

# 普通植物學實驗指導



臺灣大學生命科學系

# 實驗室衛生安全守則

1. 實驗室內禁止抽煙。
2. 實驗室內禁止飲食。
3. 顯微鏡使用完必須將接物鏡換到最低倍並將電源關閉再收回鐵櫃中。
4. 實驗結束後所使用的儀器必須清洗並歸位。
5. 每位同學實驗結束後請收拾自用桌面及周圍環境。
6. 值日生必須完成值日工作 (玻片回收、公用區清理、最後離開)
7. 最後離開實驗室的同學請確認電燈、電扇、門窗是否關閉。
8. 值週生負責清潔環境 (掃地拖地, 清理講台、講桌, 擦實驗桌椅, 清理走廊、公用樓梯、準備室、水槽, 倒垃圾)。
9. 禁止在實驗室內追逐吵鬧。
10. 使用過之化學藥品請依規定倒入廢液瓶內。
11. 未經許可禁止將玻片或化學藥品帶離實驗室。
12. 未經許可禁止自行取用各類化學藥品。
13. 請熟悉滅火器放置地點及使用方法。
14. 有意外發生請立刻依臺灣大學校總區職業災害通報系統處理, 並立刻通知實驗室負責人。

# 普植、普生實驗課注意事項

1. 每次上課前請各位同學事先做好預習工作。(包括填圖)
2. 準時到達實驗室，不可遲到早退。(遲到扣分、曠課三次學期成績以零分計)
3. 移動顯微鏡應小心輕放，擦拭鏡頭務必使用拭鏡紙、並且不可隨意更換其他鏡頭。
4. 製作臨時片一滴水即夠，注意蓋玻片上面不可有水或染劑，以免污染鏡頭。
5. 觀察標本切片時，務必先以低倍鏡找到目標後再轉成高倍鏡；觀察完一種材料後，應再轉回低倍鏡，以免損壞高倍鏡及玻片。
6. 實驗進行中，顯微鏡、儀器、玻片等發生問題，應立刻向任課老師報告。
7. 繪圖、標示用3H鉛筆，並以平行線標圖、英文印刷字體標註、第一個字母需大寫。
8. 繪圖當場交、討論及作業隔週交。
9. 值日生工作：(1) 打掃及擦拭黑板；(2) 分發及歸還玻片；(3) 清洗並歸還公用物品；(4) 關閉電源及門窗；(5) 最後離開。
10. 值週生工作：(1) 打掃並拖地；(2) 傾倒垃圾。
11. 學期評分標準如下：

|                      |     |
|----------------------|-----|
| A. 平常 (小考、出缺席、上課態度等) | 20% |
| B. 填圖、上課繪圖及作業        | 30% |
| C. 期末筆試              | 30% |
| D. 跑檯                | 20% |
12. 玻片罰款依玻片上之標註

# 實驗一 光學顯微鏡 (Light Microscope)

## 壹、目的與原理：

人類的肉眼本身就像一個透鏡。但由於先天構造的限制，肉眼的視角很小(僅為 $8^\circ$ 左右)，在 25 cm 的明視距離下，對於相距大約 0.2 mm 以下的兩點 [意即距離小於解像力 (resolving power) 的兩點] 則無法辨認，此時我們必須借重顯微鏡。

光學顯微鏡主要的功能在於將影像放大 (magnification)，並可增加影像明暗的對比 (contrast)，例如利用染色法處理樣品，或顯微鏡附加特殊裝置 (位相差顯微鏡、干涉顯微鏡、暗視野顯微鏡或偏光顯微鏡等)，以增進肉眼的解像力。一般油鏡在理論上可將解像力改善到  $0.2\ \mu\text{m}$ ，但常因受到光源性質、透鏡材質、樣品處理及顯微鏡操作技術上的影響，以致使解像力小於  $0.2\ \mu\text{m}$ 。光學顯微鏡影像的放大有一定限度，超過了這個限度，雖然影像可繼續放大，但由於失去對比的效能，而呈現出一團模糊的影像，因此無法得到一個最佳解像力。本實驗擬介紹光學顯微鏡的構造、使用法及保養法，茲分述於下：

### 一、普通型光學顯微鏡之構造：

1. 接目鏡 (eyepiece ; ocular)，有 5 倍、10 倍及 15 倍等不同倍數，內可安裝指針及接目鏡測微尺 (ocular micrometer)。若顯微鏡為雙管者，可因應使用者兩眼的距離及焦差來調整。
2. 鏡筒 (eyepiece tube)，位於目鏡及物鏡之間。
3. 旋轉盤 (revolving nosepiece)，接於鏡筒的下端，可旋轉以更換不同倍數的接物鏡。
4. 接物鏡 (objective)，有 4 倍、10 倍、20 倍、40 倍及 100 倍 (油鏡) 等不同倍數。
5. 載物台 (stage)，為安置標本玻片的平台，台的中央有一圓孔，以通過光線。台面之片夾附設調節鈕，可固定玻片及調整玻片位置。
6. 集光器 (condenser)，位於載物台中央的下方，用以集合光線，使之投射於標本玻片上。集光器可上下調節並且內附有彩虹光圈 (iris diaphragm)，可依光度的強弱而調整其大小。
7. 光源 (illuminator)，位於鏡座上，內設光源為鎢絲燈或鹵素燈，除開關外另具一調節鈕可調整光度的強弱。若無內設光源，則於集光器下有一圓鏡，具平凹兩面，可翻轉或轉動方向以接受光線並反射至集光器。

8. 鏡臂 (arm)，連接鏡筒與鏡座，便於握取顯微鏡。
9. 調節鈕 (focusing knob)，位於鏡筒的兩側，用以調節焦點。大者為粗調節鈕 (coarse focusing knob)，小者為細調節鈕 (fine focusing knob)。依順時鐘方向旋轉調節鈕，載物台下降；反之則上昇。但調節鈕亦有調節鏡筒之昇降者，應特別注意。
10. 鏡座 (base)，顯微鏡之最底部，用以承載並固定顯微鏡。

## 二、顯微鏡的使用法：

1. 一手握鏡臂，另一手托住鏡座，將顯微鏡攜至桌上，放在自己的正前方，調整坐椅於適當的高度。
2. 轉動旋轉盤，使低倍鏡置於鏡筒之下，徐徐轉動粗調節鈕，至低倍鏡離載物台約 0.5 公分為止。
3. 打開光源，或將反射鏡的凹面朝上調整反射鏡之方向，再調節彩虹光圈的大小，使視野明亮。
4. 將所要觀察的標本玻片置於載物台上，用片夾將玻片夾住，並調整玻片的位置。
5. 自接目鏡觀察，同時以反時鐘方向轉動粗調節鈕，直到看見標本為止；再轉動細調節鈕，使欲觀察之物得正確的焦點，而呈現明晰的影像。若光線太強，應調節光源強度或彩虹光圈。
6. 如欲對標本的某一部份作更詳細之觀察，則需使用高倍鏡。此時先將欲觀察的部位置於視野之中央，再轉動旋轉盤將高倍接物鏡置於鏡筒之下。轉動細調節鈕，以得明晰之放大影像。
7. 觀察完一種材料，欲換另一種材料前，應先轉動旋轉盤，將低倍接物鏡置於鏡筒下，以免因移動玻片而損壞高倍接物鏡或玻片標本。
8. 欲使用油鏡時，先用高倍鏡找到物像，然後將 40 倍物鏡轉開，加一小滴油鏡專用油於所見物像範圍的蓋玻片上，換用 100 倍油鏡，小心將油鏡面浸於油中，再重新調整集光器或光圈使獲適當光度，徐徐轉動細調節鈕，直到物像清晰。

## 三、使用顯微鏡應注意事項：

1. 攜取顯微鏡時務必一手握緊鏡臂，另一手托住鏡座，放置時亦應小心輕放。
2. 使用顯微鏡時，必須調整坐椅以能正坐為宜，更應習慣同時運用兩眼觀察。
3. 由低倍鏡轉換高倍鏡時，小心轉動旋轉盤，將高倍鏡置於鏡筒下。使用高倍接物鏡觀察時，只能轉動細調節鈕。
4. 欲擦拭顯微鏡的鏡頭時，必須用拭鏡紙 (lens paper)，切不可用其他紙張或手

指碰觸鏡頭。

5. 顯微鏡用完，請將載物台轉至最低處，取下玻片標本，並將低倍接物鏡旋至對準載物台中央圓孔處。

#### 四、放大倍數與測微尺的使用法：

1. 顯微鏡放大倍數之近似值，相當於目鏡與物鏡放大倍率之乘積。
2. 欲知所觀察物體實際大小，首先在目鏡之兩鏡片間加放一個目鏡測微尺 (ocular micrometer) (圖 1a)。
3. 在載物台上置一載物台測微尺 (stage micrometer)，該測微尺為一載玻片上刻有一段劃分 1 mm 為 100 小格的直線，亦即載物台測微尺每一小格的寬度為 0.01 mm (10  $\mu$ m) (圖 1b)。
4. 移動載物台測微尺使其與目鏡測微尺之一端刻度重疊成一線，再檢視另一端刻度重疊處(圖 1c)，則目鏡測微尺每一小格間之大小即可計算如下：

$$10 \mu\text{m} \times \frac{\text{載物台測微尺之格數}}{\text{目鏡測微尺之格數}} = \text{目鏡測微尺每一格的實際大小}$$

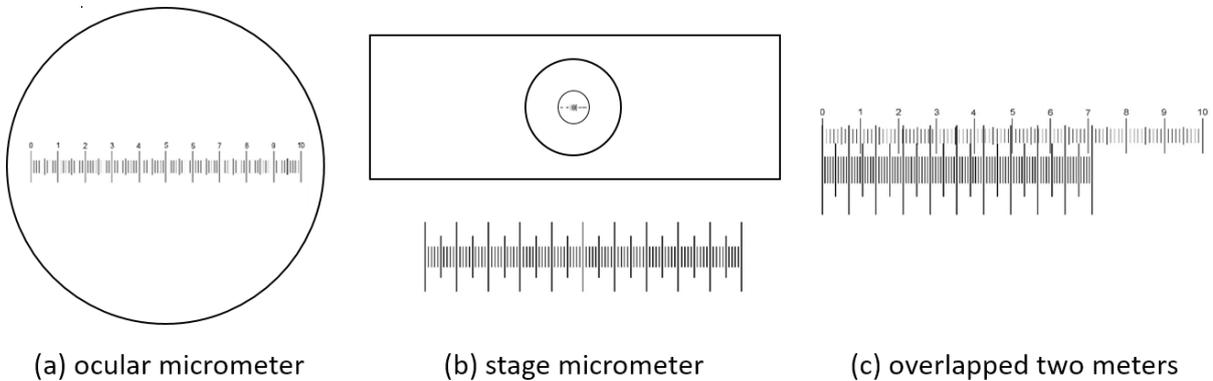


圖 1 a：目鏡測微尺 (ocular micrometer) b：載物台測微尺 (stage micrometer) c：兩尺疊合

## 五、立體顯微鏡 (stereomicroscope)：

立體顯微鏡又稱為解剖顯微鏡 (dissecting microscope)，其使用及維護方法與前述的普通型光學顯微鏡相似。

1. 開電源，開燈
2. 將樣本材料置於解剖台中心位置
3. 轉動目鏡筒，調整兩眼眼距
4. 使用倍率調整鈕，轉到低倍率
5. 使用焦距調節輪對焦後，移動樣本材料，將欲觀察的部位置於正中央
6. 轉動倍率調整鈕至所需倍率，使用焦距調整鈕對焦

## 貳、實驗材料：

1. 水蘊草 (*Egeria densa*)
2. 鑷子 (forceps)
3. 滴管 (dropper)
4. 解剖針 (dissecting needle)
5. 吸水紙
6. 拭鏡紙 (lens paper)
7. 油鏡專用油 (immersion oil)
  
8. 二甲苯 (xylene) 或乙醚與氯仿 1:9 之混合液 (ether and chloroform mixture)
9. 目鏡測微尺 (ocular micrometer)
10. 載物台測微尺 (stage micrometer)
11. 蓋玻片 (cover glass)
12. 載玻片 (slide)

### 參、實驗方法：

1. 取置一台普通型光學顯微鏡，記載各部位名稱於附圖，並練習使用以觀察水蘊草之葉片。



Fig. 1-1. Light Microscope

2. 顯微測量：將載物台測微尺置於載物台上，量出目鏡測微尺每一刻度分別在 10 倍與 40 倍接物鏡之下相當的  $\mu\text{m}$  數。將載物台測微尺移去，改放水蘊草葉片的玻片標本，利用目鏡測微尺量出其細胞或胞器的大小。

3. 立體顯微鏡之使用：熟悉並記載各部位名稱於附圖，取一標本玻片置於載物台上，觀察其外形與構造。

開電源，開燈

將樣本材料置於解剖台中心位置

轉動目鏡筒，調整兩眼眼距

使用倍率調整鈕，轉到低倍率

使用焦距調節輪對焦後，移動樣本材料，將欲觀察的部位置於正中央

轉動倍率調整鈕至所需倍率，使用焦距調整鈕對焦

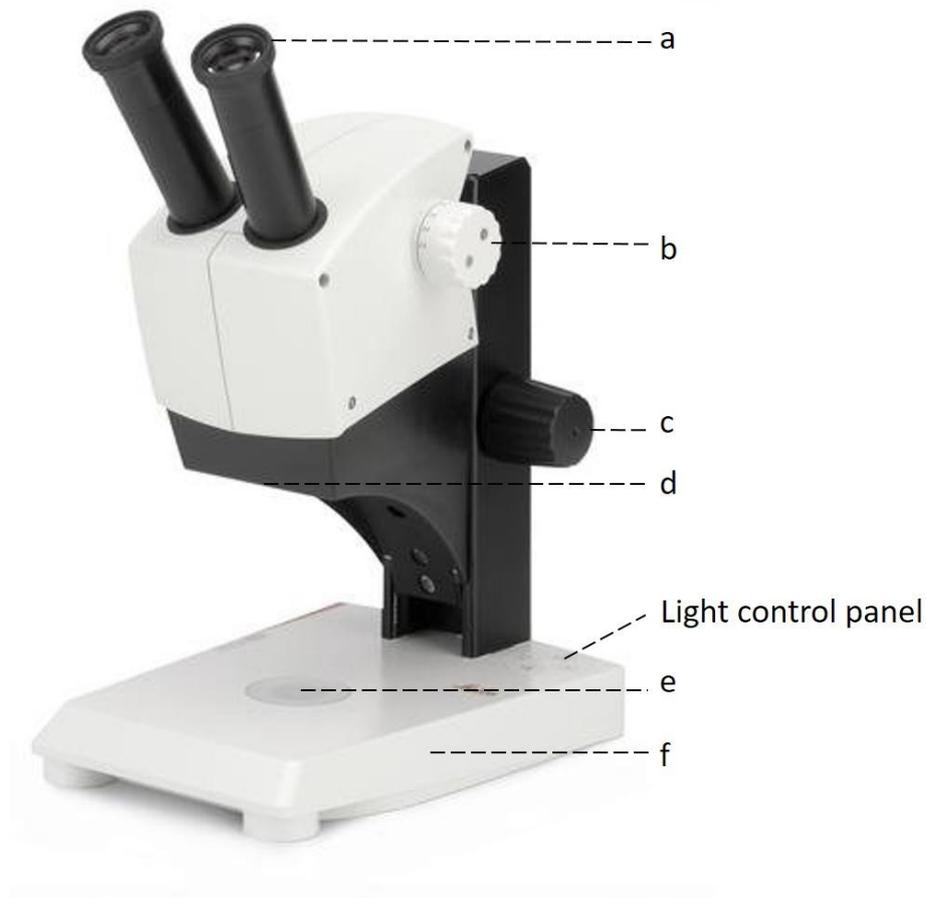


Fig. 1-2. Stereomicroscope

#### 肆、問題：

1. 試繪出光學顯微鏡呈像的幾何圖形。
2. 普通型光學顯微鏡與立體顯微鏡就使用及功能上，各有哪些特點？
3. 簡述光學顯微鏡使用與維護的要點。
4. 試計算出你所觀察的水蘊草細胞及其葉綠體的平均大小。

# 實驗三十五 認識校園木本植物

## 壹、目的與原理

植物是生物環境的重要成員之一。對植物的觀察與了解，並吸取前人經驗，是增進知識的有效方法。在人口極速膨脹、都市與工業蓬勃發展、綠色舞台逐漸消失且離生活越來越遙遠的情形下，天天接觸的校園植物將是連接大自然的重要環節。

運用現有知識 (普通植物學) 和描述，去觀察植物在空間 (不同個體) 和時間 (不同年齡) 上的變異情形，並考慮種間的相似性和種種環境因子對植物的影響，是認識植物的主要方法之一。如想超越課文介紹，請參閱適當的參考文獻。

## 貳、分種、分科舉例介紹木本植物

### 1. 蘇鐵 (蘇鐵科) *Cycas revoluta* (Cycadaceae)

植株棕櫚狀、幹直，羽狀複葉叢生枝頂。小葉尖具刺，葉緣反捲。雌雄異株，毬花長於枝頂，雄毬呈球棒形，雌毬叢生狀。大孢子葉羽狀，胚珠長於基部邊緣。胚珠長成之種子紅色，披星狀毛，內種皮硬，呈核果狀。另台東特有之台東蘇鐵 (*C. taitungensis*) 與蘇鐵之區別如下：

蘇鐵：羽狀複葉長約一公尺，小葉緣反捲向內。椰林大道，文學院前。

台東蘇鐵：羽狀複葉長約二公尺，小葉緣不反捲向內。一號館西側，傳園。

### 2. 大葉羅漢松 (羅漢松科) *Podocarpus macrophyllus* (Podocarpaceae)

小喬木。葉線形，叢生枝頂，葉脈除中肋外極不明顯。種子核果狀，長於肉質種托上，此與松科植物會結毬果之情形，相差極大。行政大樓前西側，游泳池東側，新數學館周圍。

另外，本科另一種植物—竹柏，為喬木，葉橢圓形，對生，葉脈為平行脈。種子為核果狀。森林系館西側，地質系館中庭，數學館北側。

### 3. 琉球松 (松科) *Pinus liukuensis* (Pinaceae)

常綠喬木，樹幹黑褐色，樹皮縱裂，幹上分枝互生。具長短二型枝條，短枝為栗褐色宿存的芽鱗所包，上長二針葉，成束 (即二針一束)，針葉不具鋸齒。春天時發芽抽出新枝條，雄毬花黃白色，生於新枝基部 (此時葉未長出)，雌毬花紅色長於新枝頂端。松毬約五公分長，果鱗具鱗盾，鱗臍均具極短刺，種子具長翅。日文系，福利社前，共同教室前皆可見。

### 4. 龍柏 (柏科) *Juniperus chinensis* var. *kaizuka* (Cupressaceae)

喬木，樹形優美。葉細小，鱗片狀，十字對生，陰暗處有輪生之鑿形葉。椰林大道分隔島，醉月湖東北側。

### 5. 木麻黃 (木麻黃科) *Casuarina* spp. (Casuarinaceae)

喬木。葉退化、細小，輪生。小枝條線形如葉，似木賊，常下垂。雌雄異

花，雌花序頭狀，柱頭紅色絲狀如髮；雄花長於線形枝條末端之葉內，黃白色。果為毬果狀、種子具翅，與松樹類似，因此常被誤為裸子植物，且與裸子植物之麻黃 (*Ephedra* sp.) 混淆。農推館南側，農業綜合大樓東側，網球場西側。

#### 6. 朴樹 (榆科) *Celtis sinensis* (Ulmaceae)

落葉喬木，樹形傘狀。葉單一，葉基常歪斜，於枝條上排成兩列。花細小，常單性、兩性花雜生。核果小，黑色。文學院前，游泳池北，傳園門內。

#### 7. 榕樹 (正榕) (桑科) *Ficus microcarpa* (Moraceae)

喬木，枝幹常長氣根，全株具白色乳汁。葉單一，全緣，光亮，托葉痕呈環狀。眾多小花藏於膨大之花托內，成隱頭花序 (hypanthodium)，成熟時為隱頭果 (syconium)。行政大樓前，文學院西，思亮館前。校園內同科植物極多，本科的特點是全株具乳汁，幼枝上有環形托葉痕，花很小，花序為穗狀 (小葉桑，構樹♂)，頭狀 (構樹♀) 或隱頭花序 (榕屬植物，如薜荔、白肉榕、雀榕、印度橡膠樹等)。

#### 8. 烏心石 (木蘭科) *Michelia compressa* (Magnoliaceae)

喬木。芽具金黃色毛。葉單一，互生，脫落前變黃，托葉痕環狀。花單一，二月開，花芽於前年八月形成。花被分不出花萼、花瓣，三枚輪生，由外而內越來越小；雄蕊花瓣狀；雌花器由多數離生心皮構成，呈螺旋狀排列。果實成熟後每個心皮發育為蓇葖果。一級木材、心材黑色。一號館及物理館前。

#### 9. 樟樹 (樟科) *Cinnamomum camphora* (Lauraceae)

喬木，樹皮龜裂紋路顯著，具芳香。葉互生，單一，全緣。花細小，白色；花藥瓣裂；花被於開花後脫落，果實長於杯狀的花托上。核果，黑色。一號館東側、椰林大道分隔島，行政大樓前。

#### 10. 山茶花 (茶科) *Camellia* sp. (Theaceae)

大灌木。葉單一，互生，革質，鋸齒緣。花大，豔麗，初春開。園藝栽植，品系繁多，雄蕊瓣化之各階段相當顯著，瓣化數量也有差異，為花部構造是同一起源之極佳佐證。椰林大道分隔島。

#### 11. 楓香 (蕁樹科) *Liquidambar formosana* (Altingiaceae)

落葉喬木，落葉時變黃或變紅，樹皮縱條裂。葉互生，掌狀三至五裂。花與葉同時長出；雌雄異花；雌花頭狀，果實結成毬果狀。女五宿舍至行政大樓路旁，體育館南側。

楓香與楓 (*Acer* sp., Sapirdaceae 無患子科) 之區別\*

| 種類 | 科別   | 幹   | 葉  | 果       | 小枝條 |
|----|------|-----|----|---------|-----|
| 楓香 | 蕁樹科  | 具縱紋 | 互生 | 多花果，毬果狀 | 褐色  |
| 青楓 | 無患子科 | 常平滑 | 對生 | 翅果      | 常綠色 |

楓樹屬的植物許多人仍喜用槭來稱呼，本書採李學勇 (1985) 以楓 (*acer*) 來稱這群植物。

## 12. 臺灣海桐 (海桐科) *Pittosporum pentandrum* (Pittosporaceae)

小喬木。葉互生，倒卵形，全緣，沿脈具油腺，似鞋油味。圓錐花序密集，花期長，花白、小。果熟由綠轉變為橙黃至紅色，開裂。種子被紅色黏質假種皮。文學院前。

## 13. 山櫻花 (薔薇科) *Prunus campanulata* (Rosaceae)

落葉小喬木，幹表皮內具光亮臘質，皮孔明顯。葉片基部具二腺點，有羽毛狀的托葉。花淡白至深紅，下垂。小櫻桃味苦、澀、酸。行政大樓前西側，思亮館前。

梅、李、桃、杏\*為同屬植物，常見栽培品種約可區分如下：

| 種類 | 葉        | 花色 | 花期(註) | 果   |
|----|----------|----|-------|-----|
| 梅  | 圓、具長尾    | 白  | 正月、無葉 | 毛   |
| 李  | 菱形       | 白  | 二月、嫩葉 | 光滑  |
| 桃  | 狹長       | 紅  | 三月、無葉 | 常具毛 |
| 杏  | 近圓、柄長三公分 | 紅  | 三月、無葉 | 毛   |
| 櫻  | 卵狀       | 不定 | 三月、不定 | 光滑  |

\*花期常隨氣候，海拔高度的變化而改變。

## 14. 阿勃勒 (豆科) *Cassia fistula* (Leguminosae)

喬木，偶為落葉性。一回羽狀複葉，小葉對生、四至八對。花黃色、成串、下垂。果圓棒形。物理館前，數學系東，原分所前、後。

另鳳凰木 (*Delonix regia*)為落葉喬木；羽狀複葉2-3回，葉細小；花紅色，極豔麗，可做--花蝴蝶；果長如刀劍。地理系前，傳鐘兩側。

## 15. 茄冬 (大戟科) *Bischofia javanica* (Euphorbiaceae)

喬木、老態龍鍾。三出複葉。花小且多，雌雄分開。果似小梨子，熟時可食。文學院前，醉月湖南側。

## 16. 月橘 (芸香科) *Murraya paniculata* (Rutaceae)

灌木至小喬木，常做為綠籬。幹常具灰白色栓皮。單數羽狀複葉，小葉具透明油腺點。花白色、芳香，剛謝時如燭台。果熟時由綠轉橙變紅。原分所北(後)，男十三舍前，生化所四周。

## 17. 紫薇 (千屈菜科) *Lagerstroemia indica* (Lythraceae)

落葉灌木至小喬木。樹皮成片脫落，小枝條四稜。葉亞對生，緣常波皺。花紫紅色；花瓣具細柄稱為爪狀，緣皺縮。蒴果。椰林大道分隔島。

## 18. 大葉桉 (油加利) (桃金娘科) *Eucalyptus robusta* (Myrtaceae)

喬木，修長。幹具茶色厚栓皮層。葉卵狀披針形，長九至二十公分，沿脈具芳香油腺。花萼、花瓣合生成蓋子，開花時掀開。子房下位。原產澳洲。傳園前，醉月湖南，福利社北。本科植物在校園常見的還有白千層、肯氏蒲桃、檸檬桉等。

### 19. 錫蘭橄欖 (杜英科) *Elaeocarpus serrulatus* (Elaeocarpaceae)

喬木。葉互生，長十至十五公分，具長梗，脫落前變紅。花白色、成串 (總狀)，花瓣撕裂狀。核果長約四公分、徑二公分，醃漬可食。果核具突起。行政大樓前之東西兩側，物理館前。

另同屬之杜英 (*E. sylvestris*)，葉較小，柄短；果小，長一公分。椰林大道兩側各館前。

三種以橄欖為名的植物之區別如下：

| 種類   | 科別  | 葉    | 果核     | 用途      | 產地  |
|------|-----|------|--------|---------|-----|
| 橄欖   | 橄欖科 | 羽狀複葉 | 光滑、兩頭尖 | 食用      | 中國  |
| 西洋橄欖 | 木犀科 | 單葉對生 | 光滑、兩頭鈍 | 食用油、化妝品 | 地中海 |
| 錫蘭橄欖 | 杜英科 | 單葉互生 | 粗糙、兩頭鈍 | 園景樹、食用  | 南洋  |

### 20. 欖仁 (使君子科) *Terminalia catappa* (Combretaceae)

落葉喬木。枝條平展，生長模式特殊。葉叢生於枝條末端，葉形如芭蕉扇，落葉時變紅。穗狀花序；花疏、小。果長如飛碟狀，具纖維質，適合海漂。自生，南部較多。文學院前及西側，思亮館前。

### 21. 杜鵑花 (杜鵑花科) *Rhododendron* spp. (Ericaceae)

校園內品種繁多，花色從白、粉白、粉紅、紫、紅等等，皆屬小葉型類 (subgen. *Azalea*)，具春、秋兩型葉，葉兩面披毛，花瓣薄紙質，與臺灣野生高山之森氏、玉山杜鵑不同。花芽於八月間形成，經冬天低溫作用至春天溫度升高刺激而開花。有些品種具體細胞變異現象，而有花色相雜情形。椰林大道，校園各處。

### 22. 流蘇 (木犀科) *Chionanthus retusus* var. *serrulatus* (Oleaceae)

落葉小喬木，樹冠傘形。葉對生，近圓形，大小及形狀變化頗大。聚繖花序頂生，數量繁多，白色如雪，覆於綠葉上極顯著。花冠 (花瓣合生) 四裂、雄蕊二枚。核果熟呈黑色。數學系東，化工館北，一號館前。

### 23. 大王椰子 (棕櫚科) *Roystonea regia* (Palmae or Arecaceae)

樹幹單一、通直，近基部膨大。芽為綠色葉鞘所包。大型羽狀複葉。花序大、外為總苞 (佛焰苞) 所包；雌雄異花，雌花的花序下部，雄花在上，花黃白色。果為核果。椰林大道。

參、可參考之圖鑑：近年來圖鑑書籍極多，僅列最常用供作參考。

#### 一、參考文獻：

1. 中華民國自然步道協會編，2000。臺大校園自然步道。貓頭鷹出版社。
2. 王志煌等，2003。國北師校園植物圖鑑。國立台北師院。
3. 呂福原、呂金誠、歐辰雄等編著，1999。臺灣樹木解說 (一) ~ (五)。行政院農委會。
4. 胡哲明，1987。臺大校園木本植物目錄。植物苑 18: 27~40。植物系學會。
5. 陳文彬，2005。新草山驚艷：陽明山國家公園原生種植物。陳文彬出版。pp.495。

6. 郭城孟，2001。蕨類圖鑑：臺灣三百多種蕨類生態圖鑑。遠流出版社。
7. 張碧員、呂勝由，1994。臺灣賞樹情報。大樹文化。
8. 潘富俊、黃小萍撰文；呂勝由攝影，2001。台北植物園步道。貓頭鷹出版。
9. 鄭元春，1980。臺灣的常見野花。渡假出版社。
10. 鄭元春，1984，臺灣的常見野花 (二)。渡假出版社。
11. 鄭元春，2004。戀戀台北行道樹。臺北市政府新聞處。
12. 鄭元春，2004。台北的花花世界：街道之美。臺北市政府新聞處。
13. 鄭琳枝、鄭元鑫、鄭元春編著，1996。常見的藥草。臺灣省立博物館。
14. 李學勇，1985。楓樹與楓香辨正。中華林學季刊 18(3): 93-103.

## 二、影音資料：

1. 校園常見植物新探：郭城孟教授主講
2. 臺大校園導覽系列課程：自然生態篇－郭城孟主講

## 肆、問題：

1. 請舉出校園中五種常見的棕櫚科植物，並分別之。
2. 請記錄校園中一種植物之週期變化。  
說明：研究氣候與生態事件之學門稱為物候學 (phenology)。植物的物候經常是觀察其根、莖、葉、花、果、種子等各部，依季節遞嬗所產生的變化。

## 實驗二 植物細胞 (Plant Cell)

### 壹、目的與原理：

簡單的生物個體由一個細胞構成，多細胞生物體是由單一受精卵經過多次的細胞分裂和分化，再發育成個體。在發育的過程中，細胞數目增加，細胞體積增大，並在構造及功能上分化為各種組織、器官及系統，以發揮個別細胞的功能及相互間的協調。

植物細胞的細胞膜外有一層細胞壁，可保持細胞一定的形狀。在低張溶液中 (hypotonic solution)，植物細胞會吸收水分而產生膨壓；但在高張溶液中 (hypertonic solution)，植物細胞則會發生細胞質離 (plasmolysis) 的現象。除去細胞壁的植物細胞稱為原生質體 (protoplast)，呈圓型，性質類似動物細胞，是研究細胞生物學很好的材料。

用光學顯微鏡觀察植物細胞，可以看到細胞壁包圍著整個原生質體；原生質體包括原生質膜 (plasmalemma)、細胞質 (cytoplasm) 及細胞核 (nucleus)。欲觀察原生質膜可利用折光效果或質離法。細胞核內有一個或數個核仁 (nucleoli) 嵌於核液 (karyoplasm) 中。細胞質中可觀察到色素體 (plastid)、粒線體 (mitochondrion)、液胞 (vacuole) 和質液 (cytosol)。分生組織的細胞，液胞較小，而成熟的細胞中央常被一個大液胞所佔滿，細胞質則被推擠到細胞的邊緣。後生物質如結晶體、澱粉粒及其他非結晶物質，大都分別儲存於液胞及色素體內。細胞質迴流 (cytoplasmic streaming) 可帶動胞器而移位。隨著電子顯微鏡技術的進步，陸續地發現高爾基體 (Golgi body)、內質網 (endoplasmic reticulum)、微粒體 (microbody)、核糖體 (ribosome)、核膜 (nuclear envelope)、液胞膜 (tonoplast)、原生質連絡絲 (plasmodesma) 及細胞骨架 (cytoskeleton) 等。本實驗將觀察不同的植物細胞及其內含物。

### 貳、實驗材料：

1. 水蘊草 (*Egeria densa*) 或小水蘊草 (*Elodea* sp.) 的葉片
2. 紫背萬年青 (*Rhoeo discolor*) 的葉片
3. 洋蔥 (*Allium cepa*) 的鱗葉及根
4. 番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 的果實
5. 馬鈴薯 (*Solanum tuberosum*) 的塊莖
6. 稻米 (*Oryza sativa*) 的胚乳
7. 香蕉 (*Musa sapientum*) 的果肉
8. 印度橡膠樹 (*Ficus elastica*) 的葉片
9. 紫鴨跖草 (*Tradescantia virginiana*) 的莖
10. 秋海棠 (*Begonia* sp.) 的葉柄
11. 碘液 (iodine solution)
12. 亞甲基藍液 (methylene blue)

## 參、實驗方法：

### 一、綠色植物細胞

取水蘊草的嫩葉一片，置載玻片上，加水一滴，再蓋上蓋玻片，於低倍鏡下觀察細胞之形狀及排列方式。注意位於葉片邊緣的細胞與葉片中間之細胞是否相似？再於高倍鏡下觀察一個細胞的詳細構造：細胞壁、細胞質、葉綠體、細胞核及液胞等。同時觀察細胞質迴流，有一定流向嗎？水蘊草的葉片由幾層細胞構成？葉片的顏色是由何而來？

### 二、非綠色植物細胞

一般而言，表皮細胞大多不含葉綠體。以刀片或鑷子取下一小片紫背萬年青葉片的下表皮或洋蔥鱗葉的內表皮，置於載玻片上，加水一滴後，蓋上蓋玻片，放在低倍顯微鏡下觀察細胞之形狀及排列情形。再於高倍鏡下仔細觀察半透明的細胞壁，灰色的細胞質、液胞及細胞核等構造。細胞中是否含有色素體？以亞甲基藍染色後，觀察細胞被染色的情形，那一部分染色後更為清楚？

### 三、根尖細胞 (root tip cell)

取已製妥的洋蔥根尖縱切面永久切片，置於低倍顯微鏡下觀察，注意各部位細胞的形狀及排列情形。在那一部位可看見分裂中的細胞？再以高倍鏡仔細觀察細胞內之構造：細胞核 (核膜、核仁、核液) 及細胞質。可以找到液胞嗎？若能找到液胞，液胞大或小？細胞核在細胞內所佔的比例約為多少？

### 四、細胞中之雜色體 (chromoplast)

以刀片取成熟之番瓜果肉少許，置玻片上加一滴水，蓋上蓋玻片，於顯微鏡下觀察果肉細胞的形狀及分散於細胞內不規則形狀之黃色或橘黃色顆粒，這些顆粒即為雜色體 (色素體包括雜色體與葉綠體等，均是存在於細胞質液中，不存在於液胞內)。

### 五、細胞的後生物質 (ergastic substance)

#### A. 澱粉粒 (starch grains)

以鑷子取少許馬鈴薯塊莖、稻米的胚乳及香蕉果肉，分別置於載玻片上，各加一滴水，蓋上蓋玻片，於顯微鏡下觀察澱粉粒的形狀，並注意臍 (hilum) 與其周圍的輪紋。不同植物體內的澱粉粒形狀是否相同？以碘液一小滴加在蓋玻片下，有何變化？

#### B. 結晶體 (crystals)

將印度橡膠樹之葉片、紫鴨跖草的莖或秋海棠葉柄的橫切面切片，置顯微鏡下找出含有結晶體之細胞，詳細觀察各種晶體的形態。含有結晶體的細胞與鄰近的細胞大小及形狀是否相同？各種晶體的成分為何？

## 六、植物細胞的超微構造 (ultrastructure of the plant cell)

觀察植物細胞的電子顯微鏡照片，並標明附圖中的構造。

### 肆、問題：

1. 仔細觀察植物細胞超微構造的圖片，試比較主要胞器的大小，並寫出哪些胞器是單膜 (single unit membrane)？哪些是雙膜 (double unit membrane)？
2. 細胞的後生物質有那幾種？它們可能存在於細胞之哪些部位？
3. 水蘊草置於水中以日光照射，與對照組 (不照光) 比較兩者細胞質迴流情形，可發現前者速度快而後者慢，你能推測原因嗎？而原生質迴流又有何意義？

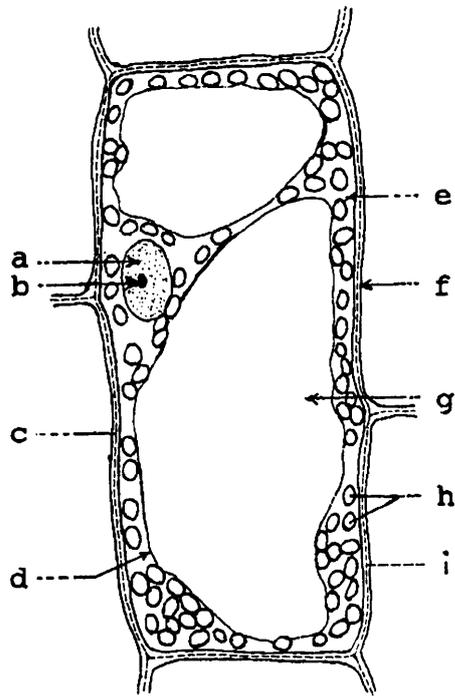


Fig. 2-1. A mesophyllous cell of *Elodea* sp. (小水蘊草)

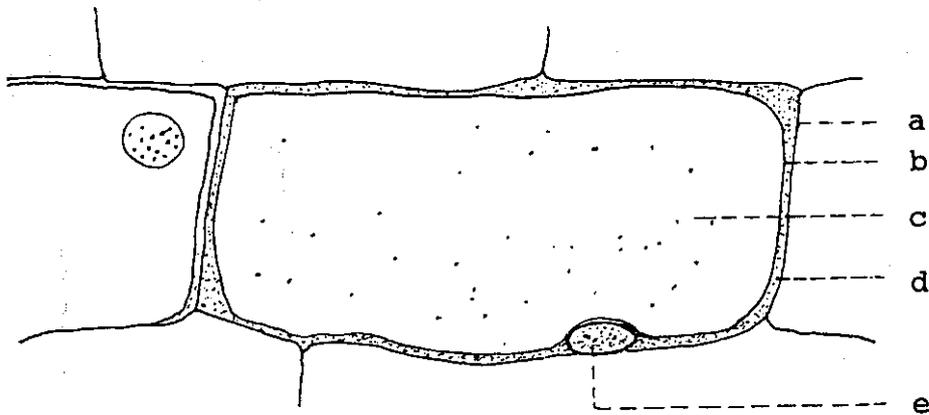
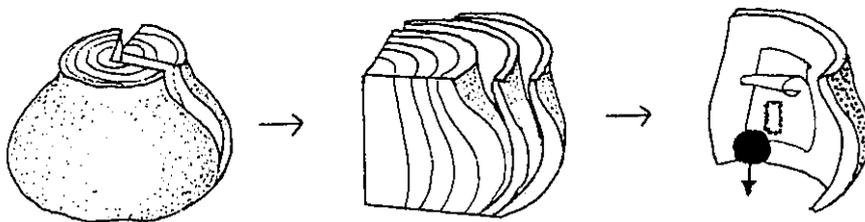
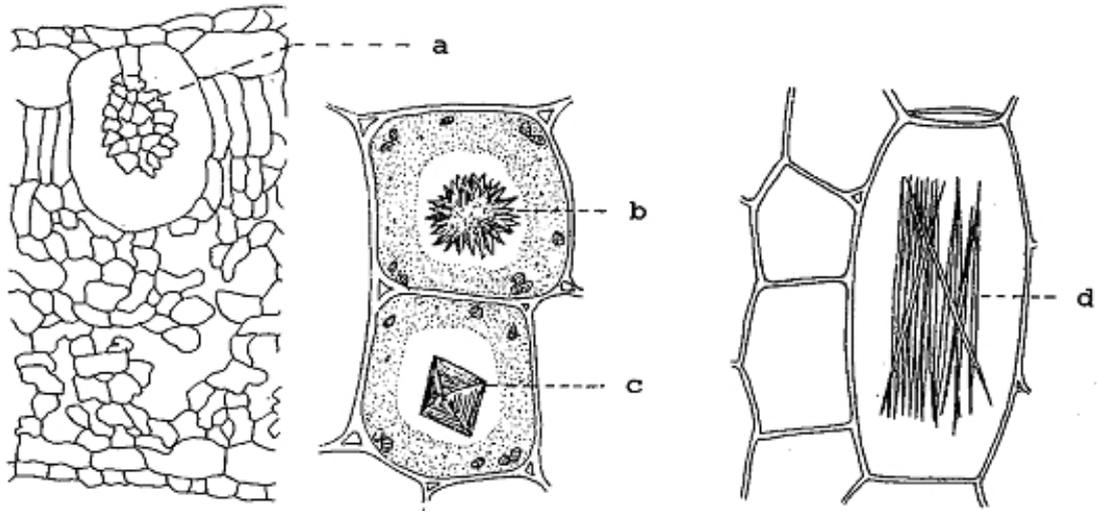


Fig. 2-2. An epidermal cell of *Allium* sp.

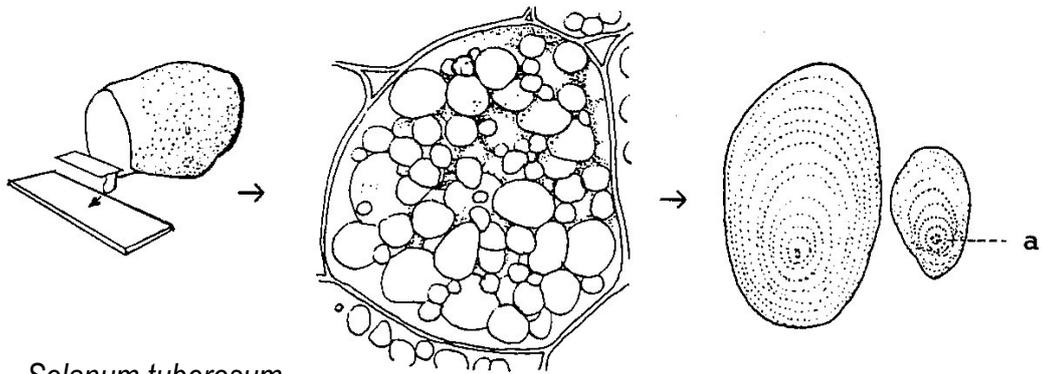


*Ficus elastica*

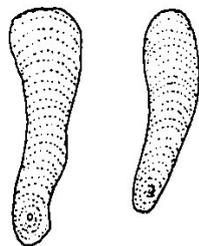
*Begonia* sp.

*Tradescantia virginiana*

Fig. 2-3. Crystals



*Solanum tuberosum*



*Musa sapientum*



*Oryza sativa*

Fig. 2-4. Starch grains

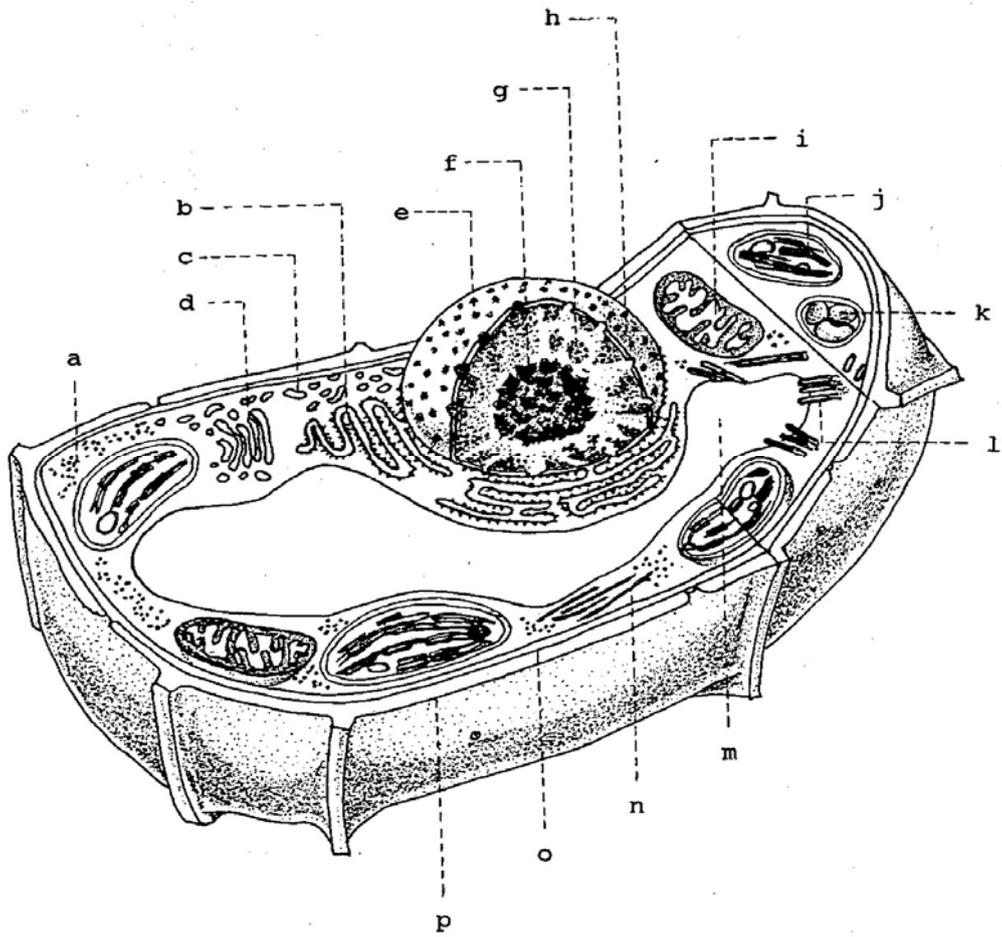


Fig. 2-5. Ultrastructure of a plant cell

# 實驗五 根 (Roots)

## 壹、目的與原理：

根為植物體吸收水分及養分的主要器官，並有固著、貯藏及輸送等功能。為使耕作、栽培、灌溉和施肥達到最佳的效益，對於植物根系在土壤中的分佈狀態及根的內部構造都應有所了解。

## 一、根系的種類

### 1. 軸根系 (taproot system)：

由胚根 (radicle) 長出的初生根 (primary root) 發育成一支較粗大的主根，再由主根生出二次側根 (secondary root)、三次側根 (tertiary root) 等。大部分雙子葉植物和裸子植物為此種根系。

### 2. 鬚根系 (fibrous root system)：

胚根形成的初生根很早就停止生長，而由莖基部的節上長出許多粗細相似的不定根 (adventitious root) 取代。大部分單子葉植物屬此種根系。

## 二、根的內部構造

### 1. 根的縱切面 (longitudinal section of root)：

最頂端為根帽 (root cap)，可保護分生組織。頂端分生組織 (apical meristem) 位於根帽之內，細胞小而排列緊密，細胞質較濃，且有分生新細胞的能力。延長區 (region of elongation) 位於頂端分生組織之上，此處細胞延長極速，使根不斷伸入土中。分化區或成熟區 (region of differentiation) 位於延長區之上，此處的表皮 (epidermis)、皮層 (cortex) 和中柱 (stele) 已有明顯的區別；由於分化區之部分表皮細胞向外突出形成根毛 (root hair)，以增加吸收能力，因此又稱為根毛區。

### 2. 根的橫切面 (transverse section of root)：

以根分化區的橫切面為例：

- 1) 表皮：大都為一層薄壁細胞 (parenchyma) 所組成，部分細胞向外突出成為根毛。
- 2) 皮層：位於表皮和中柱之間，由數層薄壁細胞所組成，細胞之間有明顯的細胞間隙 (intercellular space)。最內一層細胞為內皮層 (endodermis)，細胞排列緊密且其細胞壁上有一圈木栓化加厚的區域稱為卡氏帶 (Caspian strip)。
- 3) 中柱：位於根之中心，由下列數種組織所組成。
  - a. 周鞘 (pericycle)：位於中柱最外層，與內皮層緊臨，由單層或數層薄壁細胞構成。可行細胞分裂，產生側根。

- b. 木質部 (xylem)：雙子葉植物根的木質部位於根的中心，呈輻射狀分佈，由管胞 (tracheid)、導管細胞 (vessel element) 和薄壁細胞等組成。木質部較早成熟的細胞稱為早成木質部 (protoxylem)，細胞較小位於外緣，即輻射芒的先端部份；而較晚成熟的稱為晚成木質部 (metaxylem)，位於內部即中心部分，細胞直徑較大。
- c. 韌皮部 (phloem)：介於木質部組織之間，由篩管 (sieve tube)、伴細胞 (companion cell) 和薄壁細胞等組成。

多年生雙子葉植物根部之木質部與韌皮部之間，會有未分化的原始形成層 (procambium) 存在，可分化為形成層以產生木質部的次生組織。單子葉植物根的中心常為薄壁細胞所組成的髓 (pith)，而不是木質部組織。

### 三、特化根

1. 貯藏根 (storage root)：如胡蘿蔔、甘藷的根，可積存大量的養分。
2. 氣生根 (aerial root)：如榕樹、蘭科植物的不定根暴露於空氣中。
3. 支持根 (prop root)：如玉米的不定根，而榕樹的氣生根則可一直向地面生長，並深入土中，供支持之用。
4. 寄生根 (parasitic root)：如菟絲子莖部產生之不定根稱為吸器 (haustorium)，可侵入寄主組織中，吸收營養物質。
5. 菌根 (mycorrhiza)：如松、橡樹等的根與真菌共生。
6. 根瘤 (root nodule)：如豆科植物的根與細菌共生。

### 貳、實驗材料：

1. 菠菜及水稻的根
2. 洋蔥 (*Allium cepa*) 根尖縱切面切片
3. 毛茛 (*Ranunculus sp.*) 根橫切面切片
4. 玉米 (*Zea mays*) 根橫切面切片
5. 彩葉草 (*Coleus sp.*) 根橫切面切片
6. 各種特化的根

### 參、實驗方法及問題：

1. 觀察菠菜和水稻的根系，試比較兩者的差異。菠菜的主根是由胚的哪部分構造發育來的？水稻根系由何種根組成？
2. 觀察洋蔥根縱切面的切片。根帽細胞的哪一部分較為幼嫩？哪部份較為衰老？分生組織區的細胞，細胞分裂的情形是否易見？你觀察到哪些細胞分裂時期？延長部的表皮、皮層和中柱的細胞，在形態上有何不同？根毛是否能觀察到？是由單細胞或多細胞所組成？
3. 觀察毛茛根的橫切面切片。畫出毛茛根的橫切面簡圖，並標明各組織的相關位置。再詳細繪圖並標示中柱內各組織及細胞。在切片中，較早成熟的木質部細胞在那裏？根的中心部分是什麼細胞？說明周鞘的功能。在你所觀察的切片中，毛茛根的木質部分為幾股 (strand)？在皮層薄壁細胞中，能否看到色素體 (plastid)？是屬於那一種？
4. 觀察玉米根橫切面的切片，標明各部組織的名稱。內皮層有何明顯的特徵？中央的髓是由何種分生組織分化而來？玉米根的解剖與毛茛根有何不同？

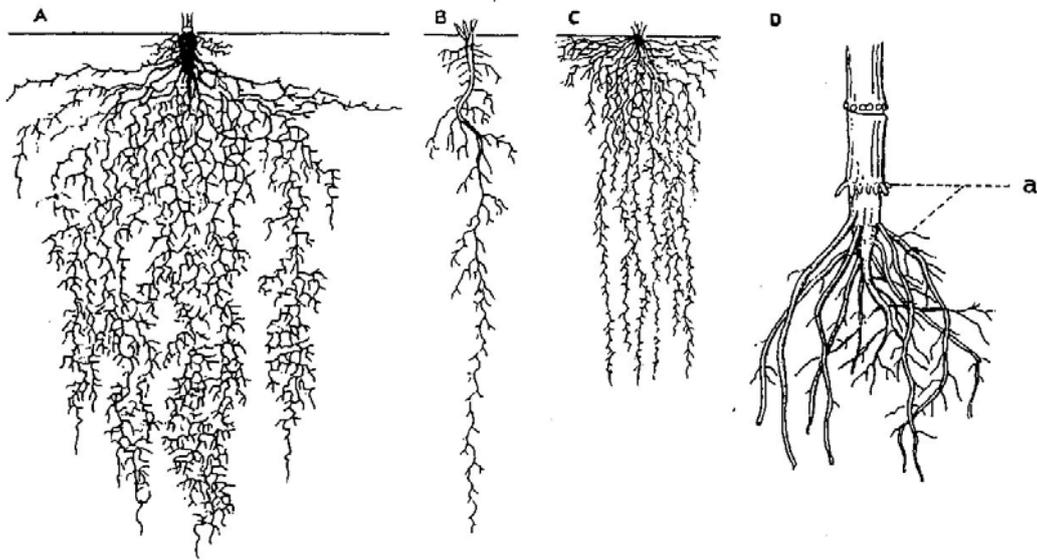
5. 觀察彩葉草根的橫切面。側根起源於何種組織？它最先是行平周或垂周分裂方式？
6. 觀察各種特化的根。

Slide :

1. Angiosperm Root Set 48-2835

Film :

1. The Growth of Plants (Carolina Biological Supply Company)



A & B : \_\_\_\_\_ root system    C & D : \_\_\_\_\_ root system

Fig. 5-1. Root system

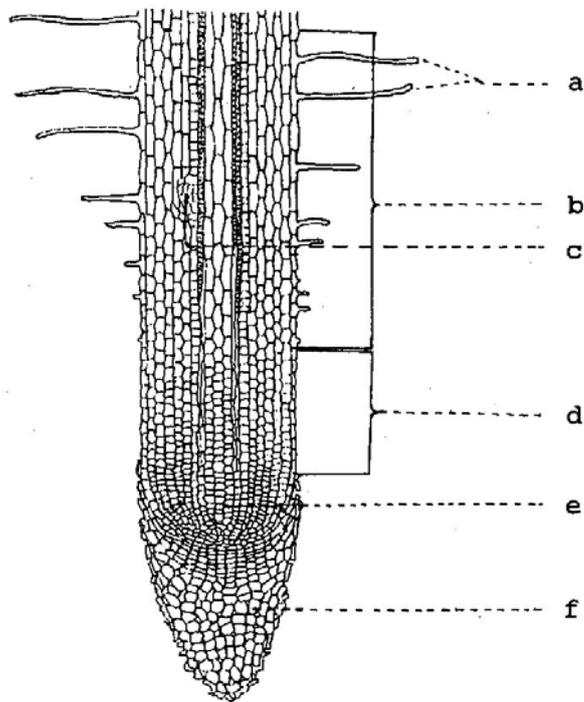


Fig. 5-2. Longitudinal section of root of *Allium cepa*

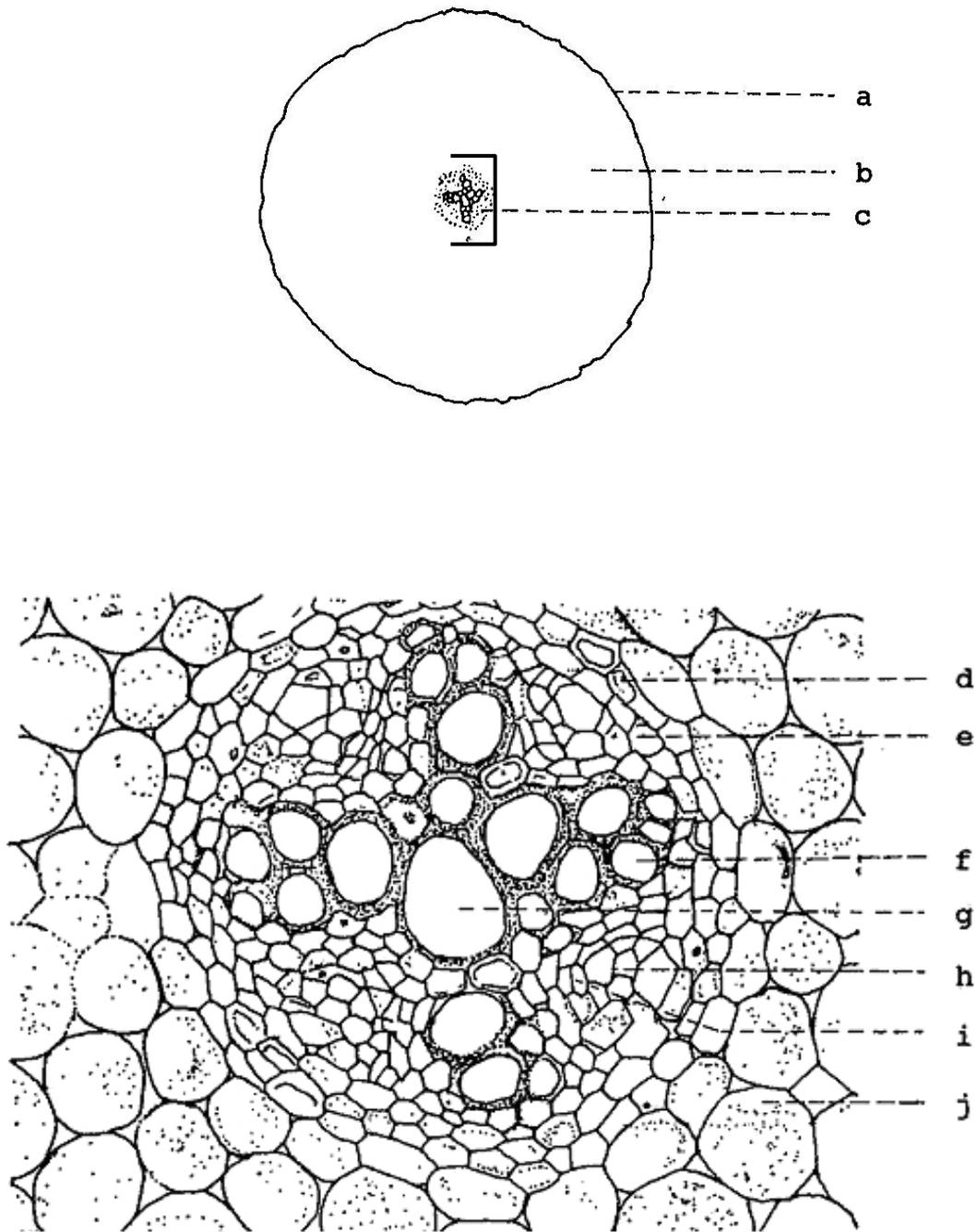


Fig. 5-3. C.S. of root of *Ranunculus* sp.

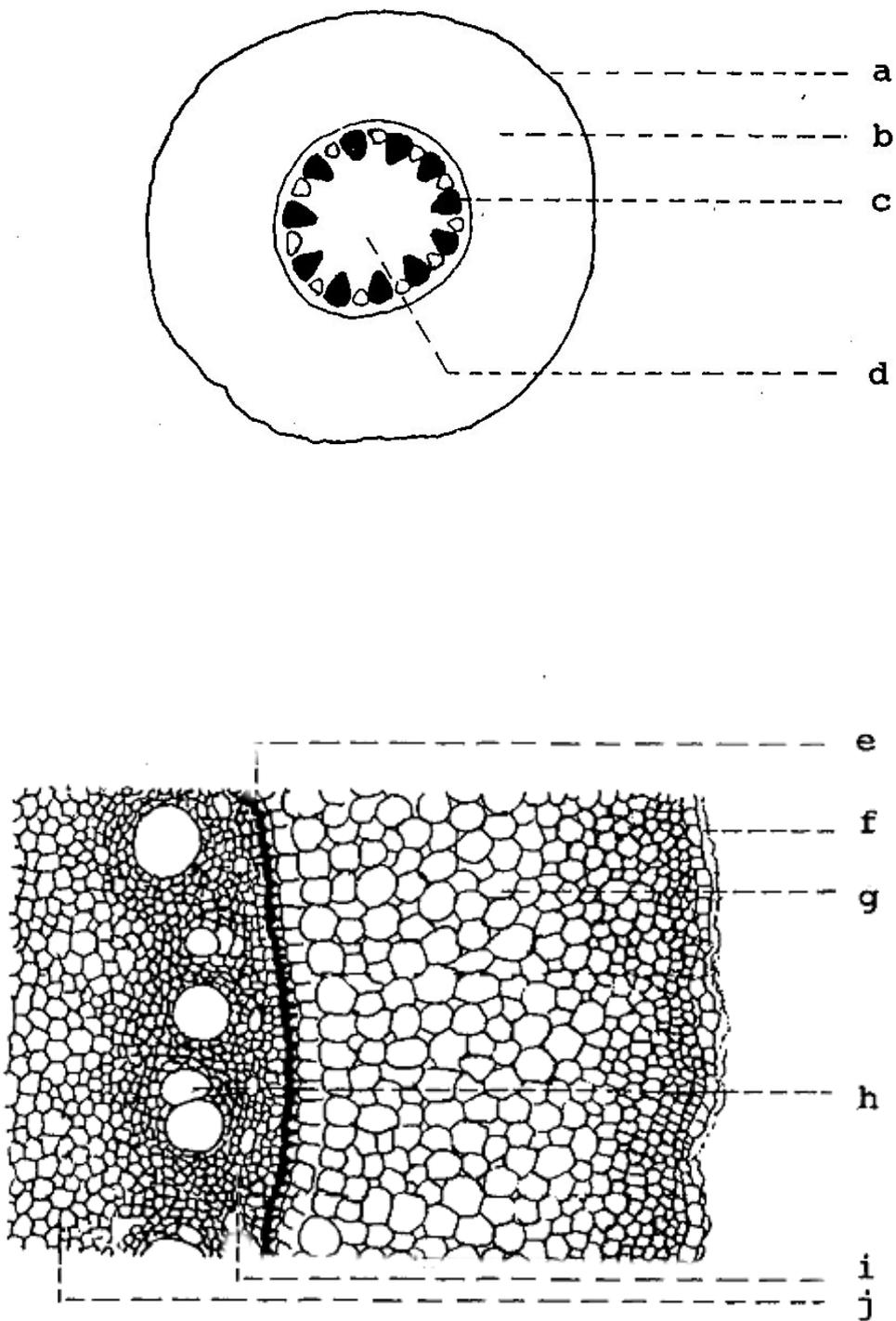


Fig. 5-4. C.S. of root of *Zea mays*

# 實驗六 莖 (Stems)

## 壹、目的與原理：

莖為植物體地上部分的主軸，具有支持，輸送水分與養分的功能。莖頂的分生組織可分生新細胞，形成葉、枝和花等構造，以進行植物體的營養和生殖生長。

### 一、莖的外觀

在莖與枝上最明顯的構造是節 (node) 與節間 (internode)。芽是未成長伸展的枝、葉或花，依其生長位置的不同可分為頂芽 (terminal bud)、側芽 (lateral bud) 或稱腋芽 (axillary bud) 及不定芽 (adventitious bud)。莖的表面常可看到葉脫落後所留下的痕跡稱為葉痕 (leaf scar)，而散生於莖表面淺色斑點狀突起，稱為皮孔 (lenticel)，是氣體出入的通路。

### 二、莖的內部構造

莖頂的縱切面：

莖頂為頂端分生組織 (apical meristem)，其兩側突出之弦月形構造為葉原體 (leaf primordium)，而葉腋常具有芽原體 (bud primordium)。

莖的橫切面：

雙子葉植物：

- 1) 表皮 (epidermis)：位於莖的最外層，通常由單層細胞構成，各細胞的外壁較厚，徑向壁 (radial wall) 由外向內漸薄，內壁不增厚，外壁增厚處為角質層 (cuticle) 覆蓋，具有保護的作用。幼莖上常有氣孔，而部分表皮細胞特化成毛茸 (trichome)。
- 2) 皮層 (cortex)：位於表皮與維管束之間，由薄壁細胞 (parenchyma)、厚角細胞 (collenchyma) 等組成，有些薄壁細胞形成分泌細胞 (secretory cell)。
- 3) 維管束組織 (vascular tissue)：由木質部 (xylem)、韌皮部 (phloem) 及形成層 (cambium) (或原始形成層) 組成，呈束狀環形排列於莖的橫切面上。
  - a. 木質部：位於維管束的向心部位，由導管細胞 (vessel element)、管胞 (tracheid)、纖維 (fiber) 及薄壁細胞等組成。早成木質部位於木質部的最內端，晚成木質部則接近形成層。
  - b. 形成層：形成層源自原始形成層中未分化的薄壁細胞及相連的束間組織。原始形成層介於木質部和韌皮部之間，為一群仍具有分生能力的薄壁細胞，其向外增生韌皮組織，向內增生木質組織。束間組織則位於維管束組織之間。
  - c. 韌皮部：位於維管束的遠心部位，由篩管 (sieve tube)、伴細胞 (companion cell)、韌皮纖維 (phloem fiber) 和薄壁細胞組成。
- 4) 髓和射髓 (pith & pith ray)：髓位於莖的中心部位，由薄壁細胞組成，能貯藏養分。當有次生生長 (secondary growth) 時，髓常被擠壓。在維管束間的

薄壁細胞，自髓放射延伸至皮層，稱為射髓，可以橫向輸導水分與養分。

單子葉植物：

- 1) 表皮：由一層細胞所組成，位於莖的最外層。
- 2) 基本組織 (ground tissue)：位於維管束組織之間，由薄壁細胞組成，有些植物莖的中央為空腔。
- 3) 維管束組織 (vascular tissue)：維管束 (vascular bundle) 散佈在基本組織中，每一束維管束的外圍常有些厚壁細胞 (sclerenchyma)，其內則包括兩部分：
  - a. 木質部：位於維管束的向心方向，早成木質部及晚成木質部都顯著，由管胞、導管等細胞組成。
  - b. 韌皮部：位於維管束的遠心方向，早成韌皮部常被擠壓而破壞，晚成韌皮部較顯著，由篩管、伴細胞等組成。

### 三、莖的次生生長

多年生木本植物由於形成層的逐年活動，不斷產生新的次生維管束組織，使得莖增長粗大。每一生長期所產生的次生木質部組織均比次生韌皮部組織多，並且後者常因新生的內部組織向外推擠而遭破壞，故無增厚現象。次生木質部的組織在生長期之早期所產生的細胞，直徑大，壁薄，色淡，稱為早材 (early wood)，在生長期之後期所產生的細胞直徑小，壁厚，色深，稱為晚材 (late wood)。早材與晚材交互成層，在莖中形成無數同心環紋，稱為生長輪 (growth ring) 也叫做年輪 (annual ring)。

### 四、特化莖

莖的特化主要有下列幾種：

1. 根莖 (rhizome)：水平生於地表面下，呈圓柱狀，具節與節間的構造，如蓮藕、鳶尾。
2. 塊莖 (tuber)：生於地表下，短而肥厚，具有節與節間的構造，節長芽眼，如馬鈴薯。
3. 球莖 (corm)：短而膨大的地下莖，如荸薺、劍蘭。
4. 鱗莖 (bulb)：其上有肥厚的鱗葉聚集，如洋蔥、蒜瓣。
5. 走莖 (stolon)：細長、匍匐地面或橫走於地下，如草莓之走莖，節處可另生新植株，為十分有效的繁殖方法。
6. 葉狀莖 (cladode)：如蘆筍、文竹。
7. 莖捲鬚 (stem tendril)：如葡萄的卷鬚有支持作用。

### 貳、實驗材料：

1. 楓香樹 (*Liquidambar formosana*) 的幼枝
2. 彩葉草 (*Coleus* sp.) 莖頂的縱切面切片
3. 向日葵 (*Helianthus annuus*) 莖的橫切面切片
4. 玉米 (*Zea mays*) 莖的橫切面切片

5. 鋪地黍 (*Panicum* sp.) 莖的橫切面切片
6. 一年生和多年生松 (*Pinus* sp.) 莖的橫切面切片
7. 各種特化的莖

### 參、實驗方法及問題：

1. 取楓香樹幼莖一段，觀察芽和葉的發生及排列關係。並注意莖表面上皮孔的形態。楓香樹的芽外面是否有苞片（鱗片）包住？這種芽稱為什麼芽？
2. 取彩葉草莖頂的縱切面觀察，標明各種細胞組織的名稱。如何區分葉原與芽原？
3. 取向日葵莖的橫切面切片置於顯微鏡下觀察，標明各部組織的名稱。表皮組織有無毛茸？皮層由那幾種細胞組成？維管束組織裏的早成木質部和晚成木質部的位罝如何？與雙子葉植物根裏的情形有何差異？在木質部你能找到哪些種類的細胞？韌皮部呢？未分化的原始形成層細胞有何特徵？
4. 取玉米莖橫切面切片觀察，標明各種細胞組織的名稱。維管束在基本組織裏的分佈如何？維管束鞘是薄壁細胞或厚壁細胞？早成木質部的細胞與晚成木質部者有何不同？維管束裏有沒有形成層？韌皮部裏的篩管細胞和伴細胞有何特徵？
5. 取鋪地黍莖的切片觀察，並與玉米莖之觀察結果作一比較。
6. 取二年生的松莖橫切面切片於顯微鏡下以低倍鏡觀察。如何區分早材、晚材和後生韌皮部？次生生長開始後，初生韌皮部、初生木質部、皮層、髓等組織的命運如何？
7. 觀察各種特化莖的特徵。

Slide:

1. Angiosperm Stem Set 48-2845

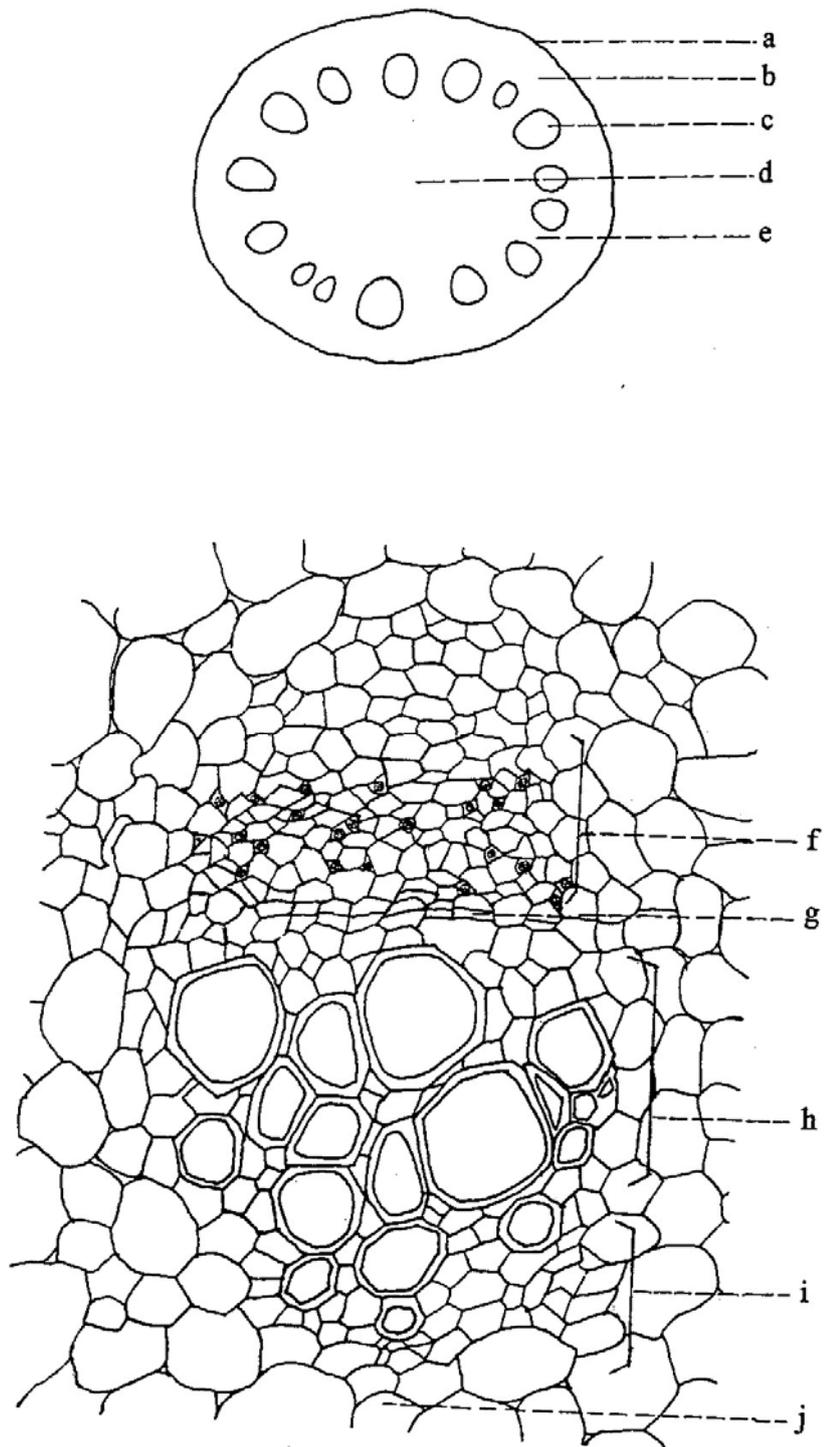


Fig. 6 -1. C.S. of stem of *Helianthus annuus*

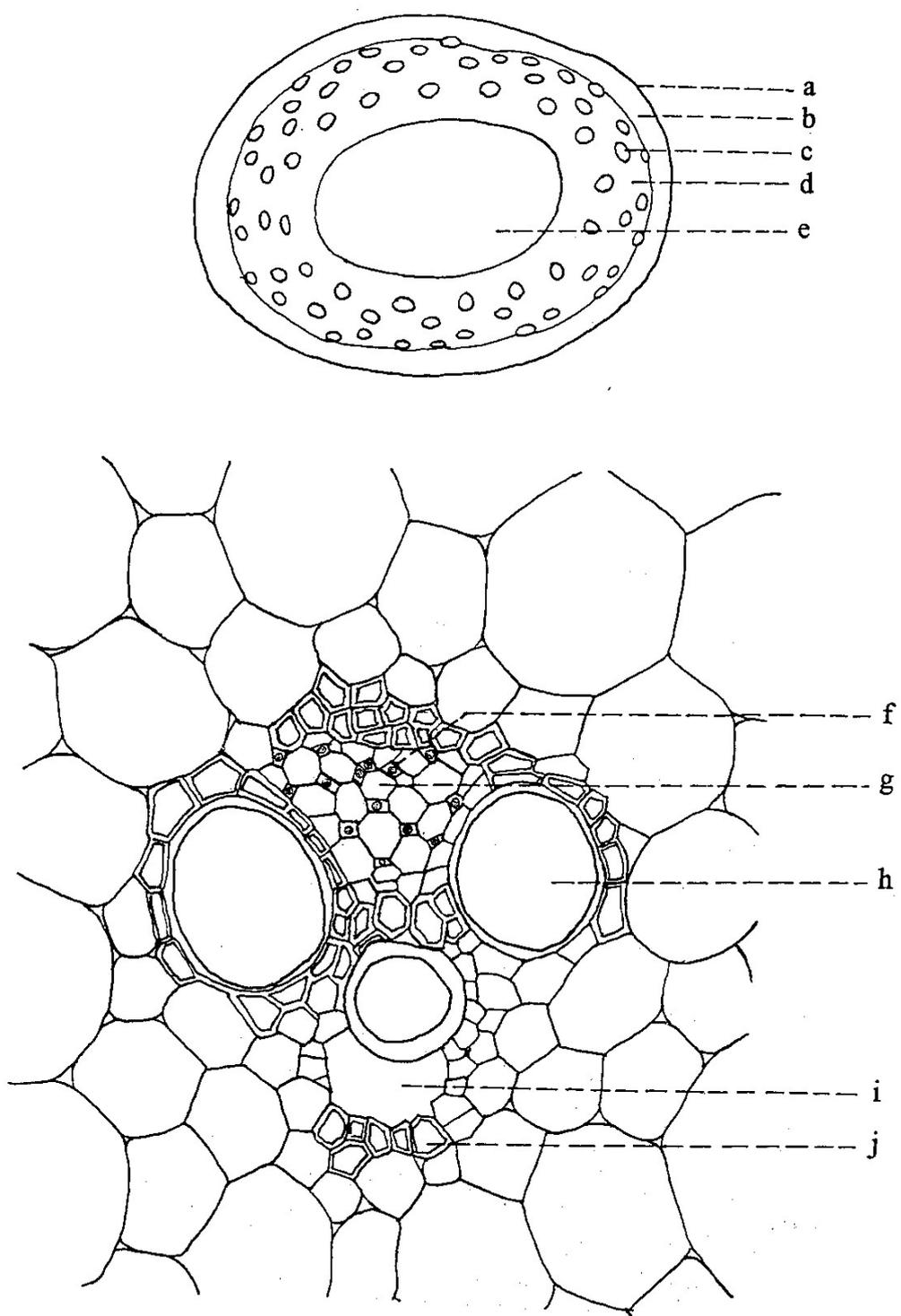


Fig. 6-2. C.S. of stem of *Panicum* sp.

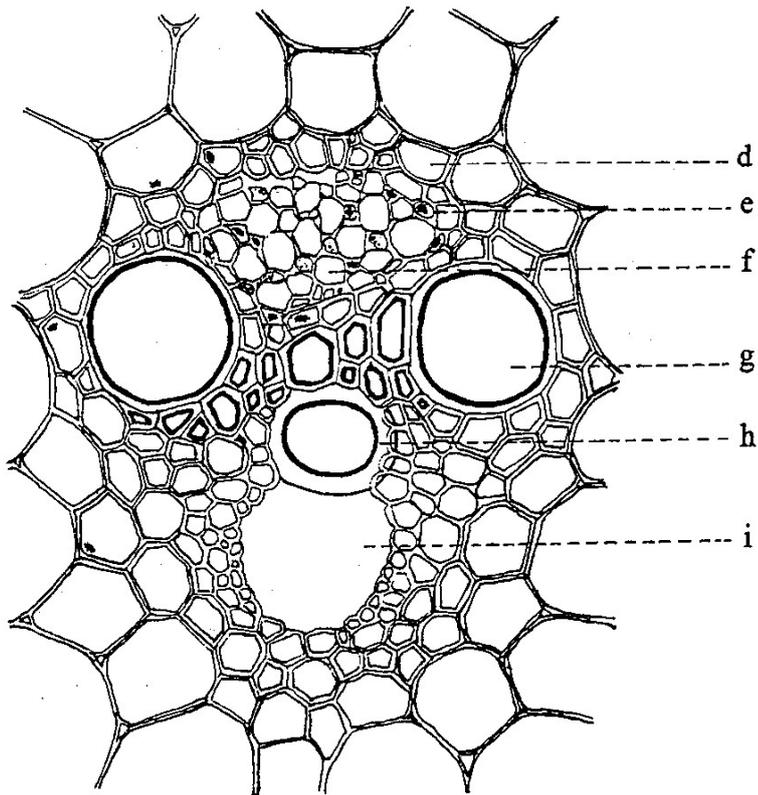
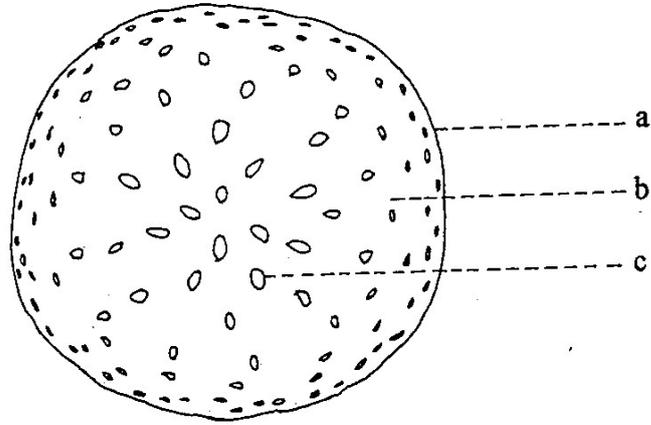


Fig. 6-3. C.S. of stem of *Zea mays*

# 實驗七 葉 (Leaves)

## 壹、目的與原理：

葉是高等植物的重要營養器官，光合作用、蒸散作用及泌水作用 (guttation) 都是在葉部進行完成，葉的內部構造與這些生理作用有極密切的關係。

## 一、葉的外形

雙子葉植物葉的形狀及大小常因植物種類不同而異，因此葉的形態特徵常可作為分類依據。葉具有葉身 (blade)、葉柄 (petiole) 和托葉 (stipule) 三部份者稱為完全葉 (perfect leaf)，缺少其中任一部份者即為不完全葉 (imperfect leaf)。在一枚葉柄上只著生一葉片者稱為單葉 (simple leaf)；在一枚葉柄上有多數小葉片 (leaflet) 者稱為複葉 (compound leaf)。依小葉片著生在葉柄的方式不同分成羽狀複葉 (pinnately compound leaf)，小葉排在葉軸 (rachis) 的兩側成羽狀；掌狀複葉 (palmately compound leaf)，小葉的基部集生於葉柄的頂端展開如掌狀。

單子葉植物的葉包括葉鞘 (sheath)、葉身和葉舌 (ligule) 三部份，有些種類還有葉耳 (auricle)。葉鞘位於葉身的基部，圍抱在莖上，葉身通常窄長。中央有主脈，兩側有多數平行的小脈。葉鞘和葉身交接處有透明膜狀的構造即葉舌。葉耳則為葉身基部突出構造，狀如小耳。

裸子植物中的松柏類具有針狀或鱗片狀的葉。

葉在莖上排列的方式稱為葉序 (phyllotaxy)，可分成互生 (alternate)、對生 (opposite) 和輪生 (whorled) 三種。葉序互生者，每一節上只生一葉；對生者，每一節上生兩葉；輪生者，每一節上生有三葉或三葉以上圍繞成輪狀。

## 二、葉的解剖

### 葉的橫切面

雙子葉植物：

1. 表皮：由單層或多層細胞組成，細胞壁與外界接觸的一面有角質層 (cuticle) 覆蓋，可防止水分的過份蒸散。表皮細胞 (epidermal cell) 沒有葉綠體及細胞間隙。表皮細胞之間有氣孔 (stoma)，為氣體交換的孔道。氣孔周圍為一對腎形的保衛細胞 (guard cell)，內有葉綠體，細胞壁鄰接孔口的部份較其他部份為厚。有些表皮細胞特化成毛茸 (trichome)，有保護和減少蒸散的作用。
2. 葉肉 (mesophyll)：位於表皮組織之內，依細胞的形狀和排列方式分成兩種組織：
  - a. 柵狀組織 (palisade parenchyma)：鄰近上表皮，細胞長柱形，排列緊密，含有大量葉綠體，為光合作用的主要部位。
  - b. 海綿組織 (spongy parenchyma)：柵狀組織以下的葉肉部分，細胞形狀變化較大，排列疏鬆。

3. 維管束組織 (vascular tissue)：在葉內稱之為葉脈，由莖與枝經葉柄伸入葉肉。最主要的一條中肋 (midrib)，由中肋再分叉形成無數側脈。葉脈外圍有束鞘 (bundle sheath)，內有木質部和韌皮部。木質部近上表皮，韌皮部近下表皮，側脈的末梢則只有木質部的管胞而無韌皮部。

單子葉植物：

單子葉植物葉內部的基本構造，與雙子葉相似，但葉肉細胞多無柵狀組織和海綿組織之分，並常含有多量的纖維細胞。

### 三、特化葉：

葉的特化主要有下列幾種：

1. 芽鱗 (bud scale)：無柄，佈滿毛茸，具保護莖頂、幼葉的功能，如杜鵑花的芽鱗。
2. 葉針 (spine)：如仙人掌的葉針，可減少水分散失。
3. 葉捲鬚 (leaf tendril)：如豌豆的葉捲鬚，具攀緣作用。
4. 貯藏葉 (storage leaf)：如洋蔥、百合由許多鱗葉構成。
5. 捕蟲葉 (insectivorous leaf)：食蟲植物 (carnivorous plant) 的葉片可捕捉昆蟲，並將之消化，如捕蠅草。
6. 繁殖葉 (reproductive leaf)：如落地生根的葉，其葉緣具有繁殖的能力。
7. 葉狀柄 (phyllode)：如相思樹之葉，只留葉柄 (剛發芽時之初生葉為羽狀複葉)。

### 貳、實驗材料：

1. 新鮮材料的葉：楓香、榕、女貞、夾竹桃、玫瑰、月橘、木棉 (或馬拉巴栗)、合歡、天竺葵等及各種特化葉
2. 玫瑰 (*Rosa* sp.) 葉橫切面切片
3. 唐菖蒲 (*Gladiolus* sp.) 葉橫切面切片
4. 松 (*Pinus* sp.) 葉橫切面切片

### 參、實驗方法：

1. 觀察楓香、榕的葉，區別完全葉和不完全葉？
2. 觀察楓香、女貞、夾竹桃，如何決定葉序？
3. 觀察玫瑰、月橘、木棉、合歡的葉，區別掌狀複葉、羽狀複葉及羽狀複葉的回數？
4. 觀察玫瑰葉橫切面切片，並標明名稱。柵狀組織有幾排細胞？上表皮能否找到氣孔？如何鑑別葉脈的木質部、韌皮部細胞？葉肉細胞通常稱為綠色細胞組織 (chlorenchyma)，為什麼？
5. 觀察唐菖蒲葉的切片，並標明各部組織的名稱。這種植物的葉是否有上與下表皮之分？葉脈的分佈如何？葉肉組織的分化如何？葉肉內是否有薄壁細

胞以外的細胞或組織？是什麼？

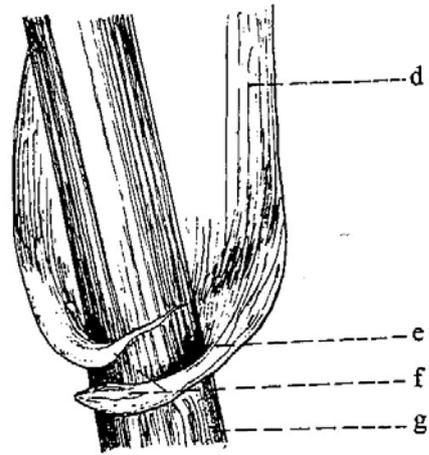
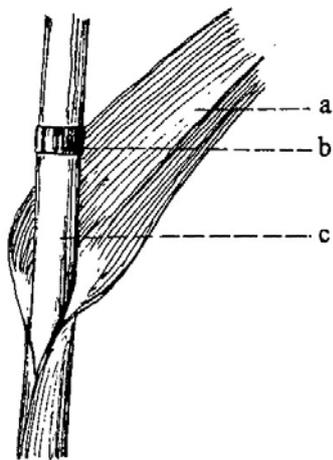
6. 觀察松葉橫切面切片，並標明名稱。松葉的表皮細胞有何特色？葉肉細胞的形態如何？維管束組織（葉脈）的最外圍有一層細胞，叫什麼？有何特徵？
7. 取一小片天竺葵的葉片，將葉面洗淨，用衛生紙擦乾。以少量透明無色指甲油或樹脂塗抹於其下表面之局部，待乾後以鑷子小心剝下所塗抹已成薄膜之部份，置於載玻片上，加蓋玻片於顯微鏡下觀察。注意表皮細胞與氣孔之排列。
8. 觀察各種特化葉的特徵。

Slide :

1. Angiosperm Leaf Set 48-2825

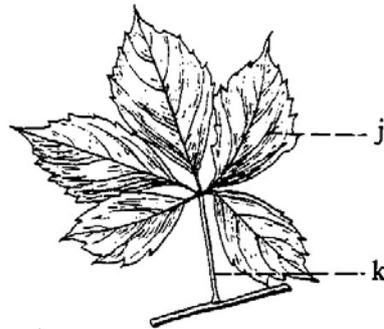
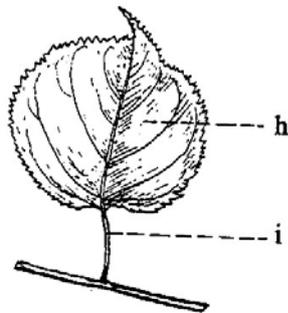
Film :

1. Plant in Action (BBC Education Company)



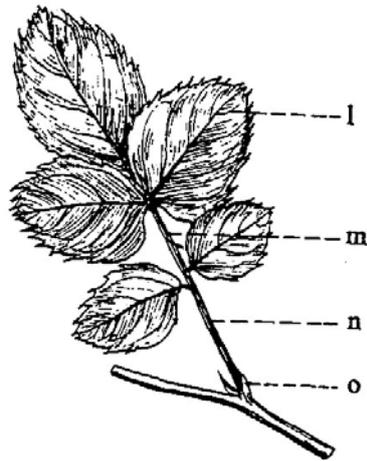
A.  
A & B : Grass leaf

B.



C. Simple leaf

D. Palmately leaf



E. Pinnately leaf

F. Bipinnately leaf

Fig. 7-1. Various kinds of leaves

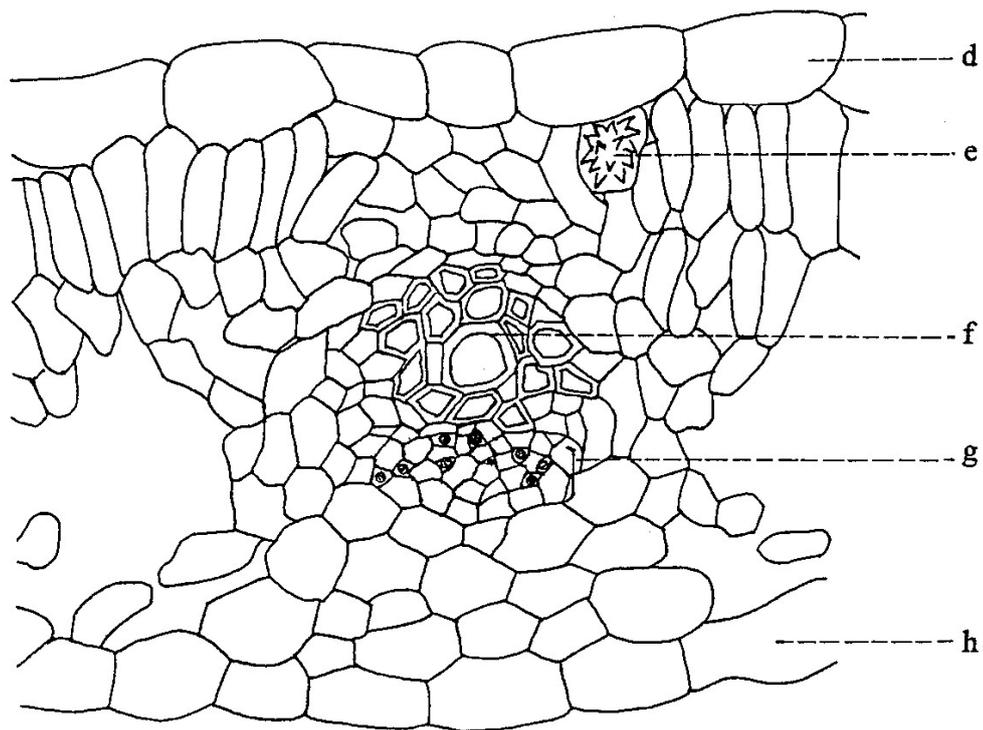
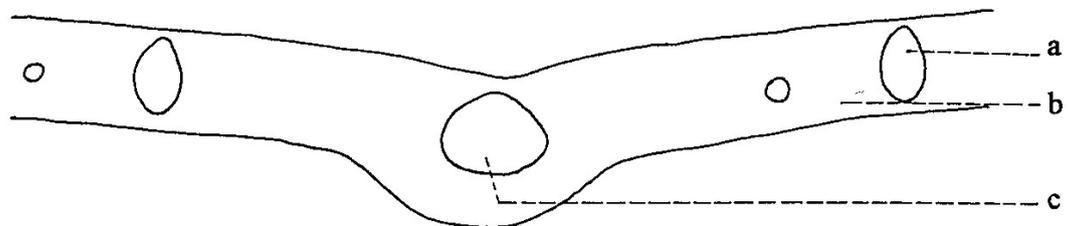


Fig. 7-2. C.S. of leaf of *Rosa* sp.

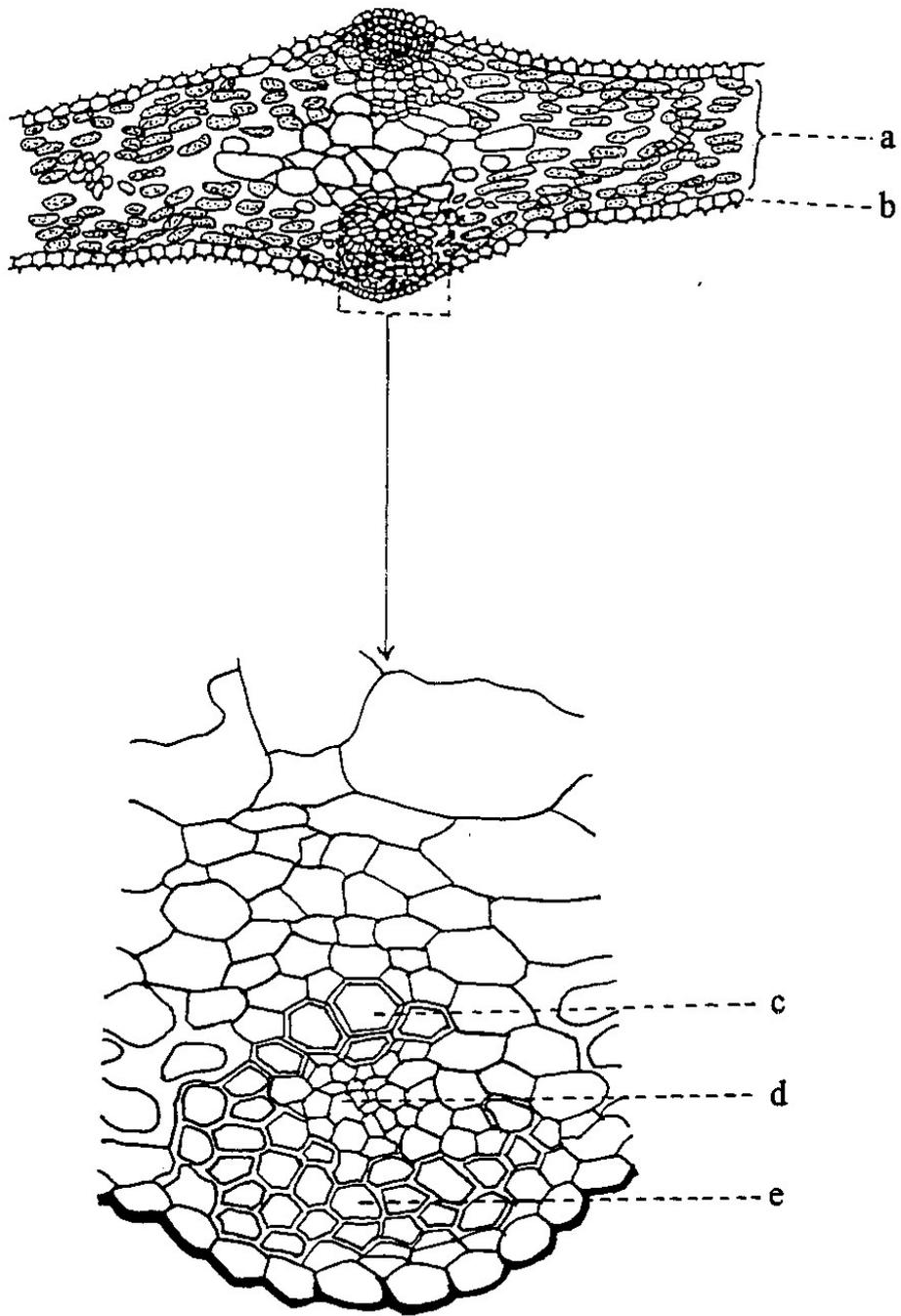


Fig. 7- 3. C.S. of leaf of *Gladiolus* sp.

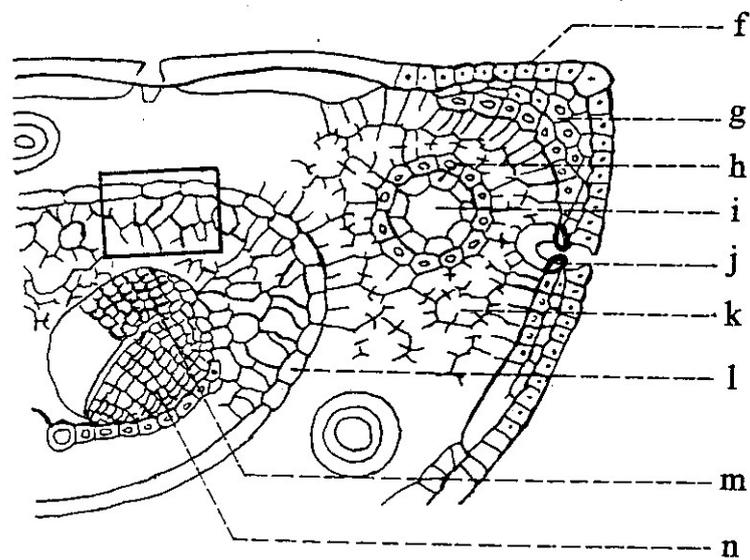
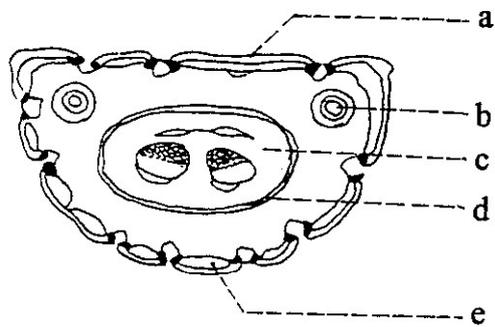
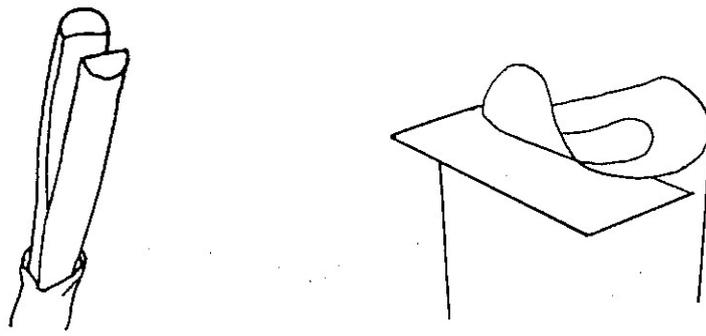


Fig. 7- 4. C.S. of leaf of *Pinus* sp.

# 實驗十四 種子發芽和澱粉水解酶

## 壹、目的與原理：

種子在發育過程中會合成大量的大分子養分 (reserve food)，以供萌芽後胚軸之早期生長使用。穀類作物的種子內，存有大量的澱粉粒，發芽後，澱粉被澱粉水解酶分解成小分子的葡萄糖，經過轉化成蔗糖後，再送到生長中的幼芽和幼根。 $\alpha$ -amylase (澱粉水解酶或稱液化酵素) 是水解完整澱粉粒的第一個酵素，它是在種子浸水後，才由胚內的吸片 (scutellum) 和胚乳的糊粉層 (aleurone layer) 合成，分泌到澱粉質地的胚乳中，以消化澱粉粒。我們利用澱粉分子遇碘呈藍色反應的原理，可以很簡明地以澱粉薄層技術，觀察發芽期間穀粒內澱粉水解酶的存在及產生的部位。

## 貳、實驗材料與準備工作：

### A. 材料：

1. 玉米種子
2. 培養皿、刀片、鑷子
3. 馬鈴薯澱粉、洋菜粉、碘液

### B. 實驗前準備工作：

1. 實驗前 0.5、1、2、3 天，分別以流水浸泡玉米種子 16 小時，再播於潮溼的蛭石中，放在暗處發芽。
2. 澱粉膠層的製備：
  - (1) 配製 50 mM Na-acetate 緩衝液 (pH 5.5，含 10 mM  $\text{CaCl}_2$ )。
  - (2) 稱 0.3 克澱粉，加入 100 mL 緩衝液，加熱糊化。
  - (3) 每 100 mL 澱粉緩衝液，加入 1 克洋菜粉，加熱至溶解。
  - (4) 充分搖勻，待溫度降到 50°C 左右，倒入培養皿 (每一皿 10 mL)，搖動散開勻後，水平放置待凝。
3. 碘液：稱取 1.2 克  $\text{I}_2$  和 12 克 KI，溶於 1 公升的 0.1 N HCl 溶液。

## 參、實驗方法：

1. 每組取一個含澱粉膠的培養皿，並於背面處作上標記。
2. 取萌芽 0.5、1、2、3 天的玉米幼苗各 1 棵。洗淨後，去除芽鞘及根部，只留下穀粒。
3. 用吸水紙輕輕吸乾穀粒，以銳利的刀片將之由中心縱剖。
4. 小心地用鑷子把半穀粒放到澱粉膠上 (令切傷面向下)，再用手指輕按一下，使種子剖面與膠面接觸良好。(注意：種子一旦與膠面碰觸，不得再移動)。
5. 計時 10-15 分鐘後，倒入適量之碘液只需淹蓋澱粉膠層即可，立即以鑷子取出半穀粒，再搖勻碘液。
6. 搖勻後，馬上將碘液倒掉，避免澱粉膠深層染色，影響觀察。

7. 觀察與穀粒接觸之澱粉膠面的顏色變化。繪圖記錄不同萌芽時期的穀粒所造成的透明帶之部位，並比較之。

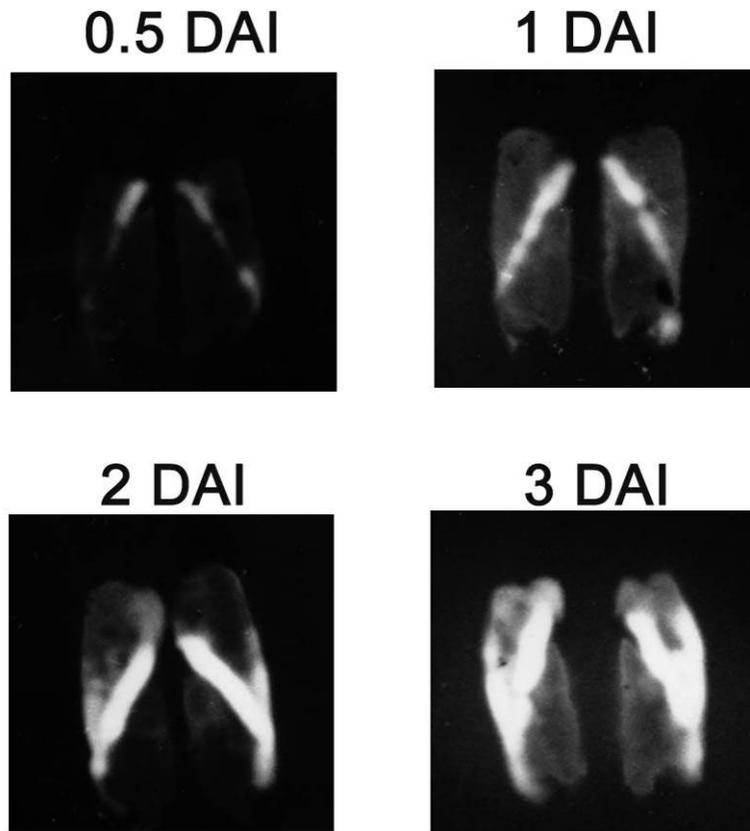
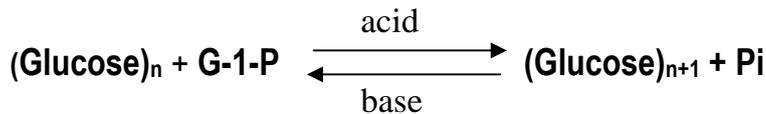


Fig. 14-1 玉米種子澱粉薄層膠染色結果  
(DAI: day after imbibition)

# 實驗十五 澱粉磷解酶 (Starch phosphorylase)

## 壹、目的與原理：

藉著澱粉磷解酶 (starch phosphorylase) 的反應，了解酵素作用的特性。澱粉磷解酶可以催化澱粉分解成磷酸-1-葡萄糖 (glucose-1-phosphate, 簡稱 G-1-P)，也可以逆向催化由 G-1-P 合成澱粉。一般而言，此酵素催化之澱粉合成反應，需要少量小分子的澱粉或寡糖類做為引子 (primer)。



我們可以利用碘液檢定澱粉的存在，觀察環境因子對於澱粉磷解酶活性的影響，從而了解酵素作用的一般特性。

## 貳、實驗材料與準備工作：

### A. 實驗材料

1. 馬鈴薯
2. 96 孔微盤、滴管、試管架
3. 試劑：0.01 N NaF；0.01 M glucose-1-phosphate；0.2 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ；0.2% 澱粉溶液；碘液 (2 克  $\text{I}_2$  和 20 克 KI 溶於 1 公升的 0.1 N HCl)

### B. 粗酵素液的製備：酵素之抽取須保持在 0-4°C 下進行，以免酵素失去活性。

1. 取 4 個馬鈴薯，洗淨去皮後切成小塊，放入果汁機，加入 500 mL 冰冷的 0.01 N NaF，以高速打碎 (NaF 可抑制磷酸酶 (phosphatase) 活性，以防止 G-1-P 被分解成葡萄糖和磷酸根)。
2. 在 4°C 下，以 4 層紗布過濾，去除殘渣，收集濾液，置於冰浴中。
3. 經 10,000 x g (或 GSA rotor, 8 k rpm) 離心 10 分鐘，收集上清液，保持在冰浴中。
4. 另取 100 mL 上清液隔水加熱煮沸 5 分鐘，或微波爐加熱 1 分鐘。

## 參、實驗方法：

1. 每組取一試管架和 12 根試管，由 1-12 標明號碼；第 12 根管子裝 5-10 mL 碘液，其餘各管依表 15-1 所示，分別加入各種試劑。
2. 準備一個 96 孔微盤、12 根滴管和一張白紙，待用。
3. 在第 7 和第 11 號試管中，加入 2 mL 經加熱處理過的酵素抽取液；其他試管各加入 2 mL 新鮮抽取液，立即混合均勻並開始計時。
4. 由第一管開始，以滴管吸取一滴反應液，滴在 96 孔微盤中 (下面襯以白紙為背景)，再加上一滴碘液，觀察是否有澱粉-碘之藍色反應。以正號 (+) 之

多寡表示藍色之深淺度，記錄各管的作用結果。

- 每 5 分鐘重覆測試 11 根試管的反應結果，直到 45 分鐘。
- 待反應結束後，於第 (2)、(5)、(6)、(8)、(9)、(10) 試管中，各取出數滴反應液，分別以 pH 試紙測定酸鹼值。
- 每管約剩下 5 mL 反應液，各加入 1 mL 碘液混勻，比較藍色深淺。(藍色深淺代表澱粉含量之多寡)。

表 15-1：

| 試管號碼<br>試劑 (mL)                          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Glucose solution                         | 3   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| G-1-P solution                           | —   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | —   | —   | —   | —   |
| starch solution                          | ★   | ★   | —   | ★   | ★   | ★   | ★   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> solution | —   | —   | —   | 1   | —   | —   | —   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 0.05 N NaOH                              | —   | —   | —   | —   | 0.5 | —   | —   | —   | 0.5 | —   | —   |
| 0.05 N HCl                               | —   | —   | —   | —   | —   | 0.5 | —   | —   | —   | 0.5 | —   |
| distilled H <sub>2</sub> O               | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 1   | 1   | 1.5 | 0.5 | —   | —   | 0.5 |
| fresh enzyme extract                     | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | —   | 2   | 2   | 2   | —   |
| heated enzyme extract                    | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2   | —   | —   | —   | 2   |

★ 一小滴澱粉液 (做為引子)

#### 肆、討論：

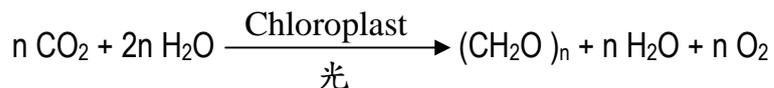
由下列不同試管的反應結果，探討磷解酶的特性：

- 比較 (1)、(2)、(8) 管的結果，推測什麼是磷解酶的反應物。
- 由 (2)、(3) 管的結果；說明引子的重要性。
- 比較 (2)、(4) 管的結果；說明 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 的影響。
- 分別比較 (2)、(5)、(6) 和 (8)、(9)、(10) 管的結果；說明不同酸鹼度的影響。
- 分別比較 (2)、(7) 和 (8)、(11) 的結果；說明加熱對酵素活性的影響。
- 比較 (2)、(8) 管的結果；討論此酵素抽取液具有催化正逆反應之作用。

# 實驗十八 光合作用 - 植物色素之萃取、 分離及其吸收光譜

## 壹、目的與原理：

光合作用是綠色植物利用太陽能將  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  轉化成醣類的過程。包括光反應和卡爾文循環 (Calvin cycle) 兩部分，總反應可以用下列式子來表示：



光反應主要是在葉綠體內之葉綠餅 (grana) 上進行；由其中之色素系統將吸收的光能傳送至反應中心，再經電子傳遞鏈轉化為化學能 (assimilatory power: NADPH 及 ATP)；Calvin cycle 在葉綠體之基質 (stroma) 進行，利用光反應產生的 NADPH 及 ATP 為能量來源，經一連串的酵素反應，把  $\text{CO}_2$  同化為醣及其他重要的中間代謝物質。

綠色植物組織含有多種特殊色素，如葉綠素 a (chlorophyll a)、葉綠素 b (chlorophyll b)、及類胡蘿蔔素 (carotenoid) 等。葉綠素 a、b 主要吸收光區在紅光 (600-700 nm) 及藍光 (400-500 nm) 範圍；而類胡蘿蔔素主要吸光範圍在藍光附近；一般而言，綠光 (500-600 nm) 被吸收的量非常少，這就是大部分植物呈現綠色的原因，以及紅光、藍光可提高光合作用效率的理由。色素吸收光能之後，這些能量可能流向的途徑如下：(1) 進行光化學反應 (photochemical reaction)，經由電子傳遞鏈將能量轉到 NADPH 及 ATP 上；(2) 以螢光、磷光或熱的方式放出；(3) 將能量轉移至其他分子。植物體內色素吸收光能後，大部分能量以熱釋出或進行光化學反應途徑，但若以有機溶劑萃取出色素，此時色素所吸收的光能只能以螢光及熱的方式釋出。本實驗中，我們將利用有機溶劑抽取植物色素，並以 TLC 薄層色層分析技術 (thin layer chromatography) 分離之；同時學習如何使用分光光度計 (spectrophotometer)，建立光合色素的吸收光譜。

## 貳、實驗材料：

1. 高溫快速烘乾的菠菜葉及新鮮菠菜葉片
2. 80% 丙酮
3. 展開劑 (丙酮 acetone : 乙醚 ether : 正己烷 n-hexane = 2 : 3 : 6)
4. TLC plate
5. 分光光度計 (Thermo spectronic, Helios ε)
6. 毛細管
7. 研鉢、研杵、濾紙、漏斗、燒杯、量筒
8. 測光管 (cuvette)

## 參、實驗方法：

### A. 植物色素之萃取：

1. 取 1 克乾燥菠菜葉片置於研鉢內，先行磨碎後，再加入 10 mL 80% 丙酮研磨，以濾紙過濾並收集濾液，殘渣以 5 mL 80% 丙酮再萃取一次，收集濾液共 15 mL。
2. 將濾液對著黑色背景處，可見到葉綠素吸光後放出的紅色螢光，若色素濃度太低，則觀察較困難。

### B. 植物色素的分離：

1. 取長條 TLC 薄片 (20 cm × 2 cm)，以毛細管吸取色素溶液，在 TLC 薄片底端 3 cm 處輕輕橫劃一線 (小心，不要刮掉薄片上的粉劑)，待色素乾後，再重覆點劃，如此重覆約 10 次即可。
2. 取 50 mL 或 100 mL 玻璃量筒，內置展開劑約 5 mL，展開劑之高度不碰到 TLC 薄片上之色素帶即可。
3. 將劃有色素之 TLC 薄片置入量筒中，以石蠟膜 (parafilm) 蓋緊量筒口，使成密閉系統。
4. 展開劑會因薄片之毛細現象而被吸附上升，帶動色素依其溶解度而分離之。
5. 等色素分離後，取出 TLC 薄片，吹乾展開劑後，以色素原點為起點，測量各色素之 Rf 值：

$$\text{Rf 值} = \text{色素所行的距離} / \text{展開劑所行的距離}$$

### C. 光合色素之吸收光譜：

1. 分光光度計使用方法：開啟分光光度計電源，熱機 30 分鐘以上，以達機器穩定性；將波長調至待測波長處，將空白樣品 (blank) 插入樣品槽中，歸零；換入待測樣品，於顯示螢幕上直接讀取吸光值 (吸光密度) (absorbance or optical density, 簡稱 O.D.)；每次更換測量波長都需重新校正空白樣品。
2. 取 0.1-0.2 克新鮮菠菜葉片置於研鉢內，加入 10 mL 80% 丙酮研磨，以濾紙過濾並收集濾液，殘渣再以適量的 80% 丙酮萃取，直至濾紙上無色素殘留為止。
3. 可先吸取部分萃取液至測光管中，於波長 430 nm 處讀取吸光值，若讀值顯示色素濃度過高，則可做適量稀釋，並記錄萃取液的總體積。
4. 於波長範圍 400 - 700 nm 中，每隔 10 nm 測量色素萃取液的吸光密度，並記錄之。
5. 繪圖，以橫軸代表光波長，縱軸代表吸光密度，將所有數據繪入即可得到光合色素的吸收光譜。
6. 葉綠素含量的測定：經由分光光度計測定，可求得色素萃取液在波長 645 nm, 663 nm 及 652 nm 時的 O.D. 值，代入下列公式，計算每克植物葉片中所含葉綠素的總量以及葉綠素 a 和 b 的含量。

$$\text{葉綠素a / 植物葉片 (mg/g)} = [12.7 \times (\text{O.D.}_{.663}) - 2.69 \times (\text{O.D.}_{.645})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{葉綠素b / 植物葉片 (mg/g)} = [22.9 \times (\text{O.D.}_{.645}) - 4.68 \times (\text{O.D.}_{.663})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{葉綠素總量 / 植物葉片 (mg/g)} = [20.2 \times (\text{O.D.}_{.645}) + 8.02 \times (\text{O.D.}_{.663})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{葉綠素總量 / 植物葉片 (mg/g)} = \frac{\text{O.D.}_{.652} \times 1000}{34.5} \times \frac{V}{1000 \times W}$$

O.D. : 葉綠素萃取液的吸光密度

V : 葉綠素萃取液 (80% 丙酮) 總體積 (mL)

W : 葉片重量 (克)

附錄：葉綠素含量求法的公式來源，請參閱：

Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*.  
Plant Physiol 24 : 1-15.

# 實驗十九 光合作用 - C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、CAM 植物葉片之內部構造

## 壹、目的與原理：

植物依其光合作用機制之差異可分為三大類：

1. C<sub>3</sub> 植物：白天固定 CO<sub>2</sub>；CO<sub>2</sub> 固定後形成的最初穩定產物是具三個碳原子的化合物 (3-PGA)。此類植物在高溫強光照之下，光呼吸高，因而降低植物生產量。如花生、煙草、大豆、水稻等。
2. C<sub>4</sub> 植物：白天固定 CO<sub>2</sub>；葉肉細胞吸收之 CO<sub>2</sub> 先固定為四個碳原子的化合物草醋酸 (oxaloacetic acid) 再轉化成蘋果酸 (malic acid) 或天門冬胺酸 (aspartic acid)；四碳分子化合物轉送到束鞘細胞 (bundle sheath cell)，再行 C<sub>3</sub> 途徑合成醣類。在高溫強光下，此類植物光呼吸極低，故植物生產量高，如：玉米及甘蔗。
3. CAM 植物：CO<sub>2</sub> 之固定分兩段時域，晚上打開氣孔，吸收並固定 CO<sub>2</sub> 成四個碳原子的化合物 (與 C<sub>4</sub> 植物同)，以蘋果酸形式貯藏在液胞內；白天照光時氣孔關閉，由蘋果酸離開液胞在細胞質液中放出 CO<sub>2</sub>，再固定轉變成為醣類。多數肉質植物 (succulent plant) 屬此類；如落地生根、仙人掌、蘭花。

一般 C<sub>4</sub> 植物葉片組織有特別的分化，稱為 Kranz anatomy：即在葉脈外圍的束鞘細胞明顯，其內具有多量的葉綠體及發育完全的胞器，且有輻射狀的葉肉細胞環繞在束鞘細胞周圍；但 C<sub>3</sub> 植物則無此特徵。

## 貳、實驗材料：

各取一種 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、CAM 植物之葉片橫切面切片

## 參、實驗方法：

將 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、CAM 植物 (C<sub>3</sub>：花生、大豆；C<sub>4</sub>：玉米、甘蔗；CAM：落地生根、蘆薈) 橫切面各一片，置於光學顯微鏡下觀察，繪圖表示其異同。

# 實驗四 有絲分裂和減數分裂

## (Mitosis & Meiosis)

### 壹、目的與原理：

有絲分裂 (又稱無性分裂) 是體細胞之細胞核分裂，其主要的目的在於產生遺傳物質完全相同的新細胞。細胞核分裂前，細胞處於間期(interphase)。在網目狀的細胞核內無法分辨出各個染色體，核內可見到一或多個核仁。DNA 合成於本期之細胞核內。本期需時甚長。一旦核分裂開始，大致可分為四個階段：

#### (一) 前期 (prophase)：

核內網目狀之構造漸漸捲縮成可見的線狀染色體，核仁及核膜漸崩解消失。本期稍後可觀察到各含兩條染色分體 (chromatids) 之棍狀染色體。

#### (二) 中期 (metaphase)：

染色體較前者更縮短加粗，每一染色體內含兩條染色分體，而此兩條染色分體於中節 (centromere) 處相連。染色體藉紡錘絲之助，移動至細胞中央之赤道板 (equatorial plane)。

#### (三) 後期 (anaphase)：

染色體於中節處縱裂，使得兩條染色分體分開而成二獨立之子染色體。此二子染色體藉紡錘絲之牽引，在細胞中向相反兩極移動。

#### (四) 末期 (telophase)：

兩群子染色體在細胞中已移至相反兩極。染色體又恢復成細絲狀。核仁、核膜也逐漸形成，回復到中間期之外觀。

就大多數細胞而言，細胞核分裂後緊跟著行細胞質分裂 (cytokinesis)。在動物細胞，細胞中間凹陷，形成分裂溝 (cleavage furrow)，使細胞切割成兩個子細胞；在植物細胞，細胞中間出現小泡 (vesicles) 內含果膠 (pectin)，逐漸融合形成細胞板 (cell plate)，此即將來中膠層 (middle lamella) 的構造，其兩側再堆積纖維素 (cellulose)，構成初級細胞壁 (primary cell wall)，於是產生了兩個完整的子細胞，此兩個子細胞之染色體組成都完全相同。

減數分裂是生殖細胞在產生配子前的一種細胞分裂，又稱有性分裂，包括二次連續之分裂。凡有性生殖的動、植物，無論雌雄，其減數分裂之步驟大同小異。現以玉蜀黍為例，說明在花藥中每一個具雙套染色體 (diploid) 之小孢子母細胞 (microsporocyte) 經過減數分裂而產生四個具單套染色體 (haploid) 之小孢子 (microspores) 之過程如下：

(一) 第一前期 (prophase I) : 又可細分為以下各階段 :

1. 細絲期 (leptonema) :

染色體非常細長，因此無法分辨出各個染色體，核內可見到核仁。

2. 合絲期 (zygonema) :

細絲狀的同源染色體 (homologous chromosome) 開始配對。

3. 粗絲期 (pachynema) :

同源染色體已完成配對，而成兩價體 (bivalent)。染色體繼續加粗縮短，互換 (crossover) 發生於本期。染色粒 (chromomeres)、中節及深、淺染色質 (heterochromatin ; euchromatin) 諸特徵皆可在本期染色體上觀察到，也可見到核仁附著於具核仁組成區 (nucleolar organizer region) 的染色體上。

4. 雙絲期 (diplonema) :

兩價體內之二同源染色體開始相互排斥，而於交叉點 (chiasmata) 處仍相纏繞，染色體繼續加粗縮短。

5. 肥厚期 (diakinesis) :

染色體較前更為粗短，且兩價體中之二同源染色體繼續相互排斥，致使交叉點向兩價體之末端移動。於本期結束時，核仁和核膜亦隨之消失。

(二) 第一中期 (metaphase I) :

本期染色體已收縮至最粗短的程度，兩價體排列於細胞中央之赤道板。

(三) 第一後期 (anaphase I) :

兩價體中之二同源染色體開始相互分離，在細胞中，各自分向相反兩極移動。

(四) 第一末期 (telophase I) :

兩群染色體已移到細胞兩極。每一極形成一個子核，在兩個子核之間開始形成細胞膜和細胞壁，最後產生兩個子細胞。由於同源染色體配對後再分離，各向相反兩極移動，故每一子細胞中之染色體數目較分裂前減少一半。由於在第一後期同源染色體係遵循獨立分配 (independent assortment) 的原則互相分離分配至兩極，故全部母系的染色體很難同至一極。同時由於粗絲期染色體之互換，而使基因重新組合 (recombination)。故減數分裂之第一次分裂所產生的兩個子細胞之遺傳組成不完全相同，而且與分裂前之母細胞也不全相同。

(五) 分裂間期 (interkinesis) :

為減數分裂之第二次分裂的前奏期。第二次分裂之本質與有絲分裂相同，經此分裂後染色體數目不減少。

(六) 第二前期 (prophase II) :

由於染色體的加粗縮短，可以清楚地看到每一染色體之二染色分體。

(七) 第二中期 (metaphase II) :

染色體排列於細胞中央之赤道板。

(八) 第二後期 (anaphase II) :

每一染色體於中節處縱裂，使得二染色分體分開成二子染色體，在細胞中彼此向相反兩極移動。

(九) 第二末期 (telophase II) :

至此，在一小孢子母細胞已形成四個子核，相互以細胞壁相隔而成四個小孢子，每一小孢子內含單套染色體。

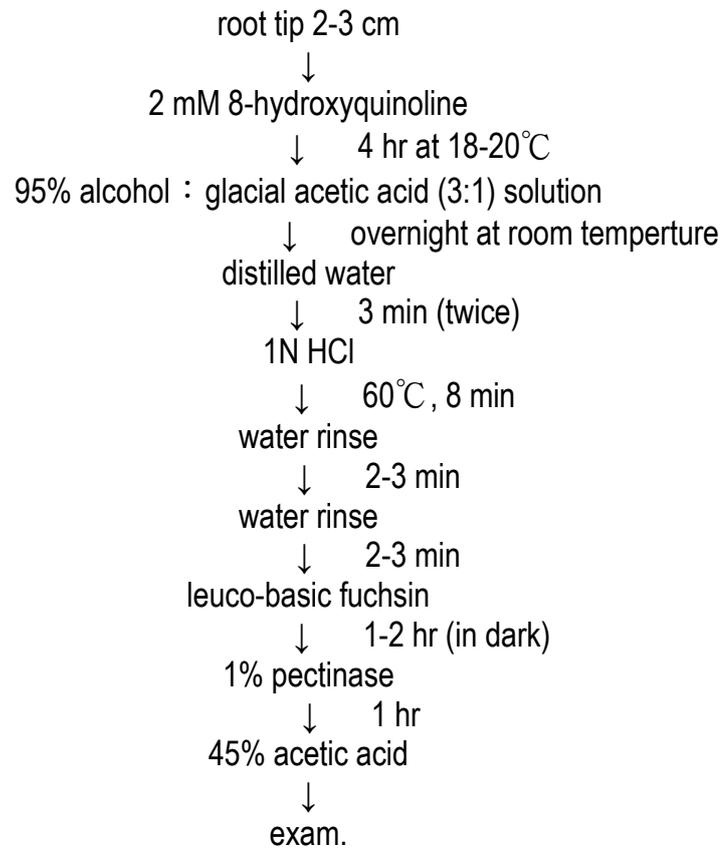
**貳、實驗材料：**

1. 洋蔥根尖細胞縱切面玻片和塗抹玻片
2. 玉米花粉母細胞減數分裂玻片
3. 經前處理 (pretreatment) 及染色之洋蔥根尖細胞
4. DNA 鹽基對 (base pairs) 之卡片

**參、實驗方法：**

1. 在高倍顯微鏡下觀察洋蔥根尖細胞之有絲分裂各期。
2. 在高倍顯微鏡下觀察玉米花粉母細胞減數分裂各期。
3. 取經前處理及染色之洋蔥根尖細胞，置於載玻片上，加一滴 45%醋酸溶液，將根尖打碎，蓋上蓋玻片，再將載玻片反轉，用力壓片，使染色體散開，然後放在顯微鏡下觀察染色體的形態，並數其數目。
4. 製做 DNA 模型圖。

洋蔥根尖細胞前處理及染色方法



Film :

1. Genetic Engineering (BBC education film company)
2. Cell division

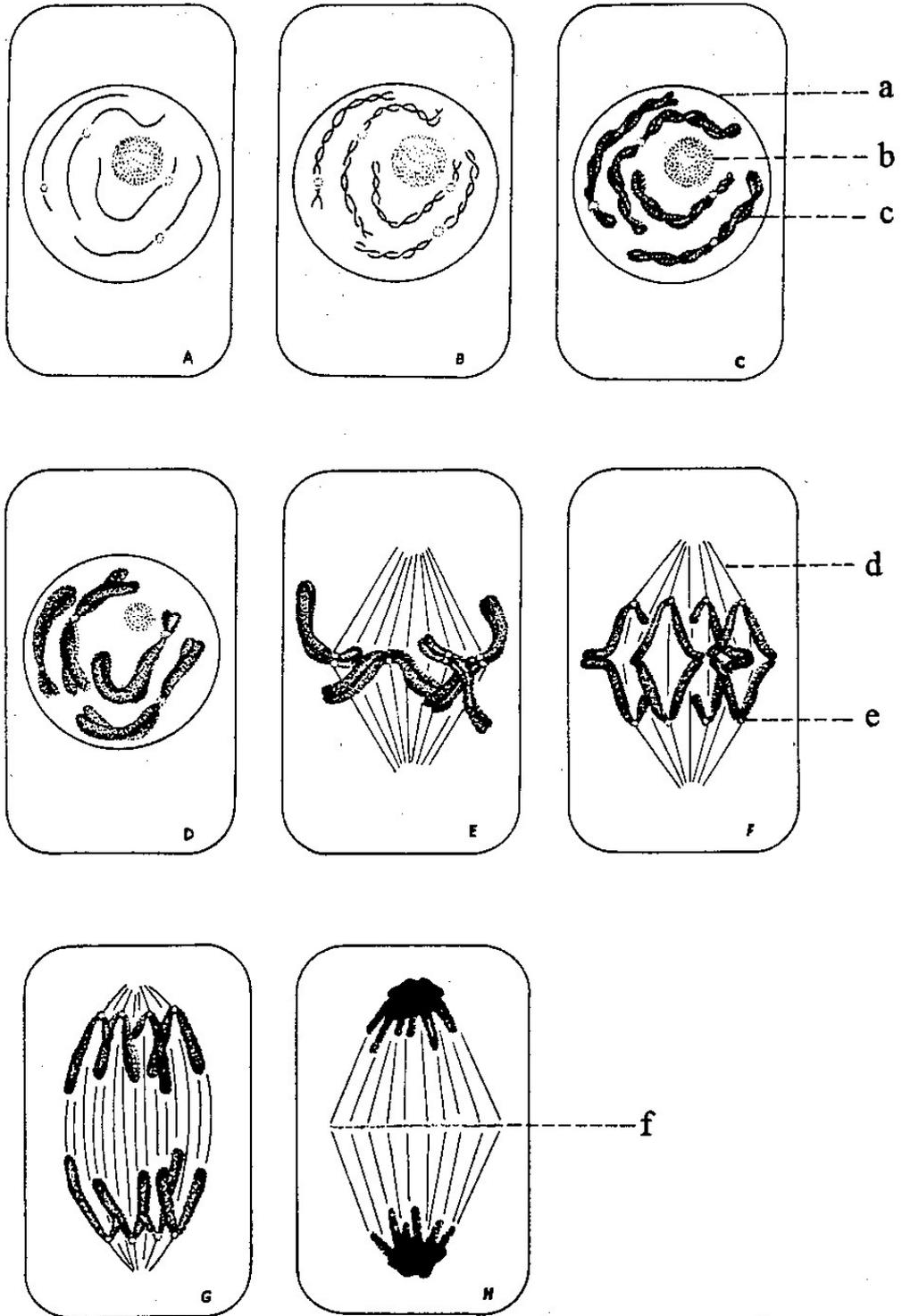


Fig. 4-1. Mitosis

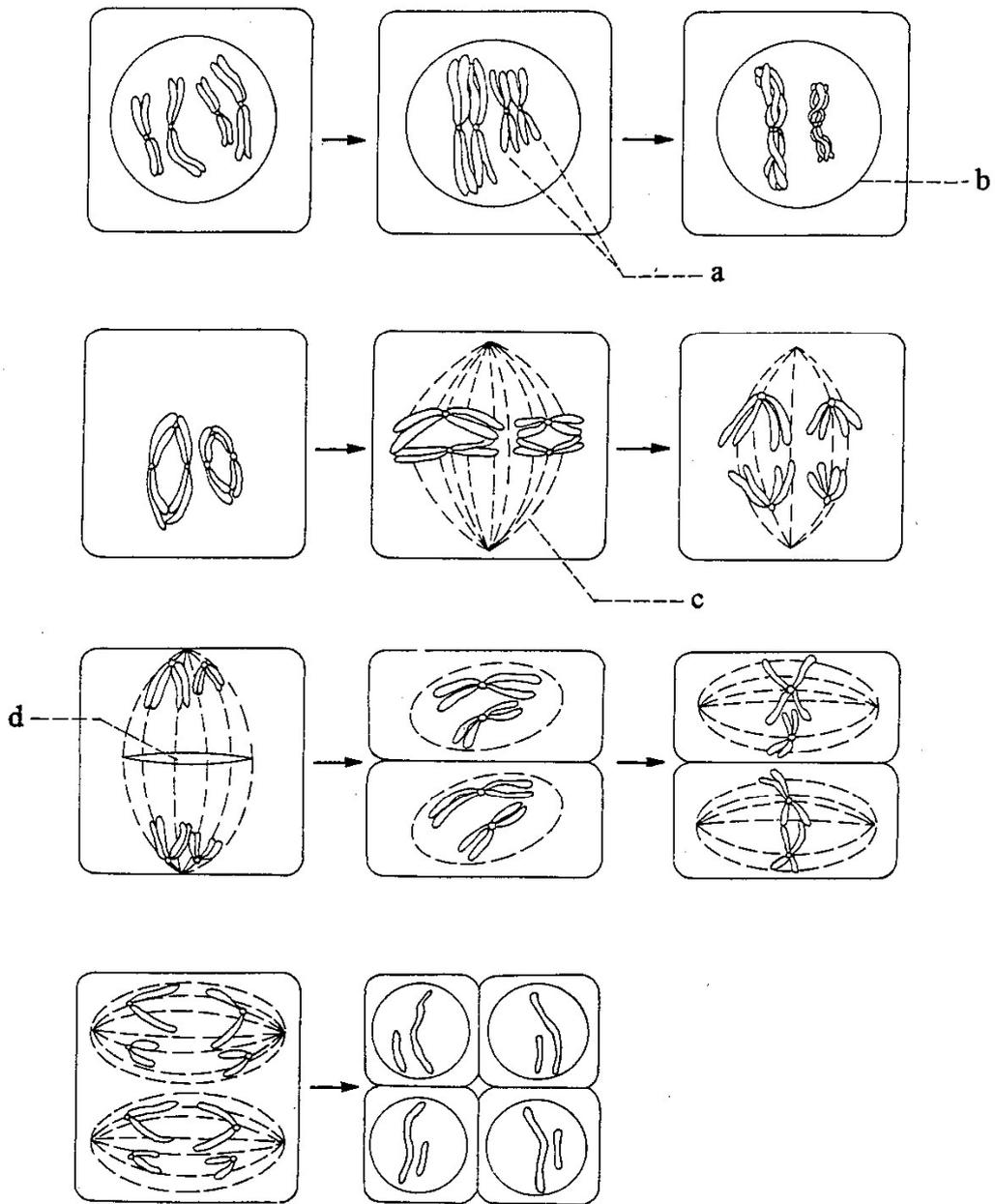


Fig. 4-2. Meiosis

# 實驗三十一 臺大校園人工草地植物群落組成之分析

## 壹、目的與原理：

植物群落 (plant community, vegetation)，亦稱為植群。植群調查的目的在於：(1) 不同植群的比較及分類；(2) 將植群的分佈、變異和環境因子所呈現梯度變化互相比較，了解植群和環境之間的關係；(3) 分析植群的結構及其動態變化。

植群的數量特徵是植群調查之重要內容，包括這個植物群落的組成、密度、頻度、覆蓋度、優勢度、高度、重量...等。依調查目的之差異，以及調查時人力物力等狀況，選擇合適的特徵來做調查；除非是有特殊的需求，一般而言，耗費大量的人力物力的「每木調查」並非必要的。我們會採用取樣的方式，使較少的工作量能達到最接近全面調查的結果。

較常見的取樣方法有：主觀取樣 (selective sampling)，隨機取樣 (random sampling)，系統取樣 (regular or systematic sampling)；有時還會因為研究材料的多樣性而採用分層取樣 (stratified sampling) 的方法。在植群調查中常用的取樣方法是樣區法、直線橫截樣區 (樣線法)、點狀樣區 (點樣法) 及無邊取樣之中心點四分角法 (點四分法)。

點樣法對草本植物群落的調查常能得到滿意的結果。其精神在於一樣區內，草本植物群落有三種狀況，即完全覆蓋、未覆蓋及部分覆蓋，當樣區面積無限縮小至一個小點時，祇有"覆蓋"及"未覆蓋"兩種狀況，因此某一植物出現樣點對總樣點的比值，可代表其覆蓋度，做為植物群落組成份子重要值之依據。

## 貳、地點與材料：

1. 地點：臺大校園大面積草坪：
  - a. 復興南路門入口大草坪
  - b. 研究生宿舍區草坪
  - c. 圖書館門口草坪
2. 器材：以公分為單位且長於一米的皮尺兩條；記錄紙。

## 參、方法：

1. 每組 4~5 人，兩人各持皮尺一端丈量，一人記錄，餘 1~2 人檢視測點之植物種類。
2. 每 1 m 取一點，將草坪分割成 1 m × 1 m 的方格，並依序編上號碼。
3. 每組測取 10 個樣區，取樣方法：  
取樣 I：主觀取樣—憑主觀判斷選取 10 個 1 × 1 m<sup>2</sup> 方格。  
取樣 II：隨機取樣—以亂數表決定，選出 10 個 1 × 1 m<sup>2</sup> 方格。  
取樣 III：系統取樣—每隔 n 個方格取 1 個方格，起點自選，共取 10 個 1 × 1 m<sup>2</sup> 方格。
4. 將樣區畫分成 10 × 10 共 100 格的網格。

5. 記錄每一測點上的植物種類，及每一種類在該測點出現次數。
6. 分析方法：

$$A \text{ 種之覆蓋度 (C)} = \frac{\text{每一樣區 A 種出現次數之總和}}{\text{總樣區之點數 (100 點} \times 10 \text{ 個樣區)}}$$

$$A \text{ 種之頻度 (F)} = \frac{A \text{ 種出現之樣區數}}{\text{總樣區數 (10 個樣區)}}$$

$$A \text{ 種之相對覆蓋度 (RC)} = \frac{A \text{ 種之覆蓋度}}{\text{樣區內所有種之覆蓋度總和}}$$

$$A \text{ 種之相對頻度 (RF)} = \frac{A \text{ 種之頻度}}{\text{樣區內所有種之頻度總和}}$$

$$\text{重要值 (IV)} = \text{RC} + \text{RF} \text{ (最大值 200 \%)}$$

#### 肆、問題：

1. 所選的草坪中，主要的草本植物有哪些？
2. 所調查草坪的草本植物中，依重要值、覆蓋度及頻度三種介量最大的各為何種？請列出前十種植物？
3. 植物群落中的優勢植物如何界定？
4. 比較主觀取樣，隨機取樣及系統取樣三種取樣方法所得的結果有何差異？原因何在？

附錄：參考第 146 頁“臺大校園草地常見之草本植物”。

## 記錄表

|    | 草坪編號      |    | 調查日期 |  | 調查人員      |
|----|-----------|----|------|--|-----------|
|    | 植物名稱/出現次數 |    |      |  | 植物名稱/出現次數 |
| 1  |           | 51 |      |  |           |
| 2  |           | 52 |      |  |           |
| 3  |           | 53 |      |  |           |
| 4  |           | 54 |      |  |           |
| 5  |           | 55 |      |  |           |
| 6  |           | 56 |      |  |           |
| 7  |           | 57 |      |  |           |
| 8  |           | 58 |      |  |           |
| 9  |           | 59 |      |  |           |
| 10 |           | 60 |      |  |           |
| 11 |           | 61 |      |  |           |
| 12 |           | 62 |      |  |           |
| 13 |           | 63 |      |  |           |
| 14 |           | 64 |      |  |           |
| 15 |           | 65 |      |  |           |
| 16 |           | 66 |      |  |           |
| 17 |           | 67 |      |  |           |
| 18 |           | 68 |      |  |           |
| 19 |           | 69 |      |  |           |
| 20 |           | 70 |      |  |           |
| 21 |           | 71 |      |  |           |
| 22 |           | 72 |      |  |           |
| 23 |           | 73 |      |  |           |

|    |  |     |  |
|----|--|-----|--|
| 24 |  | 74  |  |
| 25 |  | 75  |  |
| 26 |  | 76  |  |
| 27 |  | 77  |  |
| 28 |  | 78  |  |
| 29 |  | 79  |  |
| 30 |  | 80  |  |
| 31 |  | 81  |  |
| 32 |  | 82  |  |
| 33 |  | 83  |  |
| 34 |  | 84  |  |
| 35 |  | 85  |  |
| 36 |  | 86  |  |
| 37 |  | 87  |  |
| 38 |  | 88  |  |
| 39 |  | 89  |  |
| 40 |  | 90  |  |
| 41 |  | 91  |  |
| 42 |  | 92  |  |
| 43 |  | 93  |  |
| 44 |  | 94  |  |
| 45 |  | 95  |  |
| 46 |  | 96  |  |
| 47 |  | 97  |  |
| 48 |  | 98  |  |
| 49 |  | 99  |  |
| 50 |  | 100 |  |

# 臺大校園草地常見之草本植物：

## 一、單子葉植物

### 莎草科：

1. 水蜈蚣
2. 香附子

### 禾本科：

1. 牛筋草
2. 地毯草 (葉尖端鈍)
3. 毛花雀稗 (成叢生長)
4. 兩耳草 (葉尖端尖)
5. 求米草
6. 狗牙根

## 二、雙子葉植物

### 菊科：

1. 黃鵪菜
2. 艾草 (葉背白)
3. 假吐金菊
4. 藿香薊
5. 昭和草 (花序下垂，只有筒狀花，葉中肋為紅色)
6. 野茼蒿 (葉湯匙狀，常於基部叢生)
7. 南美螞蟥菊

### 十字花科：

1. 細葉碎米薺 (長角果)
2. 薺菜

### 唇形科：

1. 塔花 (方形莖)

### 石竹科：(自由中軸胎座)

1. 菁芳草 (葉對生)
2. 雀舌草 (又名天蓬草)，蒴果綠色，開裂後狀似花朵
3. 鵝兒腸

### 旋花科：

1. 馬蹄金
2. 槭葉牽牛

### 茜草科：

雞屎藤 (對生葉具特殊臭味)

### 酢醬草科：

1. 紫花酢醬草 (葉較大，3-5 cm具鱗莖)
2. 酢醬草 (葉型較小，具走莖，開黃花)

### 繖形科：(繖形花序)

1. 雷公根
2. 天胡荽

### 玄參科：

1. 通泉草 (花唇形)
2. 倒地蜈蚣

### 薔薇科：

蛇莓 (花黃色，果鮮紅色)

### 蕁麻科：

矮冷水麻

### 爵床科：

爵床 (穗狀花序)

### 車前草科：

車前草 (葉平行脈常於基部叢生，穗狀花序)

### 桑科：

薜荔 (隱頭花序)

### 豆科：

蠅翼草 (三出複葉)

### 毛茛科：

水辣菜 (禺毛茛)

### 茄科：

瑪瑙珠 (橙色漿果)

### 莧科：

長梗滿天星 (又稱空心蓮子草)

## 蕨類植物：

假蹄蓋蕨

箭葉鳳尾蕨

海金沙

# 實驗二十三 細菌 (Bacteria)

## 壹、目的與原理：

本實驗希望在一般實驗室的設備下，對下列項目有所瞭解：

1. 細菌在自然界的分佈情形
2. 細菌的形態及在光學顯微鏡下可以觀察到的構造
3. 細菌的染色方法
4. 油鏡的使用

細菌是微生物的一種，它們很微小，肉眼看不到，只能利用顯微鏡來觀察，都是以微米 (micrometer,  $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$ ) 表示其大小。以前將所有細菌都歸在原核生物界 (Kingdom Monera)，現在利用 16S rRNA 序列的分析，將原核生物分為真細菌 (Eubacteria) 及古生菌 (Archaea) 兩大類。

原核生物 (prokaryotes) 是單細胞生物。原核細胞沒有核膜 (nuclear membrane)，也不含單元膜 (unit membrane) 所包圍的胞器 (organelle)；在細胞分裂過程中沒有紡錘絲 (spindle fiber) 的出現；主要以二裂法 (binary fission) 繁殖後代，繁殖速度很快，由數分鐘到數小時就有新的一代產生。在固體培養基上，這些子代會聚集在一起形成菌落 (colony)。原核生物被認為是地球上最早出現的生物，它們的總類繁多，不論在土壤、水域、空氣或其他生物體內外都會發現到它們的存在，甚至於一些真核生物都不能生存的極端環境 (太熱、太冷、太酸或太鹼) 也都會發現到細菌的蹤跡。

細菌根據形狀可以分為球菌 (coccus)、桿菌 (bacillus) 及螺旋菌 (spirillum) 三大類；不過也有例外的情形，例如方形菌、不定形菌以及長的像真菌中黴菌的放線菌 (actinomycetes) 等。除了又稱菌質體的黴漿菌 (mycoplasma) 及 L-形細菌外，細菌都有細胞壁，主要構造為肽聚糖 (peptidoglycan)。此外有些細菌會有內孢子 (endospore)、莢膜 (capsule)、鞭毛 (flagellum) 或線毛 (pilus) 等構造的存在。

細菌與人類關係密切，有些雖直接或間接有害於人類，但有些對人類有莫大益處。近年來科學家們更不斷地以細菌做材料，從事生理、生化及遺傳方面的研究，希望能解釋自然界的一些生命現象。因此細菌學 (bacteriology) 也成為今日生物科學上不可或缺的一門基本知識。

## 貳、實驗材料：

1. 瓊脂平板 (agar plate)、結晶紫溶液 (crystal violet solution)
2. 油鏡專用油 (immersion oil)、載玻片、蓋玻片及牙籤
3. 具有 100 倍接物鏡頭的光學顯微鏡
4. 清潔液 (酒精:乙醚=7:3) 及拭鏡紙 (lens paper)
5. 經染色處理後的下列標本各一片：
  - a. 金黃葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)
  - b. 枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*)
  - c. 螺旋菌 (*Spirillum* sp.)

- d. 具有鞭毛的枯草桿菌
- e. 具有內孢子的枯草桿菌
- 6. 大腸桿菌 (*Escherichia coli*) 懸浮液和枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 懸浮液
- 7. 無菌棉籤及數種抗生素 (antibiotics)、臘膜 (parafilm)

### 參、實驗方法：

1. 細菌的分佈：學生分成四組，每組發給事先經過高溫高壓蒸氣殺菌過的瓊脂平板培養皿四個。每組中，請學生用手指在其中一個培養皿的瓊脂平板上塗抹；取水溝水一滴放在第二個培養皿中；第三個培養皿則將蓋子打開使暴露在空氣中五分鐘；最後一個培養皿則原封不動作為對照組。然後將各培養皿放在 37°C 的培養箱中培養，隔天觀察實驗結果。
2. 細菌的形態及構造：分別取上述材料第 5 項已做好的片子 (由老師在實驗前先做好)，固定在油鏡下，讓學生觀察細菌的形狀及一些特殊的構造。
3. 細菌的染色：由於細菌非常微小，在顯微鏡中因反光的關係不易觀察；同時也為了要區別不同的構造，常須加以染色。由於所用染料種類不同，染色可分為只用一種染料的簡單染色 (simple stain)，及同時用兩種染料來染色的雙重染色 (differential stain)，本次實驗只做簡單染色。加一滴水於載玻片中央，再用牙籤取牙床旁的唾液物少許，在水滴中塗抹均勻；待乾後，加結晶紫溶液一滴；一分鐘後，用水沖去多餘的染料；等片子乾後，移到油鏡下觀察。請特別留意螺旋菌的存在。
4. 油鏡的使用：油鏡的使用與一般顯微鏡使用方法相同，只是在所欲觀察的標本 (specimen) 上加一滴油鏡專用油。不過要特別注意，此時只能用 100 倍的接物鏡來觀察，觀察完畢要注意清除油漬的工作。清除油漬的方法如下：
  - a. 用拭鏡紙擦去鏡頭上的油。
  - b. 在拭鏡紙上滴上清潔液，然後用這一張拭鏡紙擦油鏡的鏡頭。
  - c. 再用一張新拭鏡紙再擦鏡頭一次，以除去鏡頭上的清潔液。
5. 抗生素敏感性試驗 (antibiotic susceptibility test)：

每組取兩個在培養皿無菌瓊脂平板培養基，且背面邊緣註明細菌名稱和組別，分別以無菌棉籤浸入細菌懸浮液中，均勻地塗抹在已標示的無菌瓊脂平板培養基上，再用消毒鑷子將含不同抗生素的圓紙錠 (disc) 置於瓊脂平板的表面，輕壓一下。然後以蠟膜封口，置於 37°C 的培養箱中培養隔夜 (12~18 hr)，隔天觀察抗生素圓紙錠周圍是否有抑制圈 (inhibition zone) 出現，若有則測量每個抑制圈的直徑，並記錄之。

### 肆、問題：

1. 近年來諾貝爾醫學及化學獎的得獎大多以細菌做為研究的材料。你認為用細菌做研究材料有那些方便之處？
2. 在「細菌的分佈」實驗中，菌落的出現，除了證明在該環境中有細菌之存在外，又代表了什麼意義？

3. 細菌的形狀除了本實驗中所看到的三種外，是否還有其他的形狀？如有，請任舉一例。
4. 你知道油鏡的原理嗎？(為何要滴上油？)

Slide :

1. Bacteria Set 48-2640 (Carolina Biological Supply Company)

Film :

1. Bacteria (Carolina Biological Supply Company)

## 實驗二十四 藻類 (一) (Algae)

### 壹、目的與原理：

藻類包括好幾個不同的生物群，它們共同具有光合作用的能力，而且保有在水中生長的原始習性。藻類與植物不同之處，在於 (1) 單細胞藻類 (unicellular algae)，其本身即可作為配子 (gamete) (2) 一些多細胞藻類 (multicellular algae)，其配子囊 (gametangium) 為單細胞構造 (3) 其餘的多細胞藻類，其配子囊為多細胞構造，但每個細胞都具有生殖能力，各產生一個配子。

藻類在五界中跨了原核生物界 (Monera) 和原生生物界 (Protista)，因此很難予以明確地界定。大致而言，絕大多數藻類能行光合作用，行光合作用時會產生氧氣。除少數 (如褐藻) 藻類體型較大外，其餘絕大多數為微細藻類。目前已知的藻類種數約有 34,000 種，其分類主要依據 (1) 核膜之有無 (2) 光合作用色素的種類 (3) 貯存的光合作用產物的種類 (4) 細胞壁的成份 (5) 鞭毛的數目、位置、形態等 (6) 藻體外部形態 (7) 核酸、蛋白質分子特徵等。

近二十年來，由於藻類學研究成果的大幅進步，許多新的發現使得藻類的分類系統產生很大的變化，不斷地有新的藻種被發現，表 24-1 為目前被公認接受的藻類分類方式。其中藍綠藻門和原綠藻門屬於原核生物 (prokaryonta)，其它各門則為真核生物 (eukaryonta)。

表 24-1：藻類的分類群

| 藻門 (Division)       | 中文    | 英文俗名                            | 種數     |
|---------------------|-------|---------------------------------|--------|
| 1. Cyanophyta       | 藍綠藻門  | blue-green algae; cyanobacteria | 2,000  |
| 2. Prochlorophyta   | 原綠藻門  | prochlorophytes                 | 3      |
| 3. Chlorophyta      | 綠藻門   | green algae                     | 17,000 |
| 4. Charophyta       | 輪藻門   | stoneworts                      | 250    |
| 5. Euglenophyta     | 裸藻門   | euglenoids                      | 900    |
| 6. Phaeophyta       | 褐藻門   | brown algae                     | 1,200  |
| 7. Chrysophyta      | 金黃藻門  | golden algae                    | 1,200  |
| 8. Dinophyta        | 渦鞭毛藻門 | dinoflagellates                 | 4,000  |
| 9. Rhodophyta       | 紅藻門   | red algae                       | 6,000  |
| 10. Cryptophyta     | 隱藻門   | cryptomonads                    | 200    |
| 11. Haptophyta      | 定鞭藻門  | haptophytes                     | 300    |
| 12. Bacillariophyta | 矽藻門   | diatoms                         | 12,000 |
| 13. Glaucophyta     | 共生藻門  | glaucophytes                    | 13     |

藻類和高等植物一樣，在生態系中扮演初級生產者 (primary producer) 的角色。尤其在水生生態系 (aquatic ecosystem)，藻類為其它初級消費者 (primary consumer) 主要食物來源，其重要性自不待言。藻類的形狀和大小差異甚大：小者如單細胞的單胞藻 (*Chlamydomonas* sp.)，長寬僅 5-10  $\mu\text{m}$  左右；而大者如昆布 (*Laminaria* sp.)，長可達數十公尺。

本實驗和下一個實驗自各門選取具代表性的藻種，利用光學顯微鏡或肉眼觀察，並記錄它們的形態特徵，俾使對藻類的形態有一概括性的認識。

## 貳、實驗材料：

1. Cyanophyta (藍綠藻門)： *Anabaena* sp. (念珠藻)、 *Chroococcus* sp. (色球藻)、 *Gloeocapsa* sp. (藍鼓藻)、 *Oscillatoria* sp. (顫藻)
2. Chlorophyta (綠藻門)： *Chlamydomonas* sp. (單胞藻)、 *Closterium* sp. (新月藻)、 *Cosmarium* sp. (鼓藻)、 desmids (鼓藻類)、 *Pediastrum* sp. (星盤藻)、 *Spirogyra* sp. (水綿)、 *Ulva* sp. (石蓴)
3. Charophyta (輪藻門)： *Chara* sp. (輪藻)
4. Euglenophyta (裸藻門)： *Euglena* sp. (眼蟲)、 *Phacus* sp. (扁眼蟲)
5. Cryptophyta (隱藻門)： *Cryptomonas* sp. (隱藻)

## 參、觀察方法：

1. 取新鮮藍鼓藻少許，置顯微鏡下以高倍觀察細胞外形，呈何色？有無任何胞器？細胞外具近乎透明的膠質層 (gelatinous sheath)，細胞分裂時每個子細胞產生新的膠質層，外被以原來的母膠質層，故看似一群體 (colony) 構造。子細胞是如何被釋放出來的？
2. 取新鮮的念珠藻少許，置顯微鏡下以高倍鏡觀察，注意多細胞的藻絲，細胞一般呈何形狀？呈何色？細胞內有無任何胞器？藻絲中偶有一細胞較透明，且較一般營養細胞大而圓，細胞壁也較厚，此即異形細胞 (heterocyst)，一般認為異細胞的作用和固氮作用 (nitrogen fixation) 有關。另有一種特化的細胞，顏色較深，細胞壁變厚，外形也大很多，這種細胞能抵抗惡劣的環境，待環境適宜時萌發成新藻絲，稱為厚壁孢子 (akinetete)。
3. 取新鮮的星盤藻置顯微鏡下觀察，一個群體由幾個細胞組成？這個數目是否規則？細胞呈何色？有無胞器？
4. 取新鮮的水綿置顯微鏡下觀察，葉綠體呈何種形狀？此藻的屬名即因其葉綠體形狀而得。分散在葉綠體內有數個不透明的小顆粒，這些即是澱粉核 (pyrenoid)，一般認為澱粉核是製造澱粉的酵素中心。每一細胞內具有一細胞核，有無液胞？水綿的生殖方法有無性的斷裂生殖 (fragmentation) 和有性的接合生殖 (conjugation) 兩種。取製好的玻片觀察，注意某一細胞的原生質已經由接合管 (conjugation tube) 整個流到另一藻絲的細胞內與之結合形成接合子 (zygote)。接合子的外形是否和一般營養細胞一樣？是否都在同一條藻絲的細胞內形成？有無其它種接合形態？

5. 輪藻門與其它藻類有明顯形態上的差異，例如外觀上可見輪生的分枝，及有規則的節 (node) 和節間 (internode) 的分化。取製好玻片，觀察藻體的節和節間細胞有什麼差異？觀察一段具有生殖器官的藻體，注意生殖器官，包括藏精器 (antheridium) 和藏卵器 (oogonium) 的形狀和著生位置。
6. 取新鮮的眼蟲在顯微鏡下觀察，注意其運動的方式。本門藻類不具細胞壁，但是具有葉綠體，故仍歸類為藻類。是否看見細胞前端的鞭毛？細胞前端有一橘紅色的眼點 (stigma; eyespot)，可能與眼蟲的趨光性 (phototaxis) 有關。

Slide :

1. Representative Algae Set 48-2578

Film :

1. Simple plants --The algae

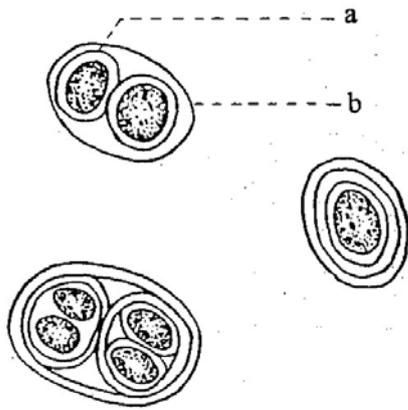


Fig. 24-1. *Gloeocapsa* sp.

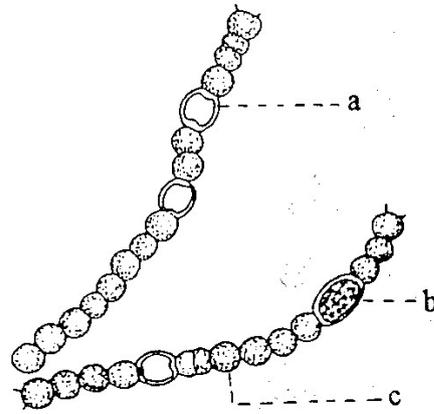


Fig. 24-2. *Anabaena* sp.

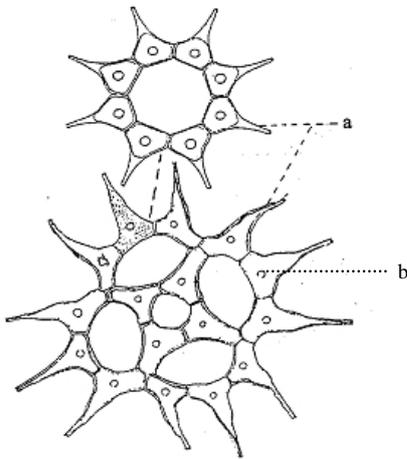


Fig. 24-3. *Pediastrum* sp.

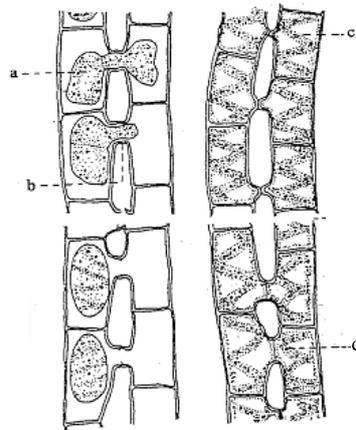


Fig. 24-4. *Spirogyra* sp.

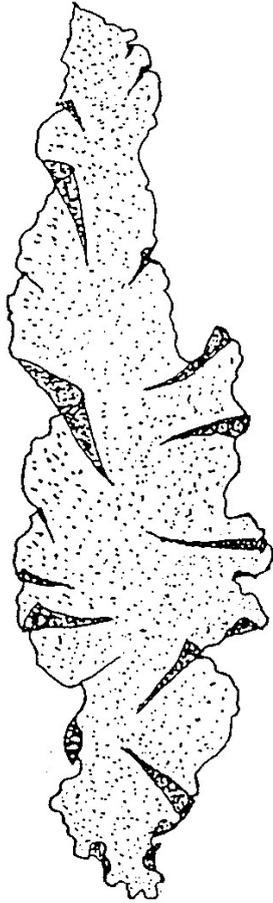


Fig. 24-5. *Ulva* sp.

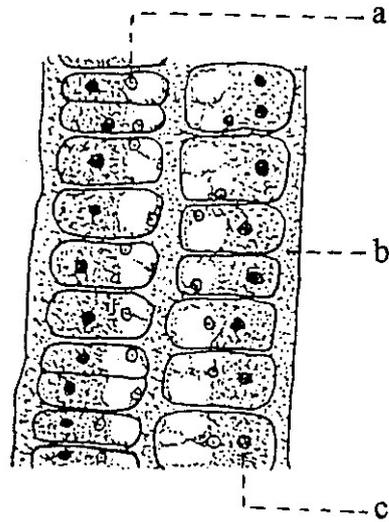


Fig. 24-6. C.S. of *Ulva* sp.

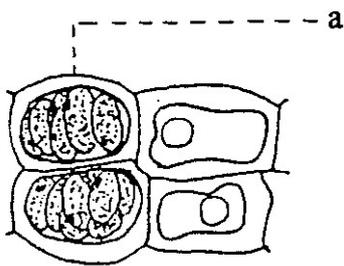


Fig. 24-7. Zoosporangia of *Ulva* sp.

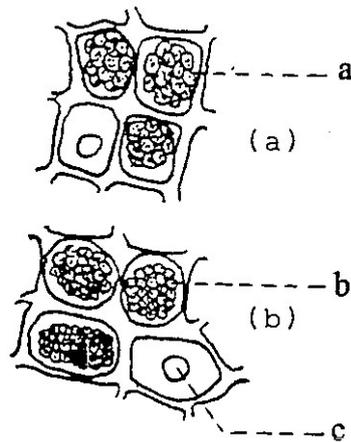


Fig. 24-8. (a) Female gametangia of *Ulva* sp.  
(b) Male gametangia of *Ulva* sp.



Fig. 24-9. *Chara* sp.

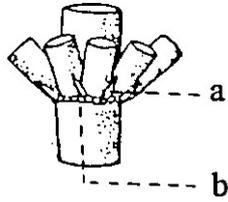


Fig. 24-10. Leaves on axis of *Chara* sp.

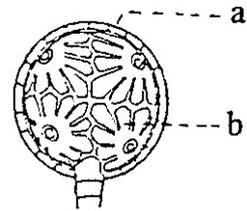


Fig. 24-11. Antheridium of *Chara* sp.

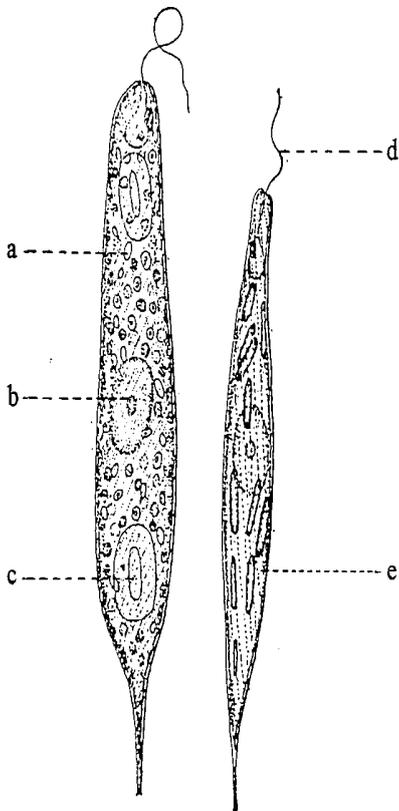


Fig. 24-13. *Euglena* sp.

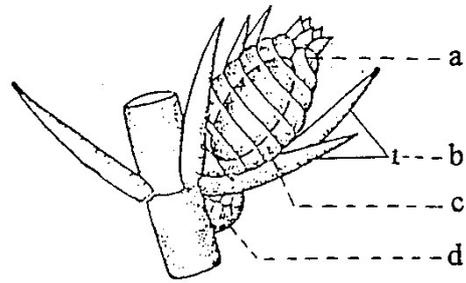


Fig. 24-12. Segment with oogonium of *Chara* sp.

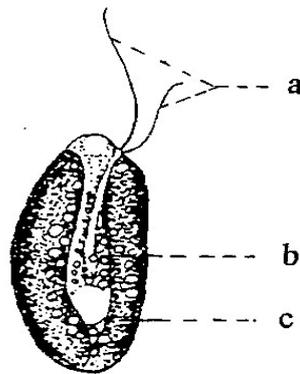


Fig. 24-14. *Cryptomonas* sp.

# 實驗二十五 藻類 (二) (Algae)

## 壹、目的與原理：

續實驗二十四。

本實驗要觀察褐藻門、矽藻門、渦鞭藻門及紅藻門，其中有大部分生長在海水中。紅藻和褐藻可供食用和提煉洋菜 (agar)，具有經濟價值；矽藻門中的矽藻所形成的矽藻土 (diatomaceous earth) 被廣泛地用於工業產品上。

## 貳、實驗材料：

1. Phaeophyta (褐藻門)： *Fucus* sp. (石衣藻)、 *Laminaria* sp. (昆布)、 *Sargassum* sp. (馬尾藻)
2. Bacillariophyta (矽藻門)： diatoms (矽藻)
3. Dinophyta (渦鞭毛藻門)： *Ceratium* sp. (角甲藻)、 *Peridinium* sp. (甲藻；多甲藻)
4. Rhodophyta (紅藻門)： *Corallina* sp. (珊瑚藻)、 *Gelidium* sp. (石花菜)、 *Gracilaria* sp. (龍鬚菜)、 *Gratelonia* sp. (蜈蚣菜)、 *Polysiphonia* sp. (多管藻)、 *Porphyra* sp. (紫菜)

## 參、觀察方法：

1. 觀察陳列在培養皿內的石衣藻，此類褐藻一般生長於海洋，附著於石塊上。有無看到附著器 (holdfast)？藻體呈二叉分枝 (dichotomous branching)，呈扁平狀，末端腫大如囊袋，是生殖構造所在處。中肋兩側具圓形的氣囊 (air bladder)，藻體因之得以浮在水中。檢查藻體末端腫大處之橫切片，是否找到藏卵器 (oogonium) 和藏精器 (antheridium)？其構造如下：
  - a. 生殖腔 (conceptacle) — 位於表皮下方之小腔，每一小腔有一小孔道 (ostiole) 與外界相通，內有藏精器和卵胞。
  - b. 藏精器 — 是產生精子之器官，位於成束的分枝頂端。
  - c. 藏卵器 — 是產生卵之器官，圓或卵形，具有柄，每一卵胞內有 8 個卵細胞。
  - d. 側絲 (paraphysis) — 著生在生殖腔的內壁上，多細胞呈絲狀，故名。側絲常繞在生殖器官之間，或延伸出生殖腔的小孔道，以利精細胞之傳播。
2. 馬尾藻是另一種生長在海中的褐藻，觀察陳列於培養皿內之標本，是否有根、莖、葉之分化？和 1. 有何相異之處？
3. 觀察俗稱大海藻 (seaweed) 的昆布標本，我們常吃的海帶亦屬於本屬海藻，此類海藻常達十公尺長以上，甚至可超越數十公尺。藻體分化成附著器、莖狀柄 (stipe) 和葉狀體 (lamina or blade)。在葉狀體和莖狀柄的接著處有分生區 (meristematic region)，生長方式為中間生長 (intercalary growth)。這些褐藻能行光合作用嗎？一般所見的藻體為孢子體世代 (sporophyte)，有游動孢子 (zoospore) 的生成。取葉狀體的橫切片，置顯微鏡下檢查，游動孢子囊 (zoosporangium) 位於何處？有何功用？葉狀體的其他細胞是否有分化？

4. 取池塘水一滴在顯微鏡下檢查，有沒有看到一些近黃褐色如船形的微小生物？這就是矽藻。矽藻可慢慢滑動，但它有鞭毛嗎？矽藻細胞形如小匣，由上蓋 (epitheca) 和下蓋 (hypotheca) 兩片扣合而成，上蓋與下蓋並未完全密合，互相交疊處稱為腰帶 (girdle band)，進行無性繁殖時，上蓋與下蓋分離，並個別產生一個下蓋。矽藻的細胞壁富矽質，且形成各種美麗的花紋，是矽藻分類上重要依據之一。矽藻生活於海洋或淡水裡，細胞死亡後，留存的細胞外殼 (frustules) 沉澱於水底，形成了矽藻土。矽藻土被廣泛用在工業產品上，例如公路標示牌所用的反光漆。取少量的矽藻土置玻片上加一滴水，蓋上蓋玻片，置顯微鏡下觀察各種矽藻細胞壁上美麗的花紋，並注意有些是左右對稱型矽藻 (pennate diatoms)，有些則為輻射對稱型矽藻 (centric diatoms)。
5. 取製好的甲藻玻片在顯微鏡下觀察，它們的細胞壁有何特徵？稍微調整焦距，試著畫出它們的立體構造。甲藻門是重要的浮游生物 (phytoplankton) 之一，多數生活於海水，如果海中的甲藻大量繁殖，使水色變紅，形成所謂的紅潮 (red tide)。紅潮是因大量甲藻在死亡後被細菌分解，會產生有毒物質並使水中溶氧量驟降，加上有些甲藻會分泌毒素，因此經常在紅潮過後會伴隨著水生動物的大量死亡，而發生腥臭氣味。淡水產的甲藻亦會大量繁殖形成藻華 (algal bloom)，例如：德基水庫的藻華有些是由甲藻引起。
6. 多管藻是紅藻門藻類，生長於海洋，藻體呈多分枝絲條狀。取多管藻的切片，仔細觀察相鄰細胞之細胞壁，有無相接凹孔 (pit connection)？相鄰細胞內的原生質可由此相通。藻體具特殊的生殖器官，單細胞的果卵胞 (carpogonium)，在功用上相當於其他藻類的卵胞。精胞 (spermatangium) 和果卵胞都長於藻絲頂端，但生長在不同的個體上。每個精胞內有一個不會游動的精孢子 (spermatium)，精孢子經由水流帶達突生於果卵胞頂上之長管狀構造的受精管 (trichogyne)，精孢子細胞核經此管道與果卵胞的卵完成受精作用。取配子體藻絲置顯微鏡下，仔細觀察果卵胞和其頂端的受精管。另取一段已完成受精作用的藻絲，找到如圓甕構造的果胞 (cystocarp)，內有多個由受精卵產生的果孢子 (carpospore, 2n)。每一果孢子經釋放後可發育形成一個四分孢子體 (tetrasporophyte)。四分孢子體是有別於孢子體世代和配子體世代的另一個世代藻體，它的的外形和大小與配子體 (gametophyte) 相似，但成熟時可產生四分孢子 (tetraspore, n)。每一個四分孢子可發育成一個配子體。觀察四分孢子體永久玻片，找出它獨特的特徵。
7. 觀察陳列於講桌上的各種紅藻標本。

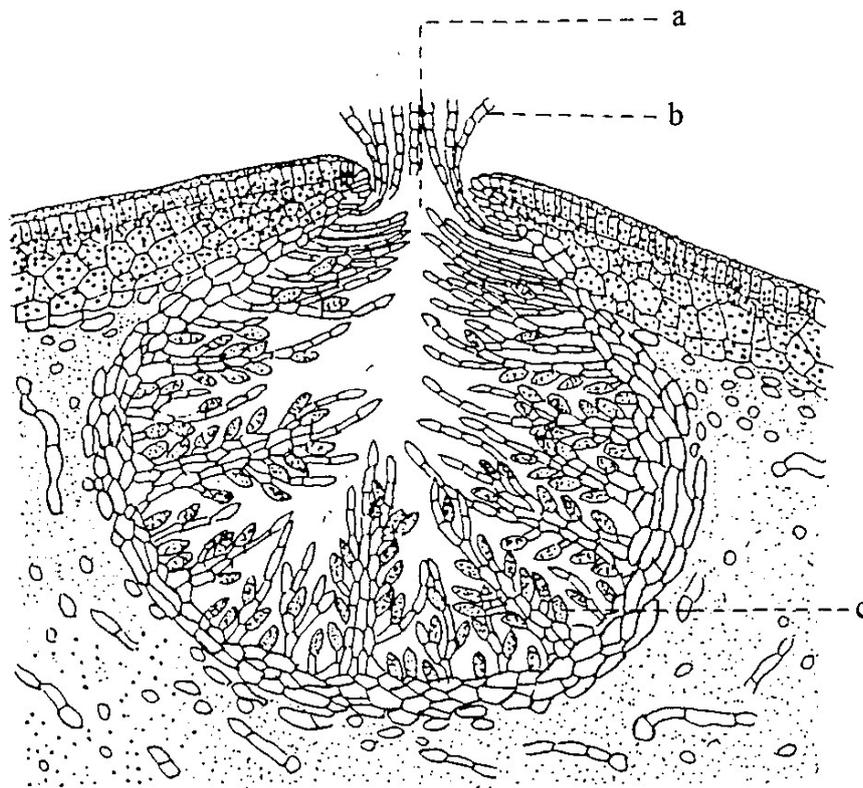


Fig. 25-1. C.S. of male conceptacle of *Fucus* sp.

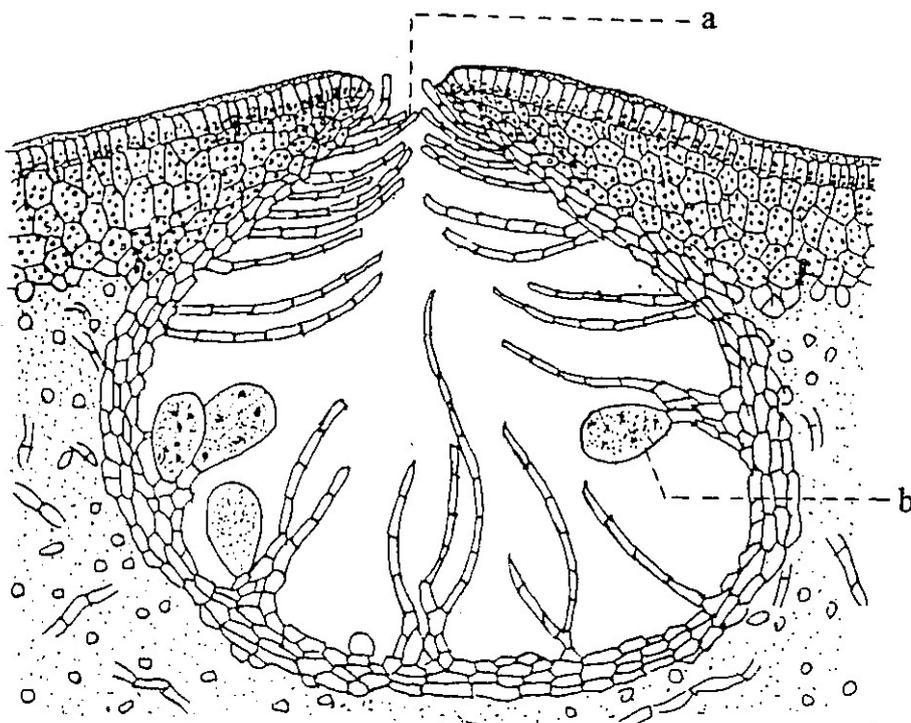


Fig. 25-2. C.S. of female conceptacle of *Fucus* sp.

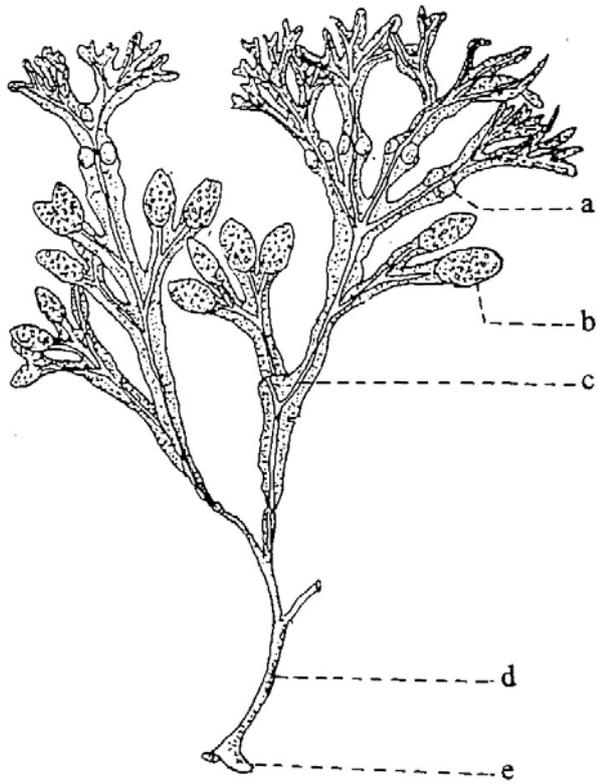


Fig. 25-3. *Fucus* sp.

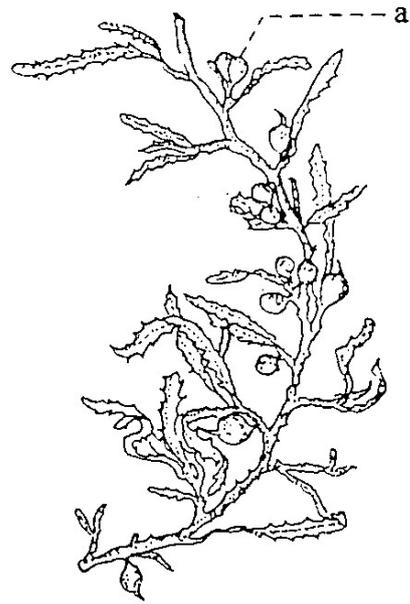


Fig. 25-4. *Sargassum* sp.

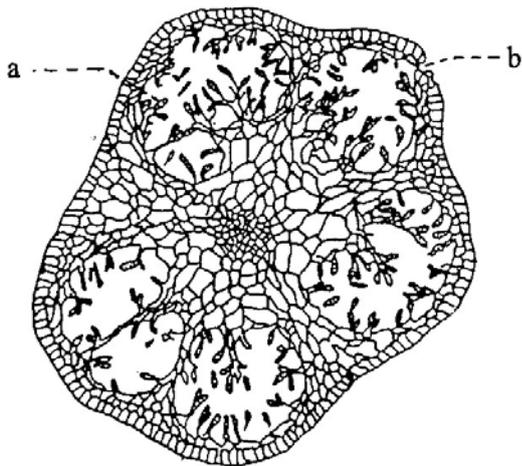


Fig. 25-5. C.S. of male receptacle of *Sargassum* sp.

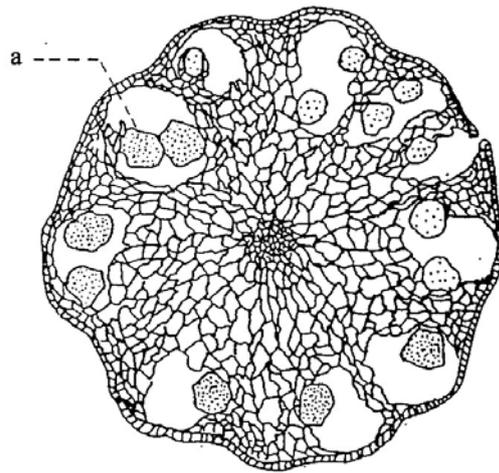


Fig. 25-6. C.S. of female receptacle of *Sargassum* sp.

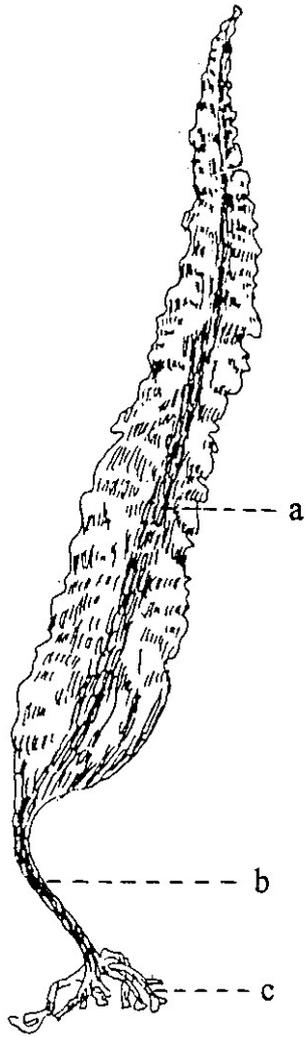


Fig. 25-7. *Laminaria* sp.

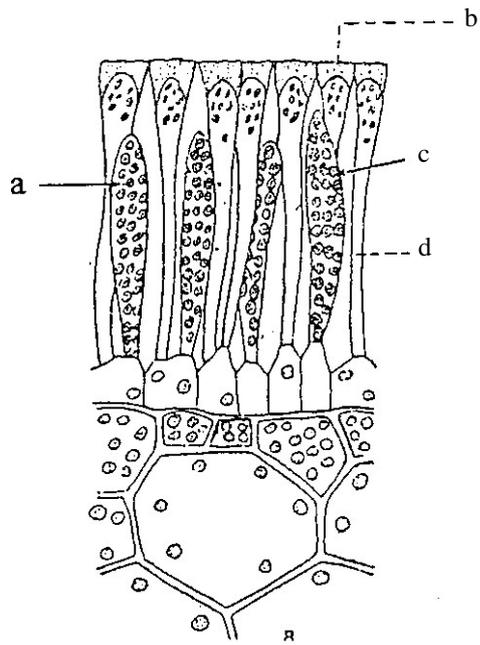


Fig. 25-8. C.S. of fertile area of *Laminaria* sp.

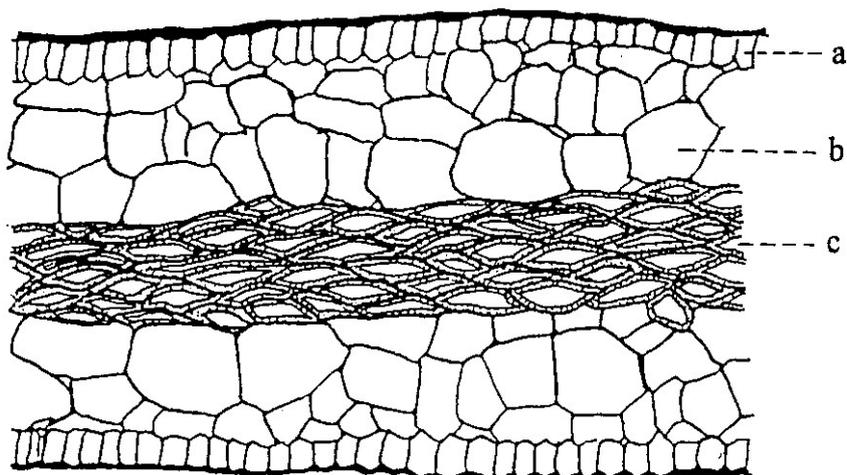


Fig. 25-9. C.S. of blade of *Laminaria* sp.

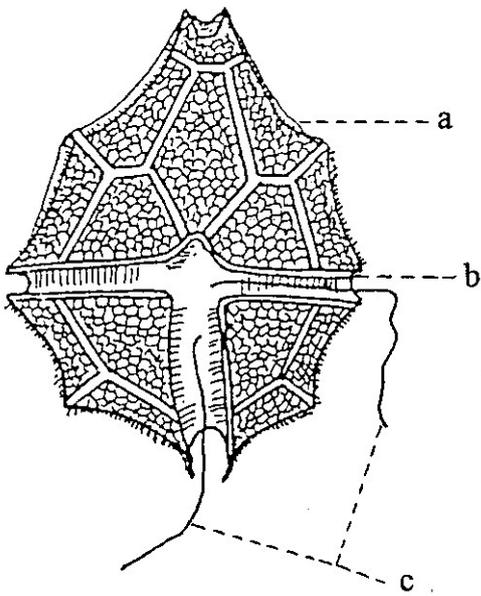


Fig. 25-10. *Peridinium* sp.

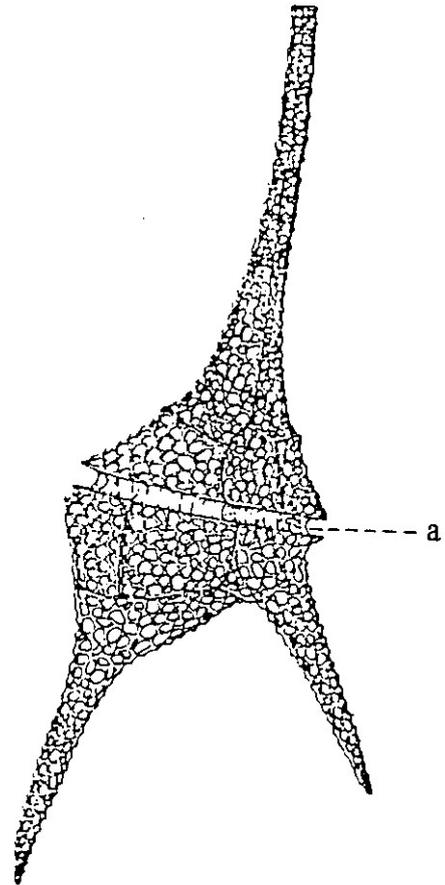


Fig. 25-11. *Ceratium* sp.

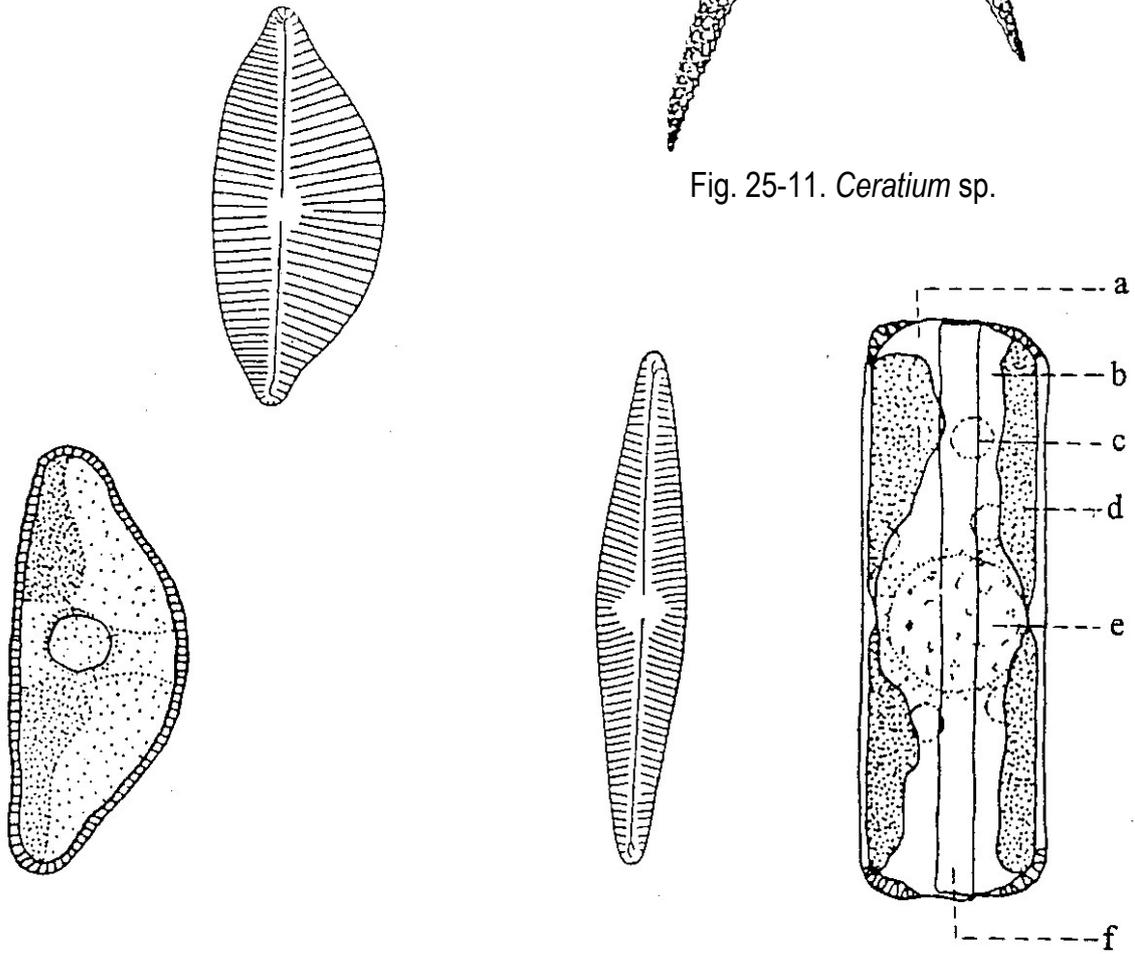


Fig. 25-12. Different kinds and view of diatoms

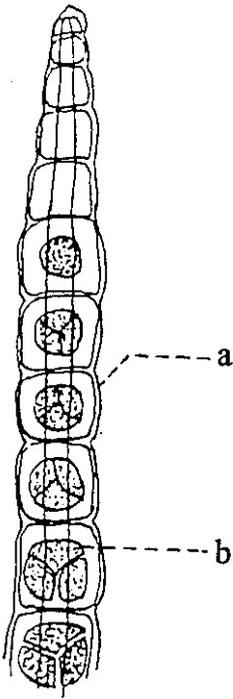


Fig. 25-13. A part of tetrasporophyte of *Polysiphonia* sp.

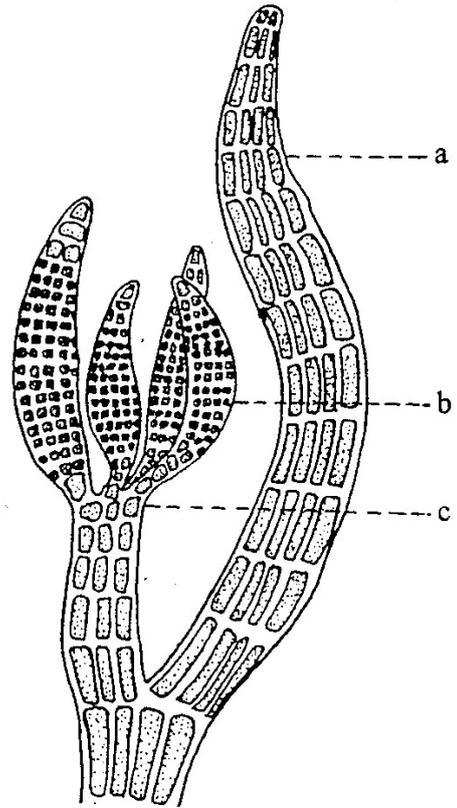


Fig. 25-14. Spermatangial branches of *Polysiphonia* sp.

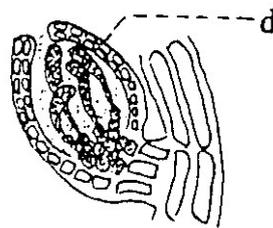
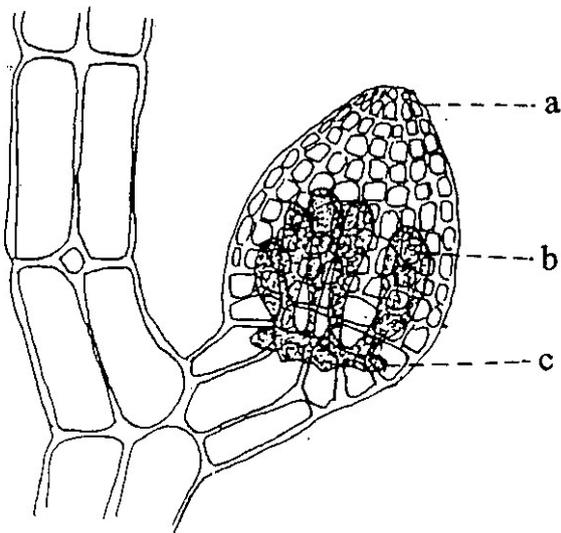


Fig. 25-15. Cystocarps of *Polysiphonia* sp.

# 實驗二十六 真菌 (Fungi)

## 壹、目的與原理：

真菌 (fungus ; pl. fungi) 是一群不具葉綠素、以肝糖儲存養分的真核生物，構造簡單，沒有根、莖、葉的分化。菌體為單細胞或多細胞組成的絲狀體。這些絲狀體稱為菌絲 (hypha ; pl. hyphae)，許多菌絲再聚集組成菌絲體 (mycelium ; pl. mycelia)。

真菌分布甚廣，生長習性和營養需求各異，但都必須自外界吸收有機物質以維持個體之生長和生殖，也就是行異營生活 (heterotrophy)。這些真菌賴以維生的有機食物可以是死的，也可以是活的生物，菌類的生活方式因此可歸納成二大類：腐生型 (saprobe) 和寄生型 (parasite)。

不論是腐生型或寄生型，有害的或是有益的真菌，都直接或間接影響到人類的生存和文明。大家可知道香港腳、癬、抗生素、維他命、啤酒、麵包、乳酪、醬油等都和真菌有關嗎？大多數真菌是腐生型，在生態上乃和細菌一樣，扮演著很重要的分解者角色。

真菌可以說是無所不在，陸地上、淡水或海水中都能生長。在已知種類中除了極少數之外，均能形成孢子 (spore)，這些孢子在適宜的條件下會萌發而成新的菌體。孢子的數目相當可觀，以市面所售的菇類為例，成熟時每一菇每一小時可釋放多達一億以上的孢子，釋放期可達五到六天之長。無怪乎菌類孢子到處都有，一旦發芽形成菌絲，深入動、植物的細胞、組織或食物等有機物質，就會造成傷害或腐敗。

在這一個實驗單元裡，你將可觀察到各種不同類的真菌代表種，觀察它們的孢子以及孢子的形成，並注意各不同菌群之間的相似和差異性。孢子可分為兩大類：無性孢子和有性孢子。無性孢子是細胞或菌絲行有絲細胞分裂 (mitotic cell division) 而形成的，此孢子所含染色體數目和母細胞或菌絲同，大多數為單套染色體；有性孢子乃經由減數分裂 (meiotic cell division) 形成的孢子，也就是必須先有雙套染色體細胞核的形成，再經減數分裂形成四個子細胞核，每個都擁有單套染色體。

## 貳、實驗材料：

### A. 原生生物界 (Kingdom Protista)

1. 卵菌門 (Oomycota) : *Achlya* sp. (綿黴菌)、*Saprolegnia* sp. (水黴菌)，活體和顯微玻片

### B. 真菌界 (Kingdom Fungi)

1. 接合菌門 (Zygomycota) : *Mucor* sp. (毛黴菌)、*Rhizopus* sp. (黑黴菌)，活體和顯微玻片
2. 子囊菌門 (Ascomycota) : *Peziza* sp. (盤菌)、*Saccharomyces* sp. (酵母菌)、*Sordaria fimicola* (囊生殼菌)，活體和顯微玻片

- 擔子菌門 (Basidiomycota) : *Agaricus bisporus* (洋菇)、*Coprinus* sp. (墨水菇)、*Lentinus edodes* (香菇)、*Puccinia graminis* (禾柄銹菌)，標本和顯微玻片
- 不完全菌門 (Deuteromycota; Imperfect fungi) : *Aspergillus* sp. (麴菌)、*Penicillium* sp. (青黴菌)，活體和顯微玻片

## 參、觀察方法：

### 1. 卵菌門

又稱水生菌，取在培養皿內生長良好之水黴菌或綿黴菌，置於顯微鏡下，以低倍鏡觀察，注意孢子囊 (zoosporangium; pl. zoosporangia) 的形狀，孢子囊一般生長於菌絲頂端，比菌絲稍為膨大，成熟時會釋放出孢子，屬於無性孢子。孢子數目多，每一孢子具有兩根鞭毛 (flagellum; pl. flagella)，游動很快，故稱為游動孢子 (zoospore)。尋找正在釋放孢子的孢子囊，仔細觀察，並加以描述。其菌絲有什麼特徵？水黴菌和綿黴菌一般生長於水中，水中常有死昆蟲或其他生物，菌絲就在這些有機物上呈輻射生長，孢子囊釋放出來的游動孢子，會在找尋到的有機食物上靜止，而後萌發成另一個菌絲體。

菌絲進行有性生殖時，會產生側枝，由側枝頂端發育成藏卵器 (oogonium; pl. oogonia) 或藏精器 (antheridium; pl. antheridia)。以低倍鏡尋找膨大如圓球形的構造，此即藏卵器。每一個藏卵器內藏有多少個卵細胞？當藏精器和藏卵器接觸時，精核經由授精管 (fertilization tube) 進入藏卵器，而與卵細胞結合，發育成卵孢子 (oospore)。卵孢子在水黴菌的繁殖上有何特殊價值？又如何萌發長成菌絲體？

### 2. 接合菌門

黑黴菌即俗稱的黑色麵包黴 (black bread mold)，是常見的接合菌之一。以解剖顯微鏡或低倍鏡觀察生長於麵包或洋菜培養基上的黑黴菌時，注意勿將培養皿蓋打開。無性生殖時會產生圓球形的孢子囊，內含無數個孢子、及不孕性的中軸 (columella)，成熟後孢子囊破裂，散出孢子，中軸則顯露出來。觀察黑黴菌孢子囊、孢子的顏色和產生部位、中軸及孢子囊柄 (sporangiophore) 等構造，注意其營養菌絲是否有隔板 (septum)。

觀察培養黑黴菌的培養皿，在培養皿近中央處可見一較深色的線形區，此即是黑黴菌的有性生殖區。再以解剖顯微鏡放大觀察，找到深色且呈圓鼓狀的構造就是成熟的接合孢子囊 (zygosporangium; pl. zygosporangia)，內藏一個接合孢子 (zygospore)。黑黴菌大多為雌雄異絲的 (heterothallic)，有性生殖必須有兩配對型的菌絲生長在一起，當接近時會分別產生短的側枝菌絲，此側枝頂端產生分隔形成配子囊 (gametangium)，有性生殖就是由此兩配子囊結合而形成接合孢子囊的。

取有性生殖的顯微玻片，以低倍和高倍鏡觀察，注意接合孢子囊形成的不同時期。每一個成熟的接合孢子囊含有一個接合孢子，內有多個雙套染色體的細胞核，此接合孢子囊會萌發形成另一個孢子囊，此孢子囊內之每個孢子含單套染色體，由此可知減數分裂可能發生在哪一個時期？

### 3. 子囊菌門

菌絲有分隔，有性生殖產生子囊孢子 (ascospore)，藏於袋狀的構造，即子囊 (ascus；pl. asci) 內。無性生殖一般是產生分生孢子 (conidium；conidiospore)，可以迅速繁殖。

#### a. 酵母菌的出芽生殖 (budding)：

取酵母菌之培養液一滴，滴在載玻片上，蓋上蓋玻片，用高倍鏡觀察，注意細胞的形態。大部份細胞之外形為何？有些細胞上附生小芽胞 (bud)，這些小芽胞有什麼功用？因為酵母菌是單細胞真菌，出芽生殖是一種簡單的無性生殖方法，繁殖迅速。你認為此無性繁殖方式有何利處？

#### b. 盤菌的子囊孢子：

盤菌因其子囊果 (ascocarp) 呈盤狀而得名，此特殊的子囊果又稱為子囊盤 (apothecium)，盤內的最上層產生子囊處稱為子實層 (hymenium)。取盤菌子囊果的切片，置顯微鏡下觀察，是否看到子囊和子囊孢子？每一個子囊內含有多少個子囊孢子？子囊孢子是一種有性孢子，經由減數分裂而產生的，那麼這些子囊內的子囊孢子數目又是如何形成的？

#### c. 殼菌的子囊孢子：

檢查培養基上的殼菌，這種菌通常長在食草動物的糞上。注意培養皿內的小黑點，這些小黑點就是其子囊果。子囊排列於子囊果腔內。此類型之子囊果呈密閉狀，但在一端有一小開口，又稱為子囊殼 (perithecium)。取殼菌的切片，觀察子囊果內的子囊，呈何形狀？子囊著生於何處？殼菌的每一個子囊含有八個子囊孢子。

### 4. 擔子菌門

菌絲有分隔，有性生殖產生擔孢子 (basidiospore)，擔孢子是由擔子柄 (basidium；pl. basidia) 的細胞經減數分裂產生。大多數的擔子菌其擔子柄會聚集生於擔子果 (basidiocarp) 上。一般指的"蕈"或"菇"即是擔子菌的子實體，也就是擔子果。在生活史中有些擔子菌有無性孢子的產生，例如禾柄銹菌，但有些擔子菌則沒有無性孢子的形成，例如洋菇。

#### a. mushrooms (蕈菇類) 的擔孢子：

此類擔子菌的種類很多，有些具食用價值，例如洋菇或香菇，有些卻有劇毒，因此對於野外採集之蕈菇，在未確定其種類時，千萬不要試食。

觀察洋菇或香菇的外形，並分辨下列各部位：蕈蓋 (pileus)、蕈柄 (stipe)、蕈環 (annulus)、蕈褶 (gill)、蕈膜 (velum)。有些蕈菇類在蕈柄基部可能有蕈托 (volva)。我們所食用的洋菇是其擔子果的部分，而其大部份的菌絲體仍留存於生長的土中 (堆肥)。為什麼菌絲的生長對於堆肥是必須的形成呢？

通常在鑑定蕈菇類時，必須參考蕈褶形狀及孢子的顏色，因此也就有了孢子印 (spore print) 的製作。作法是割除蕈柄，將蕈蓋放置於一張紙上，以蕈褶面向下，成熟的擔孢子就會落在紙上而成印，據此判定蕈褶形狀及孢子的顏色。

你知道擔孢子著生於菌體的那一部位嗎？取一製備好的玻片如墨水菇，或製作新鮮的蕈褶切片，置顯微鏡下觀察，在高倍鏡下注意蕈褶的邊緣，有沒有看到孢子？這些孢子就是擔孢子，生長擔孢子的構造就是擔子柄，每一個擔子柄上大都長四個孢子，每一孢子由一個孢子小柄 (sterigma) 支托著。

b. 禾柄銹菌的夏孢子 (urediniospore) 和冬孢子 (teliospore)：

觀察小麥 (*Triticum* sp.) 葉片上寄生的禾柄銹菌的夏孢子堆 (uredinium) 和冬孢子堆 (telium) 切片。仔細尋找在植物組織內的菌絲，並注意孢子生長位置。孢子呈何種形狀？又每一菌絲頂端有幾個孢子？禾柄銹菌營寄生性生活，生活史複雜，前後有二種不同的寄主：小麥和小蘗 (*Berberis* sp.)，共產生五種不同的孢子，夏孢子於春夏季生長在小麥植株內，呈銹色；而冬孢子則於夏末和秋季形成，也在小麥上，呈暗色。有性生殖是形成擔孢子，擔孢子傳播至小蘗葉上萌發形成另外兩種孢子，精孢子 (spermatium) 及銹孢子 (aeciospore)。

## 5. 不完全菌門

此類真菌尚未經證實有有性孢子的產生，且多以無性世代所產生的孢子，即分生孢子來繁殖，故稱為不完全菌。分生孢子一般長於分生孢子枝 (conidiophore) 上。有些具高經濟價值 (如：可產生抗生素)，有些則為病原菌，會引起動、植物的病害，包括人類。

觀察發黴的橘子或其他果實，但切勿打開盛裝的玻璃皿。橘子皮上青綠色的黴就是青黴菌的孢子。其菌絲體是什麼顏色？取製備好的青黴菌或麴菌之玻片，置顯微鏡下觀察，注意菌絲頂端是否有成串的孢子？這些孢子就是所稱的分生孢子，長出分生孢子之直立菌絲就是分生孢子枝。青黴菌的分生孢子是何種顏色？麴菌的分生孢子呢？較早形成的分生孢子是在底部呢？或在最頂端？如何知道？你是否曾經在甚麼地方看到類似青黴菌或麴菌的黴菌？那些黴菌又怎麼會長在那裡呢？有什麼方法可以試驗你的假說的正確性？

## 6. 菌根 (mycorrhiza)

為土壤中的真菌和維管束植物的根所形成之共生組合。真菌在此組合的重要任務是吸收水分和礦物質養料，供給根。觀察培養皿中的菌根，置於解剖顯微鏡下檢察，此種菌根，菌絲呈叉狀、短小、多分枝，且集結形成外鞘，覆蓋根部，此區有無看到根毛？若不見根毛則為外生菌根 (ectotrophic mycorrhiza)。外生菌根之菌絲生長於根的皮層細胞之間，而且所形成之外鞘覆蓋整個根部。內生菌根 (endotrophic mycorrhiza) 則不然，菌絲不形成外鞘，並且深入皮層細胞內生長，形成細胞內囊胞 (vesicle) 和叢枝囊 (arbuscule)。取內生菌根之切片於高倍鏡下檢查，尋找細胞內之囊胞和叢枝囊。

#### 肆、問題：

1. 在你完成該單元的實驗後，對真菌已有較深的認識，試列出真菌生長的益處和壞處數點。
2. 你認為有什麼有效方法可以防止或抑制有害真菌的生長繁殖？

#### Film:

1. The Fungi

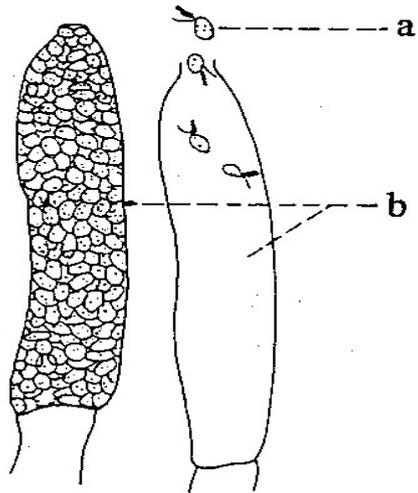


Fig. 26-1. Asexual spores of *Saprolegnia* sp.

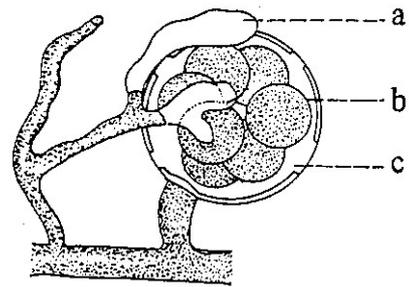


Fig. 26-2. Sexual spores formation of *Saprolegnia* sp.

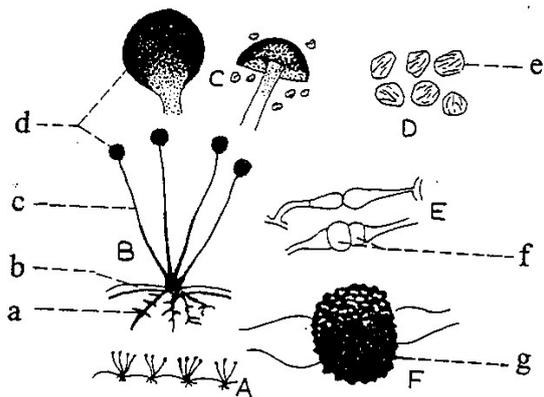


Fig. 26-4. *Rhizopus stolonifer*  
 A. Proliferation by stolons  
 B. Group of sporangiophores  
 C. Mature sporangium  
 D. Sporangiospores  
 E. Early stage in zygosporangium formation  
 F. Mature zygospore

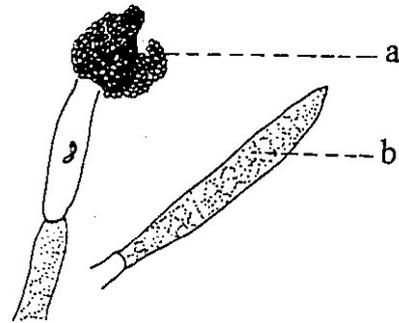


Fig. 26-3. Asexual spores of *Achlya* sp.

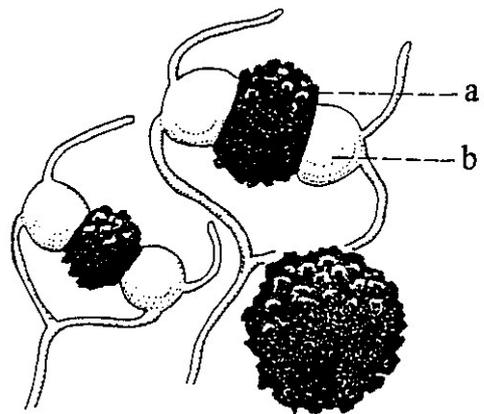


Fig. 26-5. Stages of zygosporogenesis in *Rhizopus* sp.

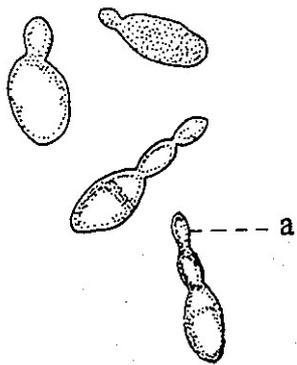


Fig. 26-6. *Saccharomyces* sp.

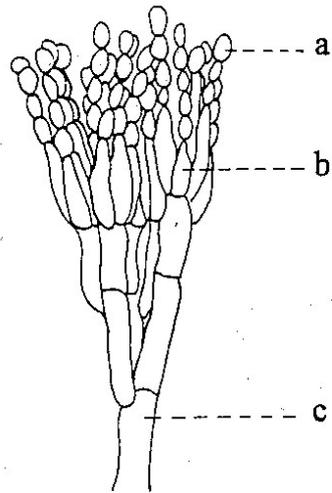


Fig.26-7. *Penicillium* sp.

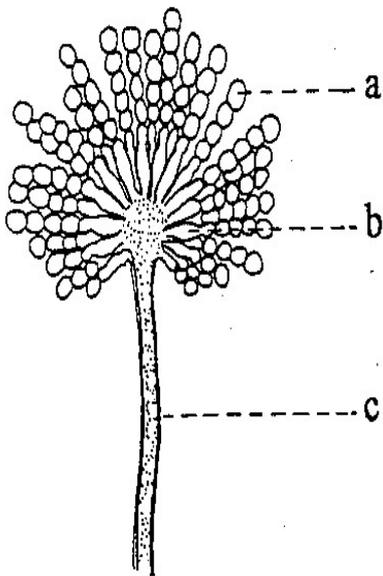


Fig. 26-8. *Aspergillus* sp.

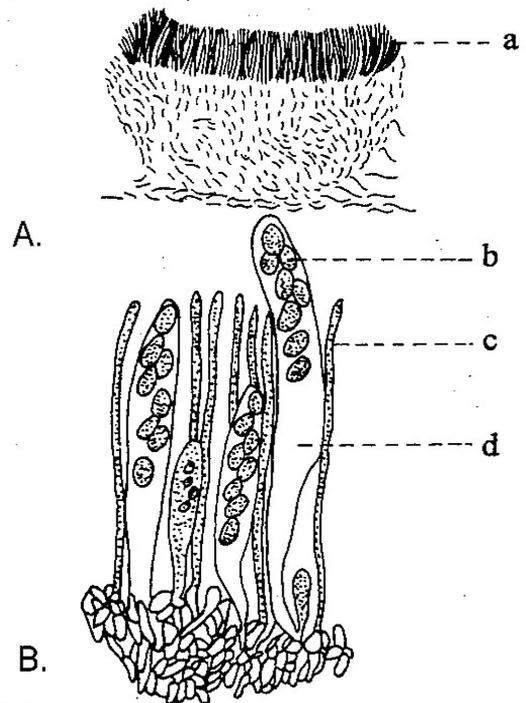


Fig. 26-9. *Peziza* sp.  
 A. Apothecium  
 B. Asci

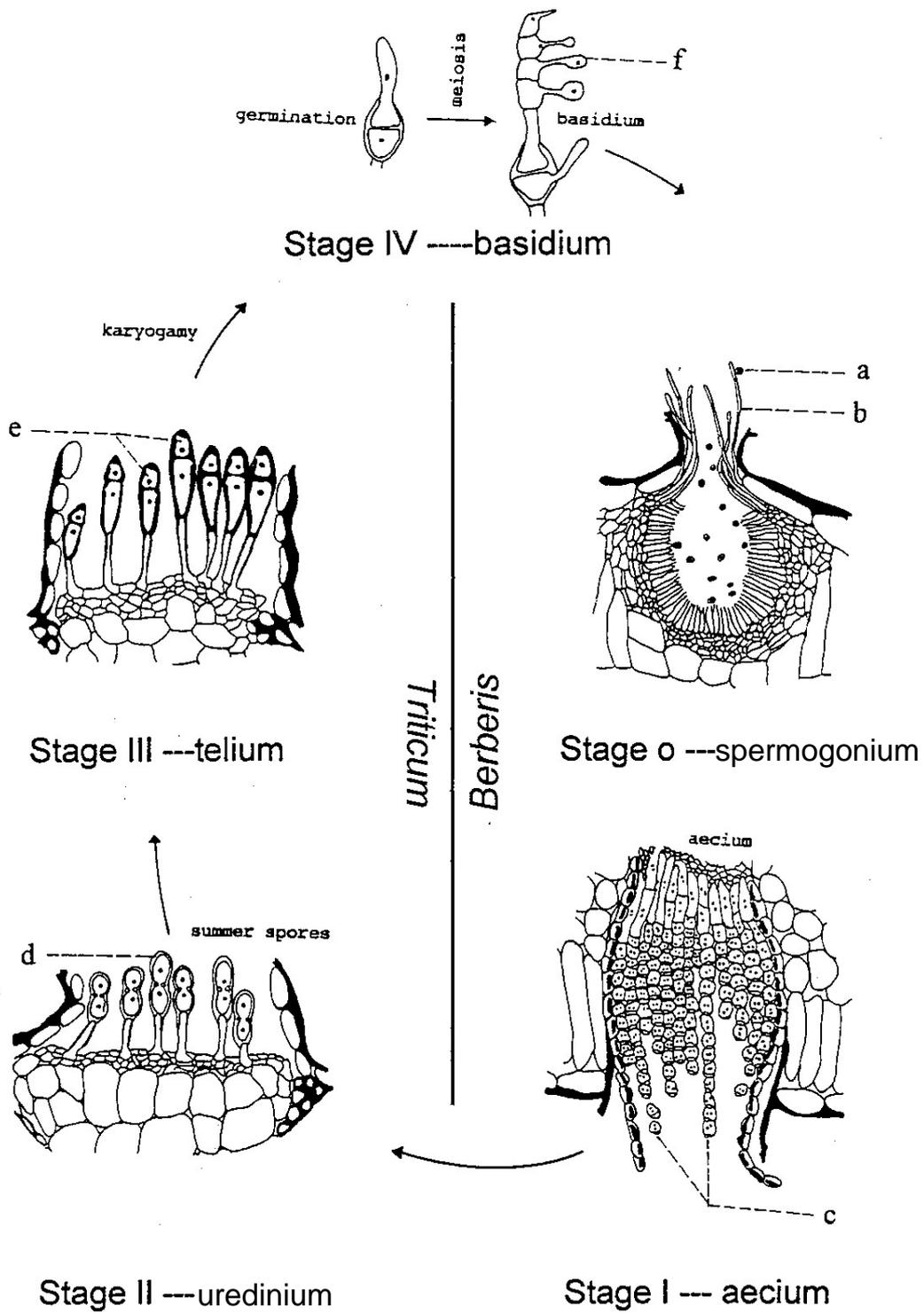


Fig. 26-10. Life cycle of *Puccinia graminis*

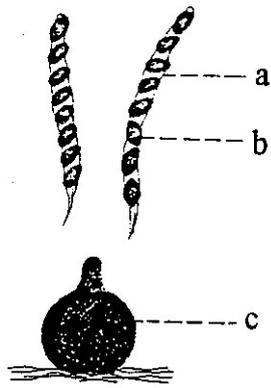


Fig. 26-11. *Sordaria fimicola*

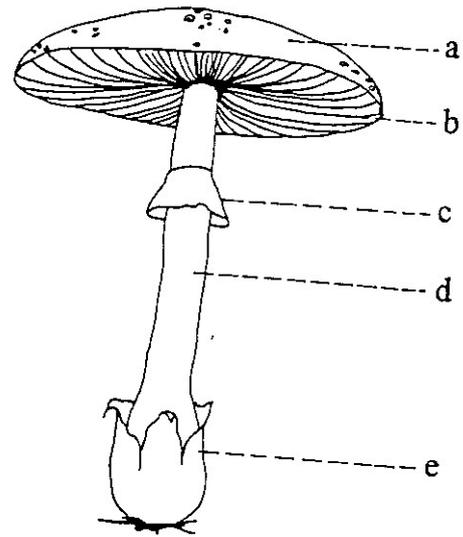


Fig. 26-12. Mushroom of *Amanita* sp.

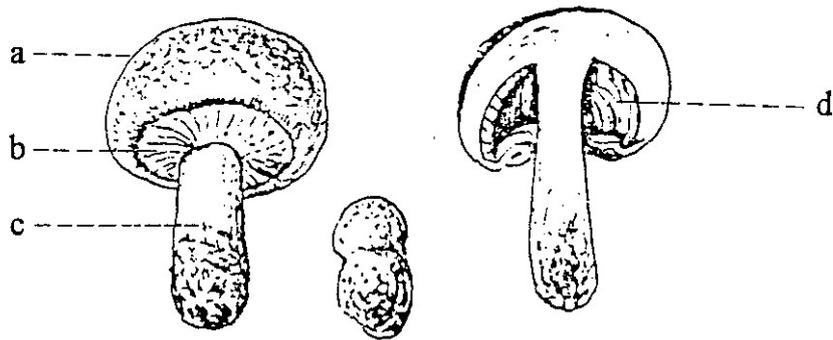


Fig. 26-13. Mushroom of *Agaricus* sp.

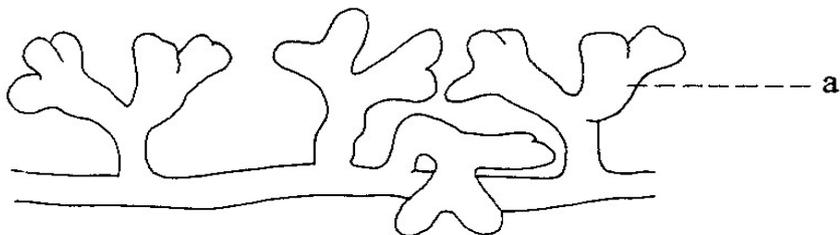


Fig. 26-14. Mycorrhizae of *Pinus* sp.

# 實驗二十七 地衣 (Lichens)

## 壹、目的與原理：

地衣是藻類和菌類的共生體，其中藻類以藍綠藻和綠藻居多，而菌類則多為子囊菌門 (Ascomycota)，極少數為擔子菌門 (Basidiomycota)。菌藻間親密的協調生長關係是這樣的：因為藻類具有葉綠素能自製養分，故能供給菌類有機養分，而菌類可能具有保護藻類的功能，但是在研究地衣生長的過程中，發現菌藻的關係，可能是一種協調控制性的寄生，也就是說菌類寄生於藻類個體上。

地衣分佈廣，形態也各異，多以菌類來決定其外形。能生長在極端不宜其他生物生長的環境，例如光禿的岩石上，但生長速率非常緩慢。依照外部形態，可把地衣分成三大類：殼狀地衣 (crustose lichen)、莖狀地衣 (fruticose lichen) 和葉狀地衣 (foliose lichen)。以往地衣除用作研究材料外，一直被以為對人類無多大經濟價值，近來發現其不但可為環境污染指標，在工業上 (如醫藥及化學工業) 亦具有發展潛力，值得更進一步研究與開發。

## 貳、實驗材料：

1. 殼狀地衣、莖狀地衣和葉狀地衣的標本數種
2. 葉狀地衣之切片
3. 葉狀地衣之子囊果 (ascocarp) 切片

## 參、實驗方法：

1. 觀察不同的殼狀地衣、莖狀地衣及葉狀地衣的外形，注意其形態、葉狀體 (thallus) 的結構及顏色。
2. 取兩片乾淨載玻片將一小塊軟化了的的地衣 (滴水於乾燥的葉狀體上軟化之) 夾在中間，壓擠使葉狀體破碎；把碎片放在一片玻片上；滴上一滴水，蓋上蓋玻片。先在低倍鏡，然後在高倍鏡下觀察，藻細胞呈何種形狀？綠色或藍綠色？如何分佈？菌絲有無分隔？
3. 取葉狀地衣葉狀體的切片 (橫切面) 置顯微鏡下觀察。自葉狀體上表層到下表層，分別鑑定出下列各部位。
  - a. 皮層組織 (cortical layer)：位於葉狀體的上、下二層，由膠質物質與菌絲緊密交織而成；細胞的構造很不明顯。下皮層通常具有附著用的假根 (rhizine)，但有些下皮層缺此。
  - b. 藻層 (algal layer)：藻細胞幾乎完全被菌絲包圍，且侷限於上皮層與菌髓間，層次或明顯或不明顯，隨種類而不同。菌絲通常具有吸器 (haustorium)，以便自藻細胞吸取食物。
  - c. 菌髓 (medulla)：此層佔葉狀體的大部分，菌絲細胞體積相當大，一般只有微量膠質化，菌絲間不規則地交結在一起，形成一疏鬆如纖維狀的層次構造，是地衣最主要的儲水組織及食物貯存所。

4. 觀察 *Lobaria* sp. 或 *Physeia* sp. 葉狀體的橫切片，此葉狀體上有子實體 (fruiting body)，觀察此子實體的切面。有沒有看到孢子？是子囊孢子或是擔孢子？其子實體屬於子囊盤 (apothecium)。這些孢子是否具有繁殖地衣個體的功用？

#### 肆、問題：

1. 你如何給地衣下個較合理完整的定義？
2. 試述地衣在分類上的位置。

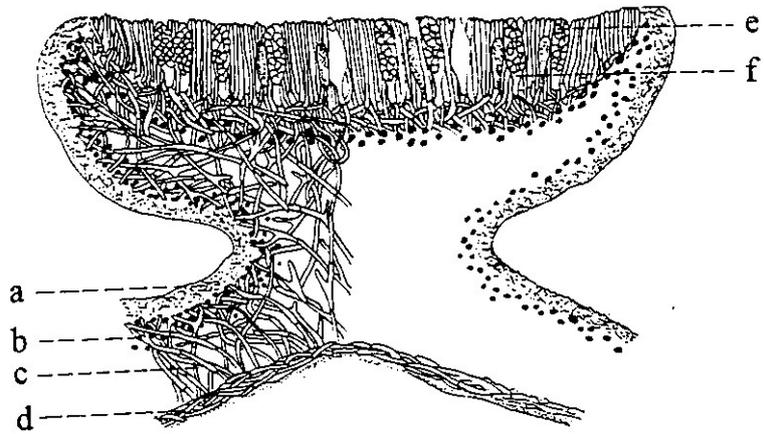


Fig.27-1. Section of an apothecium of lichen

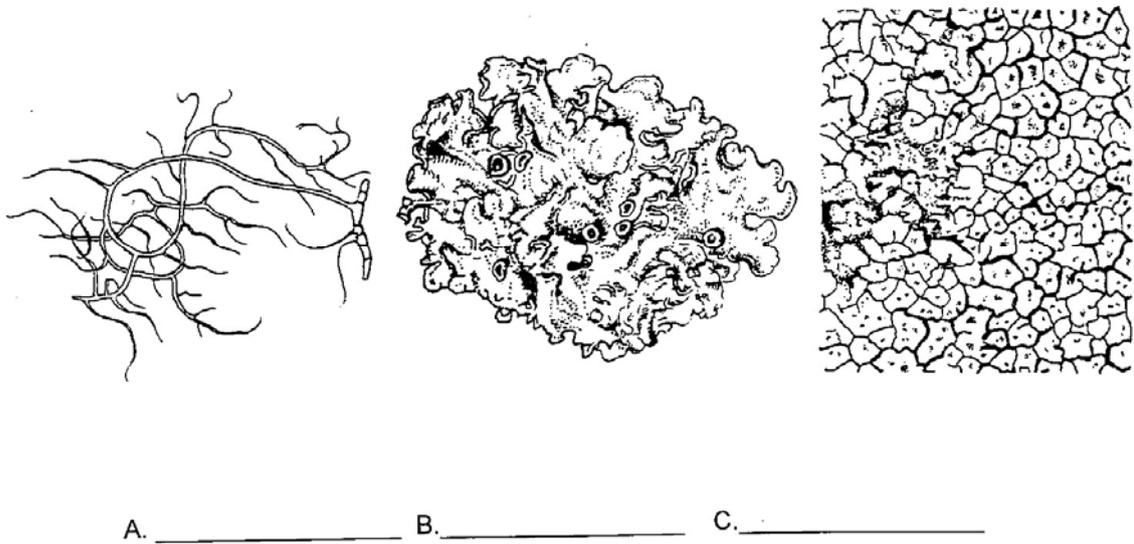


Fig.27-2. Growth forms of lichens

# 實驗三十二 水生植物 (Hydrophytes)

## 壹、目的與原理：

在早期的陸生植物如苔蘚類，其生活史中或多或少都需要水的存在。但是陸生植物在接下來的演化中，隨著水分輸導組織的複雜化(維管束的演化)，以及氣孔的演化，各類的植物也具有各式的保水組織來防止水份的過度散失，而在不同的陸生環境下不斷繁衍。然而在許多的例子中，不論是陸生的被子植物或是蕨類，植物們又重新回到水生的環境裏，比方說布袋蓮等，它們的祖先(比方說其他的單子葉植物)都是陸生性的，但是它們則是依水而生。這些植物在生理以及形態結構上又重新適應了水生生活，它們不再需要防止水份的散失也不再缺乏水份的取得，但是如何進行氣體交換和如何避免過多的水份便成為生存的要點。另者，開花植物也需要對生殖策略做新的適應，比方說如何才能在水中完成整個世代，這些則可以經由水的傳粉和果實的傳播等來達成。

臺灣的水生植物，大致可以區分為濕生、挺水、浮葉、漂浮或沉水植物，主要分佈在全省海邊、河流、沼澤及湖泊中。但是由於近年來人為的干擾和破壞，許多的水生植物生育地都已被開發而消失，尤其以池塘聞名的桃園和宜蘭地區受到的影響最大。再加上外來水生植物的強勢競爭，如布袋蓮和大萍等，本土的水生植物可說是危機重重。為了多瞭解臺灣豐富的水生植物相，本實驗讓同學觀察與熟悉臺灣常見的水生植物。本實驗將利用學期中所學習的各個實驗技巧，觀察水生植物的葉片形態及氣孔構造，並對水生植物的生態習性與演化上的適應加以探討。本實驗將著重在浮葉、漂浮、及沉水植物上，讓同學進行觀察。

趨同演化 (convergent evolution) 是生物中常見的一個現象，它是指兩個生物的形態及結構上在演化的不同分枝有著相同的表現型，比方說鯨魚的鰭和一般魚的鰭是屬於趨同演化，並非它們有共同祖先，也並非是說它們的共同祖先就已經有了鰭的構造。因此所謂的「水生植物」，其實也是一個依據類似功能，而把演化關係無關的種種植物歸在一起的集合名詞，也就是說「水生」這個生態特性，在陸生植物的演化歷史上，其實分別在不同的演化枝演化了很多次，因此我們可以說「水生植物」也屬於一種趨同演化。

## 貳、材料及方法：

※每一組從以下植物中選擇四種材料

水韭 (*Isoetes* sp., 水韭科)

田字草 (*Marsilea minuta*, 蘋科)

槐葉蘋 (*Salvinia* sp., 槐葉蘋科)

滿江紅 (*Azolla* sp., 滿江紅科)

睡蓮 (*Nymphaea* sp., 睡蓮科)

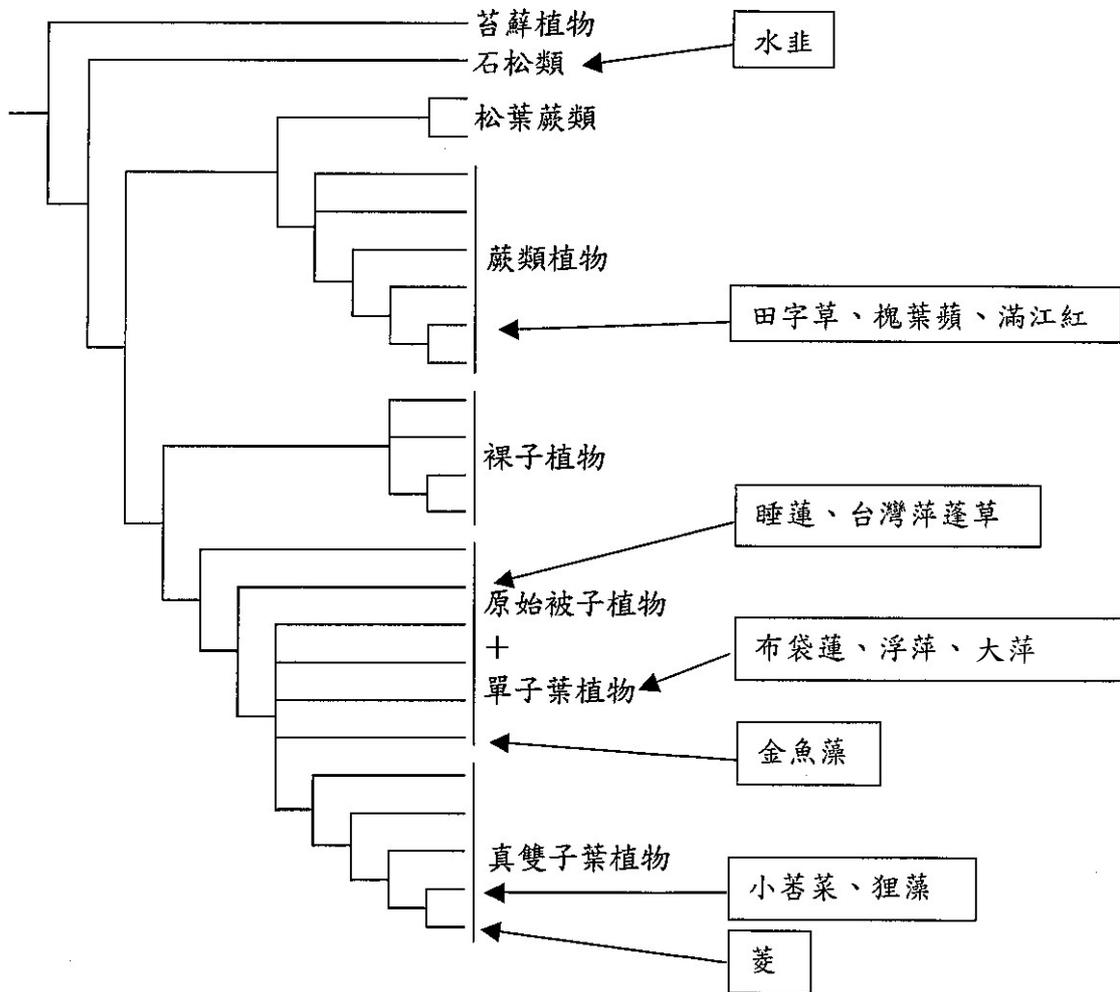
臺灣萍蓬草 (*Nuphar shimadai*, 睡蓮科)

小荇菜 (*Nymphoides coreana*, 龍膽科)

- 菱 (*Trapa bispinosa*, 菱科)
- 狸藻 (*Utricularia* spp., 狸藻科)
- 金魚藻 (*Ceratophyllum demersum*, 金魚藻科)
- 布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*, 雨久花科)
- 浮萍/水萍 (*Spirodela polyrhiza*, 浮萍科)
- 大萍 (*Pistia stratiotes*, 天南星科)

參、實驗方法 (參照實驗七：葉；實驗二十一：如何觀察氣孔的構造)：

1. 葉的橫切，觀察各種細胞的排列情形
2. 葉表皮細胞的氣孔分佈
3. 觀察這些植物的花部及果實構造  
實物 + 標本 + 照片



#### 肆、問題：

1. 請列出所選取植物的名稱及所在的生態環境 (完全或部份沈水)。
2. 有哪些植物有沈水葉和浮 (挺) 水葉的區分？它們在葉子的形態上有什麼不一樣？
3. 你認為這些水生植物有那些趨同演化的特徵？
4. 由這些水生植物的花部及果實構造，推測它們的生殖策略，並說明它們對於水生環境的適應。

#### 伍、參考文獻：

1. 李松柏，1999。台中縣的濕地與水生植物。台中縣自然生態保育協會。
2. 林春吉，2002。臺灣水生植物 (1)、(2)。田野影像出版社。
3. 陳玉峰，1990。墾丁國家公園海岸植被。墾丁國家公園管理處。
4. 黃淑芳、楊國禎，1991。夢幻湖傳奇。陽明山國家公園管理處。
5. 黃朝慶、李松柏，1999。臺灣珍稀水生植物。清水鎮牛罵文化協會。
6. Judd, W. S. *et al.* 2002. Plant systematics – a phylogenetic approach, 2<sup>nd</sup> ed. Sinauer Associates, Inc., MA, USA.

# 實驗八 花 (Flowers)

## 壹、目的與原理：

花是被子植物的生殖器官。雖然各種植物的花在形態上會有種種差異，但是基本上的構造仍然相同。從發育形態學的觀點上看，花就是一種變態的枝條。在這一段縮短的枝條上，生有各種由葉片演變而成的附屬物；而且先端的生長點都已消失，不能繼續生長，與裸子植物的毬花大不相同（毬花頂端的生長點雖也退化，但有時也會再生長）。

花直接著生的小枝，在單生花 (solitary) 時叫做花柄 (peduncle)；花柄基部生有苞片 (bract)。在許多花合成花序時，這最後的小枝，就叫做花梗 (pedicel)，而著生花梗的分枝，才叫做花柄；花梗基部生有苞片，而花柄基部的苞片可能是一片較小的葉片。在更複雜的花序中，花序的主枝就叫做花序軸 (floral axis)。花器各部都生長在花梗的頂端，這個膨大的頂端，就叫做花托 (receptacle)。

## 一、花的基本構造

一朵典型的花的構造由外到內分別為萼片 (sepal)、花瓣 (petal)、雄蕊 (stamen) 及雌蕊 (pistil) 四部所組成，一般稱之為花部 (floral parts)。

1. 萼片：合稱花萼 (calyx)，位於花的最外層，通常為綠色，形狀近似退化的小葉片，在花芽未開放時，可以保護芽中的構造。
2. 花瓣：合稱花冠 (corolla)，位於花萼的內層，常具有鮮明的色彩。在蟲媒花中，能吸引昆蟲，幫助傳粉。同時，在芽中也可保護雄蕊及雌蕊。以上兩部，花萼和花冠，可合稱為花被 (perianth)。
3. 雄蕊：數目不一，合稱為雄花器 (androecium)；位於花冠的內層，由花絲 (filament) 和花藥 (anther) 組成。花絲長短不一；花藥生長在花絲的頂端，為膨大的囊狀構造，裏面可以產生花粉 (pollen)。雄蕊也叫做小蕊。
4. 雌蕊：雌花器 (gynoecium) 位於花的中央部分，以心皮 (carpel) 為其組成單元，通常泛稱雌花器為雌蕊。雌花器由心皮組成，一朵花中的心皮數目可能為 (1) 一枚，例如豆科植物；(2) 多枚，各心皮離生 (此現象稱為 apocarpy)，例如木蘭科植物；(3) 多枚，各心皮合生 (此現象稱為 syncarpy)，例如百合類的植物。
5. 苞片：除頂端單生花以外，側生花都是從葉腋長出。單生花基部的葉片大多仍甚正常；而花序上各花朵基部的葉片，就常退化縮小成為一枚小片，有時可在花芽時包圍整個花芽，所以叫做苞片。有時一朵花或一叢花被許多苞片所包圍，稱為總苞 (involucre)。如菊科植物頭狀花序外的總苞，殼斗科之雌花也由總苞所包被。

## 二、花的外形

1. 整齊花 (regular flower, actinomorphic flower)：花萼及花冠都成輻射狀排列，各萼片及各花瓣的形狀和大小都很相似如朱槿 (*Hibiscus rosasinensis*)。
2. 不整齊花 (irregular flower, zygomorphic flower)：花萼、特別是花冠不呈輻射狀，各萼片或各花瓣的形狀及大小都不相同如豌豆 (*Pisum sativum*)。豌豆的花冠呈兩邊對稱，外形好像蝴蝶，最大的一枚花瓣叫做旗瓣 (standard)，左右兩瓣叫做翼瓣 (wings)，還有兩枚花瓣部份合生，構成龍骨瓣 (keel) 包圍雌雄蕊。豌豆的雄蕊共有十枚，其中九枚的花絲合生，最後的一枚獨立，合計成為兩群，所以稱為二體雄蕊 (diadelphous stamens)。雌蕊具有一枚心皮，子房一室，花柱先端有柱頭。

## 三、花蕊的構造

1. 雄蕊：雄蕊具花絲和花藥，但有些植物，如木蘭科植物，兩者分化不明顯。花藥外部共分兩半，稱為花藥瓣 (anther lobes)；每一花藥瓣內再分為兩室，稱為花粉囊 (pollen sacs)；位於兩個花藥瓣中間的組織稱作藥隔 (connective)。花粉囊的囊壁計有表皮 (epidermis)、內殼 (endothecium)、中間層 (middle layer) 及營養層 (tapetum)。囊中可產生小孢子 (microspores)，再發育成花粉。
2. 雌蕊：雌花器的外形大致為：基部膨大，內藏胚珠，稱為子房 (ovary)；子房上方延長為花柱 (style)，花柱的頂端通常特化為柱頭 (stigma)，為花粉進入子房的門戶。心皮裡的胚珠 (ovule) 藉珠柄 (funiculus) 著生於子房壁上，著生之處稱為胎座 (placenta)；每一枚胚珠基本上具二層珠被 (integument)，包圍著珠心 (nucellus)。珠心內有一大孢子母細胞 (megasporocyte)，經減數分裂，形成大孢子 (megaspore)，大孢子持續發育為大配子體 (megagametophyte)。成熟的大配子體具有 7 個細胞 8 個核，稱為胚囊 (embryo sac)。

## 四、花部在花托的著生方式

花部在花托的著生位置可以依子房和花萼、花瓣、雄蕊三部的相對位置分為下列三種：

1. 子房上位、下位花 (superior ovary, hypogynous flower)：花萼、花瓣、雄蕊三部著生在子房底下。
2. 子房上位、週位花 (superior ovary, perigynous flower)：子房在其他的花部之上，但被包圍在花冠筒 (floral tube, 由花萼、花瓣、雄蕊所形成)或由花托延伸成的花托筒 (receptacle tube) 內，此一構造稱為冠萼筒 (hypanthium)。例如某些薔薇科的植物。
3. 子房下位、上位花 (inferior ovary, epigynous flower)：花萼、花瓣、雄蕊三部看起來著生在子房上部。例如繖形科的植物。

## 五、花序 (inflorescence)

許多花聚生在一起，叫做花序。花序上不再生長正常的葉片。花序的分枝及開花順序各有不同。

A. 無限花序 (indeterminate inflorescence)：花序中頂端沒有花，生長點可以繼續發育；或頂端雖有花，但開放最遲。因此，整個花序可以不斷伸長到養分不足時，所以叫做無限花序如：

1. 總狀花序 (raceme)：中央花軸可繼續伸長，各花互生而有花梗如碎米薺 (*Cardamine* sp.)、阿勃勒、報歲蘭 (*Cymbidium* sp.)、錫蘭橄欖、山芥菜等。
2. 複總狀花序 (compound raceme) 或稱圓錐花序 (panicle)：花軸上先產生分枝，分枝上再生花朵或更複雜。但各分枝均為互生，各分枝上，下部的花先開如山枇杷 (*Eriobotrya* sp.)、蘿蔔 (*Raphanus sativus*)。
3. 穗狀花序 (spike)：排列在花序軸上的花之花梗極短 (或無)，如山前草 (*Plantago* sp.)。
4. 複穗狀花序 (compound spike)：花序主軸上有互生分枝，分枝為穗狀花序，這些分枝的花朵合稱為小穗 (spikelet)，如山棕 (*Arenga* sp.)、小麥 (*Triticum* sp.) 及稻 (*Oryza sativa*)。
5. 佛焰花序 (spadix)：由被稱為佛焰苞 (spathe) 之苞片所包起來的穗狀或複穗狀花序稱之。花序軸常肥大、肉質，故又稱為肉穗花序。如天南星科植物：海芋 (*Alocasia* sp.)、火鶴花；棕櫚科植物：大王椰子 (*Roystonea* sp.)、黃椰子、蒲葵。
6. 繖形花序 (umbel)：花柄頂端著生多數花，成圓球形或傘形如蔥類 (*Allium* sp.)、孤挺花、文珠蘭 (*Crinum* sp.)。
7. 複繖形花序 (compound umbel)：由許多繖形花序合成大繖形花序如胡蘿蔔 (*Daucus carota*)、芹菜、茴香 (*Apium* sp.)。
8. 頭狀花序 (head)：花序主軸極短，膨大



9. 隱頭花序 (hypanthodium)：花序被膨大的花托整個包住，僅留一出入小口，花單性、完全依賴蜂類傳粉。如無花果、薜荔等榕屬 (*Ficus* sp.) 植物。
10. 繖房花序 (corymb)：花朵具長梗，互生於花軸上，越接近頂端花梗越短，因而各花約略在同一平面上，如梨 (*Pyrus* sp.)、山櫻花 (*Prunus* sp.)。
11. 柔荑花序 (catkin)：花軸細長柔軟之穗狀花序，花單性且雌雄異穗、花被退化，如柳樹 (*Salix* sp.) 和楊樹 (*Populus* sp.)。

隱頭花序 (薜荔)



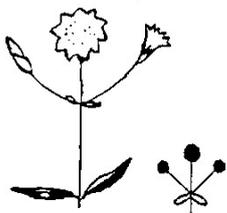
繖房花序 (梨)



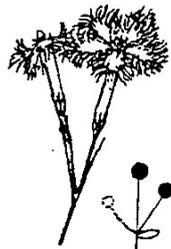
柔荑花序 (柳)

- B. 有限花序 (determinate inflorescence)：花序頂端為一朵花，使花序不能繼續延長，故稱為有限花序。花序上的花，通常由頂端先開放，有很多的變化型，且常混在一起，不易區分。
1. 聚繖花序 (cyme)：花序上只有三朵花，中央一朵先開放，兩側兩朵對生如石竹科植物。

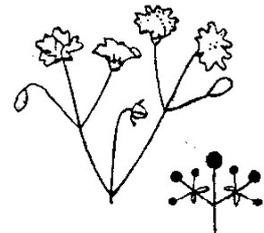
單一雙出聚繖花序



單一單出聚繖花序



複雙出聚繖花序



2. 複聚繖花序 (compound cyme)：花柄上中央的花先開，兩側發生分枝，分枝上再生小聚繖花序 (cymules)。如此，可以再分枝，成為複雜的聚繖花序如七里香 (*Murraya paniculata*)、紫花酢漿草 (*Oxalis martiana*) 及康乃馨 (*Dianthus* sp.)。

七里香



- C. 混合花序：一個花序上同時具有無限花序及有限花序。例如聚繖圓錐花序 (thyrses) 之主軸屬於無限花序，但分枝則為有限花序。

## 貳、材料及方法：

### 一、花的基本構造

百合花 (*Lilium* sp.) 或杜鵑花 (*Rhododendron* sp.)，解剖檢視花萼、花冠、雄蕊及雌蕊各部構造。並繪一縱切面，註明各部構造的名稱。它們是否都具有四種花部？

### 二、花的外形—不整齊花

取豌豆 (*Pisum sativum*) 或菜豆 (*Phaseolus vulgaris*) 的花，檢視花萼、花冠 (包括旗瓣、翼瓣及龍骨瓣)、雄蕊及雌蕊的外形構造。並在已繪就的圖片上註明各部的名稱。

### 三、花蕊的構造

- A. 雄蕊：取百合的花藥橫切面切片，用顯微鏡觀察花藥的細胞組織；並繪製橫切面略圖，註明各部組織的名稱 (epidermis, endothecium, middle layer, tapetum, pollen, connective 及 vascular bundle 等)。
- B. 雌蕊：觀察百合子房橫切面切片，繪製略圖，註明下列各部名稱 (ovary wall, septum, placenta, ovule, integument, micropyle, nucellus, embryo sac 及 funiculus 等)。

### 四、花序

- A. 無限花序：任取一種無限花序，繪製分枝略圖，並註明開花的順序。
- B. 有限花序：任取一種有限花序，繪製分枝略圖，並註明開花的順序。
- C. 混合花序：取欒樹 (*Koelreuteria* sp.)、楝樹 (*Melia* sp.) 等花序，檢視主軸分枝及小聚繖花序。繪製分枝略圖，並註明花序中有限及無限部分。

## 參、問題：

1. 由哪些特點可以看出花器各部都是葉片的變形？
2. 風媒花與蟲媒花的差別在那裏？
3. 被子植物在花的構造上有何演化及適應的優點？
4. 能否檢視任何花朵，辨認出各部構造？

### Slide：

1. Flower Survey Set--Part 1 48-2870
2. Flower Survey Set--Part 2 48-2870
3. Inflorescence Set 48-2871
4. Plant Pollination: Agents and Adaptations Set--Part 1 48-2874
5. Plant Pollination: Agents and Adaptations Set--Part 2 48-2874
6. Flowers, Fruits, and Seeds Set 48-2881

Film： 1. Angiosperms--The Flowering Plants

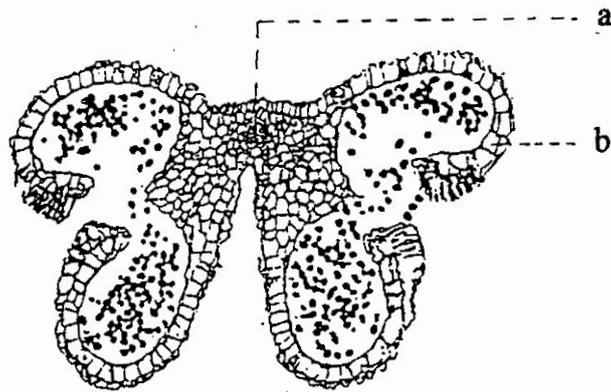


Fig. 8-1. C. S. of anther of *Lilium* sp.

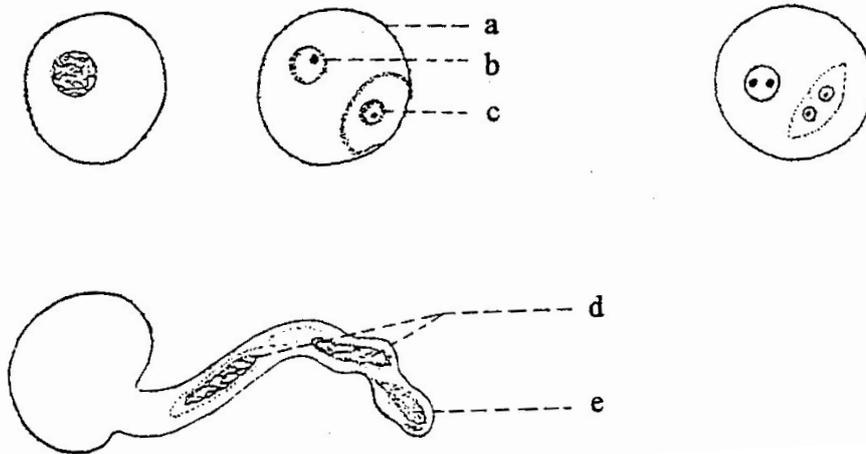


Fig. 8-2. Germination of a pollen grain of *Lilium* sp.

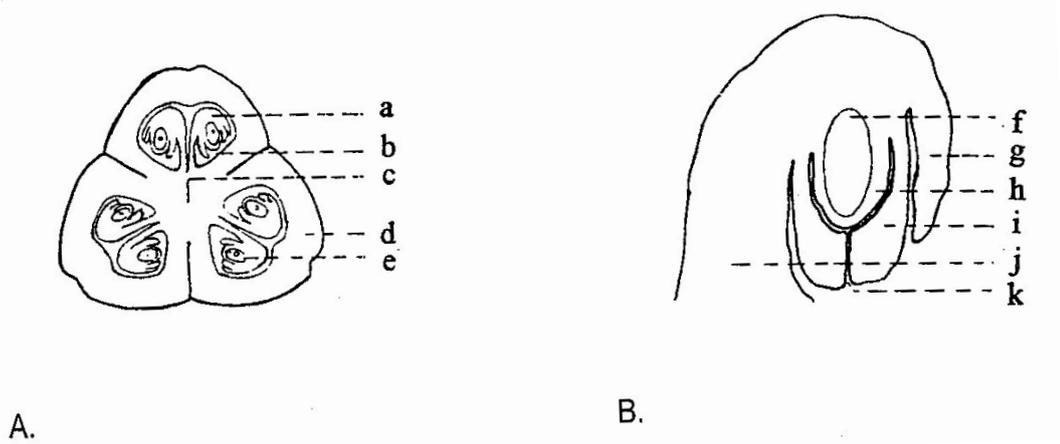


Fig. 8-3. A. C. S. of ovary of *Lilium* sp.

B. L. S. of ovule of *Lilium* sp.

# 實驗九 果實 (Fruits)

## 壹、目的與原理：

本實驗之目的期使學生能確認果實的基本構造及變異的種類。

果實是在開花授粉後，由子房發育而成，所以果實的基本構造即是膨大成熟的子房。子房內常有種子，但有些無核果則是由單性結果 (parthenocarpy) 而成。因此，種子並不是果實的基本條件。另外還有些植物在子房外的組織，如花托或花部等也能與子房共同聯合發育成假果 (accessory fruits)。

果實的基本構造，由外而內可以區分為三層。果實的最外層叫做外果皮 (exocarp)，包括外表皮及粘連在表皮上的皮層組織。果實的最內層叫做內果皮 (endocarp)，包括子房的內表皮及粘連的組織。外果皮與內果皮之間的組織，統稱為中果皮 (mesocarp)，包括皮層組織及維管束組織。這三層組織合稱為果皮 (pericarp)，也就是果實的全部組織。各種果實中，各層果皮的厚度並不一致；而且並不一定能完全分開；上述只不過是粗略的分層。果實的種類可依子房的數目及果皮的構造分為下列幾種：

### 一、單果 (simple fruits)

由一個子房發育成的果實，叫做單果。又可分為：

A. 乾果 (dry fruits)：果皮質地乾燥。

a. 裂果 (dehiscent fruits)：成熟果實會開裂者。

1. 莢果 (legume)—洋紫荊 (*Bauhinia* sp.)、大豆 (*Glycine max*)。

2. 節莢果 (loment)—蠅翼草 (*Desmodium triflorum*) 等山螞蝗屬植物、含羞草 (*Mimosa* sp.)。

3. 蒴果 (capsule)—

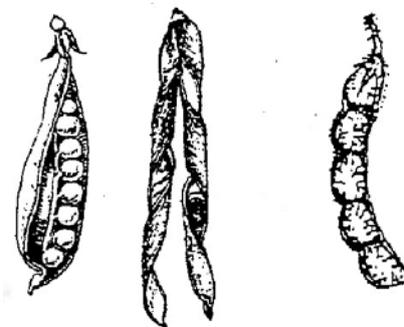
(1) 間裂 (septicidal dehiscence)：如杜鵑花 (*Rhododendron* sp.)的蒴果。

(2) 背裂 (loculicidal dehiscence)：如錦葵科的山芙蓉、黃槿 (*Hibiscus* sp.)。

(3) 蓋裂 (circumscissile dehiscence)：如車前草、馬齒莧 (*Portulaca* sp.)。

(4) 孔裂 (poricidal dehiscence)：如罌粟、虞美人 (*Papaver* sp.)。

莢果 (豆類)      節莢果 (蠅翼草)



間裂(杜鵑花)

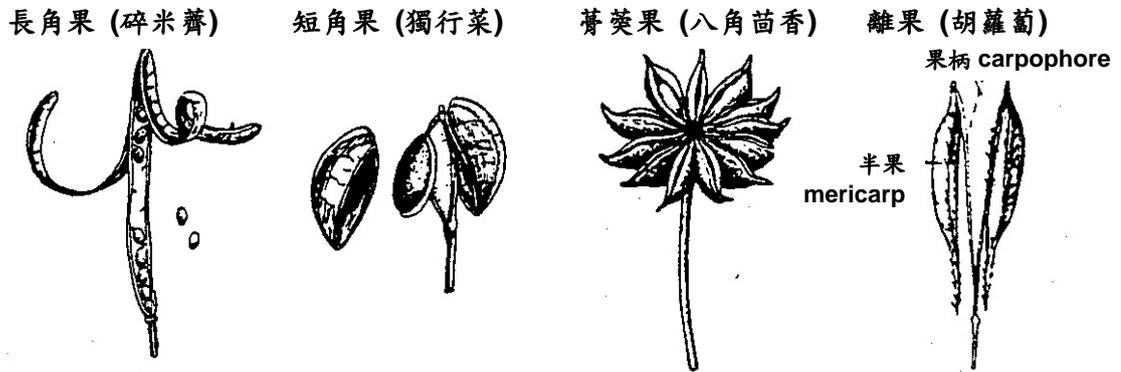
背裂(黃槿)

蓋裂(馬齒莧)

孔裂(罌粟)

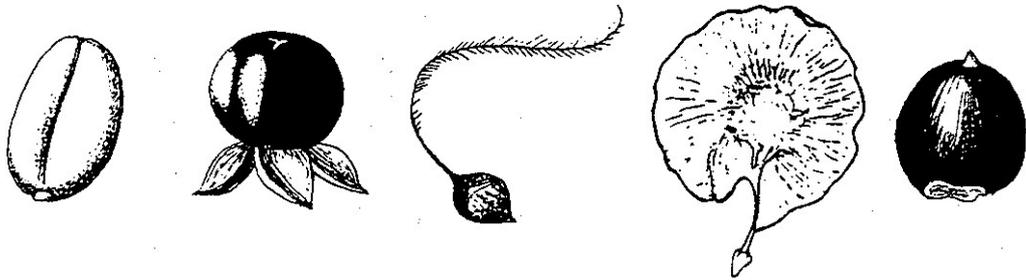


4. 長角果 (silique)—如碎米薺 (*Cardamine* sp.)、山芥菜 (*Rorippa* sp.)。
5. 短角果 (silicle)—如薺菜 (*Capsella* sp.)、獨行菜 (*Lepidium* sp.)。
6. 蓇葖果 (follicle)—如蘋婆 (*Sterculia* sp.)、八角茴香 (*Illicium* sp.)。
7. 離果 (schizocarp)—如胡蘿蔔 (*Daucus* sp.)、茴香 (*Apium* sp.)。



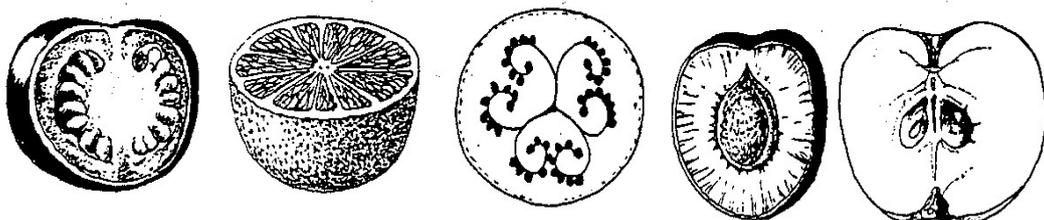
- b. 閉果 (indehiscent fruits) —成熟後不自行開裂。
1. 穎果 (caryopsis)—如稻穀 (*Oryza sativa*)、玉米 (*Zea mays*)、麥。
  2. 胞果 (utricle)—如莧屬 (*Amaranthus* sp.)、藜屬 (*Chenopodium* sp.)。
  3. 瘦果 (achene)—如向日葵 (*Helianthus annuus*)、鐵線蓮 (*Clematis* sp.)。
  4. 翅果 (samara)—如楓樹 (*Acer* sp.)、紫椴 (*Pterocarpus* sp.)。
  5. 堅果 (nut)—如櫟樹 (*Quercus* sp.) 及板栗 (*Castanea* sp.)。

穎果(麥)      胞果(藜)      瘦果(鐵線蓮)      翅果(紫椴)      堅果(櫟)



- B. 肉果 (fleshy fruits) —果皮肉質柔軟。
1. 漿果 (berry)—如番茄、葡萄。
  2. 柑果 (hesperidium)—如柑橘、柚子、柳橙。
  3. 瓜果 (pepo)—如西瓜、甜瓜等各種瓜類。
  4. 核果 (drupe)—如桃子、錫蘭橄欖。
  5. 仁果 (pome)—為子房、花托與花部所構成的果實，如蘋果、枇杷。

漿果(番茄)      柑果(橘、柳橙)      瓜果(瓜類)      核果(李)      仁果(蘋果)



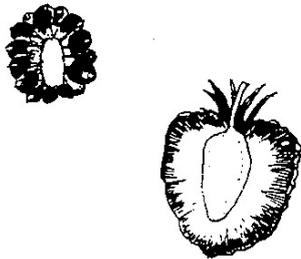
## 二、聚生果 (aggregate fruits)

一朵花中的多數離生心皮及花托共同發育而成。如草莓 (*Fragaria sp.*)、蛇莓 (*Duchesnes sp.*) 及懸鉤子類 (*Rubus sp.*)。

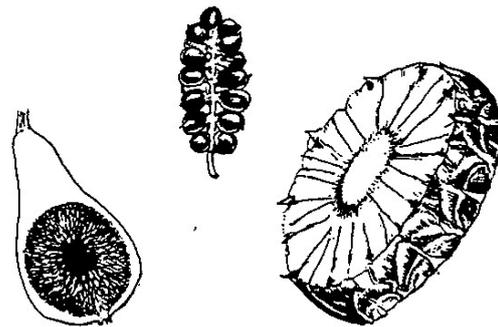
## 三、多花果 (multiple fruits)

由整個花序上的許多花朵聯合發育而成；有時並附有花托或花軸的組織如桑椹、無花果及鳳梨等都是。

聚生果(懸鉤子、草莓)



多花果(桑椹、無花果及鳳梨)



## 貳、材料及方法：

1. 於實驗前準備當時可以採到或買到的果實，每一種果實應能有一代表。學生輪流觀察。
2. 每一代表型應繪製一個果實外形及剖面，如裂果、閉果、漿果、聚生果及多花果各一種，標明各部位名稱，並推測其可能的傳播策略。

## 參、問題：

1. 試解釋單性結果 (parthenocarpy) 及孤雌生殖 (parthenogenesis) 之含義，並指出在演化及適應上的功能。
2. 試指明下列果實中可食部分的組織名稱：(a) 西瓜 (b) 蘋果 (c) 荔枝 (d) 草莓。
3. 洛神葵 (*Hibiscus sabdariffa*) 雖然也可做為果樹，但真正可食部分，在植物學上應該叫做什麼？
4. 舉出果實對於植物的生活方式有些什麼功能？請以目的與原理中各種成熟果實為例，試加以說明。

## Slides :

1. Flowers, Fruits, and Seeds Set 48-2881

# 果實檢索表

- 1. 由多數密集之花發育而成..... 多花果
- 1. 由單一花形成者
  - 2. 由多數離生心皮形成者..... 聚生果
  - 2. 由多數合生心皮或單心皮形成者..... 單果
    - 3. 果皮肉質，常不開裂者 (肉果)
      - 4. 果皮柔軟多汁、均質、由多數心皮生成..... 漿果
      - 4. 果皮非呈均質、內外軟硬不一
        - 5. 外果皮堅硬，內果皮柔軟者
          - 6. 果內由隔膜分成多室者..... 柑果
          - 6. 果內不具隔膜，亦不分成多室者..... 瓜果
        - 5. 外果皮柔軟，而內果皮堅硬者
          - 7. 由單心皮、單粒種子形成者..... 核果
          - 7. 由多數心皮發育而成，具多數種子者..... 仁果
    - 3. 果皮乾燥者 (乾果)
      - 8. 果皮成熟時不開裂者 (閉果)
        - 9. 果皮外伸呈翅狀者..... 翅果
        - 9. 果皮不呈翅狀者
          - 10. 果皮薄，呈膜質或與種皮不分離
            - 11. 果皮與種皮結合而不分離..... 穎果
            - 11. 果皮與種皮分離者..... 胞果
          - 10. 果皮厚而堅硬、呈骨質
            - 12. 果小、單心皮..... 瘦果
            - 12. 果大、多數合生心皮..... 堅果
      - 8. 果皮成熟時開裂者 (裂果)
        - 13. 由單心皮形成者
          - 14. 縱裂
            - 15. 沿一縫線開裂者..... 蓇葖果
            - 15. 沿兩縫線開裂者..... 莢果
          - 14. 分節橫裂者..... 節莢果
        - 13. 由二至多枚心皮合生形成
          - 16. 果開裂後，懸垂於果柄先端，各為具一種子之半果者..... 離果
          - 16. 果開裂後，不懸垂於果柄者
            - 17. 果橫裂者
              - 18. 果中間橫裂為上下兩部，而上部如蓋者..... 蒴果 (蓋裂)
              - 18. 果頂端開一小孔者..... 蒴果 (孔裂)
            - 17. 果縱裂者
              - 19. 由三至多數合生心皮形成，不具假隔膜者
                - 20. 沿心皮連接處開裂者..... 蒴果 (間裂)
                - 20. 沿心皮背部中央開裂者..... 蒴果 (背裂)
              - 19. 由二心皮形成，且有假隔膜者
                - 21. 果形長，具多數種子..... 長角果
                - 21. 果形短，具少數種子..... 短角果

# 實驗十 種子及幼苗 (Seeds and Seedlings)

## 壹、目的與原理：

本實驗應使學生瞭解種子的基本構造與發芽過程，以及幼苗的類型。被子植物的種子，在基本構造上與裸子植物並不相同。被子植物種子的基本構造雖然也分為種皮 (seed coat)、胚 (embryo) 及胚乳 (endosperm) 三部分，但種皮常有兩層，因為胚珠的珠被為兩層構造。胚為受精卵發育而成的幼小植物體，外形上有胚芽 (plumule)、子葉 (cotyledon，一枚或二枚)、下胚軸 (hypocotyl) 及胚根 (radicle) 四部。(註：裸子植物種子的子葉，數目不一，可從兩枚到十數枚)。極核和精核受精結合形成的胚乳母細胞，而胚乳則由胚乳母細胞分裂發育成，其染色體結構常為  $3n$  或更多。胚乳中含有大量養分，可供給發芽時幼胚生長之用。但也有些植物的種子中，胚乳的養分轉移到子葉中，胚乳就退化乾枯，稱為無胚乳種子。因此種子可分為：

### 一、成熟雙子葉植物種子依胚乳的有無：

- A. 有胚乳種子，如蓖麻 (*Ricinus communis*)、百香果 (*Passiflora edulis*)。
- B. 無胚乳種子，如花生 (*Arachis hypogaea*)、豌豆 (*Pisum sp.*) 及菜豆 (*Phaseolus sp.*) 等。

### 二、成熟單子葉植物：種子都具有胚乳，如玉米 (*Zea mays*)、蔥 (*Allium fistulosum*)、百合 (*Lilium sp.*) 等。

### 三、種子依發芽類型可分為：

#### A. 雙子葉植物：

- a. 子葉出土型種子 (epigeous seed)：子葉在發芽時會伸出地面，進行正常的光合作用如菜豆、蓖麻及百香果。大部分雙子葉草本植物都屬於這一類。
- b. 子葉不出土型種子 (hypogeous seed)：子葉在發芽時留在種皮內如豌豆、柑橘類。

#### B. 單子葉植物：

- a. 具正常子葉的種子如蔥及百合，發芽時，子葉可以出土。
- b. 子葉已特化為吸片 (scutellum) 的種子如禾本科、莎草科及棕櫚科植物的種子。發芽時，子葉只在種子中擔任吸收胚乳養分的構造，不會露出種皮。

單子葉植物種子發芽如洋蔥，子葉可以出土，且會形成彎鉤；另一類型像玉米，其胚具有胚芽鞘 (coleoptile) 可保護幼芽，又有胚根鞘 (coleorhiza) 保護幼根；子葉深埋在胚乳中，成為吸片。發芽時，先伸出根鞘，隨即伸出幼根，在下胚軸上也可發生不定根，這兩種根都是臨時根。胚芽鞘伸出後，第一片真葉即伸出，就在真葉基部的節上，可以發生不定根。此後，在第二節到第十節，

都能發生不定根，這些不定根即為永久根。從子葉以上到第一節之間，叫做中胚軸 (mesocotyl)。

## 貳、實驗材料：

1. 蓖麻或百香果的種子
2. 任何豆類的種子
3. 玉米或蔥之種子

## 參、實驗方法：

1. 種子構造的觀察：把種子小心剝開，檢視種皮、胚乳、及胚的構造，繪製各類代表種子的剖面圖，並註明各部構造的名稱。
2. 幼苗的觀察，將種子在兩週前埋在濕砂中，使能在實驗時剛好發芽。學生應詳細觀察幼苗之構造，並繪製代表性幼苗略圖如蓖麻、豌豆、玉米。並畫出土壤表面的界線，註明幼苗各部構造的名稱。

## 肆、討論問題：

1. 什麼叫做有胚乳種子與無胚乳種子？兩者的區別在哪裡？
2. 被子植物的種子與裸子植物的種子什麼地方不同？
3. 雙子葉植物種子發芽時，幼莖在土中形成彎鉤 (hypocotyl hook)，出土後才漸伸直。對適應性有何功能？
4. 禾本科植物及棕櫚科植物種子中，子葉變成吸片。試敘述吸片吸收胚乳養分的生理變化。
5. 什麼叫做冠根 (crown root)？

Slide:

1. Flowers, Fruits and Seeds Set 48-2881

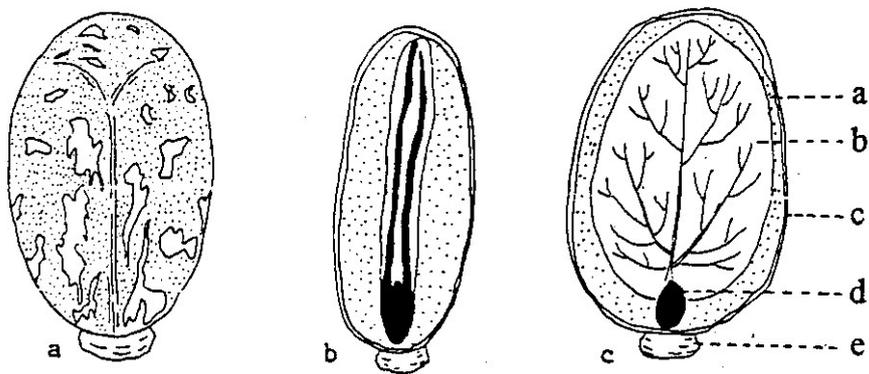


Fig. 10-1. The seed of *Ricinus communis*  
 a. The external feature of seed  
 b. L.S. of seed showing embryo and endosperm  
 c. L.S. seed showing a cotyledon

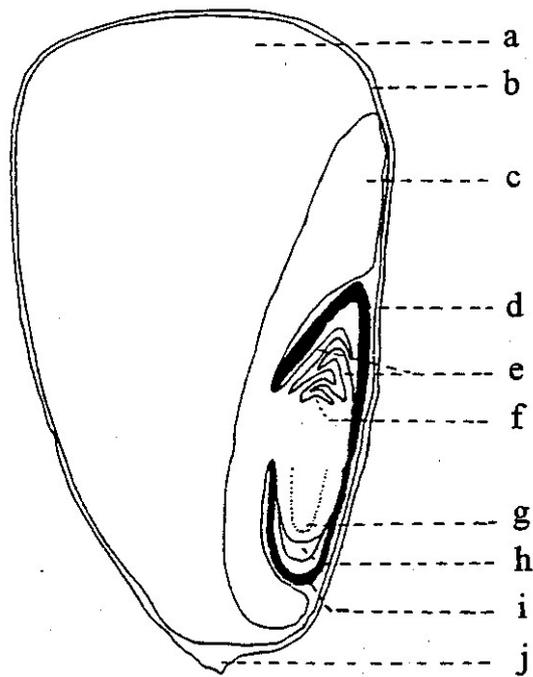
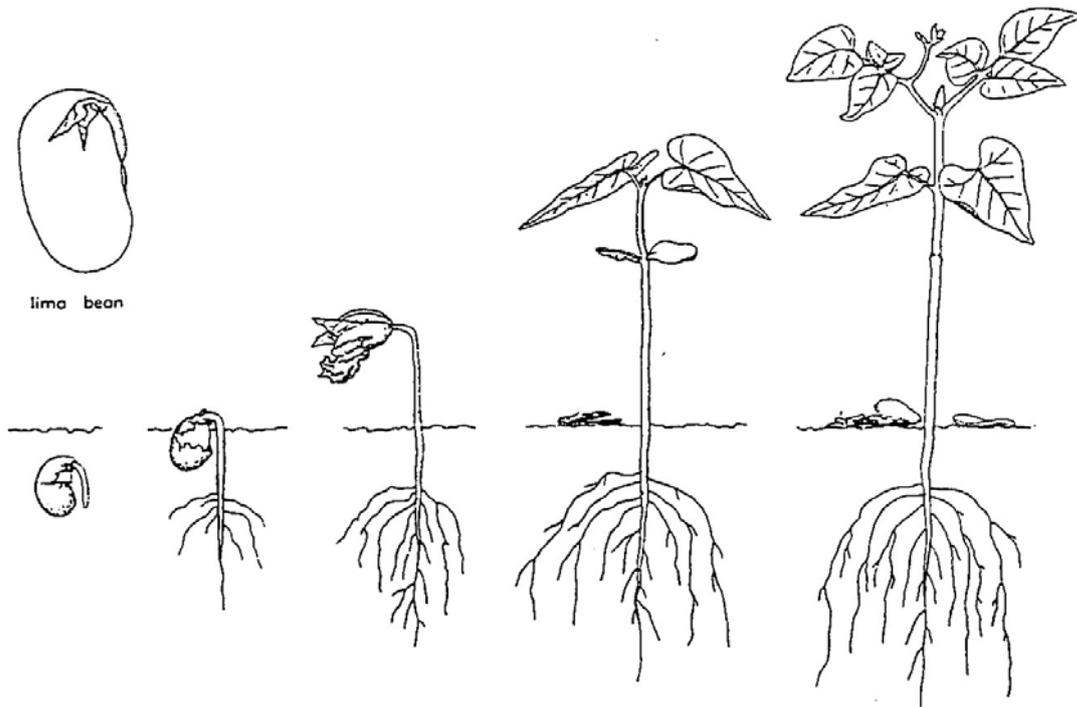
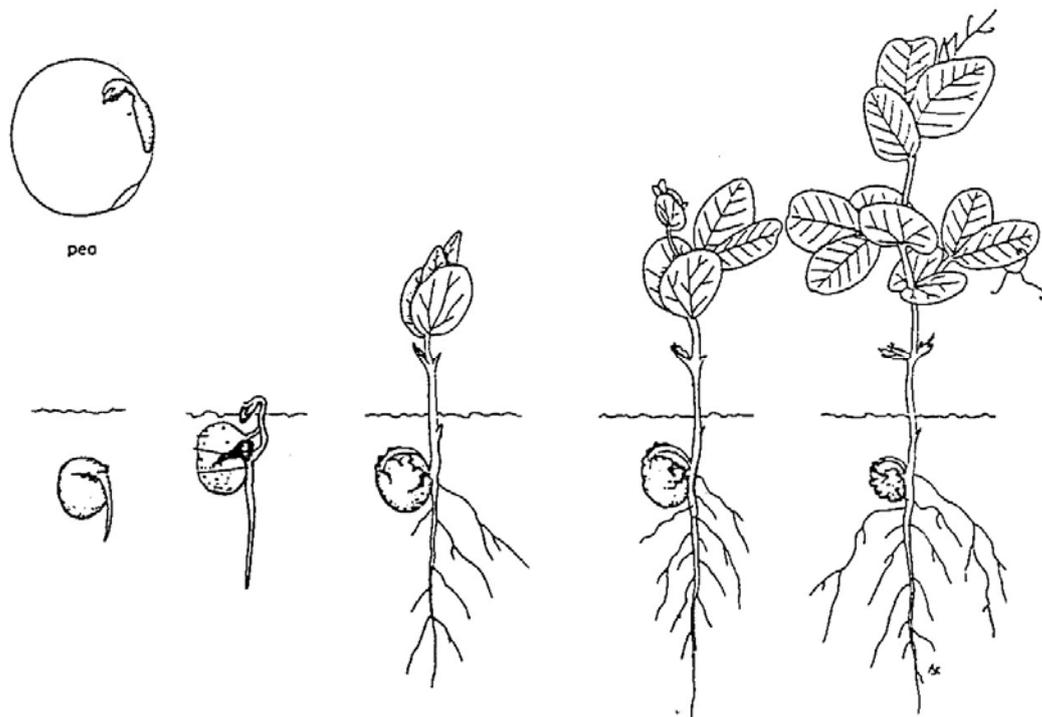


Fig. 10-2. L.S. of fruit of *Zea mays*



lima bean

Fig. 10-3. Epigeous seed



pea

Fig. 10-4. Hypogeous seed

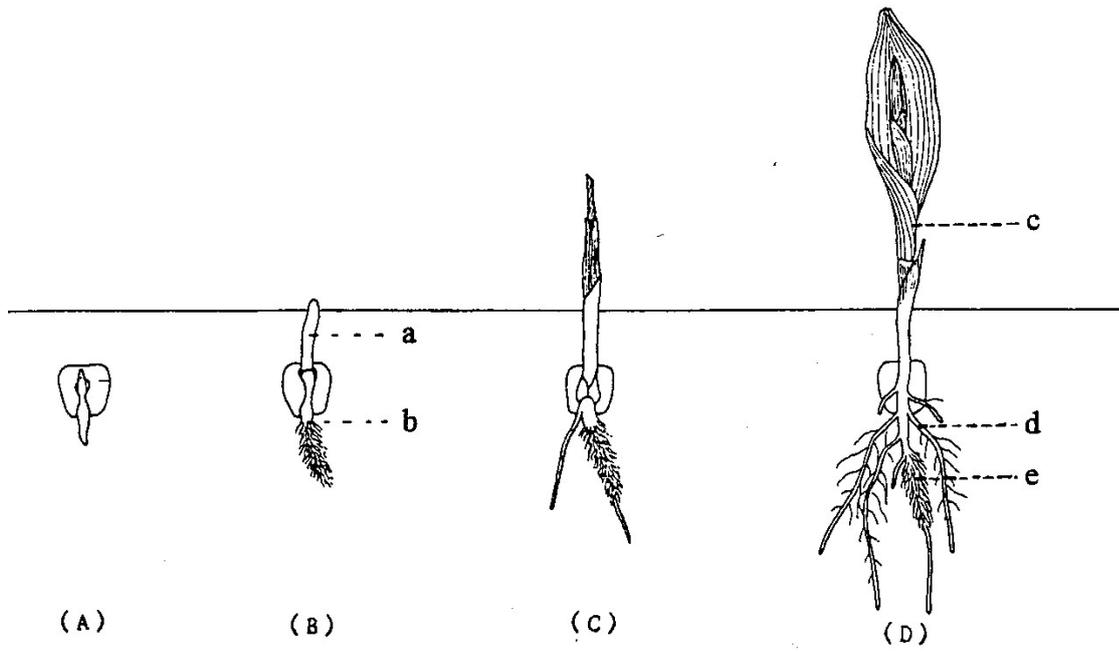


Fig. 10-5. Germination of the corn seed

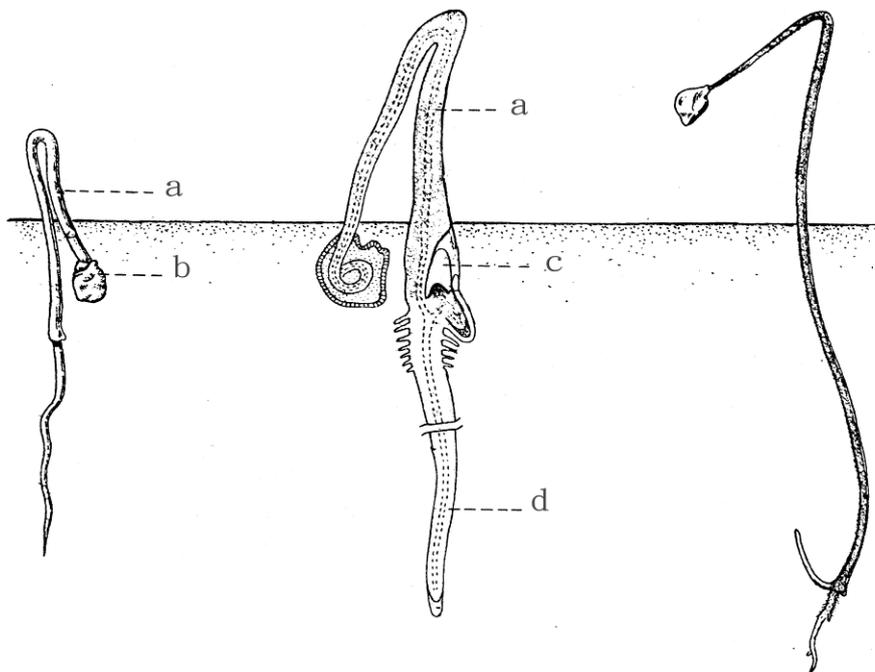


Fig. 10-6. Seed germination of *Allium cepa*

# 實驗二十 利用滴降法測定植物組織的水勢能

## 壹、目的與原理：

學習測定植物組織內水勢 (water potential) 的簡易方法。

### A. 水勢的測定：

水分在土壤—植物體—大氣 (Soil-Plant-Air continuum) 的移動乃遵循“由高水勢之處向低水勢之處移”的原則。當外界之水勢高於植物組織之水勢時，水分子淨移動的方向是朝向組織內；反之，水分子淨移動的方向是離開組織。當植物組織浸泡在水溶液時，若植物組織與外界水溶液的水勢相同，則水分子向兩個方向的移動達到動態平衡而無淨移動；此時可以測定外界溶液的滲透勢，而得知植物組織內的水勢。滴降法 (falling drop method) 的目的即在檢測出與植物組織的水勢相當之等張溶液 (isotonic solution) 的濃度，此時溶液的水勢等於植物組織的水勢。

### B. 等張溶液的決定：

將植物組織置於高張溶液 (hypertonic solution) 內，會發生水分子離開組織移向外界溶液的現象。一段時間後，由於溶液中的水分子量增加，而使該溶液的溶質濃度減低，此時若取一小滴該溶液滴入原來溶質濃度的溶液中，則此一小滴溶液會因比重較小而緩緩上升。反之，若植物組織置於低張溶液 (hypotonic solution) 中，溶液中的水分子進入組織，而使溶液之比重提高，則小滴緩緩下降。若置於等張溶液中，則由於水分子在組織的進出達到平衡，所以小滴不升也不降而均勻擴散。由這些小滴上升下降的情形，可推知何者為該植物組織之等張溶液。

## 貳、實驗材料：

1. 馬鈴薯
2. 試管、滴管
3. 蔗糖溶液
4. 0.4% 亞甲基藍溶液 methylene blue (0.4 g 亞甲基藍溶於 100 mL 0.20 M 蔗糖溶液)

## 參、實驗方法：

1. 配一系列不同濃度之蔗糖溶液：0.10 M、0.15 M、0.20 M、0.25 M、0.30 M、0.35 M、0.40 M。
2. 取七根試管併排於試管架上，取 5ml 上列不同濃度之蔗糖溶液依序加入試管中，做為試驗組 (test series)。
3. 另取七根小試管重覆 (2) 的步驟做為對照組 (control series)。
4. 以鑽孔器將馬鈴薯鑽成等徑之圓柱狀，再切成等長，以衛生紙輕輕吸乾植物組織表面的水分，再分別放入試驗組的試管中。注意植物組織必須完全浸入溶液中。

5. 60 分鐘後，在試驗組之試管各加入 1 滴亞甲基藍溶液，搖混均勻。
6. 取七根滴管，分別自七根試驗組的試管中吸取少量藍色溶液，緩緩插入與其原來濃度相當的對照組中，在液面下輕輕放出一小滴藍色溶液。在白色背景下，觀察這一小滴溶液上升或下降的移動狀況，記錄其結果。
7. 找出等張溶液的濃度，代入公式，即可求得馬鈴薯組織的水勢。

$$\Psi = \psi_s + \psi_p$$

$$\psi_s = -icRT$$

$\Psi$  = 水勢； $\psi_s$  = 滲透勢； $\psi_p$  = 壓勢； $i$  = 解離常數； $c$  = 濃度 (M)；

$T$  = 絕對溫度 (°K)； $R = 0.00832 \text{ L MPa mol}^{-1}\text{K}^{-1} = 0.0832 \text{ L bar mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

#### 肆、問題：

1. 將植物組織切成小段以及植物組織投入試管時，各需注意什麼事項？為什麼？
2. 為什麼加入亞甲基藍時，不能多加一些使溶液顏色加深而更易辨認？

# 填圖答案

## Fig. 1-1. (p.5)

- a. Ocular (Eyepiece)
- b. Eyepieces tube
- c. Revolving nosepiece
- d. Objective
- e. Arm
- f. Slide clip
- g. Condenser
- h. Focusing knob
- i. Illuminator
- j. Base

## Fig. 1-2. (p.6)

- a. Ocular (Eyepiece)
- b. Magnifying knob
- c. Focusing knob
- d. Objective
- e. Dissecting stage
- f. Base

## Fig. 2-1. (p.10)

- a. Karyoplasm
- b. Nucleolus
- c. Cell wall
- d. Tonoplast
- e. Cytoplasm
- f. Plasmalemma
- g. Vacuole
- h. Chloroplasts
- i. Middle lamella

## Fig. 2-2. (p.10)

- a. Cell wall
- b. Tonoplast
- c. Vacuole
- d. Cytoplasm
- e. Nucleus

## Fig. 2-3. (p.11)

- a. Cystolith
- b. Druse
- c. Prismatic crystal
- d. Raphides

## Fig. 2-4. (p.11)

- a. Hilum

## Fig. 2-5. (p.12)

- a. Ribosome
- b. Rough ER
- c. Smooth ER
- d. Golgi body
- e. Nuclear pore
- f. Nucleolus
- g. Chromatin
- h. Nuclear envelope
- i. Mitochondrion
- j. Chloroplast
- k. Plastid
- l. Microtubule
- m. Central vacuole
- n. Microfilament
- o. Plasmalemma  
(Plasma membrane)
- p. Cell wall

## Fig. 4-1. (p.20)

- a. Nucleus
- b. Nucleolus
- c. Chromosome
- d. Spindle fiber
- e. Centromere
- f. Cell plate

## Fig. 4-2. (p.21)

- a. Homologous chromosomes
- b. Nucleus

- c. Spindle fiber
- d. Cell plate

## Fig. 5-1. (p.25)

- a. Adventitious root
- A & B:** Tap root system
- C & D:** Fibrous root system

## Fig. 5-2. (p.25)

- a. Root hairs
- b. Region of differentiation
- c. Lateral root primordium
- d. Region of elongation
- e. Apical meristem
- f. Root cap

## Fig. 5-3. (p.26)

- a. Epidermis
- b. Cortex
- c. Stele
- d. Endodermis
- e. Pericycle
- f. Protoxylem
- g. Metaxylem
- h. Phloem
- i. Procambium
- j. Cortex

## Fig. 5-4. (p.27)

- a. Epidermis
- b. Cortex
- c. Xylem
- d. Pith
- e. Endodermis
- f. Epidermis
- g. Cortex
- h. Metaxylem
- i. Phloem
- j. Pith

**Fig. 6-1. (p.31)**

- a. Epidermis
- b. Cortex
- c. Vascular bundle
- d. Pith
- e. Interfascicular tissue
- f. Phloem
- g. Procambium
- h. Metaxylem
- i. Protoxylem
- j. Pith

**Fig. 6-2. (p.32)**

- a. Epidermis
- b. Sclerenchyma
- c. Vascular bundle
- d. Ground tissue
- e. Pith lacuna
- f. Companion cell
- g. Sieve-tube member
- h. Metaxylem
- i. Protoxylem lacuna
- j. Sclerenchyma

**Fig. 6-3. (p.33)**

- a. Epidermis
- b. Ground tissue
- c. Vascular bundle
- d. Bundle sheath
- e. Companion cell
- f. Sieve-tube member
- g. Metaxylem
- h. Protoxylem
- i. Protoxylem lacuna

**Fig. 7-1. (p.37)**

- a. Blade
- b. Node
- c. Internode
- d. Blade
- e. Ligule

- f. Auricles
- g. Sheath
- h. Blade
- i. Petiole
- j. Leaflet
- k. Petiole
- l. Leaflet
- m. Rachis
- n. Petiole
- o. Stipule

**Fig. 7-2. (p.38)**

- a. Vein
- b. Mesophyll
- c. Midrib
- d. Upper epidermis
- e. Druse
- f. Xylem
- g. Phloem
- h. Lower epidermis

**Fig. 7-3. (p.39)**

- a. Undifferentiated mesophyll
- b. Epidermis
- c. Xylem
- d. Phloem
- e. Sclerenchyma

**Fig. 7-4. (p.40)**

- a. Upper epidermis
- b. Resin duct
- c. Transfusion tissue
- d. Endodermis
- e. Lower epidermis
- f. Epidermis
- g. Hypodermal cell
- h. Secretory cell
- i. Resin canal
- j. Guard cell
- k. Lobed parenchyma (Mesophyll)

- l. Endodermis
- m. Xylem
- n. Phloem

**Fig. 8-1. (p.46)**

- a. Connective
- b. Endothecium

**Fig. 8-2. (p.46)**

- a. Pollen wall
- b. Tube cell
- c. Generative cell
- d. Sperms
- e. Tube nucleus

**Fig. 8-3. (p.46)**

- a. Integument
- b. Ovary locule
- c. Axile
- d. Ovary wall
- e. Ovule
- f. Megagametophyte
- g. Outer integument
- h. Nucellus
- i. Inner integument
- j. Funiculus
- k. Micropyle

**Fig. 10-1. (p.53)**

- a. Endosperm
- b. Cotyledon
- c. Seed coat
- d. Shoot apex
- e. Caruncle

**Fig. 10-2. (p.53)**

- a. Endosperm
- b. Aleurone layer
- c. Scutellum
- d. Coleoptile
- e. First leaves

- f. Shoot apex
- g. Radicle
- h. Root cap
- i. Coleorhiza
- j. Caryopsis coat

**Fig. 10-5. (p.55)**

- a. Coleoptile
- b. Radicle
- c. First foliage leaf
- d. Adventitious root
- e. Radicle

**Fig. 10-6. (p.55)**

- a. Cotyledon
- b. Seed coat
- c. Plumule
- d. Primary root

**Fig. 24-1. (p.86)**

- a. Cell wall
- b. Common sheath

**Fig.24-2. (p.86)**

- a. Heterocyst
- b. Akinete
- c. Vegetative cell

**Fig. 24-3. (p.86)**

- a. Spines
- b. Pyrenoid

**Fig. 24-4. (p.86)**

- a. Gamete
- b. Conjugation tube
- c. Chloroplast
- d. Pyrenoid

**Fig. 24-6. (p.87)**

- a. Nucleus
- b. Blade
- c. Pyrenoid

**Fig. 24-7. (p.87)**

- a. Zoospore

**Fig. 24-8. (p.87)**

- a. Female gamete
- b. Male gamete
- c. Liberating pore

**Fig. 24-10. (p.88)**

- a. Appendage
- b. Node

**Fig. 24-11. (p.88)**

- a. Antheridium
- b. Shield cell

**Fig. 24-12. (p.88)**

- a. Crown cell
- b. Appendages
- c. Tube cell
- d. Antheridium

**Fig. 24-13.(p.88)**

- a. Chloroplast
- b. Nucleus
- c. Paramylon
- d. Flagellum
- e. Periplast

**Fig. 24-14. (p.88)**

- a. Flagella
- b. Furrow
- c. Chloroplast

**Fig. 25-1. (p.91)**

- a. Ostiole
- b. Paraphysis
- c. Antheridium

**Fig. 25-2. (p.91)**

- a. Paraphysis
- b. Oogonium

**Fig. 25-3. (p.92)**

- a. Air bladder
- b. Receptacle
- c. Midrib
- d. Stipe
- e. Holdfast

**Fig. 25-4. (p.92)**

- a. Air bladder

**Fig. 25-5. (p.92)**

- a. Antheridium
- b. Ostiole

**Fig.25-6. (p.92)**

- a. Oogonium

**Fig. 25-7. (p.93)**

- a. Blade
- b. Stipe
- c. Holdfast

**Fig. 25-8. (p.93)**

- a. Zoospore
- b. Mucilage layer
- c. Zoosporangium
- d. Paraphysis

**Fig. 25-9. (p.93)**

- a. Photosynthetic tissue
- b. Cortex
- c. Medulla

**Fig. 25-10. (p.94)**

- a. Cell wall
- b. Groove
- c. Flagella

**Fig. 25-11. (p.94)**

- a. Groove

**Fig. 25-12. (p.94)**

- a. Epitheca
- b. Hypotheca
- c. Oil drop
- d. Irregular plastids
- e. Nucleus
- f. Girdle band

**Fig. 25-13. (p.95)**

- a. Tetrasporangium
- b. Tetraspore

**Fig. 25-14. (p.95)**

- a. Vegetative branch
- b. Spermatium
- c. Spermatangial branch

**Fig. 25-15. (p.95)**

- a. Cystocarp
- b. Carposporangium
- c. Placental cell
- d. Pericarp cell

**Fig. 26-1 (p.101)**

- a. Zoospore
- b. Zoosporangium

**Fig. 26-2. (p.101)**

- a. Antheridium
- b. Oospore
- c. Oogonium

**Fig. 26-3 (p.101)**

- a. Zoospore
- b. Zoosporangium

**Fig. 26-4. (p.101)**

- a. Rhizoid
- b. Stolon
- c. Sporangiphore
- d. Sporangia
- e. Spore

- f. Gametangia
- g. Zygosporangium

**Fig. 26-5. (p.101)**

- a. Zygosporangium
- b. Suspensor

**Fig. 26-6. (p.102)**

- a. Bud

**Fig. 26-7. (p.102)**

- a. Conidiospore
- b. Sterigma
- c. Conidiophore

**Fig.26-8. (p.102)**

- a. Conidiospore
- b. Sterigma
- c. Conidiophore

**Fig. 26-9. (p.102)**

- a. Hymenium
- b. Ascospore
- c. Paraphysis
- d. Ascus

**Fig. 26-10. (p.103)**

- a. Spermatium
- b. Receptive hypha
- c. Aeciospores
- d. Urediniospore
- e. Teliospores
- f. Basidiospore

**Fig. 26-11. (p.104)**

- a. Ascus
- b. Ascospore
- c. Perithecium

**Fig. 26-12. (p.104)**

- a. Pileus
- b. Gills

- c. Annulus
- d. Stipe
- e. Volva

**Fig. 26-13. (p.104)**

- a. Pileus
- b. Gills
- c. Stipe
- d. Gills

**Fig. 26-14. (p.104)**

- a. Mycorrhiza

**Fig. 27-1. (p.107)**

- a. Upper cortex
- b. Algae
- c. Medulla
- d. Lower cortex
- e. Ascospore
- f. Ascus

**Fig. 27-2. (p.107)**

- a. Fruticose lichen
- b. Foliose lichen
- c. Crustose lichen

**Fig. 28-1. (p.111)**

- a. Archegoniophore
- b. Thallus
- c. Gemma cup
- d. Antheridiophore

**Fig. 28-2. (p.111)**

- a. Air pore
- b. Air chamber
- c. Rhizoid
- d. Scale

**Fig. 28-3. (p.112)**

- a. Gemma cup
- b. Gemma

**Fig. 28-4. (p.112)**

- a. Antheridium

**Fig. 28-5. (p.112)**

- a. Jacket layer
- b. Spermatogenous cells

**Fig. 28-6. (p.113)**

- a. Egg

**Fig. 28-7. (p.113)**

- a. Egg
- b. Venter
- c. Ventral canal cell
- d. Neck
- e. Neck cell

**Fig. 28-8. (p.113)**

- a. Foot
- b. Seta
- c. Spore
- d. Remains of venter
- e. Sheath

**Fig. 28-11. (p.115)**

- a. Involucre

**Fig. 28-12. (p.115)**

- a. Antheridial head
- b. Phyllidium
- c. Caulidium
- d. Rhizoid
- e. Archegonial head
- f. Phyllidium
- g. Caulidium

**Fig. 28-13. (p.115)**

- a. Calyptra
- b. Capsule
- c. Seta
- d. Phyllidium
- e. Rhizoid

**Fig. 28-14. (p.116)**

- a. Bud
- b. Protonema
- c. Rhizoid

**Fig. 28-15a. (p.116)**

- a. Neck
- b. Ventral canal cell
- c. Egg

**Fig. 28-15b. (p.116)**

- a. Sterile jacket layer
- b. Spermatogenous cell
- c. Stalk

**Fig. 28-16. (116)**

- a. Operculum
- b. Annulus
- c. Wall of capsule
- d. Spore-bearing tissue
- e. Columella

**Fig. 28-17. (p.117)**

- a. Capsule
- b. Operculum
- c. Calyptra
- d. Spore
- e. Germinating
- f. Spore
- g. Male gametophyte
- h. Female gametophyte
- i. Egg
- j. Sperm
- k. Zygote
- l. Young sporophyte

**Fig. 29-1. (p.123)**

- a. Pinna
- b. Costa
- c. Auricle
- d. Hydathode
- e. Veinlet

- f. Sorus
- g. Articulation
- h. Rachis
- i. Vascular bundle
- j. Frond
- k. Stipe
- l. Scale
- m. Erect stem
- n. Adventitious buds
- o. Stolon
- p. Adventitious roots
- q. Tubers

**Fig. 29-2. (p.124)**

- a. Pinna
- b. Spore
- c. Sporangium
- d. False indusium
- e. Prothallus
- f. Prothallus
- g. Archegonium
- h. Antheridium
- i. Egg cell
- j. Egg
- k. Sporophyte

**Fig. 30-1. (p.127)**

- a. Resin duct
- b. Phloem
- c. Cambium
- d. Secondary xylem
- e. Pith
- f. Annual ring

**Fig. 30-2. (p.127)**

- a. Pollen sac
- b. Pollen grain

**Fig. 30-3. (p.127)**

- a. Wing
- b. Tube cell

- c. Generative cell
- d. Prothallial cell

**Fig. 30-4. (p.127)**

- a. Pollen tube
- b. Nucellus
- c. Archegonia
- d. Female gametophyte

**Fig. 30-5. (p.127)**

- a. Cotyledons
- b. Plumule
- c. Radicle
- d. Megasporangium

**Fig. 30-6. (p.128)**

- a. Megasporocyte
- b. Nucellus
- c. Integument
- d. Ovule
- e. Proembryo
- f. Outer fleshy layer
- g. Inner fleshy layer
- h. Wing of seed
- i. Polycotyledon seedling
- j. Staminate strobilus
- k. Ovulate strobilus