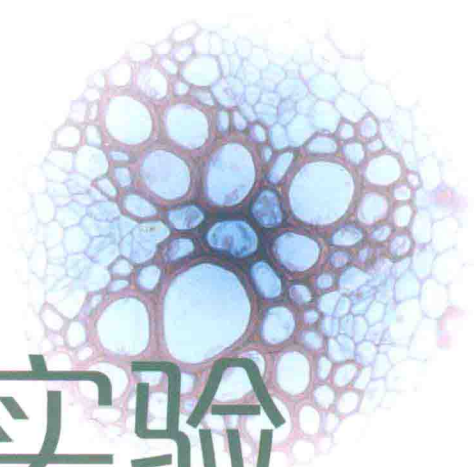
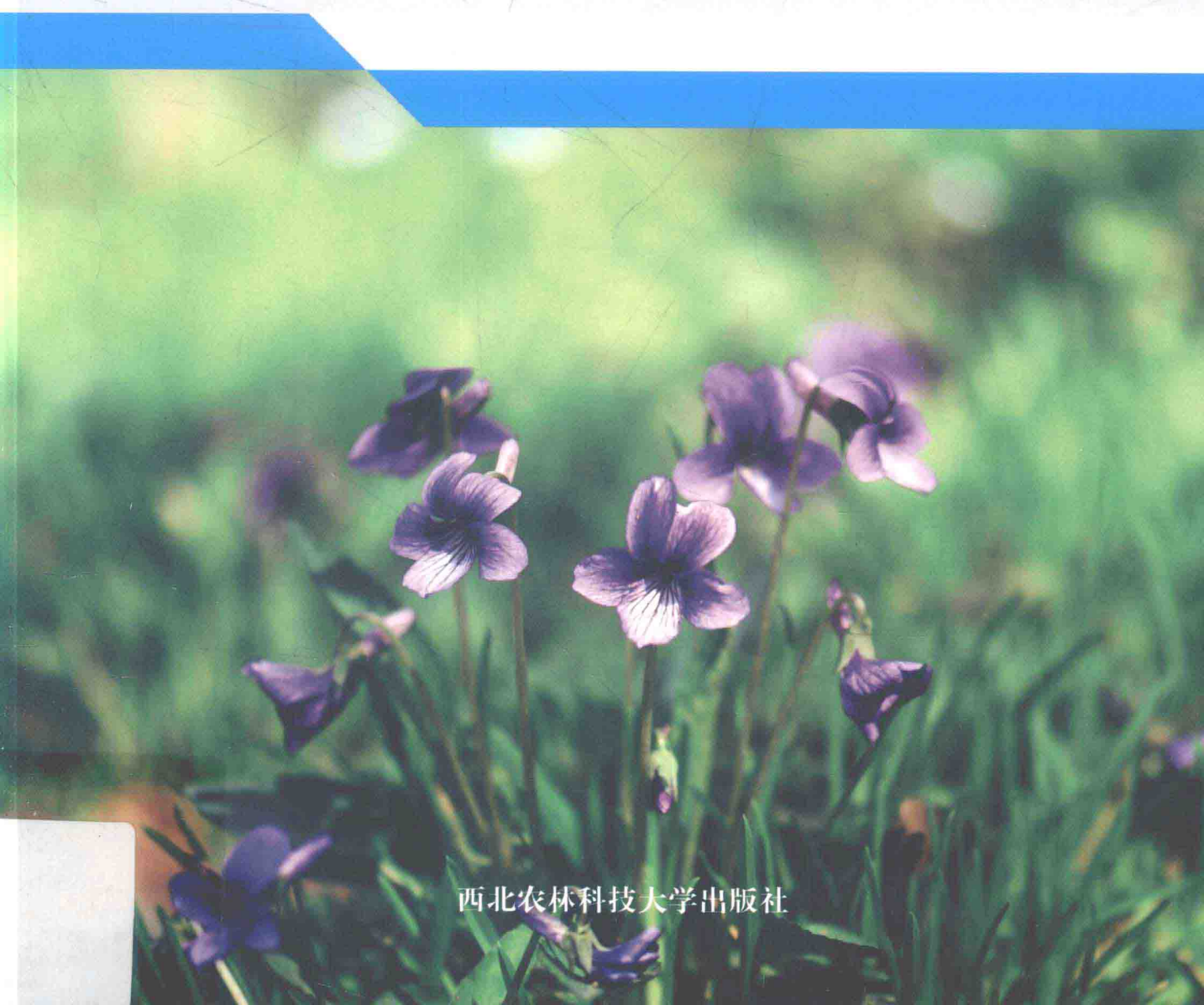


高等农林院校“十三五”规划教材



植物学实验

姜在民 易 华 主编



西北农林科技大学出版社

高等农林院校“十三五”规划教材

植物学实验

姜在民 易 华 主编



西北农林科技大学出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《植物学》的配套教材。

本书编写紧密结合现行农林院校植物学实验的知识体系和教学实际,以培养学生动手能力、观察能力和分析解决问题的能力为教学目的。全书分植物的形态与解剖结构、植物界的基本类群和被子植物分科分类三大部分,共设 25 个实验。书后附有植物常规制片方法和常见种子植物分科检索表两个附录,便于学生学习。书中插图多为实物彩图,且为实验教学中常用的植物材料,指导性强,便于学生观察、学习。

本书可作为高等农林院校、综合院校开设植物学实验的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物学实验 / 姜在民, 易华主编. — 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2016.8
ISBN 978-7-5683-0120-6

I. ①植… II. ①姜… ②易… 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(2016)第 199179 号

植物学实验

主编 姜在民 易华

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编: 7121000
电 话 总编室: 029-87093105 发行部: 87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 陕西天地印刷有限公司
版 次 2016 年 8 月第 1 版
印 次 2016 年 8 月第 1 次
开 本 889mm × 1194mm 1/16
印 张 14
字 数 248 千字

ISBN 978-7-5683-0120-6

定价: 45.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

ZHIWUXUE SHIYAN 植物学实验

编 委 会



主 编 姜在民 易 华

副主编 杨文权 刘建才

编 者 (按姓氏笔画排序)

王晓静 朱仁斌 刘建才

刘培亮 杨文权 苗 芳

易 华 姜红梅 姜在民

程金凤 崔宏安

主 审 苗 芳

前言



植物学实验是学习和认识植物世界、培养学生动手能力、创新能力和对科学问题探究能力必备的基础,是高等学校植物生产类、生物类各专业本科生必修的重要专业基础课。通过本门课程的学习,不仅为学习有关后续课程和掌握专业知识打下坚实基础,而且对于培养学生分析问题、解决问题的能力,发展创新思维及培养植物学科学素养具有重要作用。

随着高等学校教学质量工程的实施,如何提高实践教学的质量,成为教学改革的重要内容。为此,我们依据“宽口径、厚基础、广适应”的教学目标和教学改革的要求,针对目前植物学实验教材存在的问题和不足,在西北农林科技大学出版社和生命科学学院的策划和支持下,编写了《植物学实验》一书,希望新书的出版能够对植物学实践教学质量的提高有所帮助。该书具有如下显著特色:

1. 紧密结合高等农林院校现行的植物学教学体系设计实验内容。
2. 注重实验的完整性,每个实验包括目的与要求、仪器与材料、内容与方法、课堂作业和课后思考题等,并注重主要实验内容的设计和介绍。
3. 将常用的植物制片技术和分科检索表作为附录,增强了教材的实用性,满足学生进行自主性和创新性实验研究的需求。
4. 全书采用彩版印刷,大部分彩图为显微照片和实物照片,直观性强,且与学生实验观察材料相一致,图文并茂,有利于教师讲解和学生观察,提高了实验课的效率。
5. 在大的章节内容后增加了综合探索性实验,有助于提高学生实验的参与性和主动性,同时,也可提高学生的动手能力和自主创新能力。

本书分三篇。第一篇为植物的形态与解剖结构,包括 15 个实验,主要内容包括细胞、植物组织、根、茎、叶的结构和花、果实的发育及内部构造。第二篇为植物界的基本类群,包括低等植物和高等植物两个实验。第三篇为被子植物分科分类,设计 8 个实验,包括营养器官的形态、被子植物花的组成和形态、果实的类型和被子植物分科分类(37 个科),书后附有植物常规制片方法和常见种子植物分科检索表。

在本书的编写过程中,得到西北农林科技大学出版社、生命科学学院的支持、资助,西北农林科技大学植物研究所的老师对教材的编写给予了极大的关心、支持和帮助。西安植物园卢元提供了部分照片。书中的一些资料和图片引自国内外优秀的植物学教材和参考书,在此一并表示衷心的感谢!

尽管我们主观上希望本书能较好的满足植物学实践教学和读者学习的需要,但由于编者水平有限,书中难免会有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2016年6月

目 录

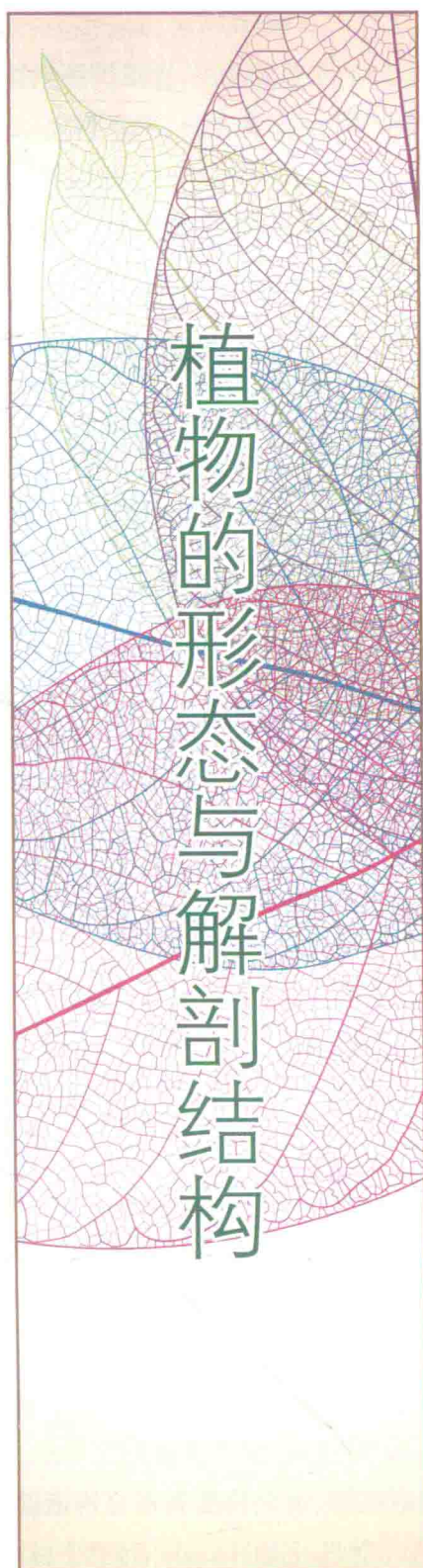


第一篇 植物的形态与解剖结构	1
实验一 显微镜的结构和使用	2
实验二 植物细胞基本结构(一)	15
实验三 植物细胞基本结构(二)	20
综合实验一 不同植物淀粉粒形态特征观察	25
实验四 植物细胞的有丝分裂	26
实验五 植物组织(一)	29
实验六 植物组织(二)	37
综合实验二 叶表皮形态结构特征	43
实验七 种子的形态结构及幼苗类型	44
实验八 根的初生构造	50
实验九 根的次生构造及变态根	55
实验十 茎的初生构造	60
实验十一 茎的次生构造	64
实验十二 叶的结构	69
综合实验三 植物的形态结构与生境的适应性	75
实验十三 植物细胞减数分裂	77
实验十四 雌、雄蕊的发育及结构	81
实验十五 种子与果实的发育及结构	87
第二篇 植物界的基本类群	91
实验十六 低等植物及其代表植物	92
实验十七 高等植物及其代表植物	99
综合实验四 藻类与水环境	105

第三篇 被子植物分科分类	107
实验十八 植物营养器官的外部形态	108
实验十九 被子植物花的形态	119
实验二十 被子植物果实类型	129
综合实验五 校园植物观察(一)——器官形态调查	135
实验二十一 被子植物分科(一)	137
实验二十二 被子植物分科(二)	149
实验二十三 被子植物分科(三)	162
实验二十四 被子植物分科(四)	172
实验二十五 被子植物分科(五)	183
综合实验六 校园植物观察(二)——植物名片制作	194
附录1 植物常规制片方法	195
附录2 常见种子植物分科检索表	199
参考文献	214

第一篇

植物的形态与解剖结构



实验一 显微镜的结构和使用

一、目的和要求

1. 了解显微镜的构造及其维护方法。
2. 掌握显微镜的使用方法。
3. 学习植物细胞显微结构图绘制的基本方法。

二、仪器和材料

复式显微镜、擦镜纸或绸布、玻璃蚀刻片、洋葱根尖纵切片。

三、实验内容和方法

(一)显微镜的类型

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。根据光源类型分为:

1. 电子显微镜

电子显微镜是用电子束作照明系统,用电磁透镜作成像系统的一类显微镜,主要由电子束照明系统、电磁透镜成像系统、真空系统、记录系统和电源系统五部分组成。电子显微镜分辨率较高,能分辨相距 $2\text{\AA}$ 左右的物体($1\text{\AA}=1/10\,000\mu\text{m}$),放大倍数可达 $80\sim 120$ 万倍,其分辨力比光学显微镜大 $1\,000$ 倍,是观察和研究植物超微结构的重要精密仪器,如图 1-1。



图 1-1 电子显微镜

2. 光学显微镜

光学显微镜以可见光作光源,用玻璃透镜作成像系统的显微镜,种类有明视野显微镜(即普通光学显微镜)、暗视野显微镜、相差显微镜和荧光显微镜等。按结构可分为单式显微镜和复式显微镜。

(1) 单式显微镜

单式显微镜结构简单,由一个透镜组成,放大倍数在 10 倍以下,如放大镜。构造稍复杂的单式显微镜为体视显微镜,也称实体显微镜,是由几个透镜组成,其放大倍数在 200 倍以下,放大的物像都是与实物方向一致的虚像,即直立的虚像。

体视显微镜的机械部分由底盘、载物台、镜柱、镜臂、调焦手轮和物镜变倍手轮等组成;光学系统由变倍物镜、半五角棱镜、直角棱镜和目镜组成(图 1-2)。被观察物体经变倍物镜第一次放大后,成像于视场光栏处,再由目镜作第二次放大,半五角棱镜可使光轴偏转 45° (便于观察),直角棱镜则使物像正转,使目镜焦平面上观察到与物体方位一致的正像,这有利于在解剖镜下的实际操作。直角棱镜组可转动,以便调

节瞳间距离,满足不同的双眼瞳距。变焦系统为机械补偿式结构,通过物镜变倍手轮旋转,可选择物镜的放大倍率,并能获得稳定的像面。



图 1-2 体视显微镜的构造

体视显微镜的操作步骤如下:

- ①接通电源,根据使用者需要可选择透射或照射照明系统。
- ②将被观察物体放在载物台中心位置。
- ③扳动左右目镜筒,使之与使用者双眼瞳距一致,便于观察。把物镜调节到最低倍率($0.7\times$),然后慢慢转动调焦手轮,先使右目镜能看到清晰物像,再调节左目镜视度圈,使左目镜得到与右目镜同样清晰的物像。
- ④根据使用者的需要,可通过变倍调节手轮调节放大倍率。

(2) 复式显微镜的结构

复式显微镜结构比较复杂,由两组以上透镜组成,放大倍数较高,有单筒目镜和双筒目镜两种类型,是最常用的显微镜,其有效放大倍数可达 1 250 倍,最高分辨力为 $0.2\ \mu\text{m}$ 。不同厂商生产的复式显微镜外形有一定差异,但基本构造相同,都由光学系统部分和用以装置光学系统的机械部分组成(图 1-3)。

① 机械部分

镜座:位于显微镜的底部,除支持整个镜体,使显微镜放置平稳外,有的还有内置光源。

镜柱:是镜座上面直立的短柱,支持镜体上的各部分。

镜臂:弯曲如臂,下连镜柱,上连目镜筒,为取、放显微镜时手握的部位。

镜筒:显微镜上部圆形中空的长筒,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距离,一般是 160 mm,有的是 170 mm。镜筒的作用是保护成像的光路和亮度。

物镜转换器:接于镜筒下端的圆盘,可自由转动。盘上有 3~4 个螺旋圆孔,为安装物镜的部位。当旋转物镜转换器时,可更换不同倍数的物镜,使其固定在使用位置上,保证物镜与目镜的光线合轴。

载物台:又叫镜台,是放置玻片标本的平台,中央有一圆孔或椭圆形的孔,以通过光线。在载物台上装有玻片推进器,当玻片用玻片夹固定好后,调节玻片推进器旋钮,使玻片能向前后、左右移动。

调焦装置:为了得到清晰的物像,必须调节物镜与标本之间的距离,使其与物镜的工作距离相等,这种操作叫调焦。调节物镜和标本距离的装置称调焦装置或叫调节器。调焦装置位于镜柱两侧,有两对齿轮,大的一对叫粗调焦手轮,转动时可使载物台上下升降,转动一圈可以升降 10 mm。小的一对为细调焦手轮,旋转一圈可使载物台升降 0.1 mm。

聚光器调节螺旋:在镜柱的左侧或右侧,旋转它可使聚光器上、下移动,借以调节光线。



图 1-3 普通光学复式显微镜的构造

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

光源和聚光器。

物镜:物镜安装在镜筒下端的转换器上,因接近被观察的物体,故又称接物镜。其作用是将物体作第一次放大,是决定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,即低倍物镜($4\times$ 和 $10\times$)、高倍物镜($40\times$)和油浸物镜($100\times$),其上色环分别为红、黄、绿、蓝、白色。使用显微镜时可根据需要选择。物镜上通常标有数值孔径(如N.A 0.30)、放大倍数(如 $10\times$)、镜筒长度和玻片厚度(mm)(如160/0.17)、焦距(如16 mm)、工作距离和消光差等主要参数。

物镜的优劣取决于其本身像差的校正程度,常见的有:

消色差物镜(achromatic objective):是常见物镜,尽管各厂家的标志不完全一样,但外壳上一般标有“ACH”字样。这类物镜对像差的校正仅为黄、绿两个波区,使用时宜以黄绿光作为照明光源,或在入射光路中插入黄绿色滤色片,以使像差大为减少,图像更为清晰。但仍有残余色差,像域弯曲仍然存在。

复消色差物镜(apochromatic objective):结构复杂,透镜采用特种玻璃或萤石等材料制作而成,物镜的外壳上标有“APO”字样。这类物镜不仅能校正红绿蓝三色光的色差,同时能校正红蓝二色光的球差。实际上,复消色差物镜不仅能校正红、绿、蓝三色光的色差,而且在同一焦点平面上成像,达到消除“剩余色差”(又称二级色谱)的效果,所以色差的校正实际上等于可见光的全部波区,但二级色谱的放大率色差仍然存在。当其与简单组合目镜配用时,这些残存的色差会使影像边缘略带色彩。因此,需要与补偿型目镜配合使用。复消色差物镜对于光源无任何限制,白光照明也可得到良好的效果。若加入蓝色或黄色滤光片效果更佳。由于对各种像差的校正极为完善,比相应倍率的消色差物镜有更大的数值孔径,因此不仅分辨率高、图像质量好,而且有更高的有效放大率。复消色差物镜的性能很高,适用于高级研究镜检和显微照相。它的景深要比其他物镜小,价格昂贵。

半复消色差物镜(semi apochromatic objective):又称氟石物镜,物镜的外壳上标有“FL”字样。在结构上透镜的数目比消色差物镜多、比复消色差物镜少。成像质量上,远比消色差物镜好,接近于复消色差物镜。能校正红蓝二色光的色差和球差。可用于荧光观察,是比较高级的物镜。

平场物镜(plan objective):平场物镜一般标有“PLAN”字样。与消色差物镜比,在物镜的透镜系统中增加了一块半月形的厚透镜,平场物镜使像域弯曲得到很好的校正。使图像平直,边缘与中心能同时清晰成像。更适于镜检和显微照相。

平场消色差物镜(plan achromatic objective):平场消色差物镜常标有“A-PLAN”字

样。是在红蓝色差校正的基础上,对场曲作了进一步校正,因此图像平直,使视野边缘与中心能同时清晰成像。

平场复消色差物镜(plan apochromatic objective):是最好的物镜,平场复消色差物镜除进一步作了像域弯曲的校正外,其他像差校正程度与复消色物镜相同。使用复消色差物镜成像的平坦程度不如消色差物镜,而平场复消色差物镜可使映像清晰、平坦,进一步提高成像质量。另外,还有平场半复消色差物镜(plan semi apochromatic objective)、超平场物镜(外壳标有“SPLAN”)、超平场复消色差物镜(外壳标有“SPLANAPO”)、消像散物镜(anastigmatic objective)等。

除此之外,还有按物体与物镜间介质分类的,有介质为空气的干系物镜和介质为油的油浸(oil)物镜等。按放大倍数分类的低、中、高倍物镜和特殊用途的专用显微镜上的物镜如高温反射物镜、紫外线物镜等。

显微镜的工作距离是指当所观察的标本最清楚时物镜最下面透镜的表面与载玻片(厚度为 0.17~0.18 mm)上表面之间的距离。距离的大小与物镜的焦距有关,物镜的焦距越长,放大倍数越低,其工作距离越长。物镜的放大倍数愈高,它的工作距离愈小(表 1-1)。一般油浸物镜的工作距离仅为 0.2 mm,所以使用时要倍加注意。

表 1-1 不同放大率物镜的数值孔径和工作距离

物镜放大率	10 ×	20 ×	40 ×	100 ×
数值孔径(N.A)	0.25	0.50	0.65	1.25
工作距离(mm)	6.5	2.0	0.6	0.2

目镜:安装在镜筒上端,通常由两个透镜组成,上面的透镜与眼接触叫接目镜,下面一个靠近视野叫会聚透镜或视野透镜。目镜的作用是将物镜所成的像进一步放大。常用的目镜有 5 ×、10 × 和 16 × 等,目镜的放大倍数一般在目镜镜头上注明。

光源:早期的显微镜装有反光镜,可将光线反射在聚光器上。目前,大多数显微镜在底座上安装电光源,电光源是 6V 10W 的卤钨灯或 LED 灯。

聚光镜:装在载物台下,由聚光镜(几个凸透镜)和虹彩光圈(可变光栏)等组成,它可将平行光线汇集成束,集中在一点,以增强被检物体的照明。聚光器可以上下调节,如用高倍镜时,视野范围小,则需上升聚光器,用低倍镜时,视野范围大,可下降聚光器。虹彩光圈装在聚光器内,位于载物台下方,拨动操作杆,可使光圈扩大或缩小,借以调节通光量。

(3)复式显微镜的放大率、镜口率和视野宽度

显微镜的总放大率是由目镜和物镜各自放大倍数的乘积来表示的,如目镜放大率为 $10\times$,物镜放大率为 $40\times$,那么显微镜的总放大率为 $10\times 40=400$ 倍。如果目镜的放大倍数过大,得到的放大虚像则很不清晰,所以一般目镜不宜过大。被检物体细微结构的分辨力也叫分辨率,是用能分辨开两个物点间的最小距离的数值来表示的。在明视距离(25 cm)之处,正常人眼所能看清相距 0.073 mm 的两个物点,这个 0.073 mm 的数值,即为正常人眼的分辨距离。显微镜的分辨距离越小,即表示它的分辨力越高,也就是表示它的性能越好。显微镜的分辨力的大小由物镜的分辨力来决定的,而物镜的分辨力又是由它的数值孔径和照明光线的波长决定的。在物镜镜头上常标有 N.A 10/0.25, N.A 40/0.65, N.A 100/1.25(油镜头)。N.A 表示镜口率,也就是数值孔径,是一个关键值,该值表示进光接收角度,又决定了集光力、分辨力和物镜的景深。N.A 的值越大,分辨能力越高。因此,镜口率越大,物镜的价值越大,它是衡量显微镜质量的最主要依据。欲使显微镜发挥它的能力,除有高级物镜外,还必须有优良的聚光器,因为物镜分辨力受聚光器镜口率影响。物镜有效镜口率的计算公式如下:

$$\text{物镜的有效镜口率} = \frac{\text{物镜镜口率} + \text{聚光器镜口率}}{2}$$

例如:镜口率为 0.65 的物镜,如与镜口率为 0.45 的聚光器配合使用,则物镜的有效镜口率就降低为 0.55。因此,聚光器的镜口率应该与物镜的镜口率一致。通常聚光器上仅刻有最大镜口率的数值,因此,在使用时要注意调节,使二者镜口率相等。

目镜光栏所围绕的圆即视野宽度。视野宽度愈大,观察玻片标本的面积愈大,则显微镜放大的倍数愈小。所以,视野宽度与放大率成反比。因此,当你将低倍物镜转换成高倍物镜时,必须先把标本移到视野正中央,否则标本的影像落到缩小的视野外面,反而找不到需要进一步放大的物像。

(4) 复式显微镜的测微尺

显微镜测微尺能正确量出显微镜内所观察物体的大小,通常包括镜台测微尺和接目测微尺两部分,两者配合使用测量被观察物体的长度和面积。

镜台测微尺:是一块长方形的载玻片,在中央部分有一具等分线的圆形盖玻片,上面的等分线长为 1 mm,被分成 100 个小格,每小格长 0.01 mm,即 $10\ \mu\text{m}$ (图 1-4)。

目镜测微尺:是放在目镜内,上面刻有不同形式的标尺。有直线式和网格式两种。用于测量长度的一般为直线式,共长 10 mm,也被分成 100 个小格,网格式的测微尺可以用来计算数目和测量面积(图 1-4)。