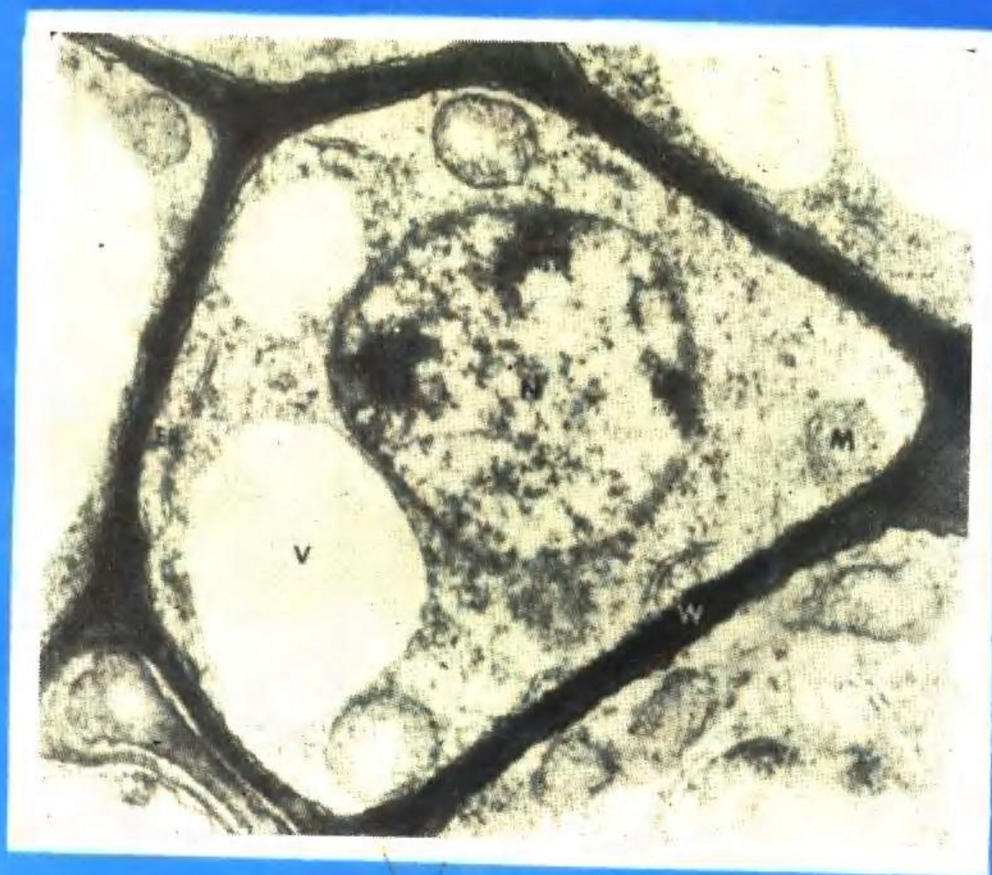


# 树木显微解剖图谱

SHU MU XIAN WEI JIE POU TU PU

樊汝汶 乔士义 李文钊 编



中国林业出版社

# 树木显微解剖图谱

樊汝汶 乔士义 李文钊 编

中国林业出版社

责任编辑 蔡观华  
封面设计 周 坚

**树木显微解剖图谱**

樊汝汶 乔士义 李文钊 编

中国林业出版社出版发行(北京西城区刘海胡同七号)

南京林业大学印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 9.5印张 210千字

1989年5月第一版 1989年5月第1次印刷

印数 1-2,000册 定价: 7.80元

\* \* \* \*

ISBN7-5038-0544-7/S·0240

## 前 言

多年来，在高等林业院校的植物学教学中日益感到讲授树木解剖构造的必要性和重要性，迫切地需要一本树木解剖图谱。然而，目前出版的植物解剖图谱大多以草本植物为材料，缺乏以我国树木为材料的图谱。我国拥有丰富的树木资源，随着光镜显微技术和电镜技术的不断提高以及解剖学和胚胎学研究的新进展，为我们编写一本树木解剖图谱提供了良好的条件。于是，我们不揣浅陋，把历年来在教学和科研工作中制作的切片，加以拍摄，制成图片，辅以简要的文字说明，编成此书。由于编著者水平有限，本书内容一定有不少缺点和错误，衷心欢迎读者批评指正。

本书由南京林业大学等单位的植物学教师分工执笔(见目录中的署名)，由李文钿、乔士义、樊汝汶整编定稿，承南京师范大学徐祥生教授审阅。编写过程中还得到有关方面的指导和帮助，在此一并致谢。

李 文 钿

1988年12月

# 目 录

## 前 言

### 第一部分

- I 细胞·····樊汝汶 ( 1 )
- II 组织·····樊汝汶 ( 10 )

### 第二部分

- I 根·····乔士义 ( 23 )
- II 茎·····乔士义 ( 35 )
- III 叶·····李文钊 ( 55 )

### 第三部分

- I 油松·····李文钊 ( 67 )
- II 杉木·····蒋 恕 ( 77 )
- III 水杉·····李文钊 ( 83 )
- IV 苹果·····李文钊 ( 92 )
- V 刺槐·····周琴宝 ( 103 )
- VI 白榆·····李文钊 ( 109 )
- VII 油茶·····万云仙, 王灶安 ( 117 )
- VIII 油橄榄·····万云仙, 王灶安 ( 121 )
- IX 泡桐·····万云仙, 王灶安 ( 125 )
- X 滇楸·····樊汝汶 ( 131 )
- XI 毛竹·····乔士义 ( 137 )

# I 细胞

细胞是生物结构、功能和遗传变异的基本单位。人们对细胞的认识是随着显微技术的发展而逐步加深的。

1665年Robert Hooke 首先发现了在光学显微镜下的木栓细胞的细胞壁。此后的二百多年中，人们陆续发现了细胞质、细胞核、核仁、染色体、叶绿体以及有丝分裂和减数分裂等结构和现象。但是，由于光波的性质决定了光学显微镜的分辨率为0.3微米，其有效放大倍数只能在1200—1500倍之间，因此，细胞内小于0.3微米的结构是看不见的。

20世纪30年代以来，人们以电磁透镜代替玻璃透镜，以电子束代替光束，研制成了电子显微镜。电子显微镜的放大上限可达一百万倍。用电子显微镜可以看到2—3Å的颗粒，其可用的分辨限度接近1Å（1Å =  $1 \times 10^{-10}$  m），所以在透射电子显微镜下可以看到细胞内的超微结构，如内质网、高尔基体、线粒体和微管等。但它受样品大小和厚度的限制。扫描电子显微镜因有较高的焦点深度和较宽广的视野，可不受样品大小和厚度的影响，能够呈现出明显的立体结构，因此在扫描电镜下能看到完整的和比较大的物体，并能清晰照相。

## 一、细胞的形态及基本构造

细胞有一个生长和分化的过程，其形态构造随发育阶段的不同而变化，所以细胞是有生命的或是经过分化后已经失去了生命的结构。细胞又具有立体的构型，因其所处位置、相邻细胞的相互挤压和生理机能的不同而形成多种多样的形状和构造。植物细胞由原生质体、内含物和细胞壁构成。

### （一）原生质体

原生质体包括细胞质、细胞核、质体、线粒体和其它细胞器等结构。

#### 1. 细胞质

细胞质有丰富的膜系统。细胞质紧贴细胞壁的膜称为质膜，与液泡临界的膜称为液泡膜。质膜与液泡膜之间的细胞质部分在光学显微镜下是无色、半透明状的均一基质，在透射电镜下呈现复杂的膜系统结构，称为内质网。内质网由膜层组成，它的一些分枝和质膜相连，另一些分枝和细胞核的核膜相连，形成相互联系的膜系统。内质网表面常常附有一些小的颗粒，称为核糖核蛋白体。内质网的主要功能在于提供细胞空间内的支持骨架，增加细胞的表面积，使细胞的代谢活动在膜上高效率地进行。

#### 2. 细胞核

细胞核由核膜、核质和核仁构成。在光学显微镜下，只能看见核膜是均匀的一层；在透射电镜下，则可见核膜是双层的，其上有核孔，作为细胞核与细胞质物质交换的通道。核质由一种极易被碱性染料着色的染色质和另一种不易被染色或染色很浅的核液所组成。染色质的主要组成成分是DNA，也就是遗传的物质基础。在核质中还有一至数个小球体，称为核仁，是合成RNA的主要场所。

#### 3. 质体

质体是绿色植物特有的细胞器，分为白色体、叶绿体和有色体三种。树木叶子的叶肉细胞中含有许多叶绿体。在光学显微镜下，叶绿体呈绿色，颗粒状或扁碟状。在透射电镜下，呈复杂的膜系统结构：外围为一双层膜，里面是无色的基质。基质中有许多圆盘状的基粒，每一基粒由许多表面带有叶绿素的膜层形成的小圆盘一类囊体堆积而成。此外，基质中还有一些基质片层交织成网状，把基粒错综地连接起来。叶绿体的主要功能是进行光合作用。白色体是一种不含色素的质体，多见于幼嫩或不见光的组织中，常呈小圆球状，聚集于细胞核附近。有色体含胡萝卜素和叶黄素故呈黄色或红色。因胡萝卜素很容易结晶，故有色体常呈多角或不规则形，出现在花瓣或果皮细胞中。

#### 4. 线粒体

线粒体由于体积小，在光学显微镜下难以观察。在透射电镜下可见其由内外两层膜组成，内膜又向中心腔折叠成嵴，嵴呈板状或管状。线粒体是呼吸酶集中的基地，故其主要功能是进行呼吸作用。

#### 5. 其它细胞器

原生质体中除含有细胞核、质体和线粒体外，还含有其它一些细胞器，如高尔基体、溶酶体、圆球体、微粒体、微管等。高尔基体在植物细胞中起着多糖的合成和运输作用，并且参与细胞壁的形成和分泌作用。它通常由3—8个中空的圆盘状的膜堆积而成，小盘边缘收缩而形成膜质的小泡。

### (二) 液泡和细胞内含物

随着细胞的生长，细胞内出现液泡和内含物。液泡是细胞内含有细胞液的小腔。幼嫩细胞的液泡小而多，以后逐渐合并成中央大液泡。液泡能调节渗透压的大小，控制水分的出入，维持一定的膨压，使细胞处于紧张状态。内含物是细胞代谢的产物，包括贮藏的营养物质——淀粉粒、蛋白质和脂肪，生理活性物质——酶、维生素和植物激素，无机盐类和结晶体——草酸钙结晶等，以及某些特殊物质如单宁、精油、花青素、橡胶、松脂等。细胞内含物有的成溶解状态，有的成固体粒状（如淀粉粒和糊粉粒），有的成结晶状，以多种形式出现于细胞液和细胞质甚至细胞壁中。

### (三) 细胞壁

高等植物除性细胞（精子和卵细胞）外，营养细胞都具有细胞壁。细胞壁包围在原生质体外面，由几层形态构造和化学性质都不相同的层次所组成。根据它们发生的先后和构造，细胞壁可分胞间层、初生壁和次生壁三部分。在木材中，胞间层和初生壁一般均木化。次生壁主要是由纤维素、非纤维素多糖类及半纤维素等物质以不同比例混合而成，此外尚有木质和其它物质加入。细胞壁次生加厚时往往不很均匀，常有很小一部分不加厚，形成点状的凹穴，这种点状的凹穴称为纹孔。通常，纹孔在相邻的细胞壁上相对而生，称为纹孔对。根据纹孔的形状构造、大小和排列方式不同分为单纹孔和具缘纹孔。

多细胞有机体在相邻两生活细胞的壁上有一些极细的细胞质丝贯穿，称为胞间连丝。它们常成束存在，把植物有机体整个沟通起来成为一个整体。

## 二、细胞的繁殖

在现今的地球上所有生物的细胞都是由细胞分裂产生的。从微小的藻类植物到参天的大

树都以细胞分裂的方式增加细胞的数目，实现有机体的生长、发育和繁殖。细胞分裂主要有两种方式，即有丝分裂和减数分裂。

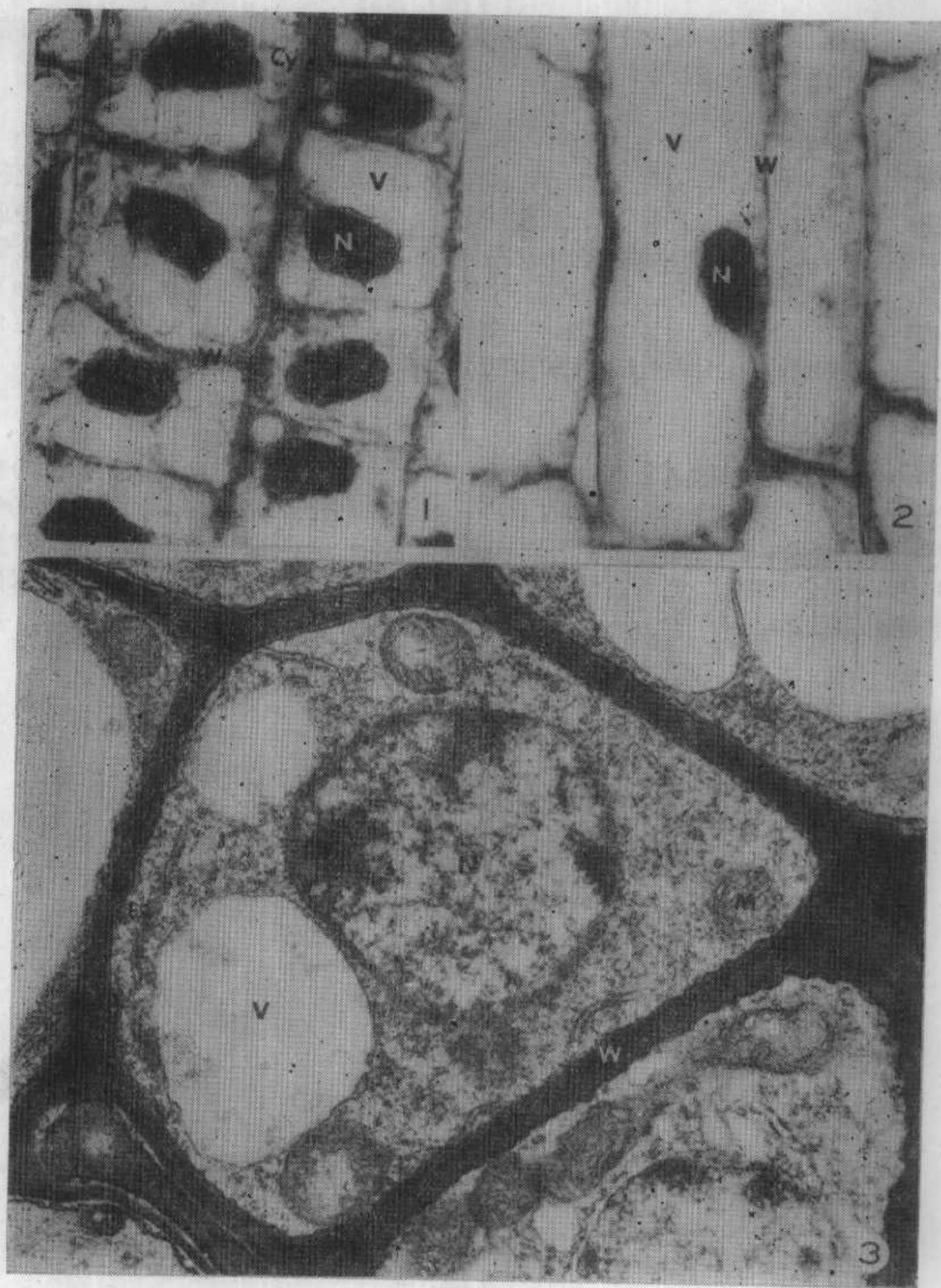
### **(一) 有丝分裂**

有丝分裂是一种最普通的细胞分裂方式。植物细胞的生长一般都是以有丝分裂方式进行的，主要发生在根尖、茎尖以及生长迅速的幼嫩部位。细胞在不进行分裂的间期似乎是静止的，其实间期是分裂前的准备时期，核内发生一系列生化变化，主要是DNA的复制和能量的积累，以保证分裂的进行。有丝分裂的全部过程是非常复杂的连续不断的过程，只是为了叙述方便才人为地把它分为前期、中期、后期和末期。有丝分裂的结果每1个母细胞产生2个子细胞，子细胞的染色体数与母细胞的染色体数相同，即保持 $2n$ 。

### **(二) 减数分裂**

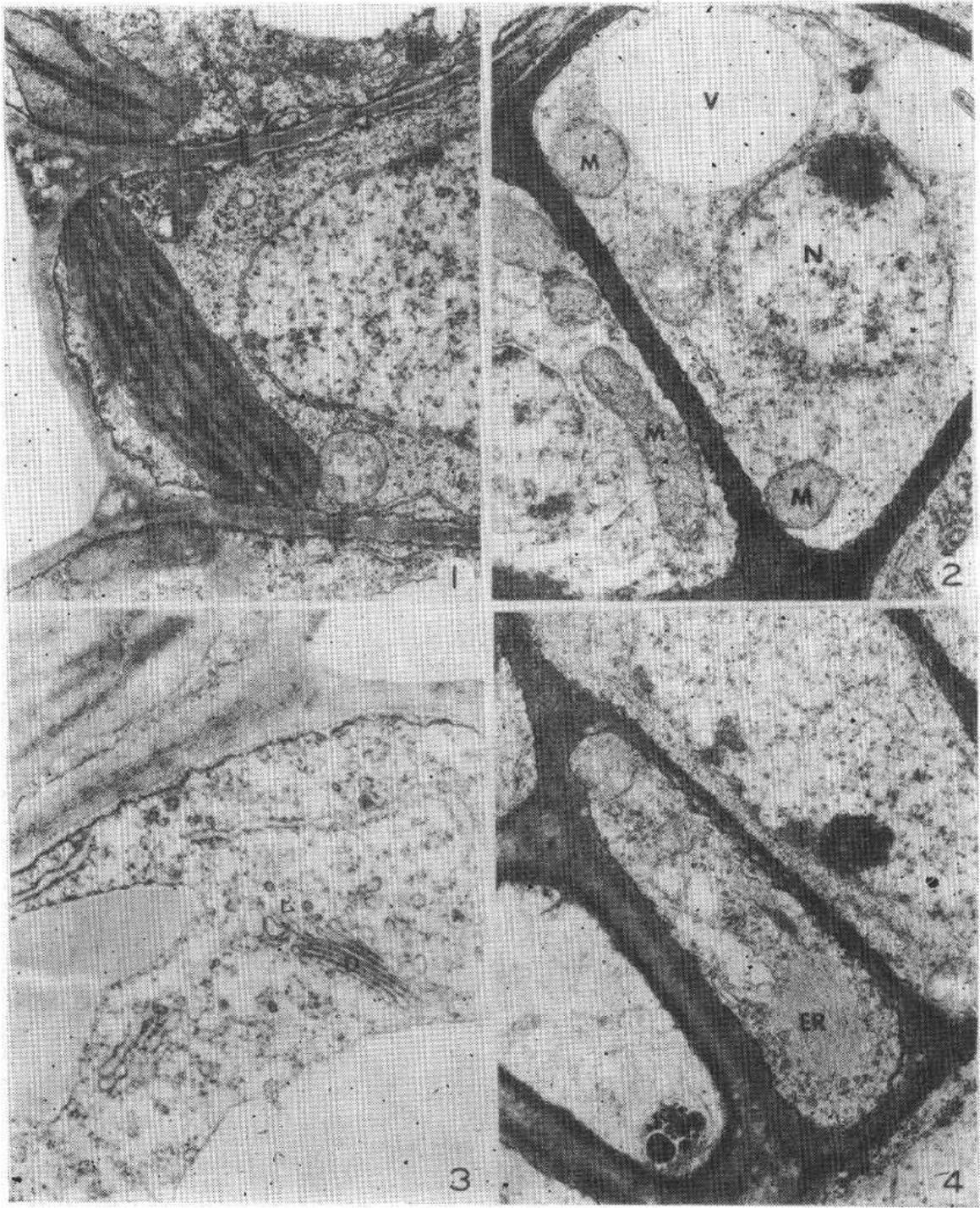
树木在开花过程中形成雌雄性生殖细胞（精子和卵细胞）必须经过减数分裂。减数分裂全过程包括两次连续不间断的分裂，即减数第一次分裂和减数第二次分裂，故减数分裂的结果每个母细胞形成4个子细胞，而每个子细胞细胞核内染色体的数目是原来母细胞染色体数目的一半，即只含单倍数 $n$ 。植物的有性过程，经过精子和卵的结合，形成合子，染色体又恢复到原来的数目 $2n$ 。





图版 I

1. 油松根尖细胞分裂区的幼嫩细胞，示细胞壁 (W)、细胞质 (Cy)、细胞核 (N) 和液泡 (V)。
2. 油松根尖伸长区的成熟细胞，示中央大液泡 (V) 和被挤在一侧的细胞核 (N)，箭头 (↑) 指处为细胞质，W 为细胞壁。
3. 杨树叶肉细胞的超微结构：细胞壁 (W)、内质网 (ER)、细胞核 (N)、核膜 (↑)、线粒体 (M)。

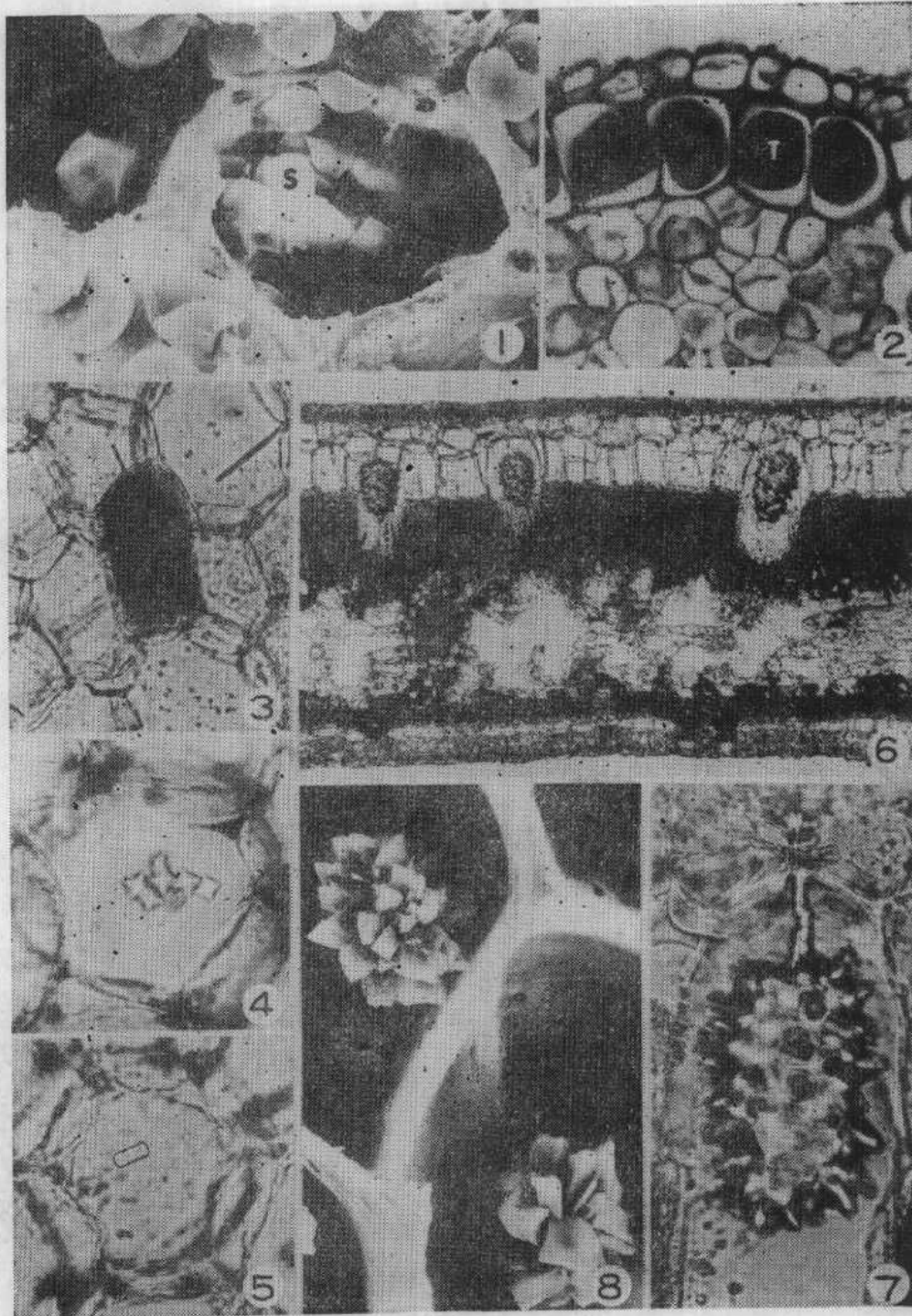


图版 II \*

1. 杨树叶肉细胞的透射电子显微镜照片，示发育良好的叶绿体 (Chl) 及其中的片层结构 (↑指处)。
2. 杨树叶肉细胞中的线粒体 (M) 及其中的嵴 (↑指处)。
3. 杨树叶肉细胞中的高尔基体 (D) 及其分泌囊泡 (⇩)。
4. 杨树叶片中幼嫩细胞所含的丰富内质网 (ER)。

\* 照片由黄金生提供

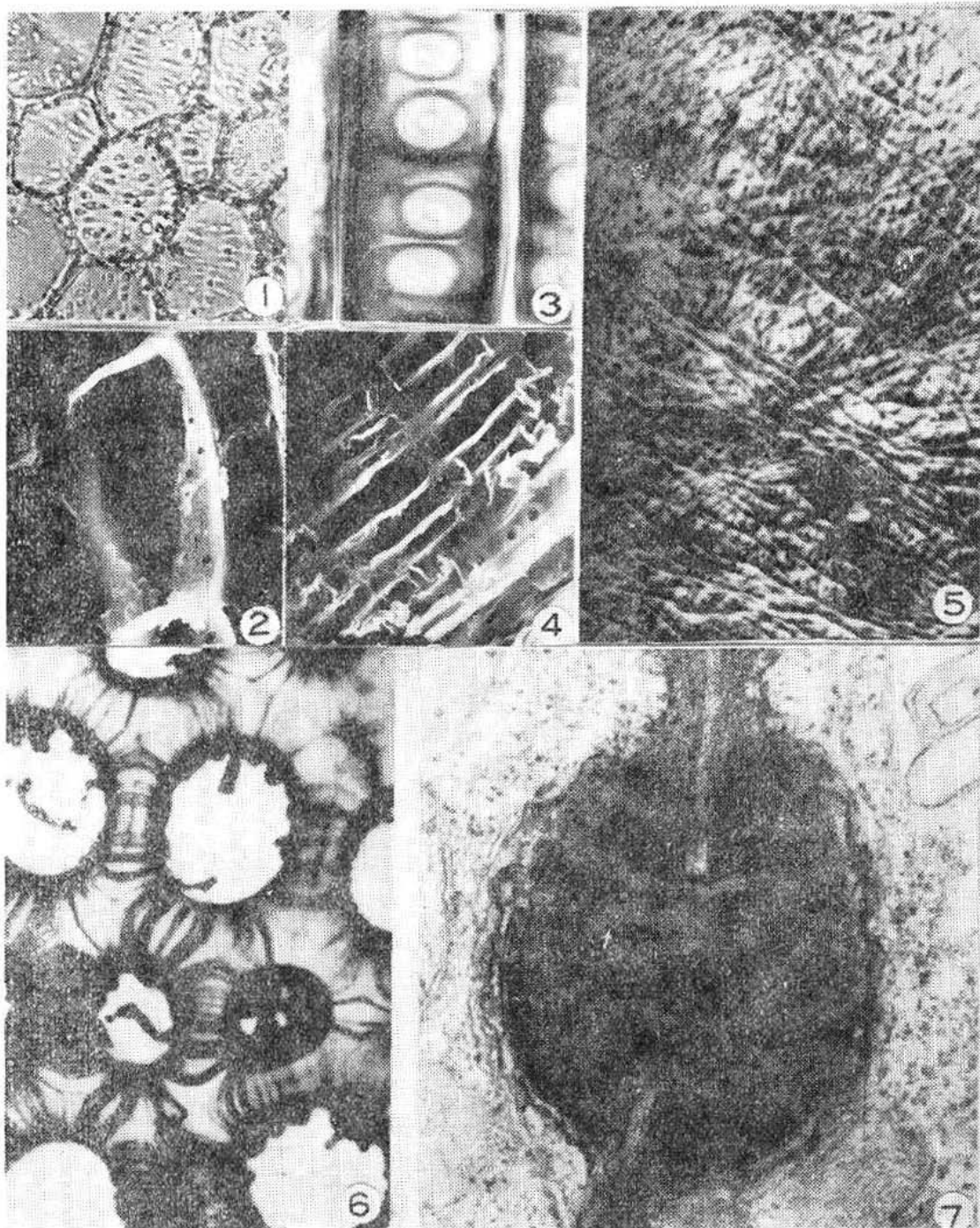




图版 III

1. 竹鞭髓部细胞的扫描电子显微镜照片\*，示淀粉粒 (S) 的立体图象。
2. 花棒叶中的单宁囊，其中含单宁 (T)。
3. 葡萄茎髓细胞中的聚集成束的针晶。
4. 葡萄茎髓细胞中的菱晶。
5. 葡萄茎髓细胞中的柱晶。
6. 印度橡皮树叶片横切，示碳酸钙晶体积累于细胞壁的突起中，形成钟乳体悬挂在细胞腔中。
7. 图 6 的局部放大，示细胞腔中的钟乳体。
8. 竹茎细胞的扫描电镜照片\*，示晶簇和细胞壁上的单纹孔。

\* 由李又芬提供。



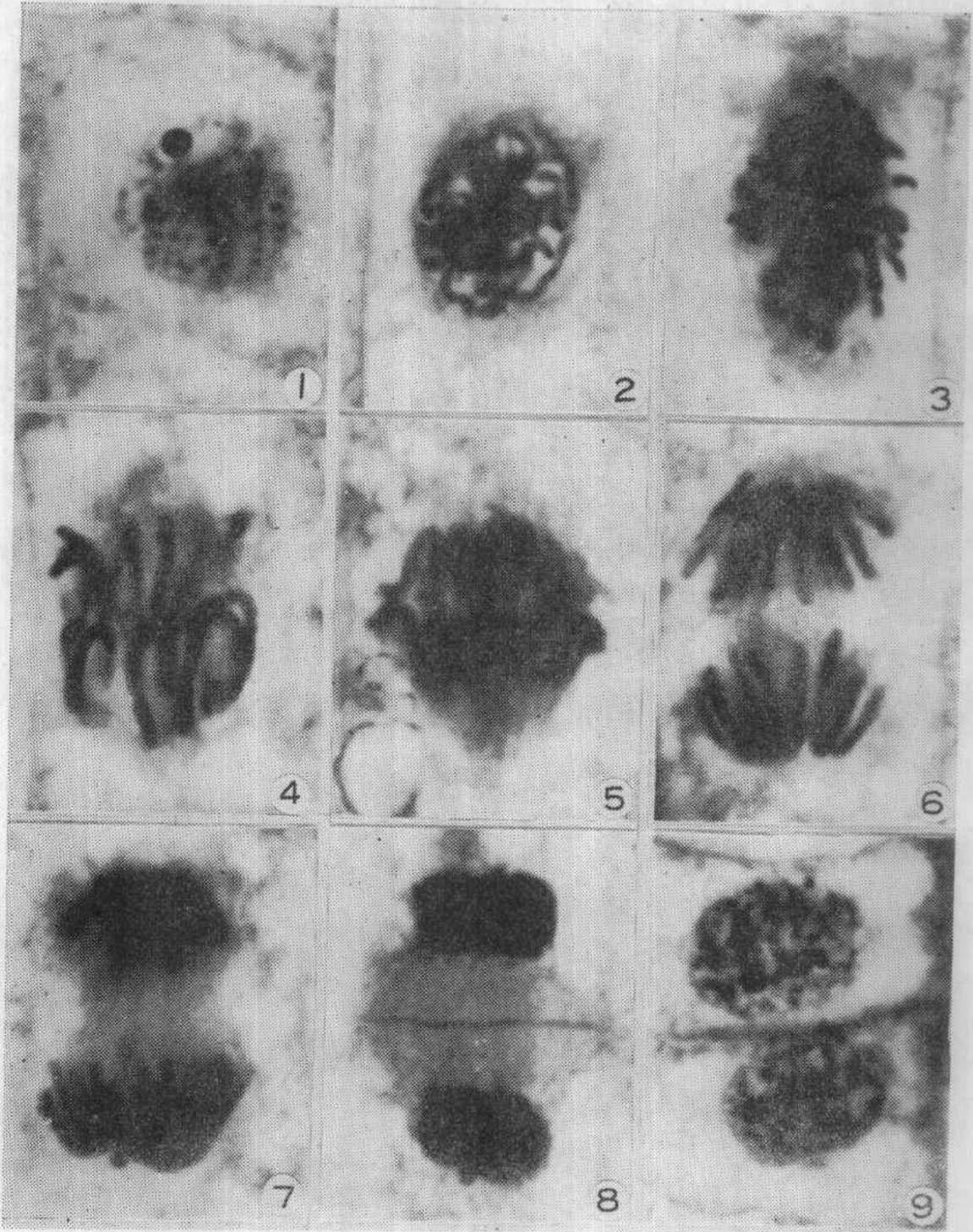
图版 IV

1. 女贞茎髓部示单纹孔的正面观 (↑指处) 和侧面观 (↓指处)。
2. 椴树薄壁细胞示单纹孔的扫描电镜图象\*。
3. 松树管胞上的具缘纹孔。
4. 红松管胞示扫描电镜下的具缘纹孔的立体图象\*。
5. 细胞壁的微纤丝排列的电子显微镜照片\*\*。
6. 柚子胚乳示胞间连丝分布在细胞壁上。
7. 杨树叶片的细胞示复合胞间连丝 (↑指处)。

\* 由王庭芬提供。

\*\*引自 Sinnott and Wilson: Botany Principles and Problems 第六版





图版 V

油松根尖纵切面的局部放大示有丝分裂过程：

1.前期 染色质丝开始螺旋化，核仁、核膜尚存。

2.前期 染色质丝继续螺旋化缩短变粗。

3.前期 核仁、核膜消失，染色体出现。

4.中期 染色体着丝点排列在赤道面上。

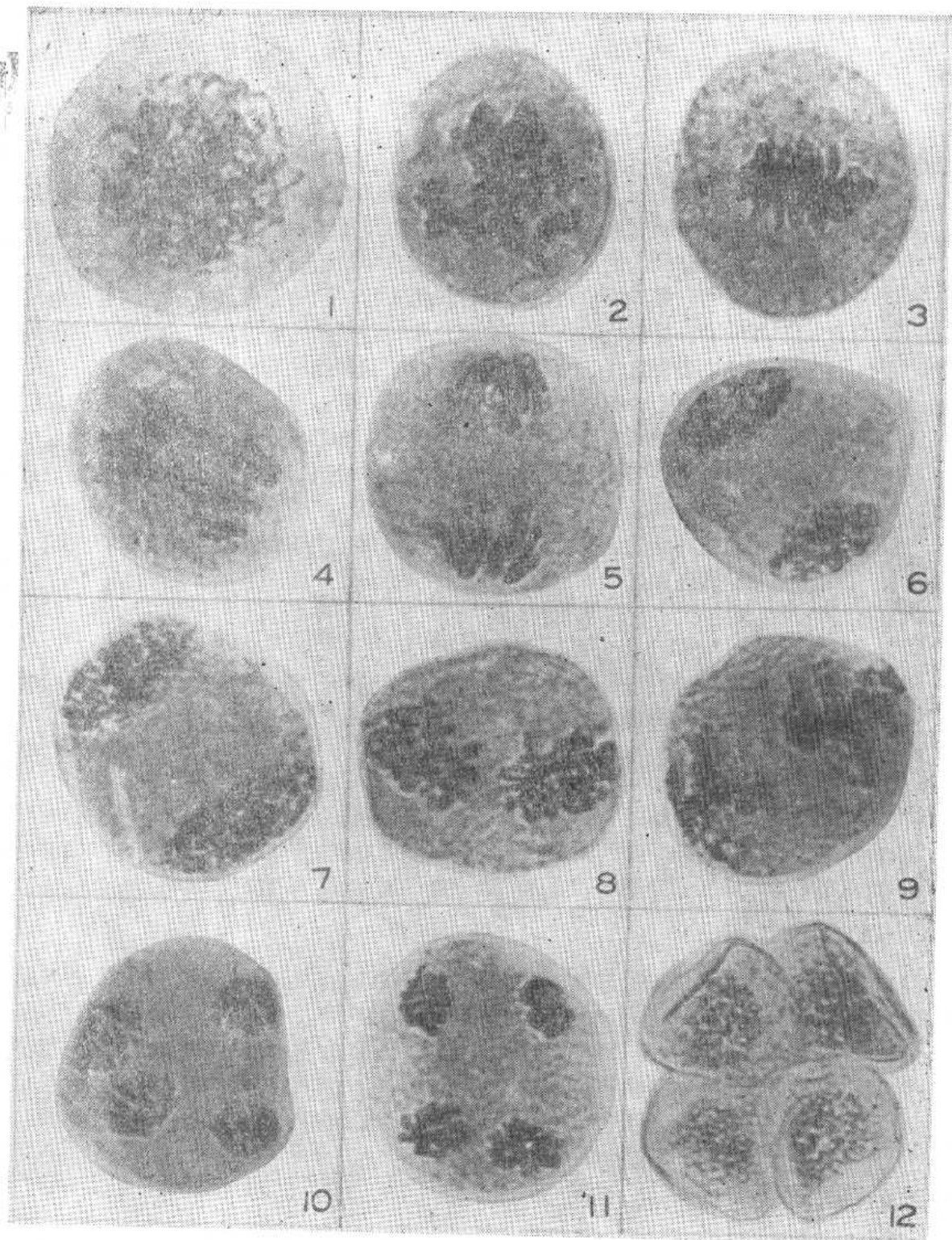
5.中期 纺锤体出现，染色体向赤道面移动。

6.后期 染色单体已移向两极。

7.后期 每个染色体的两个染色单体从着丝点处分开，各自向纺锤体的两极移动。

8.末期 染色体丧失了浓缩的形状；开始解螺旋，赤道面形成细胞板，纺锤体尚存。

9.末期 两个子细胞形成，核仁、核膜再次出现。



图版 VI

马尼松小孢子母细胞减数分裂过程：

1. 前期I 染色质丝螺旋化，核膜、核仁消失。
2. 前期I 染色质丝继续加粗。
3. 中期I 纺锤体形成，同源染色体排列在赤道面两侧。
4. 后期I 同源染色体开始向两极移动。
5. 后期I 同源染色体继续向两极移动。每组染色体数此时已各减去一半。
6. 末期I 染色体周围形成核膜，纺锤体依稀可辨。
7. 末期I 核膜中的染色体形态未完全消失，准备第二次分裂。
8. 前期II 染色体重新形成。
9. 中期II 染色体排列在赤道面上，着丝点分离，形成两个子染色体。
10. 后期II 子染色体向两极移动。
11. 末期II 子染色体开始消失，核仁、核膜形成。
12. 胞质分裂，新壁形成，成为四分小孢子。

## II 组织

1671年Nehemiah Grew首先提出了植物“组织”的概念，指出：植物组织是若干形态、结构和功能一致的，在同一器官发育中具有同一起源而又互相联系的细胞组合。它是植物个体发育过程中细胞生长和分化的结果。组织作为植物体的结构部分，在从属于有机体整体的统一活动条件下，具有相当程度的独立性；同时，生活的植物组织也具有一定程度的相互转化能力，即在一定条件下，某类植物组织具有脱分化和再分化的能力。这不仅是传统的扦插和嫁接的解剖学基础，也是近二、三十年发展起来的植物组织培养技术的依据。此外，同一类型的植物组织，在不同植物种类里所表现的性能可以有所差异，例如，同是木栓形成层，由于树种的不同，其活动能力就有强弱之分。栓皮栎的木栓形成层能产生大量的木栓组织，形成很厚的木栓层，而其它一般植物则只能产生较薄的木栓层。因此，了解植物组织的异质性和对生产和实践具有参考价值。

通常，按照植物组织的功能，把它分为六大类，即分生组织、薄壁组织、保护组织、机械组织、输导组织和分泌组织。

### 一、分生组织

分生组织是一群具有分裂能力的细胞。主要分布于植物体根尖、茎端以及木质部和韧皮部之间，是树木增高生长和增粗生长的基础。

#### (一) 生长点

生长点是位于根尖和茎端的一群没有经过分化的、分裂能力旺盛的细胞。细胞小而均匀，大多不具纹孔；细胞质丰富而浓密；细胞核占了细胞腔内1/2至2/3的空间，即相对地比较大；液泡很小，散布在细胞质中；质体尚未分化；细胞排列紧密，细胞之间无胞间隙。

#### (二) 形成层

形成层是位于根、茎内韧皮部和木质部之间的一层细胞。通常，为方便起见，将其附近的几层衍生细胞都称为形成层或形成层区。形成层细胞有两种：一种是纺锤状原始细胞，呈梭形；另一种是射线原始细胞，等径的。它们的横切面均呈长方形，含浓厚的细胞质和细胞核。

除以上两种普遍存在的分生组织外，在某些植物，如竹笋节间的顶端分生组织的残留部分可使得竹子在一昼夜之间高生长达一米之多。这种分生组织称为居间分生组织。

### 二、薄壁组织

薄壁组织由生活的细胞组成。细胞排列疏松，胞间隙明显。细胞壁主要由果胶化物和纤维素组成，一般都较薄，常有单纹孔；液泡大，常成中央大液泡，细胞质成一薄层；细胞核相对地比分生组织细胞的细胞核小，质体有了分化；内含物丰富。

薄壁组织的功能主要与营养有关，如吸收、贮藏、同化等。与这些生理功能相联系形态特征如下：吸收薄壁组织——细胞壁薄，不角化，外壁突出如毛状（根毛），具明显液泡和薄层细胞质；同化薄壁组织——细胞中含有大量叶绿体；贮藏薄壁组织——细胞中含有丰

富的内含物，如淀粉粒、糊粉粒和油滴等。此外，旱生植物的贮水组织，胞间隙特别发达。

由于薄壁组织是分化程度较浅的组织，所以在一定条件下能脱分化和再分化，例如皮层中的薄壁组织可以转变成木栓形成层，分裂产生木栓层和栓内层。

### 三、保护组织

高等植物在经过长期的自然选择过程后，植物体的体表成为既能适应抵抗干旱，减少蒸腾，防御风雨，防止病虫害侵袭和机械磨擦等损害，又能进行正常气体交换的保护组织。

根据来源和形态构造不同，保护组织分为初生保护组织和次生保护组织。

初生保护组织由表皮、气孔器和表皮毛等组成。次生保护组织由次生分生组织的细胞分裂分化而形成，包括周皮和皮孔两部分。由于表皮细胞不能长期保持它的分裂能力，不能随着器官表面积的增加而无限地相应扩展，所以随着树木次生生长的出现，原来的保护组织层（表皮）即失去了它们的保护作用，由表皮以内产生的周皮取而代之。

### 四、机械组织

树木的主茎需要负担全部枝叶、花、果实和种子的重量，必须长期承受这一巨大的重力和压力，又必须承受并抵御由于外界环境的变化所引起的风、雨、雪、雹的侵袭，在这样的条件下，通过长期的进化和自然选择，在植物体内形成了一个合乎规律并且足以抵抗这些袭击的坚实结构，而机械组织在加强植物体的坚实性方面起到了主要的作用，在与其它组织的配合下，构成了支持植物体的有力支架。

机械组织的共同特征是细胞壁的异常加厚和木质化。按加厚的部位、性质和程度的不同，可分为厚角组织和厚壁组织，前者的加厚或在细胞相邻的角隅处，或成为片状加厚，而后者则有石细胞和纤维的区分。

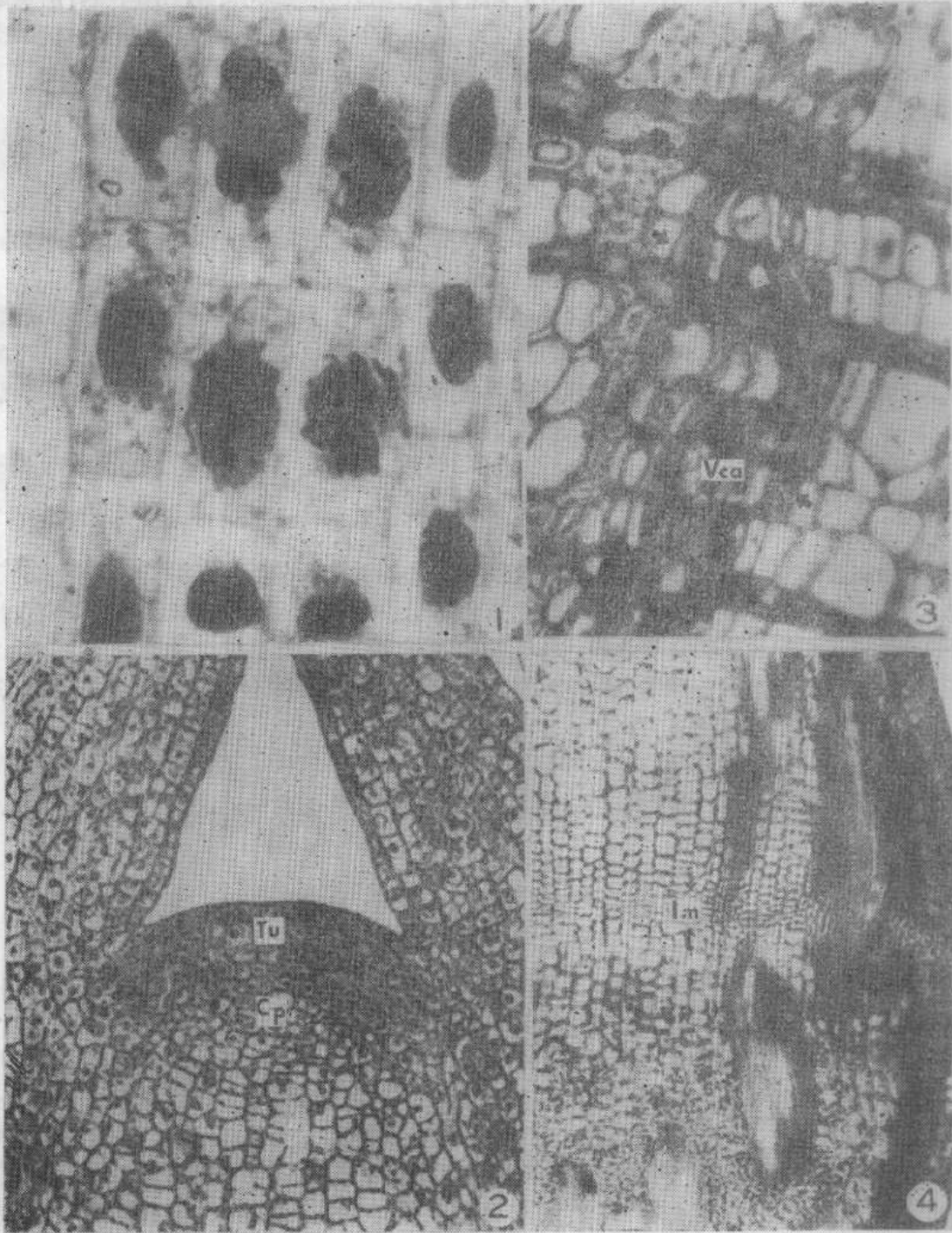
### 五、输导组织

陆生植物进化中的一个主要方面是体内输导组织的出现。植物在登陆以后，一方面扩大了吸收阳光和二氧化碳的叶片和嫩茎的表面积，同时又势必引起体内水分因蒸腾面积加大而出现耗水过多，导致干枯的危险；而且植物体积的增大也给养分传递带来困难。这些矛盾的妥善解决，主要依赖于体内输导组织的作用。输导组织的基本特征是：细胞伸长成管状或筒状，有的成为中空相连的管子，细胞内已不复存在生命物质，如管胞和导管。按结构和功能的不同，植物体内的输导系统可分成木质部和韧皮部二部分。前者的任务是输导水和无机盐类，输导的主要分子是管胞和导管；后者的任务是输导有机养料，是由筛细胞和筛管来完成的。

### 六、分泌组织

植物体内有些细胞的原生质体可以合成一些特殊的有机或无机物质，并把它们排出体外、细胞外，或积累于细胞内，如挥发油、粘液树脂、乳液等，这些由分泌细胞组成的组织叫分泌组织。根据它们的形态结构和功能不同可分为外分泌组织和内分泌组织；前者如腺表皮、腺毛、蜜腺、排水器等，后者如分泌腔、分泌道、乳汁管等。





图版 I

1. 油松根尖纵切局部放大，示细胞分裂区的细胞进行有丝分裂。
2. 白丁香苗端纵切\*，示顶端分生组织。顶端分生组织由原套 (Tu) 和原体 (Cp) 组成。
3. 椴树次生茎横切的局部放大，示侧生分生组织——维管形成层 (Vca, ↑指处) 其活动结果是产生次生维管组织。
4. 毛竹小枝纵切，示居间分生组织 (Im, ↑指处)。居间分生组织位于节间基部，完成居间生长。

\* 引自朱熹，1965，白丁香苗端的结构和细胞发生。