

基础生物学实验

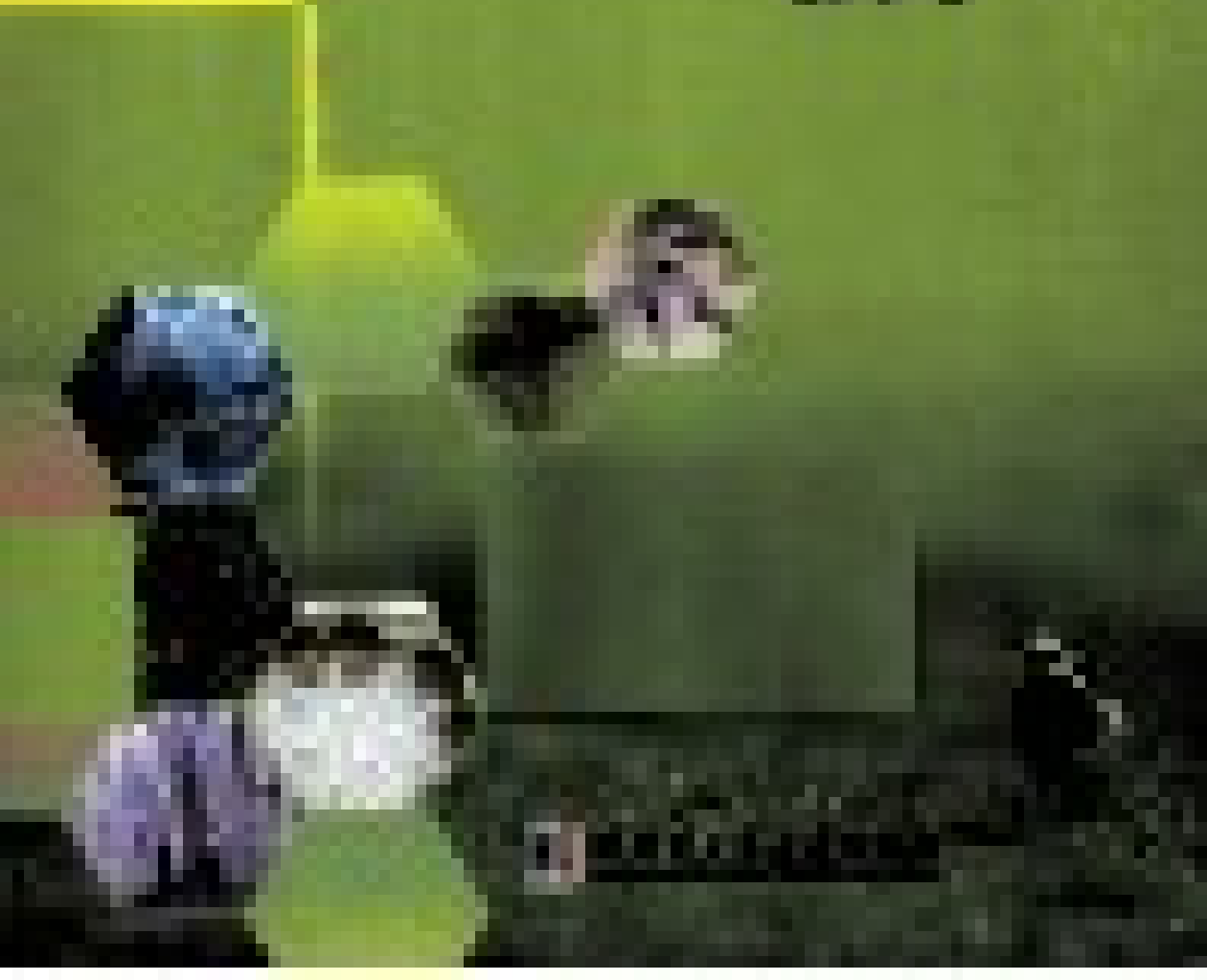
主编 魏力军 陈 岩
主审 李 钰



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

基础生物实验

第1章 绪论



基础生物学实验

主编 魏力军 陈 岩
主审 李 钰



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是哈尔滨工业大学“十一五”规划教材,其内容是作者在多年的教学实践基础上编写而成的。全书以植物生物学和动物生物学基础实验为主,包括 46 个实验,涉及动植物细胞、组织、器官、个体等多层次的结构、发育、生理功能和系统分类等知识,注重对学生基本技能和创新能力的培养。

本书可作为师范、农、林、医学等高等院校普通生物学实验教材,也可供中学生物学教师作教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础生物学实验/魏力军,陈岩主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-5603-3086-0

I. ①基… II. ①魏… ②陈… III. ①生物学-实验-
高等学校-教材 IV. ①Q-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 174770 号

策划编辑 杜 燕
责任编辑 张 瑞
封面设计 吴金燕
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 肇东市粮食印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16 印张 10.5 字数 188 千字
版 次 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3086-0
定 价 22.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

生命科学是以实验为基础的科学,实验课是教学的一个重要环节,它是培养学生的分析能力、动手能力和创新能力的一个重要的不可替代的手段。通过基础生物学实验教学使学生掌握有关生物学的基本知识、实验技能和技巧,为生命科学后续课程打好基础,培养学生初步的科学研究能力。

全书分为3部分,第一部分为生物学实验的基本要求与技能,内容包括光学显微镜的使用、生物制片技术、生物绘图技术;第二部分为植物生物学基础实验,包括植物的细胞和组织、植物的形态结构、功能、分类等26个实验;第三部分为动物生物学基础实验,包括动物的形态、解剖、系统和生理功能等20个实验。第一部分和第二部分由魏力军编写,第三部分由陈岩编写,附录由魏力军、陈岩、钱宇编写,全书由李钰主审。

本书的前身是内部教材《普通生物学实验指导》和《基础生物学实验Ⅰ》及《基础生物学实验Ⅱ》。编者总结十余年在本科动植物学教学实践中逐渐积累的经验完成此书,因此,该书应为一本实用性强的生物学基础实验教材。本书得到了哈尔滨工业大学“十一五”规划教材基金的资助,在此表示衷心的感谢!

本书可作为师范、农、林、医学等高等院校普通生物学实验教材,也可供中学生物学教师作教学参考书。在使用过程中可以根据本校和本地区的特点,灵活安排教学内容和时间。

鉴于编者知识和能力所限,书中的不足和错误之处,恳请老师和同学指正。

编 者

2010年6月于哈尔滨

目 录

第一章 生物学实验的基本要求与技能	(1)
第二章 植物生物学基础实验	(7)
实验一 植物细胞的活体染色与基本结构观察	(7)
实验二 植物细胞的后含物	(11)
实验三 植物细胞的有丝分裂	(15)
实验四 植物各种组织的制备与观察	(17)
实验五 叶绿体色素的提取、分离、性质和含量测定	(25)
实验六 叶绿体的提取和还原活性的测定	(29)
实验七 氧电极法测定植物的光合速率	(31)
实验八 微量定积检压法测定植物的呼吸强度	(32)
实验九 植物组织水势的测定(小叶流法)	(35)
实验十 植物蒸腾强度的测定(容积法)	(37)
实验十一 根系离子交换吸附现象的观察	(38)
实验十二 硝酸还原酶的提取和活性的测定	(39)
实验十三 生长素对根和芽生长的影响	(41)
实验十四 吲哚乙酸氧化酶活性的测定	(42)
实验十五 细胞分裂素的保绿作用	(44)
实验十六 光、钾离子和 ABA 对气孔运动的影响	(45)
实验十七 植物愈伤组织的培养和诱导分化	(46)
实验十八 藻类植物生活史及代表植物个体发育	(48)
实验十九 苔藓植物生活史及代表植物个体发育	(52)
实验二十 蕨类植物生活史及代表植物个体发育	(58)
实验二十一 裸子植物——松的个体发育	(63)
实验二十二 双子叶植物的个体发育	(68)
实验二十三 单子叶植物的个体发育	(75)
实验二十四 校园裸子植物的调查和检索表的编制	(81)
实验二十五 植物标本的制作	(83)
实验二十六 植物生态及认知实习	(86)

第三章 动物生物学基础实验	(89)
实验一 动物组织的制片及观察	(89)
实验二 原生动物活体观察(大草履虫)	(90)
实验三 水螅的形态结构与生命活动	(94)
实验四 涡虫、人蛔虫、环毛蚓标本的观察	(96)
实验五 棉蝗浸制标本的解剖及结构的观察	(99)
实验六 鱼的解剖与观察	(105)
实验七 蟾蜍的解剖与观察	(108)
实验八 家鸽的外形和内部解剖	(111)
实验九 哺乳动物形态结构的解剖和观察	(115)
实验十 反射时的测定、反射弧的分析、谢切诺夫抑制和脊髓反射的外周抑制	(118)
实验十一 骨骼肌单收缩和强直收缩的描记与分析	(121)
实验十二 神经干动作电位的引导与神经兴奋传导速度的测定	(125)
实验十三 蟾蜍心搏过程的观察与描记和心室肌的期外收缩与代偿间歇	(128)
实验十四 红细胞渗透脆性的测定与血型鉴定	(131)
实验十五 出血时间及凝血时间的测定	(132)
实验十六 血液凝固及其影响因素	(134)
实验十七 人体动脉血压的测定及其影响因素	(135)
实验十八 人体呼吸运动的描记及影响因素的分析	(138)
实验十九 消化道平滑肌的生理特性分析	(139)
实验二十 设计实验	(143)
附录	(146)
附录一 常用实验药剂的配制方法	(146)
附录二 常用生理盐溶液的配制	(148)
附录三 磷酸盐缓冲液(PB)的配制	(149)
附录四 0.05 mol/L Tris-HCl 缓冲液(pH 7.19 ~ 9.10)的配制	(150)
附录五 植物组织和细胞培养常用培养基成分	(151)
附录六 植物组织培养基及其配制	(153)
附录七 各种实验麻醉方法简介	(157)
参考文献	(161)

第一章 生物学实验的 基本要求与技能

一、基础生物学实验室规则

基础生物学实验是培养学生理论联系实际能力,验证和巩固课堂教学所获得的理论知识、训练基本的实验技能、培养独立工作能力的重要过程,也是培养发现问题、分析问题和解决问题的能力实践过程。因此,必须认真地上好每一节实验课。

基础生物学实验室是开展动植物学实验教学的场所,学生进入实验室,必须遵守以下规则。

(1)严格遵守实验课作息时间表,学生应提前 10 min 进入实验室,准备好当日的实验物品,不准迟到早退,否则取消当日实验课成绩。若有特殊原因不能参加实验,必须提前履行请假手续,并在 1 周内协商补做。连续三次旷、缺实验,本课程不计成绩,必须在下学期重选。

(2)每次实验前,必须认真预习与实验有关的内容,包括理论课教材中的相关知识和本实验指导书中的全部相关内容,明确实验目的和要求,充分了解实验内容与步骤。每位学生课前必须写出预习报告,接受实验指导老师的检查后方可进行实验。

(3)进入实验室后按照指定位置就座,并固定使用相应编号的显微镜等实验仪器与工具,不得随意更换。实验室内的设备、仪器、药品和实验材料等,不得带出实验室。

(4)实验前先仔细检查实验器材是否完好,材料是否齐全。若有缺损或在实验过程中出现仪器设备损坏、故障时要及时报告指导老师,请求处理。

(5)爱护国家财产,按要求使用实验室的仪器、设备、用具。严禁故意损毁器具,严禁私自拆卸仪器,实验器材如有损毁及丢失,应及时登记并酌情赔偿。规范实验操作,强化安全意识,严防一切事故的发生。

(6)实验过程中,学生应根据本实验指导书和实验指导教师的指导,严格按照实验操作步骤和仪器操作规范,节约使用各种试剂和耗材。充分利用实验课时间,独立操作,仔细观察,随时做好实验记录。遇到解决不了的问题,应请指导教师帮助。

(7)实验室严禁吃东西、吸烟、随地吐痰和乱扔纸屑、杂物。严禁大声喧哗、打闹,不得在实验室内随意走动。保持实验室安静,维护良好的课堂秩序。

(8)对规定的课堂实验观察内容及实验报告与作业要全部当堂认真完成。综合性设计实验,必须在合理设计预定实验方案的前提下,适时实施,按质按量地完成实验任务。

(9)实验结束后,务必将各种物品、试剂和仪器归位,值日生认真清扫实验台和房间,关水、关灯、关窗,在指导教师允许后方可离开。指导教师检查完电脑等设施后最后离开实验室。

二、光学显微镜的使用

1. 光学显微镜的构造

光学显微镜是生物学研究的重要工具,也是基础生物学实验教学过程中最常用的工具。显微镜的种类很多,有的简单、有的复杂,而且各有专门的用途。但它们的基本结构相同,都是由光学部分和机械部分组成(图 1.1)。

光学部分包括:物镜、目镜、镜筒、聚光器、反光镜或电光源。机械部分包括:镜头转换器、粗聚焦器(用作初步聚焦)、细聚焦器(用作更精确的聚焦)、执手、镜台(也称为载物台,上面装有压片夹)、镜座和倾斜关节。

光学显微镜是利用光学的成像原理,观察生物体结构的。首先光线穿过生物制片(样品),进入到物镜的透镜上,因此所观察的制片都要很薄(一般为 $8 \sim 10 \mu\text{m}$),光线才能够穿透制片,经过物镜将制片上的结构放大为倒的实像,这一倒的实像经过目镜的放大,映入眼球内最后成为放大的倒的虚像。

物镜决定显微镜像的质量、分辨率和放大倍数,安放在物镜转换器上的有低倍镜($4\times, 10\times$)、高倍镜($40\times$)和油镜($100\times$)三种。使用低倍镜和高倍镜时,物镜与标本之间的介质是空气,使用油镜时,物镜与标本之间的介质是香柏油。

目镜位于镜筒的上方,其功能是将物镜形成的中间像进一步放大,以便于观察,但不能提高显微镜的分辨率。

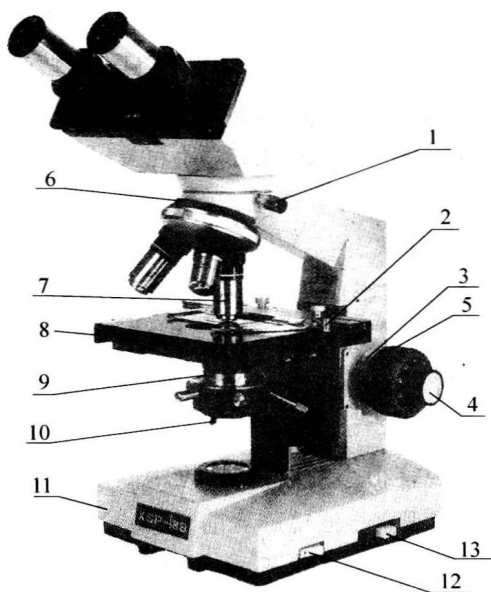


图 1.1 显微镜的结构

1—目镜;2—镜架;3—活动夹;4—微调手轮;5—粗调手轮;6—物镜转换器;7—物镜;8—载物台;9—聚光镜;10—可变光栅;11—底座;12—电源开关;13—亮度调节平推钮

聚光器装在镜台下,将光线聚焦于标本上,增强照明度。光线的强弱可以通过调节聚光器的孔径和聚光器的高低实现。

粗聚焦器和细聚焦器能使镜筒或镜台升降,用于调节物镜与标本之间的距离,以得到最清晰的图像。

2. 光学显微镜的使用

(1) 拿取显微镜时应该右手握住镜臂,左手托住镜座,使镜体保持直立。把显微镜放在桌上,桌面要清洁、平稳。一般放在身体的左侧,距离桌边 3 ~ 4 cm 处,右侧放记录本。

(2) 检查显微镜是否有毛病,镜身机械部分可用干净软布擦拭。透镜要用擦镜纸擦拭,如有胶或油污,可用少量二甲苯清洁。

(3) 镜筒升至距载物台 1 ~ 2 cm 处,用低倍镜对准通光孔,调节光亮度旋钮至合适的亮度。

(4) 将玻片放在载物台上,用弹簧夹将玻片固定,转动平台移动器的旋钮,使要观察的材料对准通光孔中央。

(5)调焦时,先旋转粗调焦旋钮慢慢降低镜筒,并从侧面仔细观察,直到物镜贴近玻片标本,然后双眼自目镜观察,旋转粗调焦旋钮抬升镜筒,直到看清标本的物像时停止,再用细调焦旋钮回调清晰。镜检时应将标本按一定方向移动视野,直至整个标本观察完毕,以便不漏检,不重复。

(6)需要观察制片中某一部分的细微结构时,可先在低倍镜下找到最合适的地方,并将其移到视野中央,然后转动镜头转换器,换用高倍镜观察,如果不太清楚可以转动细调焦旋钮使影像清晰可见。注意不应在高倍镜下调粗调焦旋钮,以免物镜压坏制片并损坏镜头。转动物镜转换器时,不可用手指直接推转物镜,这样容易使物镜的光轴发生偏斜,转换器螺纹受力不均匀而破坏,最后导致转换器报废。

(7)当需要用油镜观察很小的结构时,先用低倍镜及高倍镜将被检物体移至视野中央后,再换油镜观察。油镜观察前,应将显微镜亮度调整至最亮,光圈完全打开。使用油镜时,先将物镜移开,在要观察的部位加一滴香柏油(镜油),然后将油镜放正,降低镜筒并从侧面仔细观察,直到油镜浸入香柏油并贴近玻片标本,然后用目镜观察,并用细调焦旋钮抬升镜筒,直到看清标本的焦段时停止并调节清晰。油镜使用完毕后一定要用擦镜纸蘸取二甲苯擦去香柏油,并再用干的擦镜纸擦去多余的二甲苯。

(8)观察完毕,移去样品,扭转转换器,使镜头“八”字形偏于两旁,调节亮度旋钮,将光亮度调至最暗,再关闭电源按钮,降下镜筒,擦抹干净,并套上镜套。显微镜应放于阴凉干燥处,以免受潮滋生霉菌腐蚀镜片。

三、徒手切片法

用光学显微镜观察的样品必须是透明的薄片,因此待观察的生物材料必须是切得很薄的薄片。在永久制片中,可以采用石蜡或树脂等材料将实验材料包埋后,用切片机切成几个微米的薄片,而要观察新鲜的材料则要制成临时制片。

临时制片包括涂片、压片和徒手切片等。徒手切片法是用手持刀片,将材料切成能在显微镜下观察其内部结构的薄片,是植物形态解剖学实验及研究中最简单和最常用的切片方法,也是最重要的基本技能之一。这种切片方法简便易行,节省时间;而且所需工具简单,只要有一把锋利的剃刀或双面刀片就可以操作,并可以看到组织细胞内的自然结构和天然颜色。但是不易做到将整个切面

切得薄而完整,往往薄厚不一,过软过硬的材料比较难切。切片过程主要注意以下几点:

(1)选择正常、软硬适中的植物器官或组织为材料,直接切成长约2~3 cm的小段,削平切面。所取的新鲜材料应及时放入水中,以免萎蔫。取材的大小,一般直径不超过5 mm,长度以15~25 mm为宜。

(2)过于柔软或难以直接执握的微小材料,可夹入坚固而易切的夹持物中操作。采用上述方法将夹持物和其中的材料一齐切成薄片,除去夹持物的薄片,便得到材料的薄片。坚硬的材料要经软化处理后再切。

(3)切片时左手保持不动,以右手大臂带动前臂,使刀口自外侧左前方向内侧右后方拉切,同时观察切片的进展情况。注意只用臂力而不要用腕力或指关节的力量,动作要敏捷,材料要一次切下,切忌中途停顿或来回拉割材料,如图1.2所示。

(4)在切片过程中刀口和材料要不断蘸水,以保持刀口锋利和避免材料失水变形。所切的材料和刀片一定要保持水平方向,不要切斜,否则细胞切面偏斜,同样会影响观察。连续切下数片后,用湿毛笔将切片轻轻移入培养皿的清水中备用。

(5)从切片中挑选薄而平的切片做成临时装片供镜检,必要时也可以制成永久装片。挑选切片时,关键是切得平而薄,不要求切得很完整,有时只要有一小部分就可以看清其结构了。一次可多选几片置于载玻片上,制成临时装片,通过镜检再进一步选择理想的材料用以观察。

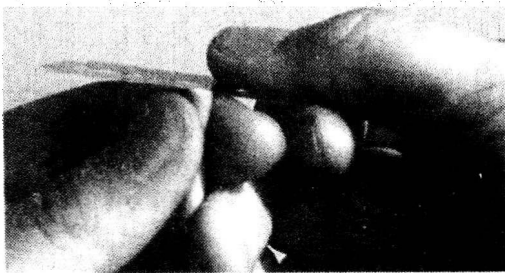


图 1.2 徒手切片法

四、生物绘图法

在实验报告和将来的科学研究报告中,都需要一些细胞结构图或轮廓图来表示某些组织或器官的结构,虽然显微摄影已经很普遍,但有时也要衬以简洁的线条图以使所显示的结构更加清晰。因此,有必要掌握正确的绘图方法和技巧。

生物绘图的基本方法和要求如下:

(1)绘图应具有高度的科学性,不得有科学性错误。形态结构要准确,比例要正确,要求真实感。因此,绘图前要认真地观察标本,搞清实物标本的结构特点,切忌抄书或平空想象。

(2)绘图前要根据绘图纸的大小和绘图的数目,确定每一个图的位置及大小。绘图大小要适宜,位置略偏左,右边留着注图。

(3)图面要力求整洁,铅笔要保持尖锐,尽量少用橡皮;绘图的线条要光滑、匀称,用“点点衬阴”法来表示不同部位颜色的深浅和距离的远近。“点点衬阴法”即将图形画出后,用铅笔点出圆点,以表示明暗和深浅,给予立体感。在暗处点要密,明处要疏,但要求点要均匀,点要大小一致。点点要从明处点起,一行行交互着点,物体上的斑纹描出再点点衬阴,点点衬阴法要求不能用涂抹阴影的方法以代替点点。

(4)绘图时不一定要把全部的切面都绘出来,只绘出其中一部分即可,但要清楚地表明各部分结构的比例、大小、排列方式及其可能看到的内部结构。轮廓图要注意各部分结构的比例、大小,区别是不用绘出每一个细胞,只需用一些轮廓把各部分结构在切片中占的比例及不同部位排列的相对位置表示出来即可。

(5)绘图后要对照显微镜下的实物,检查是否有遗漏和错误,然后注明各部分名称。注图线用直尺画出,间隔要均匀,且一般多向右边引出,图注部分接近时可用折线,但注图线之间不能交叉,图注字体用正楷,大小要均匀,不能潦草,要尽量排列整齐。绘图完成后在绘图纸上方要写明实验名称、班级、姓名、时间,在图的下方注明图名及放大倍数。

(6)所有注字及绘图都用铅笔,不要用钢笔、圆珠笔或有色铅笔。

第二章 植物生物学基础实验

实验一 植物细胞的活体染色与基本结构观察

细胞是构成植物体的基本单位和植物生命活动的基本单位。植物体的结构和生命活动是以细胞结构的复杂性及细胞内各细胞器既分工又联系的生命活动为基础的。细胞通过繁殖、生长和分化形成各类组织和器官。

一、目的和要求

- (1) 了解并掌握植物细胞的基本组成、结构和形态特点。
- (2) 从胞间连丝的观察中进一步理解组成植物体的细胞彼此之间不论在结构上和生理上都是统一的整体,各种基本的生活过程都是在细胞中进行的。

二、仪器及试剂

显微镜,镊子,解剖刀,解剖针,刀片,盖玻片,载玻片,培养皿,滴管,中性红溶液,碘液,苏丹Ⅲ或Ⅳ,氯锌碘。

三、实验材料

大葱或洋葱,吊竹梅(*Zebrina Pendula Schivz*)叶,红辣椒果实或胡萝卜根,秋海棠茎、叶,柿胚乳切片。

四、实验内容和方法

植物体所有的器官都是由结构十分复杂的各种细胞组成的,所以植物体任何一部分都可作观察细胞的材料,但用洋葱或大葱鳞叶的表皮细胞来观察是简单而易行的,也是学习装片的最好材料。当然其他材料如番茄与西瓜的果肉也可用作观察细胞构造的材料。

1. 植物细胞的基本结构

(1) 洋葱鳞叶内表皮细胞临时装片

取大葱或洋葱剥去干鳞叶后,用解剖刀将它切成 $3 \sim 5 \text{ mm}^2$ 小块,然后取一片肥厚的肉质鳞叶,用镊子从凹面撕取一块内表皮,剥下的表皮组织呈薄膜状,用剪刀剪成小块,其大小不超过盖玻片的 $1/4$,迅速置于准备好的载玻片的水滴中,并用解剖针和镊子把它展平,使其没有褶皱和卷曲的边缘,同时加盖玻片。加盖玻片应注意防止产生气泡,如有气泡产生,可用解剖针在盖片上面轻轻压一压,以使气泡消失;如水未充满盖片,则需从旁边加满水;如水过多使盖玻片浮动,应用小滤纸条将水吸掉,至水刚好充满盖片为止。制作洋葱表皮装片过程见图 2.1。

(2) 洋葱鳞叶内表皮细胞结构观察

首先在低倍镜下观察细胞的形状及各细胞间的结合状态,然后再换高倍镜,仔细观察一个细胞的构造。

在低倍镜下可见大葱或洋葱的表皮是由若干个伸长的一个一个紧密相连的细胞所组成,细胞侧壁很薄,每个细胞有 1 个或 2 个核。为了使细胞各部分区别更明显,可从盖片边缘加一滴碘液,则在高倍镜下观察时,壁被染成黄绿色,果胶质的中层被染成砖红色。细胞的侧壁很薄,当仔细观察时,可以见到有些地方不均匀的加厚形成许多凹陷区域,即为单纹孔。原生质被染成黄色,在高倍镜下细胞质呈细微不透明颗粒状,能流动。细胞质内含有各种细胞器、液泡及各种内含物。核被染成深黄或褐色,细胞核沉浸在细胞质里,1 个或几个,呈球形或圆饼状,位于细胞中央或细胞边缘薄层细胞质中。细胞核具一定结构,与原生质接触有一层膜,为核膜,核内是均质透明的胶体物质,为核质,浓稠。核质内有 1 个或 2 个小球形体,即为核仁,偶尔可见核穿壁运动。

(3) 番茄果肉离散细胞结构观察

用镊子挑取红熟的番茄果肉,置于载玻片上事先滴好的清水中,分散均匀,盖上盖片,在低倍镜下观察,可见不规则与圆形的果肉离散细胞,可以清楚地看到每个细胞的细胞壁。在番茄果肉离散细胞中,同样可以观察到细胞质、细胞核和大的液泡,在细胞质中还可见橙红色的颗粒状有色体。

2. 质体

细胞内的质体主要有三种,即叶绿体、杂色体(有色体)和白色体(图 2.2)。

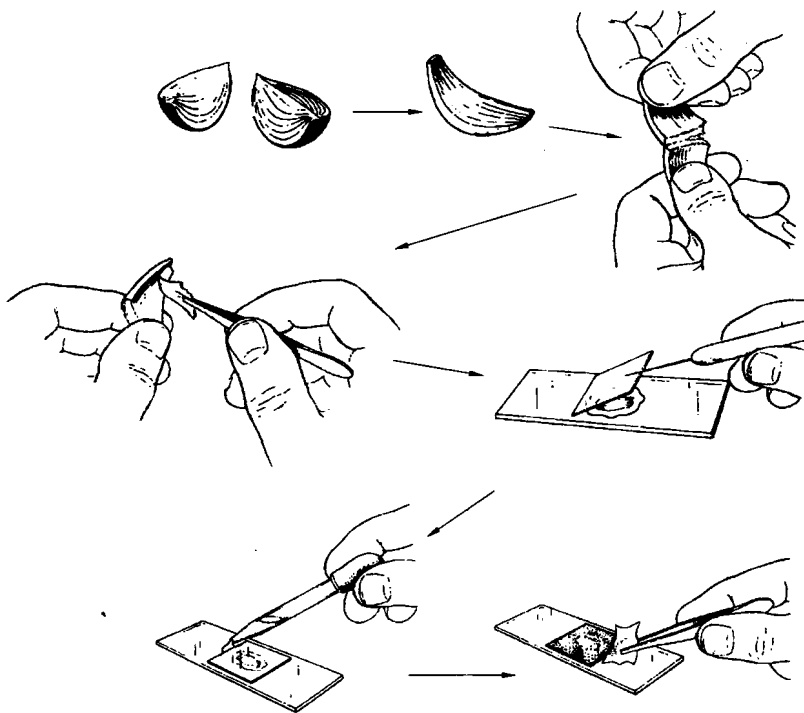


图 2.1 制作洋葱表皮装片过程图解

(1) 叶绿体

取秋海棠叶柄做横切片,显微镜下观察,可见叶柄细胞内含有大量绿色质体,即叶绿体,一般为圆形或椭圆形的颗粒,因其含各种色素比例不同,可显深绿色或黄绿色,在不同植物体内,其大小和数目及形状也不一样。也可取实验室现有的植物材料撕去叶表皮,用解剖刀刮取少量叶肉细胞,涂在载玻片上,制成临时装片观察。

(2) 杂色体(有色体)

取红辣椒果皮一小块制成装片,先在低倍镜下选定最薄的地方,再换高倍镜,在视野中将会见到细胞壁加厚的细胞,且具有明显的胞间连丝穿过的孔道,在细胞质内有圆的及长柱形的橙红或橙黄色的颗粒沉浸在其中。也可以用有色花瓣的表皮制成临时装片,或用胡萝卜根做徒手切片进行观察。

(3) 白色体

在高倍镜下观察吊竹梅叶背面的表皮细胞临时装片,其表皮细胞由六边形

或其他多角形细胞所组成,细胞核的周围有一些小而无色发亮的圆粒,即白色体,将集光器向下调,使视野变得稍暗些,则无色透明的白色体将更清楚。

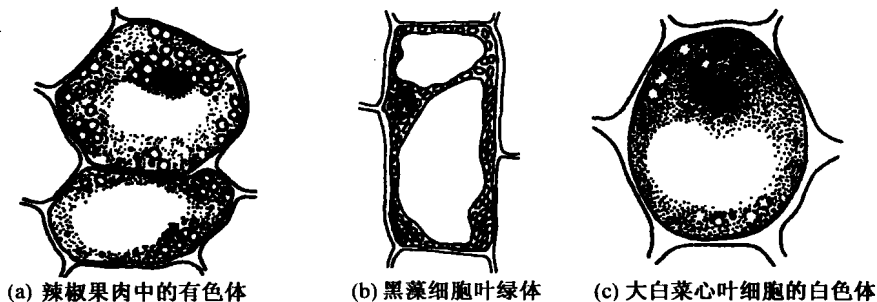


图 2.2 质体

3. 液泡

取水培的新鲜洋葱的鳞叶内表皮细胞,置于 $1/3\ 000$ 中性红水溶液内约 $10 \sim 15\ \text{min}$,然后制成水装片,为了避免细胞缺氧受损伤而效果不好,此装片不加盖片。低倍镜下观察可见中性红染料很快进入细胞,几乎整个细胞都染成红色,然后用蒸馏水冲洗,继续观察,液泡被染成红色。显微镜下可见较嫩细胞中有多数较小的液泡,而在较老的细胞中则有大型的液泡占据中央,核常被挤到一侧,近细胞壁。液泡的活体染色染成的色彩会随着细胞液的化学成分和氢离子浓度而改变,如染碱性细胞为朱红色,酸性细胞为樱红色。

4. 线粒体

线粒体在分生组织中常易观察,分散于细胞质中,呈颗粒状、丝状、棒状或分枝弯曲状,大小为 $0.5 \sim 1.5\ \mu\text{m}$,可用健那斯绿进行活体染色。取蓖麻根尖或洋葱与大葱表皮细胞,天门冬属 (*Asparagus*) 茎尖细胞进行观察,用 $1/2\ 000$ 健那斯绿水溶液染色数分钟后可见线粒体被染成蓝绿色,可见其振动与移位运动。

5. 胞间连丝和纹孔

取柿胚乳切片或红尖椒装片,先在低倍镜下观察可见大小不等的多边形或不规则形相邻的细胞间有很厚的细胞壁。高倍镜下则可见相邻细胞间有许多原生质丝通过厚的细胞壁相连,这就是胞间连丝(图 2.3)。再调动细调节器则在另一焦点上可看到清楚的细胞壁,其上有纹孔(图 2.4),原生质丝是通过这种纹孔彼此相联系成一统一的整体,使细胞间的物质运输进一步加强。