

新疆四种补血草属植物叶片的解剖学研究

周玲玲, 宋晓丽

(石河子大学 生命科学学院, 新疆 石河子 832003)

摘要: 利用叶片离析法和石蜡切片法研究了补血草属 4 种植物叶片的形态结构。结果表明:(1)4 种植物的叶片有许多共同的结构适应特征,表皮细胞排列紧密,表面有厚的角质层;气孔类型均为不等型,气孔位置为平置或略微下陷;上下表皮还具有多细胞构成的盐腺;栅栏组织发达,多为等面叶;存在粘液细胞和单宁细胞;机械组织和维管组织都不发达等。(2)不同种间有不同的结构适应特征,如表皮细胞的形状、大小、垂周壁饰样,气孔密度,盐腺密度,叶片厚度和栅栏组织厚度等。通过叶的结构特征反映出盐生植物与旱生植物的不同。

关键词: 新疆; 补血草属; 叶片解剖

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)04-0537-06

Study on the anatomy structure of blades of four *Limonium* species

ZHOU Ling-Ling, SONG Xiao-Li

(College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: Anatomy structure of blades of four *Limonium* species were studied by using blade segregation and paraffin method. The results are as follows: (1) These blades of four species have many identically structural adaptations: epidermis cells have thick cuticle. The type of stomata is anisocytic one, stomata are at the same level as epidermis cells, sometimes even lower. There are glands which consist of several cells in upper and lower epidermis; flourishing palisade tissue, most of them are equilateral; existing mucilage cells and tannin idioblasts; have less vascular tissue and mechanical tissue. (2) Different plants have different adaptional features. There are differences in the shape, the form of radical wall and the area of epidermis cell as well as stomata frequency, the salt gland frequency, the thickness of blade and that of palisade. Leaves of halophytes have differently structural characteristics compared with those of xerophytes.

Key words: Xinjiang; *Limonium*; blade anatomy

白花丹科(Plumbaginaceae)补血草属(*Limonium*)植物,中国有 18 种,新疆有 11 种。在新疆北部戈壁荒滩,在盐土及盐渍化荒地上成片分布。其生活型是一种多年生草本或亚灌木,耐旱、耐盐碱、耐脊薄、耐风沙,生态适应性强,利用价值高。

补血草属为泌盐盐生植物,是在盐渍环境下自然生长的植物,其形态结构、生理功能和生态特征表现出对盐渍生境的高度适应。叶是植物进行同化与

蒸腾作用的主要器官,与周围环境有着密切联系,因而植物对环境的反应也较多地反映在叶的形态和结构上。国内对新疆盐渍荒漠环境中生长的补血草属植物的形态解剖学方面的研究尚属空白。本研究通过对生长在新疆中度盐碱土和石质山坡上的补血草属 4 种植物叶片解剖结构进行观察研究,探讨补血草属植物对盐生、旱生环境的适应性及其之间的关系,为盐生植物的研究和盐碱地的改良,开发新的盐

收稿日期: 2005-12-26 修回日期: 2006-09-15

基金项目: 国家重大基础研究前期研究专项(2002CCA02800);石河子大学新疆特种植物药资源重点实验室项目[Supported by Special Item of Prophase Research of National Major Basic Research Foundation(2002CCA02800);Key Laboratory of Phytomedicine Resources and Mordenization of TCM, Shihezi University]

作者简介: 周玲玲(1966-),女,新疆昭苏县人,副教授,主要研究方向:植物解剖和抗性生理,(E-mail)msyzl@163.com。

生植物资源提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 取材地区 实验材料共 4 个种:大叶补血草 (*Limonium gmelinii*)、耳叶补血草 (*L. otolepis*)、繁枝补血草 (*L. myrianthum*) (采自新疆石河子北湖盐渍化草甸)、簇枝补血草 (*L. chrysocomum*) (采自新疆石河子将军山石质山坡)。

1.1.2 生态地理条件 新疆石河子地区位于 $84^{\circ}45' \sim 86^{\circ}40' E$, $43^{\circ}20' \sim 45^{\circ}20' N$ 之间,年降水量为 125.0~207.7 mm,全年日照时数 2 526~2 874 h,年平均气温在 $6.5 \sim 7.2^{\circ}C$ 之间。冬季严寒,夏季炎热,气温年、日差较大。石河子北湖距石河子市以北 12 km 处,为冲积扇平原带,研究地区的土壤主要是在冲积物和黄土状沉积母质土、在干旱气候条件和地上水位升降影响下形成的盐化草甸土、盐土和盐化灰漠土。土壤盐分含量较高,土壤表层 (0~20 cm) 的电导率为 $4\ 260\ \mu s/cm$, 20~40 cm 土壤的电导率为 $5\ 360\ \mu s/cm$, pH 大多在 8.5 以上。将军山位于石河子以南 10 km 处,属低山荒漠区,降雨量低,且主要集中于冬季和春季,夏季炎热干燥,植被主要是低矮的旱生植物和短命植物,山地海拔 500~1 200 m,山高 50~150 m。

1.1.3 取材要求 选取不同植株、不同成熟程度、不同部位的叶作为供试材料。

1.2 方法

1.2.1 叶表皮制片 取新鲜植物叶片,将叶切成 $5\ mm \times 5\ mm$ 小片,FAA 固定,将固定好的材料放入体积比为 1:1 的 30% H_2O_2 和醋酸离析液中,在 $60^{\circ}C$ 温箱中放置 16~20 h,取出,经蒸馏水冲洗后,剥离表皮,番红染色,制片,在 OLYMPUS (BX51) 显微镜下观察、照相。用 OLYSIA BioReport 测量软件,在 10 倍物镜下测量气孔密度、盐腺密度、表皮细胞面积。一般观测 30 个显微镜视野,计算 $1\ mm^2$ 中气孔和盐腺的数目,结果为 30 组数据的平均值。在 40 倍物镜下测量气孔大小和盐腺直径,气孔大小主要测量气孔的长度和宽度,结果为 30 组数据的平均值。

1.2.2 石蜡制片 将叶片中部至边缘的一部分叶片,切成 $5\ mm \times 5\ mm$ 小片,FAA 固定,系列酒精脱水,石蜡包埋,切片厚度 $8 \sim 10\ \mu m$,番红一固绿染

色,中性树胶封片。在 OLYMPUS 显微镜下观察、照相。用 OLYSIA BioReport 测量软件测量角质层厚度、叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度,测量 30 个数值,计算平均值。

2 观察结果

2.1 光镜下叶片表皮特征

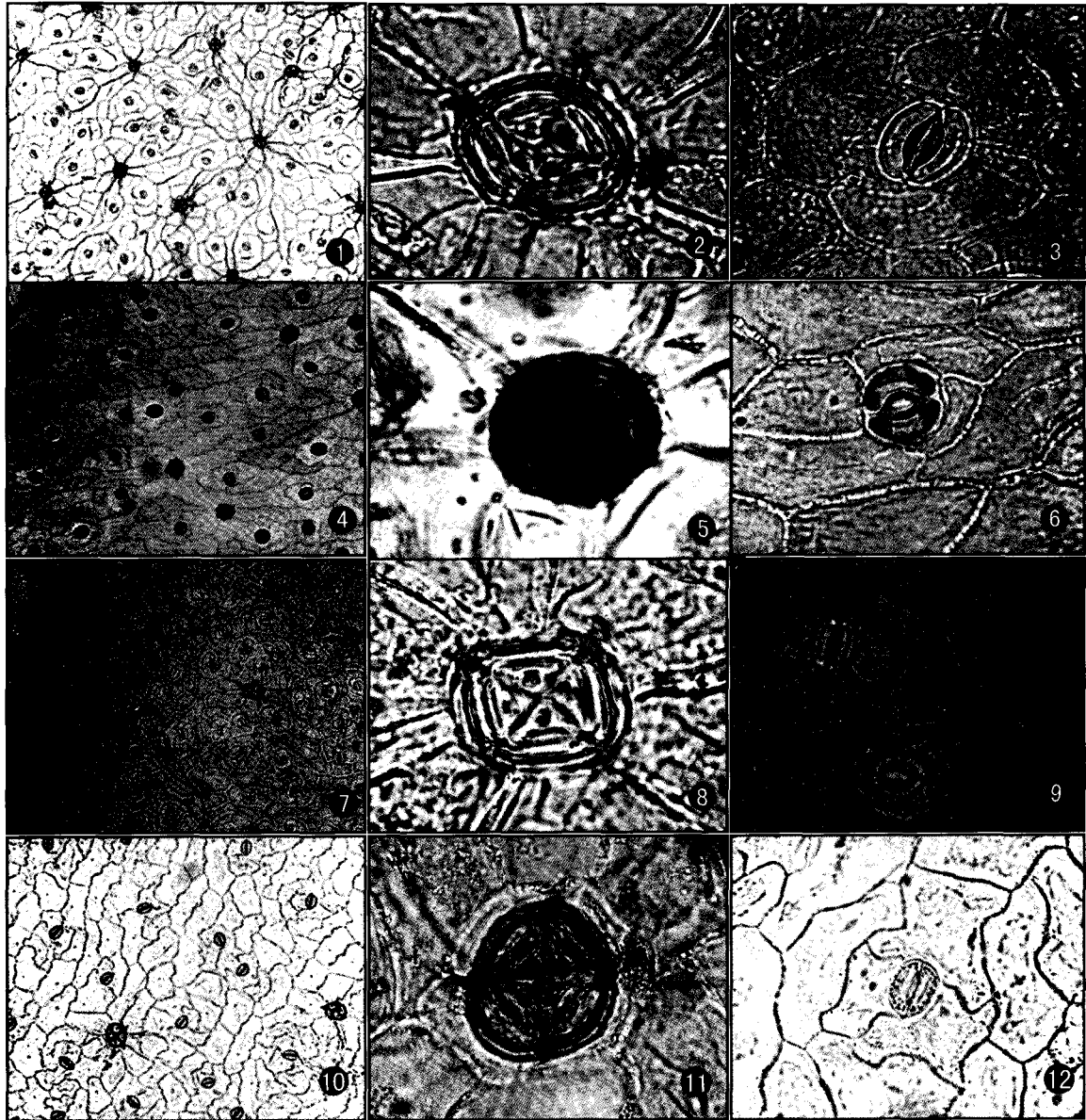
2.1.1 表皮细胞 从叶表皮结构中观察到(图版 I: 1,4,7,10),4 种补血草叶表皮细胞排列紧密,细胞中具有明显的细胞核,其中大叶补血草、耳叶补血草和繁枝补血草表皮细胞形状较相似,为多边形,垂周壁直或稍弯曲,面积较小,而簇枝补血草表皮细胞不规则形,垂周壁波状弯曲,细胞面积较大,为 $5\ 080.09\ \mu m^2$ 。种间在表皮细胞形状、表皮细胞垂周壁饰样和表皮细胞面积方面存在差异(表 1)。

2.1.2 气孔 叶表皮结构中除表皮细胞外,4 种补血草叶的上下表皮均有气孔器的分布,且上表皮的气孔器数目均大于下表皮(其中簇枝补血草不分上下表皮),但种间气孔分布存在差异,大叶补血草气孔密度最大,但气孔面积最小,簇枝补血草气孔密度最小,但气孔面积最大;从气孔类型来看,4 种补血草均为不等细胞型气孔(图版 I: 3,6,9,12),气孔周围细胞数目多数为 3 个,少数为 4 个。

2.1.3 盐腺 4 种补血草表皮细胞中均有特化的盐腺分布(图版 I: 1,4,7,10),盐腺的组成相似,从平面观,盐腺由 16 个细胞构成(图版 I: 2,5,8,11),最中央有 4 个分泌细胞,每一个分泌细胞外侧又伴有一个长方形的细胞。分泌细胞及其相邻细胞外被 2 层细胞包围,每一层分别由 4 个细胞围成一个圆环组成,使盐腺呈近似圆形。盐腺周围常有 5~8 个辐射状排列的表皮细胞,使整个盐腺看似花朵。从盐腺密度看,大叶补血草叶的盐腺密度最大,但盐腺直径最小,而簇枝补血草叶表盐腺密度最小,只有大叶补血草的 $1/3$ 左右,但其盐腺的直径最大。

2.2 叶片解剖结构

2.2.1 表皮 从横切面观察,4 种植物叶片上表皮细胞的角质层均比下表皮细胞的角质层厚,繁枝补血草叶上表皮细胞的角质层最厚,可达 $3.83\ \mu m$ 。4 种植物叶的上下表皮均有气孔(图版 II: 2,7,11,15),从气孔位置来说,4 种补血草的气孔基本平行或微低于其它表皮细胞,不存在气孔下陷的特点,且 4 个种都具有明显较大的孔下室。此外,4 种植物叶



图版 I 叶片的表皮 1-3. 大叶补血草叶上表皮: 1. 气孔和盐腺分布, $\times 20$; 2. 盐腺, $\times 100$; 3. 气孔类型, $\times 100$ 。4-6. 耳叶补血草叶上表皮: 4. 气孔和盐腺分布, $\times 20$; 5. 盐腺, $\times 100$; 6. 气孔类型, $\times 40$ 。7-9. 繁枝补血草叶上表皮: 7. 气孔和盐腺分布, $\times 20$; 8. 盐腺, $\times 100$; 9. 气孔类型, $\times 40$ 。10-12. 簇枝补血草叶上表皮: 10. 盐腺和气孔分布, $\times 20$; 11. 盐腺, $\times 100$; 12. 气孔类型, $\times 40$ 。

Plate I The epidermis of leaf 1-3. upper epidermis of *L. gmelinii*; 1. salt glands and stomata scattered; 2. salt gland; 3. type of stomata. 4-6. upper epidermis of *L. otolepis*; 4. salt glands and stomata scattered; 5. salt gland; 6. type of stomata; 7-9. upper epidermis of *L. myrianthum*. 7. salt glands and stomata scattered; 8. salt gland; 9. type of stomata. 10-12. upper epidermis of *L. auream*; 10. salt glands and stomata scattered; 11. salt gland; 12. type of stomata.

的上下表皮均有盐腺分布(图版 II: 1, 6, 10, 14), 有的盐腺陷于叶肉中, 低于表皮细胞, 在表皮面形成一凹陷, 也有的盐腺位置近平行于表皮细胞。从横切面观, 可见组成盐腺的细胞排列紧密, 着色深, 盐腺最中央由 4 个长的分泌细胞组成, 分泌细胞外侧又伴有 2 个短细胞, 分泌细胞及其邻细胞外被 2 层杯状的细胞包围, 盐腺基部左右两侧各有一大的三角状的收集细胞, 盐腺外切向壁均有角质层覆盖, 4 种

植物的盐腺结构基本一致。

2.2.2 叶肉 叶肉组织中, 均可区分为栅栏组织和海绵组织(图版 II: 3, 8, 12, 16), 但每种植物的叶片厚度、栅栏组织层数和厚度却不相同(表 2), 即其分化程度不同。其中大叶补血草为异面叶, 栅栏组织与海绵组织的比值最小。耳叶补血草和繁枝补血草叶片的背腹面都有栅栏组织分化, 为等面叶, 栅栏组织与海绵组织的比值均为 0.87。簇枝补血草叶较

厚,也分化为等面叶,但其栅栏组织非常发达,栅栏组织与海绵组织的比值最高,为 1.23。此外,在耳叶补血草和繁枝补血草的叶肉和叶脉的韧皮部的薄壁细胞中,有许多粘液细胞,着色很深。

4种植物叶肉中,值得注意的是,耳叶补血草、

繁枝补血草和簇枝补血草这3种植物叶的上下表皮附近均分布着栅栏组织细胞,使叶片接近等面叶的特点,同时,栅栏组织与海绵组织的比值在不同植物中不同,尤以簇枝补血草叶的栅栏组织最发达。分析以上观察结果可以认为,4种补血草在叶肉方面

表 1 叶表皮结构比较结果

Table 1 Comparative results of epidermis of leaves

种名 Species	大叶补血草 <i>L. gmelinii</i>	耳叶补血草 <i>L. otolepis</i>	繁枝补血草 <i>L. myrianthum</i>	簇枝补血草 <i>L. chrysocomum</i>
表皮细胞 形状	多边形	多边形	多边形	不规则形
Epidermis cell 垂周壁饰样	稍弯曲	稍弯曲	稍弯曲	浅波纹
面积(μm^2)	1 560.01	1 558.57	1 315.47	5 080.09
气孔 类型	不等型	不等型	不等型	不等型
Stomata 大小(长 \times 宽)(μm)	31.49 \times 25.65	37.54 \times 31.49	32.26 \times 27.53	43.26 \times 28.80
密度(个/ mm^2)				
	上表皮	166.0	110.0	100.6
	下表皮	142.5	91.7	94.2
盐腺 密度(个/ mm^2)	11.5	8.7	7.7	4.1
Salt gland 直径(μm)	35.91	43.26	41.69	49.75

存在着一定的差异。

2.2.3 叶脉 主要由木质部和韧皮部组成。其中大叶补血草主脉发达,维管束多且复杂,主脉中有数十几个大小不等的维管束(图版 II:4),这些维管束之间由薄壁细胞隔开,每一维管束主要由木质部和韧皮部组成,有时还有形成层(图版 II:5),维管束外有小型的薄壁细胞组成的维管束鞘。耳叶补血草和繁枝补血草在维管束外被少量机械组织组成的维管束鞘所包围(图版 II:9,12),使主脉维管束形状呈椭圆形。簇枝补血草叶脉不发达,仅有少量的小导管和筛管,没有维管束鞘(图版 II:15)。

3 讨论

典型盐地植物的形态和结构特征,通常都被看作是植物对盐度的适应(Poljakoff, 1975)。生长在天然盐渍环境中的补血草属植物,除了受到盐分胁迫外,同时也受到干旱胁迫。叶暴露在空气中,所以,叶片的组织结构对生境条件的反应最为敏锐(辛华等,1998)。根据我们的研究结果,生长于盐渍化草甸的大叶补血草、耳叶补血草和繁枝补血草与生长于石质山坡的簇枝补血草,其叶片的形态结构表现出许多适应盐生、旱生环境的特点。

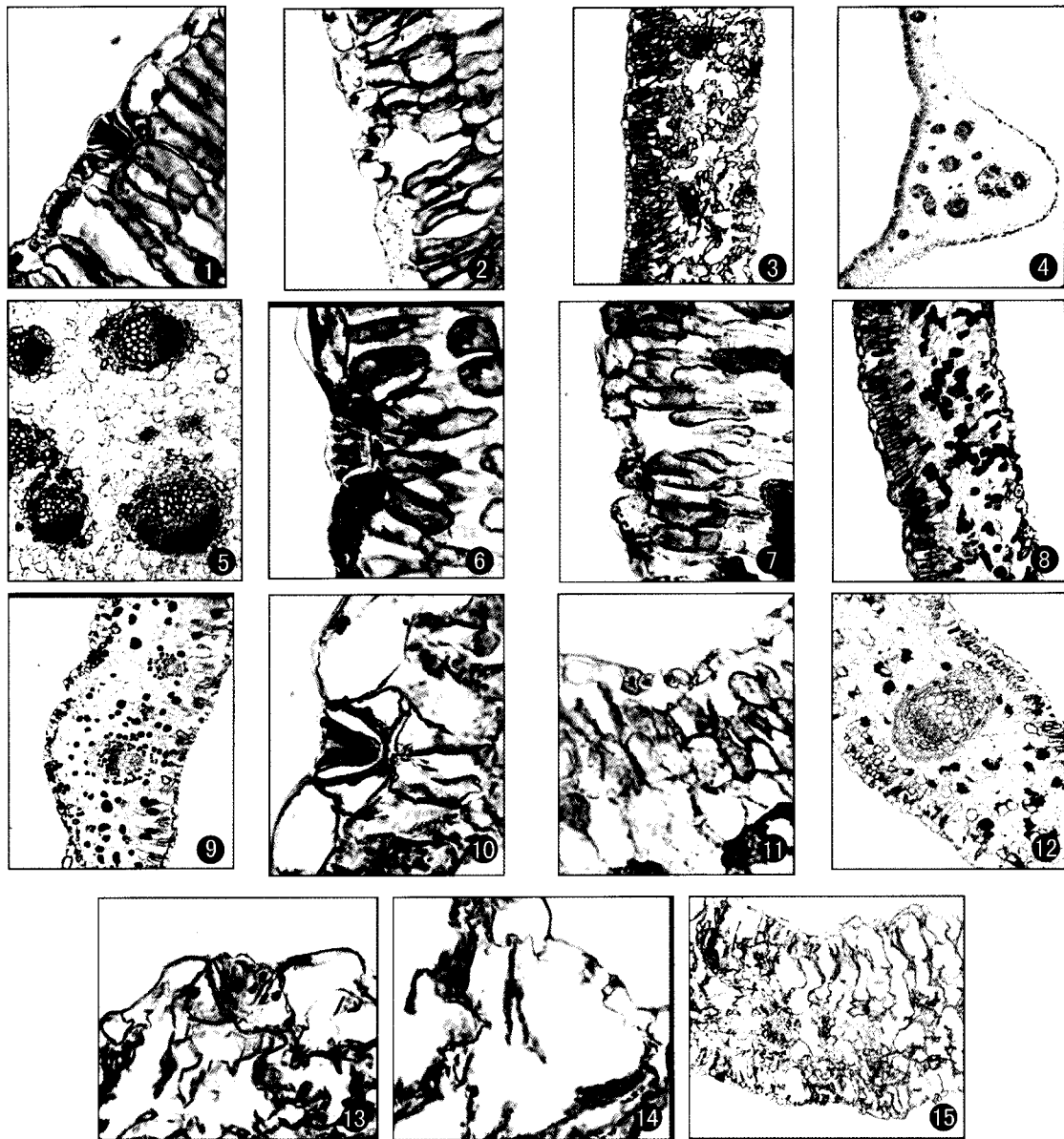
3.1 形态特征

由于生境不同,它们的叶片形态结构存在一些差异。生长在石质山坡干燥土壤中的簇枝补血草,叶极为退化,体积较小,呈线形,稍肉质,由大量绿色

不育枝来进行光合作用,从而可最大限度地减少水分蒸腾面积。其气孔密度最小,为 35.4 个/ mm^2 ,但气孔面积较大,据赵翠仙(1981)等报道,多浆汁旱生植物的气孔数往往比中生植物要少,因此,显示出多浆汁旱生植物叶的特性。另外,簇枝补血草叶的盐腺数量最少,而生长在北湖盐渍化草甸中的 3 种补血草盐腺数量多,据叶庆华等研究发现桐花树的盐腺分布与生境有关,单位面积盐腺数目和构成盐腺的分泌细胞数目均随着土壤盐度的增加而增加(王厚麟等,2000)。与我们的结果相一致。盐腺是泌盐盐生植物为适应盐渍环境而特化的结构,植物通过盐腺能排出对植物体有毒害作用的盐离子,有效降低细胞内盐的浓度(肖雯,2002;张道远等,2003;周三等,2001),从而适应其生境由于含盐量高而造成的生理干旱环境。由此可知,4 种补血草其形态上的差异是与它们的环境相适应的,是环境长期作用的结果。虽然它们的生境不同,但盐腺结构却很相似,与赵可夫等(1999)的研究结果相同。

3.2 结构特征

3.2.1 表皮 4 种补血草叶表皮细胞排列紧密,外被有加厚的角质层,这种适应性变化均有利于植物减少水分蒸腾(祝建等,1992),以适应其所生长环境中含大量盐分而造成的生理干旱。这与 Waisel 等(1972)认为盐胁迫不仅可使表皮细胞壁增厚,而且可诱导角质层增厚的结论一致。另外,4 种植物气孔类型均为不等型,气孔位置为平置或略微下陷,不存在赵曼容等(1990)和章英才等(2004)报道的几种



图版 II 叶片的内部结构 1-5. 大叶补血草叶: 1. 盐腺, $\times 100$; 2. 气孔, $\times 100$; 3. 叶肉, $\times 20$; 4. 主脉; 5. 维管束, $\times 20$ 。6-9. 耳叶补血草叶: 6. 盐腺, $\times 100$; 7. 气孔, $\times 100$; 8. 叶肉, $\times 40$; 9. 主脉, $\times 20$ 。10-12. 繁枝补血草叶: 10. 盐腺, $\times 100$; 11. 气孔, $\times 100$; 12. 叶肉和叶脉, $\times 20$ 。13-15. 簇枝补血草叶盐腺: 13. 盐腺, $\times 100$; 14. 气孔, $\times 100$; 15. 叶肉和叶脉, $\times 20$ 。

Plate II The internal structure of leaf 1-5. The leaf of *L. gmelinii*: 1. salt glands; 2. stomata; 3. mesophyll; 4. major vein; 5. vascular bundle. 6-9. leaf of *L. otopsis*: 6. salt glands; 7. stomata; 8. mesophyll; 9. major vein. 10-12. leaf of *L. myrianthum*: 10. salt gland; 11. stomata; 12. mesophyll and vein. 13-15. leaf of *L. aureum*: 13. salt gland; 14. stomata; 15. mesophyll and vein.

盐地植物气孔下陷并形成气孔窝的特点。

3.2.2 叶肉 盐生、旱生环境对叶肉组织的分化影响,主要表现在栅栏组织和海绵组织的变化及储水组织的产生(章英才等,2004)。Hayward等(1941)曾指出氯化钠对栅栏组织有大的效应,补血草生长在氯化钠含量较高的土壤中,其叶均呈现出叶片较厚,栅栏组织细胞层数较多,厚度明显增加,海绵组织退化的特点。有3种补血草叶的远轴面也分化出栅栏组织,可看出它们有向等面叶演化的趋势。发

达的栅栏组织可以极大地提高光合效率。这是适应了盐渍化土壤而发育出的又一旱性结构。通常植物能通过增加肉质性来增加耐盐能力(刘家琼,1983),由于泌盐盐生植物通过盐腺将体内多余的盐分排出体外,所以,大多数泌盐盐生植物茎叶不发生肉质化,所以未观察到叶肉中有储水组织的产生。但在盐腺数量很少的情况下,叶片肉质化的增加也是抗盐的一个主要方面。

3.2.3 叶脉 除大叶补血草叶主脉内有多个小的维

表 2 四种补血草属植物叶片的主要结构特征
Table 2 Major anatomical features of blades of four *Limonium* species

种名 Species			大叶补血草 <i>L. gmelinii</i>	耳叶补血草 <i>L. otolepis</i>	繁枝补血草 <i>L. yrianthum</i>	簇枝补血草 <i>L. chrysocomum</i>
叶厚 Thickness of leave (μm)			404.68	335.23	591.36	582.32
角质层厚 (μm)	上表皮		2.32	3.73	3.83	—
Thickness of cuticle	下表皮		2.00	2.85	2.87	
栅栏组织	层数 Layers	近轴面	2~3	2~3	2~3	2~3
Palisade tissue		远轴面	0	1	1	1
	厚度 (μm)	近轴面	113.63	82.64	163.33	227.81
	Thickness	远轴面		46.96	78.94	69.10
海绵组织厚度 Thickness of spongy (μm)			247.30	148.92	277.11	240.68
栅/海 Ratio of palisade tissue to spongy tissue			0.46	0.87	0.87	1.23
主脉 Major vein	维管束 Vascular bundle		多个	1	1	1
	维管束鞘 Vascular bundle sheath		有	有	有	无
叶片类型 Leaf type			异面叶	等面叶	等面叶	等面叶

管束外,4种植物叶脉维管束和机械组织均不发达,这是盐生植物有别于旱生植物的典型特征之一,我们的研究结果与前人一致。

3.2.4 异细胞 叶肉和韧皮部的薄壁细胞中存在许多着色很深的异细胞,推测可能为粘液细胞或单宁细胞,粘液细胞有助于提高细胞液浓度,增大渗透势,利于保持水分(王虹等,1998)。单宁物质可以增强植物耐盐渍的作用。如盐生植物猪毛菜叶栅栏组织内有一层排列整齐的内含储藏物的细胞,这些细胞可能是植物体内一些物质的积累形式,对植物抗盐具有积极作用,但其成分、形成及其与抗盐性关系还须进一步研究。

综上所述,反映了4种补血草在盐碱、干旱等外界生态因素的影响下逐渐形成了形态结构的差异,这些差异对它们适应其各自所处的环境具有积极作用。盐渍环境虽然也对植物造成生理性干旱,使植物叶的形态结构表现出一些旱生的特点,如表皮细胞排列紧密,外被有加厚的角质层和发达的栅栏组织等,但盐渍环境又不同于一般的旱生环境,就我们所研究的补血草而言,不具备多数旱生植物叶所具有的密被表皮毛、气孔下陷等特点,为适应盐渍环境,补血草叶中出现了一些非旱生植物的结构特征,如气孔平置或略微下陷,叶脉中维管组织和机械组织不发达等,这些结构特征反映出盐生植物与旱生植物的不同。

参考文献:

- 赵可夫,李法曾. 1999. 中国盐生植物[M]. 北京:科学出版社: 32
Hayward H E, Long E M. 1941. Anatomical and physiological response of the tomato to varying concentrations of sodium chlo-

- ride, sodium sulphate and nutrient solution[J]. *Batan Gas*, 102: 437-462
Liu JQ(刘家琼). 1983. The anatomical character of *Caragana korshinskii* and *Hedysarum scoparium*(柠条和花棒叶的解剖学特征)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), 3(2): 112
Poljakoff M A. 1975. 对盐度应力反应之植物的形态和解剖的变化、盐渍环境中的植物[M]. 北京:科学出版社: 71-87
Waisel Y. 1972. Biology of Halophytes[M]. New York: Academic Press: 127
Wang H(王虹), Deng YB(邓彦斌), Xu XZ(许秀珍), et al. 1998. Anatomical studies on ten xerophytes and halophytes in Xinjiang(新疆10种旱生、盐生植物的解剖学研究)[J]. *J Xinjiang Univ(Nat Sci Edi)*(新疆大学学报(自然科学版)), 15(4): 76-73
Wang HL(王厚麟), Miao SY(缪绅裕). 2000. Structure of salt glands and epidermal non-gland hairs on leaves of mangroves and coastal plants growing at Daya Bay(大亚湾红树林及海岸植物叶片盐腺与表皮非腺毛结构)[J]. *J Oceanography in Taiwan Strait*(台湾海峡), 19(3): 372-378
Xiao W(肖雯). 2002. Microstructures in the nutritional organs of five halophytes(五种盐生植物营养器官显微结构观察)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), 11(4): 421-427
Xin H(辛华), Zhang XF(张秀芬), Chu QG(初庆刚). 1998. Comparative studies on the structures of leaves of maritime halophytes in Shandong(山东滨海盐生植物叶结构的比较研究)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), 18(4): 584-589
Zhang DY(张道远), Yin LK(尹林克), Pan BR(潘伯荣). 2003. A review on the study of salt glands of Tamarix(怪柳盐腺结构、功能及分泌机制研究进展)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), 23(1): 190-194
Zhang YC(章英才), Zhang JN(张晋宁). 2004. Anatomical structure and analysis on leaves of *Kalidium culpidatum* (Umgesternb) Grub(尖叶盐爪爪叶的解剖结构与分析)[J]. *J Ningxia Univ(Agric Sci Edi)*(宁夏大学学报(农业科学版)), 25(2): 43-45
(下转第 559 页 Continue on page 559)

内,可能与它们在树冠中的不同部位有关(操国兴等, 2003)。这表明,虽然种群内种子形态变异幅度不大,但环境条件异质性对种子性状还是有一定影响,反映了种子表型发育的可塑性。而在秦岭冷杉中,球果与种子形态变异 85% 来自于株间和株内,物种球果及种子的性状更多受遗传控制,环境影响相对较小(孙玉玲等, 2005),这可能与秦岭冷杉为濒危种,种群内个体数较少,受漂变、近交等影响较大的缘故。

参考文献:

- Baskin C C, Baskin J M. 2001. *Seeds, Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* [M]. San Diego, CA: Academic Press
- Cai YL(蔡永立), Wang XH(王希华), Song YC(宋永昌). 1999. Variation of fruit size and its shape of *Cyclobalanopsis glauca* in the eastern subtropical zone, China(中国东部亚热带青冈果实形态变异的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **19**(4): 581-586
- Cao GX(操国兴), Zhong ZC(钟章成), Xie DT(谢得德), et al. 2003. A preliminary study on the morphological variation of seeds of *Camillia rosthornina* populations in Mt. Jinyun(缙云山川鄂连蕊茶种子形态变异的初步研究)[J]. *J Southwest Agric Univ*(西南农业大学学报), **25**(2): 105-107
- Chen X Y, Lin P. 1998. A comparison of hypocotyl morphological and seedling growth between normal and albino propagules of *Kandelia candel* (L.) Druce, re-evaluation of the roles of vivipary in mangroves[C]//Morton B(ed). *The Marine Biology of the South China Sea III*. Hong Kong: Hong Kong University; 83-90
- Chen XY(陈小勇), Wang XH(王希华), Song YC(宋永昌). 1997a. Genetic diversity and differentiation of *Cyclobalanopsis glauca* populations in East China(华东地区青冈种群的遗传多样性与遗传分化)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **39**(2): 149-155
- Chen XY(陈小勇), Song YC(宋永昌). 1997b. Influence of flood disturbance on the regeneration of *Cyclobalanopsis glauca* populations(洪水干扰对青冈更新的影响)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), **5**(1): 53-58
- Chen XY(陈小勇). 1994. A preliminary study on the morphological variation of seeds of *Cyclobalanopsis glauca* in Mt. Huangshan(黄山青冈种子形态变异的初步研究)[J]. *Seed*(种子), **5**: 16-19
- Deng HP(邓洪平), He P(何平), Chen YF(陈亚飞). 2002. The studying of seeds morphological differentiation among individuals of *Gordonia acuminata* from different geographical provenance and successiving communities(不同地理种源及演替群落的四川大头茶个体水平上种子形态分化研究)[J]. *J Southwest China Normal Univ(Nat Sci)*(西南师范大学学报(自然科学版)), **27**(6): 950-954
- Dou QL(窦全丽), He P(何平), Xiao YA(肖宜安), et al. 2005. Morphological differentiation of fruits and seeds of the endangered plant *Euonymus chloranthoides* (濒危植物缙云卫矛果实、种子形态分化研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **25**(3): 219-225
- Khalil M A K. 1984. Genetics of cone morphology of black spruce (*Picea mariana* (Mill. B. S. P.) in Newfoundland, Canada[J]. *Silvae Genetica*, **33**: 101-109
- Sun YL(孙玉玲), Li QM(李庆梅), Yang JY(杨敬元), et al. 2005. Morphological variation in cones and seeds in *Abies chensiensis* (秦岭冷杉球果与种子的形态变异)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **25**(1): 176-181
- Wheeler NC, Guries RP. 1982. Population structure, genic diversity, and morphological variation in *Pinus contorta* Dougl [J]. *Canadian J Fore Res*, **12**: 595-606
- Werner D A, Platt W J. 1976. Ecological relationships of co-occurring goldenrods (*Solidago*: Compositae) [J]. *The American Naturalist*, **110**: 959-971
- Zhang YC(章英才), Zhang JN(张晋宁). 2004. Studies on morphological structure characteristics of leaves of *Lycium ruthenicum* in two salinity environments(两种盐浓度环境中的黑果枸杞叶的形态结构特征研究)[J]. *J Ningxia Univ(Nat Sci Edi)*(宁夏大学学报(自然科学版)), **25**(4): 365-367
- Zhao CX(赵翠仙), Huang ZC(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生结构的初步研究)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **23**(4): 278-283
- Zhao MR(赵曼容), Jia HX(贾恢先). 1990. A Scanning Electron Microscopic observation of surface of the stems and leaves in some typical saline plants(几种典型盐地植物茎叶表面的扫描电镜观察)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), **25**(2): 146-151
- 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
- Zhu J(祝建), Zhang H(张泓), Ma DZ(马德滋). 1992. Anomalous secondary structure and growth in the stem of xerophytes, *Geratoides latens* (旱生植物驼绒藜茎的异常次生结构及其发育)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), **12**(2): 135

(上接第 542 页 Continue from page 542)