

濒危植物穴丝草解剖结构及其与环境的关系

周党卫¹, 蒋君娥²

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所 高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810001;

2. 中国科学院 遗传与发育生物学研究所 发育生物学中心, 北京 100080)

摘要:穴丝草生长在青藏高原冰缘地带, 属濒危十字花科植物, 是国家重点保护的珍稀植物, 在研究极端物种的形成、分化与适应等方面具有重要研究价值。为了揭示其形态与环境适应的关系, 对穴丝草叶片、根和茎的非可塑性形态结构进行了分析。结果表明, 在长期的进化过程中该物种在结构上具有明显抵御大风、低温、干旱等逆境的内在适应特征。其主要特征表现为: 叶片表面具有明显的蜡质层和表皮毛, 栅栏组织和海绵组织无特别明显的界限且叶肉细胞中具有明显的通气组织; 叶片表皮气孔大, 数目多; 茎中皮层明显加厚, 分生原基活跃, 维管孔径小而数目多; 根中具有明显的带状加厚和发达的髓组织等。这些独特的结构可能与其对高山冰缘环境的适应性密切相关。

关键词:青藏高原; 穴丝草; 形态解剖结构; 适应性

中图分类号: Q944.53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8141(2010)02-0097-03

Research on Anatomical and Morphological Structure of Endangered *Coelonema Draboides* and Its Adaptation to Ecological Environment

ZHOU Dang-wei¹, JIANG Jun-e²

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences,

Xining 810001, China; 2. Key Laboratory of Molecular and Developmental Biology, Institute of Genetics and Developmental Biology,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: *Coelonema draboides*, an endemic endangered Crucifera species grew near glacier region on Qinghai - Xizhang Plateau, was the national protection species, it had important research value on extremophile species origin, divergence and adaptation. In order to insight into the non-plastic morphological adaptation characteristics of the extremophile plant, *Coelonema draboides* was firstly studied on leaf, stem and root. The results showed that this species had evolved the obviously morphological and anatomical characteristics to adapt to gale, frozen and drought stress in the alpine region. There were apparent wax layer and cuticle spur on the leave surface and there was no clear difference between the spongy parenchyma and palisade parenchyma. In addition, there were a number of big stoma on the leaf surface. In the stem, cortex was thick and meristematic tissue appeared activity, the vascular bundles increased and their aperture were very small. The root anatomical structure showed that there was clearly belt thickening and developed marrow cavity. These nature special anatomical structures in *C. draboides* may had closely relationship with its adaptation to adverse ecological environment on Qinghai - Xizhang Plateau.

Key words: *Coelonema draboides*; morphological and anatomical structure; Qinghai - Xizhang Plateau; adaptation

高山地区被认为是全球陆地环境中最为极端的区域之一。在该环境区域内生长有许多特殊植物种类, 构成了高山地区特殊的植物分布带^[1,2]。同时, 该地区也被认为是在陆地生态系统中高度特化的适应植物分布最集中的区域之一^[3]。研究表明, 伴随着起伏不定的严酷低温、强辐射等胁迫, 高山植物形成特殊的抗逆性能^[4,5]。王为义研究表明, 高山植物在形态解剖上的特异性是高山植物适应极端环境的结果^[4]。卢存福等发现, 特殊的粘性细胞及细胞间的多糖可能在极端植物的适应性方面具有重要作用^[5]。因此, 研究高山植物适应环境的形态和结构特征及其内在机制, 对了解

植物对环境的响应和适应性具有重要的理论意义^[6,7]。

穴丝草 (*Coelonema draboides*) 是分布在我国青藏高原东部、海拔 3500—4100m 高山冰川地带的特有珍稀濒危十字花科植物^[8-10]。有资料表明, 这种特有植物的产生可能与高原的隆起有关^[10,11], 并且在遗传上存在适应性^[12], 是研究和了解高山植物物种形成、分化与逆境适应的较好材料。然而, 在长期的胁迫适应过程中, 穴丝草具有哪些形态结构上的非可塑性适应特征目前尚未有详细的研究。本文选择室内培养的穴丝草植株对其形态解剖特征进行了初步研究, 分析其可能具有的内在特异抗逆特征以及与环境的关系, 为该物种的生物与生态学研究以及有效保护这种珍稀濒危植物提供依据。

收稿日期: 2009-12-13; 修订日期: 2010-01-18

基金项目: 中科院知识创新项目 (编号: KSCX2-SW-106); 中科院知识创新前沿项目 (编号: 0954051211、0954061211) 资助。

第一作者简介: 周党卫 (1973-), 男, 陕西省咸阳人, 博士, 副研究员, 主要从事植物逆境生理与分子生物学研究工作。

1 材料与方法

材料: 植物材料为生长在温室中 3 个月的培养穴

丝草苗。

穴丝草形态解剖研究:①分别选取叶片、茎和根,切成小段,放入 FAA(70%乙醇 90ml:冰乙酸 5ml:甲醛 5ml),抽气固定,石蜡切片法制片,莱卡切片机(Leica)切片,切片厚度 8—12 μ m,番红与固绿对染,优铂胶封片^[13];切片在 MOTIC 光学显微镜下观察,使用 Mofic Images Adavanced 3.0 图像分析软件照相。②穴丝草叶片气孔观察。用镊子对成熟的新鲜叶片撕裂上层表皮进行观察,按照常规压片步骤^[13]在光学显微镜下进行观察照相。

2 结果与分析

2.1 穴丝草叶片的结构

我们对穴丝草的横切面观察可见,叶片由表皮、叶肉和叶脉三部分组成。表皮细胞排列紧密而扁平,叶片的上下表皮均由单层细胞组成,上下表皮的细胞外被有明显较厚的角质层和表皮毛,表皮细胞之间零星分布有较大的泡状细胞;上下表皮都有气孔,与表皮细胞处于同一平面,气孔并未出现下陷,这与一些高山植物的气孔结构存在差异^[14,15]。穴丝草叶片内部的栅栏组织和海绵组织细胞大小不规则,无明显差异,但其中均含有大量的叶绿体;海绵组织细胞呈现出圆形或不规则状;叶绿体排列在细胞的周围;叶肉细胞内部的间隙较大,构成明显的通气组织。在叶肉组织中,具有较多的维管束从中穿过,其中近轴侧的叶脉大,其他小叶脉维管组织较均匀地纵向平行分布,在叶脉的维管组织中均含有木纤维构成的机械组织,并且排列较整齐和紧密(图 1,见封四)。

2.2 穴丝草茎的结构

穴丝草茎的初生结构由表皮、皮层和维管柱组成(图 2,见封四)。表皮细胞一层为长方形薄壁细胞,细胞外壁具有角质层;皮层为 7—8 层薄壁细胞,细胞体积较大,具有一定的栓化。细胞间具有较小的间隙,但未发现明显的通气组织;韧皮部细胞小,排列紧密,细胞壁加厚,形成厚壁组织;中柱由维管束、髓和髓射线组成;中柱鞘细胞小,排列规则;维管束细胞排列整齐,细胞腔隙小,但层数明显增多,束中形成层具有分裂能力;木质部导管位于维管束内,排列成花环状,形成 6 组,多数约 27 个形成一个环状,但同样孔径小,大小较为一致;髓部细胞比维管束中和形成层中的细胞大,但数目较少,所占比例也较小;木质部与韧皮部之间有形成层,并已有次生长。

2.3 根的结构

穴丝草根存在着明显的周皮、维管形成层和木质部。表皮细胞具有明显的根毛,并出现破毁;皮层组

织出现多层细胞,根的周皮明显加厚;次生维管组织包括次生韧皮部、维管形成层和次生木质部;皮层在整个横切面上占绝大多数;维管形成层为 2—3 层扁平细胞,细胞小,排列紧密。次生木质部的组成分子为导管分子、木薄壁细胞及部分细胞壁非木质化加厚的细胞,导管分子排列规则,但导管口径大小不一,木薄壁细胞体积小,排列在导管分子周围。根中央的初生木质部依然保留,为 2 原型根。

根结构上最明显的特征是周皮的木栓层增加到 5—7 层,木栓形成层为 1—2 层扁平细胞,而栓内层的 2—3 层薄壁细胞则细胞壁非木质化全面加厚。由于维管形成层向外产生较多的薄壁细胞,使次生韧皮部中的薄壁细胞数量明显增多,但未出现较大的腔隙,形成的次生韧皮部中具有发达的薄壁组织。次生木质部除组成细胞增多外,无显著变化(图 3,见封四)。

2.4 穴丝草叶表皮气孔特征

植物的气孔是与环境进行水分、物质交换的重要通道,也是植物的重要适应特征之一。对穴丝草叶片的保卫细胞观察表明,保卫细胞排列整齐,气孔通道明显,在叶片表面并没有出现下陷等特征,气孔内部也无特殊的内部附属组织。叶片表面的平展层细胞表面光滑,与 Inan 等对拟南芥叶片的观察结果相似^[16],平展细胞并未形成明显的褶皱形态(图 4,见封四)。

气孔密度统计结果表明,穴丝草叶片气孔的密度为 260.7 ± 38.5 ,是拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)的 2 倍($n=9, P < 0.05$)^[16]。但气孔指数统计与拟南芥较接近,为 30.6。这种结构可能是为了更有效吸收分布在叶肉细胞中的 CO_2 来适应干旱和低温的环境。

3 讨论

高山植物在长期适应低温、大风、低气压等不利环境中进化出了一系列的适应性结构特征^[4,15,16]。本研究表明,在穴丝草的叶片结构中具有明显较厚的角质层。这种富含蜡质的角质层特别有利于在低温、干旱环境下进行内部温度的调节和水分的散失^[4,15,16]。我们在对穴丝草叶片气孔特征观察中发现,穴丝草叶片气孔并未出现下陷,气孔内也没有其它附属组织,但单位面积气孔数目显著高于已报道的拟南芥叶片^[16],且显著高于拟南芥叶片表面的气孔密度。贺金生等研究表明,气孔数目与密度的增加,可提高叶片与外界环境的气体交换能力,增强叶片对 CO_2 的摄入,以提高光合作用速率,是植物对高山环境中低 CO_2 和 O_2 分压的适应性^[17]。穴丝草叶表面的气孔特征可能是对低浓度 CO_2 和 O_2 对植物体伤害的适应性。本研究还发现,在穴丝草的叶肉细胞中存在较大的通气组织,这与另

一种高山植物离子芥(*Chorispora bungeana*)的研究结果一致^[18]。通气组织中始终充满气体,不但对植物体起到良好的支持作用,而且也起到了一定的保温作用,减轻低温冻害。此外,发达的通气组织可贮存光合作用释放出的 O₂ 和呼吸作用释放出的 CO₂,用以弥补大气中 O₂ 和 CO₂ 的不足,以避免高山缺氧对植物的伤害和光合作用中二氧化碳的匮乏^[16,17],这显然是高山穴丝草适应不利高山环境所形成的特定适应结构特征。但本研究发现,穴丝草茎和根中的通气组织并不明显,与已报道的高山植物有所不同^[4,15,16],这可能是在低海拔氧气充足的条件下与这些组织发生的生态改变有关。有研究报道,玉米在淹水处理 72h,其通气组织就发生明显改变,通气组织的孔径增大^[20]。周广泰等研究发现,随着海拔升高,植物通气组织逐渐增大^[15]。因此,通气组织在穴丝草根和茎中不明显,可能与培养环境的改变有关。穴丝草茎中维管束和木质部的特征与高山植物中的记述一致^[4]。高度木质化的导管和数量增加而致密的维管层可能与增加机械损伤(如大风、冰雹等)、高效的水分和营养物质的转运有关,因此可能是其长期适应不利环境的进化特征之一。

王为义研究了多种高山植物的形态后认为,高山植物叶片的栅栏组织一般有 3—4 层^[4]。同样,周广泰等对不同药用高山植物的研究结果认为,通常具有 2—4 层栅栏组织^[16]。本研究结果表明,在穴丝草中这种结构并不明显,栅栏组织与海绵组织结构无显著差异,细胞形状并不一致,且叶绿体都位于细胞周围,这可能与该物种长期适应低温多变的环境适应性有关。周广泰等也在另外一些高山植物中观察到同样的结果^[15]。高山冰缘地区常年云雾缭绕,总的日照时数较少,但瞬时日照强烈^[21],这种长期进化的组织结构可能有利于高山植物在低温与强辐射环境下顺利进行光合作用。

在穴丝草根的结构中,具有明显加厚的栓内层组织。位于中间的导管数目多,排列紧密,经常产生多个根毛,薄壁组织相对较小。这种结构具有显著的高山适应特征。同样,在另一高山植物离子芥的根部形态也观察到类似现象^[18]。高山环境的长期低温,使冻土层增厚,水分经常以固态形式存在,且温度经常变化。白天温度在 1—2℃,而晚上则下降到 -10℃^[4]。因此,这种根部结构的特殊形态与长期的低温适应也有关系,可保证植物在白天充分利用水分,而在夜间温度降低时高度的加厚组织又可保温;较厚的皮层可缓冲外界对根部的机械损伤,且多个根毛增加了穴丝草对水分与养分的吸收和与岩石的固着力,增强了对大风等不利环境的适应性。总之,作为高原地区特有的冰

缘十字花科植物,穴丝草在形态解剖结构上具有明显的适应高寒环境特征,这种适应特征是其长期适应进化的结果。

参考文献:

- [1]李渤生,张经纬,王金亭,等.西藏的高山匍状植物[J].植物学报,1985,(27):311-317.
- [2]杨扬,孙航.高山和将地植物功能生态学研究进展[J].云南植物学研究,2006,(28):43-53.
- [3]Körner Ch. Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems[M]. New York: Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 1999: 1-6.
- [4]王为义.高山植物结构特异性的研究[J].高原生物学集刊,1985,4(4):19-31.
- [5]卢存福,陈玉珍,简令成.高山植物塘古特红景天粘液细胞及叶肉细胞表面糖蛋白与抗冻性的关系[J].应用与环境生物学报,2003,9(1):16-20.
- [6]李芳兰,包维楷.植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应与适应[J].植物学通报,2005,22(S):118-127.
- [7]何涛,吴学明,贾敬芬.青藏高原高山植物的形态和解剖结构及其对环境的适应性研究进展[J].生态学报,2007,27(6):2574-2583.
- [8]陈桂琛,彭敏,黄荣福,等.祁连山地区植被特征及其分布规律[J].植物学报,1994,36(1):63-72.
- [9]汪松,谢炎.中国珍稀濒危物种红皮书[M].北京:高等教育出版社,2004:56.
- [10]孙鸿烈.青藏高原的形成演化[M].上海:上海科学技术出版社,1996.
- [11]黄荣福,沈颂东,卢学峰.青藏高原东北部植物染色体数目与多倍性研究[J].西北植物学,1996,16(3):310-318.
- [12]Chen SL, Xia T, Chen SY, et al. RAPD Profiling in Detecting Genetics Variation in Endemic *Coelonema* (Brassicaceae) of Qinghai - Xizhang Plateau of China[J]. Biochem Genetics, 2005, 43(3): 189-201.
- [13]高信曾.植物学(植物形态解剖)[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [14]周广泰,刘凤琴,韦梅芹.青海高寒地区 50 种植物解剖特点的研究[J].青海师范大学学报,1990,(3):34-47.
- [15]周广泰,刘凤琴,郭书贤,等.中藏医药用的十种高山植物解剖特点的研究[J].青海医学院学报,1992,13(3):142-147.
- [16]Inan G, Zhang Q, Li PH, et al. Saltstress: A Halophyte and Cryophyte Arabidopsis Relative Model System and Its Applicability to Molecular Genetic Analyses of Growth and Development of Extremophiles[J]. Plant Physiol, 2004, 135: 1718-1737.
- [17]贺金生,陈伟烈,王勋陵.高山栎叶的形态结构及其与生态环境的关系[J].植物生态学报,1994,18(3):219-227.
- [18]阿依吐尔汗,谭敦炎,李志军,等.高山离子芥营养结构与环境的关系研究[J].新疆农业大学学报,1998,21(4):273-277.
- [19]吴学明.五种高山藏医药用植物茎叶的结构特征研究[J].西北植物学报,1996,16(1):56-60.
- [20]Bray EA, Bailey - Serres J, Weretilnyk E. Responses to Abiotic Stress. In Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL, Eds. Biochemistry and Molecular Biology of Plants[Z]. Rockville: American Society of Plant Physiology, 2000: 1158-1203.
- [21]魏婕,余辉,匡廷云.青海高原不同海拔珠芽蓼叶绿体超微结构的比较[J].植物生态学报,2000,24(3):304-307.

濒危植物穴丝草解剖结构及其与环境的关系 (正文见P97)



图1 穴丝草叶片解剖特征 (A 穴丝草叶片横切 $\times 20$; B 穴丝草横切放大 $\times 40$)

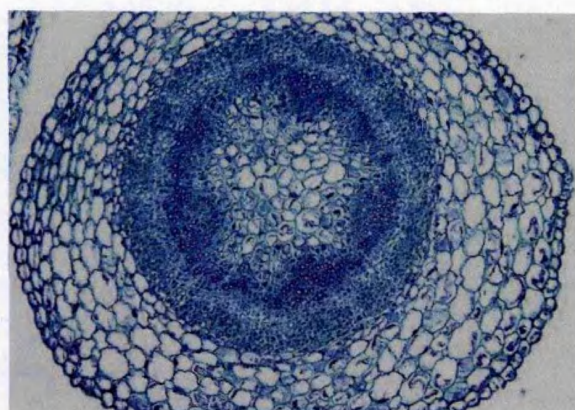


图2 穴丝草茎部解剖特征 ($\times 40$)

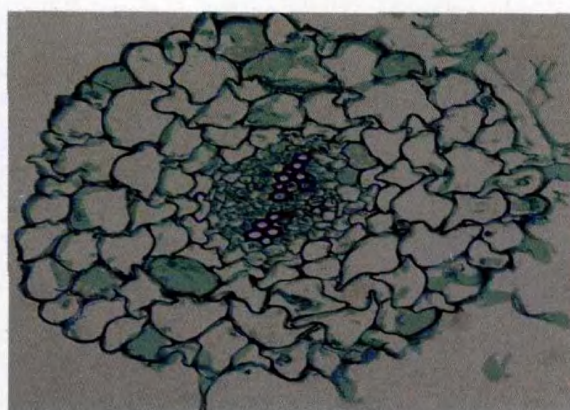


图3 穴丝草根部分横切面 ($\times 40$)

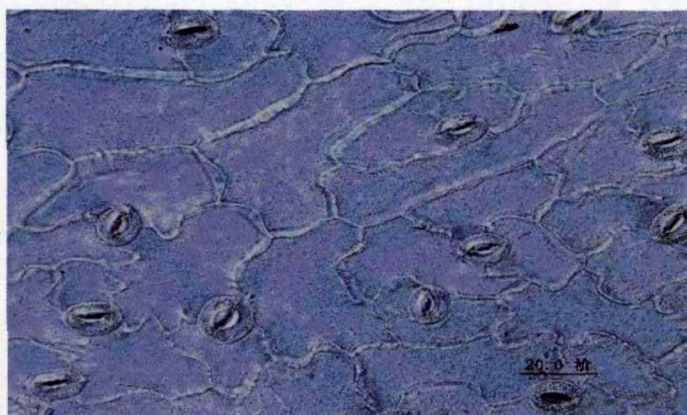


图4 穴丝草叶片近轴面气孔特征 ($\times 40$)

国外代号: NTZ1043

发行代号: 62-58

刊号: ISSN1005-8141

刊号: CN51-1448/N

广告经营许可证号: 5100004000335

国内定价: 15.00元

国外定价: 10.00美元

网址: www.zykf.com.cn