

## 华南五针松叶发育的研究

陈健辉<sup>1</sup>, 王厚麟<sup>1</sup>, 缪绅裕<sup>1</sup>, 邹丽华<sup>1</sup>, 黄林生<sup>2</sup>

(1. 广州大学 生命科学学院, 广州 510006; 2. 广东英德石门台省级自然保护区, 广东 英德 513000)

**摘要:** 利用光学显微镜和电子显微镜对华南五针松叶的生长和发育进行研究, 结果表明: 华南五针松叶为单脉序的三棱形针状叶, 气孔分布在腹面, 为单环型; 皮下层一到两层; 内皮层明显; 转输组织为松型; 树脂道三个, 出现两个边生、一个中生或缺, 三个中生, 三个边生, 仅二个中生等类型; 叶缘的细齿由表皮细胞壁形成。气孔器发育方向是先中央后两端, 在部分区域具有合并及不连续的现象。

**关键词:** 华南五针松; 叶; 发育

**中图分类号:** Q944.56 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)05-0786-06

## Studies on the development of the leaf of *Pinus kwangtungensis*

CHEN Jian-Hui<sup>1</sup>, WANG Hou-Lin<sup>1</sup>, MIAO Shen-Yu<sup>1</sup>,  
ZOU Li-Hua<sup>1</sup>, HUANG Lin-Sheng<sup>2</sup>

(1. School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2. Administrative Bureau of Shimentai Nature Reserve of Yingde, Guangdong, Yingde 513000, China)

**Abstract:** Optical microscope and electron microscope were applied in the study of the growth and development of the leaves of *Pinus kwangtungensis*. The results are as follows: the triangulate needle with simple venation, single-cyclo-cytic type of stomata on venter of the epidermis, one or two layers hypodermis, transfusion tissue of pine type, endodermis are obvious; three resin ducts formed five types; only two middle type, only two edge type, one middle or not type, three edge type, and three middle type; the serrulate margin of leaves developed from the epidermis' cell wall. The stomatal apparatus developed from the middle to the edges with mержence and discontinuance in some region.

**Key words:** *Pinus kwangtungensis*; leaf; development

我国的松柏类植物种类丰富, 大多数为重要的经济树种, 其中也有不少孑遗植物。有关松属植物叶的形态结构研究, 已有光学显微镜水平、电子显微镜水平等的相关报道(林金星等, 2000; 桂耀林等, 1963; 姚璧君等, 1982; 胡玉熹, 1986; 吴翰, 1984; 苏应娟, 1997; 邵邻相, 2005; Sung 等, 2004; Laubenfels, 1953; Dilcher, 1974); 由于裸子植物叶在结构上, 比被子植物叶相对稳定, 不易受环境变化影响, 因此叶结构常被作为分类鉴定的辅助依据。但作为国家二级重点保护野生植物的华南五针松(*Pinus kwangtungensis*) (戚康标等, 2001), 其叶结构的报

道, 仅见于一篇文章中的部分内容(桂耀林等, 1963), 尚未涉及到叶片的发育。华南五针松又名广东松, 是生于广东、湖南、广西等地, 海拔 700~1700 m 的山地针叶——阔叶混交林或悬崖上的保护植物(中国科学院华南植物研究所, 2000)。华南五针松为乔木, 高可达 30 m, 胸径可达 1.5 m, 是山顶森林植被演替的先锋阳性树种。由于各种原因, 现有研究表明华南五针松属于衰退种群(缪绅裕等, 2004)。本研究通过对华南五针松叶结构发育的研究, 揭示其适应特定环境的结构特征和发育过程, 并探讨其与近缘类群的关系。

收稿日期: 2006-03-27 修回日期: 2006-11-30

基金项目: 广东省自然科学基金(04009527); 广东省科技计划项目(2004B33301023)[Supported by Natural Science Foundation of Guangdong Province(04009527); the Project of Science and Technology of Guangdong Province(2004B33301023)]

作者简介: 陈健辉(1966-), 男, 广东广州人, 副教授, 主要从事植物形态和植物发育方面的研究。

## 1 材料与方 法

华南五针松材料采自广东省英德市石门台保护区;采集地海拔为 900~1 250 m;2005 年 3~11 月期间,采集不同生长期的针叶,按不同观察手段,采用不同方法处理。(1)一般观察制片:用卡诺氏固定液(I)固定,爱氏苏木精整体染色,常规石蜡切片法切片,切片厚度为 10  $\mu\text{m}$ ,Olympus 显微镜下观察、摄影。(2)组织化学观察制片:用卡诺氏固定液(I)固定,常规石蜡切片法切片,切片厚度为 10  $\mu\text{m}$ ;用 PAS 反应鉴定淀粉,Olympus 显微镜下观察、摄影。(3)透射电子显微镜观察材料:取叶片中部材料,用戊二醇-锇酸双重固定,系列酒精脱水,环氧丙烷过渡,Epon812 环氧树脂包埋,Philips-400 型透射电子显微镜观察、摄影。(4)扫描电子显微镜观察材料:取叶片中部材料,用戊二醇-锇酸双重固定,系列酒精脱水,临界点干燥、离子溅射喷金,Philips-30-ES-EM 扫描电子显微镜观察、摄影。

## 2 观察结果

### 2.1 成熟松叶的外部结构

成熟的松叶针状、细长,呈深绿色,成熟叶长 3~7 cm,5 针一束;每束有长约 0.1 mm 的叶鞘,呈黑褐色;气孔带分布在腹面(内侧),背面(外周)没有气孔带分布。

### 2.2 幼嫩叶的外部结构

当针叶在 0.5 cm( $\pm 0.1$  cm)以下时,5 枚针叶黄白色至黄绿、绿色,各枚针叶向中央内缩,形成外观笔头状;针叶束由 13 枚鳞叶包被,其中最外 3 枚,呈“品”字型排列,均较小,宿存;内有两轮各 5 枚,内轮 5 枚较长,外轮的 5 枚较短,呈螺旋状着生。

### 2.3 幼嫩叶的内部结构

根据幼嫩叶内部结构不同,其发育进程可分为 3 个阶段:维管束分化前期,维管束分化期,维管束分化后期。

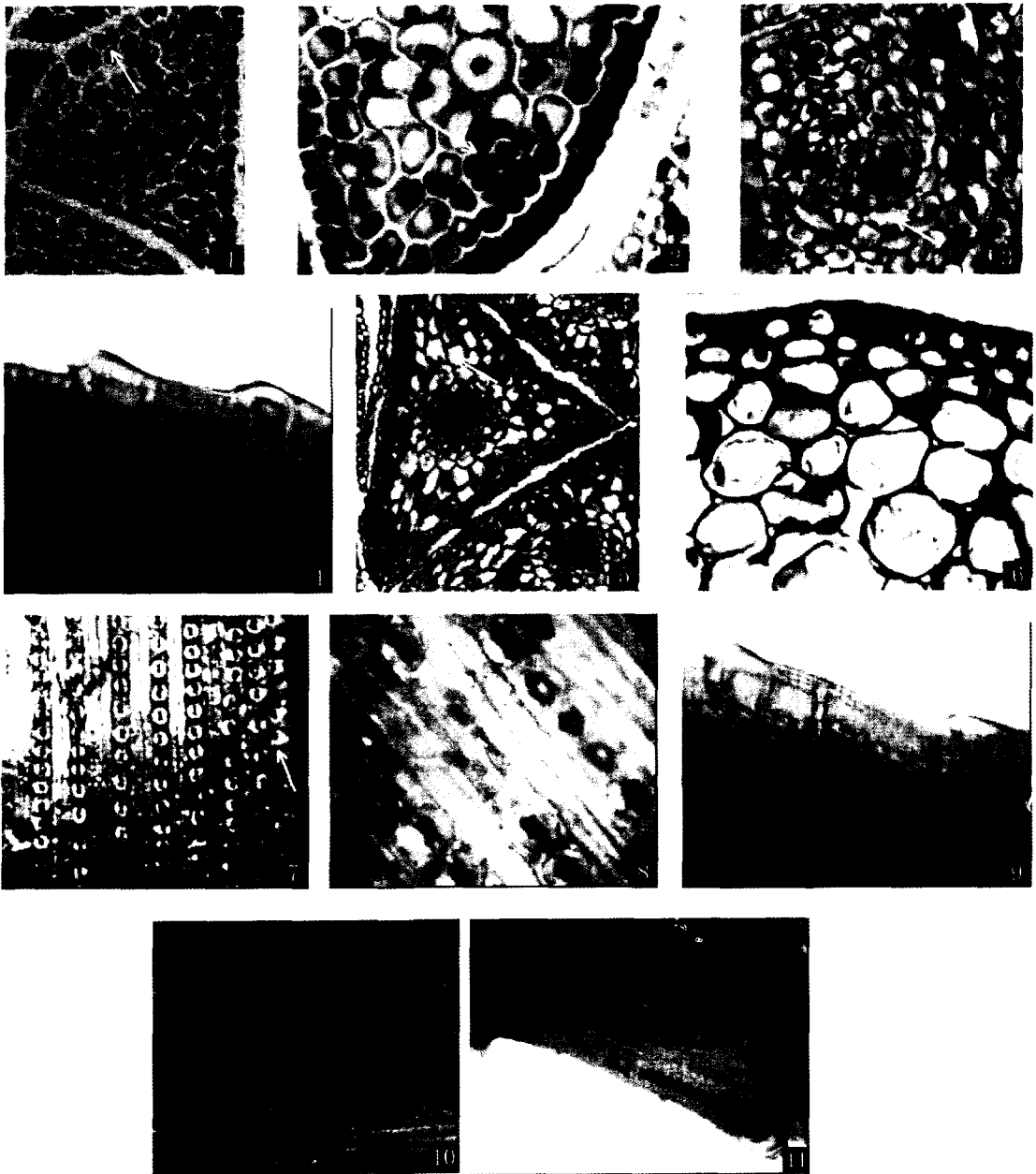
2.3.1 维管束分化前期 针叶外观为黄白色至黄色。针叶横切面呈三角形,背面呈弧度较小的圆弧形,腹面呈直线形;各种组织尚未产生明显的组织分化,三角形三个棱边的细胞为薄壁细胞。表皮细胞排列整齐,除细胞核较大外与其它细胞在大小上区别不大;三角形的中央有一团细胞核稍大的细胞,与

其它细胞可以区别,这些是维管束的原始细胞;在这些细胞与表皮细胞间是 2~5 层的叶肉原始细胞。此时所有的薄壁细胞均不含淀粉粒(图版 I :1)。

2.3.2 维管束分化期 针叶外观为黄色至黄绿色。针叶横切面呈三角形,各种组织开始分化,表皮细胞排列整齐,细胞核仍然较大,为薄壁细胞;表皮下的一层薄壁细胞也排列整齐,各细胞大小差距不大,但这两层细胞与其内的其它细胞相比明显较小。叶肉原始细胞出现多种分化,在背面表皮层下,边生(所用的术语按姚璧君等文,下同)的两个树脂道的原始细胞已经形成,为细胞核大、细胞质浓的一团细胞,这些细胞与周围的叶肉细胞区别明显,树脂道开始形成时,位于贴近皮下层的部位;叶肉细胞为圆形或多边形薄壁细胞,细胞核小,有时具双核细胞,具中央大液泡(图版 I :2);内皮层尚未形成,但与叶肉细胞相比,其切向轴与径向轴的比值大。内皮层内的输导组织已经形成,管胞、筛胞形成时间基本相近,在形成一个管胞、一个筛胞时,有两个纤维细胞形成,这些细胞明显较叶肉细胞小、壁厚(图版 I :3)。此时的薄壁组织细胞开始出现有淀粉粒,但所含的淀粉粒较少、较小。

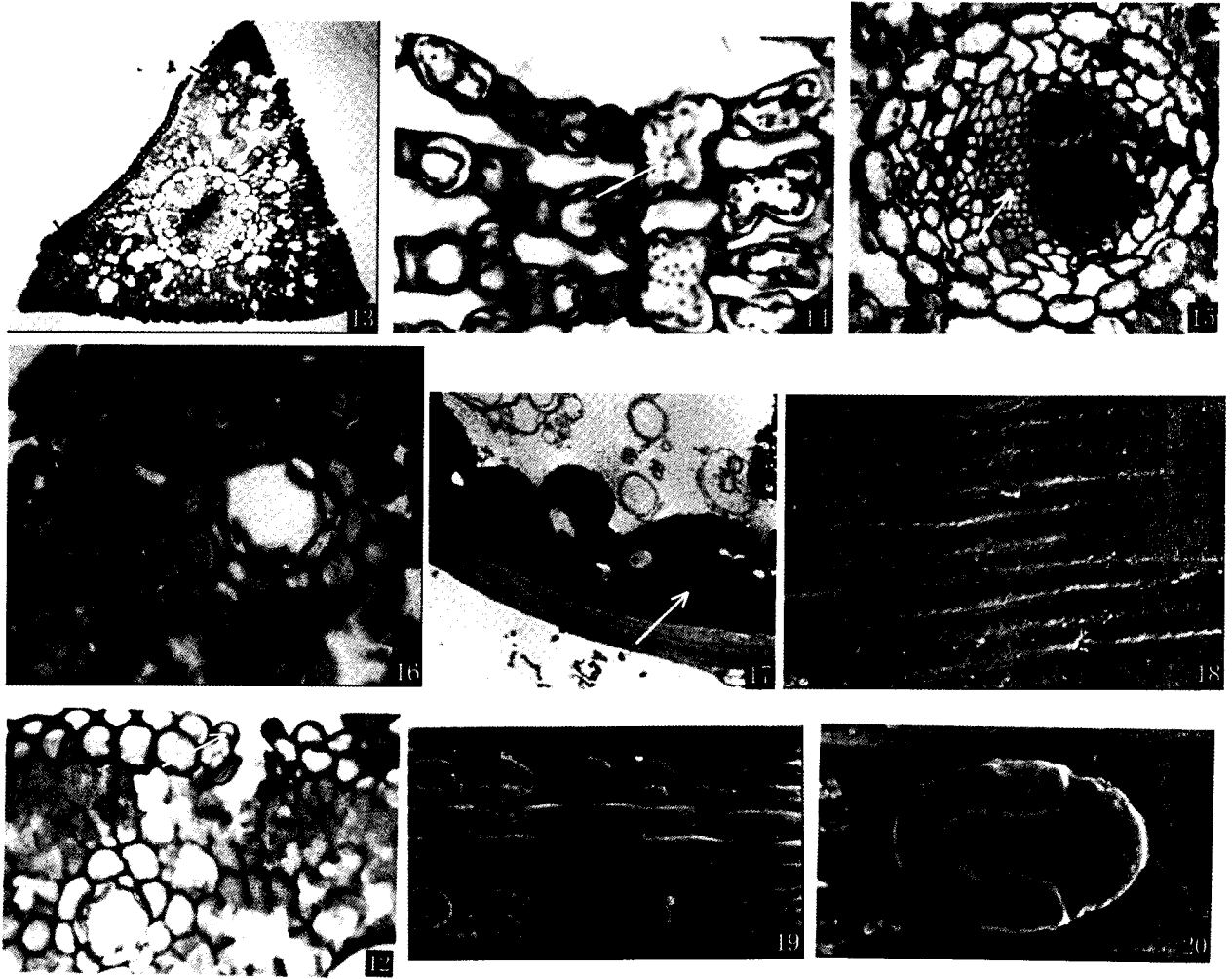
在两腹面表面中央大部区域,各有 4~5 条气孔带形成,气孔带间有 1~2 列细胞。三角形叶的三个棱边的薄壁细胞,有部分细胞的细胞壁加厚,这些细胞规律地出现在 2~4 个细胞间,有一个细胞的外切向壁加厚显著,其靠叶尖部位向外形成尖头状的突起,此时细胞腔明显,这是边缘疏生的细锯齿的早期结构(图版 I :4)。

2.3.3 维管束分化后期 针叶外观为绿色间有黄绿色。针叶横切面呈三角形,各种组织产生较大变化:表皮细胞排列整齐,细胞壁开始增厚,皮下层细胞形成,并产生增厚。叶肉细胞尚未形成向内皱缩,但部分细胞出现波纹状的细胞壁(图版 I :5);树脂道已经形成,边生的与中生的均出现在皮下层;以后发育的变化,视紧贴皮下层的那 1~2 个细胞的分裂状态而定,若继续分裂可以形成中生类型,如不分裂则形成边生;观察到的现象有:(1)三个均为边生,(2)三个均为中生,(3)背面两个边生,腹面一个中生,(4)背面两个中生,腹面缺,(4)背面两个边生,腹面缺。且同一小枝上的叶可同时出现上述情况。内皮层基本分化完成;内皮层内转输组织开始形成。此时的薄壁组织细胞含的淀粉粒逐渐增多,变大,各种组织间的细胞逐渐发生变化(图版 I :6)。



**图版 I** 1. 维管束分化初期针叶横切面, 示表皮细胞  $\times 185$ ; 2. 维管束分化中期针叶横切面, 示树脂道原始细胞  $\times 230$ ; 3. 维管束分化中期针叶横切面, 示尚未形成的内皮层  $\times 200$ ; 4. 维管束分化中期针叶棱边细胞, 示细锯齿  $\times 390$ ; 5. 维管束分化后期针叶横切面  $\times 180$ ; 6. 维管束分化后期针叶横切面, 示细胞内淀粉粒  $\times 285$ ; 7. 维管束分化后期, 示分叉气孔带  $\times 110$ ; 8. 维管束分化后期, 示不连续气孔带  $\times 210$ ; 9. 维管束分化后期针叶棱边细胞  $\times 460$ ; 10. 扫描电子显微镜下, 维管束分化后期针叶背面表皮细胞  $\times 200$ ; 11. 成熟针叶棱边细胞  $\times 310$ 。

**Plate I** 1. Transverse section of leaf in early stage of vascular bundle differentiation, showing the cell of epidermis (arrow)  $\times 185$ ; 2. Transverse section of leaf in middle stage of vascular bundle differentiation, showing the primeval cells of the resin duct (arrow)  $\times 230$ ; 3. Transverse section of leaf in middle stage of vascular bundle differentiation, showing the primeval cells of the endodermis (arrow)  $\times 200$ ; 4. Transverse section of leaf in middle stage of vascular bundle differentiation, showing the serrulate margin cells of the leaf  $\times 390$ ; 5. Transverse section of leaf in late stage of vascular bundle differentiation  $\times 180$ ; 6. Transverse section of leaf in late stage of vascular bundle differentiation, showing the starch grains (arrow)  $\times 285$ ; 7. Leaf in late stage of vascular bundle differentiation, showing the branching stomata (arrow)  $\times 110$ ; 8. Leaf in late stage of vascular bundle differentiation, showing the discontinuance stomata (arrow)  $\times 210$ ; 9. Leaf in late stage of vascular bundle differentiation, showing the cell walls in the triangulate needle  $\times 460$ ; 10. Leaf in late stage of vascular bundle differentiation, showing the cell of epidermis under the SEM  $\times 200$ ; 11. Leaf in mature stage, showing the cell walls in the triangulate needle  $\times 310$ .



图版 II 12. 成熟针叶气孔器副卫细胞  $\times 230$ ; 13. 成熟针叶横切面, 示三个中生树脂道  $\times 60$ ; 14. 成熟针叶纵切面叶肉细胞, 示淀粉粒  $\times 150$ ; 15. 成熟针叶横切面, 示木质部  $\times 250$ ; 16. 成熟针叶横切面, 示树脂道  $\times 210$ ; 17. 透射电子显微镜下叶肉细胞, 示叶绿体  $\times 4\ 300$ ; 18. 扫描电子显微镜下, 成熟针叶背面表皮细胞  $\times 220$ ; 19. 扫描电子显微镜下, 成熟针叶腹面表皮细胞  $\times 190$ ; 20. 扫描电子显微镜下气孔器结构  $\times 730$ 。

Plate II 12. Leaf in mature stage, showing the subsidiary cells in the stomatal apparatus (arrow)  $\times 230$ ; 13. Transverse section of leaf in mature stage, showing the middle type of resin duct (arrow)  $\times 60$ ; 14. Longitudinal section of leaf in mature stage, showing the starch grains (arrow)  $\times 150$ ; 15. Transverse section of leaf in mature stage, showing the xylem (arrow)  $\times 250$ ; 16. Transverse section of leaf in mature stage, showing the resin duct  $\times 210$ ; 17. Leaf in mature stage, showing the chloroplasts in mesophyll cell under the TEM (arrow)  $\times 4\ 300$ ; 18. Leaf in mature stage, showing the cell of reverse epidermis under the SEM  $\times 220$ ; 19. Leaf in mature stage, showing the cell of ventral epidermis under the SEM  $\times 190$ ; 20. Leaf in mature stage, showing the stomata under the SEM  $\times 730$ .

在两腹面表面中央大部区域的 4~5 列气孔带已经形成, 偶有 7 列的现象; 但在中央靠两端的部位有部分位置产生分叉的气孔带(图版 I: 7)或不连续的气孔带(图版 I: 8); 气孔带间的细胞列数有增多现象; 在叶基、叶尖部位气孔带间细胞列数逐渐减少, 气孔带逐渐并合, 最终各形成 2 列。三角形叶的三个棱边的尖头状突起的细胞各壁继续加厚, 整个尖头状突起由加厚的壁构成; 紧贴突起下端的一个的细胞为近方形, 细胞壁也明显加厚, 以下的 3~6 个细胞, 因生长逐渐形成长方形, 细胞壁具齿状加厚(图版 I: 9)。在

扫描电子显微镜下, 叶背面表皮细胞表面观为长方形, 角质层不明显、光滑、蜡质少(图版 I: 10)。

#### 2.4 成熟松叶的结构

当针叶在 0.5 cm 以上( $\pm 0.1$  cm)时, 针叶束外的两轮鳞叶逐渐脱落, 针叶外展或直出。此时华南五针松的叶开始进入成熟期。

针叶外观为绿色至墨绿色。位于腹面的气孔带各 4~5 列, 偶尔有 7 列; 在叶基、叶尖部位, 气孔带合并不再继续, 但随着叶的伸长而延续。三个棱边尖头状突起的细胞壁的加厚停止, 所形成的细胞具有下列

特征:细胞腔小,细胞腔三角形至四边形,加厚的壁占细胞直径的一半以上,细胞内壁具有齿状加厚;具尖头的细胞向前突起明显;紧靠突起下端的细胞近方形,细胞腔四边形的细胞;以下的3~6个细胞,细胞壁更厚,内壁齿状加厚更明显,细胞腔长方形(图版I:11)。但叶尖、叶基尖头突起的细胞间只有2~3个细胞,不具上述规律。

针叶横切面呈三角形,背面呈圆弧形,腹面呈直线形;由表皮、叶肉、维管束构成;表皮细胞一层,细胞壁明显增厚,但细胞腔明显;气孔开口端的副卫细胞具明显的圆头状突起(图版II:12);皮下层为单层的厚壁细胞,部分位置偶尔有两层分布。成熟叶肉无栅栏组织和海绵组织的分化,细胞壁强烈向内皱缩;在所观察的材料中没有发现石细胞。树脂道多数三个,位于背面,靠近背面与腹面交汇处角隅的附近各一个,一般为边生类型,偶尔可见中生类型;位于腹面与腹面交汇处附近的一个,位于叶肉组织中,为中生类型,也有边生类型或缺;也见三个都是中生(图版II:13)的现象。维管束单条为单脉序型,属叶型I,木质部与韧皮部的细胞排列整齐,木质部中原生木质部细胞数较少,后生木质部细胞数较多;其外具有明显的木纤维。韧皮部排列规则,其外具有明显的韧皮纤维。维管束与叶肉细胞之间为内皮层,内皮层明显较其它细胞大,并完成了切向和径向细胞壁的加厚,但加厚程度较低;内皮层细胞含淀粉粒,较周围薄壁细胞所含的多且大。此时的薄壁组织细胞含的淀粉粒较多,但颗粒比维管束分化后期所含的要小(图版II:14)。转输组织位于维管束的四周,位于远轴面的细胞数量较多,管胞次生壁有具缘纹孔,属于松型(图版II:15)。

树脂道的细胞组成为不太规则的两层,一般外层是连续的一层,细胞较大,紧靠叶肉细胞,也有一些为两层细胞,内层为较扁的小细胞(图版II:16)。在叶尖部位有的材料没有树脂道。

在透射电子显微镜下,成熟的叶肉细胞具丰富的具膜细胞器,叶绿体较多靠边,内囊体较多较大(图版II:17),同时可见明显的噬饿颗粒,也有部分形成油体。

在扫描电子显微镜下,成熟表皮细胞表面观为长方形,长与宽的比较值大。都具有角质层,并有蜡质颗粒分布;背面细胞轮廓不太明显,较幼嫩期稍清晰,颗粒不多(图版II:18);腹面蜡质较厚,具较多的颗粒及晶体,形成沟槽,气孔带纵向排列4~5列(图版II:19),偶尔有7列;气孔器为单唇、单环型,气孔器的四

个副卫细胞隆起,分化为极副卫细胞、侧副卫细胞,规则地拱架于保卫细胞上,形成圆环状,其上覆盖有大量的蜡质,圆环内孔长条形,没有蜡质堵塞;气孔大小为 $50.1(\pm 6.0)\mu\text{m} \times 36.1(\pm 5.0)\mu\text{m}$ (图版II:20)。气孔带两旁的表面具隆起的纹饰。在两列气孔间有2~3列表皮细胞,表皮细胞的突出明显。

## 3 讨论

### 3.1 叶片的发育方向

针叶中央位置的气孔带数目,在成熟期与幼嫩期基本不变,但在叶片的中部与基部、叶尖有区别,在基部、叶尖有气孔带合并现象产生,且在中央靠端位置出现分叉气孔带和不连续的气孔带。从上述可以看出,其发育是由中部分别向两极分化的。树脂道的缺如均在叶尖部位,由此也可以证明其发育方向。

针叶边缘疏生细锯齿的发生是由表皮细胞加厚的细胞壁形成,而且形成具有明显的规律性,所形成的细胞与非棱部位的细胞相比,加厚明显,而且细胞内壁具齿状加厚,与毛枝五针松(*P. wangii*)由细胞腔内的小棒状突起(桂耀林等,1963)不同。

### 3.2 内皮层的讨论

关于维管束外是维管束鞘还是内皮层,我们认为华南五针松的是内皮层。因为按吴小琴等(2004)所述,“白皮松(*P. bungeand*)带状增厚为木质素、木栓质、纤维素、细胞壁蛋白等成分,与根的内皮层结构相似”,我们观察的材料,该部位加厚为切向壁与径向壁,在径向壁也观察到与根有类似的点状加厚,所以华南五针松具有内皮层。内皮层在维管束分化后期基本分化完成,当时内皮层细胞含的淀粉粒逐渐多且大;到了成熟期,内皮层细胞所含淀粉粒,较周围薄壁细胞所含的多且大;但此时内皮层明显较其它细胞大,而维管束已分化完成,这说明淀粉粒在光合作用形成营养物质以前,其能量供给靠叶片本身积聚的淀粉粒供给,光合作用形成营养物质以后,淀粉粒可为以后的发育阶段作积累。

### 3.3 华南五针松与毛枝五针松的叶结构比较

关于毛枝五针松和华南五针松相似,已有定论(傅立国等,2000)。但前人(桂耀林等,1963)在研究中发现:华南五针松皮下层一层,内皮层切向壁加厚,树脂道为2~3个,一个中生或缺,2个边生;而毛枝五针松皮下层偶尔出现1~2个较大的第二层,内皮层细胞壁薄。我们观察到华南五针松皮下层一般为—

层,但在部分位置偶尔有两层分布,大小并不固定;内皮层切向壁、径向壁均加厚。树脂道 3 个,在叶尖或叶基部位有部分 2 个,是因为分化滞后所致,而背面的 2 个能够发育形成中生类型,这是由于松茎树脂道的分生源于基本分生组织细胞,并同时伴有上皮细胞的分裂(吴鸿等,1996),而叶树脂道的分化,是由靠表皮的一些具有潜在分生能力的细胞分化而成,由于生长条件等因素响应,这些细胞在紧靠表皮的位置继续分裂就可能形成中生类型,但比例较少。

### 3.4 华南五针松适于旱生生活结构的发育特征

松叶表皮细胞、叶肉细胞的发育与针叶外观变化是一致的:当“针叶内缩,形成外观笔头状,具鳞叶包被”时,幼叶的表皮加厚不明显,叶肉细胞为圆形或多边形薄壁细胞,细胞壁仅有波纹状壁;而“针叶外展或直出”时,叶的角质层厚、叶表面细胞看不清楚,蜡质多,具蜡质钉,叶肉细胞壁形成强烈皱缩。这些保水结构的逐渐形成,与植物绿色结构的形成,蒸腾作用的增加一致,从另一角度说明其适于在干旱或悬崖上生活。但这是否是影响其幼苗生长,导致物种衰退的一个因素有待进一步研究。

### 参考文献:

- 中国科学院华南植物研究所. 2000. 广东植物志(第 4 卷)[M]. 广州:广东科技出版社:15—16  
林金星,胡玉熹. 2000. 裸子植物结构图集[M]. 北京:科学出版社:3—50  
傅立国,陈潭清,郎楷永,等. 2000. 中国高等植物志(第三卷)[M]. 青岛:青岛出版社:51—67  
戚康标,常弘,缪汝槐. 2001. 中国珍稀濒危动植物辞典[M]. 广州:广东人民出版社:596  
Dilcher D L. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains[J]. *Bot Rev*, **40**:1—157

.....

(上接第 804 页 Continue from page 804)

量的测定,为开发和综合利用小黄皮植物资源提供了科学依据。

中国科学院西双版纳热带植物园动植物关系组提供 GC-MS 测试,特此致谢。

### 参考文献:

- 中国科学院昆明植物研究所. 19995. 云南植物志[M]. 北京:科学出版社,6:763—764  
《全国中草药汇编》编写组. 1976. 全国中草药汇编(下册)[M]. 北京:人民卫生出版社:790  
丛浦珠. 1987. 质谱学在天然有机化学中的应用[M]. 北京:科

- Gui YL(桂耀林),Lee CL(李正理). 1963. Anatomical studies of the leaf structure of Chinese *Pinus*(中国松属针叶的比较解剖观察)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报),**11**(1):44—58  
Hu YX(胡玉熹). 1986. SEM observation of the inner surface of needle cuticles in *Pinus*(松属针叶角质层内表皮结构的扫描电镜观察)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报),**24**(6):464—468  
Laubenfels D J. 1953. The external morphology of conifer leaves [J]. *Phytomorphology*,**3**:1—20  
Miao SY(缪绅裕),Wang WT(王伟彤),Zeng YJ(曾阳金),et al. 2004. Basic characteristics of *Pinus kwangtungensis* community in Shimentai Nature Reserve,Guangdong(广东石门台自然保护区广东松群落的基本特征)[J]. *Guihaia*(广西植物),**24**(5):390—395  
Shao LX(邵邻相),Zhang FJ(张凤娟). 2005. SEM observation on leaf epidermis of 6 species in Pinaceae(6 种松科植物叶表皮的扫描电镜观察)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究),**25**(3):281—285  
Su YJ(苏应娟). 1997. Comparative observation of leaf structure of Taxaceae,Cephalotaxaceae and Podocarpaceae(红豆杉科、三尖杉科和罗汉松科植物叶片结构的比较观察)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),**15**(4):307—316  
Sung SW,Kyungsik K,Robert SH. 2004. Cuticle micromorphology of leaves of *Pinus*(Pinaceae)from North America[J]. *Bot J Linn Soc*,**144**:303—320  
Wu H(吴鸿),He YL(贺游利),Hu ZH(胡正海). 1996. The development of the cortical resin ducts in the stem of *Sciadopitys verticillata*(日本金松皮层树脂道发育的研究)[J]. *J Northwest Univ*(西北大学学报自然科学版),**26**(6):529—532  
Wu H(吴翰). 1984. A scanning electron microscopic observation of the leaves in some conifers(几种松柏植物叶片的扫描电镜观察)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报),**26**(4):376—380  
Wu XQ(吴小琴),Zhu JM(朱锦懋),Huang RZ(黄儒珠),et al. 2004. Evidence of casparian strip in the foliar endodermis of *Pinus bungeana*(白皮松针叶内皮层中凯氏带的证据)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报),**43**(10):1 081—1 084  
Yao BJ(姚璧君),Hu YX(胡玉熹). 1982. Comparative anatomy of conifer leaves(松柏类植物叶子的比较解剖观察)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报),**20**(3):275—294

学出版社

- 江纪武,肖庆祥. 1986. 植物药有效成分手册[M]. 北京:人民卫生出版社:136,182,668,832,833  
Lakshmi V,Prakash D,Raj K,et al. 1984. Monoterpenoid furanocoumarin lactones from *Clausena anisata* [J]. *Phytochemistry*,**23**(11):2 629—2 631  
Masada Y. 1976. Analysis of Essential Oil by Gas Chromatography and Mass Spectrometry [M]. New York:John Wiley and Sons Inc  
Sunthitikawinsakul A,Kongkathip N,Kongkathip B,et al. 2003. Coumarins and carbazoles from *Clausena excavata* exhibited antimicrobial and antifungal activities[J]. *Planta Medica*,**69**,155—157