

# 北疆荒漠几种盐生(耐盐)植物抗逆 附属结构的初步研究

陈玲, 兰海燕\*

(新疆大学 生命科学与技术学院 新疆生物资源与基因工程重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** 利用石蜡切片、扫描电镜、临时装片等方法,对北疆荒漠的3种藜科植物—灰绿藜、费尔干猪毛菜、蒙古猪毛菜和1种菊科植物—花花柴的表皮附属结构进行了显微和超微观察研究。结果表明:(1)对四种植物的解剖结构观察显示,其叶片都含有角质层;气孔器下陷;茎中含有大量的维管束;多数种的细胞中含有簇状晶体结构;(2)四种植物表皮附属结构研究表明:花花柴表皮具有多细胞组成的盐腺和表皮毛结构;灰绿藜表皮有大量囊泡结构;蒙古猪毛菜叶表皮有短硬毛和乳突状结构;费尔干猪毛菜表皮具大量表皮毛,且表皮毛有节。上述结构和特征反映出不同植物对干旱、盐碱土生境适应的多样性,也为旱生和盐生植物的生理学研究提供了新的实验依据。

**关键词:** 盐生植物; 抗逆附属结构; 解剖结构; 超微结构

中图分类号: Q942 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)05-0686-08

## \* Four halophytes (or salt-tolerant species) and their accessory structures of leaf related to adversity tolerance in the desert of northern Xinjiang

CHEN Ling, LAN Hai-Yan\*

(Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering, College of  
Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Paraffin sections, scanning electron microscope and temporary slide methods were employed to study the accessory structure related to adversity tolerance of four halophytes(or salt-tolerant) in the desert of northern Xinjiang, which included *Karelinia capsia*, *Chenopodium glaucum*, *Salsola ikonnikovii* and *S. ferganica*. The results indicated that:(1)the anatomical structure of the leaf and stem revealed;all the leaves were observed with the keratinized cuticle and sunk stomata,and a number of vascular bundles existed in the stems;many of crystals were presented in leaf and stem cells;(2)observation of the accessory structures of different leaves showed that large amount of salt bladders were discovered on epidermis of *C. glaucum*,which was consisted of 1-2 small stalk cell and a large bladder-like cell; there were short and hard trichomes and small papillary structure on the epidermis of *S. ikonnikovii*;there were large number of epidermal trichomes with nodes on the leaf of *S. ferganica*;*K. capsia* had multicellular salt glands with a black cap cell on the top and multicellular trichomes on the epidermis. Above structures and features reflected the diversity of adaptability of different plants to the salinity and drought environments,and which would provide some new

\* 收稿日期: 2012-03-16 修回日期: 2012-06-14

基金项目: 国家科技部“973”计划前期研究专项(2012CB722204); 国家自然科学基金(30660012;31060027); 新疆自治区科技攻关重大专项(200731138-3); 新疆生物资源基因工程重点实验室开放基金(XJDX0201-2007-03, XJDX0201-2009-06, XJDX0201-2011-03)[Supported by the Initial Project of “973” program from the Ministry of Science and Technology of China (2012CB722204); the National Natural Science Foundation of China (30660012;31060027); the Xinjiang Municipal Major Science and Technology Project (200731138-3); the Open Fund of the Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering (XJDX0201-2007-03; XJDX0201-2009-06; XJDX0201-2011-03)]

作者简介: 陈玲(1986-),女(土家族),四川人,在读硕士研究生,主要从事植物分子生物学研究,(E-mail)rsmb1314@163.com。

\* 通讯作者: 兰海燕,博士,教授,博士生导师,主要从事植物分子生物学研究,(E-mail)lanhaiyan@xju.edu.cn。

experimental evidence in physiology aspect for the halophytes and xerophytes.

**Key words:** halophyte; adversity resistance; accessory structure; anatomic structure; ultra-microstructure

新疆地处欧亚大陆腹地,具“三山夹两盆”的地貌特征,除高山寒漠外,荒漠占其面积的一半以上,环境干燥,土壤盐渍化严重。盐碱土壤为高渗环境,它能阻止植物根系吸收外界水分,从而使植物缺水而死亡;同时盐碱土较高的 pH 值使得植物与环境酸碱失衡,进而破坏细胞膜结构,造成细胞内溶物外渗而导致植物死亡。盐生植物在长期进化过程中形成了形态和生理生化等方面的适应机制,能耐受一定程度的盐分胁迫,某些真盐生植物还具备了“从盐碱土中回收盐分”的能力(赵可夫等,1999)。盐生植物长期适应盐渍环境会产生特殊的形态结构特征。叶是植物进行同化作用的主要器官,它暴露于空气中,对生境条件的反应很敏感,因此其结构特征较能体现环境因子的影响或植物对环境的适应(卡特等,1976)。目前已对某些荒漠盐生植物茎叶结构特征开展了相关研究,王玉魁等(2007)报道了 7 种滨藜叶的解剖结构特征及叶的  $C_4$  光合途径;胡云等(2006)对 14 种荒漠植物茎的解剖结构特征进行了观察和对比分析。这些结果显示:荒漠植物通常都具有显著的旱生结构特征。近年来,更多研究者开始重视表皮的形态特征,认为叶表皮细胞及表皮附属结构对适应外界环境有一定价值,如气孔大小、表皮毛、乳突、含晶细胞等(杨赵平,2009)。

藜科(Chenopodiaceae)植物中的许多种是荒漠植被的重要组成部分,且其中富含盐生和旱生植物,如藜属、猪毛菜属植物,其中的灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)(盐生)、费尔干猪毛菜(*Salsola ferganica*)(盐生)、蒙古猪毛菜(*Salsola ikonnikovii*)(耐盐,本实验小组结果,未发表)在亚、非荒漠区有广泛的地理分布;花花柴(*Karelinia capsia*)为菊科多年生盐旱生植物,分布范围较广,对盐生荒漠和盐生沼泽环境有极强的适应力,其中灰绿藜、费尔干猪毛菜及花花柴常常分布于北疆盐渍荒漠同一生境中(刘建国等,1991;刘嫫心等,1985)。目前对上述四种荒漠植物生态解剖学方面已开展了一定的研究工作,但就表皮附属结构的显微和超微结构尚缺乏系统全面的研究。本研究通过石蜡切片、扫描电镜、撕片以及体视显微镜等不同方法,试图多角度补充阐述以上四种荒漠盐生(耐盐)植物叶表皮附属结构的形态特征,为进一步揭示北疆荒漠区盐生(耐盐)植物

对逆境的适应性并开发盐生植物提供解剖学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 种子的采集与实验材料的种植

灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)种子采自北疆呼图壁县种牛场附近盐碱地;费尔干猪毛菜(*Salsola ferganica*)种子采自乌鲁木齐市红雁池水库附近;蒙古猪毛菜(*Salsola ikonnikovii*)种子采自阜康沙漠公园;花花柴(*Karelinia capsia*)种子采自北疆 103 团周围盐碱地。以上种子均于 2009 年 10 月采集。将四种种子均匀撒播至珍珠岩:蛭石(1:3)基质表面,然后覆土 1 cm 左右,每种种子 3 盆各 30 粒,定期浇灌 Hoagland 营养液。待生长至两个月左右进行各种观察。

### 1.2 方法

1.2.1 植株叶片、茎石蜡切片的制作 用 F. A. A. 固定液(50%乙醇+5 mL 甲醛+5 mL 冰乙酸)固定组织,经乙醇系列脱水和二甲苯透明后,浸蜡并包埋,用旋转切片机做横、纵连续切片,番红(70%)—固绿对染或单染,中性胶封片。在 B5 professional series(Motic)光学显微镜下观察并拍照。

1.2.2 扫描电镜样品制作 参考蔡刘体等(2008)和张友玉等(2000)的方法,取四种植物叶片,F. A. A. 固定液在 4 °C 下固定 12 h,然后分别用 50%、60%、70%、80%、90% 梯度乙醇溶液对材料进行脱水处理,每个浓度处理 15 min,最后放入丙酮中。用双面胶粘样品,临界点干燥,样品喷镀,在 LEO1430VP 扫描电镜下对叶片表面进行扫描观察并拍照。

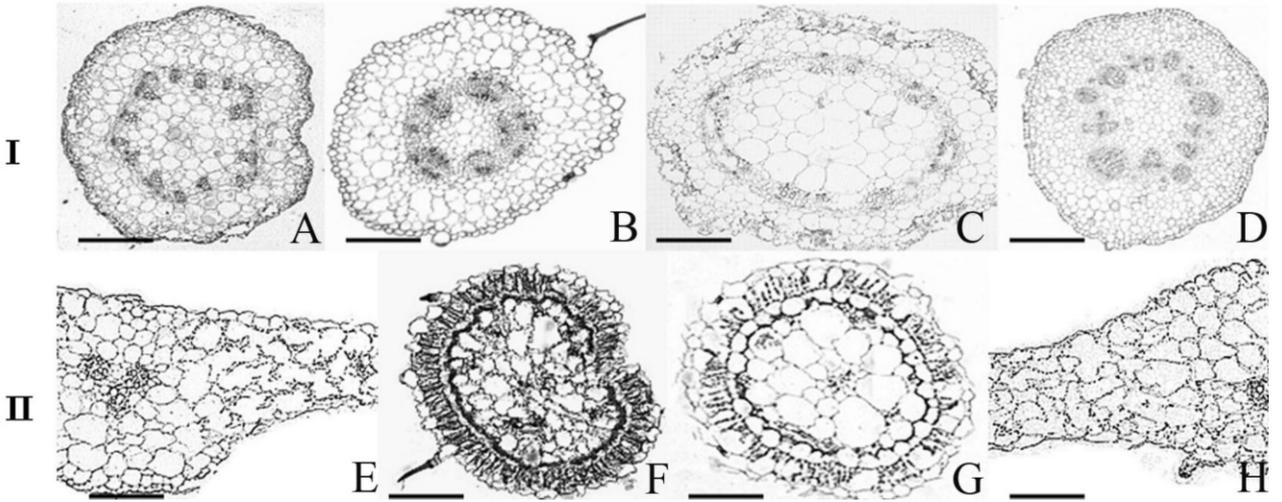
1.2.3 叶片表皮临时装片制作 参考张志(2007)的方法,取四种植物叶片,在 5% NaOH 溶液中浸泡 20 min 后,撕取叶片下表面表皮,置于载玻片上,显微镜 B5 professional series(Motic)下观察并拍照。

1.2.4 体视显微镜观察 用体视显微镜(SMZ800, Nikon, Japan)观察四种植物叶表皮附属结构,并拍照。

## 2 结果与分析

### 2.1 四种植物茎、叶解剖结构特征的观察

对四种植物茎的解剖结构的观察结果显示(图



图版 I 四种植物茎横切面(A-D)和叶横切面(E-H) A,E.灰绿藜; B,F.费尔干猪毛菜; C,G.蒙古猪毛菜; D,H.花花柴。标尺=300 μm。

Plate I Transverse sections of stem(A-D) and leaf(E-H) under light microscope A,E. *Chenopodium glaucum*; B,F. *Salsola ferganica*; C,G. *S. ikonnikovii*; D,H. *Karelinia capsia*. Scale=300 μm.

版 I : A-D; 表 1): 灰绿藜具 1 层排列松散的表皮细胞, 角质层薄, 未观察到表皮毛; 表皮内侧 2~3 层小细胞组成外皮层; 紧随其后的 5~6 层层薄壁细胞含有大量晶体; 木质部导管发达, 茎中央为体积较大细胞紧密排列的髓, 髓部较宽。费尔干猪毛菜具 1 层排列紧密表皮细胞, 角质层薄, 含有大量表皮毛; 表皮内侧 2~5 层薄壁细胞含有少量晶体; 木质部导管发达, 茎中央髓部窄。蒙古猪毛菜具 1 层排列松散表皮细胞, 角质层薄, 有少量表皮毛; 表皮内侧 2~3 层由小细胞和长柱形细胞相间组成外皮层且含大量叶绿体; 紧随其后 5~6 层为圆形细胞排列而成的皮层, 含少量晶体; 木质部导管发达, 茎中央为体积较大细胞紧密排列的髓, 髓部较宽。花花柴具 1~2 层排列整齐表皮细胞, 含少量表皮毛和盐腺; 外皮层细胞由排列松散的圆形细胞组成, 内皮层细胞排列紧密; 导管发达且髓部较宽。

叶片的解剖结构显示四种植物间的差异(图版 I : E-H; 表 2): 灰绿藜和花花柴叶片结构未特化, 呈扁平片状, 上下表面内部叶肉细胞结构中栅栏组织和海绵组织的差异较不明显, 内含叶绿体, 维管组织不发达, 灰绿藜叶上下表皮上分布有很多盐囊泡; 花花柴叶表面具多细胞泌盐腺。费尔干猪毛菜和蒙古猪毛菜叶特化为肉质圆柱状, 表皮下为一圈细长密集排列的栅栏组织细胞, 富含叶绿体, 紧接着一层为环生的维管束鞘细胞。内部为大的薄壁细胞, 具

表 1 四种植物茎解剖结构特征

Table 1 Stem anatomical structure in four species

| 项目<br>Item                                 | 灰绿藜<br><i>C. glaucum</i> | 费尔干猪毛菜<br><i>S. ferganica</i> | 蒙古猪毛菜<br><i>S. ikonnikovii</i> | 花花柴<br><i>K. capsia</i> |
|--|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 表皮毛 Epidermal hair                         | 未观察到                     | 有, 多                          | 有, 少                           | 有, 少                    |
| 角质层 Cutin layer                            | 有                        | 有                             | 有                              | 有                       |
| 表皮细胞<br>Epidermal cell                     | 1 层                      | 1 层, 有气孔                      | 1 层, 有气孔                       | 1~2 层                   |
| 表皮细胞中叶绿体<br>Chloroplasts in epidermal cell | 少                        | 少                             | 少                              | 少                       |
| 晶体 Crystal                                 | 有, 多                     | 有, 少                          | 有, 少                           | 未观察到                    |
| 木质部导管 Xylem vessel                         | 发达                       | 发达                            | 发达                             | 发达                      |
| 髓部宽窄 Pith                                  | 宽                        | 窄                             | 宽                              | 宽                       |

表 2 四种植物叶解剖结构特征

Table 2 Leaf anatomical structure in four species

| 项目<br>Item                    | 灰绿藜<br><i>C. glaucum</i> | 费尔干猪毛菜<br><i>S. ferganica</i> | 蒙古猪毛菜<br><i>S. ikonnikovii</i> | 花花柴<br><i>K. capsia</i> |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 表皮毛 Epidermal hair            | 未观察到                     | 有, 多                          | 有, 少                           | 有, 多                    |
| 角质层 Cutin layer               | 有                        | 有                             | 有                              | 有                       |
| 栅栏组织 Palisade tissue          | 不明显                      | 有                             | 有                              | 不明显                     |
| 晶体 Crystal                    | 有, 多                     | 有, 少                          | 有, 多                           | 未观察到                    |
| 泌盐结构 Salt secretion structure | 囊泡                       | 不详                            | 不详                             | 盐腺                      |

中央大液泡, 可见晶簇分布, 周质中含少量叶绿体, 中央维管束极不发达, 紧挨栅栏组织有一些散在的小的维管组织; 费尔干猪毛菜叶表面有具节长柔毛;

蒙古猪毛菜叶表面具单细胞乳突状结构。

2.2 四种植物叶表皮附属结构的观察

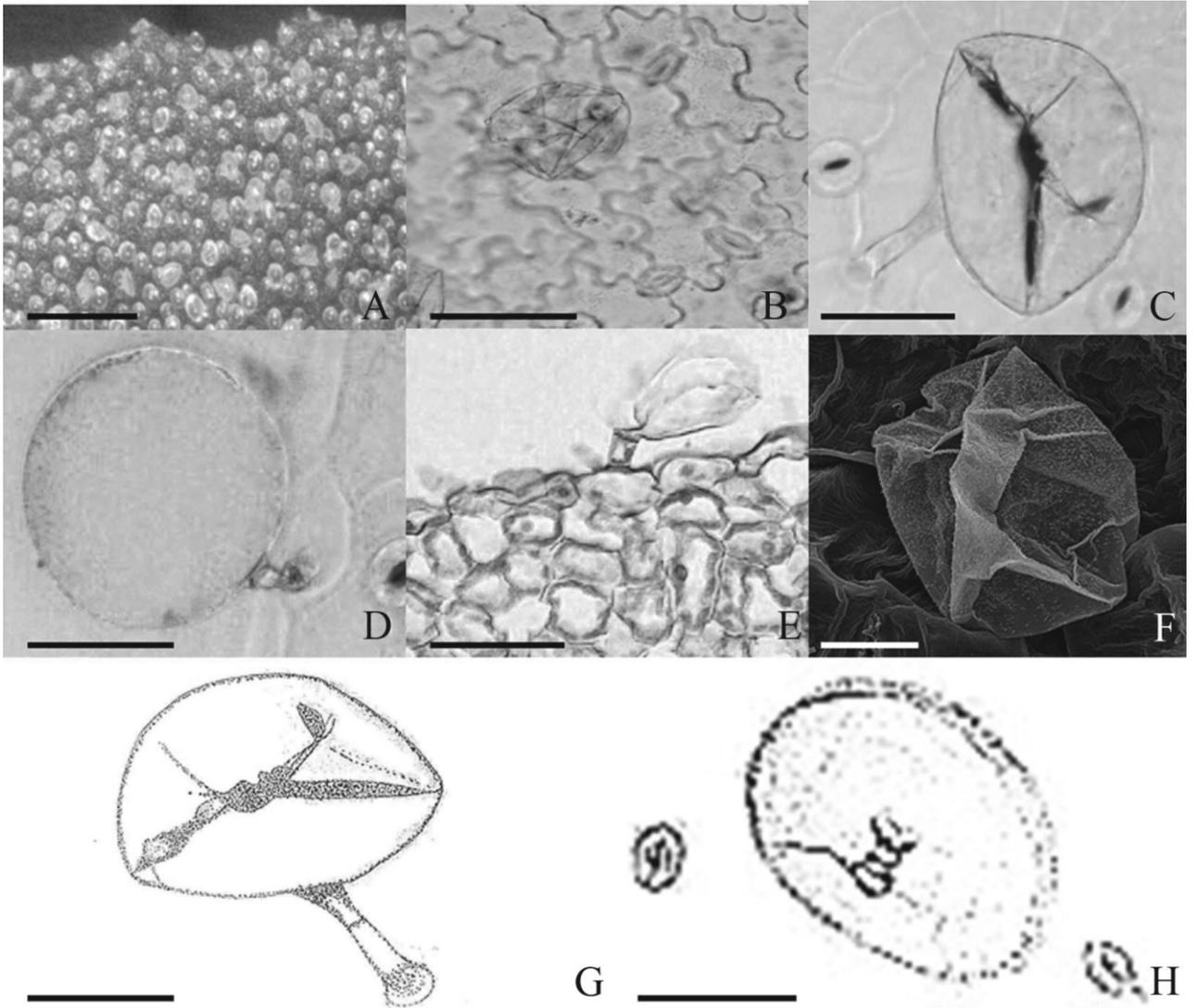
2.2.1 灰绿藜 灰绿藜叶表面含有大量的囊泡(图

版 II :A,B),下表皮的囊泡数多于上表皮。囊泡由 1~2 个小长方形柄细胞和一个囊泡状的大细胞组成,柄细胞质浓且核大(图版 II :C,D)。上表皮下含

表 3 四种植物表皮附属结构

Table 3 Plant epidermis accessory structure of four species

| 种名 Species name             | 表皮毛 Epidermal hair |               | 盐腺 Salt gland |                 | 泌盐方式 Salt secretion way |
|-----------------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|-------------------------|
|                             | 数量 Number          | 类型 Type       | 数量 Number     | 类型 Type         |                         |
| 灰绿藜 <i>C. glaucum</i>       | —                  | 未观察到          | 多             | 一个泡状细胞,1~2 个柄细胞 | 盐囊泡破裂                   |
| 费尔干猪毛菜 <i>S. ferganica</i>  | 多                  | 基部膨大,有节       | —             | 未观察到            | 不详                      |
| 蒙古猪毛菜 <i>S. ikonnikovii</i> | 少多                 | 短状单细胞硬毛乳突状单细胞 | —             | 未观察到            | 不详                      |
| 花花柴 <i>K. capsia</i>        | 多                  | 多细胞           | 多             | 帽细胞,多细胞的基细胞     | 帽细胞顶端析出                 |



图版 II 灰绿藜叶解剖结构 A,B.叶表皮体视显微镜观察;C,D.叶表皮盐囊泡临时装片;E.叶横切面,标尺=200 μm;F.叶片扫描电镜,标尺=20 μm;G,H.盐囊泡手绘图。A,B,C,D,G,H.标尺=100 μm。

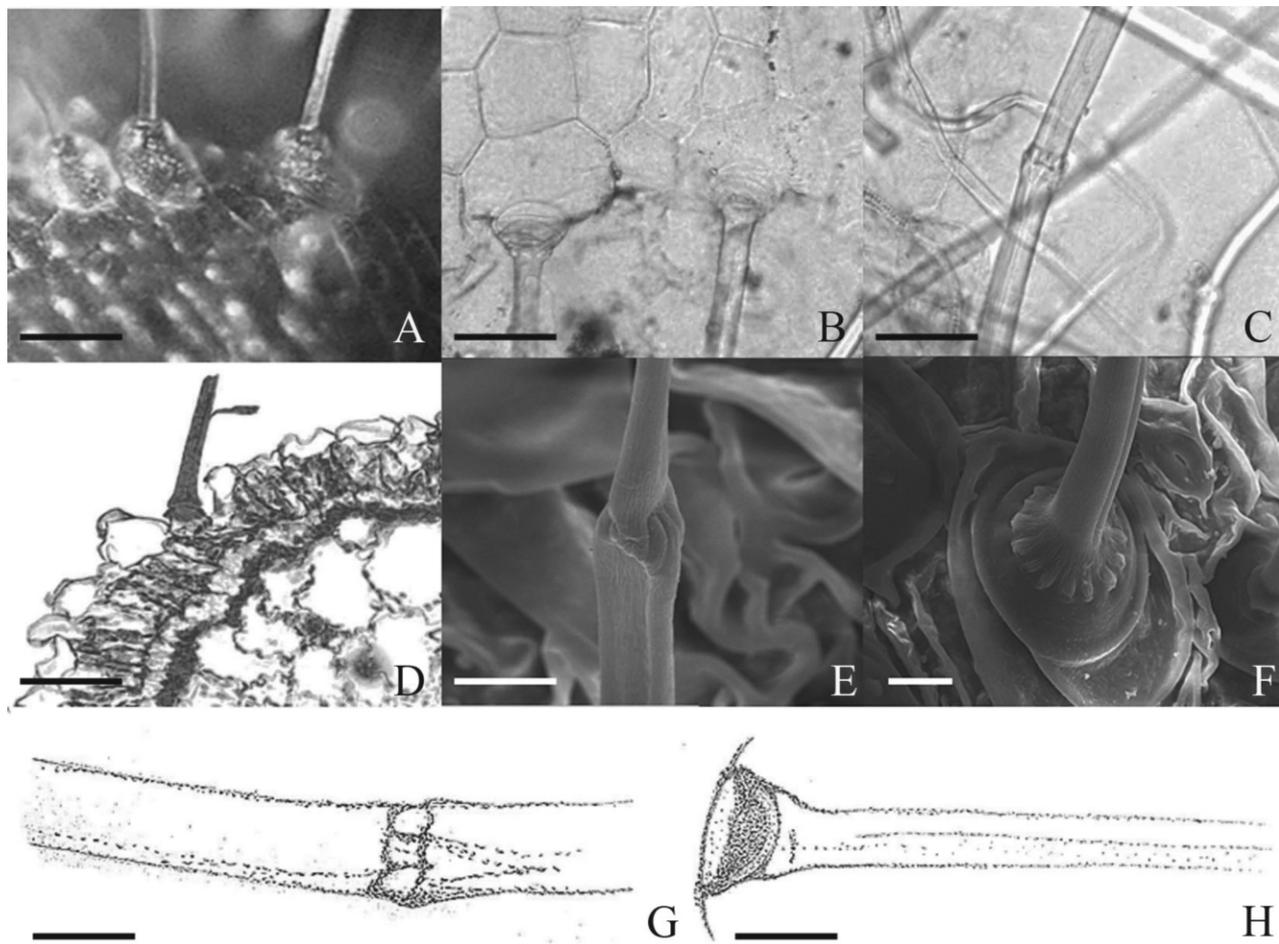
Plate II Anatomic structure of *C. glaucum* leaf A,B. Epidermis morphology of leaf under stereoscopic microscope; C,D. Temporary slide of the leaf of salt bladder; E. Transverse sections of leaf, scale=200 μm; F. SEM of leaf epidermis, scale=20 μm; G,H. Draft of salt bladder. A,B,C,D,G,H. scale=100 μm.

有栅栏组织,叶细胞中含有簇状晶体,晶体细胞分布不规则(图版Ⅱ:E)。

2.2.2 费尔干猪毛菜 费尔干猪毛菜叶表皮密被长柔毛,表皮毛基底由圆柱状细胞与表皮球形乳突状基细胞相连且基部呈放射状规则凸起(图版Ⅲ:A, B, D, F),表皮毛有节,在上部弯曲(图版Ⅲ:C, E)。气孔分布较规则,叶片为肉质化棒状,表皮细胞排列

不规则(图版Ⅲ:D)。

2.2.3 蒙古猪毛菜 蒙古猪毛菜的叶片特化为肉质棒状,叶表面在体视显微镜下可以看到晶亮、透明的突起,叶表皮有少量短硬表皮毛(图版Ⅳ:A, D),以及单细胞乳突状结构(图版Ⅳ:B, C, E)。表皮由规则的长形细胞组成,气孔分布于两细胞的交界处,排列较整齐。



图版Ⅲ 费尔干猪毛菜叶解剖结构 A. 叶表皮体视显微镜观察; B. 叶表皮临时装片,表皮毛基部; C. 叶表皮毛节部临时装片; D. 叶横切面,标尺=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. 叶片表皮毛基部和节部扫描电镜,标尺=10  $\mu\text{m}$ ; G, H. 表皮毛手绘图。A, B, C, G, H. 标尺=100  $\mu\text{m}$ 。

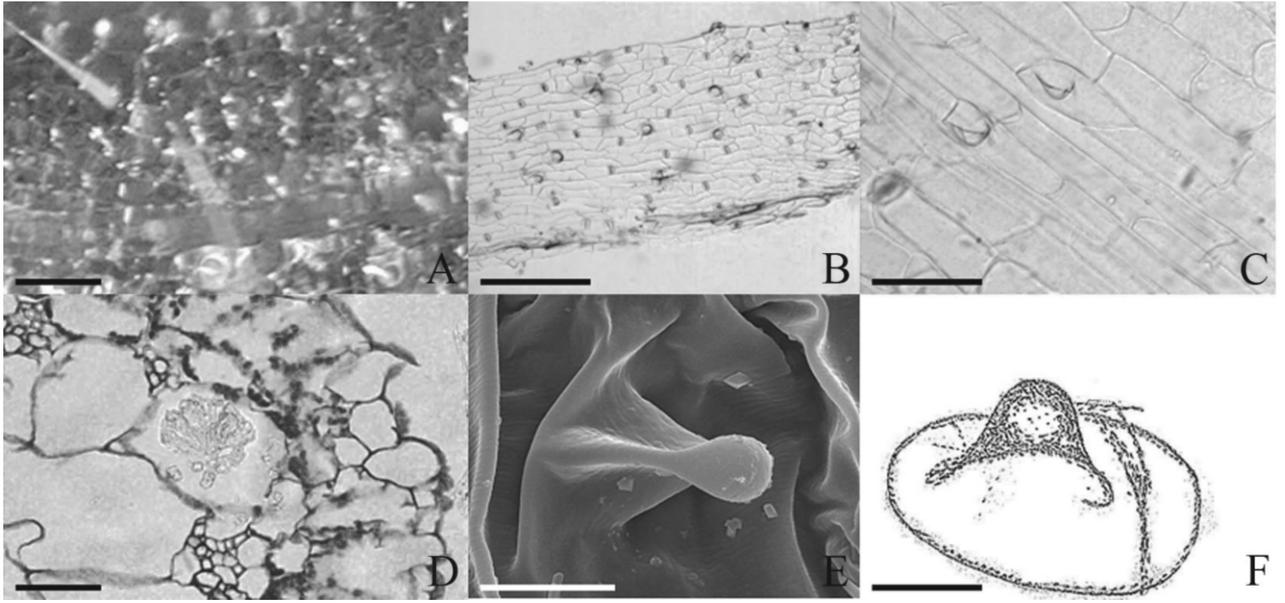
Plate III Anatomic structure of *S. ferganica* leaf A. Epidermis morphology of leaf under stereoscopic microscope; B. Temporary slide of the leaf epidermal hair, showing the base of the trichome; C. Temporary slide of the leaf epidermal hair, showing the node of the epidermal hair; D. Transverse sections of leaf, scale=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. SEM of leaf epidermis, showing the base and node of the epidermal hair, scale=10  $\mu\text{m}$ ; G, H. Draft of the epidermal hair. A, B, C, G, H. scale=100  $\mu\text{m}$ .

2.2.4 花花柴 通过体视显微镜观察花花柴叶表面有大量具帽状结构的盐腺存在(图版Ⅴ:A),盐腺顶端有孔(图版Ⅴ:F),帽状结构在活体上呈黑色,显示其含大量折光性强的内容物,由多细胞组成的规则的柱状基细胞中含有丰富的叶绿体(图版Ⅴ:B, D)。除盐腺外,花花柴叶表面还分布有表皮毛(图版Ⅴ:E),也由多细胞组成(图版Ⅴ:C)。从临时装

片可以清晰观察到,叶表皮由不规则细胞组成,细胞排列紧密(图版Ⅴ:B)。

### 3 结论与讨论

根据盐生植物的形态结构、生理功能和生态特征,可将其分为真盐生植物(euhalophytes)(又称稀



图版 IV 蒙古猪毛菜叶解剖结构 A. 叶表皮体视显微镜观察; B. 叶表皮临时装片, 整体; C. 叶表皮临时装片, 局部, 显示乳头状突起, 标尺=100  $\mu\text{m}$ ; D. 叶横切面; E. 叶表面扫描电镜图, 显示乳头状突起; F. 乳头状突起手绘图。A, B, D. 标尺=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. 标尺=10  $\mu\text{m}$ 。

Plate IV Anatomic structure of *S. ikonnikovii* leaf A. Epidermis morphology of leaf under stereoscopic microscope; B. Temporary slide of the leaf epidermis; C. Temporary slide of the leaf, showing the papilla cell, scale=100  $\mu\text{m}$ ; D. Transverse section of leaf; E. SEM of the papilla cell of leaf epidermis; F. Draft of the papilla cell. A, B, D. scale=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. scale=10  $\mu\text{m}$ 。

盐盐生植物)、假盐生植物 (psuedohalophytes) (又称拒盐盐生植物) 和泌盐生植物 (crinohalophytes) 3 种类型 (滕红梅等, 2009)。真盐生植物通过肉质化叶吸收大量水分, 使体内盐分得以稀释, 并通过离子区隔化将过多盐分限于老叶及液泡中; 泌盐盐生植物通过茎叶表面的附属结构 (盐腺或盐囊泡等) 将大量盐分排出体外来逃避盐胁迫; 假盐生植物根系有特殊的运输结构, 在盐渍环境中通过减少对盐分的吸收或者限制盐分向上运输, 将盐分控制在根或茎中从而减少盐分对植株的伤害 (郝金标等, 2006)。其中泌盐盐生植物借助盐腺等附属结构来减轻盐离子毒害。本研究对四种荒漠盐生(耐盐)植物的解剖结构和叶表皮附属结构的观察揭示出各异的抗逆结构特征。

### 3.1 四种植物茎、叶解剖结构具旱生植物特征

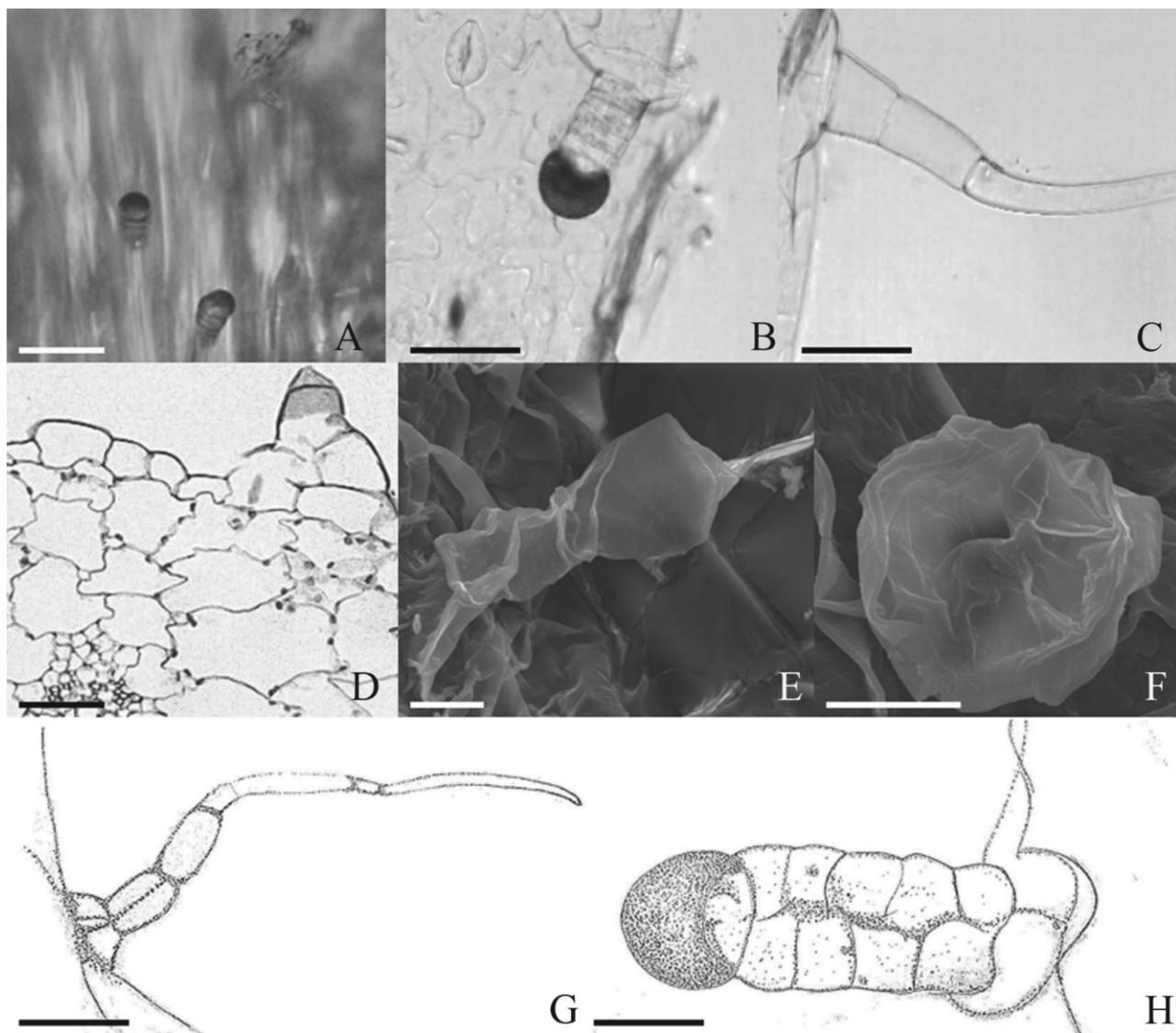
植物器官的形态结构与其生理功能及生长环境高度适应。长期生活在盐碱环境中的植物, 同时受到盐分和干旱的胁迫, 因此在结构上表现出相应的特征。四种植物茎的解剖结构各具特点, 基本结构一致, 均由表皮、皮层、维管柱三部分构成。茎的表皮均由 1~2 层细胞构成, 均具角质层, 这一特征是旱生植物对干旱环境适应的表现之一。茎的疏导组织发达, 从而增加了植物运输水分和储存营养物质

的能力, 以适应干旱环境条件 (崔大练等, 2011)。在一些植物细胞的液泡内常含有或多或少的晶体 (张忠辉等, 2011)。如本研究中的灰绿藜、费尔干猪毛菜、蒙古猪毛菜, 这些含晶细胞的存在是植物降低有害物质浓度的积极适应方式, 它能够改变细胞的渗透压, 提高吸水性和持水力 (胡云等, 2006)。

费尔干猪毛菜和蒙古猪毛菜叶片肉质化, 含有较大的液泡, 表现出较强的抗旱特性。较大的薄壁细胞, 提高了植物的储水体积, 从而使植物的储水能力增强, 有利于植物避免因盐害导致的生理干旱, 这 2 种植物叶片均具有表皮毛, 表皮毛上具有很多折光性强的斑点, 反光性良好, 从而降低了植物灼伤程度, 起到保护作用 (张忠辉等, 2011)。费尔干猪毛菜和蒙古猪毛菜叶肉细胞呈栅栏状, 栅栏组织细胞排列紧密, 可以防止水分过分的蒸发, 从而更好的适应干旱环境 (陈钟佃等, 2009)。

### 3.2 四种植物具有不同的表皮附属结构特征

表皮附属结构的存在是植物对环境胁迫长期适应的结果, 可以减少水分的蒸腾 (表皮毛)、帮助盐分排出 (盐腺) 等。本研究观察到灰绿藜叶上下表皮含有大量的由 1~2 个小长方形柄细胞和一个囊泡状大细胞组成的盐囊泡, 体内过多的盐分可能通过柄细胞从叶肉细胞运至大型囊状细胞中 (郝金标等,



图版 V 花柴叶解剖结构 A. 叶表皮体视显微镜观察; B, C. 叶表皮临时装片, 示盐腺和表皮毛; D. 叶横切面, 标尺=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. 叶片扫描电镜, 标尺=10  $\mu\text{m}$ ; G. 表皮毛手绘图; H. 盐腺手绘图, 标尺=50  $\mu\text{m}$ 。A, B, C, G. 标尺=100  $\mu\text{m}$ 。

Plate V Anatomic structure of *K. capsia* leaf A. Epidermis morphology of leaf under stereoscopic microscope; B, C. Temporary slide of the leaf, showing salt gland and epidermal hair; D. Transverse sections of leaf, scale=200  $\mu\text{m}$ ; E, F. SEM of leaf epidermis, scale=10  $\mu\text{m}$ ; G. Draft of the epidermal hair; H. Draft of salt gland, scale=50  $\mu\text{m}$ . A, B, C, G. scale=100  $\mu\text{m}$ .

2006)。我们在观察中发现,盐囊泡在叶下表面的数量显著高于上表面,但随着盐胁迫的增强其数量变化并不明显(数据未显示)。通常盐囊泡是藜科一些属中特有的结构,如滨藜属的所有种类,藜属的多数种类以及猪毛菜属的部分种类(赵可夫等,1993),其作用是将植物体内的盐分储存在泡状细胞的大液泡中,积累到一定数量后,泡状细胞破裂,从而将盐分排出,且积盐过程为主动行为(Fahn,1990;Smaoui等,2011;周桂玲等,1995;周三等,2001)。滕红梅等(2009)的研究认为:灰绿藜表皮上的盐腺由一个较

大的基细胞(收集细胞)和一个圆顶状帽细胞(分泌细胞)构成,周围有波状角质层帽,角质层帽有一些泌盐孔这与我们观察的盐囊泡结构有一定差异。

猪毛菜属植物通常被归为稀盐盐生植物,通过其肉质化棒状叶结构稀释过多盐分,这无疑是对盐生环境的适应结果(郝金标等,2006;赵可夫,1993)。我们对2种荒漠常见猪毛菜解剖结构的观察发现,两者均为肉质化棒状叶,但表皮附属结构却有较大差异。费尔干猪毛菜表皮密被具节长柔毛,在幼苗期几乎将整个叶包裹,成株期大部分脱落,这无疑对

幼苗期起到防止水分蒸发的作用,这些结构可能与其极端盐渍及干旱的生境相适应(周玲玲等,2002)。蒙古猪毛菜叶表面无肉眼可见的表皮毛等附属结构,但在显微镜下可观察到单细胞乳突状结构及少量短硬表皮毛,这些结构的功能目前还不清楚,但与费尔干猪毛菜的生境相比,蒙古猪毛菜主要分布在靠近沙丘的并有较好矮小植被的生境中(刘嫫心等,1985)。

花花柴被归为拒盐盐生植物类型,而绝大多数盐生植物具有多种盐分适应方式(郗金标等,2006)。本研究发现,花花柴叶表皮具有多细胞的盐腺结构及多细胞表皮毛存在。在盐生荒漠中具有这些附属结构是保证其正常成活的必要形态特征(章英才等,2003)。在体视显微镜中我们还观察到花花柴盐腺最上端有像帽子一样的黑色帽细胞,有的已经脱落,我们在扫描电镜中观察到帽子顶端有泌盐孔。本研究所观察到的盐腺结构与贾磊等(2004)呈腺毛状,上有一个柄细胞,最先端是三个组成品字形的分泌细胞结构有所不同。

综上所述,表皮附属结构的形成与改变是一个长期的进化过程。新疆荒漠四种盐生(耐盐)植物在适应盐生或干旱环境的过程中逐步完善和特化形成了叶片结构特征的共同性及个体的多样性,分别通过表皮毛、盐腺、囊泡等不同的表皮附属结构最终均达到了适应盐旱生环境的目的。本研究的结果无疑为后期更进一步研究耐盐机理及利用盐生植物改良盐碱地提供了参考依据。

## 参考文献:

刘嫫心,杨喜林,姚育英,等. 1985. 中国沙漠植物志[M]. 北京:科学出版社:362

赵可夫,范海. 1993. 盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M]. 北京:中国科学技术出版社:22-24

赵可夫,李法曾. 1999. 中国盐生植物[M]. 北京:科学出版社:111

郗金标,张福锁,田长彦. 2006. 新疆盐生植物[M]. 北京:科学出版社:20

Fahn A(著),吴树明,等(译). 1990. 植物解剖学[M]. 天津:南开大学出版社

Cai LT(蔡刘体),Jiang GH(蒋光华),Zheng SQ(郑少清),*et al.* 2008. Observation of glandular hairs morphology on tobacco leaves by scanning electron microscopy(烟草叶片表面腺毛形态的扫描电镜观察)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通),**24**(8):110-113

Chen ZD(陈钟佃),Zhang LM(张丽梅),Huang XS(黄秀声),*et al.* 2009. Relationship between the natomic structure on leaf and stem of hybrid pennisetum and its main biological characters(杂交狼尾草茎叶解剖结构及其与主要生物学特性的联系)[J]. *Chin J Grassl*(中国草地学报),**31**(6):39-43

Cui DL(崔大练),Ma YX(马玉心),Wang J(王俊). 2011. Changes on the anatomical characteristics of *Amorpha fruticosa* leaves under different drought stress gradient(干旱胁迫下紫穗槐叶片解剖特征的变化)[J]. *Guihaia*(广西植物),**31**(3):332-337

Hu Y(胡云),Yan L(燕玲),Li H(李红). 2006. Studies on the anatomical characteristics of the stems of 14 desert plants(14种荒漠植物茎的解剖结构特征分析)[J]. *J Arid Res Environ*(干旱资源与环境),**20**(1):202-208

Liu JG(刘建国). 1991. Systematic notes and distribution of the senus *Salsola* L.(猪毛菜属的系统与地理分布)[J]. *Bull Bot Res*,**11**(1):101-107

Smaoui A,Barhoumi Z,Rabhi M,*et al.* 2011. Localization of potential ion transport pathways in vesicular trichome cells of *Atriplex halimus* L. [J]. *Protoplasma*,**248**(2):363-372

Teng HG(滕红梅),Su XR(苏仙绒),Cui DY(崔东亚),*et al.* 2009. The comparative anatomy on leaves of 4 halophytes of Chenopodiaceae in salt lake of Yuncheng(运城盐湖4种藜科盐生植物叶的比较解剖研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学学报),**27**(3):250-255

Wang YK(王玉魁),Yan YX(闫艳霞),Ci LJ(慈龙骏),*et al.* 2007. Anatomical structure and  $C_4$  photosynthetic characteristics of seven *Atriplex* specie(7种滨藜的解剖结构及 $C_4$ 光合特征)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学),**43**(1):72-76

Yang ZP(杨赵平),Du F(杜凡),Peng Y(彭芸),*et al.* 2009. Comparative anatomy of leave of genus *Drepanostachyum* and *Ampelocalamus*(镰序竹属与悬竹属叶的比较解剖)[J]. *Guihaia*(广西植物),**29**(3):304-308

Zhang Z(张志). 2007. In making onion flake leaf cells temporary improvement of several methods or sheet(对制作洋葱鳞片叶表皮细胞临时装片的几点改进)[J]. *Biol Teach*(生物学教学),**32**(7):52

Zhang YY(张友玉),Chen LB(陈良碧). 2000. Observation of the structure of tobacco leaf tissue with SEM(烟草叶片组织结构的扫描电镜观察方法)[J]. *J Chin Elect Micr Soc*(电子显微学报),**19**(2):154-157

Zhang YC(章英才),Yan TZ(闫天珍). 2003. Study on relationship between anatomical structure of leaves of *Karelinia capsia* (PALL)less and ecological environment(花花柴叶片解剖结构与生态环境关系的研究)[J]. *J Ningxia Agric Coll*(宁夏农学院),**24**(1):31-33

Zhang ZH(张忠辉),Lin SJ(林士杰),Lv ZM(吕忠明). 2011. Research progress on alkaline-salt tolerance of tree species(树木耐盐碱性研究进展)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报),**27**(28):9-14

Zhou GL(周桂玲),Dilxat AZ(迪利夏提). 1995. Study on the micromorphology of leaf epidermis and the comparative anatomy of leaf of *Atriplex* in Xinjiang(新疆滨藜属植物叶表皮微形态学及叶的比较解剖学研究)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究),**12**(3):34-37

Zhou LL(周玲玲),Feng YZ(冯元忠),Wu L(吴玲),*et al.* 2002. Anatomical studies on six halophytes in Xinjiang(新疆六种盐生植物的解剖学研究)[J]. *J Shihezi Univ:Nat Sci Edit*(石河子大学学报·自然科学版),**6**(3):216-221

Zhou S(周三),Han JL(韩军丽),Zhao KF(赵可夫). 2001. Advance of study on recretohalophytes(泌盐盐生植物研究进展)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报),**7**(5):496-501