

高山植物结构特异性的研究

王为义

(中国科学院西北高原生物研究所)

本文探讨了青藏高原高山植物(未包括垫状植物)的形态结构对高山生态环境适应的方式和途径,阐述了植物的结构同功能关系的某些方面。讨论这些关系,对了解青藏高原高山植物发展演化的趋势,研究其植物的区系成分和地理分布,提供一些科学依据。

一、材料与与方法

作者观察了近100种植物的内部结构。这些植物分属于蓼属(Polygonum)、大黄属(Rheum)、无心菜属(Arenaria)、乌头属(Aconitum)、鸭跖花属(Oxygraphis)、绿绒蒿属(Meconopsis)、葶苈属(Draba)、虎耳草属(Saxifraga)、委陵菜属(Potentilla)、苌巴草属(Sibbaldia)、杜鹃花属(Rhododendron)、龙胆属(Gentiana)、报春花属(Primula)、筋骨草属(Ajuga)、绵参属(Eriophyton)、苣荬属(Anisodus)、马尿泡属(Przewalskia)、兔儿草属(Lagotis)、马先蒿属(Pedicularis)、垂头菊属(Cremethodium)、风毛菊属(Saussurea)和绢毛菊属(Sorosseris)等,其中的大多数为草本植物,少数为灌木。它们生长在海拔3500—5100米的高山上。供实验观察的材料均为植物的地上营养器官,在采集地直接固定。实验方法按植物解剖学的常规法进行。

二、观察结果和讨论

青藏高原的高山植物,由于长期受高原空气稀薄,寒冷异常,多大风、大雪或冰雹等生态因素的影响,植株大多变得低矮,呈垫状或莲座状,身被绵毛或绒毛,根系发达且与地面平行展开,其中的大多数植物营无性繁殖。那么,同低海拔地区的植物相比,这些高山植物的内部结构有哪些方面的特异性呢?这也许是较多植物形态学家感兴趣的问题之一。作者在长期从事青藏高原植物考察过程中,有机会收集那些在高原上种类居多数,分布面广的高山植物,并利用植物解剖学的方法,对它们进行内部结构的观察,积累了有关方面的资料。在经过综合整理,对比分析了这些资料后发现:青藏高原的高山植物,在适应高原特殊的生态环境方面,其内部结构表现出多方面的特异性。它们的外部形态与内

本文1984年3月9日收到

部结构之间,结构同功能之间,表现出高度的统一。现将观察到的某些方面,分述如下:

1. 植物体内具有发达的通气组织

通常提到的通气组织,往往指水生植物和沼泽植物的结构特征。这些植物为了适应水中或土壤中空气相对减少的环境,发展通气组织作为气体的储藏所,并支持植物体漂浮在水中或露出水面 (Daubenmire, 1954; Burstrom, 1963; Nultsch, 1978),但是通气组织在高山植物中也较为广泛,存在的形式有通气薄壁组织(图版 I:1—2)、通气道(图版 I:3)和腔隙薄壁组织(图版 I:4) 3 种类型。它们存在于地上营养器官茎的皮层和髓中,叶柄的薄壁组织中,叶片的中脉和叶肉组织中。如小大黄 (*Rheum pumilum*)、鸭跖花(*Oxygraphis glacialis*)、雪山报春 (*Primula nivolis*)、窄萼报春 (*P. stenocalyx*)、唐古特报春 (*P. tangutica*)、短管兔儿草 (*Lagotis breviflora*)、瓦氏兔儿草 (*L. ramalana*) 和喜马拉雅垂头菊 (*Crementhodium decaisei*) 等植物茎的皮层、髓和叶柄中形成通气薄壁组织;车前叶垂头菊 (*Crementhodium plantagineum*)、水母雪莲 (*Saussurea medusa*)、紫苞风毛菊 (*S. tangutica*)、橐吾风毛菊 (*S. quercifolia*)、和绢毛菊 (*Sorosaris hookeriana*) 等植物的茎和叶柄的薄壁组织中形成巨大的通气道;头花蓼 (*Polygonum sphaerostachyum*)、黑芯无心菜 (*Arenaria melanania*)、唐古特虎耳草 (*Saxifraga tangutica*)、头花杜鹃 (*Rhododendron capitatum*) 和百里香杜鹃 (*R. thymifolium*) 等植物的叶肉组织中形成极其发达的腔隙薄壁组织。但应当指出,事实上在许多植物中,于同一植物体内,同时存在着通气薄壁组织、通气道和腔隙薄壁组织,如鸭跖花、唐古特报春和喜马拉雅垂头菊等植物。

青藏高原高山陆生植物中,具有发达的通气组织的原因,主要不是植物受水分的影响,而是高山空气稀薄,氧分压低所致。根据高山医学文献记载(迈克尔·沃德,1974),青藏高原的氧分压只有海平面的 70%,即高原上 O_2 和 CO_2 的浓度只有标准条件下的 2/3。这样低的 CO_2 浓度,可能会降低光合作用的速率,延长植物的生育期。然而,高原上有利于植物生长发育的时间只有 2—4 个月。因此,植物要在短短的时间内正常地完成个体发育,可能同高原 CO_2 浓度低相矛盾。通气组织的发展是对青藏高原海拔高、空气稀薄、氧分压低的一种功能性的反应,类如陆生植物向空气稀薄的水生环境演化进程中发展了通气组织一样,白天于其中积累光合作用的副产品 O_2 ,到了夜间在呼吸的过程中消耗掉,此时, CO_2 又重新积累起来,又为白天的光合作用提供原料。由于通气组织成了气体的储藏所,从根本上克服了高原上空气稀薄对植物的危害。同时,由于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。植物体中充满气体,也起到了一定的保温作用,减轻了低温的冻害。

2. 湿地植物体内的“旱生”结构

湿地植物在青藏高原种类多,分布也广,其植物体内表现出明显的旱生特性:叶片缩小且增厚,质地较坚硬。表面多毛被或覆一层厚的角质层,气孔下陷,气孔指数降低;栅栏组织发达,栅表比值高,胞间隙小;叶脉中机械组织发达。茎坚硬且富有弹性,木质部主要由纤维组成,导管少且直径小。在灌木植物中,木栓组织极为发达。如藏嵩草 (*Kobresia tibetica*) 为湿生植物(周兴民,1979),分布在青藏高原东部 3300—3900 米的洼地,株高 10—40 厘米,秆硬;叶片线形且厚;角质层发达,栅栏组织 4—7 层,紧密排列,维管束鞘的

细胞壁加厚,发达的机械组织分布在中脉周围或它的远轴面。蔷薇科植物芯巴草 (*Sibbaldia* sp.) 为灌木,高 10—20 厘米,属于中生植物,分布在海拔 4000 米以上的高山上,它生长的环境土壤潮湿,或土表解冻后有水,茎坚硬且具弹性,木栓层的厚度几乎等于中柱中木质部的厚度(图版 I:6),细胞很小,排列整齐,胞壁强烈栓化;中柱鞘部位由厚角组织占据;木质部发达,导管数较多,但直径很小,分散在木纤维中。木纤维胞壁很厚,但并非木化。叶片小且几乎等厚,表面密生单细胞毛,并覆盖厚的角质层,气孔下陷,仅分布在远轴面;栅栏组织 2 层,占叶片厚的 3/5,排列整齐而密集,其中邻接表皮的 1 层细胞特别延长,胞壁稍加厚,海绵组织中几无胞间隙;维管束周围的细胞中含粘液;叶片近轴面中脉处的表皮细胞显著增大,排列成扇形(图版 I:5),类似禾本科或莎草科植物叶表皮上的泡状细胞 (Culter, D. F., 1978)。生长在高山阴坡或半阴坡的杜鹃属 (*Rhododendron*) 的有鳞亚属 (*Subgen. Rhododendron*) 的某些种为常绿灌木,叶片小而厚,革质,表皮细胞的表面具乳头状突起,在外壁上覆盖厚的角质层,并密集生长着圆盘状或星芒状腺毛(图版 I:4),气孔很少,仅分布远轴面,并陷入表皮之下;栅栏细胞数层,排列密集而整齐,胞壁微木化。茎表木栓层发达,胞壁厚;木质部比例大,细胞壁均木化(王为义,1982)。

以上 3 类植物,它们生长地区的土壤含水量都很高,然而,它们的内部结构却呈旱生化。其原因主要由于长期低温作用的结果。低温使土表以下的冻土层厚,水常以固态的形式存在,不易被植物的根系吸收,即使在 7—8 月份,白天土表解冻,温度一般也只有 1—2℃(秦志业,1980),晚间又降到—10℃以下,因此,只有白天土壤中有部分水分可供植物吸收。同时,低温也使植物细胞原生质粘度外高,渗透压降低,阻止细胞的吸收。正如 Greulach (1973) 指出的“水的粘度随着温度的降低而外高……,根细胞的渗透性随着温度的下降而降低,这样就增加了水分向根组织运动的阻力。如果温度变得足够低时,土壤水分冻结,那么根的吸收作用基本停止”。因此,使植物体难以补偿由于根系吸收水分减少和蒸腾过程中所失水分过多的亏损状态,逐渐形成了这类“旱生”的结构特征。这类结构特征是植物体对低温下水分供应高度不平衡状态的一种能动的反应,它可以防止由于低温和干旱而引起的胞间隙结冰或过度蒸腾,而从原生质中吸水,导致不可逆的原生质沉淀,引起细胞的死亡。所以,这种“生理性的旱生”结构,既有保温性能,又可降低植物的蒸腾速率,是高山植物一种高度进化的结构特征,它能保证这类植物在高山寒冷地区的生存和繁衍,稳定其区系成分,并维持着这些地区的生态平衡。

3. 草本植物中支持结构普遍发达

青藏高原植物中,草本植物居多数(表 1),主要包括以下诸方面:

(1) 厚角组织是一类分布最广的机械组织,直接在表皮下或离开表皮 2—多层细胞。在茎中,沿着轴的周围形成连续的环,在脊处常形成束或沿中柱维管束的内外两侧分布,外侧最常见。在叶柄中,厚角组织的分布类似在茎中。在叶片中,也位于叶脉处表皮之下,数层或束状,更多地是在肋处,有时在肋的上下两侧,或仅在下侧。叶缘发育出厚角组织常见。

(2) 厚壁组织是另一类分布广的机械组织,主要由纤维组成。在茎中,主要分布在维管束鞘的部位,呈束状或帽状(图版 II:6),或带状(图版 II:4),有些则围绕维管束分布,或位于髓的周边。在有些植物的叶柄和叶片中,也观察到厚壁组织。厚壁组织的细胞壁往

表 1 一些高山植物中

Table 1 The distribution of the supporting

项目 Items	支持结构的类 The types and the positions of				
	厚角组织 Collenchyma				厚壁组织
	茎 Stems		叶 Leaves		茎
	周边 Peripheries	中柱 Vas. cylinders	叶柄 Petioles	叶片 Leaf blades	维管束外侧 Outside vas. bund.
高山蓼 <i>Polygonum alpinum</i>	非常发达 Very developed		2—3 层 2—3 layers		束状排列、胞壁厚,非木化 Arranged in bun., cell walls thickened, but unlignified
头花蓼 <i>P. sphaerostachyum</i>	1—3 层 1—3 layers		周边 2—3 层及中脉下边 2—3 layers in periphery as well as abaxial of median vas. bund	表皮与叶肉间的 1 列细胞 A layer of cell between epidermis and mesophyll.	
福绿草 <i>Arenaria Przewalskii</i>	位于角处 Situated at corners	二层,位于维管束的外侧 2 layers outside vas. bund		位于表皮下 Beneath epidermis.	数层,带状排列。胞壁厚,后期木化 A few layers arranged in band. cell walls thickened, but unlignified
黑志无心菜 <i>A. melanandra</i>	同于福绿草 Similar to <i>Arenaria przewalskii</i>	数层,位于维管束外侧 A few of layers situated outside vas. bund			
舟形乌头 <i>Aconitum napellus</i>	表皮下的数层细胞 A few of layers situated below epidermis				
唐古特乌头 <i>A. tanguticum</i>	表皮下的细胞切向壁加厚,非木化 Cellular tangential walls thickened below epidermis and unlignified		表皮下 1—2 列和维管束周围的细胞 1—2 layers of cells below epidermis and some cells around vas. bund	中脉和部分侧脉周围的数层细胞 A few cells of layers around median and lateral veins	束状排列,胞壁加厚,非木化。 Arranged in bund. Cell walls thickened, but unlignified
鸭跖花 <i>Oxygraphis glacialis</i>				背面表皮下 Beneath epidermis in abaxial.	

项目 Items	支持结构的类 The types and the positions of				
	厚角组织 Collenchyma				厚壁组织
	茎 Stems		叶 Leaves		茎
植物名称 Species	周边 Peripheries	中柱 Vas. cylinders	叶柄 etioles	叶片 Leaf blades	维管束外侧 Outside vas. bund.
刺毛绿绒蒿 <i>Meconopsis horridus</i>	角处特别发达 Very developed at corners	在维管束上下两侧特别发达 Very developed in adaxial and abaxial of vas. bund	对着维管束的表皮下及维管束两侧 Below epidermis opposite vas. bund. and in adaxial and abaxial of vas. bund.	同于左 Similar to the left.	
全缘绿绒蒿 <i>M. integrifolia</i>			呈束状位于表皮下和维管束周围 Situating below epidermis and around vas. bund. in bund	位于表皮下和维管束下边 Beneath epidermis and in abaxial of vas. bund	
红花绿绒蒿 <i>M. punicea</i>				位于表皮下和维管束顶胞壁厚,非木化 Below epidermis and at top of vas. bund. Cell walls thickened but unlignified	
高山葶苈 <i>Draba alpina</i>	表皮下 Beneath epidermis	位于维管束周围 Situating around vas. bund			
黑心虎耳草 <i>Saxifraga atrata</i>					数层排成带状,胞壁非木化 A few of layers arranged in band. Cell walls thickened but unlignified
山地虎耳草 <i>S. montana</i>					10层左右,排成带状.胞壁增厚,并木化 About 10 layers arranged in band. Cellular walls thickened and unlignified
唐古特虎耳草 <i>S. tangutica</i>					数层,排列成带状,胞壁加厚,并木化 A few of layers arranged in band. Cell walls thickened and lignified.
轮叶棘豆 <i>Oxytropis falcata</i>	2—3层 2—3 layers		1—2层 1—2 layers.		束状排列,胞壁厚,非木化. Arranged in bund Cell walls thickened but unlignified.

续表 1 Continuous Table I

型及存在部位 the supporting structures in plants					目录
Sclerenchyma		Epidermal and parenchymatous cells with thickened walls.			
Stems	叶 leaves		表皮 Epidermises		表皮与维管束间的薄壁组织 Parenchyma between epidermises and vas. bund
维管束内侧 Inside vas. bund.	叶柄 Petioles	叶片 Leaf blades	茎 Stems	叶 Leaves	
细胞小, 胞壁加厚, 非木化, 或栓化 Arranged in band. Cell wall thickened, but unligified					豆蔻 Oxytropis albidifolia
					细胞小, 胞壁厚, 非木化, 或栓化 Cell small, cell walls thickened, but unligified or not cork.
		细胞小, 胞壁加厚, 非木化, 或栓化 Arranged in ring. Cell walls thickened but unligified			同于全缘绿绒蒿 Similar to M. integrifolia.
			细胞切向壁加厚, 非木化, 或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unligified or not cork.		
			细胞切向壁加厚, 非木化 Cellular tangential walls thickened, but unligified.		
			细胞切向壁加厚, 并栓化 Cellular tangential walls thickened and corky.	同于左, 但胞壁非木化或栓化 Similar to the left, but Cell walls unligified or not cork.	
			细胞切向壁加厚, 非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened but unligified or not cork.	同于山地虎耳草 Similar to S. montana.	
同于左 Similar to the left.	1-2层, 胞壁加厚, 并木化 1-2 layers, cell walls thickened and lignified.				

Table 1

支持结构的类
The types and the positions of

项目 Items	厚角组织 Collenchyma					厚壁组织
	茎 Stems			叶 Leaves		茎
	周边 Peripheries	中柱 Vas. cylinders	叶柄 Petioles	叶片 Leaf blades	维管束外侧 Outside vas. bund.	
镰形棘豆 <i>Oxytropis chiliophylla</i>					带状排列, 胞壁加厚, 非木化 Arranged in band. Cell wall thickened, but unlignified	
雪山报春 <i>Primula nivalis</i>						
唐古特报春 <i>P. tangutica</i>			环状排列, 胞壁增厚, 非木化 Arranged in rings. Cell walls thickened but unlignified			
大花龙胆 <i>Gentiana szechenyii</i>						
西藏扭连钱 <i>Phyllophylon tibeticum</i>	位于角处 Situating at corners	2—3层, 位于维管束的两侧。 2—3 layers situated at abaxial and adaxial of vas. bund				
黄花山莨菪 <i>Anisodus tanguticus var. viridus</i>	特别发达 Very developed		数层, 在表皮下 A few of layers below epidermis		排成断续的环 Arranged in discontinuous rings	
马尿泡 <i>Przewalskii tanguticum</i>	较发达 More developed	数层, 在中柱外排列成带 A few of layers arranged in band outside vas. bund	在表皮下和维管束周围成带状排列 Arranged in band below epidermis and around vas. bund			
瓦氏兔儿草 <i>Lagotis ramanala</i>		位于维管束外侧, 胞壁厚, 非木化 Situating outside vas. bund., Cell walls thickened but unlignified	沿维管束分布 Distributed around vas. bund	同左 Similar to the left		

续表 1 Continuous Table 1

型及存在部位
the supporting structures in plants

Sclerenchyma		Epidermal and parenchymatous cells with thickened walls.			
Stems	叶 Leaves		表皮 Epidermises		表皮与维管束间的薄壁组织 Parenchyma between epidermises and vas. bund
维管束内侧 Inside vas. bund	叶柄 Petioles	叶片 Leaf blades	茎 Stems	叶 Leaves	
同于左 Similar to the left	大叶柄中干... Distributed round median and lateral veins.	层状中... A few of layers attached in rings around vas. bund	层状中... A few of layers attached in rings around vas. bund		草儿... Lagotis sp.
			细胞切向壁加厚, 非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unglified or not cork	同于左 Similar to the left	... Lobelia
... Lobelia				1-2 层	... Lobelia
			细胞切向壁加厚, 非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unglified or not cork		... Grewia
					... Lobelia
同于左 Similar to the left					... Lobelia
			细胞切向壁加厚, 非木化 Cellular tangential walls thickened, but unglified.	同于左 Similar to the left	... Lobelia
Very developed					... Lobelia

项目 Items	支持结构的类 The types and the positions of				
	厚角组织 Collenchyma				厚壁组织
	茎 Stems		叶 Leaves		茎
植物名称 Species	周边 Peripheries	中柱 Vas. cylinders	叶柄 Petioles	叶片 Leaf blades	维管束外侧 Outside vas. bund.
西藏兔儿草 <i>Lagotis</i> sp.		数层, 沿中柱环状分布 A few of layers arranged in rings around vas, bund	数层, 位于皮层和中柱之间 A few of layers situated between cortex and vas. bund	位于中脉和侧脉周围 Distributed around median and lateral veins.	维管束鞘成断续的环, 胞壁厚, 非木化 Vas. sheath cells arrange in discontinuous rings. Cell walls thickened, but unlignified.
喉毛马先蒿 <i>Pedicularis losiophras</i>	2—3层, 环状排列, 胞壁厚, 非木化 2—3 layers arranged in rings. Cell walls thickened. but unlignified				带状排列, 胞壁加厚, 并强烈木化 Arranged in band. Cell wall thickened and lignified strongly
匙叶翼首草 <i>Pteroccephalus hookeri</i>	1—2层 1—2 layers				同于喉毛马先蒿 Similar to Pedicular losiophras
车前垂头菊 <i>Crementhodium plantagineum</i>	2—3层 2—3 layers	维管束两侧及它们之间 Distributed in abaxial and adaxial of vas. bund. and between them both	1—3层在中脉周围和侧脉内外两侧 1—3 layers distributed around median veins and in abaxial and adaxial of lateral bund	对着中脉的表皮下 2—3层, 侧脉内外两侧 2—3 layers situated below epidermis and in abaxial and adaxial of lateral veins	
线叶垂头菊 <i>Cre. lineare</i>	同于车前垂头菊 Similar to Cre. planta gineum	同于车前垂头菊 Similar to Cre. planta gineum	位于维管束的两侧 Situating in abaxial and abaxial		
水母雪莲 <i>Saussurea medusa</i>		成束地排列在维管束两侧 Arranged in bund. in abaxial and adaxial		表皮下和维管束顶 胞壁厚, 非木化 Situating below epidermis and at top of vas. bund. Cell walls thickened, but unlignified.	
紫苞风毛菊 <i>S. tangutica</i>			在维管束下边 Situating at abaxial of vas, bund		非常发达 Very developed

续表 1 Continuous Table 1

型及存在部位 the supporting structures in plants

Sclerenchyma			Epidermal and parenchymatous cells with thickened walls.		
St. ems		叶 leaves	表皮 Epidermises		表皮与维管束间的薄壁组织
维管束内侧	叶柄	叶小片	茎 Stems	叶 Leaves	Parenchyma between epidermises and vas.bund
Inside vas. bund.	Petioles	Leaf blades			
同于左 Similar to the left	维管束鞘细胞壁加厚,非木化 Cellular walls of vas. bund. sheath thickened but unligified	同于左 Similar to the left	细胞切向壁加厚,非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unligified		
			细胞切向壁加厚,非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unligified or not cork	同于左 Similar to the left	
			细胞切向壁增厚,非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unligified or not cork	同于左 Similar to the left	
			同于车前垂头菊 Similar to Cre. plantagineum	同于车前垂头菊 Similar to Cre. planta gineum	
					细胞小,胞壁厚,非木化或栓化 Cells small, cell walls thickened, but unligified or not cork
同于左 Similar to the left			细胞切向壁加厚,非木化或栓化 Cellular tangential walls thickened, but unligified or not cork	同于左 Similar to the left	胞壁增厚,非木化或栓化 Cell wallsthickened, but unligified or not cork

往强烈加厚但并非木化,或直到生长后期才渐木化。

(3) 有些植物体内缺少支持组织,或不显著,输导组织也不发达,但位于支持组织部位的普通薄壁组织,其细胞显著纵向延长,细胞壁稍加厚(图版 II:3),代替支持组织的作用。

(4) 覆盖组织是一类保护组织,但在高山植物中,也起显著的支持作用。表皮细胞壁的加厚是一种极为普遍的现象(图版 II:7-8),在茎、叶柄或叶片中均可观察到。细胞壁的加厚,主要发生在切向壁上,或仅在切向外壁上,少数植物表皮的细胞壁可以木化或栓化(Иванская, 1962)。

草本植物为了适应高山的环境,在长期的进化过程中,以多种不同的方式减少体内柔软的薄壁组织的比例,发展支持结构,增强细胞壁的抵抗强度。这种加厚的细胞壁坚硬且富有弹性,自身含水量低,但持水力很强,可以抗萎蔫,抗大雪、冰雹和大风引起的各种机械损伤,这也是高山植物一种特化的结构特征

4. 同种植物中具有多种适应环境的形态结构特征

青藏高原严酷的生态条件是多方面的,它们同时起着作用,因此,在同一植物体内可以存在多种特殊的结构,以适应综合的生态环境,完成植物的生长发育。如短管兔儿草,分布在4000米以上,那里常刮7—8级大风,并伴随大雪或冰雹,寒冷极端,空气稀薄。它的植株长7—12厘米,平铺地面,仅花穗稍翘起斜向伸展,这种生态型既可减少大风的袭击,降低蒸腾速度,又可较多地得到热量。但短管兔儿草在那里生长良好,并能在短期内完成个体发育,这同它内部一系列结构的特异性有关:茎中维管束多,并位于茎中央,排成紧密的一环,从而具有抵御上拔的力量。在茎贴地面的一边维管束周围的薄壁组织细胞纵向延长,细胞壁强烈加厚,细胞腔不显或很小,胞壁微木化(图版 II:1)。这种结构,在早期并不影响茎的延长,而到生长后期,则成为坚硬的支持结构。它的叶柄也紧贴地面,但维管束的上、下两侧具有发达的厚角组织。叶片的表皮细胞的切向壁特别加厚,外被角质层,气孔指数低,这样既可降低蒸腾强度,又可保护叶肉组织免受冻害。

短管兔儿草的生育期仅二个多月,但结实丰满。它所以能在短时间内正常地完成个体发育,是同它的光合效率高有关。短管兔儿草茎周边薄壁组织中具有通气组织结构,髓形成髓腔,因此,它的体内具有气体的储藏所,为光合作用提供充足的原料。它的植株虽然矮小,但叶片大且数目多,其中栅栏组织3—4层,海绵组织少,但也呈栅栏状。细胞内叶绿体小,而数量多,因而增加了光合膜的面积,使该植物在同一时间内,在单位面积中,合成更多的光合产物,从而加速其个体发育的进程。这也是高山植物结构高度特化的一种方式,是植物体结构同功能统一的表现。

三、结 论

高山植物形成上述结构的特异性、结构同功能高度统一的规律,是高山特殊综合生态环境长期作用的结果。随着青藏高原的隆起,海拔高度的升高,便逐渐形成空气稀薄,辐射强度大,常年多大风,冰雹或雪,寒冷异常等生态条件。这些条件对植物体的形态建成,无疑有着深刻的影响,其中的最适者逐渐积累其适应性特征,沿着有利于残酷条件下

生长的方向发展,如发展通气组织,储存气体,从根本上克服了低浓度 CO₂ 和 O₂ 对植物体的伤害;湿地植物的结构旱生化,是对低温条件下不良水分平衡的高度适应;支持结构的广泛存在,有利于抗大风、冰雹或雪引起的各种机械损伤等,形成了青藏高原上存在的许多种具有结构特异性的高山植物。

参 考 文 献

- 王为义,1982,青海九种杜鹃的比较解剖和分类位置。植物分类学报,26(1),49—58。
周兴民,1979,青藏高原嵩草属(Kobresia)八种植物的形态—生态学特性的初步研究,植物学报,21(2),1—3。
潘锦堂,1982,虎耳草具芽亚组(Saxifraga L. subsect. Gemmiparae Engl. et Irmsch)的分布及其进化与青藏高原隆起的关系,高原生物学集刊(1),33—34。
迈克尔·沃德(英),1974,高山医学——高寒地带的临床研究,1—129,人民卫生出版社。
Cutler D. F., 1978, Applied plant anatomy, 11—17. Longman, London and New York.
Daubenmire R. F., 1954, Plants and environments, 130—150, State College of Washington.
Metcalf C. R. and L. Chalk, 1979, Anatomy of the dicotyledons (I). 54—61. Clarendon press, Oxford.
Victor A. G., 1973, Plant function and structure. 256—265. The Macmillan Company, New York.
Burstrom H. G. and C. Odhnoff, 1963, Vegetative anatomy of plants, 112—117, Swedon.
Mulsch W. und A. Crahle, 1978, Mikroskopsch-botanisches praktikum, 42—47, Georg Thime Verlag Stuttgart.
Иванская Э. Н., 1962 Анатомические особенности некоторых высокогорных первоцветов центрального кавказа, *Бот Жур.*, 47 (9), 1342—1348.

AN INVESTIGATION ON SPECIFIC STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF ALPINE PLANTS ON QINGHAI-XIZANG PLATEAU

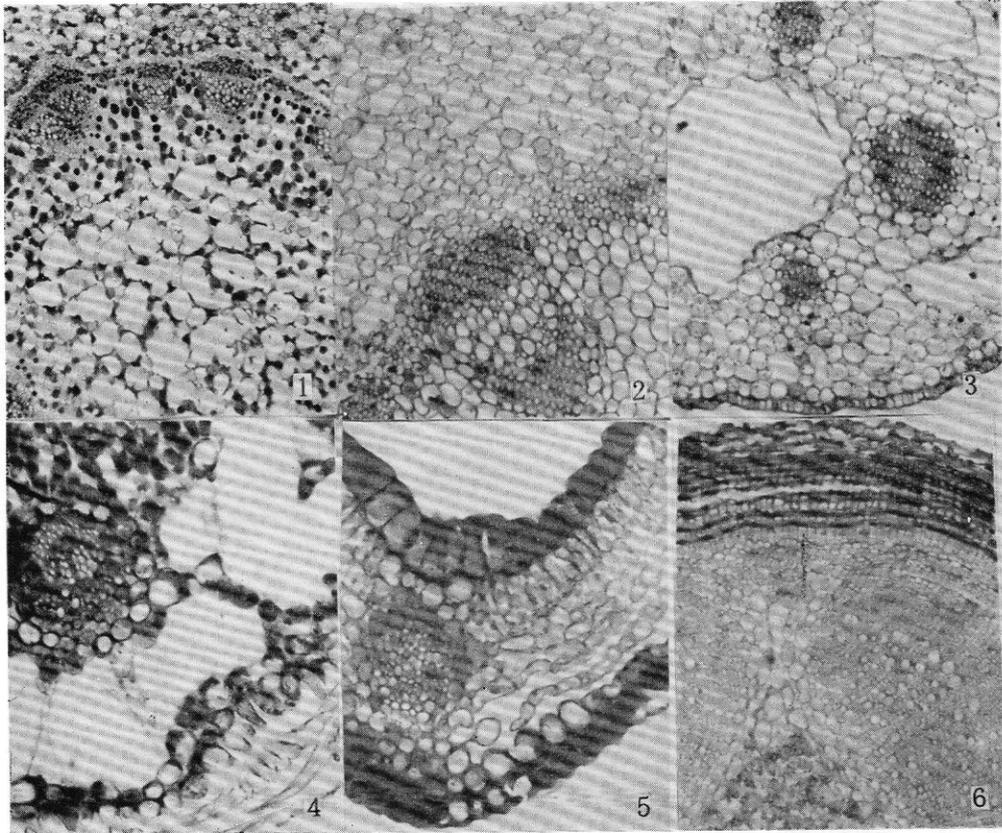
Wang Weiyi

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

For the sake of studying the adaptation of the morpho-structures to the extreme ecologic environments and discussing the unities of structures and functions of plants, the anatomical characteristics of the overground vegetative organs of about 100 species have been examined. These plants mainly belong to the herbaceous dicotyledons dispersed at the altitude of 3500—5100 metres on Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau.

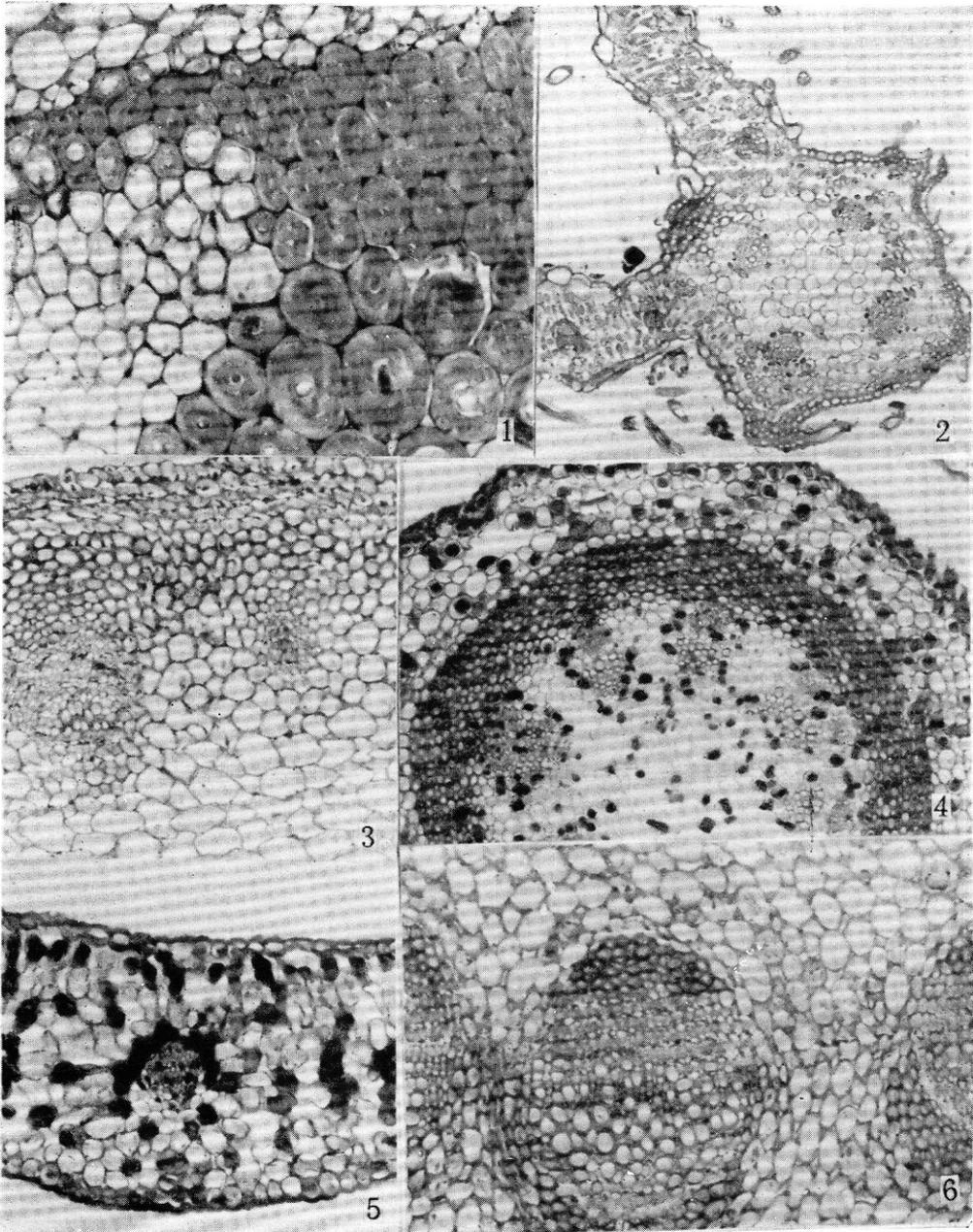
The ecologic environments have been led to a great change by the elevation of Plateau. Low temperature, intensive radiation, strong wind, excessive evaporation, drought atmosphere and short growth season etc. all them have profound effect on their morpho-structural change in the course of evolution. The most well adapted ones are being preserved and are expanding along the direction which is favorable to their survival under hard condition.

Basing on the above-mentioned consideration, four points are mentioned in this paper: (1). Aerenchyma which has been developing in land plants serves the function of storing air and furnishing carbon dioxide and oxygen for photosynthesis, thus can be surmounted immediate injuries to plants due to lack of enough CO_2 and O_2 . (2). There are a lot of xeromorphic structural characteristics in plants growing in damp areas, which are obviously the result of exposure to an unfavorable water balance during tissue differentiation and an active reaction to low temperature and dry atmosphere. (3). The supporting structures occurred widely in a great number of plants, they are of advantage to resist welting and mechanical injuries, as well as to insure the normal procedures of plant ontogenesis. (4). If plants on Plateau can accomplish various physiologic functions as those at lower altitude, they must possess their own morpho-structural characteristics.



1—2. 窄萼报春和小大黄的茎皮层和髓中具通气薄壁组织。 3. 盘花垂头菊叶柄中的通气道。 4. 百里香叶杜鹃叶肉中的腔隙薄壁组织和表皮上的乳头状突起和腺毛。 5—6. 忍巴草叶表皮上的泡状细胞和茎上的木栓层。(4, 5, 100×, 其余 50×)。

1—2. *Primula stenocalyx* and *Rheum pumilum* with aerenchyma in cortex and piths of stems. 3. Air passage present in petiole of *Crementhodium discoideum*. 4. There are lacunar tissue in mesophyll and papillae, Glandular hairs on epidermis of leaves of *Rhododendron thymifolium*. 5—6. Leaf with bulliform cells and stem developed cork of *Sibbaldia* sp. (4, 5, 100×; the rest, 50×)



1. 短管兔耳草茎中维管束周围的薄壁组织细胞壁显著加厚。2. 高山蓼叶中脉的厚角组织、表皮上的单细胞毛和表皮细胞壁的加厚。3. 红花绿绒蒿茎皮层薄壁组织细胞壁的加厚。4. 山地虎耳草茎中厚壁组织成环状排列。5. 山地虎耳草叶表皮细胞壁的加厚和叶肉细胞的粘液化。6. 水母雪莲茎中的厚壁组织呈帽状排列。
(1, 100×; 其余 50×)。

1. Cellular walls of parenchyma around vas. bundle remarkably thickened in stem of *Lagotis breviflora*. 2. showing collenchyma, unicellular hairs and thickened epidermal cells in leaf median vein of *Polygonum alpinum*. 3. Cellular walls of stem cortex thickened in *Meconopsis puncea*. 4. Sclerenchyma arranged in cylindrical ring in stem of *Saxifraga montana*. 5. *Saxifraga montana* with thickened epidermal cells in mesophyll. 6. Sclerenchyma take the form of cap in *Saussurea medusa*.
(1, 100×; the rest, 50×)