

全国高等学校“十二五”生命科学规划教材

# 植物生物学实验

主 编 林宏辉

副主编 唐 琳 白 洁 袁 澍

PLANT BIOLOGY

TS

 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



## 内容简介

本实验教材包括基础实验、综合实验、设计和研究性实验三部分。基础实验是要求学生必做的实验；综合实验是学生根据自己的兴趣和爱好，可从中选择的若干感兴趣的实验；设计和研究性实验则是学生在教师的指导下独立完成的实验，包括实验的选题、设计、实施和结果分析等。植物形态结构、系统分类和生理代谢内容并重是本书的特色。书中每一实验设计了大量的思考题，书后附近百幅彩色照片，有助于学生理解和培养创新思维的意识 and 能力。本书有 11 个附录，包括显微镜的使用、制片技术和生物绘图法等内容，便于读者查阅。

本书可作为大学本科植物生物学实验课程教材，适用于生物科学、生物技术专业及农林院校相关专业的学生使用，也可供相关领域的研究人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

植物生物学实验 / 林宏辉主编. —北京: 高等教育出版社, 2012.3

ISBN 978-7-04-034082-2

I. ①植… II. ①林… III. ①植物学: 生物学—实验—高等学校—教材 IV. ①Q94-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 030609 号

策划编辑 王莉      责任编辑 王莉      封面设计 张楠      责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京市文林印务有限公司  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 12.5  
字 数 300 000  
插 页 8  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2012年3月第1版  
印 次 2012年3月第1次印刷  
定 价 29.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 34082-00

# 前 言

植物科学的发展经历了描述植物学、实验植物学时期后,现已进入创新植物学时期。植物科学的迅速发展使高等院校植物学教学面临着新的挑战。

实验课是基础课教学中的一个重要环节,它不仅与课堂讲授的基本理论、基础知识相结合,而且也是学习后继课程和进行科研工作的基础,同时又是培养学生独立思考和理论联系实际能力的重要手段。参照综合类高校对植物生物学教学的具体要求,并结合多年的教学实践经验,我们对植物生物学实验教学进行了探索性改革。课程内容设为基础实验、综合实验、设计和研究性实验三部分,基础实验是要求所有选课学生必做的实验,目的是加深学生对植物生物学的基本理论和实验基本原理的理解,掌握植物生物学实验的基本技能。综合实验是学生根据自己的兴趣和爱好,从教师提供的实验中选择若干感兴趣的实验,目的是激发学生学习植物生物学的兴趣,并进一步扩大学生的知识面,发展实验技能。设计和研究性实验则是学生在教师的指导下独立完成的实验,包括实验的选题、设计、实施和结果分析等,目的是培养学生在实践中发现问题、思考问题、解决问题的科学思维能力。在培养学生的观察、分析和动手能力的同时,要求掌握显微镜的规范化使用方法、徒手切片技术和绘图技术。通过观察和比较不同环境下的植物在形态和结构上的差异,使学生能认识植物与环境的辩证关系,学会获取知识的技能,训练科学思维。

本书实验项目共分为三个部分,各部分内容都十分丰富,各校可根据具体情况,对实验内容进行调整。此外,我们鼓励学生自带材料开展研究,这种设计和研究性实验对提高学生的动手能力和学习效果将起到积极的作用。在每个实验后都布置了思考题,以帮助学生理解问题,培养创新思维的意识 and 能力。

本书形态结构部分由唐琳副教授编写,系统分类部分由白洁副教授编写,其余部分均由林宏辉教授和袁澍博士等编写。在本书的编写过程中,得到了四川大学教务处和生命科学学院领导的大力支持,在此深表谢意。

植物科学是一门发展中的科学,由于我们的知识和能力有限,错误和疏漏之处还望读者批评指正。

编 者

2011年9月于成都

# 目 录

第一部分	基础实验	1
实验一	植物细胞的基本形态与结构	1
实验二	植物组织	5
实验三	根的形态结构与发育	7
实验四	茎的形态结构与发育	11
实验五	叶的形态结构与发育	16
实验六	花的形态结构与发育	19
实验七	果实与种子的类型	25
实验八	原核藻类植物	29
实验九	真核藻类植物	30
实验十	真菌和地衣	34
实验十一	苔藓植物	36
实验十二	蕨类植物	39
实验十三	裸子植物	41
实验十四	被子植物 I——双子叶植物	46
实验十五	被子植物 II——单子叶植物	57
实验十六	植物组织渗透势的测定	61
实验十七	植物组织水势的测定	62
实验十八	K <sup>+</sup> 对气孔开度的影响	64
实验十九	植物的溶液培养及缺素培养观察	65
实验二十	植物组织重金属含量的测定	67
实验二十一	植物组织中可溶性总糖含量的测定	68
实验二十二	叶绿体色素的提取、分离及理化性质的鉴定	70
实验二十三	光合色素含量测定	72
实验二十四	过氧化氢含量的测定	74
实验二十五	维生素 C 含量的测定	75
实验二十六	苯丙氨酸氨裂合酶的纯化及活性测定	76
实验二十七	茶多酚含量的测定	78
实验二十八	乙醇酸氧化酶活性的测定	79
实验二十九	种子中赖氨酸含量及种子活力的测定	80

实验三十	生长素、赤霉素和细胞分裂素对植物茎和根生长的影响	83
实验三十一	植物组织中核酸的分离及质量检测	84
<b>第二部分</b>	<b>综合实验</b>	<b>87</b>
实验三十二	植物染色体制片与观察	87
实验三十三	花粉活力及柱头可授性的检测	89
实验三十四	花粉粒的形态、萌发与花粉管的生长	90
实验三十五	水绵接合生殖的诱导	92
实验三十六	苔藓植物对大气污染的监测	93
实验三十七	蕨类植物孢子萌发的影响因素	96
实验三十八	裸子植物叶片中树脂道特征的观察比较	98
实验三十九	叶表皮微形态学特征的比较及分类学意义	99
实验四十	花卉植物物候观测	101
实验四十一	植物检索表的使用与编制	104
实验四十二	校园植物观察与识别	105
实验四十三	叶绿体的分离制备和希尔反应活力的测定	106
实验四十四	藻类植物光合强度及藻胆素含量的测定	108
实验四十五	植物呼吸速率的测定	110
实验四十六	植物叶片总黄酮含量的测定	113
实验四十七	植物蛋白质的分离及其含量测定	115
实验四十八	过氧化物酶同工酶聚丙烯酰胺凝胶电泳分析	121
实验四十九	油菜素内酯对不同环境因子的响应分析	124
实验五十	光敏感莴苣种子萌发中光敏色素的作用	126
<b>第三部分</b>	<b>设计和研究性实验</b>	<b>128</b>
实验五十一	植物营养器官的生态适应及其多样性	128
实验五十二	浮游藻类的调查及水质评价	130
实验五十三	外来入侵植物调查与生物安全	133
实验五十四	植物资源调查与分析	135
实验五十五	园林植物挥发性物质抑菌活性研究	139
实验五十六	利用 ISSR 技术检测植物遗传多样性和物种亲缘关系	141
实验五十七	植物的组织培养	143
实验五十八	植物生长物质的应用	147
实验五十九	环境胁迫条件下植物组织中主要生理指标的变化测定	155
实验六十	抗逆蛋白脱水素的提取分离与印迹分析	158
实验六十一	植物对病毒的抗病性反应及防御信号检测	161
	<b>参考书目及文献</b>	<b>166</b>

附录 .....	168
一 玻璃仪器的洗涤和各种洗液的配制 .....	168
二 显微镜的使用 .....	169
三 生物绘图法 .....	173
四 植物组织制片技术 .....	174
五 植物检索表 .....	178
六 植物缺乏矿质元素的病症检索表 .....	181
七 常用缓冲液的配制 .....	182
八 器具和溶液的灭菌方法 .....	186
九 植物组织培养常用培养基成分 .....	187
十 Hoagland 营养液 .....	188
十一 实验室安全及常见有毒物质的防护 .....	188

# 第一部分 基础实验

## 实验一 植物细胞的基本形态与结构

细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位。植物细胞具有与动物细胞相区别所特有的结构:细胞壁、质体和中央大液泡。根据细胞的结构和生命活动的方式,可以把构成生物有机体的细胞分为两类,即原核细胞和真核细胞。原核细胞内没有典型的细胞核,也没有分化出以膜为基础的具有特定结构和功能的细胞器;而真核细胞的 DNA 主要集中在由核膜包被的细胞核中,并分化出多种以膜为基础的细胞器。高等植物和绝大多数低等植物均由真核细胞构成。

植物细胞直径一般为 20 ~ 50  $\mu\text{m}$ ,苧麻(*Boehmeria nivea*)的纤维细胞长可达550 mm,肉眼可见。在光学显微镜下可观察到植物细胞的细胞壁、细胞质、细胞核、质体和液泡,运用特殊的染色方法或使用相差显微镜可以观察到线粒体。利用电镜除可观察到上述结构外,还可以观察到质膜、内质网、高尔基体、核糖体等超微结构。在新陈代谢旺盛的细胞中可观察到原生质运动。

### 实验目的

1. 熟练使用光学显微镜观察植物的细胞,掌握植物细胞的基本结构。
2. 学会制作植物表皮、果肉等临时装片,明确多细胞植物体中原生质的整体性。
3. 认识植物细胞的细胞质运动现象。

### 实验用品

#### 1. 材料

洋葱(*Allium cepa*)鳞茎,辣椒(*Capsicum annuum*)红色果实,柿(*Diospyros kaki*)核胚乳永久切片,黑藻(*Hydrilla verticillata*),马铃薯(*Solanum tuberosum*),菜豆(*Phaseolus vulgaris*),花生(*Arachis hypogaea*),紫露草(*Tradescantia virginiana*),普通念珠藻(*Nostoc commune*),发菜(*Nostoc flagelliforme*),鸭跖草(*Commelina communis*),轮藻属(*Chara*)。

#### 2. 试剂

苏丹Ⅲ染液,70 g/100 mL 浓硫酸。

$\text{I}_2$ -KI 溶液:称取 1 g  $\text{I}_2$ 放入盛有 8 g KI 及 20 mL 水的烧杯中,待  $\text{I}_2$  全部溶解后,将溶液移入 100 mL 棕色容量瓶中,稀释至刻度,摇匀。

10 g · L<sup>-1</sup>Janus 绿水溶液:称取 1 g Janus green B 溶于 100 mL 蒸馏水中,稍加热(30 ~



45 ℃)使之快速溶解,用滤纸过滤,即为  $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  原液,装入棕色瓶备用。为了保持其充分的氧化能力,最好是临用前现配。

### 3. 仪器设备

显微镜,镊子,解剖针,解剖刀,载玻片,盖玻片。

## 方法和步骤

### 1. 植物真核细胞的基本组成和结构(图 1-1)

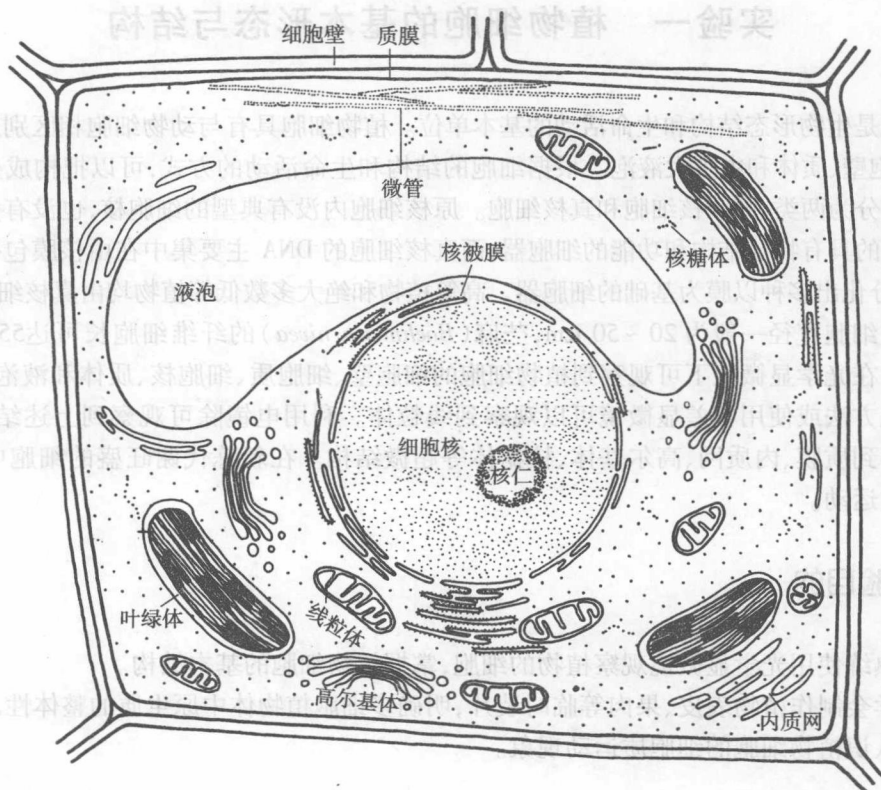


图 1-1 植物细胞结构图(引自 Norstog 等,1997)

(1) 取材及制片 取一洋葱鳞茎,剥除洋葱外部较老的鳞叶,用解剖刀纵切为两半(如果鳞茎过大也可纵切为四)。取一片肉质鳞片叶,在鳞叶内面(凹面)用刀片划出一“井”字,用镊子从切口处轻轻夹住表皮,并朝一个方向撕下中间方形部分。然后将撕下的表皮迅速放在载玻片上的水滴中,用解剖针将材料展平,盖上盖玻片进行观察(撕表皮时动作要迅速,勿将表皮在空气中暴露过久,以免使细胞失水而受到损伤。撕开的一面最好朝上放在载玻片上,以利于染色和进行组织化学试验的观察。撕下的表皮要平铺在有水的载玻片上,如果皱折,用解剖针将其铺平,以免影响观察效果)。

(2) 观察 先在低倍镜下观察,看到洋葱表皮细胞排列成网格状,其中每一网格就是一个细胞。选择最清晰的部分移到视野中央,转用高倍镜观察细胞的细胞壁、细胞质、液泡、细胞核和质体。

① 细胞壁:在细胞的最外层,完整的细胞其细胞壁为一长而扁的盒子,一般至少有 6 个

面,亦即有6个方向的细胞壁。但由于细胞壁是无色透明的,上、下两层壁看不出来,只能看到一长方形轮廓。如果把细胞壁染色,则上、下两层壁可以显出。光学显微镜下所看到的两相邻细胞的细胞壁,是由3层所组成:两层初生壁和中间的中层(胞间层)。在高倍物镜下可以看到细胞壁的厚度并不均匀,有时还可以看到壁上的初生纹孔场。

② 液泡:细胞壁以内为原生质体,在已成熟的表皮细胞中,可以看到细胞中体积最大的是液泡,它将细胞质、细胞核等挤到外围与细胞壁紧紧地贴在一起。液泡中的细胞液为溶解各种物质的水溶液,在光学显微镜下看不出什么结构。

③ 细胞核:在不染色的生活细胞中,细胞核为折光性强的卵圆形和圆形球体。在低倍物镜下就能看到。由于细胞核沉没在细胞质中,因而在成熟细胞中,它总是位于细胞的边缘。但有时也会发现有的细胞核位于细胞的中央。在细胞核中还可以看到一、两个或更多个圆球形颗粒,为核仁。

④ 细胞质:紧贴细胞壁的一层较为黏稠物质,在其中除含有细胞核外,还可看到许多细小的颗粒,其中有的为线粒体。由于分辨能力所限,在光学显微镜下只能看到这些结构的轮廓。如果用电子显微镜观察,可以看到其内部结构和其他细胞器。

⑤ 质体:存在于细胞质中,呈颗粒状,可分为三种类型。

白色体:撕取洋葱鳞茎最内部的表皮或横切成薄片,做成临时玻片标本,观察在细胞质内较大的颗粒,多在核的周围呈发亮的微小颗粒。

叶绿体:取鲜叶置于滴有水滴的载玻片上覆以盖玻片,置于显微镜下观察,可见其细胞质内有椭圆形的绿色颗粒,即叶绿体,它在细胞中可以随光的方向而运动。

有色体:取红辣椒的果肉,横切成薄片,依上法观察细胞中有许多的黄色颗粒,形状多样,也称杂色体。

(3) 染色观察 为了更好地观察细胞结构,在用新鲜材料观察后,可用 $I_2 - KI$ 染液染色,使细胞的结构特别是细胞核和细胞质更为清晰,易于观察。染色的方法有两种:一是把盖玻片取下,用吸水纸把材料周围的水分吸去,然后用滴管滴一滴染料,经2~3 min后,加上盖玻片即可观察;另一种方法是不移动盖玻片,而是在盖玻片的一侧滴上一滴染料(滴在盖玻片边缘的载玻片上),然后用吸水纸自另一端将盖玻片下的水分吸去,把染料引入盖玻片与载玻片之间,对新鲜材料进行染色。后者较为简便,但染色速度较慢。待表皮材料呈淡黄色时,观察细胞核及核仁。

用镊子轻轻地掀起盖玻片,在材料上滴加一滴浓硫酸(浓硫酸腐蚀性很强,滴下时要非常快,若溅到皮肤上要立即用水冲洗),盖上盖玻片,吸干盖片周围的液体后,再在显微镜下观察。此时纤维素的细胞壁被染成蓝色,使整个细胞呈蓝色,只有中层(此时已由于硫酸的作用而膨胀)呈淡黄色。线粒体较小,需经一定的染色方可在光学显微镜下观察。在培养皿中加入 $0.01 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  Janus 绿水溶液,将被观察的材料放入,染色约15 min后,制成临时装片,在高倍镜下观察线粒体是否是蓝绿色。

## 2. 单纹孔

在观察质壁分离时,可以在洋葱表皮细胞的细胞壁上发现“缺口”(并非真正的缺口,而是两个相邻的细胞单纹孔中间所隔开的初生壁和胞间层太薄,不易看清楚缘故),此缺口即是单纹孔的所在。

取辣椒果肉做横切片,依前法观察,则可见较清楚单纹孔,相邻细胞的初生壁和胞间层也较清楚。初生纹孔场多呈念珠状。

### 3. 柿胚乳永久制片

取柿胚乳横切面永久制片在低倍物镜下进行观察,可以看到柿胚乳细胞壁较厚,约占细胞直径的一半,在细胞壁上可见到横贯细胞壁的平行细丝即胞间连丝。

### 4. 植物细胞的原生质流动

原生质流动是细胞的一种生命活动现象,普遍存在于生活的植物细胞中,它对细胞的新陈代谢和物质运输具有促进作用。

取黑藻(或轮藻、鸭跖草)叶片放在载片中央的水滴中,盖上盖玻片,在显微镜下观察到叶绿体在不停地移动,它们常是沿着细胞的一侧向同一个方向移动,这就是原生质流动的现象,

### 5. 植物细胞的内含物

在细胞代谢活动中,常有一些代谢产物或废物以不同形式贮存在液泡、细胞质或细胞器中,统称为后含物。后含物主要是贮运物质,其中以淀粉、糖、脂质和蛋白质为主。

取马铃薯块茎切开,用解剖刀在切开的块茎表面轻轻刮一下,将附着在刀口附近的浑浊汁液放在载玻片上,加一滴水放上盖玻片,即可在显微镜下观察到不同大小的颗粒团。用  $I_2 - KI$  染液染色(染料浓度不宜过高,否则染色太深,不易观察),再观察,浅蓝色的淀粉粒及其同心圆结构清晰可见。

取菜豆种子肥厚子叶做徒手切片,选取较薄的切片放在载玻片上,用  $I_2 - KI$  染液染色,盖上盖玻片后在显微镜下观察。其中被染成金黄色的颗粒即糊粉粒,这是蛋白质的一种贮存形式。

取花生种子做徒手切片,选取较厚的切片放在载玻片上,用苏丹Ⅲ染液染色,然后盖上盖玻片在显微镜下观察。细胞内的脂肪被染成红色。

取紫露草茎做徒手切片,选取较薄的切片放在载玻片上,加水及盖玻片,在低倍镜下可观察到较大的细胞中以及在切片附近的水中有针形的结晶,即针晶。

### 6. 植物原核细胞结构观察

(1) 取材及制片 实验前 1 h,将地木耳(普通念珠藻)或发菜浸泡在温水中。用镊子取适当大小的胶质小块或胶质丝置于载玻片中央,加一滴水,先用镊子或解剖针将胶质小块破碎,然后盖上盖玻片,并用手指压盖玻片,使材料均匀散开。不需把材料压得很均匀,只要有某几处薄而透明,即可在显微镜下观察。

(2) 观察 先在低倍镜下寻找薄而透明的部分,观察散布在胶质中的藻丝的数量和形状,再转到高倍镜观察组成藻丝的细胞种类(注意:是否每条藻丝外都有胶质鞘?),异形胞在大小、结构和颜色等方面与营养细胞的区别。

### 思考题

1. 为什么在成熟的表皮细胞中,有的细胞核位于细胞的中央?
2. 一个完整的洋葱表皮细胞有几个方向的壁?在你的装片中能看清几个?为什么?
3. 洋葱表皮细胞是否具有细胞核?在你的装片中是否每个细胞都有细胞核?为什么?
4. 比较胞间连丝和单纹孔在植物细胞中的作用。
5. 黑藻叶片细胞中叶绿体的形态和数量是否有差异,为什么?黑藻叶片细胞中的叶绿体为什么会移动?原生质流动对植物细胞的生活有什么意义?
6. 如何区分淀粉粒和糊粉粒?
7. 在观察针晶时,为什么有的针晶的长度大于它所存在的细胞的直径?

## 实验二 植物组织

植物细胞生长和分化的结果导致了植物体中产生多种类型的细胞,具有相同结构和功能的细胞有机地结合在一起就形成了组织。种子植物的组织结构按照其发育特点,可分为分生组织和成熟组织(永久组织)两大类。

分生组织细胞终生具有分裂能力,一方面增加新细胞到植物体中,另一方面使自己永存下去。分生组织位于植物生长的部位,如根与茎的顶端生长和加粗生长都与分生组织的活动有直接关系。依其性质来源的不同,分生组织可分为三类:原分生组织、初生分生组织和次生分生组织。

成熟组织是由分生组织分裂的一些细胞在后来的生长发育过程中陆续分化而失去分裂能力所形成的具有特定功能的细胞群。按其功能的不同,成熟组织又可以分为同化组织、保护组织、输导组织、机械组织和分泌组织。在不同种植物、植物体不同的器官和植物发育的不同阶段,组织结构有所不同。

### 实验目的

掌握组成植物体的常见组织类型、结构特点及功能。

### 实验用品

#### 1. 材料

洋葱(*Allium cepa*)根尖纵切永久制片,马铃薯(*Solanum tuberosum*)块茎横切永久制片,玉兰(*Magnolia denudata*)茎横切永久制片,柔毛冷杉(*Abies faxoniana*)树皮,苎麻属(*Boehmeria*)茎,南瓜(*Cucurbita moschata*)茎横切及纵切永久制片,松属(*Pinus*)茎的横切及纵切永久制片,夹竹桃(*Nerium indicum*)叶横切片,天竺葵(*Pelargonium hortorum*)叶,柑橘(*Citrus reticulata*)果实,梨(*Pyrus* sp.),芹菜(*Apium graveolens*)叶柄,蕹菜(*Ipomoea aquatica*)根,莴苣(*Lactuca sativa*)茎,秋海棠(*Begonia grandis*)叶。

#### 2. 试剂

I<sub>2</sub>-KI 染液,苏丹Ⅲ染液,1%亚甲蓝或1%番红。

#### 3. 仪器设备

显微镜,剪刀,镊子,解剖针,刀片,载玻片,盖玻片,吸管,培养皿。

### 方法和步骤

#### 1. 分生组织

(1) 初生分生组织 取洋葱根尖纵切永久制片,先在低倍镜下观察,再用高倍镜。植物根尖顶端有一帽状的根冠,其内圆锥状的部分染色深,细胞小,细胞核相对较大,细胞质浓厚,没有明显的液泡,无分化,为等直径的多面体形状,即原分生组织。原分生组织上方细胞

已开始分化,细胞呈长方体形状,为初生分生组织。其表面是原表皮,表皮以内染色较淡的是基本分生组织,中央染色较深的部位为原形成层。注意观察:初生分生组织的细胞形态特点,有无正在分裂的细胞;如果观察到了正在分裂的细胞,注意观察其分裂的方向;初生分生组织的细胞之间有无细胞间隙。

(2) 次生分生组织 制作马铃薯块茎周边横切的临时装片,观察其木栓形成层细胞,再取玉兰茎横切片观察形成层细胞。木栓形成层与形成层均为次生分生组织,它们与根、茎的加粗和重新形成保护组织有关。

## 2. 成熟组织

### (1) 薄壁组织

- ① 同化组织:取夹竹桃叶横切片观察。注意其叶肉细胞有何特点,是否含有叶绿体。
- ② 贮藏组织:将马铃薯块茎横切成薄片,制成临时玻片标本观察,可见其细胞内有大量淀粉粒。
- ③ 通气组织:取雍菜根做横切片观察。
- ④ 贮水组织:取秋海棠叶作横切片观察。
- ⑤ 吸收组织:取洋葱根尖纵切面观察其根毛。

### (2) 保护组织

① 初生保护组织——表皮:取天竺葵叶表皮制成临时切片,观察其表皮细胞、气孔器的形态结构。可用  $I_2 - KI$  染液染色,观察细胞核的位置和叶绿体的分布。注意细胞间的排列、细胞间有无间隙。

② 次生保护组织——周皮:取柔毛冷杉树皮或玉兰茎的横切片进行观察,其表面数层染成红色的长方形细胞,即是木栓层,其内有 1~2 层扁平细胞为木栓形成层,再内为较大而排列疏松含有叶绿体的薄壁细胞即栓内层。木栓层、木栓形成层和栓内层共同组成周皮,它是当茎加粗生长后,代替表皮的次生保护组织。

马铃薯的块茎在生长过程中,表皮早已破坏,最外面的部分是周皮。周皮不断地产生,也不断地破坏,当外面的周皮脱落后,在脱落处又产生出新的周皮,起保护作用。取马铃薯块茎,用解剖刀从中切开,然后沿周皮截取长宽各为 0.5~1.0 mm 的小块,使截取小块有一个面具有周皮。用锋利的刀片或剃刀做周皮的横切片,切好的切片用毛笔轻轻地放到盛有水的培养皿中。用镊子取较薄的切片放在载玻片上的水滴中,加盖玻片,在显微镜下观察,并辨认出周皮的三层组织及其细胞特征。观察后,用镊子撕取马铃薯块茎表面的周皮,大小约为盖玻片的 1/5,放在载玻片上,加一滴苏丹Ⅲ染液,盖上盖玻片,进行观察。这些细胞是木栓细胞,见不到细胞质和细胞核,只有较厚的细胞壁,木质化的细胞壁被苏丹Ⅲ染成红色。

### (3) 输导组织

① 导管:取南瓜茎纵切片进行观察,先找到木质部的位置,可见细胞直径较粗,壁上具有被染成红色花纹的长管,它是由许多管状细胞连接而成的,其细胞壁很厚且木质化,横壁消失,原生质解体。在导管侧壁上,由于增厚不均匀形成环纹、螺纹等类型。

② 管胞:管胞存在于裸子植物中。取松树茎浸离木材装片观察,只能找到管胞,而找不到导管和木纤维。管胞不同于导管,是一个两头较尖的细胞,细胞直径小,在两管胞间横壁不形成穿孔,而是靠细胞壁上的纹孔相通,输导水分的能力比导管要小得多。注意观察松茎管胞上的具缘纹孔。

③ 筛管和伴胞:取南瓜茎纵切片观察,南瓜茎的维管束为双韧维管束,其韧皮部位于木

质部的两侧(即红色导管的两侧),可看到具很大的深绿色、长形管状细胞,无核,细胞质稀薄,在管中有横壁,壁上有许多孔,如筛状,此横壁称为筛板,其孔称为筛孔,这一长管称为筛管。在筛管旁有小的长形薄壁细胞,细胞质浓,具细胞核,称之为伴胞。

#### (4) 机械组织

① 厚角组织:取南瓜茎的横切片观察,可见在表皮下方厚角组织特别明显,这类细胞是生活的细胞,它们的特点是细胞壁在细胞的角隅处加厚。将芹菜叶柄做徒手切片,直接制片或用1%亚甲蓝或1%番红水溶液染色5 min,制成临时装片。置于显微镜下,观察叶柄的棱角处,在表皮和维管束之间有一团厚角组织,细胞壁较厚,并有光泽,可被染成红色。

② 厚壁组织:注意观察其细胞结构与厚角组织有何不同。厚壁组织又可分为纤维和石细胞。

纤维——取苧麻的韧皮纤维制片观察,可见两头尖的细长形细胞,细胞壁增厚,细胞腔极小,即是纤维。

石细胞——取少许梨果肉组织,放在载玻片上,用镊子轻轻压碎,制成临时玻片标本进行观察,可见细胞近于等直径,注意其细胞壁的厚度,细胞腔的大小及纹孔沟。

#### (5) 分泌组织

① 腺毛:撕取天竺葵叶下表面的腺毛制成临时玻片观察,腺毛下部常具一柄,顶端构成头状体,注意观察其形状和细胞的构造。

② 分泌腔:取柑橘外果皮,观察其上透明的小囊,挤压果皮,小囊中有什么物质溢出?将果皮制成切片观察,可见溶生的分泌腔,注意腔周围的细胞结构。再取松茎横切片观察,可见其树脂道,树脂道的上皮细胞分泌树脂至空腔中,即为裂生分泌腔,注意观察与其溶生腔有何不同。

③ 乳汁管:取莴苣茎的切片观察。

### 思考题

1. 薄壁组织中有些细胞具有分裂能力,有些则属于成熟细胞,你如何区分它们?
2. 马铃薯块茎上面有没有皮孔?它与周皮的其他部分有什么不同?
3. 表皮细胞为适应其保护功能在结构上有什么特化?
4. 比较厚角组织、厚壁组织在形态结构与功能上的异同。
5. 在横切片上,你如何区分木质部和韧皮部?比较导管、管胞、筛管和伴胞的异同点。
6. 种子植物中,较原始的种类与较高等的种类在木质部组成及结构方面存在哪些差异?这些差异与功能之间有什么关系?

## 实验三 根的形态结构与发育

根是植物的地下器官,具有固着、支持、吸收、输导、合成及贮藏的功能。不同植物由于主根的生长状况、各级侧根的生长和分支式样及不定根的数量不同而形成不同的根系。但无论是主根、侧根还是不定根,其基本结构是一致的。根的最先端是根尖,由根冠、分生区、伸长区和根毛区组成。从分生区到根毛区,根由原分生组织细胞分裂、分化形成初生分生组

织,进一步发育形成初生结构。根的初生结构包括表皮、皮层和维管柱。表皮具根毛,有吸收功能;皮层的最内层为内皮层,细胞有凯氏带加厚,使根对物质的吸收具有选择性;维管柱的最外层是中柱鞘,中柱鞘细胞与形成层、木栓形成层和侧根的发生有关。维管柱的中心是辐射状排列的初生木质部,在木质部辐射角之间是初生韧皮部。初生韧皮部和初生木质部相间排列,两者之间保留有未分化的原形成层。由于形成层和木栓形成层的活动,形成根的次生结构。根的次生结构包括周皮、次生韧皮部、形成层、次生木质部和初生木质部。在次生结构中具有维管射线和宽大的次生维管射线。

## 实验目的

1. 通过对根尖形态结构的观察,掌握根的基本形态和结构及其发育的特点。
2. 掌握侧根发育的特点与基本规律。
3. 掌握不同类群植物根系和根的结构特点,了解常见变态根。

## 实验用品

### 1. 材料

蚕豆(*Vicia faba*)、油菜(*Brassica napus*)、小麦(*Triticum*)、玉米(*Zea*)、水稻(*Oryza*)幼苗标本,洋葱(*Allium cepa*) (或玉米)根尖纵切永久制片,毛茛(*Ranunculus japonicus*) (或蚕豆)根成熟区横切永久制片,洋葱根横切永久制片,胡萝卜(*Daucus carota* var. *sativa*)幼根横切永久制片。

### 2. 仪器设备

放大镜,显微镜,载玻片,盖玻片,刀片,滤纸等。

## 方法和步骤

### 1. 根系

观察蚕豆(或油菜)和小麦(或玉米、水稻)的幼苗标本,比较根系的区别并辨认主根、侧根和不定根。

### 2. 根尖的外形与结构(图3-1)

选择经吸涨萌发5~7d的小麦或蚕豆的幼苗,取其直而生长良好的幼根置于载玻片上,进行观察。幼根上有一区域密布白色茸毛,为根毛区(成熟区)。根尖的最先端微黄而略带透明的部分是根冠,呈帽状罩在分生区前面。紧接其后的是分生区,在分生区与根毛区之间是伸长区。

取玉米(或洋葱)根尖纵切永久制片,置于显微镜下,由根的最先端逐渐向上观察根尖的各区,注意各区细胞的特点。

① 根冠 在根尖的最先端,由薄壁细胞组成,像一个套子罩在分生区前面,起保护作用。在根冠的外侧可见到某些正在脱落的细胞。

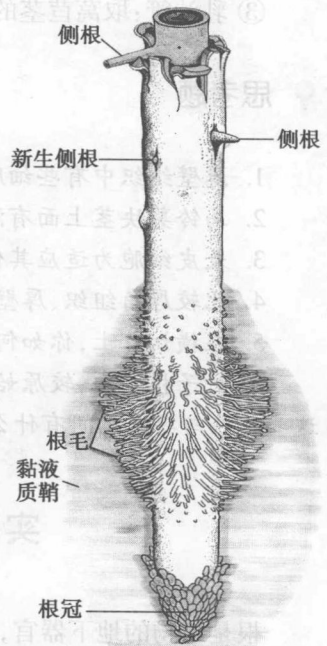


图3-1 根尖模式图

(引自 Raven, 1999)

② 分生区 根冠内方紧接根冠的一段长约 2 mm 区域,其细胞近于等直径,壁薄、核大、细胞质浓厚。细胞分裂能力强,常可见到正在有丝分裂的细胞的各时期,为原分生组织。

③ 伸长区 位于分生区的上方,从靠近分生区略微伸长的细胞到接近成熟区的长形细胞,细胞逐渐伸长并液泡化,向成熟区过渡。伸长区的细胞仍具有分裂的能力,边分裂边分化,可以见到正在分裂的细胞,并有了初步的组织分化。

④ 成熟区(根毛区) 位于伸长区上方,表面密生根毛。在根毛区细胞分裂停止,已分化成熟,根毛是由成熟区周围表皮细胞外壁突出而形成。可见到成熟的环纹、螺旋导管。

### 3. 根的初生结构(图 3-2)

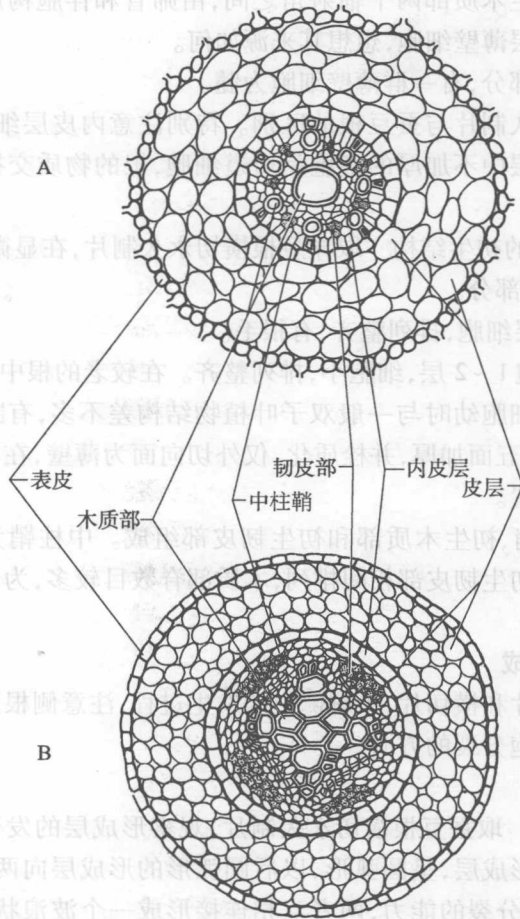


图 3-2 根的初生结构模式图(引自 Norstog 等,1976)

A. 单子叶植物 B. 双子叶植物

(1) 双子叶植物根的初生结构 取毛茛或蚕豆根的成熟区横切片,在显微镜下观察双子叶植物根的初生结构。

① 表皮:位于根的最外面,是由原表皮层发展而来的径向扁平、排列整齐的一层生活细胞。外壁具有角质层,有些细胞向外突出形成根毛。

② 皮层:表皮以内由多层薄壁细胞组成,皮层较厚,细胞之间排列疏松,细胞壁薄,具有细胞间隙。根据其形态及机能不同又可分为三层:最外层由 1~2 层细胞组成,常常排列整



齐、紧密,叫做外皮层;皮层的最内层细胞为内皮层,是一层排列紧密的细胞,在其径向壁和上、下壁上常有局部木质或栓质的加厚,彼此联结成环带状,即凯氏带,由于在径向壁上观察凯氏带仅为一个小点,亦称凯氏点;内外皮层之间为薄壁组织。

③ 维管柱:幼根的中央部分是维管柱,由中柱鞘、初生木质部和初生韧皮部构成。

中柱鞘是维管柱的最外层,紧接内皮层,是1~2层排列整齐而紧密的薄壁细胞,在根的进一步发育过程中有着重要作用。

初生木质部位于维管柱的中央,呈星芒状,主要由导管和管胞组成,这些管状分子的孔径大小不同,观察不同孔径管状分子的分布规律,找出原生木质部和后生木质部的位置。

初生韧皮部位于初生木质部两个辐射角之间,由筛管和伴胞构成。在初生木质部和初生韧皮部之间,有1~2层薄壁细胞,想想其来源如何。

在蚕豆幼根的中心部分,有一群薄壁细胞为髓。

观察毛茛根横切永久制片与蚕豆根的区别。特别注意内皮层细胞壁的加厚情况,其细胞壁为全面加厚。内皮层中不加厚的细胞是通道细胞,根的物质交换通过内皮层的通道细胞进入维管柱。

(2) 单子叶植物根的初生结构 取洋葱根横切永久制片,在显微镜下观察,由外向内分为表皮、皮层和维管柱三部分。

① 表皮:根的最外层细胞,排列整齐,有根毛。

② 皮层:外皮层细胞1~2层,细胞小,排列整齐。在较老的根中,外皮层细胞壁增厚,木质化或栓质化。内皮层细胞幼时与一般双子叶植物结构差不多,有凯氏带加厚。随着发育的进行,内皮层细胞出现五面加厚,并栓质化,仅外切向面为薄壁,在横切面上呈马蹄形。注意内皮层通道细胞的位置。

③ 维管柱:由中柱鞘、初生木质部和初生韧皮部组成。中柱鞘为紧贴内皮层的一层薄壁细胞。初生木质部和初生韧皮部相间排列,木质部脊数目较多,为多原型。维管柱中央是薄壁细胞组成的髓。

#### 4. 侧根的产生与形成

观察蚕豆根的纵切片和横切片,了解侧根的发生过程,注意侧根发生的初始部位及侧根发生过程中不同部位细胞分裂的方向。

#### 5. 根的次生结构

(1) 形成层的发生 取蚕豆根横切永久制片,观察形成层的发生。首先在初生木质部和初生韧皮部之间出现形成层,呈圆弧形,以后圆弧形的形成层向两侧扩展,同时在木质部脊的中柱鞘细胞,也恢复分裂的能力,两者互相连接形成一个波浪状的形成层环,其形状与木质部脊相似。形成层细胞进行切向分裂,在初生木质部和初生韧皮部之间的形成层细胞分裂较多,最终形成层环呈圆形。

(2) 根的次生结构 取胡萝卜根横切永久制片,在显微镜下由外向内进行观察,分别为周皮、次生韧皮部、形成层、次生木质部和初生木质部。

① 周皮:根最外面的几层细胞,包括木栓层、木栓形成层和栓内层。在根加粗生长过程中,皮层被撕毁,由中柱鞘起源的木栓形成层细胞,具有生活的原生质体和细胞核,切向分裂,向外产生死的木栓细胞,向内产生生活的栓内层细胞。栓内层细胞与次生韧皮部细胞难以区分。

② 次生韧皮部:形成层平周分裂向外形成次生维管组织,它包括筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞和韧皮纤维。韧皮纤维与韧皮部的其他成员在半径方向相间排列。在次生韧皮部的外