

## 沉香叶解剖结构的研究

唐为萍, 陈树思

( 韩山师范学院生物系, 广东潮州 521041 )

**摘要:** 通过石蜡切片法, 光学显微镜观察, 研究了沉香叶的解剖结构。结果表明, 沉香叶为典型的异面叶, 但具有许多旱生特征。表皮由一层排列紧密的形状不规则的表皮细胞组成, 细胞外壁角质膜较厚, 上表皮角质膜较下表皮的厚  $3.48 \mu\text{m}$ , 下表皮上零星分布着单细胞表皮毛, 气孔类型为无规则型, 仅分布在下表皮上, 微下陷; 叶肉组织发达, 其间分布着较多的长方晶体, 其长轴与表皮垂直; 栅栏组织由 1~2 层圆柱形细胞组成, 其外层细胞转化为异细胞, 栅栏组织: 海面组织为 1: 3.5, 下表皮内具有 1~2 层由异细胞组成的下皮层; 主脉发达, 有异细胞组成的维管束鞘, 具内生韧皮部; 叶内具有发达的木质部外纤维。以上特征反映出植物结构与环境的统一性。

**关键词:** 沉香; 叶; 解剖结构

**中图分类号:** Q944.56    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3142(2005)03-0229-04

## Study on anatomical structure of leaf of *Aquilaria agallocha*

TANG Wei-ping, CHEN Shu-si

( Department of Biology, Hanshan Teachers College, Chaozhou 521041, China )

**Abstract:** The leaf anatomical structure of *Aquilaria agallocha* Roxb. was studied by using wax-slides and photo-microscopy. The results indicates that the leaf is typical bifacial and has characteristics of xeric in the morphology and the anatomy. Each epidermis consists of a row of irregular epidermic cells which arrange closely, and the horny layer are thick. The horny layer of upper epidermis is  $3.48 \mu\text{m}$  thicker than that of lower epidermis. The sunken stoma only exists in lower epidermis covered by sparse unicellular epidermal hair, and their type is irregular. The mesophyll is very rich. There are many quadrate crystalloids which are perpendicular to the upper epidermis. The palisade tissue is composed of 1~2 layers of cylindrical cells, the outer one of which has translated into idioblasts. The 1~2 layers of hypodermis which consists of idioblasts adjoins to the lower epidermis. The ratio of the palisade tissue to the spongy parenchyma is 1: 3.5. The midrib that is bicollateral bundle is very rich. The bundle sheath consists of idioblasts. There are medullary phloem bundles in midrib. The extraxylary fibres are very rich inside the leaf. The above characteristics of the plant shows that it adapts to the environment in which they live.

**Key words:** *Aquilaria agallocha*; leaf; anatomical structure

沉香(*Aquilaria agallocha* Roxb.), 又称奇南香, 属瑞香科沉香属植物, 是一种热带地区常绿乔木, 原产于印度和马来半岛(吴修仁, 1989)。我国广东、广西、台湾等省区均有栽种。沉香以其含树脂的木材入

药, 中药名沉香, 为进口中药沉香的原植物, 其功用与同属的我国特有的药用国家保护植物白木香(*Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg) 相同(白木香也以其含树脂的木材入药, 中药名也为沉香, 是国产中药沉香的原

收稿日期: 2005-01-04    修订日期: 2005-04-20

基金项目: 广东省教育厅高校自然科学研究项目(202061)

作者简介: 唐为萍(1964-), 女, 广西桂林人, 生物学高级教师, 主要从事植物学教学和实验技术工作。

植物)(陈树思等,2003)。目前在沉香的引种栽培、化学成分及组织培养的研究方面已做了大量工作(杨俊山,1999;何梦玲等,2004),并且对其次生木质部导管分子也进行过观察研究(陈树思等,2004)。本文对沉香叶进行了解剖学观察,试图通过对其叶解剖结构的研究,探讨其结构与环境的关系,为沉香的规范化栽培及中药原植物的识别提供解剖学依据。

## 1 材料和方法

实验用材料采自广州华南植物园,选发育良好的叶片切块后,固定于 FAA 溶液中。石蜡切片法制片,上海产手动旋转切片器切片,切片厚 10~15  $\mu\text{m}$ ,酒精脱水,二甲苯透明,番红—固绿对染,加拿大树胶封片(李正理,1996)。表皮装片为撕取上下表皮制成临时封片。观察用显微镜为 OLYMPUS CH30 型生物显微镜,采用数码摄影显微镜拍摄(数码相机为 Nikon Coolpix 4500 型,显微镜为北京泰克 XSZ-7G-D 型)。数码照片经 Adobe Photoshop 7.0 图像处理系统处理制版, Epson Stylus Color 580 型打印机打印图版照片,放大倍数见图版说明。

## 2 观察结果

沉香叶片由表皮、叶肉和叶脉三部分组成,为典型的异面叶。

### 2.1 表皮

2.1.1 表面观 沉香叶片上下表皮细胞均为不规则形状,大小不等,排列紧密,在下表皮上零星分布着单细胞表皮毛,气孔仅分布在下表皮上(图版 I:1、2)。气孔类型为无规则型,保卫细胞肾形,气孔口长椭圆形(图版 I:3)。

2.1.2 横切面观 沉香叶为典型的背腹型叶,厚度为 258.44  $\mu\text{m}$ 。上表皮细胞较大,多为近方形,1 层,厚度为 36.60  $\mu\text{m}$ (图版 I:8、10、15);下表皮细胞较小,多为近长方形或不规则形,1 层,厚度为 17.11  $\mu\text{m}$ (图版 I:8、11)。上表皮细胞外切向壁角质膜比下表皮的厚,上下表皮细胞角质膜的厚度各为 6.02  $\mu\text{m}$  和 2.54  $\mu\text{m}$ 。分布于下表皮上的气孔微陷(图版 I:12),主脉下方表皮细胞外的角质膜呈圆齿状(图版 I:6)。

### 2.2 叶肉

叶肉组织发达,分化为栅栏组织和海绵组织(图

版 I:8、10)。栅栏组织由 1~2 层排列整齐的柱状细胞构成,厚约为 41.96  $\mu\text{m}$ ,外层细胞排列紧密,染色较深,呈异细胞状,内层细胞染色较浅,含丰富的叶绿体(图版 I:8、10、14)。海绵组织细胞排列疏松,也含有较多的叶绿体,厚约 150.67  $\mu\text{m}$ (图版 I:8、10、11)。紧接下表皮的是 1~2 层排列较整齐,染色较深的异细胞组成的下皮层(图版 I:8、11)。

在叶肉中存在着较多的长方晶体,它们上表皮下方,穿过栅栏组织,直达海绵组织中部(图版 I:8)。在侧脉维管束外存在着大量的与侧脉维管束平行排列的纤维组织(图版 I:8、10)。

### 2.3 叶脉

沉香叶脉主脉发达,侧脉细小。横切面上,主脉维管束为双韧型并且排列为具髓的封闭圆环状(图版 I:4、7)。主脉中心为大型的薄壁细胞和染色较深的异细胞组成的髓部(图版 I:4、7)。木质部不甚发达,横切面上排列为—封闭的圆环,导管仍可看出为径向排列且 2~4 列左右导管分子与 1 列木射线薄壁细胞相间排列。环状木质部与髓之间为较发达的内生韧皮部(图版 I:4、7),环状木质部外为环形排列的外生韧皮部包围,在外生韧皮部组织中同样存在着无规律分布的染色较深的异细胞,韧皮部外则是近环状排列的木质部外纤维(图版 I:5、6、9)。在纤维与下表皮之间为几层薄壁细胞,其间也无规律地分布着染色较深的异细胞。下表皮内为细胞形态较小、排列较有规律的 1~2 层异细胞(图版 I:4、6、9)。纤维与上表皮之间也为几层薄壁细胞,其间无规律地分布着染色较深的异细胞,在上表皮内为 1~2 层排列较紧密的异细胞(图版 I:4、15)。

在中脉横切面上可以看出维管束外的异细胞排列成较疏松的圆环而成鞘状结构(图版 I:4)。在中脉维管束木质部的少数导管中,可见到网络状结构(图版 I:13)。

## 3 讨论

生长于不同生态环境中的植物,常表现出不同的形态结构,这通常被认为是植物对特殊生境的演化适应(伊稍,1982)。同时,这种演化适应的特征较多反映在叶的结构上(卡特,1976)。叶是进行光合作用和蒸腾作用的主要器官,具有较大的表面积,与周围环境的接触十分紧密,植物对环境的反应也就较多地反映在叶的形态结构上,因此,叶的结构对生

境条件变化的反应最为敏感。原产于印度和马来半岛的沉香为一种热带常绿乔木,属弱阳性树种,多生长于海拔低于 1 000 m 的山地,喜温暖湿润的气候,但也能耐 3~5 个月的干旱,幼龄树对于光线的要求较弱,在平常阳光中或树阴下均能生存,成龄树则喜阳光,因此,沉香对生态环境的适应必然在叶的结构上有所反映。

从沉香叶的横切面上可以看出,沉香叶为典型的异面叶,栅栏组织细胞为 1~2 层,海绵组织:栅栏组织为 1:3.5,上下表皮为 1 层,表皮毛较少,这些特征均表现出中生植物的结构特点。然而,由于沉香的生态习性和对生活环境的适应,在其叶结构上也表现出许多旱生形态,如较厚的角质膜、微下陷的气孔、大量存在的异细胞、下皮层、发达的机械组织、具有较多的晶体以及内生韧皮部等。

(1)旱生植物通常具有较为发达的角质膜(周智彬等,2002)。沉香叶表皮外均具有较厚的角质膜,且上表皮角质膜比下表皮的平均厚 3.48  $\mu\text{m}$  左右。这种较厚的角质膜一方面可以防止热带、亚热带地区高温下叶片内水分的过度散失,以维持叶的正常生理需要,另一方面,可以防止热带、亚热带地区强烈的日照对叶内部细胞的灼伤,以保证光合作用的正常进行。沉香叶仅下表皮具有气孔,且气孔微下陷,也在一定程度上减少水分的散失。

(2)旱生植物的叶和轴器官中普遍存在着下皮层和异细胞(周智彬等,2002),并且有人指出(Metcalf 等,1980)植物体内的异细胞与植物的抗性有关。我国也有人分别对不同植物叶片中的异细胞进行过观察研究(吴学明等,1995;范建平等,1995;祁如虎等,1998)。在沉香叶片中存在着大量的异细胞,其分布大致有如下三个方面:①叶片中脉周围形成环状结构以及在主脉中与大型薄壁细胞共同组成髓部(图版 I:4、7);②紧接叶片远轴面下表皮处的下皮层细胞转化为异细胞(图版 I:8、11);③栅栏组织中紧接上表皮的一层细胞,虽然在形状与大小上与正常栅栏组织细胞差异不大,但其结构与功能已发生了重大转变而成为染色较深的异细胞(图版 I:8、10、14)。由于异细胞具有较高的渗透势(Metcalf 等,1980),并且具有较强的吸水能力,从而在外界环境水分状况较好、导管中水分输导良好时,它们吸收并保存水分;在外界环境干旱,导管中水分输导受阻,体内各部分所需水分不能得到正常供给时,这些异细胞则又可为其他的细胞提供暂时的水分,

至少可以为其周边细胞提供一个较为湿润的小环境,从而起到了提高抗旱性的作用。而位于叶片上下表皮处的异细胞不仅能起到保护内部的叶肉细胞使其免于脱水的作用外,可能还具有吸收和过滤热带、亚热带地区强紫外辐射的重要作用,尤其是紧接上表皮处的一层栅栏组织细胞转化而来的异细胞,可以有效地避免白天因太阳强辐射引起的叶面温度升高而造成的叶肉细胞内水分的过度散失。因为栅栏组织中的异细胞位于叶肉组织直接接受太阳辐射的一侧,同时它又具有较高的渗透势,与表皮细胞和角质膜一起共同形成了一道正常叶肉细胞与外界环境间的屏障,所以极大地提高了植物的抗旱性。

(3)旱生植物叶的机械组织(厚壁组织)一般也特别发达(刘穆,2001)。在沉香叶片的横切面上可以看见有大量的木质部外纤维的存在。它们主要分布在中脉的周围而呈现为间断分布的环状结构(图版 I:5、6、9)。在侧脉的周围也分布有十分发达的木质部外纤维(图版 I:10)。沉香叶片内发达的木质部外纤维具有支持着叶片,使其在缺水情况下仍然不会萎缩变形,因而保证了叶肉细胞不因叶的失水萎缩变形而受到伤害。

(4)沉香叶肉中存在着大量的长方晶体(图版 I:8)。它们有的直达叶肉中部,有的则可横跨叶肉;有的是单独出现,有的则是成对出现。沉香叶肉中长方晶体的存在,一方面可加强叶片的机械性能,避免在热带、亚热带地区强光、高温环境中因过多失水而萎缩变形,从而达到保护内部叶肉细胞免受伤害的作用;另一方面晶体还可以改变细胞的渗透势,提高吸水和保水能力;同时它还是减少有害物质浓度的积极适应方式(周智彬等,2002;张晓然等,1997)。

(5)沉香叶中脉维管束为双韧维管束,具有内生韧皮部(图版 I:4、7),此种现象在沙柳(*Salix psammophila*)和牛心朴(*Cynanchum hancockianum*)两种沙生植物中也存在(张晓然等,1997)。在热带、亚热带地区,植物叶脉中的内生韧皮部同样对于植物抗拒水分过度散失具有一定的生态学意义。

本文的写作过程中得到了西北大学胡正海教授、西北师大马瑞君教授的热情帮助,在此表示衷心的感谢!

#### 参考文献:

- 卡特 E G(著),李正理(译). 1976. 植物解剖学试验和解说(下册)[M]. 北京:科学技术出版社,192-196.

- 伊稍 K(著),李正理(译). 1982. 种子植物解剖学(第二版)[M]. 上海:上海科学技术出版社, 245—249.
- 刘穆. 2001. 种子植物形态解剖学导论[M]. 北京:科学出版社, 238.
- 李正理. 1996. 植物组织制片学[M]. 北京:北京大学出版社, 130—139.
- 吴修仁. 1989. 广东药用植物简编[M]. 广州:广东高等教育出版社, 307.
- Chen SS(陈树思), Tang WP(唐为萍). 2003. The exploitation and utilization of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg resources(白木香资源的开发利用)[J]. *J Hanshan Teachers College*(韩山师范学院学报), 24(3): 65—68.
- Chen SS(陈树思), Tang WP(唐为萍). 2004. Observe and study of vessel elements of secondary xylem in *Aquilaria agallocha*(沉香次生木质部导管分子观察研究)[J]. *J Central China Normal Univ (Nat Sci)*(华中师范大学学报. 自然科学版), 38(4): 187—189.
- Fan JP(范建平), Wu XM(吴学明), Li YZ(李有忠), et al. 1995. A study on the anatomical characteristics of leaf laminae of 5 species of *Salix* growing in Qinghai Plateau(青海五种柳属植物叶片的解剖特征研究)[J]. *J Qinghai Normal Univ (Nat Sci)*(青海师范大学学报)(自然科学版), 2: 50—54.
- He ML(何梦玲), Qi SY(戚树源), Hu LJ(胡兰鹏), et al. 2004. Tissue culture and rapid propagation of *Aquilaria agallocha*(印度沉香的组织培养和快速繁殖)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理学通讯), 40(2): 209.
- Metcalf CR, Chalk L. 1983. Anatomy of the dicotyledons (Vol. II)[M]. 2nd ed. London: Clarendon Press? Oxford, 64—65.
- Qi RH(祁如虎), Li YZ(李有忠), Fan JP(范建平), et al. 1998. The idioblasts their ecological significance in leaves of 16 alpine plants(16种高山植物叶片内的异细胞及其生态学意义)[J]. *Acta Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 18(2): 270—276.
- Wu XM(吴学明), Fan JP(范建平), Li YZ(李有忠), et al. 1995. A morphological and anatomical study on eight species of *Salix* growing in Animaing Mountain of Qinghai-tibetan Plateau(阿尼玛卿山八种柳属植物叶片的形态结构特征研究)[J]. *Acta Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 15(6): 72—75.
- Yang JS(杨俊山). 1999. Review of the chemical constituents isolated from Chen-Xiang(沉香化学成分的研究概况)[J]. *Natural product research and development*(天然产物研究与开发), 10(1): 99—103.
- Zhang XR(张晓然), Wu H(吴鸿), Hu ZH(胡正海). 1997. Relationship between morphology and structure of leaves of the main sand-fixed plants in Mao US desert and environment(毛乌素沙地 10 种重要沙生植物叶的形态结构与环境的关系)[J]. *Acta Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 17(5): 54—60.
- Zhou ZB(周智彬), Li PJ(李培军). 2002. A review on the phytotomy research of xerophytes in China(我国旱生植物的形态解剖学研究)[J]. *Arid Zone Research*(干旱区研究), 19(1): 35—40.

## 图版说明

1. 上表皮, 示不规则表皮细胞,  $\times 40$ ;
2. 下表皮, 示表皮毛,  $\times 40$ ;
3. 下表皮, 示不规则表皮细胞及气孔,  $\times 160$ ;
4. 中脉横切,  $\times 80$ ;
5. 中脉横切(局部), 示木质部、韧皮部、木质部外纤维,  $\times 480$ ;
6. 中脉横切(局部), 示下表皮至木质部,  $\times 320$ ;
7. 中脉横切(局部), 示异细胞及内生韧皮部,  $\times 440$ ;
8. 叶片横切, 示晶体、栅栏组织、海绵组织,  $\times 440$ ;
9. 中脉横切(局部), 示下表皮至木质部,  $\times 480$ ;
10. 叶片横切(局部), 示上表皮、栅栏组织(异细胞)、纤维、海绵组织,  $\times 320$ ;
11. 叶片横切(局部), 示下表皮及下皮层的异细胞,  $\times 1750$ ;
12. 微下陷的气孔,  $\times 850$ ;
13. 中脉横切(局部), 示导管的端壁纹孔,  $\times 2560$ ;
14. 叶片横切(局部), 示上表皮、异细胞及栅栏组织,  $\times 1750$ ;
15. 中脉横切(局部), 示上表皮及异细胞,  $\times 320$ 。

## Explanation of Plates

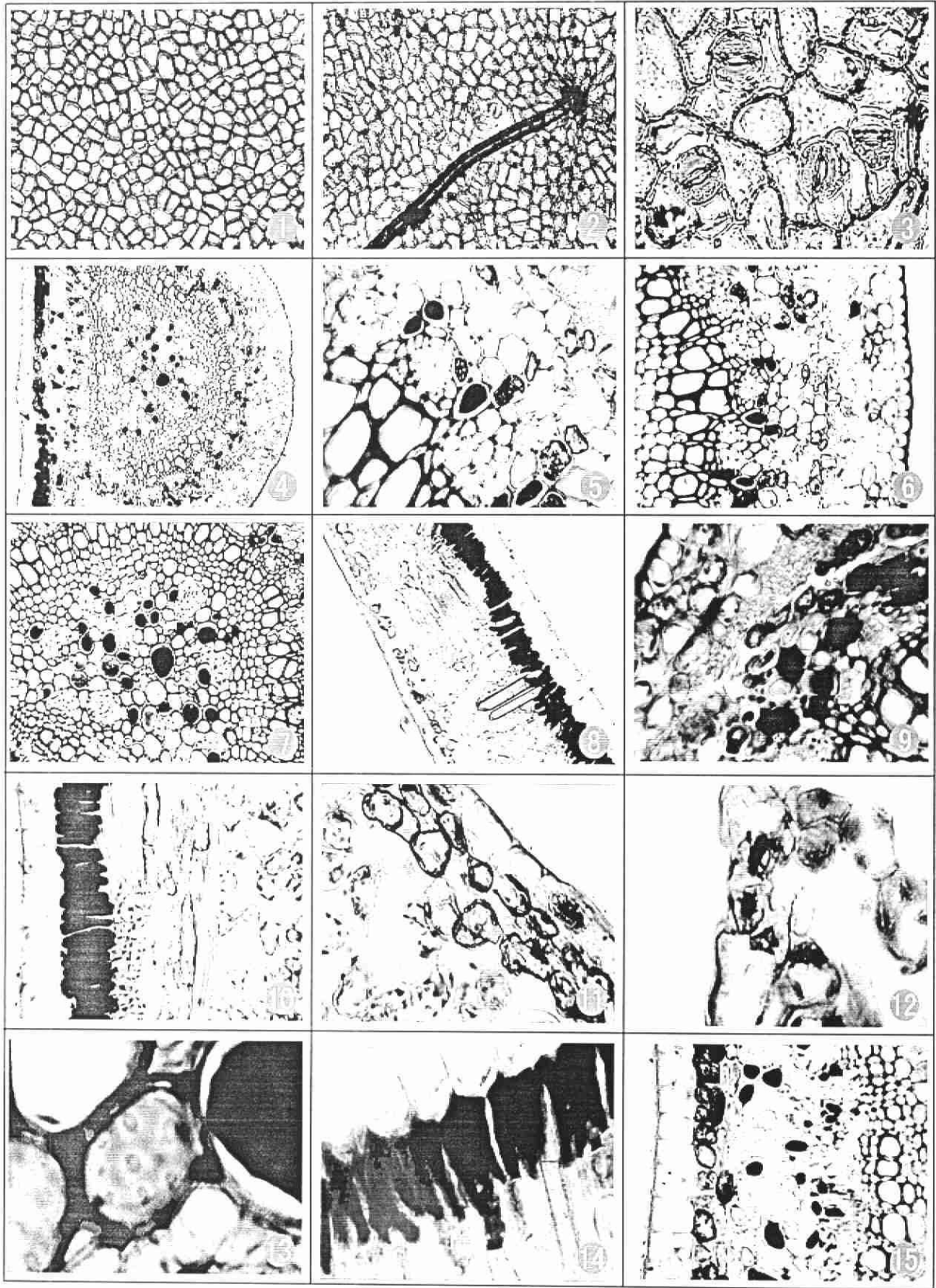
1. Upper epidermis, showing irregular epidermic cells,  $\times 40$ ;
2. Lower epidermis, showing epidermal hair,  $\times 40$ ;
3. Lower epidermis, showing irregular epidermic cells and stomas,  $\times 160$ ;
4. Cross section of midrib,  $\times 80$ ;
5. A part of cross section of midrib, showing xylem, phloem and extraxylary fibres,  $\times 480$ ;
6. A part of cross section of midrib, showing from lower epidermis to xylem,  $\times 320$ ;
7. A part of cross section of midrib, showing idioblasts and endogenetic phloem,  $\times 440$ ;
8. Cross section of leaf, showing quadrate crystalloids, palisade parenchyma and spongy parenchyma,  $\times 440$ ;
9. Lower epidermis, showing epidermal hair,  $\times 480$ ;
10. A part of cross section of leaf, showing upper epidermis, palisade parenchyma(idioblasts), fibres and spongy parenchyma,  $\times 320$ ;
11. A part of cross section of leaf, showing lower epidermis and idioblasts of hypodermis,  $\times 1750$ ;
12. The sunken stoma,  $\times 850$ ;
13. Cross section of midrib, showing the pit in the end of wall of vessel element,  $\times 2560$ ;
14. A part of cross section of leaf, showing upper epidermis, idioblasts and palisade parenchyma,  $\times 1750$ ;
15. Cross section of midrib, showing upper epidermis and idioblasts,  $\times 320$ .

唐为萍, 等: 沉香叶解剖结构的研究

图版 I

TANG Wei ping, *et al.*: Study on anatomical structure of leaf of *Aquilaria agallocha*

Plate I



See explanation at the end of text