



生命科学实验指南系列



植物生物学与 生态学实验

高玉葆 石福臣 等 编著



科学出版社

生命科学实验指南系列·典藏版

植物生物学与生态学实验

高玉葆 石福臣 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

“生命科学实验指南系列”图书均出自名家,包括众多从 Cold Spring Harbor Laboratory Press 和 John Wiley & Sons 等国际知名出版社引进的实验室必备工具书,是生命科学领域最先进、实用、权威的实验手册类优秀图书。该系列图书简单明了,囊括了全世界最著名的生物类实验室操作方法,无论是初学者还是需要深入研究的科研工作者都能从中获益。该系列图书在读者群中有较高的知名度和美誉度,特别是以《分子克隆实验指南》和《精编分子生物学实验指南》为代表,堪称经典,分别被喻为生命科学领域的“蓝宝书”和“红宝书”。现挑选其中的精品集成典藏版。

图书在版编目(CIP)数据

生命科学实验指南系列:典藏版/雷东锋等编著. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-047486-5

I. ①生… II. ①雷… III. ①生命科学—实验—指南 IV. ①Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 043878 号

责任编辑:王 静 李 悦

责任印制:张 伟 / 封面设计:刘新新

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 7 月第一次印刷 印张:1310 1/2

字数:31 074 000

定价:4500.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

植物生物学是在传统的植物解剖学、植物分类学和植物生理学的基础上发展起来的。尽管在教学安排上很多学校设置有植物生物学这门课程，并有多部《植物生物学》的参考用书出版，有的也将植物生态学内容纳入其中，但是在内容体系上仍然离不开上述传统课程的核心部分。尤其是实验课各部分内容更是相对独立，因此有必要编著一部内容丰富、便于使用的实验指导书。

本书可作为综合性大学生物科学专业的实验指导用书，同时兼顾社会需求，因此本书力求内容全面，理论与实际密切结合，使学生从中获得较系统坚实的基础知识和专业知识，同时培养学生的实验技能，提高分析问题和解决问题的能力。

本书分 4 个部分，共 50 个实验，除包括植物生物学与生态学中的基础性实验和研究性实验外，还在第三部分中设计了实验 38、实验 39 和实验 40 三个综合性实验。本书实验 1~9 由江莎编写，实验 10~19 由石福臣、阮维斌编写，实验 20~40 由朱晔荣、任安芝、王淑芳、王勇编写，实验 41~50 由高玉葆、陈磊、赵念席编写，附录部分由江莎和朱晔荣编写，全书由高玉葆教授和石福臣教授统稿。

本书在付梓之际，首先感谢各位作者的辛勤努力。感谢南开大学教务处和研究生院在教材立项和出版方面的鼎力支持。本书是作者所在南开大学生物科学专业团队对过去多年相关实验教学内容的总结。在编写过程中，参考了国内外的大量相关资料，由于篇幅所限恕不能一一列出。由于时间仓促和水平有限，书中难免有疏漏之处，真诚希望广大读者批评指正。

编 者

2007 年 12 月

目 录

前言

第一部分 解剖篇

实验 1 光学显微镜的构造和使用	3
实验 2 植物细胞	6
实验 3 植物组织	10
实验 4 种子和幼苗	13
实验 5 根的形态与结构	15
实验 6 茎的形态与结构	18
实验 7 叶的形态结构及营养器官的变态	23
实验 8 花的形态与内部结构	28
实验 9 胚的发育、种子与果实的形成	31

第二部分 分类篇

实验 10 藻类植物	37
实验 11 苔藓植物和蕨类植物	40
实验 12 裸子植物	42
实验 13 被子植物——木兰科、毛茛科和睡莲科	45
实验 14 被子植物——蔷薇科和豆科	46
实验 15 被子植物——十字花科、锦葵科、藜科和杨柳科	48
实验 16 被子植物——木犀科、旋花科、唇形科和菊科	50
实验 17 被子植物——泽泻科、百合科、禾本科和莎草科	52
实验 18 水生植物	53
实验 19 综合鉴定校园内外常见植物	55

第三部分 生理篇

实验 20 植物组织水势的测定	61
实验 21 小麦幼苗吐水现象的观察	63
实验 22 植物体内硝酸还原酶活力的测定	64
实验 23 光合作用的 Hill 反应	67
实验 24 核酮糖-1, 5-二磷酸羧化酶活性的测定	69
实验 25 乙醇酸氧化酶活性的测定	71

实验 26	植物光合与呼吸速率的测定——氧电极法	73
实验 27	油类种子萌发时的脂肪转变成糖的观察	75
实验 28	萌发小麦种子内 α -淀粉酶活力的测定	76
实验 29	植物盐胁迫蛋白的检测	78
实验 30	生长素促进生根的作用	80
实验 31	赤霉素打破马铃薯块茎的休眠、促进抽芽的作用	81
实验 32	赤霉素对 α -淀粉酶的诱导作用	82
实验 33	乙烯对果实的催熟作用	83
实验 34	植物激素对植物形态建成的作用	84
实验 35	DNA 的快速分离和提取	86
实验 36	叶绿体中 DNA 的分离和提取	87
实验 37	植物组织的各种基因转化体系	89
实验 38	矿质元素缺乏症状的观察及光合指标的测定	92
实验 39	激动素对叶片的保绿效应及对离体叶片中 SOD 酶活性的影响	96
实验 40	长春花愈伤组织的诱导培养及吲哚生物碱的提取测定	98

第四部分 生态篇

实验 41	主要气候因子的测定	105
实验 42	土壤主要生态指标的测定	109
实验 43	水分胁迫对植物生理功能的影响	117
实验 44	渗透胁迫对种子萌发的影响	123
实验 45	种群在有限环境中的 Logistic 增长	125
实验 46	植物种群的空间分布格局	127
实验 47	蚕豆根尖细胞微核试验在环境监测中的应用	129
实验 48	种间竞争和他感作用	131
实验 49	植物群落调查和分析的基本方法	132
实验 50	植物群落的物种多样性分析	136
主要参考文献		138
附录 I	生物绘图	139
附录 II	基本实验技术	141
附录 III	常用试剂的制备	146

第一部分



解剖篇

实验 1 光学显微镜的构造和使用

【实验目的】

1. 了解光学显微镜的构造和功能。
2. 正确掌握显微镜的使用方法。

【实验材料】

1. 永久制片
2. 新鲜材料
小型花、种子等植物。

【器材和试剂】

1. 器材
光学显微镜、实体解剖镜、载玻片、盖玻片、镊子、滤纸、擦镜纸。
2. 试剂
香柏油、乙醚、乙醇。

【实验内容与步骤】

1. 生物显微镜的构造和使用

(1) 构造

显微镜的种类很多，但基本构造相同，都是由机械和光学两部分组成（图 1-1）。

① 机械部分：包括镜座、镜柱、镜臂、镜筒、焦距调节器、载物台六个部分。

镜座：是显微镜基部的底座，起支持及固定镜体的作用。

镜柱：直立的柱，它与镜座相连，上接镜臂及载物台。

镜臂：拿取显微镜时手握之处，上连镜筒，下连镜柱。

镜筒：与镜臂相连的中空的圆形长筒，上连目镜，下连物镜转换器。镜筒的作用是保护成像的光路。

焦距调节器：分粗调节器与细调节器。粗调节器位于镜柱上的两个大旋钮，用于较大幅度地升降物台，以调节物镜与标本之间的距离来获得合适的焦距；细调节器在粗调节器的轴心，用以更精细地调节焦距，使用时，一般旋转不可超过一周。若遇到向前方（或后方）不能旋转时可向相反方向转动数圈，然后用粗调节器调整，调整后再旋转细调节器。

载物台：是方形的承载标本玻片的平台，中央有一圆孔，称通光孔，便于通过光线。

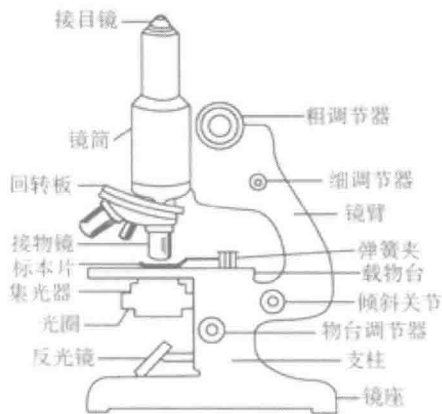


图 1-1 生物显微镜结构图

载物台后侧有一机械移动器（推进器），是一种移动标本玻片的机械装置，可使玻片标本向前后左右移动，用以调整玻片标本的位置。

② 光学部分：是构成显微镜的主要部分，由成像系统与照明系统组成。成像系统包括物镜和目镜；照明系统包括反光镜及聚光器。

目镜：位于镜筒的上端，直接与人的眼目相接，可将物镜放大的像进一步放大。它由两块透镜组成（其中之一常常附有一个指针，用于指示观察的目的物），常常备有几个倍数不同的目镜（ $5\times$ 、 $10\times$ 、 $20\times$ ），根据需要可以更换使用，放大倍数刻在目镜金属筒上，目镜越长其放大倍数越小。

视度圈：直接与目镜相连，旋转时可调节目镜与物体的距离，使像更加清晰。

物镜：是决定显微镜质量的最重要的部件，由嵌于金属筒内的数组透镜组成。有三个或四个不同倍数的物镜，放大倍数刻在物镜金属筒上（如 $4\times$ 、 $10\times$ 、 $20\times$ 、 $40\times$ 、 $100\times$ ），习惯上把放大倍数为 $10\times$ 以下的物镜称为低倍镜， $40\times\sim 55\times$ 的物镜称为高倍镜。此外还有油浸物镜（简称油镜），放大倍数为 $100\times$ ，物镜的金属筒越长放大倍数越大，镜头与标本间的距离越近。

聚光器：位于载物台下方的中央部分，由数个透镜组成，其作用是聚集光线，使射入镜筒的光线增强并增加标本的亮度。聚光器可用调节螺旋进行上下调节，以求适宜光度，聚光器向下降落，明亮度降低；向上移动，亮度加强。聚光器的下面附有虹彩光圈，上有操纵杆，利用操纵杆可以调节光的强弱。

反射镜：位于聚光器下方，反射镜具有轮转关节，可以改变光线的方向，使光线射向聚光器（反射镜有平凹两面，可以上下旋转，凹面镜聚光强，多在弱光或有障碍物的地方使用，平面镜光线均匀，多在强光时使用），用电光源时可将其取下。

照明光源：显微镜的成像质量与照明光源有密切联系，显微镜的照明可用电光源和天然光源。电光源安装在显微镜的底座里，由一个灯泡和一组棱镜组成。灯泡发出的光经一组棱镜折射后，先后经过底座上一个通光孔、聚光器、物体、物镜、镜筒、目镜等，最后到达观察者的眼睛。底座的侧面有一个光源开关和一个光强调节器，底座的通光孔处安装有一个金属圈，必要时，可以将黄色或蓝色等滤光玻片放于其中，以改变光源灯的色调，一般不使用。人工光源还有显微镜灯、日光灯或普通台灯，天然光源是太阳光。在使用外加显微镜灯、日光灯、台灯和太阳光作光源时，不得使用显微镜本身的电光源，此外，还需要装上反光镜。

（2）显微镜的成像原理

光学显微镜是利用光学的成像原理观察植物体的结构。首先光射到聚光镜上，把光线汇集成束，穿过标本制片，进入到物镜的透镜上。经过物镜将制片上的像作第一次放大，此为倒立的实像，这一倒立的实像经过目镜第二次放大，形成眼睛在目镜中看到的最后放大的倒立的虚像。

（3）使用方法

显微镜的使用包括两个方面：光线的调节和焦距的调节，使用步骤如下。

① 显微镜的携取：从镜箱内取出显微镜时要用右手紧握镜臂，左手托住镜座并保持平衡状态，切勿只用一只手提取，以免目镜掉落或与它物相碰。显微镜取出后，将其放在离桌边 $3\sim 4\text{cm}$ 处的左前方，左手绘图者与此相反。

② 光源调节：一般情况下可用电光源。使用其他光源时，需装上反光镜以调节光强度。对光时须用低倍镜对着通光孔，通过目镜一边观察视野的明亮度，一边调节反光镜，使视野中的颜色均匀而明亮为止。

使用显微镜观察时应该首先使用低倍镜然后再使用高倍镜。

③ 低倍镜使用：观察任何标本都须先用低倍镜，因低倍镜视野范围大，容易发现标本与找到需观察的部位。低倍镜使用步骤如下：首先把制好的切片放在载物台上，用压片夹卡住切片，使用推进器将切片中的标本正对准通光孔中央。然后调节低倍物镜与标本的距离，用双眼从侧面看物镜，使其下降至距标本大约 5mm。再用粗调节器定焦距，用双目通过目镜注视视野，同时用粗调节器使镜筒慢慢上升，直到能清楚地看到标本为止。用显微镜观察时，一定要两眼睁开，以减少眼睛疲劳。为了使物像更清楚，此时，可以用细调节器轻微转动以得到更清楚的物像为止。

④ 高倍镜的使用：在低倍镜下需要对较小物体或细微结构进行观察时，可使用高倍镜，步骤如下：首先将在低倍镜下找到的目标移至视野的最中心，小心地转动镜头转换器，换低倍镜为高倍物镜。最后，旋转细调节器直至视野中的物像清晰为止。

⑤ 油镜的使用：用高倍镜不能满足需要时需用油镜，使用方法如下：先用低倍镜找到所要观察的目的物并将其移向视野中心。然后换高倍镜调整焦点（按上述④），将要观察的部分移至视野最中央，再换油镜观察。使用油镜前，需在盖玻片上滴一滴镜油（香柏油），将油镜移至镜筒下方，慢慢上升载物台，将油镜浸入油滴中，从侧面观察让油镜头几乎与玻片接触为止，然后通过目镜观察，再用细调节器调制物像清晰为止。油镜使用完毕，须立即将镜头上的香柏油擦净。具体方法是用棉棒或镜头纸蘸少许乙醚与无水乙醇的混合液（7:3）擦净镜头。香柏油干燥后不易擦净，且易损坏镜头。尽量不要使用二甲苯，因为二甲苯能够溶解固定镜头用的胶，日久造成镜片脱落。

⑥ 显微镜使用完毕后，旋转粗调节器，使载物台下降，取下玻片标本，然后转动镜头转换器，使两物镜头之间的部分对着通光孔，上升载物台，最后将显微镜置于镜箱中。

2. 体视显微镜的构造和使用

（1）体视显微镜的结构

体视显微镜由一对斯密特棱镜、一组大物镜、一组小物镜以及一对目镜共 4 部分组成。

（2）基本原理

视观察物体经调焦使其处于大物镜的焦面上，然后被小物镜收敛和被斯密特棱镜折射后，成像在目镜的焦面上。斯密特棱镜使光束转向并使像倒转，故在目镜焦面上的像是与物体一致的正像，此像经目镜放大后为我们所观察。由于肉眼通过两目镜以不同的角度观察物体，使像具有立体感。

（3）使用方法

① 打开光源，调节聚光装置至所需亮度。

② 转动棱镜罩壳，调整两目镜之间的距离，使其与操作者两眼间的距离相一致。

③ 将标本放在底座中央，转动焦距调节器使左光路成像清晰；再转动视度圈，使右边光路成像清晰。

④ 调换目镜可获得不同倍率下的物像。

【注意事项】

1. 携取显微镜时，须一手握住镜臂，一手托住镜座。
2. 显微镜各部分要保持清洁，若镜头上有灰尘时，必须用软绸布或擦镜纸轻拭之；金属部分如有灰尘污垢，可用纱布轻轻擦拭；切勿用手巾更不可用手指拭之。
3. 观察制片时，一定要先使用低倍镜，把要观察的目的物放在视野的正中央，可以先看到一个全貌。具有一般的概念后，选定要放大观察的部分，再换高倍镜加以仔细地观察。
4. 标本要加盖玻片，然后观察，载玻片上的水滴、药液、乙醇等切勿过多，以免触及载物台或腐蚀镜头。
5. 调换载玻片时，须将载物台下降，转动镜头转换器，将高倍镜换成低倍镜，取出玻片，换上新玻片，然后再从低倍镜的观察开始至高倍镜观察。
6. 显微镜有不灵活之处，万不可用力转动，遇有障碍立即报告教师，切勿自行修理，以免扩大损坏处，绝对不可玩弄和拆卸显微镜。

【思考与作业】

1. 显微镜的构造分哪几部分？各部分有什么作用？
2. 反复练习使用低倍镜及高倍镜观察切片，使用时应特别注意什么问题？
3. 如何计算显微镜的放大倍数？你现在所用的显微镜可以放大多少倍？
4. 使用显微镜的过程中，应做好哪些保养工作？应注意哪些问题？

实验2 植物细胞

【实验目的】

1. 了解植物细胞的基本构造。
2. 了解植物细胞的原生质流动现象和胞间连丝。
3. 了解细胞贮藏物质和细胞壁的形态及一般的鉴别方法。
4. 掌握植物细胞有丝分裂过程中各个时期的特点。
5. 掌握徒手切片技术及临时装片的制作。
6. 掌握生物绘图的基本技术。

【实验材料】

1. 永久制片
洋葱根尖纵切片、柿胚乳切片、蓖麻种子纵切片、松茎纵切片、橡皮树叶横切片。
2. 新鲜材料
洋葱、番茄、红辣椒、马铃薯、青椒、芝麻、大葱、天竺葵茎、橡皮树叶、秋海棠叶柄、绿鸭跖草茎、紫鸭跖草茎、橘子皮。

【器材和试剂】

1. 仪器：显微镜、酒精灯、烧杯、棕色瓶、擦镜纸、玻璃棒、镊子、解剖针、载玻

片、盖玻片、刀片、培养皿、吸水纸、滴管、纱布、真空泵、样品瓶。

2. 器材: I-KI 溶液、蒸馏水、饱和食盐水、苏丹Ⅲ、碘氯化锌溶液、5%~10% 间苯三酚、浓盐酸 (36%~38%)、碱性品红、1mol/L HCl、70% 及 50% 的乙醇、中性树胶、纯乙醇、二甲苯、FAA 固定液。

【实验内容与步骤】

1. 光学显微镜下植物细胞的观察

(1) 洋葱表皮细胞的观察

取洋葱用解剖刀切成4~8瓣。取其中的一片肉质鳞片,用刀在其内表皮上划3~5mm²的小格数个,然后用镊子撕取一小格的薄膜置于载玻片的1滴蒸馏水中(表面朝上),盖上盖玻片。再将多余的水用滤纸吸干,放在低倍镜下观察,可见一些网格状结构,即为细胞。在低倍镜下找到最清晰的几个细胞,然后换成高倍镜观察,可观察到以下结构。

① 细胞壁:为植物细胞所特有,包在原生质体的最外层,在高倍镜下调节细调节器可见细胞壁为三层结构,中间的一层为胞间层,位于胞间层两侧的分别为相邻两个细胞的初生壁。

② 细胞质:在生活细胞中为无色透明的、半流动的胶体,其中含有许多颗粒,在成熟细胞中细胞质被挤到紧贴细胞壁的位置上形成一薄层。用细调节器反复调节可观察到细胞质与液泡的界面,当视野较暗时,可以观察到白色体。

③ 细胞核:细胞核一般为圆球形,颜色较深,始终包埋在细胞质中。在成熟细胞中,细胞核位于细胞的边缘,紧贴细胞壁,可观察到核内有1~3个核仁。

④ 液泡:液泡很大,占据了细胞中央的大部分体积,每个细胞中有一个或几个液泡,假如有一个液泡时,一般居于细胞中央,细胞质被压向细胞壁。假如在细胞中有几个液泡,那么细胞质像细带一样悬挂在细胞中,细胞质中的颗粒就能与清澈的细胞液的界面分出来。

上述结构如果观察到的界限不太明显,可将装片从显微镜上取下后,从盖玻片的一侧滴1滴碘-碘化钾溶液(这时细胞已被杀死),用滤纸吸取多余的液体,使材料染色后再重复上述观察过程。

(2) 番茄果肉细胞的观察

用解剖针挑取番茄果肉细胞,置于载玻片上的一滴蒸馏水中,并将其分散开,盖上盖玻片,放在低倍镜下观察,可见圆球状的离散的果肉细胞。由于成熟果肉细胞之间的胞间层已经溶解,所以能够清楚地看到每个细胞的壁,如果在制片过程中揉皱了细胞,那么在细胞的细胞壁上能看到一条条褶皱。在这种细胞中同样可以看到细胞质、细胞核与很大的液泡。此外,还可见细胞质中橙红色的颗粒,即为有色体。与洋葱表皮细胞相比较可以了解细胞形态的多样性。

2. 质体的观察

质体是植物细胞特有的一种细胞器,根据色素的有无与不同可分为叶绿体、有色体与白色体。

(1) 叶绿体的观察

叶绿体主要存在于植物体有绿色的部分,是植物体进行光合作用的细胞器。用绿色

的鸭趾草茎或叶做徒手切片，可见细胞内绿色的颗粒即为叶绿体，也可用玉米叶进行观察。

(2) 有色体的观察

有色体存在于根、茎、果实或花瓣中。取红辣椒果肉少许，做成临时装片，可见橙红色的小颗粒即为有色体。用胡萝卜的根做徒手切片也可观察到其中的有色体。

(3) 白色体的观察

白色体是不含色素的一类质体，主要存在于幼嫩组织中或者不见光的部分，在有些植物的叶和茎中也可见。用鸭趾草茎做徒手切片或撕取其叶表皮细胞均可见白色体。洋葱表皮细胞中也可见到白色体。

3. 植物细胞的代谢产物

细胞在生命活动过程中，原生质不断进行新陈代谢所产生的代谢产物叫细胞内含物，包括储藏物质和代谢废物，它们存在于细胞质或液泡中。

(1) 淀粉

淀粉是植物体中最常见的一种储藏物质，在质体的造粉体中发育形成。马铃薯块茎的薄壁组织中充满淀粉，是观察淀粉粒的理想材料。用马铃薯块茎做徒手切片或直接用镊子刮取去皮后块茎表面，将切片或刮取物置于载玻片的1滴蒸馏水中，放在镜下观察，可见淀粉粒的形态。每个淀粉粒上可以看到呈同心圆排列的轮纹和偏心的脐点。马铃薯中有简单淀粉粒、复合淀粉粒和半复合淀粉粒，其中，最常见的是简单淀粉粒，后两种较少。加少许碘化钾溶液后，淀粉粒呈蓝紫色反应。

(2) 脂肪

植物体内的脂肪常以油滴的形式存在于细胞质中。油滴遇苏丹Ⅲ呈黄色反应。把芝麻、花生或向日葵种子放在载玻片上，用镊子柄将其捻碎，去掉残渣，加1滴苏丹Ⅲ染液，封片后放在低倍镜下观察，可见橙红色的圆球状的油滴。如颜色不明显可在酒精灯下微加热。

(3) 蛋白质

储藏的蛋白质常以糊粉粒的形式存在，用蓖麻种子永久制片可以观察到胚乳当中的糊粉层，它是一层包裹着圆形球晶体和多角形拟晶体的膜。

(4) 晶体：植物细胞的代谢产物之一，有草酸钙及碳酸钙结晶，前者较常见。

① 单晶的观察：取干的膜质的大葱鳞叶剪成3~5mm²小片，放在30%的甘油中浸泡20min，再取出放在载玻片上的一滴蒸馏水中，置于低倍镜下观察可见细胞中的长柱形单晶体。

② 针晶的观察：也属于单晶的一种，用紫露草茎做徒手切片，可见针晶。

③ 簇晶的观察：取秋海棠叶柄做徒手切片，在低倍镜下可观察到簇晶。

④ 钟乳体的观察：上述结晶均为草酸钙结晶，在橡皮树叶的横切片中，可以观察到倒挂在上表皮细胞中的碳酸钙结晶——钟乳体。

(5) 花青素

花青素溶解在细胞液中的色素，能使植物的茎叶花果实呈现各种颜色。用紫鸭跖草等具有颜色的叶，取表皮制成临时装片，在显微镜下可以观察到其均匀地分布于液泡中。

(6) 油滴

取橘子皮做徒手切片，可以观察到油囊中的油滴。

4. 植物细胞的有丝分裂

取洋葱根尖纵切永久制片，观察植物细胞有丝分裂的各个时期，由于每个细胞的有丝分裂进行的不同步，因此，在一张切片上可观察到不同的时期。

观察时，首先在低倍镜下找到根尖的分生区，然后，选择各个时期有特征的典型细胞，移到视野的中央，转换成高倍镜观察。

(1) 间期

是细胞有丝分裂前的准备阶段，是能量和物质的复制阶段，该时期细胞近于等径、核大、质浓、核结构均匀一致、核仁清晰。

(2) 前期

自细胞核开始消失到形成染色体的期间，细胞核的形态已不存在，出现了染色深而小的染色体，前期快结束时，核仁、核膜消失，纺锤丝开始出现。

(3) 中期

染色体短而粗，成对的染色体并列在细胞中央形成的赤道板上，两条染色单体彼此松开，纺锤体已形成，此时为中期，是计算染色体数目的最佳时期。

(4) 后期

一对染色体在着丝粒处分开形成两条染色单体，并分别向两极移动，成为两组子染色体，向两极移动的每组子染色体的数目与母细胞染色体数相同。

(5) 末期

染色体到达两极后解螺旋呈现均一状态，核仁、核膜重新出现，形成了两个子核，与此同时，两个子核中间出现了细胞板，它将两个子核分开，形成了两个子细胞。

5. 植物细胞壁和胞间连丝

(1) 细胞壁的化学成分

① 纤维素：切取一小块洋葱表皮放在载玻片上，加1滴碘氯化锌溶液，盖上盖玻片放在低倍镜下观察。胞间层被染成淡黄色，细胞壁呈现蓝紫色反应的，证明有纤维素的存在。

② 木质：取天竺葵老茎做徒手切片，将切成的薄片放在载玻片上，滴上1或2滴40%的盐酸，5min后，再滴数滴5%~10%间苯三酚。肉眼观察切片由桃红色变为紫色时，加水，盖上盖玻片，放在低倍镜下观察，具有木质的细胞壁被染成桃红色。

③ 栓质：取马铃薯块茎，用带有皮的块茎做徒手切片，将切片放在载玻片上，加1滴苏丹Ⅲ溶液，盖上盖玻片，放在低倍镜下观察。栓化的细胞壁遇苏丹Ⅲ溶液变黄色。

④ 角质：取橡皮树叶做徒手切片，将切片放在载玻片上，滴加苏丹Ⅲ溶液，盖上盖玻片，放在低倍镜下观察，角化的细胞壁呈红色。

(2) 胞间连丝

取柿胚乳永久制片，低倍镜下观察，找到最清晰的部位，换高倍镜观察，可见多边形的柿胚乳细胞中原生质体已消失，有许多黑色的细丝分布在很厚的细胞壁上，这些细丝即为胞间连丝。

(3) 纹孔

① 单纹孔：取青椒果实做平皮切，用水封片做成临时装片。首先置于低倍镜下观察，将最清晰的部分放在视野的最中央，再换高倍镜观察。可见相邻细胞的壁上有不连续的开口，这些开口即为单纹孔，它是胞间连丝的通道。

② 具缘纹孔：取松茎的纵切片，可见具缘纹孔在木材纵切面的不同形态。

(4) 质壁分离现象

撕取 3~5mm²洋葱鳞叶内表皮，水封片后放在低倍镜下观察，可以看到每个细胞的细胞质都紧贴细胞壁；将上述玻片从显微镜上取下来，用滤纸将水吸去后，加 1 滴 5% 的 NaCl 溶液，盖上盖玻片，3min 后重新观察。可见细胞质与细胞壁分离而形成一团；再将上述玻片取下，用滤纸吸取 NaCl 溶液后，加 1 滴蒸馏水，盖上盖玻片，放在低倍镜下观察，可见分离的质壁又逐渐恢复到原来的状态。

【思考与作业】

1. 绘图表示洋葱表皮细胞的结构，注明各部位名称。
2. 绘图表示淀粉粒的形态及结构，注明各部位名称。
3. 绘图表示叶绿体的形态及其在细胞中的分布。
4. 如何理解植物细胞是立体结构？通过实验说明问题。
5. 通过实验所用的材料及日常生活中的经验，举出质体间相互转变的例子。

实验 3 植物组织

【实验目的】

1. 观察与认识各种组织的细胞形态和结构特点，理解结构与功能的统一。
2. 了解各种组织的主要类型及分布位置。
3. 掌握分生组织、保护组织、输导组织与机械组织的细胞形态及结构特征。

【实验材料】

1. 永久制片

洋葱根尖纵切片、丁香茎尖纵切片、黑藻茎尖纵切片、玉米茎居间分生组织纵切片、接骨木茎横切片、南瓜茎横切片、南瓜茎纵切片、木材离析装片、松木离析装片、甘薯块根切片、蚕豆叶下表皮装片、棉花叶横切片、黑藻茎横切片、苹果叶下表皮装片、悬铃木叶表皮装片、天竺葵叶下表皮装片、薄荷叶表皮装片、菊叶上表皮装片、蒲公英根纵切片、蒜有节乳汁管切片、松树茎横切制片、橘果皮切片、生姜切片、黄芩根横切片。

2. 新鲜材料

芹菜、梨、白菜、洋葱、马铃薯、天竺葵茎、天竺葵叶、蚕豆或黄豆叶、小麦或玉米叶。

3. 培养材料

蚕豆、黄豆、玉米、小麦。

4. 栽培植株

天竺葵植株。

【器材和试剂】

1. 器材

显微镜、烧杯、擦镜纸、玻璃棒、镊子、解剖针、载玻片、盖玻片、刀片、培养皿、吸水纸、滴管、纱布。

2. 试剂

钉红染液、40%盐酸、5%~10%间苯三酚、番红水溶液、苏丹Ⅲ、I-KI。

【实验内容与步骤】

1. 分生组织

(1) 根尖分生组织

取洋葱根尖纵切片观察，根尖分生组织位于根冠的上方，是根尖纵切片上染色最深的部分。细胞近于等径，核大，细胞中充满了细胞质，细胞排列紧密。这部分细胞中可以观察到细胞有丝分裂。

(2) 茎尖分生组织

取丁香茎尖纵切片观察，茎尖分生组织位于茎的最先端，可以看到生长锥即为顶端分生组织，生长锥的外围由幼叶包被。另外，注意叶原基和腋芽原基发生部位，注意与根中的结构相区别。也可用黑藻茎尖纵切片观察。

(3) 居间分生组织（示范）

取玉米茎居间分生组织纵切片，观察位于节间基部的居间分生组织。绝大部分染色较浅的细胞为基本分生组织，染色很深的索状部分为原形成层束的纵列细胞，并可见原生木质部（环纹和螺纹导管）贯穿于其中。薄壁组织细胞为横向扁平状，并伴有不同程度的液泡化。

2. 薄壁组织

取天竺葵茎做徒手切片，水封片后放在低倍镜下观察，可以看到茎的中心部分的薄壁组织。根据功能可将薄壁组织分为储藏组织、储水组织、同化组织、吸收组织和通气组织。

储藏组织：主要存在于各类储藏器官中。取甘薯块根做徒手切片，可以观察到细胞内存有大量的淀粉粒。或观察甘薯块根切片。

同化组织：取蚕豆或黄豆叶做徒手切片，制成水封片，显微镜下观察，可见位于上下表皮之间的同化组织——栅栏组织和海绵组织。或观察棉花叶横切片。

通气组织：取黑藻茎横切片观察薄壁组织之间有大小不等的空腔即为通气组织。

3. 保护组织

(1) 初生保护组织——表皮、气孔及其附属物

撕取天竺葵叶表皮，水封片后在低倍镜下观察，可以看到表皮细胞的表面观。表皮细胞是由细胞壁、细胞核、细胞质和液泡组成。其中，细胞壁是波浪式，细胞间以镶嵌的方式连接在一起。换高倍镜观察，可以看到气孔是由两个肾形的保卫细胞组成，保卫细胞中有细胞核和许多叶绿体。还可以看到腺毛和先端尖的表皮毛。表皮的这些结构和它的生理功能是相一致的。也可用蚕豆下表皮永久制片观察。

取苹果叶下表皮装片（示表皮毛）、悬铃木叶表皮装片（示分枝星状毛）、天竺葵叶