



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材
国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材


植物学实验指导

北方本

ZHIWUXUE
SHIYAN ZHIDAO

张宪省 李兴国●主编



 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材
国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材

植物学实验指导

(北方本)

张宪省 李兴国 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物学实验指导. 北方本/张宪省, 李兴国主编

. 1—北京: 中国农业出版社, 2015. 7

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材 国家级实验教学示范中心
植物学科系列实验教材

ISBN 978-7-109-20491-1

I. ①植… II. ①张…②李… III. ①植物学—实验
—高等学校—教学参考资料 IV. ①Q94-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 121774 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘 梁

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 6.75 插页: 2

字数: 112 千字

定价: 19.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育“十二五”规划教材

内 容 简 介

《植物学实验指导》(北方本)是普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材、国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材。

全书共3个部分,包括植物形态解剖学实验、植物界的类群和被子植物分类等基础实验以及植物学实验技术,另附录植物学实验室常用药品试剂的配制与使用。为保持实验项目的完整性和连续性,综合性实验和提高型实验穿插列入基础实验或实验技术中。实验项目围绕植物细胞和组织的结构特征、植物形态结构、系统演化和分类等方面的内容进行综合设计,着重训练学生综合运用植物学知识并动手操作的能力。每个实验均设计思考题,引导学生对所观察的结果进行发散性思维和扩展性思考,提高对所学知识的认识。新增数个目前在植物科学研究中广为应用的新技术和新方法,这对将来从事科研工作的学生或许有所帮助。全书附插图160余幅和4面彩版插页。

本书可作为高等农林院校植物学实验教材,亦可作为从事植物学和相关学科研究人员的参考用书。

国家级实验教学示范中心植物
学科系列实验教材
编写委员会

主任 张宪省 (山东农业大学)

副主任 吴伯志 (云南农业大学)

副主任 李 滨 (山东农业大学)

崔大方 (华南农业大学)

彭明喜 (中国农业出版社)

委员 (按姓名笔画排列)

李 滨 (山东农业大学)

李保同 (江西农业大学)

杨学举 (河北农业大学)

肖建富 (浙江大学)

吴伯志 (云南农业大学)

邹德堂 (东北农业大学)

张金文 (甘肃农业大学)

张宪省 (山东农业大学)

陈建斌 (云南农业大学)

周 琴 (南京农业大学)

项文化 (中南林业科技大学)

崔大方 (华南农业大学)

彭方仁 (南京林业大学)

彭明喜 (中国农业出版社)

蔺万煌 (湖南农业大学)

燕 玲 (内蒙古农业大学)

植物学实验指导（北方本）

编写人员

主 编 张宪省（山东农业大学）

李兴国（山东农业大学）

副主编（按编写内容先后顺序排列）

王瑞云（山西农业大学）

刘 霞（河北农业大学）

彭卫东（山东农业大学）

魏东伟（河南农业大学）

参编人员（按编写内容先后顺序排列）

王 芳（山东农业大学）

高新起（山东农业大学）

安艳荣（山东农业大学）

赵翔宇（山东农业大学）

孔兰静（山东农业大学）

前 言

植物学实验课程是面向植物生产类各专业开设的必修课程。教学的主要目标是使学生掌握植物细胞和组织的结构、植物的形态结构特征、系统演化和分类等方面的基础知识。提高实验课的教学质量是使学生系统掌握和巩固植物学课程学习内容的必然要求,也是培养学生独立思考和动手能力,提高学生分析问题和解决问题能力的必要环节。

以往的实验课教学中大多开设验证性实验,不利于学生独立思考和动手能力的培养。我们在多年开设植物学实验课程的基础上,总结多年来教学过程中的经验教训,借鉴兄弟院校教学改革经验和植物学实验教材优点,编写了这本《植物学实验指导》(北方本)教材。在实验材料的选择上,注重北方常见、分布广泛并且容易取得等方面,以方便实验材料的准备。使用者可根据当地植物的种类和教学实践等实际情况对植物材料做适当选择或调整。

本教材的第一部分为植物形态解剖学实验,第二部分为植物界的类群和被子植物分类,第三部分为植物学实验技术。实验类型包括基础实验和综合提高型实验。共设计15个实验,4个植物学实验技术。考虑到实验项目的完整统一和连续性,将综合提高型实验设计到不同的基础实验或实验技术中。特别需要指出的是,目前在植物学的科学研究中,GUS染色技术的应用已非常普遍。其试剂配制和操作方法简单易学,所需的实验材料亦较容易获取,不需要复杂精密的仪器设备。本教材将其穿插列入2个实验项目中,并在植物学实验技术部分对相关试剂的配制和实验流程做了较详尽的描述。通过基础实验的训练,使学生掌握植物学基础的实验内容和基本技能。通过综合提高型实验的学习,主要培养学生对科学的自主探究和创新思维的能力。附录为实验室常用药品试剂的配制与使用。

本教材的内容和编排由李兴国规划设计。实验一由王瑞云和王芳编写;实验二由王瑞云和高新起编写,实验三由王瑞云和安艳荣编写,实验四和实验五由刘霞和赵翔宇编写,实验六由刘霞和孔兰静编写,实验七由刘霞和李兴国编写,实验八由王芳和李兴国编写,实验九由安艳荣编写,实验十由孔兰静编写,实验十一由彭卫东编写,实验十二由魏东伟和李兴国编

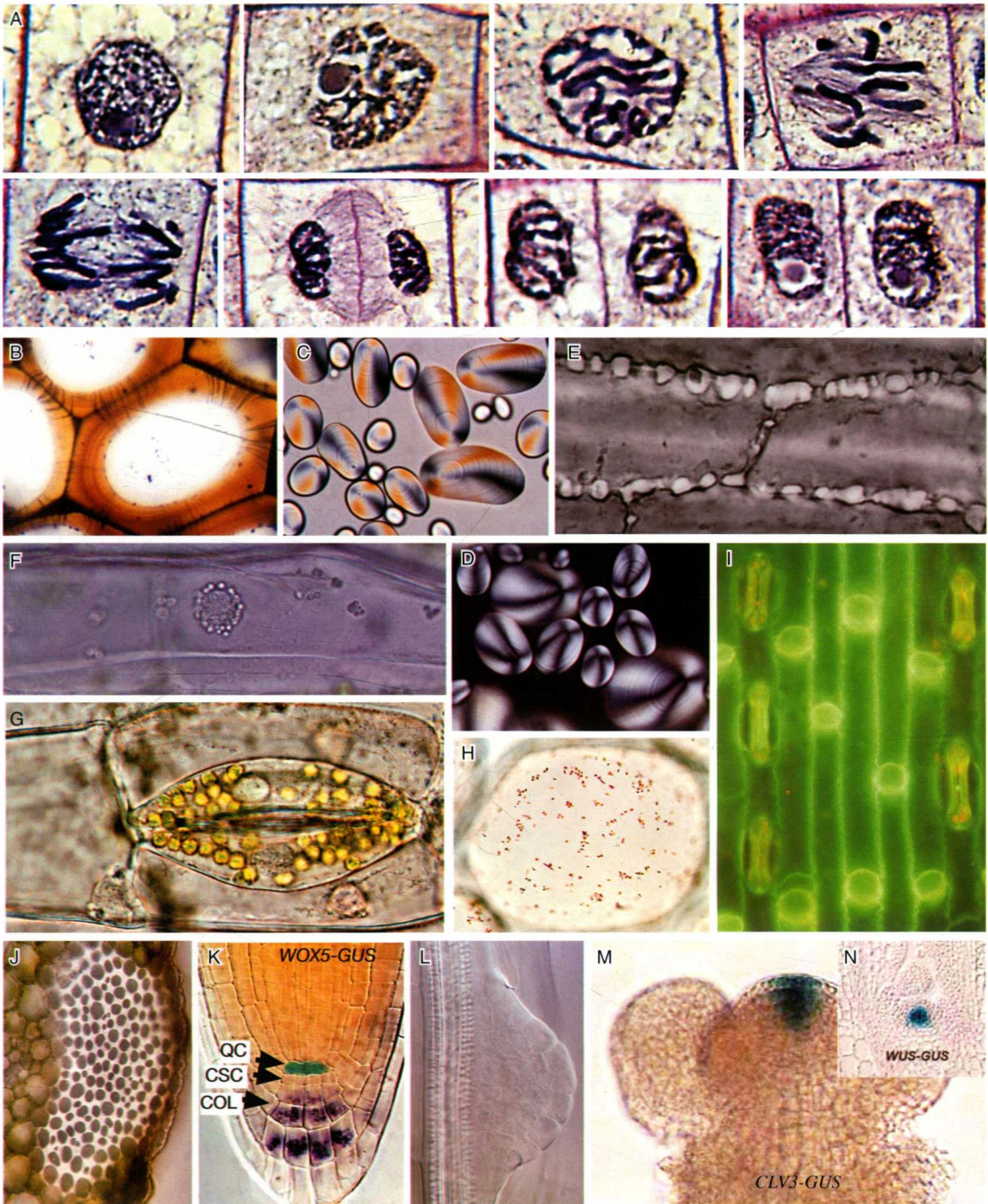
写，实验十三、实验十四和实验十五由魏东伟和彭卫东编写，植物学实验技术部分由张宪省、高新起和王瑞云编写。全书由张宪省和李兴国负责统稿。

本教材适于我国北方地区高等农林院校和综合性院校的植物生产类专业以及生物学专业的学生和教师使用，也可供其他相关专业人员参考。

由于编者水平有限，书中的谬误之处恐难避免，敬请使用者提出宝贵意见并给予批评指正。

编者

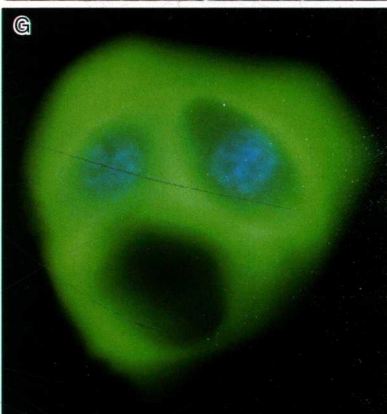
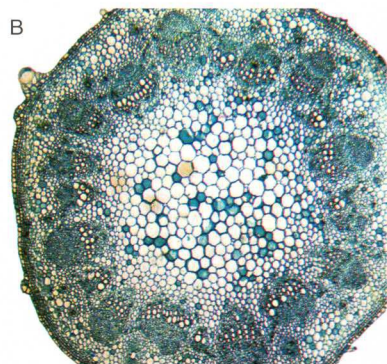
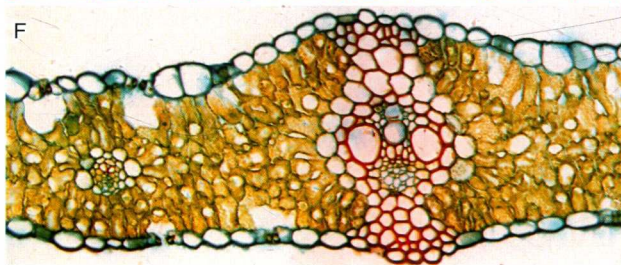
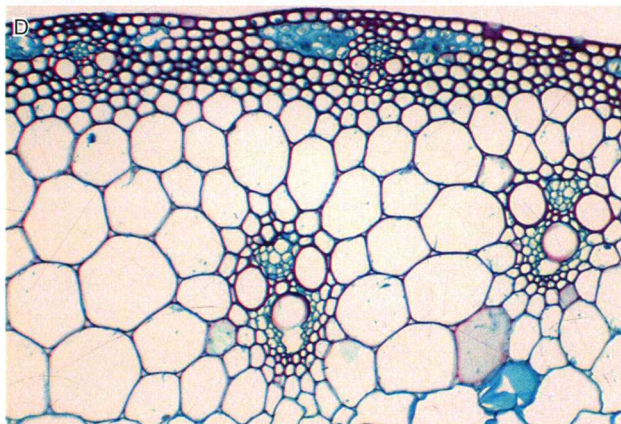
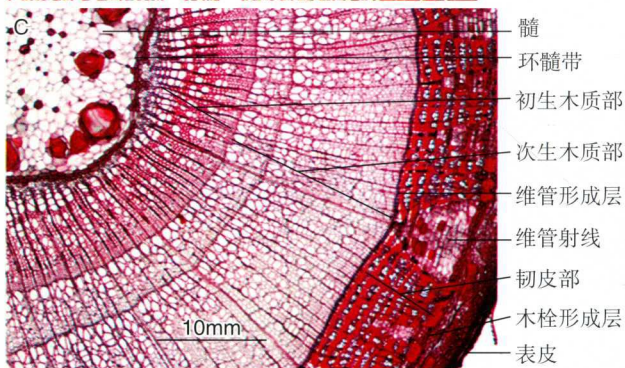
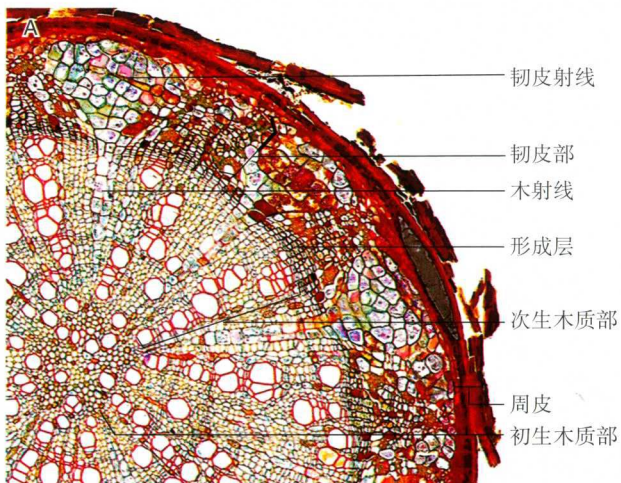
2015年5月



彩版1

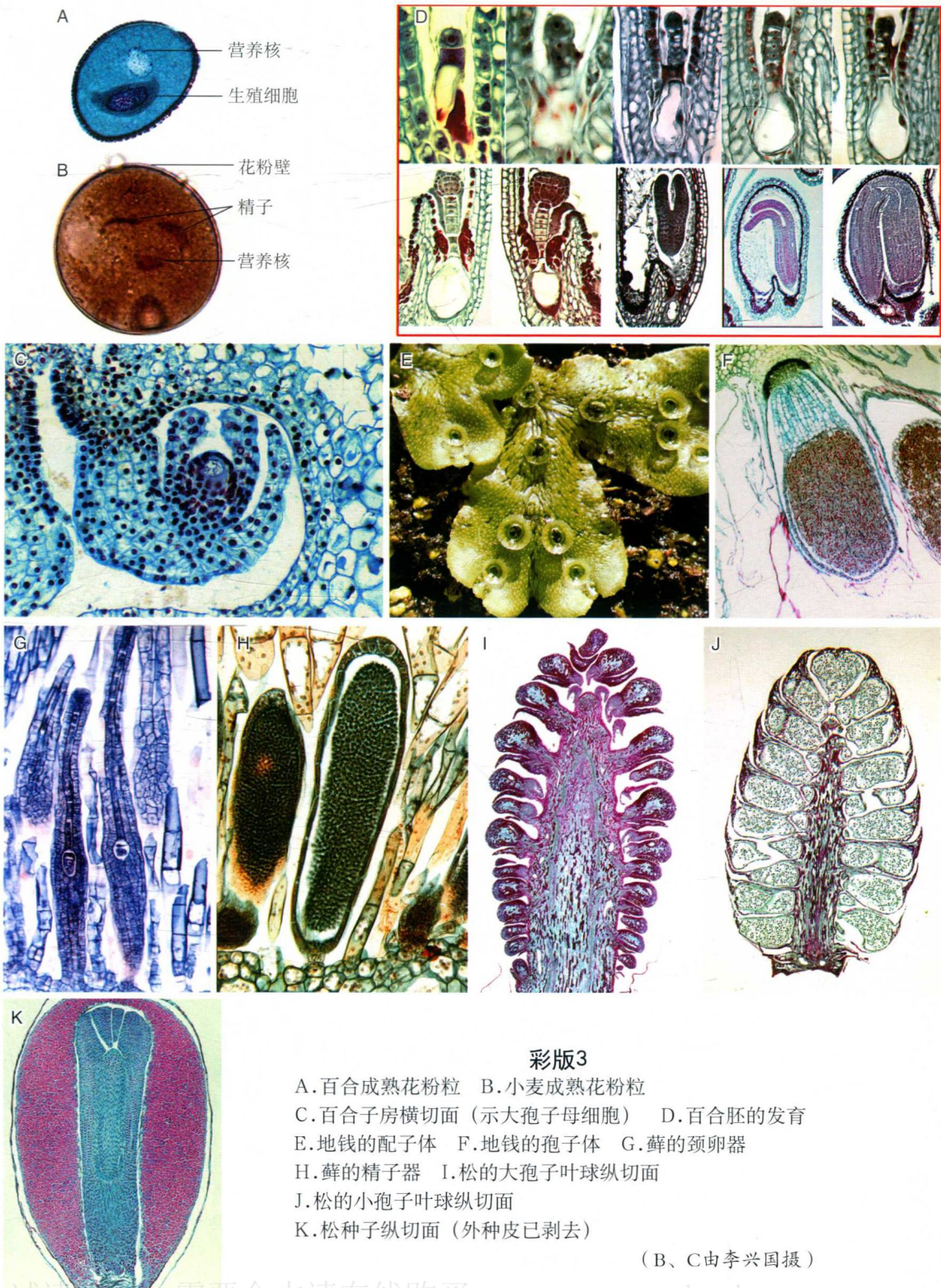
- A. 洋葱根尖细胞的有丝分裂 B. 柿胚乳细胞 (示胞间连丝) C、D. 马铃薯淀粉粒 (微分干涉差效果)
 E. 小麦果皮细胞 (示单纹孔) F. 紫竹梅叶下表皮细胞 (示白色体) G. 紫竹梅叶下表皮细胞 (示气孔器内的叶绿体)
 H. 番茄果肉细胞 (示有色体) I. 小麦叶上表皮 J. 芹菜叶柄横切面 (示厚角组织)
 K. 拟南芥根尖 (示静止中心) L. 拟南芥侧根原基 M、N. 拟南芥茎端干细胞和组织中心

(B~D、F~J、L、M由李兴国摄, E由高新起摄)



彩版2

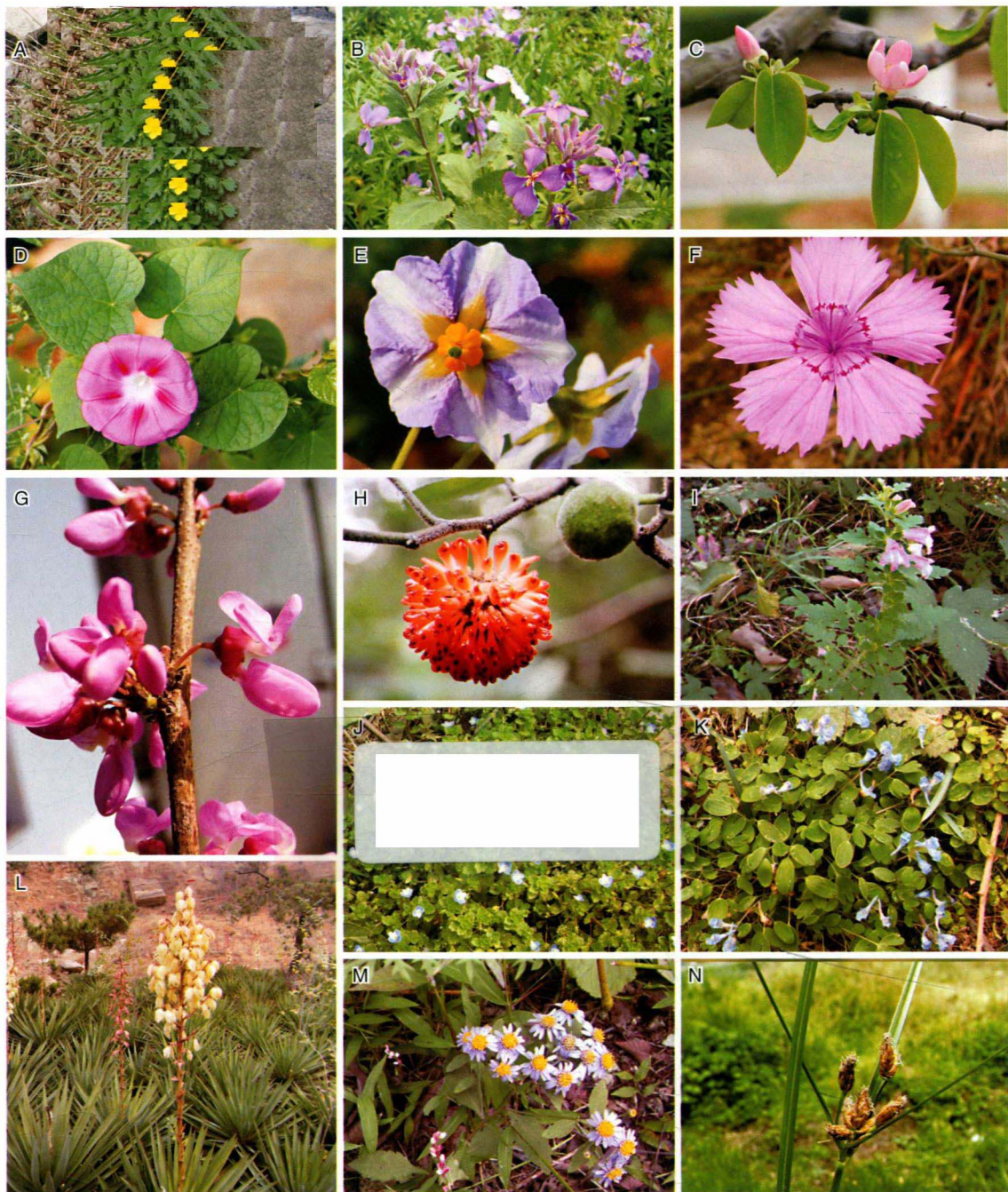
A. 椴树老根横切面
 B. 向日葵幼茎横切面
 C. 椴树老茎横切面 D. 小麦茎横切面
 E. 玉米叶片上表皮 F. 小麦叶片横切面
 G. 烟草小孢子四分体 (绿色荧光示胼胝质壁)
 (D~F由李兴国摄)



彩版3

- A. 百合成熟花粉粒 B. 小麦成熟花粉粒
 C. 百合子房横切面 (示大孢子母细胞) D. 百合胚的发育
 E. 地钱的配子体 F. 地钱的孢子体 G. 藓的颈卵器
 H. 藓的精子器 I. 松的大孢子叶球纵切面
 J. 松的小孢子叶球纵切面
 K. 松种子纵切面 (外种皮已剥去)

(B、C由李兴国摄)



彩版4

- A.毛茛 (*Ranunculus japonicus*) B.诸葛菜 (*Orychophragmus violaceus*) C.木瓜 (*Chaenomeles sinensis*)
 D.圆叶牵牛 (*Pharbitis purpurea*) E.马铃薯 (*Solanum tuberosum*) F.石竹 (*Dianthus chinensis*)
 G.紫荆 (*Cercis chinensis*) H.构树 (*Broussonetia papyrifera*) I.松蒿 (*Phtheirospermum japonicum*)
 J.阿拉伯婆婆纳 (*Veronica persica*) K.土元胡 (*Corydalis humosa*) L.凤尾丝兰 (*Yucca gloriosa*)
 M.三脉紫菀 (*Aster ageratoides*) N.扁秆藨草 (*Scirpus planiculmis*)

(A、B、I~M由李兴国摄, C~H、N由彭卫东摄)

目 录

前言

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一部分 植物形态解剖学实验 | 1 |
| 实验一 显微镜的结构和使用 | 1 |
| 实验二 植物细胞的基本结构 | 6 |
| 实验三 植物组织 | 11 |
| 实验四 根的发育和结构 | 15 |
| 实验五 茎的发育和结构 | 22 |
| 实验六 叶的发育和结构 | 27 |
| 实验七 营养器官的变态 | 31 |
| 实验八 花药和花粉粒的发育和结构 | 36 |
| 实验九 雌蕊的形态结构及胚囊的发育与结构 | 39 |
| 实验十 种子和果实 | 43 |
| 第二部分 植物界的类群和被子植物分类 | 54 |
| 实验十一 低等植物：蓝藻、真核藻类、地衣 | 54 |
| 实验十二 颈卵器植物 | 61 |
| 实验十三 被子植物分科（离瓣花） | 70 |
| 实验十四 被子植物分科（合瓣花） | 80 |
| 实验十五 被子植物分科（单子叶植物） | 84 |
| 第三部分 植物学实验技术 | 87 |
| 一、徒手切片和临时制片技术 | 87 |
| 二、石蜡切片技术 | 88 |
| 三、离析制片法 | 90 |
| 四、GUS 染色技术 | 91 |
| 附录 实验室常用药品试剂的配制与使用 | 93 |
| 参考文献 | 96 |

第一部分 植物形态解剖学实验

实验一 显微镜的结构和使用

一、目的和要求

1. 掌握光学显微镜的基本构造。
2. 学会正确使用光学显微镜及其保护方法。

二、材料、器具和试剂

1. 永久制片 洋葱根尖纵切片等。
2. 器具 光学显微镜等。

三、内容和方法

(一) 生物显微镜的构造

显微镜的种类很多，可分为光学显微镜和电子显微镜两大类。光学显微镜是以可见光作光源，用玻璃制作透镜的显微镜，可分为单式显微镜与复式显微镜两类。单式显微镜结构简单，复式显微镜结构比较复杂，至少由两组以上的透镜组成，放大倍数可达1 250倍，最高分辨率为 $0.2 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 1/1\,000 \text{ mm}$)，是植物形态解剖实验最常用的显微镜。虽然显微镜种类很多，每一种又有若干型号，但其基本构造是一样的。显微镜的构造可分为保证成像的光学系统和用以安装光学系统的机械部分(图1-1)。

1. 机械部分

- (1) 镜座。镜座为显微镜的底座，支持整个镜体，使之放置稳定。
- (2) 镜臂。镜臂是取放显微镜时手握的地方，连接并支撑镜筒、载物台等机械部分。
- (3) 镜筒。镜筒是一中空的金属圆筒，其上端放置目镜，下端与物镜转换

器相连，并使目镜和物镜的配合保持一定的距离，一般是 160 mm，有的是 170 mm。其作用是保护成像的光路与亮度。

(4) 物镜转换器。物镜转换器为一金属圆盘，位于镜筒下方，由两个凹面向上的金属圆盘构成。上盘固定在镜筒下方，下盘与上盘相连，下盘上有 3~4 个螺旋圆孔，以安装不同倍数的物镜，下盘中央有一螺旋与上盘相连，可以转动，以更换物镜。当物镜固定在使用的位上时，可保证物镜与目镜的光线合轴。

(5) 载物台。载物台为圆形或方形平台，是放置玻片标本的地方，台中央有一个圆形通光孔。

(6) 标本推进器。标本推进器为载物台上用以固定和移动玻片标本的结构。推进器上装有游标尺，用以计算标本大小或标记被检标本的部位。

(7) 调焦装置。调焦装置在镜臂两侧，分大小两种，大的为粗调焦轮，向内或向外转动一周，可使载物台上升或下降 0.1 cm，使用低倍物镜观察材料时必须用其校准焦距；小的为细调焦轮，旋转一周载物台升降 0.1 mm，使用高倍物镜观察材料时用其调焦。

(8) 光调节旋钮。光调节旋钮用于调节内置光源光的亮度。

(9) 聚光器调节。聚光器调节可以使聚光器上下移动，以调节光线。

2. 光学部分 光学部分由成像系统和照明系统组成。成像系统包括物镜和目镜，照明系统包括内置光源、聚光器和虹彩光圈。

(1) 物镜。物镜是决定显微镜性能和分辨率的最重要部件。它由 1~5 组透镜组成，其功能是聚集来自标本的光线，使标本第一次放大成一个倒立的实像。

① 放大倍数：一般物镜的放大倍数都在镜头上注明：从 4× 到 100×。常

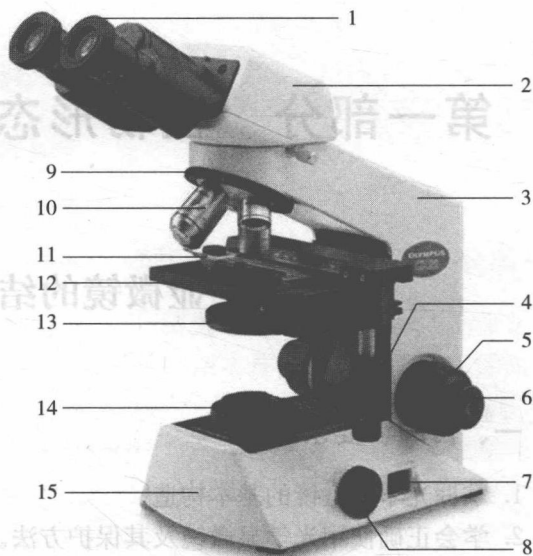


图 1-1 生物显微镜

1. 目镜 2. 镜筒 3. 镜臂 4. 推进器 5. 粗调焦轮
6. 细调焦轮 7. 电源开关 8. 光调节旋钮
9. 物镜转换器 10. 物镜 11. 玻片夹 12. 载物台
13. 聚光器 14. 光源 15. 镜座

用的低倍镜为 $4\times$ 、 $10\times$ ，中倍镜为 $20\times$ ，高倍镜为 $40\times$ ，油镜头为 $100\times$ 。

②工作距离：工作距离是指物镜最下面透镜的表面到盖玻片上表面之间的距离。物镜的放大倍数越大，它的工作距离越小。低倍镜的工作距离为 6.5 mm ，高倍镜为 0.6 mm ，而油镜头仅为 0.2 mm ，使用时要倍加注意。

③焦点深度：焦点深度是指视野中垂直范围内所能清晰观察到的界限。在用不同倍数的物镜观察物体时，所能看到垂直的清晰范围是不同的。物镜的倍数越大，焦点深度越浅。

④分辨率：分辨率是指显微镜能分辨两个物体点之间的最短距离，是衡量显微镜质量优劣的主要根据。分辨率与镜口率（又称数值孔径）关系很大，镜口率越大，分辨率越高。目前光学显微镜的分辨率通常为： $1\text{ }\mu\text{m}$ （ $10\times$ 物镜）、 $0.42\text{ }\mu\text{m}$ （ $40\times$ 物镜）和 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ （ $100\times$ 油镜）。

(2) 目镜。目镜安装在镜筒上端，其作用是将由物镜放大的倒立实像放大成一个正立的虚像。目镜仅起放大物像的作用，并不增加显微镜的分辨率。其上刻有放大倍数，通常为 10 倍（ $10\times$ ）。

(3) 聚光器。聚光器安装在载物台下，一般由 2~3 个凸透镜组成，上面的透镜是平面的。它的功用是收集从光源射来的平行光线，并汇集成光束，集中在一点，以增强照明度，再经过被检物体照射到物镜中去。利用齿轮和齿条升降，能调节光线的强弱。

(4) 虹彩光圈。虹彩光圈装在聚光器之下，由一片压一片的铁片组成。调拨操纵杆可以改变光圈的大小，调节光线的强弱和调整图像的反差。

(5) 内置光源。内置光源又称照明器，通常位于镜座内，安装有高亮度的卤素灯，可以利用光调节旋钮调节光线强弱。

(二) 生物显微镜的成像原理

显微镜的物镜与目镜各由若干个透镜组成，但可以把它们各看成是一个凸透镜（图 1-2），根据凸透镜的成像原理，若标本在 F_1 和 F_2 之间（ F 为焦距），则应在 $2F$ 之外成倒立放大的实像。这个物镜所成的像，从显微镜的设计上已考虑到让它正落在目镜的 F 之内，使得物镜所成的像又经过一次放大而成正立的虚像于 250 mm （即明视距离）处。因此，在观察标本时，就可以理解标本与通过显微镜所成的

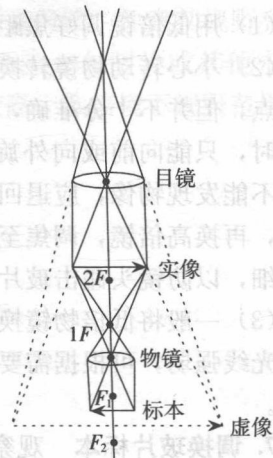


图 1-2 显微镜的成像原理

像是方向相反的。

(三) 显微镜的使用方法和注意事项

1. 取镜与放置 打开镜箱，从中取出显微镜。取镜时，用右手握住镜臂，左手托住镜座，使镜体保持直立。将显微镜轻轻放在实验台桌上，一般放在左侧，距离桌边 5~6 cm 处，镜臂对向自己胸前，以便于观察和防止显微镜掉落。

2. 清洁 检查显微镜是否有故障，是否清洁，金属部分如有灰尘污垢，可用干净软布擦拭。透镜有污垢，要用擦镜纸擦拭，绝不可用手帕擦。如有胶或黏性物质，可用少量二甲苯清洁。

3. 对光 接上电源线，打开开关，将光线调到合适的亮度。

4. 安装标本 将玻片标本放在载物台上，注意有盖玻片的一面一定朝上，否则用高倍镜观察时无法调焦，而且玻片标本易被损坏。然后用切片夹将玻片卡紧，转动标本推进器的螺旋，使欲观察的材料对准通光孔中央。

5. 低倍镜观察 观察任何标本时，都必须先使用低倍镜，因为其视野大，易发现目标和确定要观察的部位。先转动粗调焦轮，使载物台上升，物镜逐渐接近玻片。需要注意，不能使物镜触及玻片，以防镜头将玻片压碎。然后，双眼注视目镜内，转动粗调焦轮，使载物台慢慢下降，不久即可看到玻片中材料的放大物像。如果在视野内看到的物像不符合实验要求（物像偏离视野），可慢慢调节标本推进器。调节时应注意玻片移动的方向与视野中看到的物像移动的方向正好相反。如果物像不甚清晰，可以调节微调焦轮，直至物像清晰为止。

6. 高倍镜观察 当物体需要进一步放大观察时，可进行高倍镜观察。

(1) 用低倍镜调好焦距，使物像清晰后，将需观察的部位移至视野中央。

(2) 小心转动物镜转换器，使高倍镜头对准载物台中央，这时物像大致仍在焦点，但并不十分准确，只需略微调动细调焦轮，即可使物像清晰。用细调焦轮时，只能向前或向外旋转半圈，不能超过 180°；换成高倍镜后，经过调焦仍不能发现物像，应退回低倍镜，检查物像是否在视野中央，将物像移至中央后，再换高倍镜，调焦至物像清晰。因高倍镜的工作距离很短，操作时要十分仔细，以防镜头碰击玻片，尤其不可使用粗调焦轮。

(3) 一般将低倍物镜换成高倍物镜观察时，视野要稍变暗一些，所以需要调节光线强弱，可根据需要调节虹彩光圈的大小或聚光器的高低，使光线符合要求。

7. 调换玻片标本 观察完毕，如需换看另一玻片标本时，转动物镜转换器，将高倍物镜换成低倍物镜，取出玻片，换上新玻片标本，然后重新从低倍