片。比例尺 = 250 μm

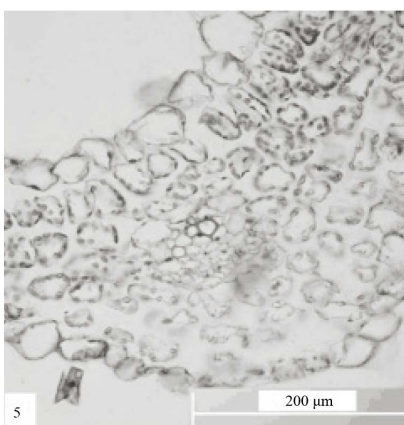


Figure 5. Transverse-section of the secondary vein area in middle cave. Scale bar = 200 μm

图 5. 洞中叶片二级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

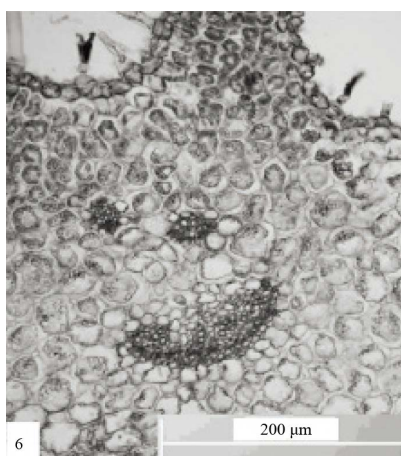


Figure 6. Transverse-section of the primary vein area approach the leaf base in entrance cave. Scale bar = 200 μm

图 6. 洞口叶片近叶基一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

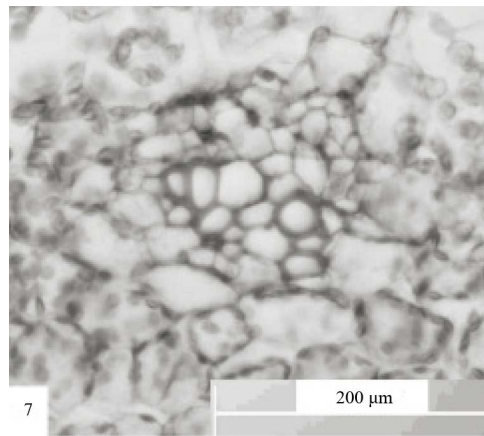


Figure 7. Transverse-section of the primary vein area approach the leaf apex in entrance cave. Scale bar = 200 μm

图 7. 洞口叶片近叶尖一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

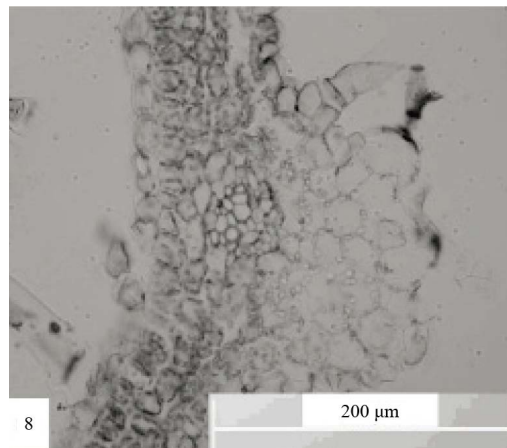


Figure 8. Transverse-section of the secondary vein area in entrance cave. Scale bar = 200 μm

图 8. 洞口叶片二级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

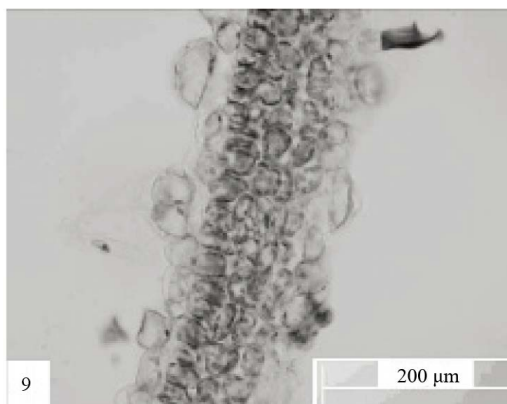


Figure 9. Transverse-section of the tertiary vein area in middle cave. Scale bar = 200 μm

图 9. 洞中叶片三级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

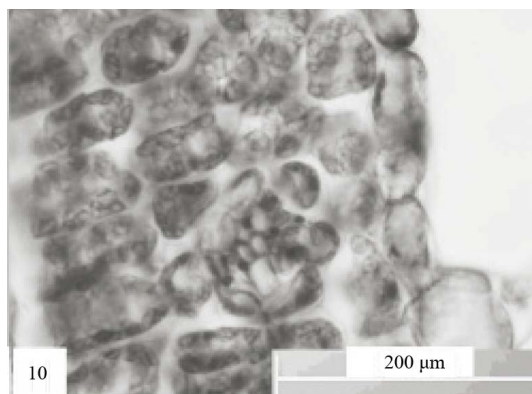


Figure 10. Transverse-section of the fourth vein area in middle cave. Scale bar = 200 μm

图 10. 洞中叶片四级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

Table 1. Compare of *P. tabacum* leaves in different habitats

表 1. 不同生境的报春苣苔叶片的比较

	洞口 Entrance cave	洞中 Middle cave	洞内 Inner cave
叶脉 vein	叶脉的分布较密；二级间脉和三级脉粗；三级脉多；三级脉分化早(图 11)。网眼小(图 12)；盲脉具弧曲。	叶脉的分布不太密；二级间脉和三级脉粗；三级脉多；三级脉分化早(图 13)。网眼较大(图 14)；有盲脉具弧曲。	叶脉的分布较稀；二级间脉和三级脉纤细；三级脉少；三级脉分化晚(图 15)。网眼大(图 16)；盲脉多缺。
叶肉 mesophyll	叶肉薄壁细胞小、胞间隙小，栅栏组织发育完全；三、四级叶脉维管束鞘外无薄壁细胞的延伸；叶脉维管束中导管数目多，筛管明显(图 17)。	叶肉薄壁细胞小、胞间隙稍大，栅栏组织发育完全；三、四级叶脉维管束鞘外薄壁细胞的延伸不明显；叶脉维管束中导管数目多，筛管明显(图 18)。	叶肉薄壁细胞大、胞间隙大；栅栏组织发育不完全，细胞大小不一；三、四级叶脉维管束鞘外具薄壁细胞的延伸；叶脉维管束中导管数目少，筛管不明显(图 19)。

3.3. 报春苣苔叶片表皮解离结构

3.3.1. 报春苣苔成熟叶表皮解离结构

显微观察显示：报春苣苔叶片的上、下表皮均有表皮毛和腺毛。表皮毛为单列毛，基部的一个细胞增大明显，从基部到顶端逐渐变尖，大部分表皮毛由 3~4 个细胞组成(图 20)；也发现少数表皮毛由 5~6 个细胞组成的(图 21)；横切面切片可见：表皮毛在表皮上的毛基细胞多为 1 个，也有具 2 个的(图 22)。腺毛分为双头腺毛(包括双头长柄腺毛和双头短柄腺毛)和单头腺毛(包括单头长柄腺毛和单头短柄腺毛)两类，均由基细胞、柄细胞和头细胞组成；横切面切片可见腺毛在表皮上的毛基细胞为 1 个(图 23)。双头短柄腺毛，1 个柄细胞，呈棒状，而头部均由 2 个细胞组成，呈二分叉的状态，顶端圆滑(图 24)；双头长柄腺毛，有 2 个或 2 个以上柄细胞，近基细胞的柄细胞较长，可为其上一个柄细胞的两倍，呈棒状，或下粗上窄的；头部由 2 个细胞组成，呈二分叉的状态，顶端圆滑(图 25)。单头腺毛为头部仅 1 个细胞，没有分叉；单头短柄腺毛，1 个柄细胞(图 26)；单头长柄腺毛，2 个柄细胞。所有材料的上表皮都没有气孔器分布。气孔器分布在下表皮，多数气孔器为不等细胞型，有两个保卫细胞，呈肾形；在保卫细胞周围有 3 个副卫细胞环绕，形状不规则，其中一个较小，副卫细胞细胞壁边缘为波浪状(图 27、图 28)。

3.3.2. 不同生境下报春苣苔叶表皮解离结构的比较

不同生境下的报春苣苔叶片的解离结构，除了具有上述相同的结构外，还具各自的结构特点，见表 2：

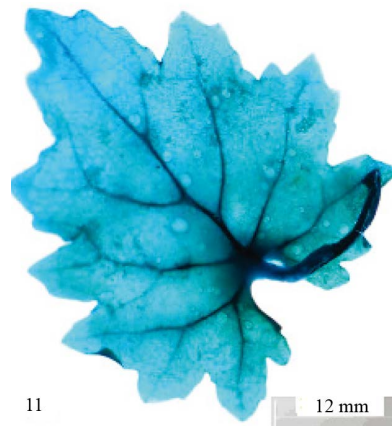


Figure 11. Leaf venation in entrance cave. Scale bar = 12 mm

图 11. 洞口叶片脉序。比例尺 = 12 mm

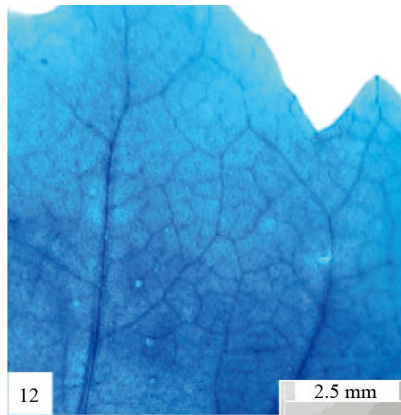


Figure 12. Leaf venation in entrance cave. Showing the areole. Scale bar = 2.5 mm

图 12. 洞口叶片脉序，示网眼。比例尺 = 2.5 mm



Figure 13. Leaf venation in middle cave. Scale bar = 12 mm

图 13. 洞中叶片脉序。比例尺 = 12 mm

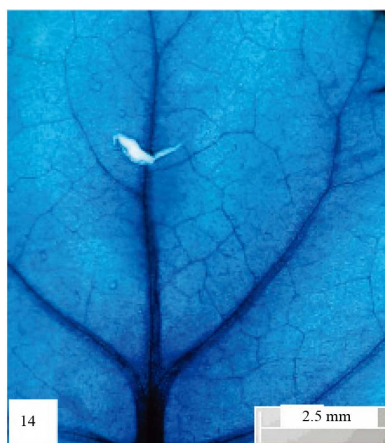


Figure 14. Leaf venation in middle cave. Showing the areole. Scale bar = 2.5 mm

图 14. 洞中脉序, 示网眼。比例尺 = 2.5 mm



Figure 15. Leaf venation in inner cave. Scale bar = 12 mm

图 15. 洞内叶片脉序。比例尺 = 12 mm



Figure 16. Leaf venation in inner cave. Showing the areole. Scale bar = 2.5 mm

图 16. 洞内脉序, 示网眼。比例尺 = 2.5 mm

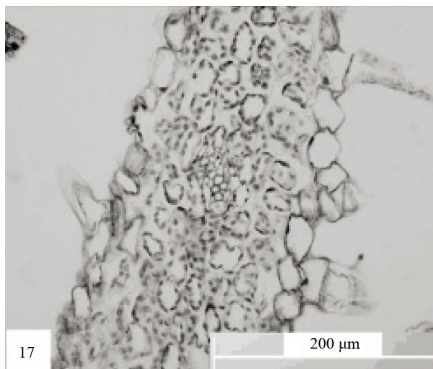


Figure 17. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in entrance cave. Scale bar = 200 μm
图 17. 洞口叶片非一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

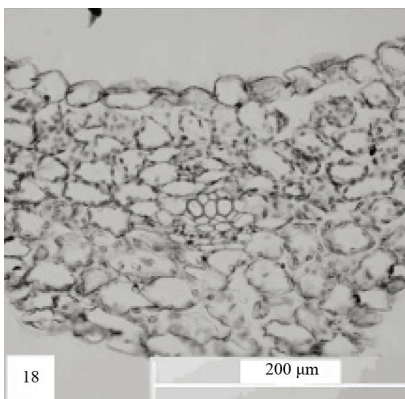


Figure 18. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in middle cave. Scale bar = 200 μm
图 18. 洞中叶片非一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

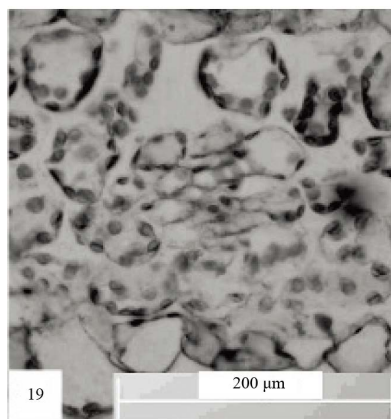


Figure 19. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in inner cave. Scale bar = 200 μm
图 19. 洞内叶片非一级脉区横切片。比例尺 = 200 μm

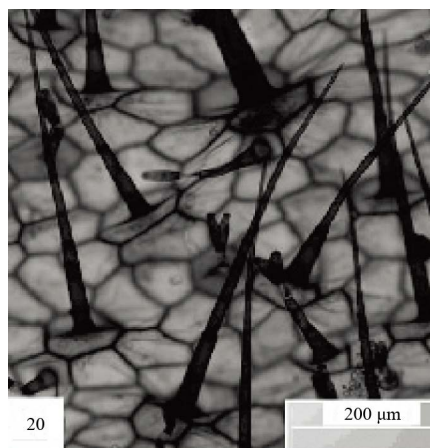


Figure 20. The upper epidermis of leaf in entrance cave. Showing the epidermis hairs with 3 - 4 cells. Scale bar = 200 μm

图 20. 洞口上表皮，示 3~4 个细胞表皮毛。比例尺 = 200 μm

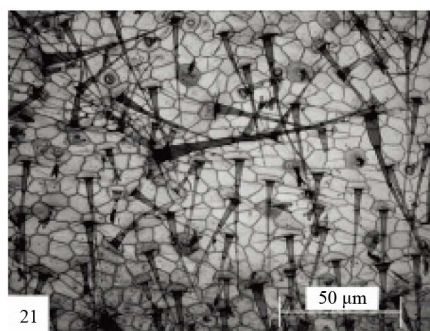


Figure 21. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the epidermis hairs with 5 cells. Scale bar = 50 μm

图 21. 洞内上表皮，示 5 个细胞表皮毛。比例尺 = 50 μm

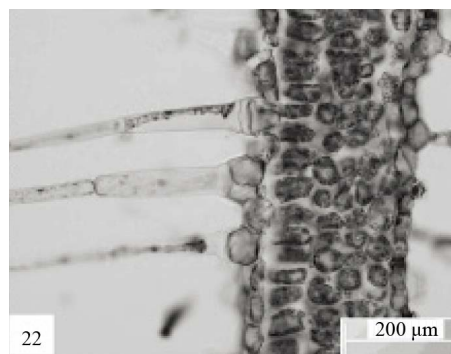


Figure 22. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in entrance cave. Showing the epidermis hairs and hairs basal cells. Scale bar = 200 μm

图 22. 洞口叶片非一级脉区横切片，示表皮毛及毛基细胞。比例尺 = 200 μm

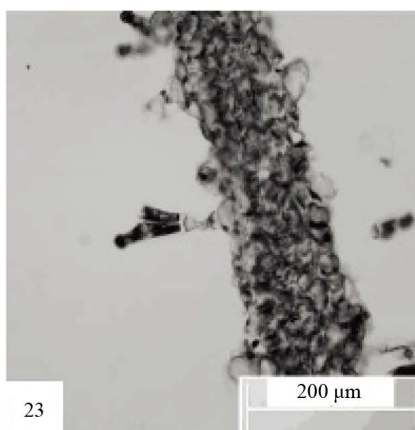


Figure 23. Transverse-section of leaf (non-primary vein area) in inner cave. Showing the glandular hairs and hairs basal cells. Scale bar = 200 μm

图 23. 洞内叶片非一级脉区横切片, 示腺毛及毛基细胞。比例尺 = 200 μm

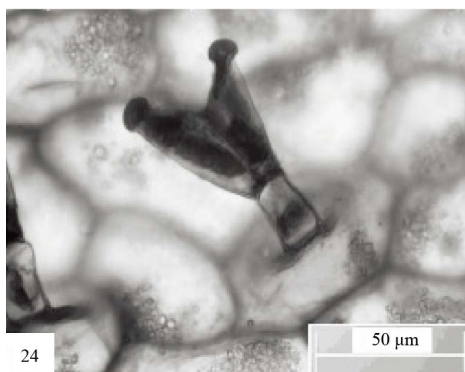


Figure 24. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the double headed short handle glandular hairs. Scale bar = 50 μm

图 24. 洞口下表皮, 示双头短柄腺毛。比例尺 = 50 μm



Figure 25. The under epidermis of leaf in inner cave. Showing the double headed long handle glandular hairs. Scale bar = 50 μm

图 25. 洞内下表皮, 示双头长柄腺毛。比例尺 = 50 μm

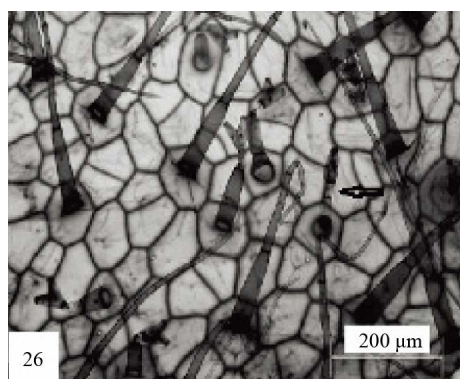


Figure 26. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the single headed small handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 26. 洞口下表皮，示单头短柄腺毛。比例尺 = 200 μm

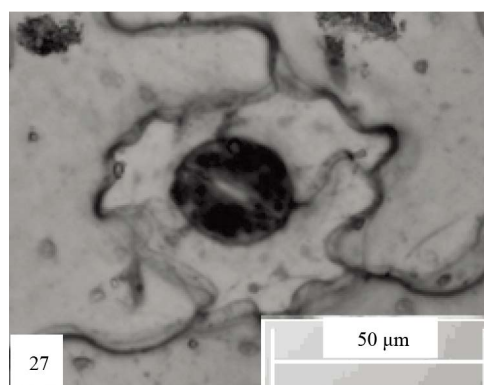


Figure 27. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the anomocytic type of stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图 27. 洞口下表皮，示无规则型气孔器。比例尺 = 50 μm

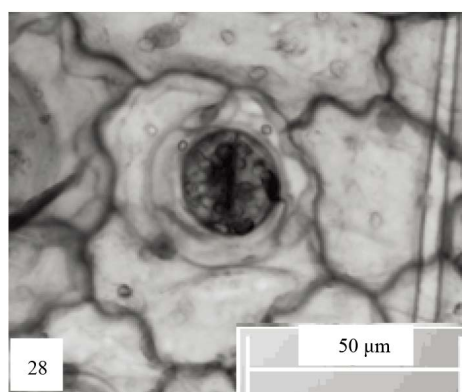


Figure 28. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the anisocytic type of stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图 28. 洞口下表皮，示不等细胞型气孔器。比例尺 = 50 μm

Table 2. Compare of *P. tabacum* epidermis of leafs in different habitats
表 2. 不同生境的报春苣苔叶表皮的比较

	洞口 Entrance cave	洞中 Middle cave	洞内 Inner cave
表皮 epidermis	表皮细胞小。腺毛密度与表皮毛密度相差不大(图 29、图 30)。	表皮细胞较大。腺毛密度与表皮毛密度相差不大(图 31、图 32)。	表皮细胞大。表皮毛比洞口、洞中的少。腺毛密度约为表皮毛密度的 2 倍(图 33、图 34)。
表皮毛 Epidermal hair	表皮毛多为 3~4 个细胞(图 35); 有少数表皮毛具 5 个细胞。密度为: 上表皮 168 ± 15 根/mm ² ; 下表皮 120 ± 12 根/mm ² 。	表皮毛多为 3~4 个细胞(图 36), 少数表皮毛具 5 个细胞。密度为: 上表皮 122 ± 11 根/mm ² ; 下表皮 105 ± 11 根/mm ² 。	表皮毛多为 3~4 个细胞; 由 5~6 个细胞组成的也较常见(图 37)。密度为: 上表皮 52 ± 7 根/mm ² ; 下表皮 49 ± 6 根/mm ² 。
腺毛 Glandular hair	腺毛多为双头短柄腺毛(图 38), 偶见双头长柄腺毛、极少数的单头短柄腺毛。上表皮少数双头短柄腺毛的一个分叉的分泌细胞在接近顶部的位置收缩; 下表皮的长柄、短柄腺毛均有此现象。密度为: 上表皮 149 ± 11 根/mm ² ; 下表皮 121 ± 9 根/mm ² 。	腺毛多为双头短柄腺毛(图 39), 双头长柄腺毛的数量较洞口多; 偶见单头短柄腺毛和单头长柄腺毛(图 40)。长柄、短柄双头腺毛都出现较明显的分泌细胞收缩的现象。下表皮的长柄腺毛有近基细胞的柄为近分泌细胞的柄长度的 3 倍(图 41)。密度为: 上表皮 127 ± 10 根/mm ² ; 下表皮 107 ± 7 根/mm ² 。	腺毛以双头短柄腺毛居多, 双头长柄腺毛(图 42)数目明显比洞口、洞中的多; 并观察到: 具三个柄细胞的双头长柄腺毛(图 43)、分泌细胞不呈二叉状分枝的双头长柄(图 44)、单头长柄腺毛(图 45)。分泌细胞收缩的现象较洞口、洞中的多。密度为: 上表皮 119 ± 10 根/mm ² ; 下表皮 94 ± 9 根/mm ² 。
气孔器 Stomatal	副卫细胞的细胞边缘波浪状(图 46)。密度为: 135 ± 11 个/mm ² 。	副卫细胞的细胞边缘波浪状(图 47); 也发现有气孔器副卫细胞边缘圆滑(图 48)。密度为: 53 ± 5 个/mm ² 。	气孔器多为不等型, 副卫细胞的细胞边缘波浪状(图 49); 发现有不规则型气孔器, 没有明显副卫细胞(图 50)。密度为: 49 ± 3 个/mm ² 。

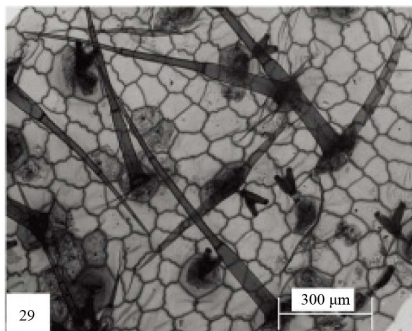


Figure 29. The upper epidermis of leaf in entrance cave. Scale bar = 300 μm

图 29. 洞口上表皮。比例尺 = 300 μm

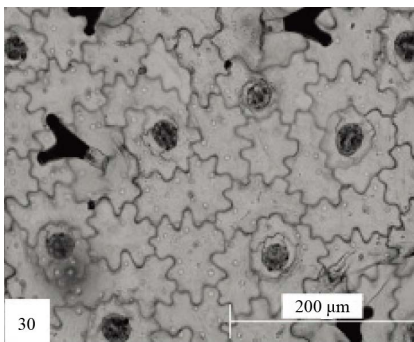


Figure 30. The under epidermis of leaf in entrance cave. Scale bar = 200 μm

图 30. 洞口下表皮。比例尺 = 200 μm

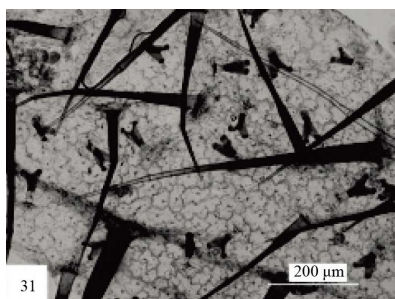


Figure 31. The upper epidermis of leaf in middle cave. Scale bar = 200 μm

图 31. 洞中上表皮。比例尺 = 200 μm

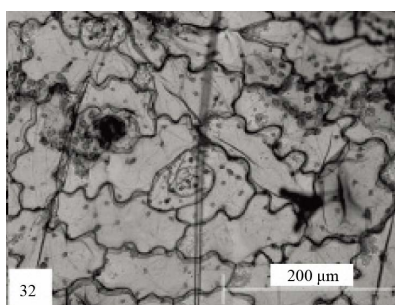


Figure 32. The under epidermis of leaf in middle cave. Scale bar = 200 μm

图 32. 洞中下表皮。比例尺 = 200 μm

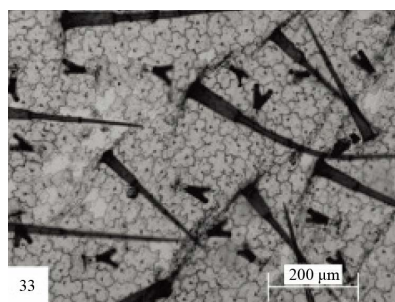


Figure 33. The upper epidermis of leaf in inner cave. Scale bar = 200 μm

图 33. 洞内上表皮。比例尺 = 200 μm

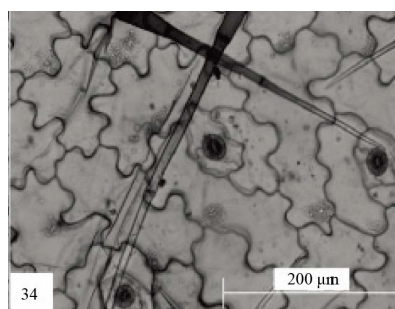


Figure 34. The under epidermis of leaf in inner cave. Scale bar = 200 μm

图 34. 洞内下表皮。比例尺 = 200 μm

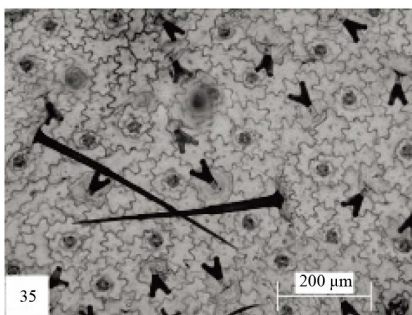


Figure 35. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the epidermis hairs with 3 cells. Scale bar = 200 μm

图 35. 洞口下表皮, 示 3 个细胞表皮毛。比例尺 = 200 μm

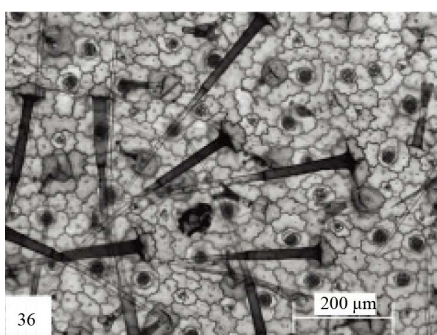


Figure 36. The under epidermis of leaf in middle cave. Showing the epidermis hairs with 4 cells. Scale bar = 200 μm

图 36. 洞中下表皮, 示 4 个细胞表皮毛。比例尺 = 200 μm

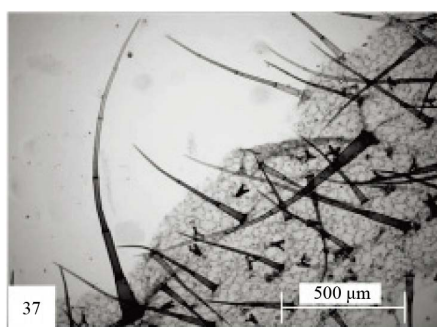


Figure 37. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the epidermis hairs with 6 cells. Scale bar = 500 μm

图 37. 洞内上表皮, 示 6 个细胞表皮毛。比例尺 = 500 μm

4. 讨论

有研究表明, 植物的表皮毛和腺毛主要是增加表皮厚度, 保护叶片[23]; 表皮毛可缓冲阳光直射, 对强烈太阳光起漫射作用, 防止水分蒸发, 减少蒸腾作用; 腺毛对食草昆虫、细菌和真菌病原体则存在化学防御作用, 是植物次生代谢产物分泌的主要场所[24]。报春苣苔叶片上、下表皮均分布有腺毛和表皮毛。

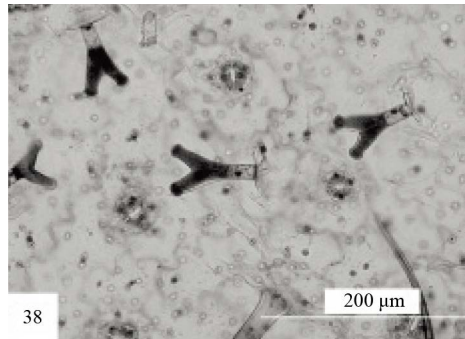


Figure 38. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the double headed short handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 38. 洞口下表皮，示双头短柄腺毛。比例尺 = 200 μm

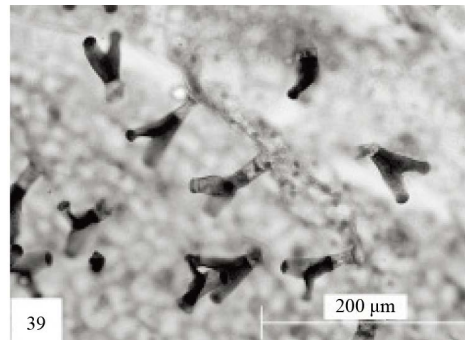


Figure 39. The upper epidermis of leaf in middle cave. Showing the double headed short handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 39. 洞中上表皮，示双头短柄腺毛。比例尺 = 200 μm

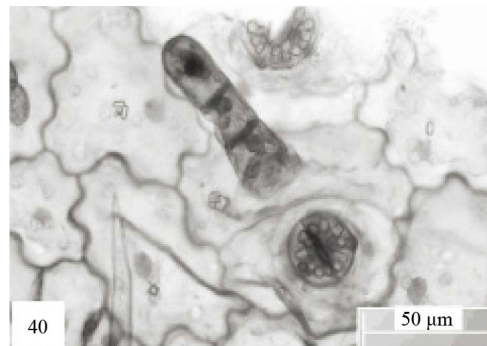


Figure 40. The under epidermis of leaf in middle cave. Showing the single headed long handle glandular hairs. Scale bar = 50 μm

图 40. 洞中下表皮，示单头长柄腺毛。比例尺 = 50 μm

腺毛以双头短柄腺毛为主；单头短柄腺毛、双头长柄腺毛在洞口偶见，而洞内的双头长柄腺毛数目较多。洞口的腺毛密度和表皮毛密度最大，洞中次之，洞内的腺毛密度和表皮毛密度最小，这些都与洞穴环境适应。缪绅裕等[3]研究表明，上柏场的岩洞，随着洞穴的深入，平均气温逐渐升高，相对湿度也愈来愈小，但洞内湿度变幅最大，洞内二氧化碳浓度较高，约是洞外的 2 倍。这就很好地表明随着洞穴深入，

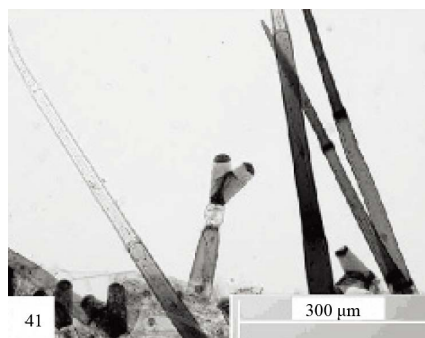


Figure 41. The upper epidermis of leaf in middle cave. Showing the double headed long handle glandular hairs. Scale bar = 300 μm

图 41. 洞中上表皮，示双头长柄腺毛。比例尺 = 300 μm

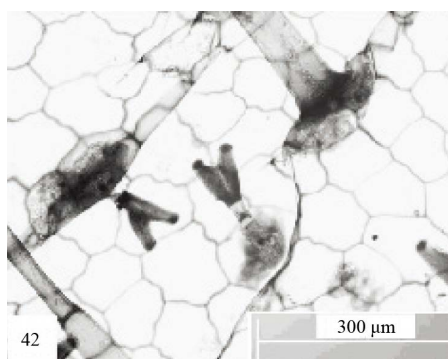


Figure 42. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the double headed long handle glandular hairs. Scale bar = 300 μm

图 42. 洞内上表皮，示双头长柄腺毛。比例尺 = 300 μm

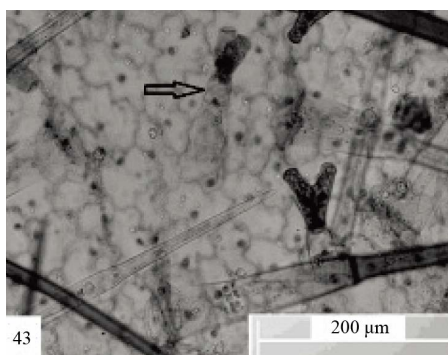


Figure 43. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the double headed long handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 43. 洞内上表皮，示双头长柄腺毛。比例尺 = 200 μm

叶片腺毛密度和表皮毛密度逐渐变小，是报春苣苔叶片适应岩穴中不同生境条件的表现；而洞内环境的变化，洞内叶片也产生较洞中和洞口不同的一些腺毛类型。气孔器对植物的光合、呼吸、蒸腾等生理活动起着重要的调节作用[24]。本研究显示洞口处报春苣苔叶片表皮的气孔器密度最大，而且与洞中、洞内叶片表皮的气孔密度相差较大，洞内叶表皮的气孔密度最小，即随着洞穴的深入，叶片的气孔器密度逐

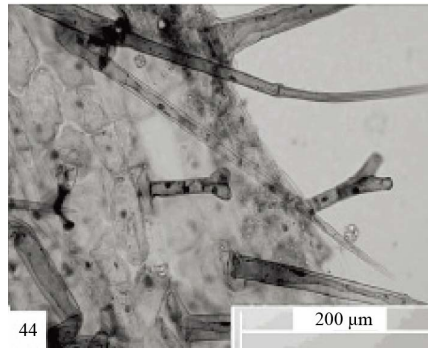


Figure 44. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the double headed long handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 44. 洞内上表皮，示双头长柄腺毛。比例尺 = 200 μm

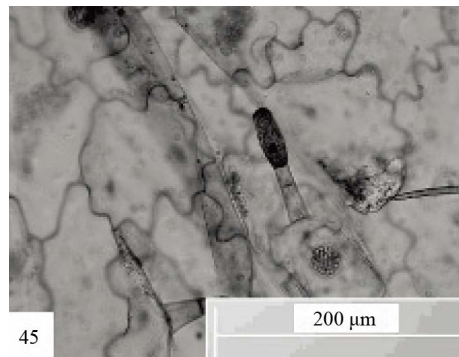


Figure 45. The upper epidermis of leaf in inner cave. Showing the single headed long handle glandular hairs. Scale bar = 200 μm

图 45. 洞内上表皮，示单头长柄腺毛。比例尺 = 200 μm

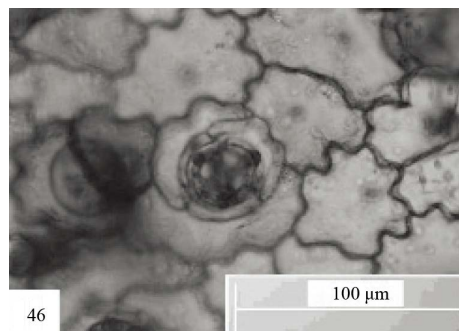


Figure 46. The under epidermis of leaf in entrance cave. Showing the anisocytic type of stomatal apparatus. Scale bar = 100 μm

图 46. 洞口下表皮，示不等细胞型气孔器。比例尺 = 100 μm

渐变小，说明腺毛和表皮毛对叶片的保护及生长起到很大的作用，这都是报春苜苔叶片适应岩穴中不同生境条件的表现。

尽管洞内叶片叶肉细胞的叶绿体少、栅栏组织发育不完全，但其生境下高浓度的 CO_2 有助于减少叶片因光呼吸的碳消耗，有利于维持光合产物的净积累，也与“生长在该环境下植物叶片绿色度处于很低

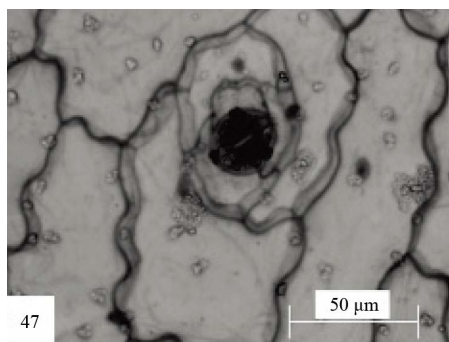


Figure 47. The under epidermis of leaf in middle cave. Showing the anisocytic type of stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图47. 洞中下表皮, 示不等细胞型气孔器。比例尺 = 50 μm

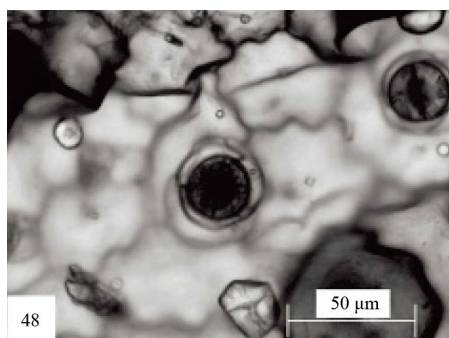


Figure 48. The under epidermis of leaf in middle cave. Showing anisocytic type of the stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图48. 洞中下表皮, 示不等细胞型气孔器。比例尺 = 50 μm

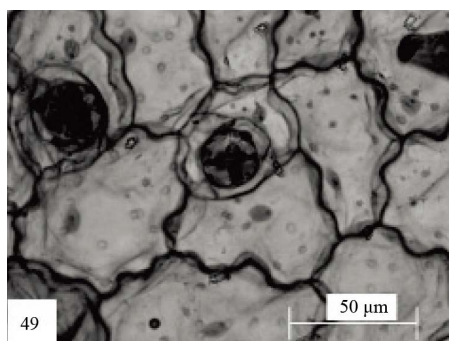


Figure 49. The under epidermis of leaf in inner cave. Showing anisocytic type of the stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图49. 洞内下表皮, 示不等细胞型气孔器。比例尺 = 50 μm

水平” [3]的结论一致：“洞内材料三、四级叶脉维管束鞘具延伸，叶脉的分布密度较稀；栅栏组织发育不良，属阴性叶。洞口的叶脉分布较密，叶脉维管束无延伸，栅栏组织发育完整，排列整齐属阳性叶”的结果与其它种类的结果一致[24]。此外，表皮毛密度大、气孔器分布在下表皮，有助于防止水分的过度

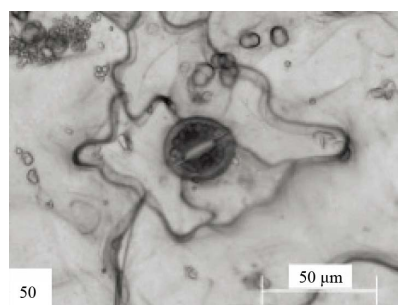


Figure 50. The under epidermis of leaf in inner cave. Showing the anomocytic type of stomatal apparatus. Scale bar = 50 μm

图 50. 洞内下表皮，示无规则型气孔器。比例尺 = 50 μm

蒸发。气孔器密度与光合作用也密切相关，强光下，高密度的气孔器具有较高的灵活性，有利于植物保持体内水分和有效地进行呼吸及光合气体交换[16]；这些特点与报春苣苔叶片的解剖特征吻合。

报春苣苔生长在我国南方海拔 300 m 以上的石灰岩上，与地表生态系统相比较，喀斯特洞穴生态系统有显著的脆弱性，洞穴内的物质能量循环趋近于封闭[25]。本研究的岩洞不同采样点的温度和相对湿度存在差异，洞内年均气温比洞口高，相对湿度则比洞口低且变幅大[3]，尽管洞穴深度不是很深，但叶片形态结构已经出现区别，说明报春苣苔叶片对自然生境的温度和湿度变化产生一定的适应性。报春苣苔在狭窄的分布范围，以及其特殊的生长环境、生长条件，再加上人类活动的影响，使其种群数量不断下降，分布面积也急剧减少，导致报春苣苔濒临灭绝[7]。所以开展对报春苣苔的研究是十分有必要的。

基金项目

广东省自然科学基金项目(S2012010009714)；广东省高等教育教学改革项目(GDJG20142263)。

参考文献 (References)

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 第 69 卷. 北京: 科学出版社, 1990: 331-333.
- [2] 彭少麟, 陈万成. 广东珍稀濒危植物[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 69-70.
- [3] 缪绅裕, 唐志信, 邓冬梅, 周健桃, 潘丽君, 王厚麟, 李春波, 黄福长. 广东连州上柏场报春苣苔种群及其生境特征[J]. 生态环境学报, 2013, 22(4): 554-562.
- [4] 温放, 李湛东. 苦苣苔科(Gesneriaceae)植物研究进展[J]. 中国野生植物资源. 2006, 25(1): 1-6.
- [5] 齐清文, 郝转, 陶俊杰, 康明. 报春苣苔属植物钙形态多样性[J]. 生物多样性, 2013, 21(6): 715-722.
- [6] 喻勋林, 肖玉檀. 湖南石灰岩特有植物的初步调查[J]. 中国林学院学报, 1999, 19(2): 34-38.
- [7] 任海, 彭少麟, 张奠湘, 简曙光, 韦强, 张倩媚, 刘念, 李世晋, 陈杉, 庄益智. 报春苣苔的生态生物学特征[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 1012-1017.
- [8] 吴望辉, 蒋日红, 农东新, 许为斌. 广西苦苣苔科一新记录属——报春苣苔属[J]. 广西植物, 2010, 30(3): 290-291.
- [9] 陆仕念, 符龙飞, 梁桂友, 温放. 广西报春苣苔属一新种——泡叶报春苣苔[J]. 广西植物, 2013, 33(1): 42-45.
- [10] 盘波, 温放, 赵博, 邓涛, 许为斌, 黄仕训. 广西石灰岩地区苦苣苔科植物一新种——北流报春苣苔[J]. 广西植物, 2013, 33(5): 591-598.
- [11] 喻勋林, 肖准, 张贵志, 吴诗霞. 湖南报春苣苔的分布[J]. 中国林业科技大学学报, 2012, 32(6): 132-134.
- [12] 艾春晓, 罗乐, 张启翔, 程堂仁, 潘会堂, 王蕴红, 王颖楠. 4 种报春苣苔属植物叶插繁殖技术研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(6): 43-46.
- [13] 覃国乐, 覃文渊, 温放, 黄荣明, 袁泉. 河池报春苣苔的无菌播种、组织培养和快速繁殖[J]. 黑龙江农业科学,

2013(8): 14-17.

- [14] 缪绅裕, 王厚麟, 黄金玲, 郭培国. 粤北和粤东北若干珍稀濒危野生植物的种群特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(5): 397-406.
- [15] Ren, H., Zhang, Q.M., Wang, Z.F., Quo, Q.F., Wang, L.N., Liu, N. and Liang, K.M. (2010) Conservation and Possible Reintroduction of an Endangered Plant Based on an Analysis of Community Ecology: A Case Study of *Primulina tabacum* Hance in China. *Plant Species Biology*, **25**, 43-50. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-1984.2009.00261.x>
- [16] 梁开明, 林植芳, 刘楠, 张倩媚, 任海. 不同生境下报春苣苔的光合作用日变化特性[J]. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2097-2106.
- [17] 曹明, 李世晋, 曹利民, 张奠湘. 中国苦苣苔科三特有属花粉形态研究[J]. 广西植物, 2007, 27(5): 669-672.
- [18] 杨兴玉, 梁开明, 张新华, 马国华. 国家一级濒危植物报春苣苔核型分析[J]. 植物分类与资源学报, 2012, 34(1): 25-27.
- [19] Ni, X.W., Huang, Y.L., Wu, L., Zhou, R.C., Deng, S.L., Wu, D.R., Wang, B.S., Su, G.H., Tang, T. and Shi, S.H. (2006) Genetic Diversity of the Endangered Chinese Endemic Herb *Primulina tabacum* (Gesneriaceae) Revealed by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). *Genetica*, **127**, 177-183. <http://dx.doi.org/10.1007/s10709-005-3227-0>
- [20] Wang, Z.-F., Ren, H., Zhang, Q.-M., Ye, W.-H., Liang, K.-M. and Li, Z.-C. (2009) Isolation and Characterization of Microsatellite Markers for *Primulina tabacum*, a Critically Endangered Perennial Herb. *Conservation Genetics*, **10**, 1433-1435. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-008-9754-3>
- [21] 喻诚鸿, 陈泽濂. 华南木本双子叶植物叶的宏观结构资料 I.术语与方法[J]. 中国科学院华南植物所集刊, 1986(2): 83-97.
- [22] 胡正海, 主编. 植物解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 100-104.
- [23] 普莉, 索金凤, 薛勇彪. 植物表皮毛发育的分子遗传控制[J]. 遗传学报, 2003, 30(11): 1078-1084.
- [24] 刘穆. 种子植物形态解剖学导论[M]. 第7版. 北京: 科学出版社, 2010: 251-264.
- [25] Howarth, F.G. (1983) Ecology of Cave Arthropods. *Annual Review of Entomology*, **28**, 365-389. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.002053>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: br@hanspub.org