

全国高等农林院校规划教材

植物学实验

林凤 崔娜 主编



科学出版社

www.sciencep.com

植物学实验

林 凤 崔 娜 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书内容包括植物学显微技术和植物学基本实验两大部分,并附有沈阳地区种子植物检索表和沈阳地区常见种子植物名录。主要介绍植物个体发育过程中的形态结构特征、植物界的系统发育与进化、不同植物类群和代表性科的特征与分类。此外,还介绍了与植物学研究相关的显微镜的使用和植物制片技术等内容。着力培养学生的观察能力、操作能力和理论联系实际的能力,也为学生今后从事与植物学相关的科研工作打下坚实的基础。

本书可作为高等农业院校农学、园艺、林学、植物保护和生物科学等专业的实验教材,也可作为师范院校和综合性大学生物学等专业的教材及相关专业人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

植物学实验/林凤,崔娜主编. —北京:科学出版社,2010.2
(全国高等农林院校规划教材)
ISBN 978-7-03-026737-5

I. ①植… II. ①林…②崔… III. ①植物学-实验-高等学校-教材
IV. ①Q94-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 019551 号

责任编辑:丛楠 甄文全/责任校对:宣慧
责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

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>

明晖印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年2月第一版 开本:B5(720×1000)

2010年2月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1—4 000 字数:257 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《植物学实验》编委会名单

主编 林凤 崔娜

参编 (按姓氏笔画排序)

吕双双 (沈阳农业大学)

许玉凤 (沈阳农业大学)

孙 权 (沈阳农业大学)

李在峰 (河北农业大学)

汪 澈 (沈阳农业大学)

范海延 (沈阳农业大学)

席营章 (河南农业大学)

韩 阳 (辽宁大学)

翟 强 (沈阳农业大学)

图片拍摄

翟强 曲波 邵美妮

前 言

植物学是研究植物界和植物体的生活及发展规律的科学，是一门实验性科学。植物学实验课既与课堂教学相互配合、联系，又自成体系，相对独立。

本书的内容安排是根据全国高等农业院校植物学教学大纲，总结多年的植物学实验教学经验，参考国内外相关著作、文献和兄弟院校的相关教材，并吸收一些新的实验方法和内容编写而成的。

全书包括植物学显微技术和植物学基本实验两大部分，并附有沈阳地区种子植物检索表和沈阳地区常见种子植物名录。植物学显微技术部分详细地介绍了显微镜的相关知识和植物制片技术。显微镜的相关知识部分主要介绍了普通光学显微镜、视体显微镜、荧光显微镜、透射电子显微镜、扫描电子显微镜和激光扫描共聚焦显微镜等的成像原理、基本结构、使用方法和使用时的注意事项等内容；植物制片技术部分系统地介绍了临时制片技术和永久制片技术等内容，以培养学生的仪器操作能力、观察能力，掌握植物学研究常用仪器和相关的研究方法。植物学基本实验部分包括植物细胞、植物组织、种子和幼苗、被子植物营养器官和生殖器官的形态与结构、植物界的基本类群（包括藻类植物、菌类植物、地衣植物、苔藓植物、蕨类植物和裸子植物）、被子植物的主要分科等，与理论课内容密切相关，以巩固基础知识为目的，方便教学，培养学生理论联系实际的能力。此外，还在每个实验后设置了课堂作业和思考题，以便帮助学生巩固复习，促进学生开动脑筋、积极思维，培养学生科学研究能力和创新能力。为使学生了解和掌握所观察的材料，本书精选插图 100 多幅。

本书的编写得到了张春宇、曲波、苗青、邵美妮、李楠等诸位老师和科学出版社丛楠编辑的大力支持和帮助，谨此深表感谢。

在教材编写过程中，编者几易其稿，力求精益求精，但仍然难免存在不完善之处，恳请广大读者批评指正，以便进一步改进提高。

编 者

2009 年 12 月

植物学实验室规范

(1) 植物学实验是植物学教学中理论联系实际的重要环节，是培养学生动手能力和独立操作能力的重要手段。每次实验前学生要认真阅读《植物学实验》，明确实验目的，了解实验内容和方法，以保证实验的顺利进行。

(2) 实验时，以《植物学实验》为指南，按照指导教师的讲解，认真进行操作和观察，以确保获得正确的实验结果。

(3) 认真完成实验作业。绘图要认真细致，按实际观察材料绘图，不得抄袭挂图和插图。

(4) 爱护实验室内一切仪器设备。显微镜等贵重仪器，在实验前和实验后要全面检查。仪器设备如有故障和损坏，应及时向指导教师报告。严禁私自拆卸仪器和调换仪器附件。

(5) 使用各种试剂、药品、染料时要注意节约。

(6) 实验结束后，仪器、切片和实验工具等要擦净、整理，放回原处。

(7) 由于操作不当等原因造成仪器设备损坏，按学校有关规定处理。

(8) 遵守实验室纪律，保持室内肃静，不准随意乱刻乱划。实验完毕后，由学生负责轮流清扫实验室。

(9) 不得迟到、早退或随意缺课，有事有病要履行请假手续。

目 录

前言

植物学实验室规范

第一部分 植物学显微技术	1
一、显微镜	3
二、植物制片技术	15
第二部分 植物学基本实验	23
实验一 植物细胞基本结构	25
实验二 植物细胞内的后含物	32
实验三 植物细胞的有丝分裂	36
实验四 植物组织	39
实验五 种子形态结构和幼苗类型	47
实验六 根的形态与结构	52
实验七 茎的形态与结构	59
实验八 叶的形态与结构	65
实验九 被子植物营养器官的变态	72
实验十 被子植物花的组成与花序类型	80
实验十一 花药的发育与结构	85
实验十二 子房的发育与结构	90
实验十三 被子植物的花粉萌发与双受精过程	94
实验十四 被子植物胚和胚乳的发育	97
实验十五 果实的结构和类型	100
实验十六 藻类、菌类和地衣植物的特征与代表植物	105
实验十七 苔藓、蕨类和裸子植物的特征与代表植物	111
实验十八 双子叶植物	117
实验十九 单子叶植物	129

实验二十 野外实习及标本的采集、制作与保存·····	133
实验二十一 植物分类检索表的编制与使用·····	141
参考文献 ·····	147
附录 ·····	148
一、沈阳地区种子植物检索表·····	148
二、沈阳地区常见种子植物名录·····	165

第一部分 植物学显微技术

一、显微镜

(一) 普通光学显微镜

普通光学显微镜是研究植物细胞结构、组织特征和器官构造的重要工具。因此，每个学生都必须了解和掌握普通光学显微镜的构造、使用和维护方法。

1. 成像原理

光学显微镜是利用光学的成像原理观察植物体结构的。首先利用反光镜将可见光（自然光或灯光光源）反射到聚光器中，把光线会聚成束，穿过切片标本，进入物镜透镜。因此，观察的切片标本要很薄的（一般为 $8\sim 10\mu\text{m}$ ），光线才能够穿透标本。标本在物镜焦点上，通过物镜形成倒立的放大实像，目镜对这一倒立的实像再次放大，在明视距离（对人眼来说约 250mm ）处形成一个虚像，其放大倍数是物镜与目镜的倍数之积。

2. 基本结构

普通光学显微镜的构造（图1）主要分为机械装置和光学系统两部分。

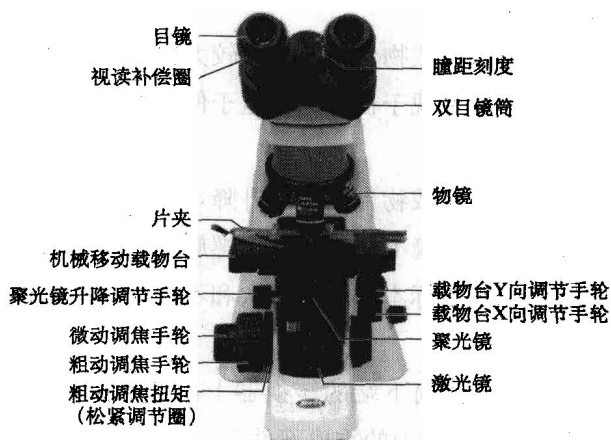


图1 光学显微镜的基本结构

1) 机械装置

(1) 镜座。位于显微镜的最下方，是显微镜的底座，支持整个镜体，起稳固作用。

(2) 镜柱。为垂直于镜座上的短柱，用以支持镜臂。

(3) 镜臂（架）。是显微镜中部呈弓形结构部分，一端连于镜柱，另一端连于镜筒，是取放显微镜时手握部位。镜臂有固定式和活动式两种，活动式的镜臂可改变角度。

(4) 镜筒。位于镜臂的前方，是一个齿状脊板与调节器相接的圆筒状结构，上端装有目镜，下端连接物镜转换器。

(5) 物镜转换器。又称旋转盘，是位于镜筒下端的一个可旋转的凹形圆盘，可安装 3~4 个放大倍数不同的物镜镜头。在使用不同倍数物镜时，可直接转动物镜转换器调换不同倍数的物镜，当听到咔的声音时，方可进行观察，此时物镜光轴恰好对准通光孔中心，光路接通。

(6) 载物台。位于镜臂下面的平台，也称工作台或镜台，用以承放玻片标本，其上安有标本移动器，可纵向和横向移动载玻片。载物台中央有一圆形通光孔，光线可以从通光孔由下向上通过。

(7) 调焦螺旋。位于镜臂的上端（镜筒直立式光镜）或下端（镜筒倾斜式光镜），为调节焦距的装置，调节时可使载物台作上下方向的移动。调焦螺旋分粗调焦螺旋和细调焦螺旋两种。

粗调焦螺旋 移动时可使载物台做快速或较大幅度的升降，能迅速调节物镜和标本之间的距离，使物像呈现于视野中，适于使用低倍镜观察时调焦，可迅速找到物像。

细调焦螺旋 移动时可使载物台缓慢地升降，一般低倍镜下，使用粗调焦螺旋找到物体后，在高倍镜和油镜下使用细调焦螺旋进行焦距的精细调节，从而得到更清晰的物像，并借以观察标本的不同层次和不同深度的结构。

2) 光学系统

(1) 物镜。物镜安装在镜筒下端的转换器上，可将物体第一次放大成倒像，是决定显微镜成像质量和分辨能力的重要部件。一般有 4 个放大倍数不同的物镜，即 2 个低倍物镜（ $4\times$ 和 $10\times$ ）、高倍物镜（ $40\times$ ）和油浸物镜（ $100\times$ ），使用显微镜时可根据需要选择。物镜镜头上除了注明放大倍数外，通常还标有数值孔径、镜筒长度、焦距等主要参数，如 NA 0.25、 $40\times$ 、160/0.17、8mm。其中“NA 0.25”表示数值孔径（numerical aperture, NA），“ $40\times$ ”表示放大倍数，“160/0.17”分别表示镜筒长度（mm）和所需盖玻片厚度（mm），“8mm”表示焦距。

(2) 目镜。装于镜筒上端，只起放大作用，不能增加显微镜的分辨力，其放大倍数与镜筒长度有关，即放大倍数越大，镜筒长度越短。目镜上面一般标有 $7\times$ 、 $10\times$ 、 $15\times$ 等放大倍数，可根据需要选用放大倍数。一般可按与物镜放大倍数的乘积为物镜数值孔径的 $500\sim 700$ 倍，最大也不能超过 1000 倍进行选择。目镜内有时装有一个指示针，用以指示要观察的某一部分。

一般情况下，显微镜放大倍数是物镜放大倍数与目镜放大倍数的乘积，如物镜为 $10\times$ ，目镜为 $10\times$ ，其放大倍数就为 $10\times 10=100$ 倍。

(3) 光源。老式显微镜采用位于载物台下面、镜柱前方的一面可转动的一平一凹圆形双面镜，将来自光源的光反射给集光器。平面镜适合光线较强时使用，凹面镜聚光力强，适于光线较弱时使用。转动反光镜，可将光源反射到聚光镜上，再经镜台中央通光孔照明标本。较新式的显微镜其光源通常是安装在显微镜的镜座内，通过亮度调节开关来控制。

(4) 聚光器。位于载物台下面，由聚光镜和虹彩光圈组成，具有汇聚光线的作用。聚光镜由透镜组成。聚光器下降，光线减弱；聚光器上升，光线加强。用高倍镜时，视野范围小，光线暗，则需上升聚光器；用低倍镜时，视野范围大，光线强，可下降聚光器。虹彩光圈由薄金属片组成，其中心圆孔可以开大或缩小，从而调节显微镜的通光量。光圈开大则光线较强，适于观察深色物体；光圈关小则光线较弱，适于观察浅色或无色材料。

(5) 滤光镜。在聚光镜下面装有一个调光玻璃架，可装置滤光片。根据标本的颜色，在聚光镜下加相应的滤光片，调节光强、增加分辨率或增大明暗反差等。

3. 使用方法

1) 低倍镜观察

(1) 安放显微镜。打开镜箱，右手紧握镜臂，左手平托镜座，保持镜体直立，不可倾斜和单手提携，将显微镜安置在距离桌子边缘 15cm 处，使目镜对着观察者。

(2) 调节光源。移动物镜转换器，使低倍镜对准载物台的通光孔，将光圈完全打开。插上电源线，打开显微镜的电源开关，在目镜观察的同时，旋转亮度调节旋钮，调节视野内的光线至合适的亮度即可。

(3) 放置玻片标本。取一个切片标本放在载物台上，有盖玻片的一面朝上，用推进器弹簧夹夹住，然后旋转推进器螺旋，将所要观察的部位调到通光孔的中

央。注意，载物台上的刻度可以标示玻片的坐标位置。

(4) 调节焦距。转动粗调焦螺旋，使载物台缓慢上升至物镜距标本片约5mm处（注意：上升载物台时，必须从显微镜侧面观察物镜与玻片的距离，切勿用眼在目镜上观察的同时转动粗调螺旋，以防镜头碰撞玻片造成损坏），然后，观察目镜，转动粗调焦螺旋，使载物台缓慢下降，当视野中出现物像时，再调节细调焦螺旋，直至视野中出现清晰的物像（注意：观察到的标本为倒像）为止。如果物像不在视野中央，可稍微移动玻片位置（注意：移动玻片的方向与观察物像移动的方向相反）。

(5) 复原。观察结束后，旋转粗调焦螺旋，使载物台下降到最低位置，将标本取下；擦干净镜体；转动转换器，使两个物镜位于通光孔的两侧；将电源亮度调节旋扭转回到亮度最低的位置，关闭电源开关，拔掉电源线，罩上防尘罩，用右手握住镜臂，左手平托显微镜底座，将显微镜放置于镜箱中。

2) 高倍镜观察

使用高倍镜观察时，一定要先在低倍镜下找到要观察的标本物像，并把要放大的部分移至视野中央，同时调节到最清晰程度，才能进行高倍镜的观察。若用高倍镜看不到或看不清物像时，再用细调焦螺旋微微调节即可。

高倍镜观察时要注意：不能直接用高倍镜观察，不能用粗调焦螺旋调节，当低倍镜换成高倍镜时，视野光线变暗，需要进一步调节照明系统。高倍镜观察完毕，应立即转开镜头，以免与切片相碰。如果需要更换玻片标本时，必须先转动粗调焦螺旋使载物台下降，方可更换玻片标本。

3) 油镜观察

首先，在低倍镜下找到所要观察的部位，把要放大的部分移至视野中央，同时调节到最清晰程度，进行高倍镜的观察。然后用粗调焦螺旋将镜筒提起约2cm，并将高倍镜转出。在玻片标本镜检部位滴上一滴香柏油，将油镜头转到观察部位上方，然后徐徐下降，使镜头浸入油滴中，但尚未与玻片表面接触。观察目镜，同时向上或向下慢慢调节细调焦螺旋，直到看清物像为止。观察结束后，使油镜头上升并移开光轴，先用脱脂棉拭去镜头上的油，然后用脱脂棉蘸少许清洁剂擦去镜头上残留油迹，切忌用手或其他纸擦镜头，以免损坏镜头。

4. 使用注意事项

显微镜是一种结构很精密的仪器，为了充分发挥显微镜的性能，避免发生故

障，延长使用期限，除严格按照操作步骤使用外，还应注意以下几点。

(1) 搬动显微镜时必须用双手，一手紧握镜臂，一手拖住镜座，轻取轻放，防止震动，以免零件脱落或碰撞到其他地方造成损失。

(2) 显微镜如有不灵活之处，切不可用力扭动，也不能用力拆卸，应由专业技术人员进行处理。

(3) 光学部分用擦镜纸轻轻拭擦，若模糊不清时，可用擦镜纸或药棉蘸少许清洁剂擦拭，切忌口吹、手抹或用布擦。

(4) 尽量避免潮湿和灰尘，否则就会影响镜头的清晰度。如果发现有灰尘，机械部分可用绒布或纱布擦去，光学部分按注意事项(3)处理。

(5) 放置玻片标本时要对准通光孔中央，且不能反放玻片，防止压坏玻片。

(6) 不要随意取下目镜，以防止尘土落入物镜，也不要任意拆卸各种零件，以防损坏。

(7) 用高倍物镜观察标本时，必须先用低倍物镜观察，调节焦距，观察到清楚的物像后，再换高倍物镜，缓慢调节细调焦螺旋，直至物像清楚为止。高倍物镜的工作距离较小，操作时要非常小心，以防损坏物镜、压碎切片。

(8) 使用油镜观察时，一定要在盖玻片上滴油后才能使用，用毕应立即将油擦干净。

(9) 使用完毕后，必须复原才能放回镜箱内，其步骤是：取下标本切片，转动旋转器使镜头离开通光孔，下降载物台和集光器（但不要接触反光镜），使标本移动器回位，将显微镜擦拭干净，盖上外罩，放回显微镜箱内。

(二) 视体显微镜

视体显微镜又称“解剖镜”，被检物体可不经切片，直接在镜下观察，显示出立体的形态特点，弥补了一般生物显微镜所达不到的要求，能对材料进行整体地观察。因此，在生物实验室中常用于植物（或其他生物）的形态观察和解剖。

1. 成像原理

视体显微镜的光学系统是由一组大物镜、两组可变倍的伽利略望远镜、一组小物镜、目镜和斯密特棱镜等部分组成。光学系统的左右两部分同装于一个机构中。被检物经调焦后，处于大物镜的焦点平面上，成像在无限远处，平行

光束经伽利略望远系统后仍为平行光束，此光束被小物镜收敛并被斯密特棱镜转向，在目镜焦面成正像便于观察，再经目镜二次放大，有连续变倍的功能。

2. 基本结构

视体显微镜也是由机械装置和光学系统两大部分组成。机械装置由镜座、载物台、镜柱、调焦旋钮和变焦距圈等组成；光学系统由变倍物镜、半五角棱镜、直角棱镜和目镜组成（图 2）。



图 2 视体显微镜的基本结构

3. 使用方法（以 SZ-45W 视体显微镜为例）

- (1) 将所要观察物体或标本放在载物台中心。
- (2) 扳动左、右目镜座，调整两目镜间距（根据使用者双目距离而定），使两眼的视野重合，便于观察。
- (3) 转动变焦距圈，调节放大倍数。
- (4) 调节调焦螺旋，致物像清晰为止。

4. 维护与保养

- (1) 应置于阴凉、干燥、无灰尘、无酸碱蒸气的地方。
- (2) 透镜表面有灰尘，切勿用手擦，可用吹气球吹去或用干净的毛笔轻轻擦去。

(3) 透镜表面有污秽时，可用脱脂棉，蘸少许清洁剂轻轻擦去。

另外，倒置显微镜的组成和视体显微镜一样，只是物镜在载物台之下。

倒置显微镜供医疗卫生单位、高等院校、研究院所用于微生物、细胞、细菌、组织培养、悬浮体、沉淀物等的观察，可连续观察细胞、细菌等在培养液中繁殖分裂的过程，并可将其过程中的任一形态拍摄下来，在细胞学、寄生虫学、肿瘤学、免疫学、遗传工程学、工业微生物学、植物学等领域中应用广泛。

(三) 荧光显微镜

1. 成像原理

荧光显微镜的基本原理是利用短波长的光线照射经荧光染料染色的被检物体，使之产生一定波长的荧光，从而用于对样品结构或其组分进行定性、定位、定量的观察检测。荧光显微镜就其光路来分有以下两种。

1) 透射式荧光显微镜

透射式荧光显微镜激发光源通过聚光镜、穿过标本材料来激发荧光。常用暗视野集光器，也可用普通集光器。调节反光镜使激发光转射和旁射到标本上。这是比较旧式的荧光显微镜。其优点是低倍镜时荧光强，而缺点是随放大倍数增加其荧光减弱，所以观察较大的标本材料较好。

2) 落射式荧光显微镜

落射式荧光显微镜是近代发展起来的新式荧光显微镜，与透射式荧光显微镜不同处是激发光通过物镜向下落射到标本表面，即用同一物镜作为照明聚光器和收集荧光的物镜。光路中需加上一个双色束分离器，它与光轴呈 45° 角，激发光被反射到物镜中，并聚集在样品上，样品所产生的荧光以及由物镜透镜表面、盖玻片表面反射的激发光同时进入物镜，返回到双色束分离器，使激发光和荧光分开，残余激发光再被阻断滤片吸收。如换用不同的激发滤片/双色束分离器/阻断滤片的组合插块，可满足不同的荧光反应产物的需要。此种荧光显微镜的优点是视野照明均匀，成像清晰，放大倍数越大荧光越强。

2. 基本结构

荧光显微镜的基本结构是在普通光学显微镜加上一些附件（如荧光光源、