

联峰山 10 种草本植物营养器官 形态结构与生态适应性

江莎¹, 丁锐¹, 古松^{1*}, 陈旭辉¹, 许珂¹, 李清河²

(1. 南开大学 生命科学学院, 天津 300071; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100093)

摘要: 利用常规石蜡制片技术对生长在联峰山上的 10 种植物营养器官进行解剖学观察。主要结果如下: (1) 叶表皮细胞均为 1 层, 绝大多数无表皮毛, 气孔少; 异面叶或等面叶; 中脉维管束束数 1 至多个。(2) 根: 主要为次生构造, 也有初生构造的。但大多数植物无周皮; 皮层细胞的层数在不同植物中差异较大; 有些植物次生韧皮部普遍不发达, 次生木质部较韧皮部明显。(3) 茎: 表皮细胞均为 1 层, 具角质膜; 皮层细胞层数普遍较少, 外皮层有机组织存在; 维管束数目多个并呈一圈排列, 外韧或双韧; 髓部发达, 髓射线明显。该研究结果表明 10 种植物具有中生植物或阴性植物的结构特点, 是植物长期适应环境条件的结果; 该研究为更好地开发和利用植物提供了解剖学依据。

关键词: 联峰山; 草本植物; 营养器官; 形态结构; 生态适应性

中图分类号: Q944.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)01-0013-07

Anatomy of vegetative organs of 10 species in herbaceous plants on Lianfeng Mountain and ecological adaptation

JIANG Sha¹, DING Rui¹, GU Song^{1*}, CHEN Xu-Hui¹,
XU Ke¹, LI Qing-He¹

(1. College of Life Science, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Research
Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100093, China)

Abstract: The morphology and anatomy of vegetative organs of 10 species of herbaceous plant on Lianfeng Mountain were studied using paraffin section technology. The main results are as follows: (1) Leaf, one single layered-epidermis, no thricome and few stomata; isolateral or bifacial leaf; one or more than one vascular bound in main vein. (2) Root, secondary structure without periderm and primary structure were observed; the layers of cortex cells were different in different species. Undevelopmental secondary phloem and developmental secondary xylem exist in some species. (3) Stem, one single layered-epidermis with cuticle membrane; layered of cortex cells were few, mechanical tissues in outer cortex were observed; more than one vascular arranged in one circle. Collateral or bicollateral vascular bundle, developmental pith and medullary ray are obvious. The results indicated that the morphological and anatomical characteristics of 10 species in herbaceous plants on Lianfeng Mountain belong to mesophyte or shade-demanding plant, of which adapt to native environmental condition.

Key words: Lianfeng Mountain; herbaceous plants; vegetative organs; morphology and anatomy; ecological adaptations

收稿日期: 2007-05-31 修回日期: 2008-06-13

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金; 国家林业局“948”项目(2006-4-02); 天津市自然科学基金(07JCYBJC125400, 07JCYBJC12500); 南开大学科研启动基金[Supported by Initial Scientific Research Foundation for Returned Overseas Chinese Scholars, Ministry of Education; the “948” Program of National Bureau of Forestry(2006-4-02); the Natural Science Foundation of Tianjin(07JCYBJC125400, 07JCYBJC12500); Initial Scientific Research Foundation of Nankai University]

作者简介: 江莎(1960-), 女, 北京人, 副教授, 从事结构植物学研究, (E-mail)jiangsha@nankai.edu.cn.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: songgu@nankai.edu.cn)

联峰山位于河北省北戴河地区,海拔 153 m 左右。属暖温带、半湿润、季风型大陆性气候,处于我国东部沿海季风环流风带。日照充足,气候温宜,雨量适中,四季分明,年均气温 12.1 °C,暑期平均气温 24.5 °C,年均降雨量 678 mm,年均相对湿度 65%,无霜期 180 d;年均日照数 2 706 h;年均蒸发量 1 595 mm。由于地质、土壤、气候类型丰富,适宜各种药用植物生长。本文通过对地处北戴河地区的联峰山上分布的 10 种草本植物营养器官的形态结构进行比较研究,探讨其对当地环境的适应性,为研

究该地区草本植物生态适应性以及更好地开发和利用这些植物提供解剖学依据。

1 实验材料与方 法

1.1 实验材料

本论文所采集的植物均生长于联峰山的林下。2003 年 7 月中旬,选取生长正常植株的根、茎、叶(有的植物只采集了茎叶或根叶),FAA 固定液固定,带回实验室,进行解剖学观察与分析。所采植物凭证

表 1 实验材料及凭证标本

Table 1 Materials and voucher specimens

科名 Family	种名 Species	凭证标本 Voucher
茜草科 Rubiaceae	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	江莎 Jiang Sha 001
鸭跖草科 Commelinaceae	鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	江莎 Jiang Sha 002
蔷薇科 Rosaceae	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	江莎 Jiang Sha 003
菊科 Compositae	牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	石福臣 Shi Fu-chen 004
百合科 Liliaceae	玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	江莎 Jiang Sha 005
萝藦科 Asclepiadaceae	萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	石福臣 Shi Fu-chen 006
葫芦科 Cucurbitaceae	西瓜 <i>Citrullus lanatus</i>	石福臣 Shi Fu-chen 007
菊科 Compositae	抱茎苦苣菜 <i>Ixeris sonchi folia</i>	江莎 Jiang Sha 008
唇形科 Labiatae	丹参 <i>Salvia miltiorriza</i>	江莎 Jiang Sha 009
菊科 Compositae	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	石福臣 Shi Fu-chen010

表 2 叶的解剖构造

Table 2 Anatomical structure of leaves

种名 Species	叶厚 Leaf thickness (μm)	栅栏细胞长 Cell length of palisade (μm)	栅栏细胞宽 Cell width of palisade (μm)	气腔面积 Stomatal chamber area (μm^2)	上表皮厚	下表皮厚	木质部面积 Area of xylem (μm^2)	中脉面积 Area of main vein (μm^2)
					Adaxial upper epidermis thickness (μm)	Abaxial lower epidermis thickness (μm)		
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	320.072	96.576	38.039	4 374.043	48.256	40.648	25 078.517	293 296.636
鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	654.126	124.338	19.882	9 306.487	207.231	129.744	24 331.301	1 229 985.75
地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	371.212	88.298	28.832	4 893.537	66.674	27.032	8 702.507	187 399.406
牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	376.618	73.882	10.812	5 520.247	43.248	19.822	31 536.848	674 629.375
玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	592.858	64.872	12.614	10 274.154	109.922	104.516	21 431.547	809 940.375
萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	353.192	113.526	25.228	6 325.554	52.258	61.268	78 342.047	1 483 680.14
西瓜 <i>Citrullus lanatus</i>	491.946	140.556	25.228	—	43.248	61.268	13 644.752	1 183 654.62
抱茎苦苣菜 <i>Ixeris sonchi folia</i>	275.706	75.684	14.416	13 225.862	46.852	37.842	82 673.821	998 945.547
丹参 <i>Salvia miltiorriza</i>	273.904	59.466	7.208	—	61.268	64.872	113 600.188	1 497 724.22
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	331.568	84.694	14.416	5 406.595	50.456	30.634	17 846.635	454 839.125

标本均存放于南开大学生命科学学院植物标本室。

1.2 实验方法

实验材料经酒精脱水,常规石蜡切片法制片(李正理,1987),番红固绿双重染色(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并照相。坚硬材料经甘油-乙醇软化剂软化后进行石蜡切片的制作。LEICA CME 显微镜结合显微成像分析系统进行叶解剖测

量,每一指标测 20 个数值,取其平均值(表 2)。

2 结果

2.1 茜草 *Rubia cordifolia*

根:表皮细胞因次生生长而破损,周皮褐色;皮层具有 4~5 层薄壁细胞,内外皮层不明显;次生韧皮部细胞分化明显,由筛管、伴胞和韧皮薄壁细胞组

成;次生木质部约占半径的 1/2,导管明显可见,圆形或不规则形;初生木质部细胞较小(图版 I:1)。叶:上下表皮细胞各 1 层生活细胞;上表皮细胞较大,排列紧密,细胞外壁角质化加厚明显;下表皮细胞较小,角质化不明显;无表皮毛;气孔分布较少;异面叶,栅栏组织在延伸到叶脉上侧;中脉维管束 1 个、类圆形,木质部导管径向排列,韧皮部细胞相对较小;中脉维管束外围薄壁组织细胞较多;维管束外侧贴近上下表皮处均具有 1~2 层厚角组织细胞;侧脉维管束不发达(图版 I:2)。

2.2 鸭跖草 *Commelina communis*

根:表皮已不存在,外被周皮;皮层所占比例较大,细胞数层,内外皮层不明显;中柱鞘细胞已经脱分化形成了形成层的一部分,韧皮部位于木质部外围,主要由筛管、伴胞和薄壁细胞组成;维管形成层明显可见,已经开始进行次生生长;初生结构已经被次生构造挤到中心,次生木质部主要由导管、木薄壁细胞和纤维组成,位于初生木质部外侧(图版 I:3)。茎:初生构造。表皮细胞 1 层,角质层薄;表皮以内有 1~2 层厚角组织分布,再往内侧是薄壁组织;维管束分布于薄壁组织当中,靠近表皮的外韧维管束较小;机械组织不发达;髓所占比例大,细胞排列疏松,胞间隙明显,有明显的髓射线(图版 I:4)。叶:上下表皮均由 1 层生活的细胞组成,上表皮细胞大于下表皮细胞,表皮上有短锥形腺毛;气孔不发达;等面叶,叶肉均由栅栏组织组成,细胞排列不紧密有间隙;叶脉维管束 1 个且较小,数个导管细胞明显可见,韧皮部细胞较小;维管束上下两侧没有厚角组织分布,但有 1~2 层薄壁细胞(图版 I:5)。

2.3 地榆 *Sanguisorba officinalis*

根:初生构造。表皮细胞 1 层,排列整齐紧密,形状不规则,无角质化加厚;外皮层 2~3 层,细胞壁明显加厚;中皮层 7~9 层、为薄壁组织,占横切面的 1/2 以上;维管组织在横切面上所占比例较小,五原型根,明显可见木质部中导管,韧皮部不明显、细胞较小;髓部形成空腔(图版 I:6)。叶:有上下表皮之分,表皮均由 1 层生活细胞组成,角质层较薄或不明显,上表皮细胞比下表皮细胞稍大;气孔不明显;异面叶,栅栏组织 1 层;海绵组织细胞形状不规则,排列疏松;叶脉维管束 1 个且较小;维管束上下两侧有薄壁组织,贴近下表皮部位有厚角组织分布(图版 I:7)。

2.4 牛膝菊 *Galinsoga parviflora*

茎:由 1 层生活的表皮细胞组成,细胞排列紧

密,角质层不明显,无毛;皮层外侧可见 2~3 层厚角组织分布,厚角组织内侧为基本组织组成的中皮层,中皮层所占比例较小,约 3~5 层细胞组成,细胞较小,排列疏松;外韧维管束多个、排列成一圈;维管束中明显可见多个大小不一的导管细胞;髓占整个横切面的绝大部分,由大型薄壁细胞构成,有细胞间隙。靠近外部细胞较小,中部向内细胞逐渐增大,髓射线数条(图版 I:8)。叶:上下表皮细胞各 1 层,上表皮细胞大于下表皮细胞,无明显角质层;有气孔分布;异面叶,栅栏组织 1 层;海绵组织细胞形状不规则,排列疏松,细胞间隙较大;叶脉维管束 1 个且较小,明显突出于下表皮,维管束上下两侧有数层薄壁组织分布,但没有厚角组织;明显可见木质部导管,韧皮部位于远轴面(图版 I:9)。

2.5 玉竹 *Polygonatum odoratum*

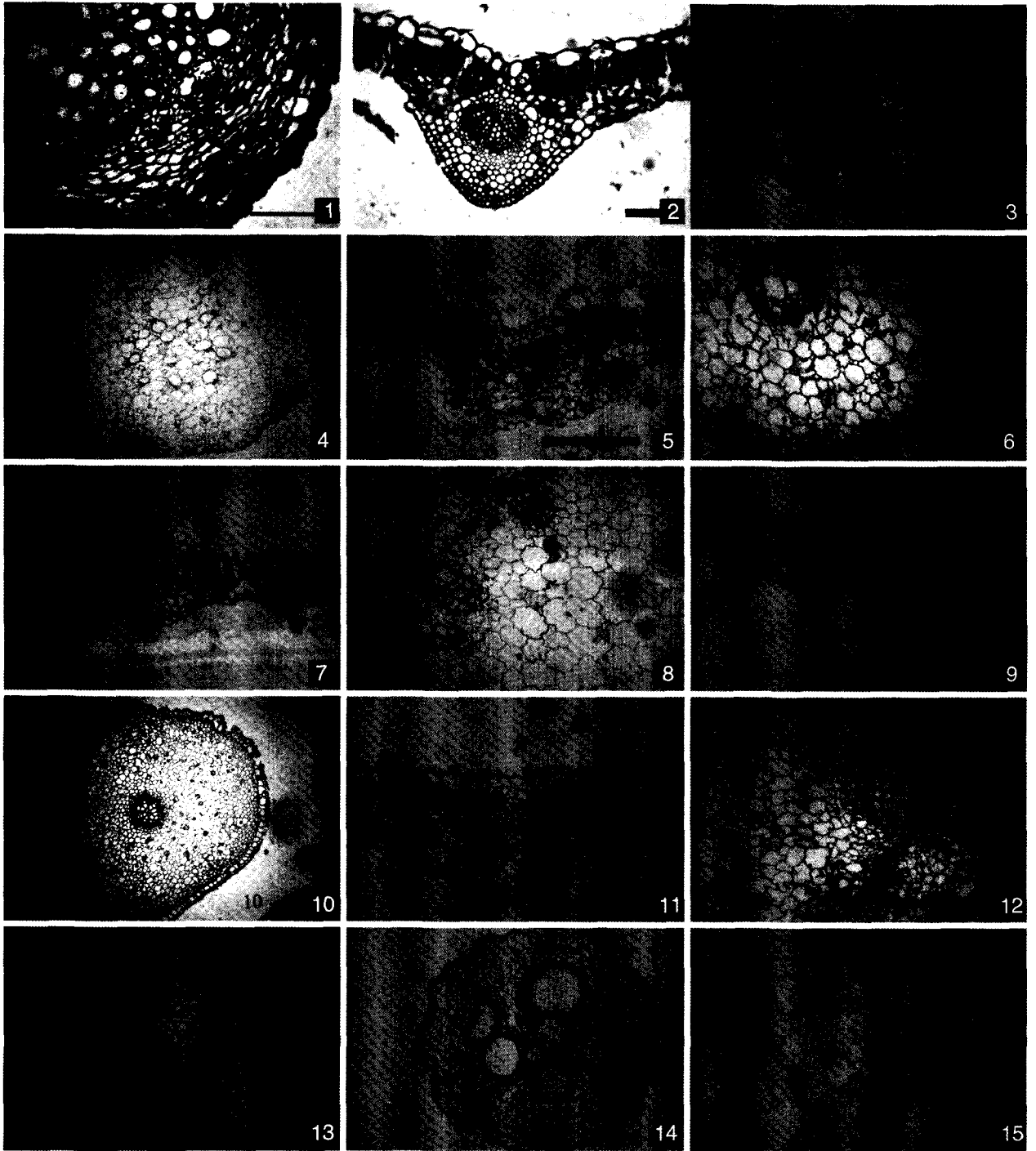
根:初生构造。表皮由 1 层生活细胞组成,细胞较小,排列紧密,无明显的角质化加厚;外皮层不明显,中皮层占茎横切面的大部分,内外皮层明显;根为多原型;辐射维管束,所占比例较小,有导管的分布,机械组织不发达(图版 I:10)。叶:上下表皮均由 1 层生活细胞组成,细胞较大且外壁都有加厚;气孔不发达;异面叶,栅栏组织一层,所占比例较少,海绵组织所占比例较大,细胞不规则;维管束 1 个且较小,木质部位于近轴面,明显可见导管,韧皮部位于远轴面;维管束上下两侧有薄壁组织分布,下表皮内侧可见 1 层厚角组织(图版 I:11)。

2.6 萝藦 *Metaplexis japonica*

茎:初生构造。生活的表皮细胞 1 层,细胞较小,排列紧密,角质层不明显;表皮内侧有厚角组织,皮层细胞数层,细胞较小,为薄壁组织;外韧维管束多个、排列成一圈,导管及木薄壁细胞明显,韧皮部位于木质部的外侧,束中形成层明显可见,已形成完整的形成层环,但没有明显的次生生长。髓部薄壁细胞由外围向中央逐渐增大,占横切面的大部分比例,髓部中央为中空,髓射线数条(图版 I:12)。叶:上下表皮各为 1 层生活的细胞,角质化不明显;气孔不发达;异面叶;主脉发达,具 3 个维管束,呈三角形排列,维管束明显突出于下表皮,形成层明显,但不具次生生长期;维管束上下表皮内侧无明显的厚角组织,但有数层薄壁组织分布(图版 I:13)。

2.7 西瓜 *Citrullus lanatus*

根:由 1 层生活的表皮细胞组成,细胞排列紧密;外皮层细胞的外壁加厚起保护作用,中皮层在根



图版 I 联峰山 10 种草本植物的营养器官形态结构 1. 茜草根横切示次生结构, 20 μm ; 2. 茜草叶横切, 30 μm ; 3. 鸭跖草根横切示次生结构, 40 μm ; 4. 鸭跖草茎横切示初生结构, 40 μm ; 5. 鸭跖草叶横切, 30 μm ; 6. 地榆根横切示初生结构, 30 μm ; 7. 地榆叶横切, 30 μm ; 8. 牛膝菊茎横切示初生结构, 30 μm ; 9. 牛膝菊叶横切, 30 μm ; 10. 玉竹茎横切示初生结构, 30 μm ; 11. 玉竹叶横切, 30 μm ; 12. 萝藦茎横切示初生结构, 30 μm ; 13. 萝藦叶横切, 40 μm ; 14. 西瓜根横切示初生结构, 30 μm ; 15. 西瓜茎横切示初生结构, 30 μm 。

Plate I Morphology and anatomy of vegetative organs of 10 species in herbaceous plants on Lianfeng Mountain 1. Secondary structure of root in *Rubia cordifolia*, 20 μm ; 2. Structure of leaf in *R. cordifolia*, 30 μm ; 3. Secondary structure of root in *Commelina communis*, 40 μm ; 4. Preliminary structure of stem in *C. communis*, 40 μm ; 5. Structure of leaf in *C. communis*, 30 μm ; 6. Preliminary structure of root in *Sanguisorba officinalis*, 30 μm ; 7. Structure of leaf in *S. officinalis*, 30 μm ; 8. Preliminary structure of stem in *Galinsoga parviflora*, 30 μm ; 9. Structure of leaf in *G. parviflora*, 30 μm ; 10. Preliminary structure of stem in *Polygonatum odoratum*, 30 μm ; 11. Structure of leaf in *P. odoratum*, 30 μm ; 12. Preliminary structure of stem in *Metaplexis japonica*, 30 μm ; 13. Structure of leaf in *M. japonica*, 40 μm ; 14. Preliminary structure of root in *Citrullus lanatus*, 30 μm ; 15. Preliminary structure of stem in *C. lanatus*, 30 μm .

中所占比例较大,由薄壁细胞组成,内皮层不明显;中柱鞘细胞不明显,辐射维管束,木质部位于横切面中央,占据了横切面的大部分比例,导管圆形,由原生木质部到后生木质部导管口径逐渐减小,韧皮部不明显,细胞较小(图版 I:14)。茎:初生结构。由 1 层生活的表皮细胞组成,细胞排列紧密,外壁角质化;皮层由 3~5 层细胞组成,外皮层有明显的厚角组织分布,中皮层 2~3 层,由薄壁细胞组成;双韧维管束 8 个、环状排列,木质部导管明显;髓占整个横切面的大部分比例,细胞较大,排列疏松,髓射线数条(图版 I:15)。叶:上下表皮细胞各 1 层,细胞大小基本相等,排列紧密,外壁轻微角质化或无角质化;无表皮毛;气孔数目较少;等面叶,栅栏组织 2 层,位于上下表皮的内侧,细胞圆柱形,长宽比大于 2;主脉含有 6 个大小不等的维管束,较大的维管束中可见呈径向排列导管;韧皮部位于远轴面,细胞较小,排列紧密;主脉明显突出于下表面,6 个维管束散生于薄壁组织之中;维管束处的上下表皮内侧均有 2~3 层明显的厚角组织分布(图版 II:16)。

2.8 抱茎苦苣菜 *Ixeris sonchi folia*

根:次生构造。表皮细胞 1 层,常随次生生长而破损,无周皮;皮层细胞数层,排列疏松,胞间隙明显;次生韧皮部分化不明显;次生木质部明显,约占横切面的 1/2,初生木质部已被挤到中央,细胞较小;木质部与韧皮部之间有维管形成层存在(图版 II:17)。茎:最外侧是 1 层生活的表皮细胞,排列紧密,细胞壁角质化明显;表皮内侧有明显的厚角组织;厚角组织内侧为数层薄壁组织,但细胞较小。外韧维管束位于皮层内侧,数目较多,排列成一圈;木质部导管数目多,径向排列,韧皮部细胞较小,排列紧密;髓占据了横切面的大部分比例,由薄壁细胞组成,由于茎在生长过程中髓被拉破,中心形成较大的空腔(图版 II:18)。叶:上下表皮细胞各 1 层细胞,排列紧密,细胞外壁角质化加厚,无表皮毛;气孔数目少;等面叶,同化组织细胞排列不紧密,胞间隙大;主脉发达、略突出于下表皮,有 3 个维管束,中央 1 个大,两侧 2 个较小;木质部位于近轴面,导管径向排列,韧皮部位于远轴面,细胞较小,排列整齐;维管束处的下表皮内侧有 1 层厚角组织细胞,3 个维管束散生于薄壁组织之中(图版 II:19)。

2.9 丹参 *Salvia miltioriza*

茎:呈四方形;表皮细胞 1 层,长方扁平状,排列整齐而紧密,外被角质层,无毛;皮层由多层细胞构

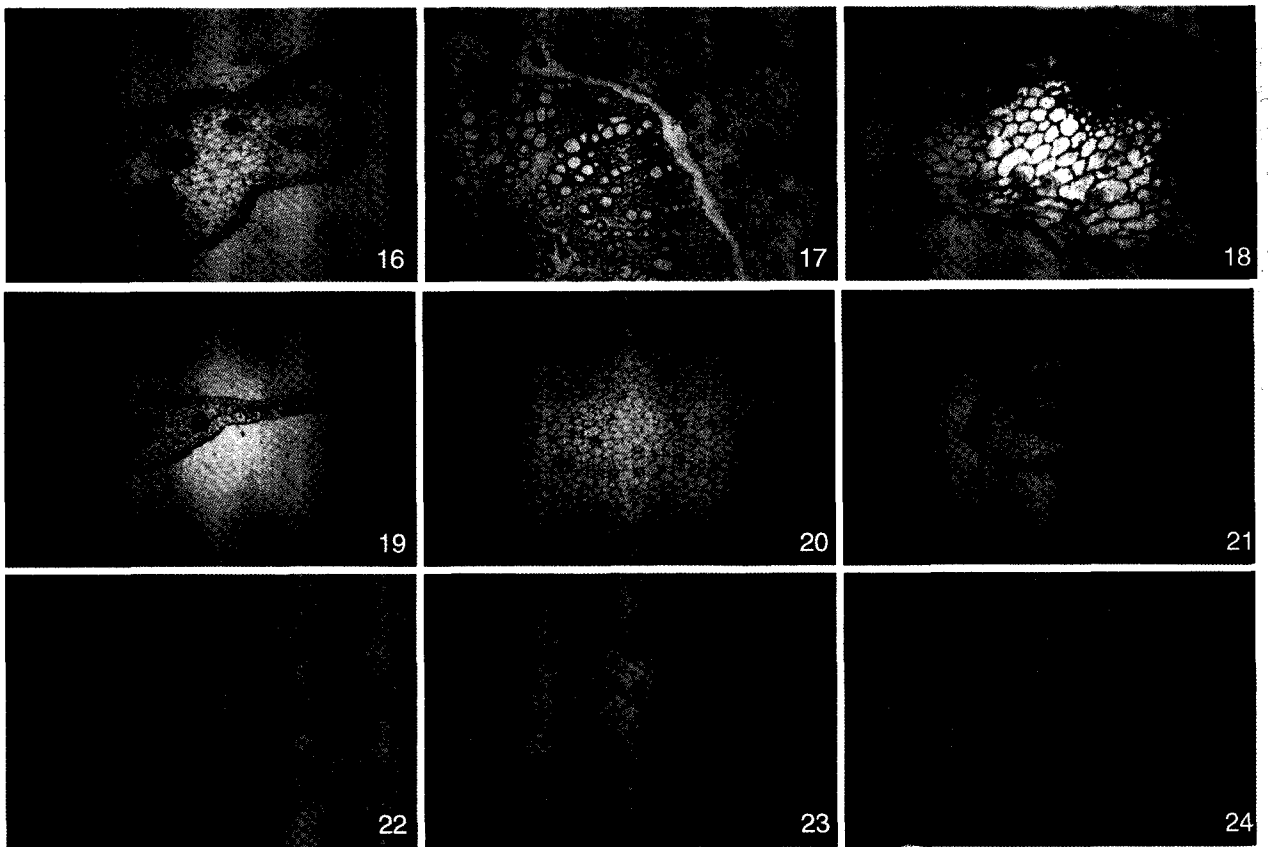
成,细胞壁薄,排列疏松,四角或棱角处的细胞常分化成厚角组织;外韧维管束四束,位于四个棱角处,韧皮部明显成环状、细胞较小;木质部位于内侧,导管细胞明显;髓占初生构造的比例较大,由薄壁细胞组成,髓部细胞中明显可见一些被染成粉红色的、明显较周围其它细胞大的细胞(图版 II:20)。叶:上下表皮均由 1 层生活的细胞组成,呈不规则圆形或方形,外壁轻微角质化;有气孔分布;异面叶;主脉明显突出于下表面,由 1 个维管束组成,维管束呈马蹄形,木质部位于近轴面,导管数目较多,径向排列整齐;韧皮部位于远轴面,细胞数目较少;维管束分布于薄壁组织之中,其上下表皮内侧均有 1~2 层厚角组织细胞分布(图版 II:21)。

2.10 阿尔泰狗娃花 *Heteropappus altaicus*

根:表皮细胞 1 层,常随次生生长而破损,无周皮;皮层细胞数层,为薄壁组织;次生韧皮部分化明显;次生木质部明显可见,占半径的 1/2 以上,主要成分为导管、木薄壁细胞和木纤维,由于次生生长的结果,初生结构不明显。形成层明显可见(图版 II:22)。茎:最外侧有 1 层生活的表皮细胞,呈类方形或长方形,被角质膜;皮层所占比例较小,仅几层细胞,皮层外侧为厚角组织,中皮层为薄壁组织,内皮层不明显;外韧维管束数个,大小不一,大小维管束相间排列成一圈;韧皮纤维明显,呈帽状分布于每个大维管束外侧,筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞较小;可见形成层环,但无次生组织产生;木质部导管径向排列;髓由大型薄壁细胞组成、占据面积较大。髓射线数条(图版 II:23)。叶:上下表皮均由 1 层长方形的生活细胞组成,细胞排列紧密,外被角质膜,无毛;有气孔;异面叶,栅栏组织 1 层;海绵组织细胞排列疏松;主脉有 1 个近圆形的维管束,木质部导管径向排列,韧皮部位于远轴面,细胞较小且不规则;维管束外侧贴近下表皮的部位有一层厚角组织存在,其周围还有少量的薄壁组织分布(图版 II:24)。

3 讨论

植物结构与生境适应性的研究报道很多,主要集中于沙生植物、旱生植物、短命植物及高山植物等方面(霍尔,1987;刘家琼等,1987;王勋龄,1989;宋玉霞等,1997;严昌荣等,2001;杨玉霞等,2003)。植物的结构是与其所处的自然环境是相适应的,因此,长期生长在联峰山的植物,其根、茎、叶的形成和发育



图版 II 联峰山 10 种草本植物的营养器官形态结构 16. 西瓜叶横切, 40 μm ; 17. 抱茎苦苣菜根横切示次生结构, 30 μm ; 18. 抱茎苦苣菜茎横切示初生结构, 30 μm ; 19. 抱茎苦苣菜叶横切, 10 μm ; 20. 丹参茎横切示初生结构, 40 μm ; 21. 丹参叶横切, 40 μm ; 22. 阿尔泰狗娃花根横切示次生结构, 30 μm ; 23. 阿尔泰狗娃花茎横切示次生结构, 30 μm ; 24. 阿尔泰狗娃花叶横切, 30 μm 。

Plate II Morphology and anatomy of vegetative organs of 10 species in herbaceous plants on Lianfeng Mountain 16. Structure of leaf in *C. lanatus*, 40 μm ; 17. Secondary structure of root in *Ixeris sonchi folia*, 30 μm ; 18. Preliminary structure of stem in *I. sonchi folia*, 30 μm ; 19. Structure of leaf in *I. sonchi folia*, 40 μm ; 20. Primary structure of stem in *Salvia miltiorriza*, 40 μm ; 21. Structure of stem in *S. miltiorriza*, 40 μm ; 22. Secondary structure of root in *Heteropappus altaicus*, 30 μm ; 23. Secondary structure of stem in *Heteropappus altaicus*, 30 μm ; 24. Structure of leaf in *Heteropappus altaicus*, 30 μm 。

必然会受到当地环境条件的影响, 从而产生相适应的结构特征。

3.1 叶片结构特征及其对环境的适应

该 10 种植物叶片解剖结构具下列共同特征: 叶表皮: 叶表皮细胞均为 1 层, 排列紧密, 绝大多数植物表皮上无毛, 只有鸭跖草叶表皮具短锥形腺毛。表皮角质化明显, 气孔不发达。叶肉: 根据叶肉细胞的类型可将叶分为两类, 一类为异面叶, 叶肉由栅栏组织和海绵组织组成。大多植物的栅栏组织为 1 层, 细胞排列较紧密。栅栏组织和海绵组织所占叶肉体积的比例基本相等。另一类为等面叶, 组成叶肉的组织分化不明显, 均由栅栏细胞组成。两类叶中均富含叶绿体。叶脉: 主脉维管束的发达程度在各植物中差异较大, 其中抱茎苦苣菜、西瓜和萝藦等三种植物叶片的中脉维管束为多个, 木质部的面积

分别可达到 13 644. 752 μm^2 , 78 342. 047 8 μm^2 和 2 673. 821 μm^2 。丹参、茜草和阿尔泰狗娃花等三种植物的中脉维管束各为一个, 但维管束较大, 木质部面积分别可达 113 600. 188 μm^2 , 25 078. 517 μm^2 和 17 846. 635 μm^2 。而玉竹、牛膝菊、地榆和鸭跖草的中脉维管束相对较小, 木质部面积分别可达到 21 431. 547 μm^2 , 31 536. 848 μm^2 , 8 702. 507 μm^2 和 24 331. 301 μm^2 。所有植物的侧脉维管束都较不发达。部分植物主脉处贴近上下表皮的部位都有厚角组织存在, 部分植物没有厚角组织的形成。

中生植物的叶分为 3 个部分: 表皮、叶肉和叶脉。表皮一般由表皮细胞、气孔与表皮附属物组成; 双子叶植物的叶肉多具有栅栏与海绵组织之分, 形成异面叶, 单子叶植物形成等面叶; 双子叶植物叶脉形成网状结构, 单子叶植物形成平行脉(王勋龄,

1981)。而阴生植物的叶片具有栅栏组织不发达,海绵组织发达的特点,从生态解剖的观点来看,可以形成等面叶;叶脉发达,机械组织少或缺等特征(Jackson, 1967; Huner 等, 1981; 王勋龄, 1989)。结合实验结果可以看出,一些植物叶片的解剖结构与典型的中生植物叶片的解剖结构接近,而另一些种的叶片结构与阴生植物的相近。可能与其所处的小气候环境,如林分郁闭度,光照强度以及水分蒸腾等条件有关。

3.2 根结构特征及其对环境的适应

由于采样的原因,我们观察了 6 种植物的根的解剖结构,其中 5 种都有次生构造,但次生生长的程度不同。地榆根只观察到了其初生构造。在有次生生长的根中,明显可见次生木质部的形成,但是多数植物无周皮的形成,仅有破损的表皮和比例较大的皮层。它们具有的共同特点如下:

表皮:表皮细胞均为 1 层,常随次生长而破损,大多数植物无周皮。皮层:皮层细胞的层数在不同植物中差异较大,皮层细胞一般排列疏松,外皮层常有加厚,主要起保护作用。中皮层所占比例较大,由薄壁组织组成。内皮层的明显程度依植物种类的不同而有差异,有的明显,有的不明显。维管组织:次生韧皮部普遍不发达,而次生木质部明显可见,占根横切面的 1/2 左右,木质部中导管明显可见,且数目较多,细胞口径较大。位于中央的初生木质部细胞较小。王勋龄等(1989)认为,中生植物根的表皮为一层细胞,皮层所占比例较大,外皮层与中皮层为一层的薄壁细胞,细胞间隙较大;而阴生植物的根不发达。另外,对于有些植物而言,可以形成次生分生组织产生根的次生构造。与王勋龄的研究结果相比较,本实验中涉及到的植物符合中生植物根或阴生植物根的结构特征。

3.3 茎结构特征及其对环境的适应

从植物茎的解剖结构来看,8 种植物均观察到了初生构造。表皮:表皮细胞均为 1 层,排列紧密,细胞外壁常有角质化加厚,主要起保护作用,有气孔分布,表皮上无附属结构。皮层:皮层细胞层数普遍较少,皮层细胞大,排列疏松,部分植物的皮层外侧有细胞壁,有加厚的机械组织存在,起支持作用。维管柱:茎中维管束呈一圈排列,由于植物种类不同,维管束数目也不相同。有外韧和双韧维管束,木质部主要有导管、管胞、木薄壁细胞和木纤维组成;韧皮部中的主要成分为筛管、伴胞、韧皮纤维及韧皮薄壁细胞组成。中柱鞘普遍不明显。髓位于茎的中

央,面积较大,由大型薄壁细胞构成,有细胞间隙,有的形成髓腔,都具有髓射线。

王勋龄等(1989)对于中生植物茎的结构特点的描述为表皮外覆盖有角质膜,有气孔分布;皮层主要由薄壁组织构成,有的还有厚角组织等;中柱鞘不明显,木质部主要有导管、管胞、木薄壁细胞和木纤维组成;韧皮部中的主要成分为筛管、伴胞、韧皮纤维及韧皮薄壁细胞组成。而阴生植物的茎木质化程度不高,机械组织不发达。结合对 10 种植物的观察结果,我们认为,茎的解剖结构具有中生植物茎或阴生植物茎的结构特点。

4 结论

根据植物对水分的要求可以将植物分为旱生、中生、水生植物;根据对光照强度的关系可以被分为阳性植物和阴性植物和耐阴性植物(崔凤江, 2005)。联峰山上的自然环境条件使生长在林下的植物都产生了与生长的环境特点相适应的结构特征。对于中生植物而言,形成异面叶;而对于阴生植物而言,其叶片的结构特点之一就是栅栏组织不发达,海绵组织发达(王勋龄等, 1989)。阴生植物的生态解剖学特点是可以形成等面叶,如田旋花(*Convolvulus aturrisensis*)的阴生叶,其叶肉形成了上下表皮内都是栅栏组织的等面叶(王勋龄等, 1989)。本实验所涉及的部分材料,虽然分布于林下,但是,由于林分的郁闭程度不高,即使生长在林下也能够得到适当的光照,并能保证有适宜的水分,所以形成了属于中生植物结构的范畴的形态结构。而另一些植物生长的小环境——林分的郁闭程度较高,光线投入到林内较少,水分环境比较优越,产生了阴生植物的结构特征。因此,我们认为 10 种在适应环境的过程中产生了与环境相适应的形态结构——中生植物或阴生植物的形态特征。

参考文献:

- 王勋龄,王静. 1989. 植物的形态结构与环境[M]. 兰州:兰州大学出版社
 李正理. 1987. 植物组织制片技术[M]. 北京:北京大学出版社
 霍尔 MA. 1987. 植物结构、功能和适应[M]. 北京:科学技术出版社, 115-120
 Cui FJ(崔凤江). 2005. The relationship between medical plants and environment in north region of China(北方药用植物栽培与环境的关系)[J]. *Fore By-Product Speciality in China*(中国(下转第 38 页 Continue on page 38))

致谢 本文承蒙中国科学院昆明植物研究所藏穆研究员指导,谨此致谢!

参考文献:

- 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1996. 横断山区真菌[M]. 北京:科学出版社
- 王云. 2003. 鲜美菌冠话鸡枞[J]. 饮食与健康,17(7):31
- 王向华,刘培贵,于富强. 2004. 云南野生商品蘑菇图鉴[M]. 昆明:云南科技出版社
- 卯晓岚. 2000. 中国大型真菌[M]. 郑州:河南科学技术出版社
- 毕志树. 1986. 鸡枞菌和羊肚菌的分类[J]. 中国食用菌,6(3):44-47
- 毕志树,郑国扬,李泰辉. 1994. 广东大型真菌志[M]. 广州:广东科技出版社
- 何绍昌. 1985. 贵州鸡枞菌的分类研究[J]. 真菌学报,4(2):103-108
- 应建浙,臧穆. 1994. 西南地区大型经济真菌[M]. 北京:科学出版社
- 张光亚. 1984. 云南食用菌[M]. 云南:云南人民出版社
- 张正富,阮兴业. 1986. 鸡枞菌一新种——大果鸡枞菌[J]. 真菌学报,5(1):10-13
- 杨祝良,帅建国. 1990. 云南西双版纳的几种鸡枞菌[J]. 食用菌,12(6):2
- 林树钱. 1981. 鸡枞菌与蚁巢初探[J]. 食用菌,(1):19-20
- 林志能. 2000. 鸡枞菌的特征特性的研究[J]. 食用菌,22(5):11-12
- 胡忠策,郑晓冬. 2000. 鸡枞菌的研究进展[J]. 中国食用菌,19(4):20-22
- 胡秀清,邓华平. 2000. 鸡枞菌研究现状[J]. 食用菌学报,8(1):54-58
- 胡秀清. 2000. 贵州省水域县野生鸡枞菌资源调查[J]. 食用菌,22(4):7-7
- 贺新生. 1995. 中国鸡枞菌的种类与分布[J]. 食用菌,(6):3-4
- 徐锦堂. 1997. 中国药用真菌学[M]. 北京:北京医科大学,中国协和医科大学联合出版社
- 黄年来. 1998. 中国大型真菌原色图鉴[M]. 北京:中国农业出版社
- Bels P, Pataragetvit S. 1982. Edible mushrooms in Thailand, cultivated by termites[M]//Zhang, Quimio (eds). Tropical Mushrooms: biological nature and cultivation methods. HongKong: Chinese University Press, 445-461
- Iearce GD. 1987. The genus *Termitomyces* in Zambia[J]. *Mycologist*, 1:111-116
- Kirk PM, Cannon PE, David JC, et al. 2001. Dictionary of the Fungi, 9th edition[M]. Wallingford: CAB International
- Pegler DN, Vanhaecke M. 1994. *Termitomyces* of Southeast Asia [J]. *Kew Bulletin*, 49(4):717-736
- Pegler DN. 1977. A preliminary agaric flora of East Africa[J]. *Kew Bulletin Addition Series VI. Termitomyces*: 277-295
- Rolf singer. 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy [M]. Federal Republic of Germany
- Sathe AV, Sandhya Deshpande. 1980. Agaricales (mushrooms) of Southwest India [M]. India: Maharashtra Association for the Cultivation of Science, Research Institute
- Turnbull E, Watling R. 1999. Some records of *Termitomyces* from old world rainforests[J]. *Kew Bull*, 54:731-738
- Tobias Froslev. The genus *Termitomyces* Fungi of Burkina Faso (www.mycology.com)
- Van Der Westhuizen GCA, Eicker A. 1990. Species of *Termitomyces* occurring in South Africa[J]. *Mycol Res*, 94:923-937
- Wei TZ, Yao YJ, Li TH. 2003. First record of *Termitomyces entolomoides* in China[J]. *Mycotaxon*, 88:433-438
- Wei TZ, Yao YJ, Wang B, et al. 2004. *Termitomyces bulborhizus* sp. nov. from China, with a key to allied species[J]. *Mycol Res*, 108(12):1458-1462
- Wei TZ, Tang BH, Yao YJ, et al. 2006. A revision of *Sinotermitomyces*, a synonym of *Termitomyces* (Agaricales)[J]. *Fungal Diversity*, (21):225-237
- Zang M. 1981. *Sinotermitomyces*, a new genus of amanitaceae from Yunnan, China[J]. *Mycotaxon*, (13):171-174
- Zang M. 1992. Contribution to the study on the genus *Sinotermitomyces* from Asia[J]. *Mycotaxon*, (44):21-26
- Zang M, Chen CM. 1998. Four new taxa of *Basidiomycota* from Taiwan[J]. *Fungal Science*, (3):23-28
- Zang M(臧穆). 1981. Notes on the classification and distribution of *Termitomyces* from Yunnan(云南鸡枞菌属的分类与分布的研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 3(3):367-374

(上接第19页 Continue from page 19)

林副特产), 74:77-78

- Huner NPA, Palta JP, Li PH, et al. 1981. Anatomical changes in leaves of *Pumarye* in response to grow that cold hardening temperature[J]. *Bot Gaz*, 142:55-62
- Jackson LWR. 1967. Effect of shade on leaf structure of deciduous tree species [J]. *Ecology*, 48:498-499
- Liu JQ(刘家琼), Pu JCh(蒲锦春), Liu XM(刘新民). 1987. Comparative studies on water relations and xeromorphic structures of some plant species in the middle part of the desert zone in China(我国沙漠中部地区主要不同生态类型植物的水分关系和旱生结构比较研究)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 29(6):662-673
- Song YX(宋玉霞), Yu WP(于卫平), Wang LY(王立英), et al. 1997. An anatomical study on xeromorphic structure of the different life form plants in Helan Mountain(贺兰山10种不同生

活型植物旱生结构的研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 17(5):61-68

- Xu Q(徐青). 1999. The improve double-stain technology of paraffin section(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
- Yan CR(严昌荣), Han XG(韩兴国), Chen LZ(陈灵芝). 2001. Water use efficiency of six woody species in relation to micro-environment factors of different habitats(六种木本植物水分利用效率和其小生境关系研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 21(11):1952-1956
- Yang YX(杨玉霞), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良). 2003. Study on comparative anatomy of different population of *Houttuynia*(蕺菜属不同居群间比较解剖学研究)[J]. *Guihai*(广西植物), 23(5):429-435