

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201310005

沈宁东, 韦梅琴, 李宗仁 等. 高寒地区不同海拔藏茴香茎解剖结构比较研究[J]. 广西植物 2015, 35(2):194-199

Shen ND, Wei MQ, Li ZR *et al.* Comparative study about the anatomical structure for stem of *Carum carvi* in different elevations of alpine-cold area [J]. *Guihaia* 2015, 35(2):194-199

## 高寒地区不同海拔藏茴香茎解剖结构比较研究

沈宁东, 韦梅琴, 李宗仁, 熊辉岩

(青海大学 农牧学院 农林系, 西宁 810016)

**摘要:** 采用石蜡切片法, 分别对 5 种不同海拔高度藏茴香茎初生解剖结构进行比较研究, 并用一维和二维 (面积) 的度量指标进行观测, 以期探索随海拔升高, 藏茴香茎结构的变化规律, 从而探讨藏茴香对高寒气候的适应性, 为藏茴香这一食用、药用植物资源开发利用提供基础资料。结果表明: 藏茴香茎的初生结构由表皮、皮层、维管柱构成, 随着海拔升高, 藏茴香茎的表皮厚度、髓厚度、髓射线宽度以及通气组织的面积逐渐增加, 而维管组织与基本组织的比值不断缩小, 皮层的细胞层数、厚度逐渐下降; 维管束的数量、厚度不断降低, 但维管束的发育程度和导管的直径有逐渐增加的趋势。藏茴香茎表皮的不断增厚, 可以减少植物体内热量的散失, 并有效地降低强紫外线对植物造成的伤害。基本组织比例的增加, 有利于贮藏更多的生理调节性物质, 增加植物的抗寒能力; 通气组织逐渐发达, 可极大地降低空气在植物体内的扩散阻力, 形成氧气由地上部运输到地下部的通道, 还可增加植物体的浮力, 减轻了植物体比重, 对植物体起到了良好的支撑作用。藏茴香茎解剖结构随海拔的变化, 体现了植物对环境的适应性。研究中发现的随着海拔升高, 茎皮层的细胞层数和厚度以及茎中维管束的数量和厚度均下降, 但维管束的发育程度和导管直径增加的现象, 还有待于进一步研究。

**关键词:** 藏茴香茎; 解剖结构; 不同海拔

中图分类号: Q944.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2015)02-0194-06

## Comparative study about the anatomical structure for stem of *Carum carvi* in different elevations of alpine-cold area

SHEN Ning-Dong, WEI Mei-Qin, LI Zong-Ren, XIONG Hui-Yan

(Department of Agricultural and Forestry, College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China)

**Abstract:** We compared and analyzed the primary anatomical structures for stem of *Carum carvi* on five different altitudes by paraffin section methods, and observed the structure with unidimensional and two-dimensional (area) index properties in order to find out the change rule of structures for stem of *C. carvi* with the rising of elevation, which could provide basic information for the development and utilization of *C. carvi*. The test showed that stem primary structure consisted of cortex and vascular cylinder. With the altitude increasing, the thickness of epidermis and pith, the width of pith ray and the area of aerenchyma gradually increased, but the ratio of vascular tissue to fundamental tissue gradually reduced; the number of layers and thickness of cortex, the number and thickness of vascular bundle gradually decreased, however, the development degree of vascular bundle and the diameter of duct gradually increased. The thickening of epi-

收稿日期: 2014-02-14 修回日期: 2014-08-29

基金项目: 青海省科技厅基础研究项目(2013-Z-717)

作者简介: 沈宁东(1972-), 女, 江苏盐城人, 硕士, 教授, 研究方向为野生植物资源保护与利用, (E-mail) xnsnd@126.com。

dermis could reduce the losing their body heat and decrease the damage from strong ultraviolet rays; The increasing of ratio of fundamental tissue was conducive to store more physiological regulatory substances, increase of cold resistance abilities in the plant; The development of aerenchyma could reduce the diffusional resistance of the air inside the plant, channel being formed along aerial parts to underground part and also could increase the plant's buoyancy, reduce the proportion of plants. The varying of anatomical structures for stem of *C. carvi* during different elevation reflected plant adaptations for environment. But in this experiment, some special phenomenon was observed, the number of layers and thickness of cortex in *C. carvi* stem, this phenomenon was reported in the aerial stem structures of *Kobresia pygmaea* and its mechanical tissue of aerial part had a decline meanwhile underground part had a rise. Whether this kind of phenomenon exists or not, we must further carry on study about anatomical structures for root of *C. carvi*. In this study, we also found that the number and thickness of vascular bundle gradually decreased, however the development degree of vascular bundle and the diameter of duct gradually increased with the increasing of the altitude. The possible reason was that its low temperature and short frostless period were under the high altitude conditions, the plant developed more completely under the high altitude areas than the low altitude areas in same growth period. It also reflected plant adaptations for environment. And the problem about development degree of the same plant in different altitudes still need further research.

**Key words:** *Carum carvi*; stem; anatomical structure; different elevations

藏茴香 (*Carum carvi*) 又称葛缕子, 藏名郭鸟, 属伞形科 (Umbelliferae) 葛缕子属 (*Carum*) 草本植物 (中国科学院西北高原生物研究所, 1997)。藏茴香是富有浓郁高原民族特色的天然辛香料植物和山野蔬菜, 还具药用价值, 同时被广泛用于化妆品、洗涤用品等 (沈宁东等, 2010)。目前对藏茴香的研究主要集中在精油的提取 (富志军等, 1995; 张存彦等, 2005)、分析 (谭睿等, 2003) 及药理方面 (唐法娣等, 1999)。迄今国内外关于植物解剖结构随环境因子变化的规律性研究较多 (何涛等, 2007; 陆静梅等, 1994; 周广泰等, 1990; Galmés *et al.*, 2007), 但其中对茎的解剖结构研究观测时, 常用长、宽、直径、半径等一维指标来度量。本研究分别对 5 个不同海拔的藏茴香茎进行解剖结构观察和比较, 并用一维和二维 (面积) 的度量指标, 观测茎的结构, 以期弄清在不同海拔高度下藏茴香茎解剖结构的特征与差异, 从而探讨藏茴香对高寒气候的适应性特征, 为这一食用、药用植物资源的开发利用提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验材料分别采于不同海拔的 5 个地区, 采集地点及采集地环境条件见表 1。

### 1.2 方法

在每个海拔高度上, 选择生长健壮、长势一致, 正处于结果初期的藏茴香 5 株, 分别在每株主茎顶端向下 3 cm 处截取一段长度约为 1 cm 的嫩茎, 立

即用 70% 酒精配制的 FAA 固定液固定 24 h 后, 用梯度酒精脱水 (酒精浓度分别为 50%、70%、83%、95%、100%、1/2 二甲苯 + 1/2 100% 酒精), 二甲苯透明, 37 °C 恒温下浸蜡 5 ~ 7 d, 然后用融好的石蜡包埋。切片厚度为 12 μm, 番红染色, 中型树胶封片 (李正理, 1987), 在奥特 OPTEC-BK-5 000 型光学显微镜下观察、照相, 利用 TSView CxImage Application 图像分析软件测量茎表皮厚度、皮层厚度 (从无棱角, 无气腔处测量), 维管柱中维管束的厚度、髓厚度、髓射线宽度等各项指标, 同时对茎中的气腔的面积进行测量 (单位: μm<sup>2</sup>), 每项指标分别测量数据 10 组, 以进行数据的统计分析。其中: 通气组织面积 / 总面积 (%) = 茎中所有的通气组织面积 / 茎的总面积 × 100%; 维管组织 / 基本组织 (%) = 茎中维管束的厚度 / (皮层厚度 + 髓厚度) × 100%。

### 1.3 数据分析方法

差异检验采用单因子方差分析; 多组平均数中每对平均数之间差异的检验, 采用多重比较。数据分析均在 Excel 2003 中进行。

## 2 结果与分析

通过对藏茴香茎的解剖结构进行观察发现: 藏茴香幼茎的横切面形状为多棱形, 有 9 ~ 11 个棱角, 棱角是厚角组织层数增加形成, 结构均由表皮、皮层、维管柱构成。

### 2.1 表皮

从横切面来看, 表皮光滑、无表皮毛或腺毛等附

表 1 试验材料采集地点及环境条件  
Table 1 Collecting sites of experimental material and environmental condition

编号 Serial number	采集地 Collecting site	北纬 (N) Northern latitude	东经 (E) East longitude	海拔 Elevation (m)	生境 Ecological habitat	年均温 (°C) Annual-mean temperature	年降雨量 Annual-rainfall (mm)	无霜期 Frost-free season (d)
1	西宁市陶家寨 Taojia Mountain Fastness in Xining City	36°41′	101°45′	2 302	农田边 Beside farmland	5.9	367.5	220
2	大通县宝库乡 Baoku Township of Datong County	37°09′	101°33′	2 708	公路边 Beside the road	3.0	515.8	191
3	湟源县日月乡 Riyue Township of Huangyuan County	36°33′	101°10′	2 976	农田边 Beside farmland	2.8	414.9	183
4	循化县岗察乡 Gangcha Township of Xunhua County	35°42′	102°13′	3 251	高山草甸 Alpine meadow	1.5	462.8	175
5	共和县日月山 Riyue Mountain of Gonghe County	36°25′	101°06′	3 456	高山草原 Alpine grassland	0.9	423.9	169

属物,均由 1 层表皮细胞构成,表皮细胞外角质膜不明显。通过观测可知,随着海拔升高,茎表皮厚度呈逐渐增加的趋势;由方差分析可知,海拔为 3 456 m 时,表皮厚度显著高于其他海拔(表 2 图版 I)。

## 2.2 皮层

茎的皮层包括厚角组织、皮层薄壁组织。厚角组织在表皮内侧,其发达程度,通过方差分析可知各海拔之间均存在显著或极显著差异。海拔在 2 302 m 时,厚角组织最为发达,平均层数为 6.2 层,厚度为 56.916  $\mu\text{m}$ ;随着采样海拔的逐渐升高,厚角组织的层数和厚度逐渐降低,到海拔 3 456 m 时,厚角组织平均的层数和厚度分别为 3.9 层和 39.863  $\mu\text{m}$ ;同时厚角组织中的气腔面积逐渐增大,在海拔 2 302 m 时,气腔面积为 2 076.42  $\mu\text{m}^2$ ;在海拔 3 456 m 时,面积达 139 481.45  $\mu\text{m}^2$ ,而且各个数据之间存在极显著差异(表 2 图版 I)。

在皮层薄壁组织中可见到多数的分泌腔,均匀地分布成 1 环。不同海拔间皮层薄壁组织的层数和厚度同样存在显著差异。海拔在 2 302 m 时,皮层薄壁组织最为发达,平均 5.7 层,厚 108.462  $\mu\text{m}$ ;随着采样海拔的逐渐升高,皮层薄壁组织的层数和厚度逐渐降低,到海拔 3 456 m 时,厚角组织平均的层数和厚度分别为 4.1 层,69.224  $\mu\text{m}$ (表 2 图版 I)。

## 2.3 维管柱

藏茴香茎的初生结构维管柱由多数维管束、髓和髓射线构成。茎中维管束排列成一环,呈圆筒状,类型均为外韧无限维管束,不同海拔间茎的维管束数量和厚度不同。经过观测发现,海拔在 2 302 m 时的维管束有 26.9 个,2 708 m 和 2 976 m 时是

28.0 个,在海拔 3 456 m 时减少到 22 个。同时随着海拔的升高,茎中维管束的厚度逐渐降低,经方差分析表明,各个数据间存在极显著差异。

对维管柱中髓结构的观测表明,随着海拔的升高,髓厚度逐渐增大,在海拔 2 302 m 时厚度为 943.361  $\mu\text{m}$ ,到 3 456 m 时厚度有 1 126.290  $\mu\text{m}$ ,数据间存在显著差异。同时观测到随着采样海拔的逐渐升高,髓中的气腔逐渐出现且面积逐渐增大。在海拔 2 302 ~ 2 976 m 时,髓中均未出现裂隙腔,在海拔 3 251 m 和 3 456 m 的切片中,则可见茎的髓结构中出现逐渐增大的裂隙腔。

髓射线的列数决定着维管束排列的疏密,在不同海拔间存在差别。经过观测发现,两维管束间髓射线宽度,随着海拔的升高,不断增大,且各个数据间存在一定的差异性。这一点也与维管束数量的变化趋势相符合,即随着海拔的升高,维管束的数量逐渐减少,而髓射线的宽度逐渐增加。但同时也观测到:虽然维管束的数量和厚度随海拔升高而逐渐下降,但是维管束发育的完全程度却在不断增加。

木质部导管的直径有逐渐增大的趋势,但仅海拔 3 456 m 的与 2 302 m 的有极显著差异,与 2 976 m 的有显著差异。

## 2.4 维管组织与基本组织厚度的比值

维管组织与基本组织(皮层和髓)的比值,可以反映植物对逆境的适应状况。厚的基本组织有利于贮藏水分与营养物质,这对于提高植物的抗寒性和抗旱性等具有积极意义。通过对海拔 2 302 ~ 3 456 m 的藏茴香茎解剖结构的观测表明:随着海拔不断升高,这个比值呈降低趋势,即基本组织所占的比重越

表 2 不同海拔藏茴香茎解剖结构的观测数据  
Table 2 Observation data about the anatomical structure for stem of *Carum carvi* in different altitudes

项目 Item	海拔 Altitude (m)				
	2 302	2 708	2 976	3 251	3 456
表皮厚度 Epidermal thickness ( $\mu\text{m}$ )	13.350bcAB	12.236cB	14.105abAB	14.485abAB	15.430aA
厚角组织层数 Collenchyma layers (层)	6.2aA	5.1bB	4.1cC	4.2cC	3.9cC
厚角组织厚度 Collenchyma thickness ( $\mu\text{m}$ )	56.916aA	53.535bB	52.467bB	48.675cC	39.863dD
厚角组织中通气组织面积 ( $\mu\text{m}^2$ ) Aerenchyma area of collenchyma	2 076.42dD	5 102.44dD	23 539.09cC	42 370.36bB	139 481.45aA
皮层薄壁组织层数 (层) Cortex parenchyma layers	5.7aA	4.5bbB	4.4bbB	4.1bB	4.1bB
皮层薄壁组织厚度 ( $\mu\text{m}$ ) Cortex parenchyma thickness	108.462aA	94.058bB	85.190cC	81.386cC	69.224dD
维管束数量 (个) Vascular bundle number	26.9aA	28.0aA	28.0aA	23.5bB	22.0bB
维管束厚度 ( $\mu\text{m}$ ) Vascular bundle thickness	276.59a A	245.39bB	232.50 cC	209.35dD	171.64eE
导管直径 ( $\mu\text{m}$ ) Diameter of conduit	14.83cB	19.42abA	19.12bA	19.82abA	20.43aA
髓厚度 ( $\mu\text{m}$ ) Pith thickness	943.361cC	973.766cC	1 045.872bB	1 106.693aAB	1 126.290aA
髓中通气组织面积 ( $\mu\text{m}^2$ ) Aerenchyma area of pith	0	0	0	10 210.43	16 768.47 * *
髓射线宽度 ( $\mu\text{m}$ ) Pith ray width	86.157cdC	82.819dC	88.840cBC	95.190bB	103.873aA
维管组织/基本组织 (%) Vascular tissue/fundamental tissue	24.95aA	21.88bB	19.64cC	16.93dD	13.89eE
通气组织面积/总面积 (%) Aerenchyma area/total area	0.047eE	0.129dD	0.561cC	0.944bB	3.673aA

注: 小写字母表示  $P < 0.05$  的显著差异; 大写字母表示  $P < 0.01$  的极显著差异。关于髓中通气组织面积的数据, 由于前 3 个海拔下数据均为 0, 无法做方差分析, 因此仅对后 2 个数据进行了  $t$  测验。

Note: Lowercase letters show the significant differences ( $P < 0.05$ ); Capital letters show the highly significant differences ( $P < 0.01$ ); The data of aerenchyma area of pith were not compared by analysis of variance and only the latter 2 data were compared by  $t$ -test.

来越大, 如 2 302 m 时的比例为 24.95%, 2 708 m 时的比例为 21.88%, 到 3 456 m 时的比例为 13.89%。

### 2.5 通气组织面积与总面积的比值

通过对海拔 2 302 ~ 3 456 m 的藏茴香茎解剖结构的观测, 发现茎中的通气组织主要在厚角组织和髓中, 且随着海拔的不断升高, 通气组织逐渐发达, 通气组织面积占茎总面积的比例增大, 如在海拔 2 302 m 时通气组织只存在于厚角组织中, 所占比例仅为 0.047%, 而到海拔 3 251 m 时通气组织在髓中也开始出现, 所占比例达到 0.944%, 在海拔 3 456 m 时比例增加为 3.673%。

## 3 讨论与结论

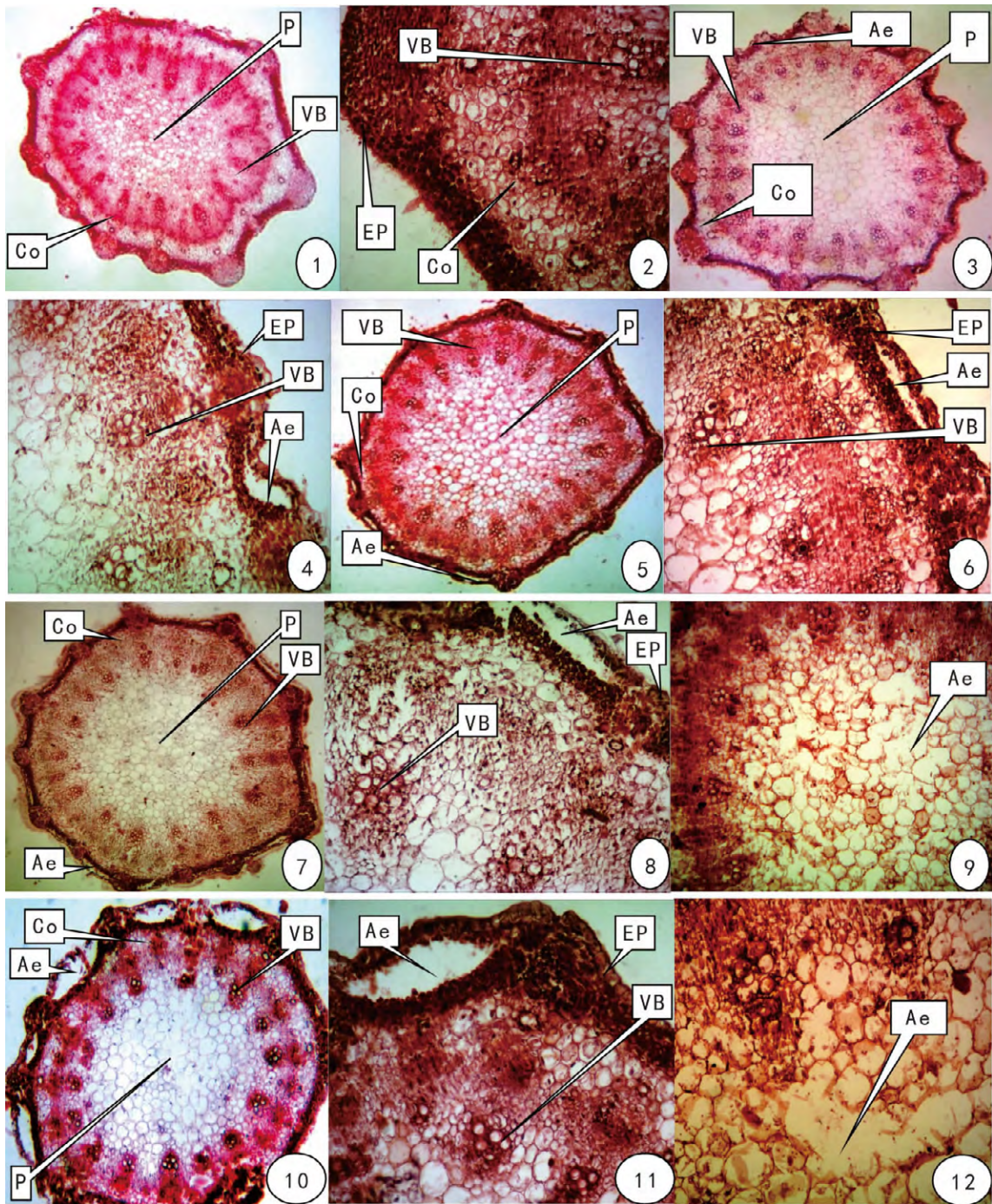
随海拔的升高, 藏茴香茎的表皮不断增厚, 表明植物对高海拔高寒地区, 强太阳辐射、低温的结构适应。厚的表皮可以减少植物体内热量的散失, 并有效地降低强紫外线对植物造成的伤害(周广泰等,

1990; 何涛等 2007)。但这与嵩草气生茎表皮细胞外壁随着海拔高度的升高加厚程度下降(姜罡丞等, 1999)的趋势相反, 这应该与植物种类有关。

茎皮层的细胞层数和厚度有所下降, 这一现象在高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)的气生茎结构中也有报道, 并观测得出随海拔的升高, 高山嵩草机械组织的地上部分发达程度下降, 地下部分则上升(姜罡丞等, 1999), 是否藏茴香也存在这种现象, 则需进一步进行根的解剖结构研究。

茎中维管束的数量、厚度逐渐下降, 然而维管束的发育完全程度和导管的直径有逐渐增加的趋势, 这种结构特征的形成可以解释为在高海拔下, 气温低、无霜期短, 相同发育期内, 处于高海拔的植物发育的更完善, 这也是植物对环境适应的一种体现。但关于同一种植物在不同海拔下发育程度的问题尚需进一步的研究。

茎中髓的厚度、髓射线宽度随海拔的升高逐渐增加, 同时维管组织与基本组织的比值不断缩小, 这



图版 I 不同海拔下藏茴香茎初生结构横切图 1. 海拔 2 302 m (×40); 2. 海拔 2 302 m (×200); 3. 海拔 2 708 m (×40); 4. 海拔 2 708 m (×200); 5. 海拔 2 976 m (×40); 6. 海拔 2 976 m (×200); 7. 海拔 3 251 m (×40); 8. 海拔 3 251 m (×200); 9. 海拔 3 251 m (×100, 示髓中的通气组织); 10. 海拔 3 456 m (×40); 11. 海拔 3 456 m (×200); 12. 海拔 3 456 m (×100, 示髓中的通气组织)。EP(表皮); Co(皮层); P(髓); VB(维管束); Ae(通气组织)。

Plate I Primary structure of stem of *Carum carvi* in different altitudes 1. Altitude 2 302 m (×40); 2. Altitude 2 302 m (×200); 3. Altitude 2 708 m (×40); 4. Altitude 2 708 m (×200); 5. Altitude 2 976 m (×40); 6. Altitude 2 976 m (×200); 7. Altitude 3 251 m (×40); 8. Altitude 3 251 m (×200); 9. Altitude 3 251 m (×100, Aerenchyma of pith); 10. Altitude 3 456 m (×40); 11. Altitude 3 456 m (×200); 12. Altitude 3 456 m (×100, Aerenchyma of pith). EP(epidermis); Co(cortex); P(pith); VB(vascular bundle); Ae(aerenchyma).

是植物对高寒环境适应的一种表现,说明随着海拔的升高,温度的降低,植物茎中的基本组织还是在不断增加,比例较高的基本组织利于贮藏更多的生理

调节性物质,增加植物的抗寒能力,避免受到冻害的影响。同时随着海拔的升高,通气组织逐渐发达,表现为厚角组织中的通气组织面积逐渐增大,在海拔

3 251 m 以上时,髓中开始出现通气组织,该结构可极大地降低空气在植物体内的扩散阻力,是 O<sub>2</sub> 由地上部运输到地下部的主要通道。同时,通气组织中始终充满气体,增加了植物体的浮力,减轻了植物体的比重,这对植物体又起到了良好的支撑作用,这是植物对高海拔缺氧环境适应的表现。

### 参考文献:

- Fu ZJ(富志军), Zhou QG(邹巧根), Shi GF(石桂芳). 1995. GC Determination of carvone in paiqi smeared film(气相色谱法测定排气涂膜剂中葛缕酮的含量) [J]. *J Chin Pharm Univ* (中国药科大学学报) **30**(4):95-97
- Galmés J, Medrano H. 2007. Photosynthesis and photoinhibition in response to drought in a pubescent (var. *minor*) and a glabrous (var. *palaui*) variety of *Digitalis minor* [J]. *Environ & Exp Bot*, **60**(1):105-111
- He T(何涛), Wu XM(吴学明), Jia JF(贾敬芬). 2007. Research advances in morphology and anatomy of alpine plants growing in the Qinghai-Tibet Plateau and their adaptations to environments (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]. *Acta Ecol Sic* (生态学报) **27**(6):2 574-2 583
- Jiang GC(姜丞丞), Jia XH(贾晓红). 1999. Comparison of the microstructures of vegetative organs of three species of *Kobresia* growing in different altitudes(不同海拔高度上的蒿草属三个种营养器官显微结构的比较) [J]. *J Henan Univ:Nat Sci Ed* (河南大学学报·自然科学版) **29**(1):63-68
- Li ZL(李正理). 1987. Plant Tissue Section Technique(植物切片技术) [M]. 2nd Ed(第2版). Beijing(北京):Science Press(科学出版社):60-72
- Lu JM(陆静梅), Li JD(李建东). 1994. A comparative anatomical study of the structure of different ecological environments of the same species(同种不同生态环境植物解剖结构比较研究) [J]. *J Dongbei Norm Univ*(东北师范大学学报) **3**:100-103
- LIU Jing(刘静), MA Miao(马淼). 2012. Anatomical characteristics of *Capparis spinosa* L. in Tibet(青藏高原地区刺山柑解剖特征研究) [J]. *Bot Res Bull*(植物研究) **32**(4):392-396
- Northwest Institute of Plateau Biology of Chinese Academy of Science(中国科学院西北高原生物研究所). 1997. Qinghai Economic Flora (2nd Vol.) [青海经济植物志(下)] [M]. Xining(西宁):Qinghai People Publishing House(青海人民出版社):103-104
- Shen ND(沈宁东), Wei MQ(韦梅琴), Li N(李宁). 2010. Progress of *Carum carvi* economic value and researching on it's development and utilization(藏茴香经济价值及其开发利用研究进展) [J]. *J Qinghai Norm Univ:Nat Sci Ed* (青海师范大学学报·自然科学版), (1):54-56
- Tan Z(谭睿), Wang B(王波). 2003. Analyse the chemical constituents of volatile oil from *Carum carvi* L. by GC-MS(气相色谱-质谱法分析藏茴香药材挥发油成分) [J]. *J Chin Med Mat* (中药材) **26**(12):30-32
- Tang FD(唐法娣), Xie QM(谢强敏), Wang X(王砚). 1999. Effect of bronchodilation and antianaphylaxis of carvone(葛缕酮的气道扩张作用和呼吸道抗过敏作用) [J]. *Chin Pharmac Bull*(中国药理学通报) **25**(6):25-27
- Zhang CY(张存彦), Wang CG(王成港), Chen JY(陈继英). 2005. Determination the content of carvone from *Carum carvi* L. by HPLC(HPLC 法测定藏茴香油中葛缕酮的含量) [J]. *Chin Trad Herb Drugs*(中草药) **36**(9):19-22
- Zhou GT(周广泰), Wu XM(吴学明). 1990. A study on the characteristics of the anatomical structure of 50 species of alpine plants on Qinghai plateau(青海高寒地区五十种植物解剖特征研究) [J]. *J Qinghai Norm Univ:Nat Sci Ed* (青海师范大学学报·自然科学版), (4):50-56
- 研究 [J]. *Acta Horti Sin* (园艺学报), **39**(12):2 507-2 514
- Wang YY(王悦云), He SZ(何顺志), Guo BL(郭宝林). 2008. Non-glandular hairs of small-flowered taxa in *Epimedium* (Berberidaceae) from China and their taxonomic significance(中国淫羊藿属小花类群非腺毛形态) [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **30**(4):423-429
- Xiao XH(肖小河), Fang QM(方清茂), Xia WJ(夏文娟), et al. 1997. Numerical taxonomy of medicinal *Salvia* L. and the genuineness of Danshen(药用鼠尾草属数值分类与丹参药材地道性) [J]. *J Plant Res Environ* (植物资源与环境学报), **6**(2):17-21
- Yu Y(余燕), Yang ZJ(杨在君). 2013. Resource exploration of *Salvia* wild ornamental plants in Sichuan and its landscape application(四川鼠尾草属野生观赏植物资源调查及其园林应用探究) [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), **32**(2):28-31
- Zhang B, Claßen-Bockhoff R, Zhang ZQ, et al. 2011. Functional implications of the staminal lever mechanism in *Salvia cyclostegia* (Lamiaceae) [J]. *Ann Bot*, **107**:621-628
- Zhang J(张健), Wen ZB(闻志彬), Zhang ML(张明理). 2013. Leaf epidermal micro-morphological characteristics of *Atractylodes* Linn. (Polygonaceae) in China and its taxonomical significance(中国木蓼属植物叶表皮微形态特征及其分类学意义) [J]. *J Plant Res Environ* (植物资源与环境学报), **22**(2):8-17
- Zhang L(张利), Yang ZJ(杨在君), Huang X(黄霞), et al. 2008. Study on the leaf epidermal structural characters of *Salvia miltiorrhiza* and *Salvia* from Sichuan(丹参及四川鼠尾草属植物叶表皮微形态研究) [J]. *J Sichuan Univ:Nat Sci Ed* (四川大学学报·自然科学版), **45**(3):674-680

(上接第 186 页 Continue from page 186)