

大專用書

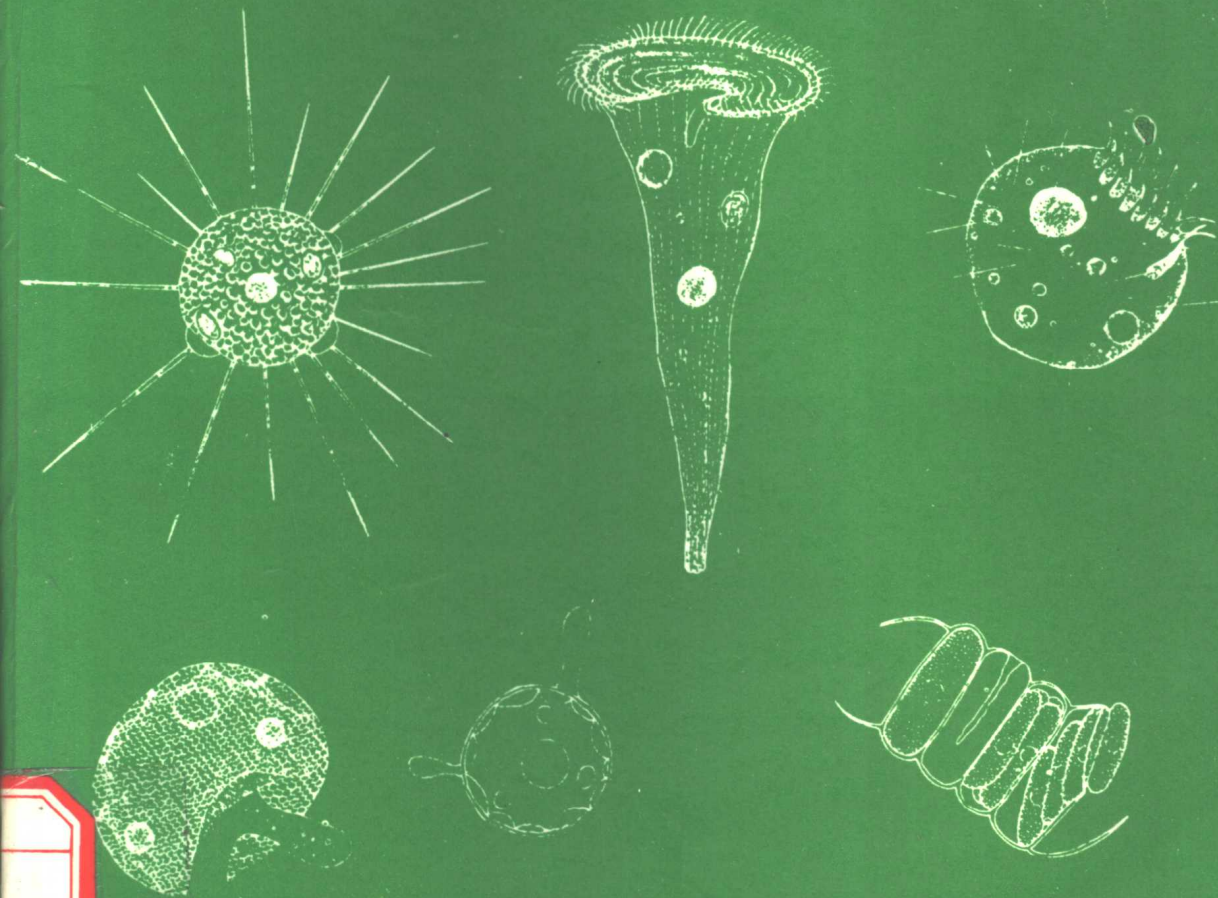
生物學實驗

(修訂版)

溫永福・鄭湧涇
郭麗香・周雪美

編著

本書榮獲教育部70年
度大學自然及應用科
學教學資料甲等獎。



藝軒圖書出版社

版權所有※翻印必究
著作權執照台內著字第 號

中華民國 年 月 日	字號	執行人	著作人	著作物	生
	台內著字第壹陸捌貳伍號	彭晏蓮	溫永福、鄭湧涇、郭麗香、周雪美	生物學實驗	名
月	日	陸捌貳伍號	陸捌貳伍號	陸捌貳伍號	陸捌貳伍號

內政部著作權執照

新聞局出版事業登記證
局版台業字第一六八七號

生物學實驗

定價新台幣 200 元整

編著者：溫永福、鄭湧涇、郭麗香、周雪美

發行人：彭 賽 蓮

發行所：藝 軒 圖 書 出 版 社

台北市羅斯福路四段 50 號 2 樓之 2

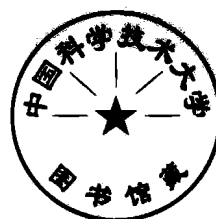
電 話：(02) 397-2611

總經銷：藝 軒 圖 書 文 具 有 限 公 司

台北市羅斯福路三段 316 巷 3 號

電 話：(02) 396-7824

郵政劃撥：0106292-8



生 物 學 實 驗

實驗須知

一、規 則：

- 1 準時到達實驗室，在實驗室內必須穿實驗衣。
- 2 在實驗室內請勿喧嘩、談笑、抽煙或奔跑。
- 3 實驗室內排定的組別、座次，不可隨意調動。
- 4 實驗前請先閱讀本次實驗內容，以增加實驗效果。
- 5 請遵守指導老師之規定並按時繳交實驗報告。
- 6 每次實驗後，請各組自行清理實驗器材及環境。
- 7 每次實驗由各組同學輪流擔任值日生。

二、用 具：

- 1 解剖器一套：包括(1)解剖刀 (Scalpel)
(2)解剖剪 (Dissecting scissor)
(3)鑷 子 (Forcep)
(4)解剖針 (Dissecting needle)
- 2 載玻片 (Slide)
- 3 蓋玻片 (Cover glass)
- 4 拭鏡紙 (Lens paper)
- 5 絨 布
- 6 實驗衣
- 7 文 具：包括(1)鉛筆 (3 H 或 4 H) (4)刀片
(2)橡皮 (5)簿子
(3)直尺 (6)墊板

三、值日生的工作：

- 1 收發、清點實驗器材。
 - 2 打掃實驗室：包括地板、桌椅、黑板、粉筆槽等之清潔。
 - 3 清理垃圾。
 - 4 關閉門窗、電燈等。
- ※工作完畢後，請老師檢查，待一切均沒有問題後，始得離開。

目 錄

實驗 1	顯微鏡的構造、使用 and 顯微測量·····	1-8
實驗 2	細胞 I ·····	9-14
實驗 3	細胞 II ·····	15-17
實驗 4	細胞的生理現象·····	19-23
實驗 5	酵素·····	25-27
實驗 6	細胞分裂·····	29-34
實驗 7	機率與人類的遺傳性狀·····	35-39
實驗 8	細胞的呼吸作用·····	41-46
實驗 9	光合作用·····	47-50
實驗 10	原核生物 I — 細菌·····	51-54
實驗 11	原核生物 II — 藍綠藻·····	55-58
實驗 12	原生生物界·····	59-66
實驗 13	黏菌、真菌與地衣·····	67-74
實驗 14	藻類·····	75-80
實驗 15	苔蘚植物·····	81-89
實驗 16	維管束植物·····	91-99
實驗 17	根·····	101-105
實驗 18	莖·····	107-114
實驗 19	葉·····	115-119
實驗 20	花·····	121-125
實驗 21	果實·····	127-130
實驗 22	種子·····	131-134
實驗 23	無脊椎動物的認識 I ·····	135-145
實驗 24	無脊椎動物的認識 II ·····	147-164
實驗 25	脊索動物的認識·····	165-179
實驗 26	蒸散作用與輸導作用·····	181-183
實驗 27	植物的生長與發育·····	185-189
實驗 28	動物的組織·····	191-199
實驗 29	蛙的外部形態與內部構造·····	201-207

實驗 30	蛙的骨骼系統·····	209-216
實驗 31	蛙的肌肉系統·····	217-223
實驗 32	蛙的循環系統·····	225-230
實驗 33	蛙的神經系統·····	231-236
實驗 34	動物激素·····	237-239
實驗 35	蛙的發生·····	241-245
實驗 36	循環和呼吸·····	247-249
〔附錄一〕	常用化學藥劑的配製方法·····	251-253
〔附錄二〕	常用指示劑之變色範圍·····	254
〔附錄三〕	元素週期表·····	255
〔附錄四〕	實驗室中，常用藥品的比重、分子量與濃度·····	256
〔附錄五〕	微生物實驗的準備·····	257-258
〔附錄六〕	藻類的分離與培養·····	259
〔附錄七〕	觀察蛙胚胎發育過程的處理方法·····	260-263
〔附錄八〕	淡水中常見的小生物·····	264-270
〔附錄九〕	台北市立動物園動物目錄·····	271-275

實驗 1 顯微鏡的構造、使用和顯微測量

(Structure and Use of the Microscope and Microscopic Measurement)

概 說

生物的種類繁多，其個體的大小差異也很大，有些種類的個體很小，肉眼無法看到，有些種類雖然個體很大，但其內部的微細構造亦非肉眼所能察見，因此必須借助顯微鏡去觀察，才能認識這些微小的生物及微細的構造，由此可知，熟悉顯微鏡的構造及其使用方法是學習生物者所必備的條件。

普通光學顯微鏡

(一)顯微鏡的構造 (圖 1—1)：

1 支鏡系

(1)鏡座 (Base)

支持顯微鏡各部。

(2)鏡柱 (Pillar)

支持鏡臂及載物台。

(3)鏡臂 (Arm)

與鏡柱相聯而呈稍彎之握手處，支持鏡筒及旋轉盤。

(4)載物台 (Stage)

放置標本玻片之平台，台上附有能前後左右任意調整標本玻片的固定夾。載物台中央之圓孔，可使集光器聚集的光線通過，載物台中央圓孔的正下方連接有聚集光線作用的集光器。

(5)鏡筒 (Body tube)

內有透鏡系統，若鬆動其底部之固定螺絲，可使鏡筒在平面上作 360° 的旋轉。

(6)旋轉盤 (Revolving nosepiece)

接於鏡臂末端之下方，可作 360° 旋轉，以便更換低倍及高倍接物鏡。

2 透鏡系

(1)接目鏡 (Ocular 或 Eyepiece)

裝在鏡筒之上端，通常為 $10\times$ 、 $15\times$ 。

2 生物學實驗

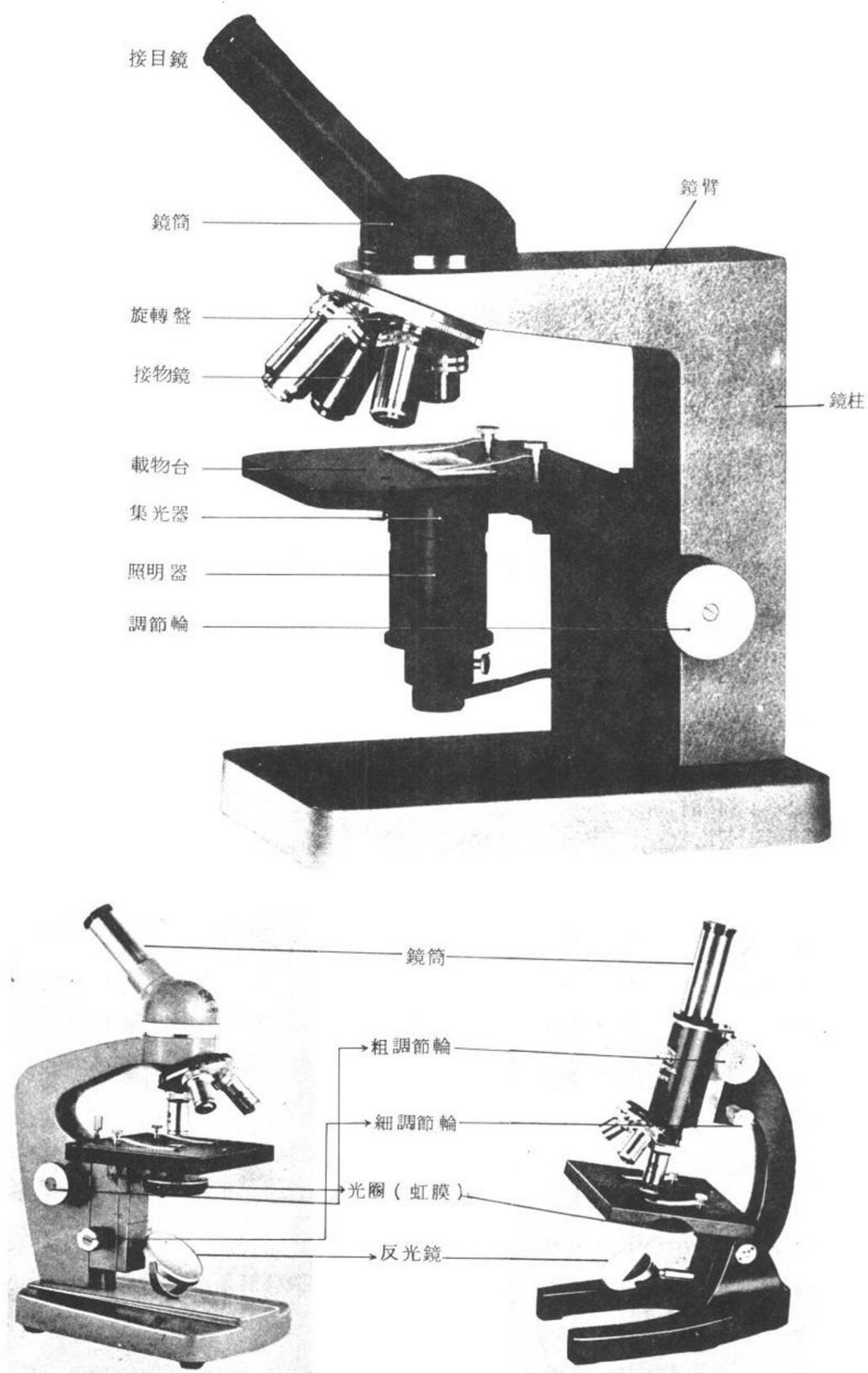


圖 1-1 普通光學顯微鏡的構造

(2)接物鏡 (Objective)

裝於旋轉盤上，通常有 4 個，分別為 4X、10X、40X、100X，短者為低倍鏡，長者為高倍鏡。

3. 校光系

(1)集光器 (Condenser)

位於載物台下，由多數透鏡所組成，用於集中由反光鏡反射來的平行光線，使其照射於標本玻片上。集光器可上下移動，以調整適宜之光線強度。

(注意：調上或調下時，何者光量較強？)

有些廠牌的顯微鏡，在集光器下尚有個構造稱為虹膜或光圈 (Iris diaphragm)，可利用它來控制集光器口徑的大小，而調節光線之強弱。

(2)照明器 (Illuminator)

位於集光器下方，由一個 6V, 5W 的燈泡以及一個反光鏡 (Mirror) 組成。有些廠牌的顯微鏡不具燈泡，是利用一個具有平、凹兩面的反光鏡將外界的光線反射於集光器上。(注意：使用平面鏡與凹面鏡有何不同？)

(3)調節輪 (Adjustment)

位於鏡柱上，旋轉時，可使載物台上下移動，具調節焦距的功能。稍用力旋轉，可當粗調節輪使用；輕輕旋轉時，可當細調節輪用。

有些廠牌顯微鏡，則具有粗、細兩個調節輪。調節輪亦有靠調節鏡筒的上升或下降來調整焦距者，應特別注意。

(二)顯微鏡的使用：

1. 低倍鏡用法

(1)由箱內取出顯微鏡，用右手握住鏡臂，左手托住鏡座，鏡臂向內輕輕放置桌上距桌緣約 3 cm 處。

(2)用拭鏡紙輕拭鏡面。

(3)轉動旋轉盤，使低倍接物鏡與鏡筒筆直相接。

(4)用左眼對準接目鏡，右眼必須睜開 (若為雙目鏡，則雙眼同時對準雙目鏡) 戴眼鏡者取下眼鏡觀察。然後調節集光器或光圈使視野光度明亮均勻。

(5)將玻片標本置戴物台之圓孔上，固定兩端。

(6)慢慢轉動粗調節輪，眼睛注視接物鏡，使鏡筒下降 (或鏡台上升) 至物鏡離玻片約 1 mm 處 (或直到無法再下降為止)，然後再以左眼對準目鏡，左手轉動粗調節輪，使鏡筒徐徐上升 (或鏡台下降) 直至物像明晰，再用細調節輪，使物像更加明晰 (細調節輪儘量不要轉過一或二圈，若轉到停止時，仍未得清晰物像，則先將粗調節輪往

4 生物學實驗

上轉後，再使用細調節輪，若光綫太強或太弱，可調節光圈或集光器使光度適宜）。

2 高倍鏡用法

- (1)依低倍鏡用法將欲觀察之部位找出，並將它移至視野中心。
- (2)轉動旋轉盤，將高倍鏡接於鏡筒下。
- (3)左眼由接目鏡注視並轉動細調節輪，使視野中成像更加清晰。（高倍鏡頭與玻片距離甚近，轉動調節輪時，要特別小心，以免鏡頭觸及玻片標本，而損壞鏡面或玻片標本）。
- (4)若在高倍鏡下，不見物像時，應換回低倍，依前法再找到物像，將欲檢視部位移至視野中心再用高倍鏡。

3 油鏡用法

先用高倍鏡找到物像輪廓，然後將40 X物鏡轉開，加一小滴油鏡用油於所見物像範圍的蓋玻片上，換用油鏡（100X），小心浸鏡面於油中，並重新調整光圈（或集光器）使獲適當光度，然後徐徐轉動細調節輪，直至物像清晰出現。

(三)放大倍數與顯微測量法：

- 1 顯微鏡放大倍數之近似值相當於目鏡與物鏡放大倍數之乘積，若目鏡 10 X，物鏡 10X，則物體放大倍數為 100 X，亦即在顯微鏡下，所見物之大小為肉眼所見的 100倍。
- 2 欲求大且清晰之物像，可增加物鏡之放大倍數。
- 3 欲知所觀察物體實際大小，首先在目鏡之兩鏡片之間加放一個目鏡測微器（圖 1-2A）

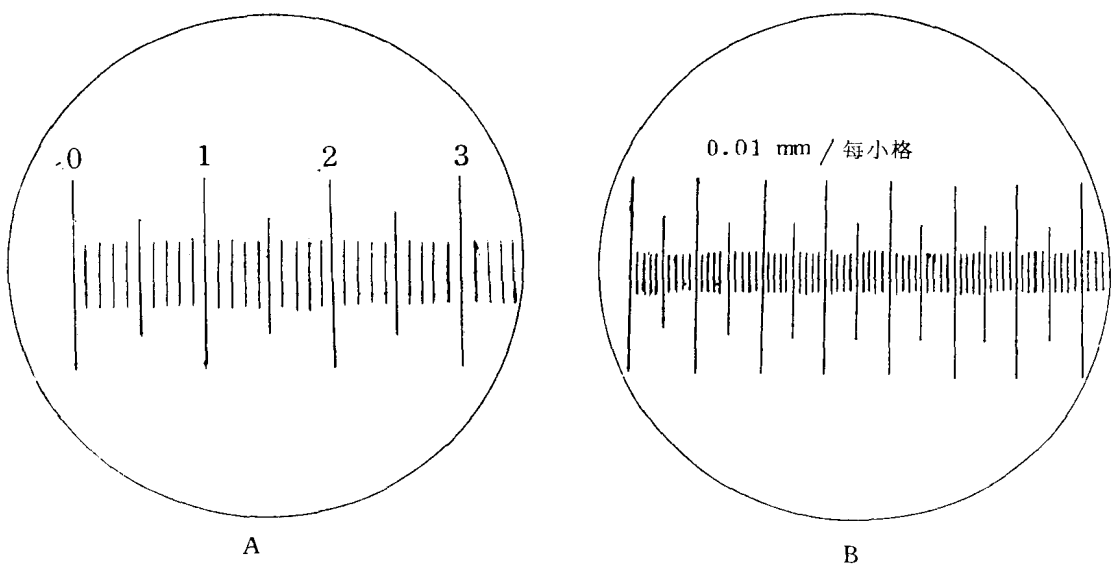


圖 1-2 (A)目鏡測微器 (Ocular micrometer)
(B)載物台測微器 (Stage micrometer)

4. 在載物台上置一載物台測微器（圖 1-2 B），其為一長方形玻片，其上刻有一段劃分為 100 小格的 1 mm 直線，即載物台測微器每一小格的寬度為 0.01 mm（ $10\mu\text{m}$ ）。
5. 用左眼檢視，移動載物台測微器使兩測微器之一端刻度重疊成一綫，再檢視另一端刻度重疊處，則目鏡測微器每一小格間之大小即可計算如下：

$$10\mu\text{m} \times \frac{\text{載物台測微器之格數}}{\text{目鏡測微器之格數}} = \text{目鏡測微器每一小格的大小}$$

6. 若以目鏡 10 X，物鏡 10 X 檢視時，發現目鏡測微器 99 小格相當於載物台測微器 60 小格，則目鏡測微器每一小格之寬度為 $10\mu\text{m} \times 60/99 \div 6.06\mu\text{m}$ 。
*（ $1\mu\text{m} = 10^{-4}\text{cm}$, $1\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm} = 10^{-4}\mu\text{m}$ ）

(四) 使用顯微鏡應注意的事項：

1. 攜取顯微鏡，必須一手緊握鏡臂，一手托住鏡座，切勿用單手提取，以免因傾斜而造成目鏡與反光鏡滑落破損。放置時須小心輕放勿使受強力震動。
2. 顯微鏡的位置應放在使用者的左前方，使用時鏡體應直立，以免傾斜時玻片墜落破損，或觀察潮濕的標本玻片時，水流入鏡體內。
3. 顯微鏡請經常保持清潔勿使受潮或沾塵土，使用顯微鏡前後皆須以絨布清潔鏡頭以外的其他各部。
4. 反光鏡，接目鏡，接物鏡等部份，請用拭鏡紙（Lens paper）沿直綫方向輕拭，不可以拭鏡紙與鏡頭旋轉摩擦。
5. 如鏡體或鏡片上有污漬，則請用二甲苯（Xylol）滴在拭鏡紙上擦拭，切忌用酒精。
6. 轉動小調節輪時，勿經常向一方向旋轉，以免旋轉過度而損壞。
7. 使用顯微鏡時，必須坐正而座位高度適宜，觀察時兩眼同時張開，而以任一眼觀看（大多是左眼），可免眼睛疲勞，延長觀察時間。
8. 用畢顯微鏡後，請將載物台轉至最低處，並將低倍接物鏡旋至對準中央圓孔處。

解剖顯微鏡

如圖1-3 的構造，解剖顯微鏡由下列各部分組成：

1. 目鏡杯 (Eye cup)

於接目鏡上，使用顯微鏡時，眼睛可靠於其上。

2. 接目鏡 (Eyepiece)

兩個，常用者有10X、15X和20X三種。

3. 視野調整器 (Eyesight adjuster)

位於左邊接目鏡筒上。

4. 細調節輪 (Fine focusing knob)

調整焦距之用。

5. 粗調固定器 (Coarse focusing clamping knob)

調整焦距，可將鏡體固定於適當高度。

6. 鏡柱 (Pillar)

支持鏡體。

7. 接物鏡 (Objective)

通常為2X，亦可再加上輔助接物鏡使放大倍率再增加。

8. 載物台 (Stage)

上有一載物盤 (Stage plate)，盤上有兩個固定夾 (Clip)，可固定標本。

9. 鏡頭固定螺絲 (Microscope head screw)

固定鏡頭之用。

10. 載物盤固定螺絲 (Stage plate lock screw)

用於固定載物盤。

解剖顯微鏡之使用及維護方法大體上與普通光學顯微鏡相同，惟因其具雙眼，因此，在使用時，可因應個人的雙眼距離適當調整兩眼接目鏡的角度和距離。

下圖為一種類型的解剖顯微鏡，使用時應注意下列諸項：

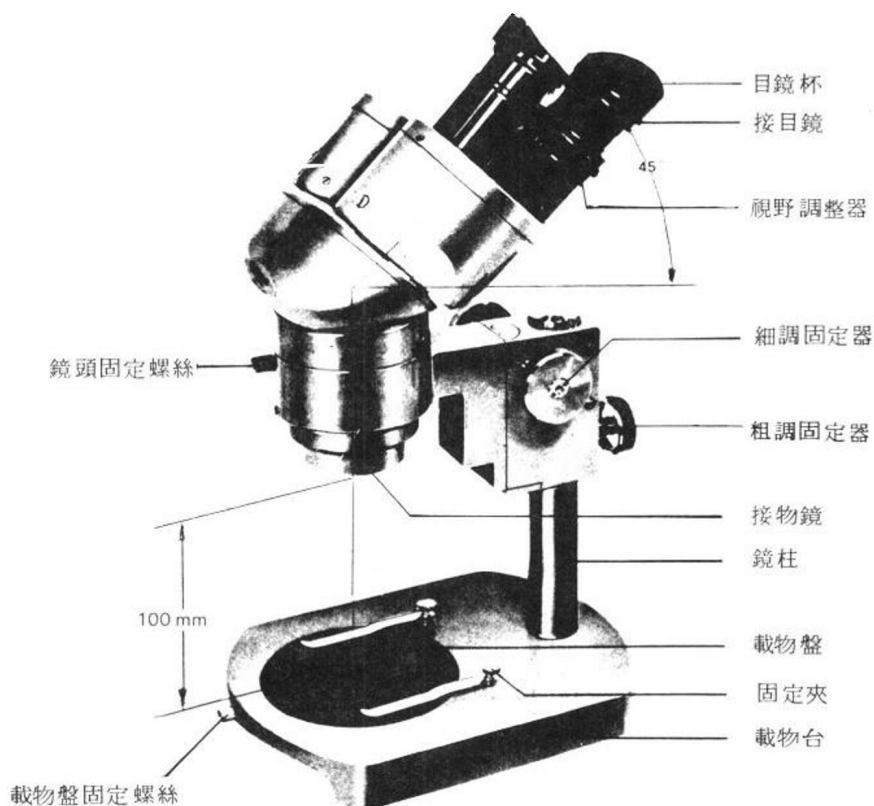


圖 1-3 解剖顯微鏡的構造

- 1 鬆開粗調固定器前，先以左手托住鏡柱上方之鏡本體，以防止鏡本體滑落。
- 2 粗調固定器鬆開時，左手將鏡本體上升，待雙眼看到標本後，即可將粗調固定器鎖緊。
- 3 轉動細調固定器，直到看清標本為止。
4. 使用後，以左手托住鏡本體，鬆開粗調固定器，左手將鏡本體下降至鏡柱最低處，然後鎖住粗調固定器，再放回鏡箱。

一、實驗材料

字母玻片標本	鑷子
蛙血塗片	滴管
三種不同顏色的絲綫	吸水紙（衛生紙或濾紙）
棉花纖維	目鏡測微器（Ocular micrometer）
水蘊草	載物台測微器（Stage micrometer）
頭髮	拭鏡紙
二甲苯	載玻片
普通光學顯微鏡	蓋玻片
解剖顯微鏡	解剖針

二、實驗步驟

(一)觀察顯微鏡的構造，明瞭各部份名稱、位置、並練習使用方法。

(二)俟熟悉顯微鏡之各部份構造及使用方法後，再依下列步驟，繼續觀察。

1. 英文字母“e”方位變化的觀察：

(1)將字母“e”放在載玻片上，以低倍鏡觀察之。比較其位置與平常所見者之不同。

(2)轉換高倍鏡觀察，並移動載玻片看看視野下之變化。

2. 觀察三條不同顏色的綫相交於一點的情形：

在載玻片上放置紅、白、黑三種不同色的絲綫，共同相交於一點，於低倍鏡下轉動調節輪檢視之。找出三者各居上中下何種位置。

3. 顯微測量：

(1)將刻有精確微細刻度的載物台測微器置於載物台上，量出目鏡測微器每一刻度在100 X, 400 X 之下，相當於多少 μm ？

(2)將載物台測微器移去，分別改放頭髮、棉花纖維、蛙血球細胞、水蘊草等玻片標本，並利用目鏡測微器量出它們的大小。

4. 解剖顯微鏡之使用

取任意生物標本（小昆蟲等），置解剖顯微鏡之載物台上，觀察其外形、構造。

三、問題

1. 接物鏡鏡筒長短與倍數有何關係？

2. 物體在顯微鏡下成像的方位有何變化？

3. 觀察三種絲綫相交於一點，目的何在？

4. 從低倍鏡轉到高倍鏡，視野變化如何？

5. 複式顯微鏡（Compound microscope）所觀察的樣本為何必須是很薄的？

6. 當視野光綫太亮時，應如何處理？

7. 為什麼我們於顯微鏡下觀察物體時，先用低倍再換高倍，而不直接用高倍鏡？

8. 對於鏡片上的污漬，如何清潔之？

9. 頭髮與棉花纖維之直徑各為若干 μm ？

10. 一個細胞有多大？

11. 一個葉綠體有多大？

12. 普通光學顯微鏡與解剖顯微鏡在使用及功能上各有何特色？有何不同？

實驗 2 細胞 I (The Cell I)

概 說

細胞為生物體構造與功能的基本單位；不論是構造最簡單的細菌，或是最複雜的動植物體，都是由細胞構成。故欲了解生命的奧秘，必須先充分了解細胞的基本構造、功能和變異。

動植物的細胞都是由原生質組成的；其基本構造可分為**細胞膜**（Cell membrane）、**細胞質**（Cytoplasm）、**細胞核**（Nucleus）等三大部分。細胞膜為細胞質外圍的一層膜狀的構造，對於物質的進出有選擇的能力，因此具有調節細胞內含物之功能。細胞膜以內至細胞核以外的原生質部分稱為細胞質；內含有許多**胞器**（Organelles），如**粒線體**（Mitochondria）等。

除了細菌與藍綠藻之外，一般活細胞內都有細胞核的構造。細胞核的形狀通常為圓形或卵圓形，由**核膜**（Nuclear membrane）、**核液**（Karyoplasm）、**染色體**（Chromosome）以及**核仁**（Nucleolus）等組成。染色體與遺傳有關，在細胞分裂時明顯可見。細胞核除了與遺傳有關之外，尚具有控制生長和代謝的作用。

植物細胞在細胞膜外尚有一層無生命之**細胞壁**（Cell wall）的構造，具有維持細胞的形狀、防禦外來的侵害、以及防止因吸水過多而爆破等功能。

細胞進行新陳代謝，常常會產生許多物質：如澱粉粒、油滴、結晶、分泌物等。此種現象尤以植物為甚，且種類繁多。

澱粉為植物行光合作用後主要的貯存物質，是細胞能量的來源，也是細胞中最常見的內含物之一。澱粉是多醣類，它在植物細胞中呈粒狀，其形狀與大小因植物種類不同而異。

新生的植物細胞大多數沒有液泡，隨著細胞長大液泡也跟著加大，但是數目會因為它們逐漸合併而減少，到成熟時，可能只剩下一個巨大的液泡，並且常把原生質擠向細胞壁。液泡中有很稀的溶液——**細胞液**（Cell sap），其中溶有許多物質如氣體、無機鹽、有機酸、醣類以及花青素等。

植物細胞進行代謝作用產生的草酸（Oxalic acid）或碳酸（Carbonic acid），若在細胞中的含量過多時，便會產生毒性。但當它們和細胞中的鈣（Calcium）化合成為結晶而堆積時，則對原生質無害。

植物細胞

一、實驗材料

洋葱

水蘊草

胡蘿蔔的根，蕃茄的果實及辣椒

馬鈴薯的塊莖

香蕉的果實

印度橡膠樹或榕樹的葉片

秋海棠的葉柄

天竺葵的莖

鴨跖草的莖

柿的果實

薑的根莖

載玻片

蓋玻片

解剖針

鑷子

單面刀片

滴管

吸水紙（濾紙或衛生紙）

普通光學顯微鏡

1 % 碘液 ($I_2 - KI$)

0.05 % 甲基藍液

0.1 % 蘇旦四號 (Sudan IV)

10 % 重鉻酸鉀溶液

二、實驗步驟

(一) 表皮細胞 (Epidermal cell)

將一個洋葱切成四等分如圖2-1(A)所示，然後取一片鱗葉，並把它剝成兩半如圖2-1(B)，利用鑷子，由斷成兩半的毛邊上，撕下一小塊表皮組織如圖2-1(C)，然後將它放在載玻片上並且滴上一滴水，使組織展開來，最後覆上蓋玻片如圖2-1(D)，置顯微鏡下觀察。

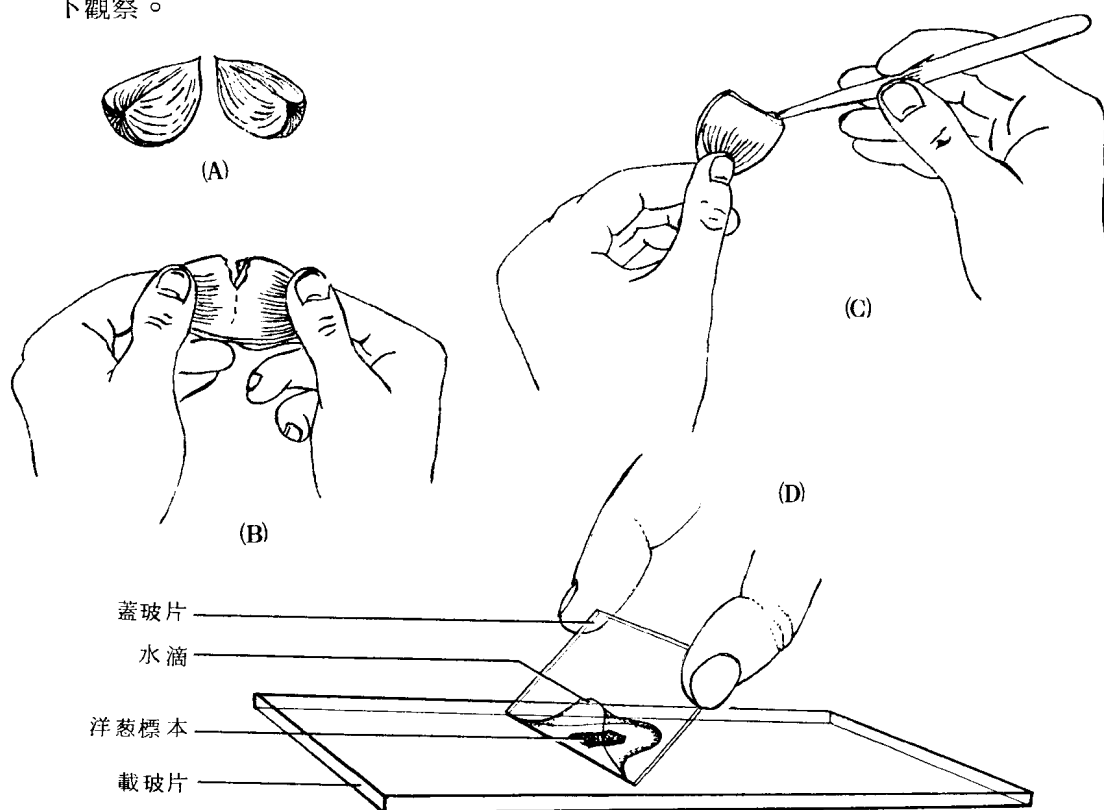


圖 2-1 洋葱玻片標本之製作過程

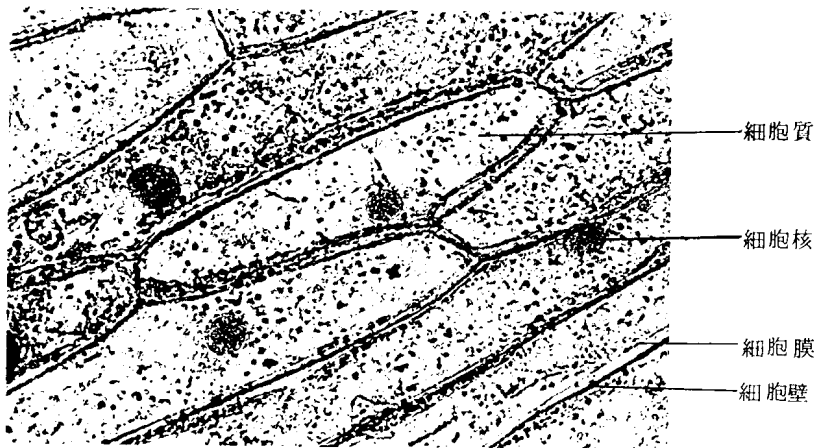


圖 2-2 洋葱表皮細胞

先以低倍鏡觀察，然後換高倍鏡觀察下列各種構造：（圖 2-2）

- (1)細胞的排列和形狀
- (2)細胞壁
- (3)細胞核
- (4)細胞質
- (5)液泡

如上觀察後，試以碘液（Iodine solution）或甲基藍（Methylene blue）一滴加於蓋玻片之一側，然後以濾紙自蓋玻片之另一側吸之（圖 2-3），使洋葱表皮細胞獲得均勻之染色。再觀察時，注意各細胞被染色後，何部構造可看得更清楚。

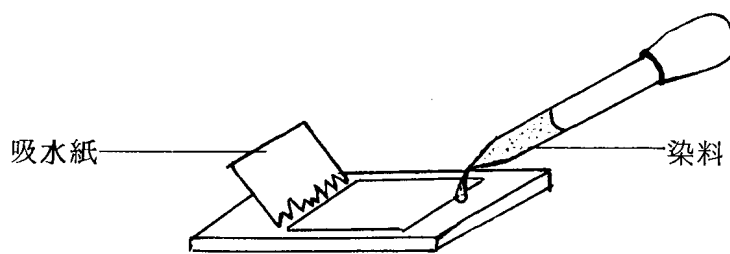


圖 2-3 蓋玻片一側加染料之操作方法

(二)嫩葉細胞 (Young leaf cell)

取水蘊草嫩葉一片，分別在低倍鏡與高倍鏡下觀察下列特徵：（圖 2-4）

- (1)細胞的排列及形狀
- (2)細胞壁、細胞質

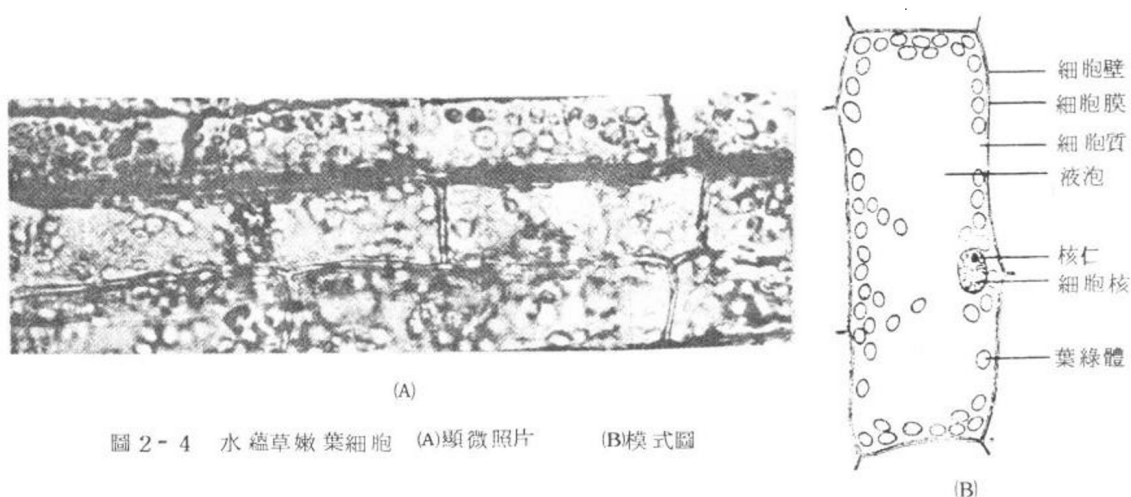


圖 2-4 水蘊草嫩葉細胞 (A)顯微照片 (B)模式圖

(3)葉綠體：細胞內的綠色小粒

(4)細胞核

(5)葉綠體和細胞質沿著細胞壁作緩慢的移動，是謂**原生質流動**（Protoplasmic streaming 或 Cyclosis）。

(三)雜色體（Chromoplast）

切取紅辣椒（胡蘿蔔或蕃茄果實）一薄片，置顯微鏡下觀察。在皮層（Cortex）或果皮（Pericarp）的細胞中有黃紅色小顆粒，即為雜色體。

雜色體的顏色來自**類胡蘿蔔素**（Carotenoids）及**葉黃素**（Xanthophyll）。

(四)澱粉粒（Starch grain）

1 以刀片切取馬鈴薯薄片置載玻片上，加一滴水，覆上蓋玻片，置顯微鏡下觀察：

〔圖 2-5 (A)〕

(1)可見各細胞中有許多澱粉粒（呈圓形或卵圓形）。加水稀釋之後，並改用高倍鏡觀察，可發現澱粉粒在較小的一端有**臍**（Hilum）；以臍為中心，其周圍有輪紋。

(2)加碘液一滴後，觀察有何改變。

2 用小刀刮取香蕉果肉少許，觀察其澱粉粒的形狀。〔圖 2-5 (B)〕。

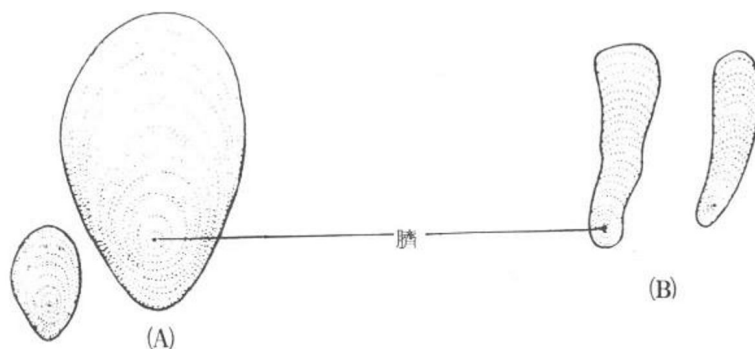


圖 2-5 (A)馬鈴薯的澱粉粒 (B)香蕉的澱粉粒