

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.02.023

沈广爽,石雪芹,古松,等. 九种海滨沙生植物解剖构造及其生态适应性研究[J]. 广西植物,2014,34(2):263—268

Shen GS, Shi XQ, Gu S, et al. Anatomical structures and ecological adaptability research of nine species of psammophytes on beach[J]. *Guihaia*, 2014, 34(2):263—268

九种海滨沙生植物解剖构造及其生态适应性研究

沈广爽, 石雪芹, 古松, 许珂, 程小东, 陈旭辉, 江莎*

(南开大学, 天津 300071)

摘要: 利用常规石蜡制片法,对生长于北戴河海滨沙地的9种沙生植物的营养器官的形态结构进行比较观察。结果表明:(1)叶结构出现各种旱生和盐生植物特征,如一些植物叶的栅栏组织发达,海绵组织退化;多数植物的叶片较小;多数植物支脉和侧脉多等;(2)轴器官具有发达的表皮和机械组织,有异常结构的出现。说明北戴河海滨沙滩生长的9种植物的营养器官存在一系列的旱生结构特征,这些结构在减少蒸腾作用,增强光合作用,储存水分,增强器官的机械强度方面具有积极的作用。

关键词: 北戴河; 沙生植物; 形态结构; 营养器官

中图分类号: Q944.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)02-0263-06

Anatomical structures and ecological adaptability research of nine species of psammophytes on beach

SHEN Guang-Shuang, SHI Xue-Qin, GU Song, XU Ke,
CHEN Xiao-Dong, CHEN Xu-Hui, JIANG Sha*

(Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: The morphology and anatomy of vegetative organs of psammophytes of 9 species on Beidaihe beach was studied using traditional paraffin section. The results were as follows: (1) The leaves showed the features of xerophil, for instance, palisade tissues were very developed, while their spongy tissues degenerated in some plants; The leaves of the most plants showed very small and has more ramificate vein; (2) The axial organs had more developed epidermis and strong mechanical tissue, and abnormal structures appeared. These results suggested that vegetative organs of psammophytes on Beidaihe beach showed a series of xeric structures. These features of structure had a positive effect on reducing transpiration, boosting up photosynthesis, saving up water, enhancing strength of organs.

Key words: Beidaihe; psammophytes; morphology and anatomy; vegetative organs

关于沙生植物营养器官形态结构研究颇多(赵翠仙等,1981)。旱生和超旱生植物形态结构和水分生理特征也有很多报道(崔大练等,2011;朱栗琼等,2007)。到目前为止,研究沙生植物解剖结构特征、水分平衡特征和光合作用特征方面已形成了一个较完整的体系,如在解剖结构的研究中发现沙生植物

具有两个共同的特征,即表面积/体积比值小,栅栏组织/海绵组织比值大而区别于中生植物;少浆液沙生植物以叶面积缩小,根系发达,原生质渗透压高,含水量极少,气孔小而数目多,大量表皮毛和发达的输导组织为共同特征;多浆液沙生植物以发达的贮水组织,厚角质层,气孔大而数目少,多数种类叶片

收稿日期: 2013-05-14 修回日期: 2013-08-01

基金项目: 天津市自然科学基金(07JCYBJC12400,07JCYBJC12500);国家重点基础研究发展计划项目(2007CB106802);国家林业局“948”项目(2006-4-02);国家基础学科人才培养基金(J1103503)。

作者简介: 沈广爽(1982-),男,黑龙江兰西人,硕士,实验师,从事植物生物学研究,(E-mail)shenguangshuang@nankai.edu.cn。

*通讯作者: 江莎,博士,副教授,主要从事结构植物学研究,(E-mail)jiangsha@nankai.edu.cn。

表 1 叶解剖结构
Table 1 Anatomical structure of leaf

种名 Species	叶型 Character of leaf	表皮细胞 Epidemic cells	气孔 Stoma	皮层 Cortex	维管束 Vascular bundle	晶细胞 Lithocyst
刺沙蓬 <i>Salsola ruthenica</i>	叶呈披针形,环栅型	一层,扁平角质加厚	未观察到	栅栏组织一层,排列紧密	多个小维管束环状分布储水组织中	分布髓中
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	等面叶,全栅型	上下各一层表皮细胞,角质加厚	下表皮分布较多,有孔下室	上下各三层栅栏组织,有厚角组织	支脉数较多,中脉与叶片等厚,维管束所占中脉面积大,有维管束鞘,侧脉数量多,有维管束鞘	分布在皮层中
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	肉质叶,环栅型	表皮细胞一层,角质加厚,排列紧密	偶见气孔,有孔下室	两层栅栏组织,排列紧密,无海绵组织	中脉维管束极度不发达,细小,周围环绕丰富储水组织	未观察到
蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>	异面叶,叶薄	上下各一层表皮细胞,角质加厚,排列紧密	气孔下陷,有孔下室	栅栏组织两层,细胞较短;海绵组织细胞较小,排列疏松	中脉发达,含三条维管束,中间较大两侧较小,侧脉数量多有维管束鞘	未观察到
肾叶打碗花 <i>Calystegia soldanella</i>	等面型,全栅型	上下各一层表皮细胞,角质加厚,排列紧密	气孔下陷,有孔下室	上下各两至三层栅栏组织,无海绵组织	中脉面积小,维管束不发达,韧皮部纤维明显,侧脉分布较多,有维管束鞘	未观察到
萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	异面叶	上下各一层表皮细胞,角质加厚,排列紧密	未观察到	栅栏组织两层,海绵组织细胞较小,排列疏松	中脉含两条维管束,大小不相等,薄壁组织发达,分布有厚角组织,侧脉有维管束鞘	未观察到
砂引草 <i>Messerschmidia sibirica</i>	等面叶,全栅型	上下各一层表皮细胞,角质加厚,排列紧密	有孔下室	栅栏组织发达,上下各三层,海绵组织极度退化	中脉不发达,侧脉分布在上下栅栏组织层之间,包被有维管束鞘	未观察到
罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>	异面型	上下各一层表皮细胞,角质加厚,排列紧密,上表皮后于下表皮	未观察到	栅栏组织两层,海绵组织层薄,排列较紧密	中脉远厚于叶片,维管束呈弧形分布,侧脉较多,有维管束鞘包被	未观察到
怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>	叶片与营养枝愈合形成抱茎叶,异面叶	表皮细胞一层,大小不等	气孔下陷,有气孔室	叶肉组织称破坏状。叶片近轴面为栅栏组织,海绵组织位于叶片的远轴面排列疏松	维管束较小	未观察到

退化而由绿色茎代行光合作用为共同特征(黄振英等,1995,1997)。这些研究大都阐述了在沙漠这种极端的环境下(年降水量 150 mm),沙生植物的形态结构为适应沙漠环境发生相应变化。但是,关于有关海滨地区生长植物的形态结构的研究鲜有报道。本研究对北戴河海滨地区生长的 9 种植物的形态解剖进行了观察比较,并对其生态适应性进行分析。将为更好的研究,开发和利用海滨沙生植物提供解剖学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

植物实验材料采自生长在北戴河鸽子窝海滨沙滩周围。2003 年 7 月中旬,选取生长正常植株的根、茎、叶,FAA 固定液固定,带回实验室,进行解剖学观察。本研究的植物种类有一年生草本[刺沙蓬(*Salsolaruthenica*)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)、碱蓬(*Suaedaglauca*)],标本编号分别为 003、004、005];多年生草本[蒙山莴苣(*Lactucatarari-*

ca)、肾叶打碗花(*Calystegiasoldanell*)、萝藦(*Metaplexisjaponica*)、砂引草(*Messerschmidiasibirica*)、罗布麻(*Apocynumvenetum*)、怪柳(*Tamarixchinensi*),标本编号分别为 006、008、009、010、011、012]。标本采集人:许珂、陈旭辉,鉴定人江莎、石福臣。所采植物凭证标本均存放于南开大学生命科学学院植物标本室。

1.2 方法

实验材料经 FAA 固定,酒精系列脱水,常规石蜡切片法制片(李正理,1987),番红固绿双重染色或双重染色技术稍加改进(徐青,1999)。切片厚度为 8~12 μm ,中性胶封片,Olympus BH-2 型普通光学显微镜观察照相。坚硬材料须经甘油-乙醇软化剂软化后进行石蜡切片的制作。

2 结果与分析

叶是与外界接触表面最大的器官,又是最幼嫩的器官,同时,叶又是对环境反映最敏感的器官,与其他器官相比受环境影响最大,最能反映植物对生

表 2 茎解剖构造
Table 2 Anatomical structure of stem

种名 Species	表皮细胞 Epidemic cells	皮层细胞 Cortex cells	维管束 Vascular bundle	导管 Vessel	髓 Myelocyte	晶细胞 Lithocyst
刺沙蓬 <i>Salsola ruthenica</i>	一层, 排列紧密, 角质加厚	凸部加厚, 凹部特化两层细胞, 分别为栅栏组织和异细胞	环状分布初生木质部和韧皮部分化明显	圆形或不规则, 口径大, 径向排列	面积较大	皮层和髓部有分布
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	一层, 角质加厚, 排列紧密	分布较多厚角组织, 在凹部特化, 细胞小而细胞壁厚	维管束环状分布, 初生韧皮部及初生木质部分化明显, 外韧; 韧皮纤维组织成束分布在初生韧皮部外围	圆形	面积较大, 细胞大	皮层及髓部分布较多
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	一层, 较厚, 排列紧密。	表皮下有一层排列不紧密, 细胞较少的石细胞, 皮层细胞大小不一致	维管束不发达, 环状分布	细胞圆形或不规则形, 口径较大, 径向排列	髓部薄壁细胞大	未观察到
蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>	两层, 角质加厚, 排列紧密	皮层薄, 一层大的皮层细胞包围环状排列	外韧维管束靠近内皮层, 初生韧皮部和初生木质部分化明显, 韧皮部有纤维组织分布	细胞圆形或不规则, 口径较大径向排列	髓面积较大, 约占半径的 3/5	未观察到
肾叶打碗花 <i>Calystegia soldanella</i>	一层, 较长, 角质加厚, 排列紧密	表皮下 1~2 层厚角组织细胞, 皮层细胞较大	维管束围绕髓部环状排列	导管细胞圆形或不规则形, 口径较大	髓部所占面积较大	未观察到
萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	一层, 细胞小, 排列紧密, 角质加厚	皮层薄	次生韧皮部和次生木质部成环状排列, 大量纤维组织成束环状分布于韧皮部周围	导管细胞形状不规则, 口径较大, 径向排列, 数量多	髓部所占面积较大	未观察到
砂引草 <i>Messerschmidia sibirica</i>	一层, 加厚, 排列紧密	皮层细胞较大	维管束环状分布	导管圆形或不规则形, 口径较大, 径向排列	髓部所占面积较大	皮层及髓部有分布
罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>	一层, 因次生长以破坏	皮层薄, 最外层细胞有加厚现象, 分布较多粘液细胞	次生韧皮部分化不明显, 次生木质成环状	导管细胞圆形或不规则形, 口径较大, 径向排列	髓所占面积较大	未观察到
柽柳 <i>Tamarix chinensis</i>	一层, 较大, 角质加厚	皮层厚, 细胞大	维管束环状分布在中央	导管细胞不明显	髓部不明显	未观察到

态环境适应的特点。本研究对北戴河海滨地区生长的 9 种植物的形态解剖进行了观察比较, 结果见表 1、表 2 和表 3。

2.1 叶器官显微构造 (表 1)

(1) 表皮结构出现各种旱生特征。一些植物如柽柳、灰绿藜、砂引草、肾叶打碗花、碱蓬、蒙山莴苣的表皮上形成下陷气孔, 具有较大的孔下室。较大的孔下室, 可造成较湿的小环境, 从而抑制叶的水分蒸腾。孔下室的存在, 首先在减少光线辐射和水分散失方面有积极的作用; 其次部分植物如萝藦叶片表皮细胞肥大, 肥大的表皮细胞可能有贮水作用; 此外某些植物如刺沙蓬、灰绿藜、碱蓬的叶片中有较发达的储水组织, 有利于适应干旱环境, 减少蒸腾作用。

(2) 一些植物栅栏组织发达, 海绵组织退化。如刺沙蓬、柽柳、碱蓬、肾叶打碗花、灰绿藜、砂引草, 是典型的旱生结构。栅栏组织的输水效率比海绵组织的高, 这些植物叶片中的栅栏组织可增加水分从维管束到表皮间的运输面积。一些植物如肾叶打碗花、砂引草、灰绿藜的叶形成双栅型, 这一特征能抵御强烈日光的照射, 因为叶肉细胞垂直于上、下表皮方向排列, 与光线照射方向平行, 植物利用衍射光部

分, 能防止强光对叶肉的灼伤, 也能增强光合效率。

(3) 多数植物支脉和侧脉多, 可能的作用有两个, 一是增加了水分的运输效率, 二是支脉和侧脉一般由维管束和厚壁细胞组成, 并包被维管束鞘, 增加了叶片的机械强度。

(4) 多数植物的叶片较小, 叶片表面积较小是旱生植物的一大特点。进一步发现, 以上植物的叶片表面积与体积之比较小, 这能大大提高光合效能, 是植物适应干旱, 维持正常生理功能的物质基础。

2.2 轴器官显微构造 (表 2, 表 3)

(1) 表皮发达。除木本植物柽柳根有周皮以外, 其它植物的根和茎都没有观察到周皮。但是许多植物轴器官的表皮都有不同程度的加厚或加大。加厚和加大的表皮细胞有助于防止水分的散失。

(2) 发达的机械组织。一些植物如灰绿藜、碱蓬、肾叶打碗花茎的表皮下有石细胞分布, 数量较多。石细胞是维管植物体中的一种厚壁组织细胞, 有各种形状, 石细胞可以直接从分生组织中分化, 也可由薄壁组织细胞经过细胞壁加厚和木质化(硬化作用)之后形成。细胞壁具次生加厚, 极度增厚, 均木质化, 壁上具单纹孔, 主要起机械支持和保护作用。

表 3 根解剖构造
Table 3 Anatomical structure of root

种名 Species	表皮细胞 Epidemic cells	皮层细胞 Cortex cells	维管束 Vascular bundle	导管 Vessel	髓 Myelocyte	晶细胞 Lithocyst
刺沙蓬 <i>Salsola ruthenica</i>	一层, 排列紧密, 木栓化	薄壁细胞大小不一, 排列疏松	维管束不发达, 三束维管束环状分布	细胞圆形, 口径较大	分布面积较小	无
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	一层, 因次生长以破坏	皮层薄, 细胞较小, 排列疏松	次生木质部发达, 同心环状排列	细胞圆形或不规则形, 口径大, 排列不规则	无	皮层分布较多
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	一层, 因次生长以破坏	外皮层细胞较大, 皮层细胞较小	次生木质部呈同心环排列, 面积明显大于韧皮部面积	细胞圆形, 口径较大, 径向排列, 分布不规则	无	分布在木质部
蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>	一层	外皮层由两层细胞组成, 细胞较小, 近似方形, 排列紧密皮层薄壁细胞层数多	由内侧的木质部, 外侧的韧皮部及位于二者之间的形成层组成	细胞圆形或不规则形, 口径大, 排列不规则	有	无
肾叶打碗花 <i>Calystegia soldanella</i>	一层	外皮层细胞 5~7 层, 细胞方形, 排列紧密; 皮层薄壁细胞排列疏松且不规则	次生木质部发达, 初生木质部占据中央位置, 细胞小, 排列紧密, 导管细胞小, 次生木质部细胞稍大	圆形或不规则形, 大而多	无	无
萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>			木质部形成生长轮, 早材导管口径大, 数量多; 晚材部分没有导管的分化		无	无
砂引草 <i>Messerschmidia sibirica</i>	一层	外皮层细胞 4~6 层, 细胞方形, 排列紧密, 木栓化明显; 皮层薄壁细胞排列疏松, 有胞间隙	初生韧皮部分化不显著, 木质部明显, 维管束环状分布	细胞圆形或不规则形, 口径较大, 排列紧密	无	分布在髓中
罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>	3~4 层, 细胞小方形, 排列紧密, 木栓化	皮层细胞较小, 排列紧密	次生韧皮部明显, 有韧皮纤维; 次生木质部发达, 细胞排列紧密	椭圆形, 数量较小, 木射线明显	面积大	无
怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>	有周皮, 木栓化程度较高	皮层较薄, 细胞较大	次生韧皮部分化不明显, 次生木质部发达, 年轮两轮, 细胞小, 排列紧密	圆形或不规则形, 口径较大。分布不规则, 髓射线及木射线明显	面积小	无

用。某些植物分布较多的机械组织, 也起保护和支持作用。许多植物都有韧皮纤维分布, 纤维束在一定程度上可以增加轴器官的韧性。

(3) 多数植物茎的皮层和髓的宽度与维管柱的比率较大。发达的髓具有贮水功能, 从而保护维管组织免受干旱。因此, 在旱生植物中, 基本组织(皮层和髓)与维管柱的比率较大。

(4) 一些植物如灰绿藜、碱蓬的根没有髓部, 木质部相当发达, 韧皮部与木质部相间呈同心环排列, 发达的木质部可以迅速运输大量水分, 有利于植物在干旱的环境中生活。

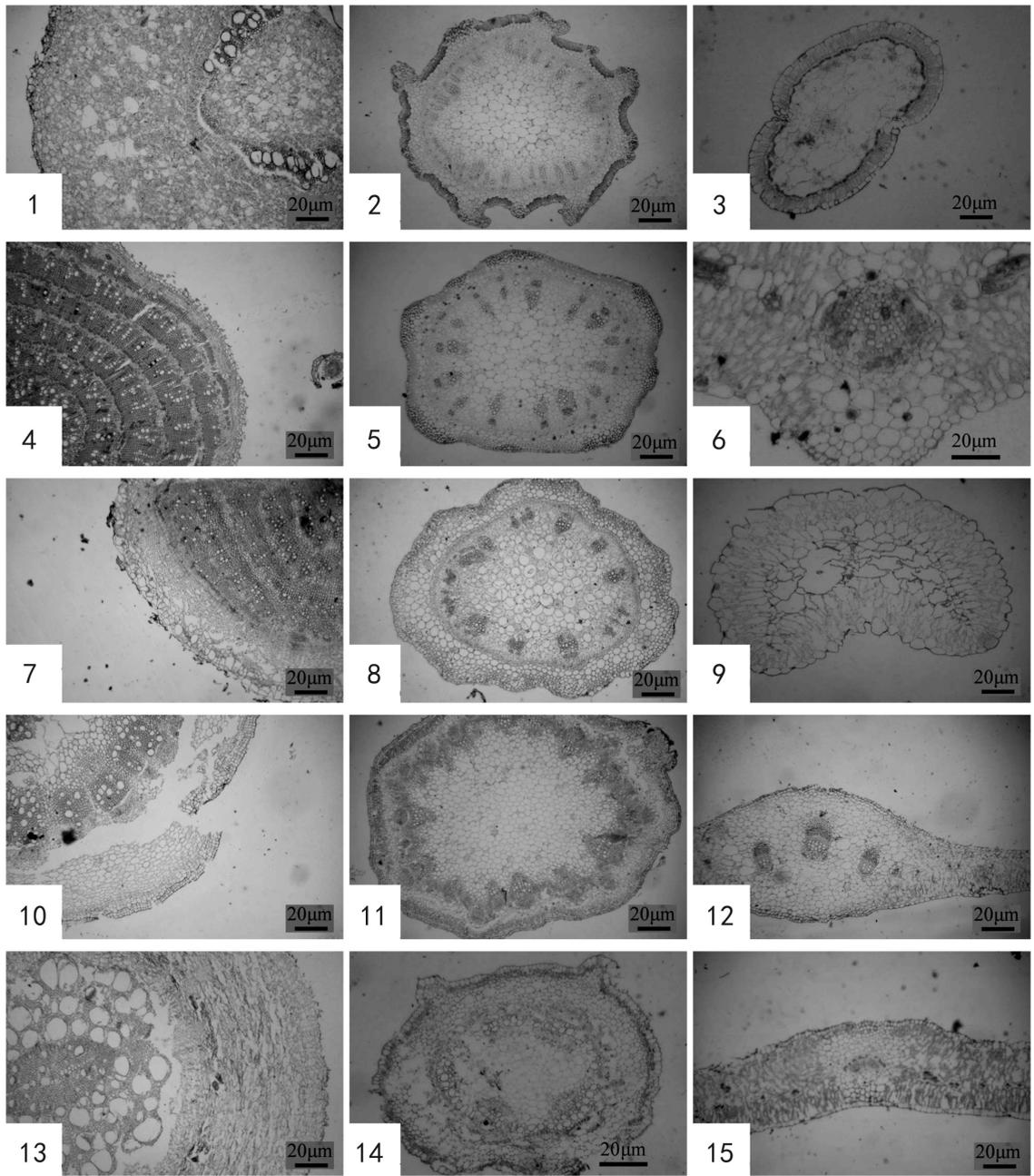
(5) 形成各种异常结构。异常维管组织是一些荒漠植物较普遍的结构特征。Fahn *et al.* (1967) 用放射自显影技术研究了生长在沙漠中的 4 种藜科植物后发现, 分散在厚壁结合组织中的韧皮部具有多年的生活力, 即使由于长期干旱使茎外侧的组织干枯死亡, 而内侧的异常维管组织仍能起到物质运输作用, 从而能为芽提供营养, 使之在生长季节来临时, 能立即发育。由此可见, 厚壁的结合组织可以使韧皮部能更好地避免高温、强光、干旱所造成的损

伤, 具有积极的生态学意义。

(6) 一些植物如萝藦、砂引草、碱蓬、刺沙蓬、灰绿藜的轴器官中存在晶细胞。结晶能增加细胞液浓度, 提高渗透势, 有利于水分的吸收。晶细胞也能平衡组织的酸碱度, 使植物能适应盐碱环境。一些植物存在粘液细胞如罗布麻, 粘液细胞能通过调整渗透压来提高植物的保水性及吸水力, 使植物适应干旱环境。

3 结论

北戴河海滨沙生植物的营养器官存在典型旱生结构特征, 主要表现: 植物叶片较小, 多数植物叶表面形成下陷气孔, 支脉和侧脉较多, 叶的栅栏组织发达, 海绵组织退化; 轴器官表皮有不同程度的加厚或加大, 机械组织和木质部发达, 细胞中有晶细胞和异常结构出现。这些结构在减少蒸腾作用, 增强光合作用, 储存水分, 增强器官的机械强度方面具有积极的作用。该研究进一步证实了植物的结构与功能, 功能与环境以及结构与生态环境是相适应的。

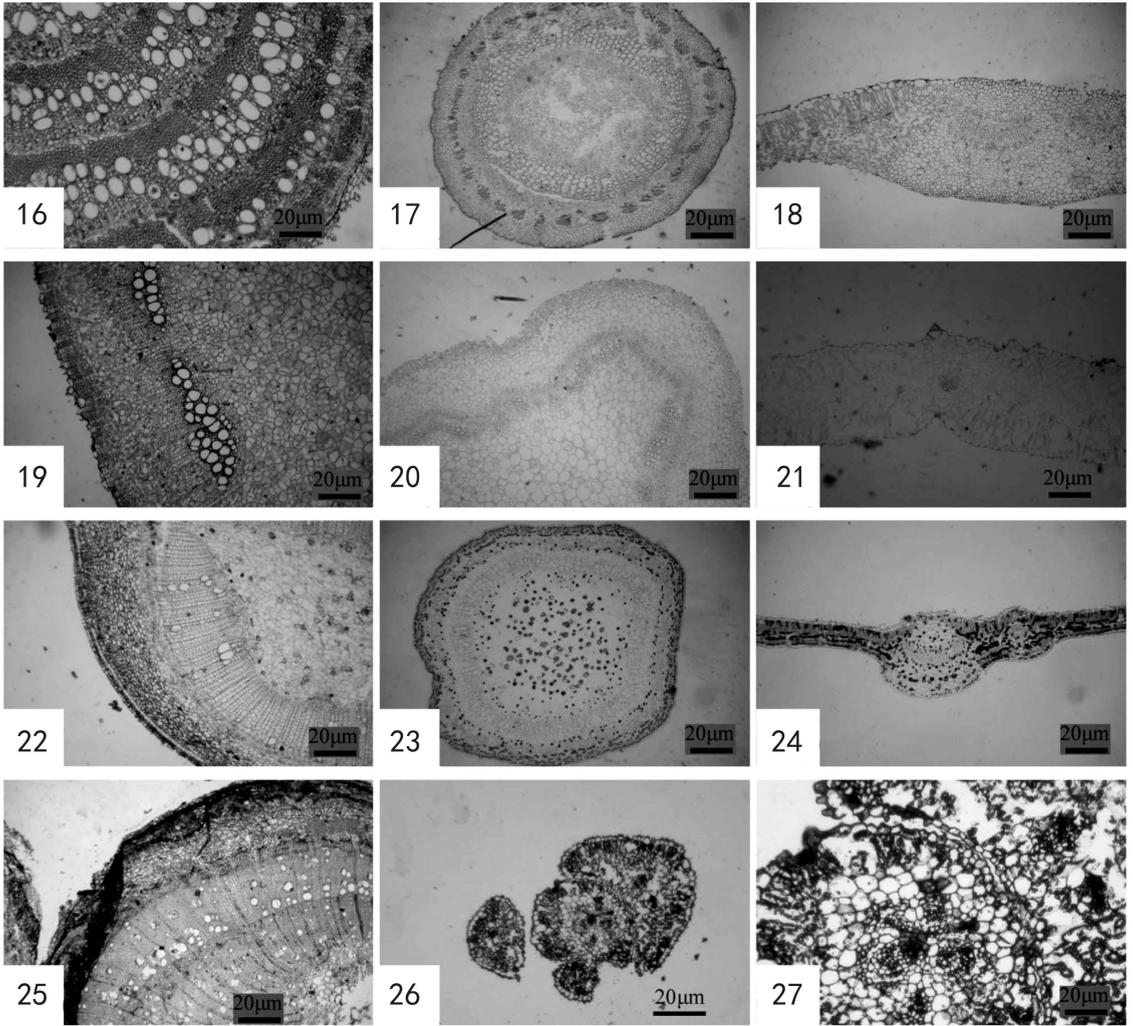


图版 I 1. 刺沙蓬根示初生构造；2. 刺沙蓬茎示初生构造；3. 刺沙蓬叶的构造；4. 灰绿藜根示次生构造；5. 灰绿藜茎示初生构造；6. 灰绿藜叶的构造；7. 碱蓬根示初生构造；8. 碱蓬茎示初生构造；9. 碱蓬叶的构造；10. 蒙山莠苣根示次生构造；11. 蒙山莠苣茎示初生构造；12. 蒙山莠苣叶的构造；13. 肾叶打碗花叶的构造；14. 肾叶打碗花根示次生构造；15. 肾叶打碗花茎示初生构造；16. 萝藦根示次生构造；17. 萝藦茎示次生构造；18. 萝藦叶的构造。比例尺=30 μm (1-2,4-5,7-13,8-18)；比例尺=20 μm (3,6,14)。

Plate I 1-3. Structure of root, stem and leaf of *Salsola ruthenica*; 4-6. Structure of root, stem and leaf of *Chenopodium glaucum*; 7-9. Structure of root, stem and leaf of *Suaeda glauca*; 10-12. Structure of root, stem and leaf of *Lactuca tatarica*; 13-15. Structure of root, stem and leaf of *Calystegia soldanella*; 15-18. Structure of root, stem and leaf of *Metaplexis japonica*. Scale bar=30 μm (1-2,4-5,7-13,8-18); Scale bar=20 μm (3,6,14).

参考文献：

- 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
- Fahn A, Shchori. 1967. The organization of the secondary conducting tissue in some species of the Chenopodiaceae[J]. *Phyto-morphology*, **17**: 147-154
- Huang ZY(黄振英), Wu H(吴鸿), Hu ZH(胡正海). 1995. An anatomical study on xeromorphic structures of the psammophytes in Xinjiang(新疆 10 种沙生植物旱生结构的解剖学研究)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin* (西北植物学报), **15**(6): 56-61
- Huang ZY(黄振英), Wu H(吴鸿), Hu ZH(胡正海). 1997. The structures of 30 species of psammophytes and their adaptation to



图版 II 19. 砂引草根示初生构造; 20. 砂引草茎示初生构造; 21. 砂引草叶的构造; 22-24. 罗布麻根、茎、叶示次生构造; 25. 柃柳根示次生构造; 26. 柃柳茎示初生构造及叶的解剖构造。比例尺=30 μm (19-20, 22-24); 比例尺=20 μm (21, 25, 26)。

Plate II 19-21. Structure of root, stem and leaf of *Messerschmidia sibirica*; 22-24. Structure of root, stem and leaf of *Apocynum venetum*; 25. Structure of root; 26. Structure of stem and leaf of *Tamarix chinensis*. Scale bar=30 μm (19-20, 22-24); Scale bar=20 μm (21, 25, 26).

the sandy desert environment in Xinjiang(30 种新疆沙生植物的结构及其对沙漠环境的适应)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报), **21**(6):521-530

Li ZL(李正理). 1987. *Plant Tissue Production*(植物组织制片学)[M]. Beijing(北京): Peking University Press(北京大学出版社):5-12

Xu Q(徐青). 1999. The improvement of plant parafin double staining technique(植物石蜡切片双重染色技术的改进)[J]. *J Ningxia Agric Coll*(宁夏农学院学报), **20**(2):89-90

Zhao CX(赵翠仙), Huang ZS(黄子琛). 1981. A preliminary

study of xeromorphism of some important xerophytes growing in Tungeli desert(腾格里沙漠主要旱生植物旱性结构的初步研究)[J]. *J Integr Plant Biol*(植物学报), **23**:278-283

Zhu LQ(朱栗琼), Li GY(李古跃), Zhao LJ(招礼军). 2007. Comparison on leaf anatomical structures and drought resistance of six broad-leaved plant species(六种阔叶树叶片解剖结构特征及其耐旱性比较)[J]. *Guihaia*(广西植物), **27**(3):431-434