

北京農業大學推薦交流講義

植物生理實驗指導



# 植物生理實驗指導

## 實驗一：植物的發育

李森科院士發展了米邱林關於植物在其生活的不同階段性質各異的理論，他確定了高等植物的發育並不是連續不斷地完成的，而是按着順序更替的各個不同性質的階段來進行的。各個個別階段要求不同的特殊外界條件，在這條件下，植物才能在莖生長點裡進行由量變的累積而引起突然的質變。這質變引起對發育條件要求的改變，為構成器官形成過程的基礎。

到現在為止，在一年生和二年生高等植物個體發育裡，闡明了兩個質上不同的階段，分別稱為春化和光照階段。

- 一、材料與設備：冬小麥、白菜、蘿卜、菊、黃豆等種子，花盆、溫度計、天平、日光燈、黑布罩、水箱、溫室。

### 實驗步驟：

#### (1)、冬小麥的春化

- 1、春化：稱取20克已知品種的小麥種子，倒入盛有80℃蒸餾水的燒杯中浸濕，小心攪合種子使之浸濕均勻，用玻片將燒杯蓋上，置放過夜，在此期間內，仍應攪合三至四次。當大多數種子剛被萌發時，將其放在0-2°C下春化約40至50天。（可將盛種子的燒杯用布包起來，用細繩綁好，放在水箱中或埋在雪裡；為了在春化前使雪不融化，應把雪堆嚙大，用麥覆蓋之，且雪堆宜位於陰地。）

- 2 栽種：當春季，在兩個盛有良好土壤的花盆內進行栽種，在一盆內，深約3-4cm之土中種下12-15粒春化過的小麥種子，在另一盆內，同樣深度之土中，種同

樣品種同樣數目的未春化過的種子，(這些種子皆須破開種皮者)。二盆分別插好標籤，放在光線充足的地方，注意隨時澆水，以保持土壤的適當濕度。

在植物播種後，進行一系列的觀察，將結果填入表內：

發育情況	春化過的冬小麥	未春化過的冬小麥
0 播種		
1 幼苗出現		
2 第三葉生出		
3 分蘗		
4 花莖的生出		
5 抽穗		
6 開花		
7 成熟		
8 收穫		

本實驗指出，冬小麥的正常發育需要某種程度長期的寒冷的影響，在這期間內，它進行春化階段，如不給冬小麥以充足的長期的寒冷影響，它即不進行春化階段，其發育就保持在分蘗狀態，因此冬小麥如在春季播種，如不先經春化，就不能抽穗。

#### (II) 二年生植物的春化實驗

對二年生植物階段發育的認識。二年生植物階段發育的試驗，在我們實習中具有特殊的意義，因為這些試驗比其他的試驗更容易證明當縮短植物生活史到一年時，其生活史變化的可能性。

材料與設備：甜菜，白菜或蘿蔔的種子，花盆、無機肥料。

實驗步驟：

首先將蘿蔔或白菜種子浸於水中，待幼芽剛突破種皮時將其移置在2-8°C的低溫下處理10-20天，在此期間內，植物進行春化階段發育。

然後將已春化過的幼苗種在盛有肥沃土壤的花盆內，另種植未經春化過的幼苗以作對照。注意要隨時給予必要的管理和觀察並測量植株的高度。

春化過的幼苗約在一個月後即可開花並形成種子，而作為對照者，只形成圓錐根。

根據以上實驗，說明二年生植物的階段發育，並如何可以控制他們的的生活史。

(四) 光照階段實驗：

本實驗研究各種植物光照階段過程的必要條件。

材料及設備： 蘿卜，白菜或黃豆等種子。

實驗步驟：

將已經春化的植物種子種植在盛有肥料的土壤之花盆內，待幼苗出土後，放於下列兩個不同的光照下處理：

- (1) 種植在長光照下 (春季天然光照)
- (2) 種植在短光照下 (10小時光照)

人工短日照方法是用罩子將植物遮住，每天在一定時間內進行，例如：上午八時將罩子打開，晚六點罩起，共光照10小時。罩子是用鐵絲作骨架，四周圍用兩層黑布，用時將罩拉下即可。

	播種	收穫	植物高度(度米)		自出生至開花日期		植物鮮重(克)	
	日期	日期	長日照	短日照	長日照	短日照	長日照	短日照
長日照植物								
(1) 蘿蔔								
(2) 白菜								
短日照植物								
黃豆								

根據實驗結果，說明晝夜長短，對實驗植物生長發育的影響。

### 實驗二：幾種膠體性質

植物的原生質是一種複雜的親水膠體系統，有時是可流動的溶膠，有時呈固體狀的凝膠，植物原生質主要的成份是蛋白質及其他物質的膠溶液，另外有脂肪凝脂凝粉粒等等分散在裡面，原生質中的物質是在連續不斷的相互變化下，時時表現出部份的結聚與膠凝，形成類似纖維的線形網狀的結構。這個起頭微的細微結構貫串在原生質的基本膠溶液裡，使原生質具有帶性和一定程度的彈性，不致使牠在水中完全溶解，並且限制牠的膨脹。原生質膠體的內部構造與性質與植物生命過程有着十分密切的關係。

本實驗說明和原生質有關的幾種膠體性質。

材料設備：

酒精，固體  $AlCl_3$ ，固體  $(NH_4)_2SO_4$ ，甲烯藍溶液，曙紅溶液，阿刺伯樹膠，瓊脂粉末，黃豆芽汁液。

實驗步驟：

I. 親水溶膠的凝固作用

取一克粉末狀的阿刺伯樹膠，加入到 100°C 沸騰的蒸餾水中，不停地攪拌，直到完全溶解為止。

取三個試管，每管中加 3CC 阿刺伯膠液，在第一管內加 7CC 95% 酒精，將試管倒轉搖動數次，觀察結果。再將渣體傾出一半加入剩下渣體體積三倍的蒸餾水於試管內，觀察並解釋結果。在第二管內同樣加進 7CC 95% 酒精並搖動，然後加的 0.2 克固體  $AlCl_3$ ，搖盪直到溶解，觀察並解釋結果。在第三管內先加的 0.2 克  $AlCl_3$ ，搖盪並觀察，然後加 7CC 95% 酒精，觀察並解釋。用者解表示上列結果及各種試劑對膠體穩定性的影响。

## II、植物提取液的凝固作用

壓榨出黃豆芽汁液 50CC，過濾去掉其中懸浮的物體。這樣的汁液中含有許多物質分散成溶液或膠體狀態，後者含有許多植物蛋白質。取四個試管，每管內倒入 10CC 汁液。取一個作為對照保存在冷地方，其餘三個作以以下的處理：1. 加熱煮沸，2. 加等量的酒精，充分搖盪，3. 加固體  $(NH_4)_2SO_4$  直到汁液飽和，並充分搖盪，將試管靜置數小時，然後仔細觀察管底是否有沉淀存在。解釋極析；並說明那個試管中發生極析現象。

### III、親水溶膠的團聚作用

親水膠體的穩定具有兩個因素，——電荷及水膜。親水若膠達到等電點時，還保持相當穩定，因有水膜保護，如把兩帶相反電荷的親水溶膠混合時，分離出來微小的液滴，這就是團聚現象。

這些液滴可以連結起來在容器底部形成一層粘液，它們構成一個新“相”，白明膠與阿剌伯溶膠就可以很明顯地表示出團聚現象，白明膠在 $pH 4.7$ 以下時，微團帶正電荷，阿剌伯膠在 $pH$ 很廣範圍內都帶負電荷，靜電力使之聚集，但這力被微團周圍水膜的彈性所阻，因此單個帶電荷的微團保留着它的原有的電荷，但為靜電吸引集成一團。

實驗時配製一 $pH 3.5$ 的醋酸—醋酸鈉的緩衝液並取白明膠及阿剌伯膠用緩衝液分別配成 $1\%$ 的溶膠，取一試管，倒入白明膠及阿剌伯溶膠各 $5\text{ c.c.}$ ，靜放 $20$ 分鐘後，就可以看到團聚現象，然後取出少許團聚體置玻片上並蓋好玻片，在顯微鏡下觀察可以看到團聚體小滴。

### IV、膠溶作用與膠凝作用

取 $0.25$ 克瓊脂粉末放入盛有 $25\text{ c.c.}$ 蒸餾水的燒杯內，加熱，攪拌成一均勻的溶液，取兩個試管，每箇管中倒入約 $10\text{ c.c.}$ 溶液。一管作為對照，靜置不動，另一管待其膠凝時，充分碰盪，或用玻璃棒攪拌，可使牠由固體狀膠凝變成渣狀溶膠，再將其靜置，溶膠又逐漸凝結成凝膠，如此可以反復操作的試驗表示細胞在外界或內在條件的影響下，原生質的膠凝和溶膠狀態可以互相轉變。

吸附作用：

在兩個漏斗底放少許棉花並加黏土，須稍壓緊後，再作以下處理，(1)注入15c.c.的0.2%曙紅溶液，(2)內注入15c.c.的0.01%甲烯藍溶液。

(二溶液中的分子數目約相等)觀察濾液有何改變，那種濾液改變較多？解釋。

植物學



### 實驗三、細胞的生理。

植物是由一個或許多細胞構成的，細胞內含有原生質，細胞核質體和細胞液，原生質的表面有一層很薄的質膜，外邊是纖維素的細胞壁。質膜具有半透膜的性質，水能透過而溶質不容易透過，因此植物細胞具有滲透作用，成一個滲透系統，植物細胞的吸水能力就是靠着滲透作用。質膜對於各種溶質的透性是不同的，生活細胞，有選擇透性能力，它可以主動地有選擇地吸收各種溶質。

本實驗測定植物生活細胞內的滲透壓，吸水力，並觀察細胞的選擇透性和物質透入細胞內和累積的現象。

材料與設備：蔗糖溶液，澱粉溶膠，I-KI 溶液，中性紅及剛果溶液。Benedict 溶液 NaCl，蔥卜，水綿，紫鴨跖草，黃豆芽，馬鈴薯，小麥，火棉袋，胡蘿卜，土豆，水。

#### 實驗步驟：

##### 2. 細胞內滲透壓的測定：

取水綿或紫鴨跖草葉表面組織一塊，放在載物片上，在顯微鏡下觀察細胞的正常形態。然後用 0.3M 的蔗糖溶液滴於組織上，可見原生質有從細胞壁分離的趨勢，不久，原生質就顯示脫離細胞壁，這個現象叫質壁分離。用此法可以測定細胞中滲透壓的大小。

取實驗材料的表皮細胞可投入以下各種不同濃度的蔗糖溶液中：

蔗糖溶液 (M)：0.10, 0.15, 0.20, 0.25,  
0.30, 0.35, 0.40, 0.45,  
0.50,

經過 15-30 分鐘後，在顯微鏡下觀察各種溶液中細胞質壁分離的情形。如果在兩個相差 0.05M 的蔗糖溶液中，一個使細

胞開始有質壁分離的現象，另一個沒有質壁分離的現象時，和細胞液等滲的溶液就在這兩種濃度之間，細胞的滲透壓可以從以下公式求出：

$$\text{滲透壓} = \text{蔗糖溶液的濃度 (M)} \times 22.4$$

試解釋本實驗。如果用 NaCl 溶液，所得結果如何不同，

### II. 細胞吸水壓的測定：

取馬鈴薯或胡蘿卜切成約 3 厘米長，2 毫米寬，2 毫米厚的窄條，先準確量其長度，然後放入下列不同濃度的糖溶液內，20 分鐘後再量其長度，如在某種濃度的溶液中，長度不變時，這個溶液的滲透壓即代表植物細胞的吸水壓，根據實驗結果解釋並計算吸水壓。

最初長度(厘米)	蒸餾水	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M
半小時後長度(厘米)						

### III. 火棉袋內物質的滲入和累積現象：

取兩個已製成的大棉袋。一袋內放蒸餾水 200 c.c. 另一袋內放 200 c.c. 2% 的澱粉溶液，用細線把口束緊，然後分別懸在兩個盛有稀 IK-I 液的燒杯中，注意觀察火棉袋內溶液顏色的變化，解釋結果，並說明分子大小和物質的累積與膜的透性的關係。

#### IV. 原生質對於K與Ca離子的透性

撕取有色葉的洋蔥鱗莖表皮一塊，在 $\text{KNO}_3$  溶液(0.05M) 浸半小時至一小時後，再投入1M的蔗糖溶液內，可見到凸形的質壁分離，另外用 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (0.05M) 代替 $\text{KNO}_3$  溶液，同樣的操作方法，可見到凹形的質壁分離，本實驗證明K和Ca皆進入中質內，引起原生質在發生質壁分離時有不同的形態。

#### V. 染料滲入和累積在細胞內的現象：

撕取洋蔥鱗莖表皮一小塊，放在載物片上，加一滴0.1% 中性紅溶液，蓋上蓋玻片，立刻在顯微鏡下觀察，可見整個細胞呈紅色，10分鐘後，顏色開始大量在液胞內累積，要確定細胞的被染色部分是細胞壁，原生質或是液胞，可將細胞放入35% NaCl 溶液中使發生質壁分離，結果可看出細胞壁和高爾細胞壁的原生質沒被染色，而液胞卻呈深紅色。

另外作一对照，先將洋蔥鱗莖表皮細胞在95%酒精內處理致死，然後依法染色，可見液胞沒被染色而原生質和細胞核都呈黃紅色。

(中性紅是指示劑，在弱鹼中呈深紅色，在弱酸中呈黃色)

本實驗證明，在活細胞內物質經原生質滲入液胞和累積的現象及活細胞胞液致死細胞原生質對染料的反應。

給簡圖表示。

#### VI. 結冰時，植物組織內冰的形成：

將胡蘿蔔結凍，迅速切成薄片在顯微鏡下觀察，可見細胞間隙中有冰結晶，另取紫鴨跖草葉片，亦使結凍，迅速撕取表

皮細胞在顯微鏡下觀察，可見原生質因受凍脫水而收縮，給番表示。

以上兩試驗都說明當外界溫度逐漸下降時，植物細胞間隙的水份先形成結冰核心，當溫度繼續下降時，就會從細胞內吸水而擴大結冰，細胞外結冰，使原生質脫水而體積縮小，因此細胞受到很大壓力其變形甚至死去。

#### 四、糖對植物組織結冰的保護作用：

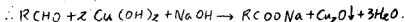
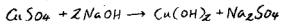
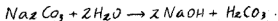
取兩個試管，分別加入 5 c.c 黃豆芽汁，其中一管加入一倍量的飽和蔗糖溶液，另管內加入等量蒸餾水，將二試管放在水和鹽的冷劑中，使之結冰（可調節至  $-10$  ——  $-21^{\circ}\text{C}$ ）約 10 分鐘後，取出解凍，觀察試管內有無變化，並解釋糖的作用。

#### 四、植物抗寒鍛鍊方法的研究：

取兩組馬鈴薯，一組放在常溫下，另一組放在  $0^{\circ}\text{C}$  左右下處理約一星期，分別用研鉢搗碎，壓出汁液過濾，取濾液各 5 c.c 於試管內；再倒入等量的 Benedict 氏溶液，將試管放於水浴中，煮沸約 15 分鐘，根據兩組材料顏色深淺之不同，可測定原液內所含糖分的多少。

就試驗結果，討論植物在低溫下增加糖分對於抗寒的意義。

附：通常測定還原糖多用 Benedict 氏溶液，此溶液主要內含物為  $\text{CuSO}_4$ ，無水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  等，還原糖後，可由下式表示：



$\text{Cu}_2\text{O}$  為紅色沉澱，此量即可表示還原糖的量。

**實驗四：植物的生長和運動**

植物的生長是指重量和體積的增加，就是根、莖、葉及其他器官重量或體積的長大。如果植物器官生長不均衡，改變方向就有運動的發生。

材料與設備：

NaCl 溶液、酒精、羧乙酸羊毛脂軟膏、吡啶丁酸、羧乙酸、黃瓜子、豌豆、蚕豆、向日葵、或玉米、小麥、油菜種子。

滴水、毛筆、棉花、玻璃瓶、錫箔、木匣、沙土、苗床。

I. 植物的生長：

1. 在外界環境不同的溫度、濕度及滲透壓條件下種子的萌發：

(1) 溫度：選取 150 粒均勻黃瓜或水稻種子放在三個培養皿中，每碟 50 粒，然後放上濕潤的砂土將種子埋沒。一個培養皿放在冰箱中，溫度約  $5^{\circ}\text{C}$ ，另一個放在  $20^{\circ}\text{C}$  溫箱中，第三個放在  $35^{\circ}\text{C}$  的溫箱中每天觀察並記錄種子中

溫度	萌發率 (%)		
	第一天	第二天	第三天
$5^{\circ}\text{C}$			
$20^{\circ}\text{C}$			
$35^{\circ}\text{C}$			

萌發的情形。

(2) 温度：取四个培养皿，在每碟中放入 80 克乾细砂土，第一碟不加水，第二碟加 2.5CC 水，第三碟加 5CC 水，第四碟加 10CC 水，将土拌匀，然后选取 40 粒豌豆种子，分别在每碟中放入 10 粒，埋在土下，放在 15°C 温度箱中，每天观察并记录种子萌发的情况。

含水量	萌发率 (%)		
	第一天	第二天	第三天
乾			
2.5CC			
5CC			
10CC			

(3) 渗透压：取四个培养皿，每碟内放入 80 克乾砂土，第一碟加 10CC 蒸馏水，第二碟加 10CC 0.25M 的 NaCl 溶液；第三碟加 10CC 0.5M 的 NaCl 溶液，第四碟加 10CC 1.0M 的 NaCl 溶液，然后在每碟中放 10 粒均匀的豌豆种子，放在 15°C 温箱中，每天观察并记录种子萌发的情况。

渗透压	萌发率		
	第一天	第二天	第三天
0			
0.25M			
0.5M			
1.0M			

根据实验结果，说明温度、湿度和渗透压对于种子萌发的影响。

## 2. 用分格法測量生長：

(1). 根的生長：取豌豆、或蚕豆種子發芽，俟根長到2 Cm 時，選取4顆幼根長得較直的幼苗，用濾紙把根上所沾的水分吸乾，然後用毛筆蘸畫墨水，從根的火端開始畫十至十五道，1 mm 等距離的縱格。用棉花將畫好線格的幼苗的子葉部份包好，塞在盛有少許水的試管口，使根尖在較高濕度的環境下生長，每天觀察根部生長的情形，連續兩三天後可看出根的伸長區域。用簡圖表示。

(2). 莖的生長：取向日葵種子發芽，幼苗1-2厘米時，用墨水以等距在幼苗子葉或胚乳的上部劃線，然後放入黑暗處，一二日後可看出幼莖的生長主要在頂端，並用簡圖表示。

## II. 生長素對彎曲生長的影響：

配製0.1%的萘乙酸(Naphthalene acetic acid)羊毛脂軟膏。選取生長良好的植物，如蕃茄、黃豆等，用上述生長素軟膏塗抹少許於植物的各種器官上，如葉柄，莖的左右邊，另外塗少許不含植物生長素的羊毛脂於另株植物的相同器官上以作對照，然後把處理的植物，放在適當的環境中生長。

24小時後，觀察並比較不同處理的植物器官有什麼不同的反應，將器官彎曲反應的區域作縱切面，於顯微鏡下觀察並和對照植物作比較。

說明以上生長反應不同的原因並作簡圖表示。

### III. 生長素對插枝生根的影響：

把生長調節物（如吲哚丁酸，萘乙酸等）溶解在水量50%的酒精中，（濃度約500-2000 P.P.M 隨各種植物而異），然後把酒精溶液調和到粉（普通用滑石粉）中成漿糊狀，再使之陰乾研碎，留作以下試驗用。

取銀杏的二年生幼枝或其他植物，先使其基端潮濕，再蘸少許粉劑，然後插枝於苗床中，約一月後，可見埋入土內部份有根生出。

在用生長調節物促進插枝生根時，其他生根條件亦必須注意，如季節、溫度、濕度、通氣等部須適當掌握，生根才更容。

### IV. 植物的運動：

#### (1). 向地性：

將油菜种子在25°C溫箱中發芽，待幼根長至約1厘米長時，選擇4至6個幼根較直的幼苗，整齊地排在放有潮濕濾紙的培养皿中，用鉛筆記下根头的部位，然後將培养皿斜立，二三日後即可看出根的正向地性彎曲，而幼莖則有負向地性彎曲。

注意發生彎曲的部位並劃齒表示。

#### (2). 向光性：

將小麥在黑暗中發芽，待幼苗長到1-2厘米時，選擇較直立的幼苗數個，將一半幼苗的頂端罩上錫箔，（用寬1cm的錫箔，將尖端包上）另一半不加處理，然後放在



黑暗匣中，匣的內壁塗黑，一側有一小孔，光線可由此孔進入，射到芽的尖端，經24小時後觀察，有錐錐套的直立生長，無套的向光彎曲，由此實驗可知感受光線的區域。說明結果。

### 實驗五 植物與水份的關係

植物細胞的正常生理活動需要在水份飽和的狀態下進行。水生植物在自然情況下很容易得到水份，但陸生植物的正常生長、構造和一切生命活動的情況大部是決定於原生質能否取得和保持水份。陸生植物在進行光合作用的時候，將含有葉綠素的葉細胞舉到空氣中，以便得到必需的 $CO_2$ 。可是水份就從葉內經氣孔蒸騰到大氣中去，在日光下，植物得到製造食物的能力來源，也同時增高本身的溫度，這樣又促進蒸騰速度，陸生植物為了保持水份的平衡，以維持正常的生理活動，具有從土壤中吸收水份的根系統，與聯絡周密的水份傳導系統，以供地上各部分的需要，另一方面有生理的調節，控制水份過度的消耗。本實驗內可看出植物與水份的關係。

材料與設備：

酒精、苯、二甲苯、 $CaCl_2$  試紙，石蠟油，水銀，曙紅溶液，洋絨球，玉米（或小麥），松枝。

氣孔測量器，蒸騰測量器（皆可自製）玻片，橡皮圈，長玻璃管，鉗車。

實驗步驟：

(1). 用氣孔測量計測定葉子通氣的程度：（示範）

氣孔測量計為一“T”形玻璃管，橫臂一端接橡皮管，使其與葉面緊密貼接。（可用凡士林封住。）橫臂另一端連以有夾子的橡皮管。T形管直接插入水容器中（可

用燒杯)先吸橡皮管中的空氣,再把夾子夾緊時,因管內空氣稀少,水在直管中上升,如氣孔是張開的,空氣就從葉面經橡皮管進入;直管中水柱便會下降,下降的速度即可表示氣孔張開大小的程度,當氣孔完全關閉時,水柱該靜止不動。

橡皮管可分別貼在葉子上表皮及葉下表皮,進行觀察,比較液體在管內降落的速度(厘米/時),可看出氣孔數目的差別。

選擇植物時,應當注意,一植物之葉肉如被葉脈嚴重地分割,則不能用此法測定,所以本實驗用洋紫球為材料較好。

	下降速度 厘米/時
上表皮	
下表皮	

II. 酒精, 苯, 二甲苯滲入氣孔以測定氣孔張開程度的研究。  
 選一水份充足且曾暴露於強光下數小時的旱金蓮為實驗材料, 於此情況下, 氣孔多完全開放, 選三片葉片, 於其上各滴奉, 酒精, 和二甲苯 1 又滴, 觀察液體是否滲透入葉內。

另換用一棵陰地植物(如醉漿草)及一棵蕨類植物重覆此實驗, 比較結果。

III.  $CoCl_2$  試紙測定蒸騰的方法:

$CoCl_2$  紙是用濾紙剪成小條浸在 3-5% 的  $CoCl_2$  溶液中, 反覆浸透; 取出在  $40^{\circ}C$  烘箱中烤乾, 乾燥為藍色, 不用

時，須保存在有  $CaCl_2$  的乾燥箱內，以免潮濕而變色。

取一新鮮的洋繡球葉子，務必不使葉面上沾水或有潮濕氣，葉子的正面和背面上放一  $CoCl_2$  紙條，然後用兩片玻璃夾住，注意並記錄葉子兩面  $CoCl_2$  紙條顏色變化所需要的時間。

葉子正面的  $CoCl_2$  紙條顏色發生變化的時間並不一樣，說明原因。

另取萬葉的洋繡球葉片重覆以上實驗，將上面所得結果作一比較，根據實驗結果，說明氣孔與蒸騰的關係。

		實驗開始時間	開始變色時間	完全變色時間
新鮮葉片	葉正面			
	葉背面			
萬葉葉片	葉正面			
	葉背面			

#### IV. 蒸騰強度與水分吸收相互關係的測定。

取三個等直徑的試管，分別作以下處理：

1. 管內加入 30 CC 水，為 2 管的對照。
2. 管內加入 30 CC 水和 5 CC 石蠟油，為 3 管的對照。
3. 管內加入 30 CC 水和 5 CC 石蠟油，內插入一有葉的植物枝條，如洋繡球。

先記下三管液面的高度，二小時後，可見三管內液面：

1. 管內：因一部份水份蒸騰而液面下降；
2. 管內：因有石蠟油其外層隔絕，故無蒸騰；液面靜止不動；
3. 管內：植物吸收水份；全部水份因蒸騰作用而損失，如蒸騰作用強，則吸水量亦多；  
本實驗可在實驗前後分別稱重量；測出植物吸收的水

量蒸騰的水量，以計算其相互關係。

五、用蒸騰測量計測量蒸騰作用：

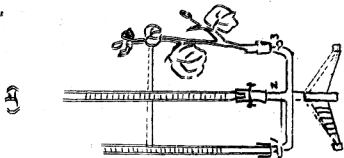
簡單的蒸騰測量計可依照下圖裝置。

用約1厘米直徑的玻璃管，接成一山字管，三個向上的管子。1、2、3管內都裝滿水，然後在管1上連一有刻度的25 C.C.吸管，管2上連一25 C.C.的滴定管，橡皮管的連接處用軟管夾夾住，在需要加水時，將軟管夾鬆開，管3中插入要測量蒸騰的植物株幹。

注意避免整個裝置內有氣泡存在。

實驗時，把軟管夾放開，使管1內充滿水，水面固定後，再將軟管夾夾好，一小時後，觀察吸管内水份的損失量，即可測得一定面積的葉子在一定時間內由於蒸騰作用所損失的水份。

本實驗可用洋綉球或其他木本植物為材料在不同環境條件下實驗：如二組可在乾燥，陰濕，溫度低的地方作，一組照以上相同處理，以作比較。記錄結果並討論各種環境因素對蒸騰作用的影響。



VI. 在各种温度、渗透压、土壤和空气的温度下研究木本植物之吐水，从蒸腾作用所损失的水蒸气状态的水份，从植物体中以液体状态所损失的水份，称为吐水，植物只有在蒸腾作用低而根的活动力强时才有吐水现象。

取已发芽的玉米或小麥幼苗，放在培養皿内作以下處理：

	水	温度	湿度	根系
第一組	有	35°C	有罩	有
第二組	有	0°C	有罩	有
第三組	有	35°C	有罩	無
第四組	0.5M蔗糖	35°C	有罩	有
第五組	有	35°C	無	有

温度	吐水
0°C	
35°C	

根系	吐水
有	
無	

渗透压	吐水
蔗糖液	
H <sub>2</sub> O	

湿度	吐水
高	
低	

討論結果：

#### 四. 蒸騰時吸水力的測定： (示範)

取一長約九厘米的毛細管，用NaOH液和洗液洗淨，然後管內盛滿煮過的清水，用厚橡皮將植物的切枝基部，和

管的上端緊密連接，管的另端插入盛有水銀的燒杯中，注意整個裝置內避免有水泡存在。

由於植物有蒸騰作用，管內水柱不斷上昇，水銀亦隨之移動。

記錄水銀柱上昇的高度並說明本實驗的意義。

#### 四、染料自莖內上升的道路：

在水中用刀片切取一枝有蒸騰作用的植物，（如玉米）放在0.2%的曙紅溶液中，經10-15分鐘後，在透光處觀察被染色的途徑以追蹤其傳導系統，並作橫斷面切片於顯微鏡下觀察，那種組織被染成紅色，作圖表示：

#### 1. 水的傳導組織：

(1) 取新鮮的植物枝條二枝，（如柿、丁香等）分別作以下處理：

1) 將一枝條插入已配好的5%白明膠溶液中（如白明膠已凝固，可將其在水中加熱至 $40^{\circ}\text{C}$ 左右，使成溶膠）五分鐘後取出，小心把枝條基端的樹皮（韌皮部）剝去一圈，外面的白明膠沖洗後插入清水中，一小時後觀察枝條有無變化，說明原因。

2) 另一枝條距基端的2厘米處，先剝去樹皮，並用凡士林將暴露的木質部份堵塞，再浸入膠溶液中，五分鐘後取出，在水中把凸出的木質部切去1厘米，一小時後與前一枝條比較結果。

## 實驗六 光合作用及葉綠素

光合作用是植物利用日光製造有機物質的生理過程，這是植物將日光能轉變成化學能的特殊步驟。光合作用是藉着植物的葉綠素吸收光能來進行的，本實驗裡我們研究葉綠素的提取方法和它的性質以及外界條件對光作用的影响。

### 實驗材料：

酒精，丙酮，汽油，乙醚，30% 氫氧化鉀，甲醇溶液。

濃鹽酸，醋酸銅晶体，I-KI 溶液。

菠菜葉，洋紫蘇，旱金蓮，水王孫。

分光鏡，黑紙，迴心針，小碟。

### 實驗步驟：

#### I. 葉綠素色素的提取。

取稱風乾的菠菜葉，15克，放在研鉢中，加入淨砂少許以便磨碎，和20-30CC丙酮或95%酒精，研碎後過濾，濾液中含有葉綠素A，葉綠B，胡蘿蔔素及葉黃素，以及其他可溶於丙酮或酒精中的物質。

將此溶液用反射光及透射光觀其顏色的變化，並解釋變化的原因，保存此溶液以備下面實驗之用。

#### II. 葉綠素色素的分离——(彩譜分析——灯心法)

取一張圓形濾紙，從邊緣向中心剪一條約2mm寬的窄條，將窄條向下折彎，使其圓面與平面相垂直，再剪短到15cm長，把要分离的色素提取液滴在圓片的中心或下垂的窄條上，使之風乾，在一個培養皿中放了一個小杯(可用

一短玻璃管或小碟，內盛火折溶媒（樟油），把窄條浸在溶媒中，然後蓋好培養皿，以免溶媒蒸發，窄條在溶媒裡當作一個燈心，藉着毛细管作用把溶媒吸到色素環液上，溶媒與色素即向四周擴散，最後發展成為同心圓的色環，要注意使窄條剪得兩邊長度相等，否則燈心不和紙面垂直，則以後色層不能發展，成真正的圓形，將結果畫一簡圖表示，並說明原理。

### III. 葉內色素的光學性質

調節分光鏡，觀察日光或電燈光的光譜，然後在下列情形下用分光鏡觀察其吸收光譜，把觀察到的光譜用顏色或其他表示方法作圖以比較。

- (1). 放一葉綠素A溶液
- (2). 放一葉綠素B溶液
- (3). 放一葉黃素溶液
- (4). 放一胡蘿蔔素溶液

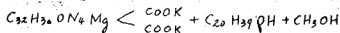
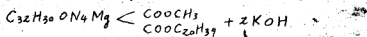
### IV. 葉綠素化學性質

- (1). 皂化作用

葉綠素是含有兩個羧根的脂類，加鹼水解後，可將其



脂族皂化，得到葉綠素的離性鹽，其化學式化為：



取 3 c.c. 的葉綠體色素的酒精提取液，加 1 c.c. 20% KOH 甲醇溶液，小心加熱直到沸騰。溶液冷後加入等量的苯和 2-3 c.c. 水，混合後得到兩層溶液：上層是苯溶液，色含一部分的胡蘿蔔素和葉黃素，下層是酒精和水，色含已皂化的葉綠素 a 和葉綠素 b，和一小部份溶解的胡蘿蔔素和葉黃素。

另外作一对照，在 3 c.c. 的葉綠素酒精提取液裡，直接加等量的苯，葉綠素因沒有皂化，存於上層苯液裡，與已皂化的不同，下層酒精溶液中只色含胡蘿蔔素和葉黃素。

將結果畫一簡圖表示，並加說明。

## (2). 鎳和銅對鎂的替代作用

取 5-6 c.c. 葉綠體色素酒精提取液，內加一滴鹽酸，小心攪動，提取液自綠色變為褐色，因鹽酸已將葉綠素分子破壞，移去其中之鎂，代之以氫形成褐色葉綠素分解物 (Pheophytin)，將一半溶液靜置，褐色葉綠素分解物自酒精中分離出來，成小顆粒狀。

在所餘的褐色溶液中，加醋酸銅結晶少許，漸漸加熱

直至鮮綠色產生。這時銅已在葉綠色分子中替換Mg的位置。

此法有應用價值，如將新鮮叶子放在四分水，一份50%醋酸鈣的醋酸銅飽和溶液中加熱，葉先變成褐色，以後又恢復綠色。如此處理叶子或果實後，保存在酒精或甲醛溶液中，可以保持綠色數年之久，為保存標本的方法。

#### IV. 葉在光下澱粉痕跡的恢復

選取製造澱粉的植物如洋繡球為實驗材料，先放在黑暗中，約二三日，該葉內所貯存的澱粉完全消失，測定葉內的澱粉消失時否，可向植物上取一片叶子，在95%酒精中加熱把葉綠色煮掉，用1-KI溶液試驗有無藍色反應即可，剪一寸見方的黑紙二張，一張上剪一空心箭頭，或其他花樣，把這兩張黑紙夾於葉的兩面，有空心箭頭的黑紙夾在葉的正面。然後把植物放在日光下二小時，再將此葉剪下，照前法試驗澱粉痕跡的恢復。比較葉的透光部分與遮光部分澱粉的形成有何不同，並說明結果。

#### IV. 外界條件對於光合作用的控制意義

(1). 光強度對於光合作用的速率的關係——關係——圖示。



。麻滿 0.1%  $\text{NaHCO}_3$  溶液(或清水)選擇每分鐘釋放 25—75 個氣泡的水王孫頂枝為實驗材料，用數氣泡法測量光合作用的速度。將選好的植物上端用蠟封，把磚在玻璃棒上，然後迅速地放在量筒中，使植物切口的一端向上。將裝置妥當的量筒浸在 20°C 的足溫水槽中，在室內光線下，測量四分鐘內每分鐘從植物莖的切口處放出的氣泡數。然後在各種不同的光強下，測量每分鐘釋放的氣泡數。光須直接射到植物體上，不同的光強度可用下列方法獲得：用一定強度的燈泡(100W)，然後改變射照的距離，即可表示不同的光強度。本實驗可變更下列距離：10 厘米，30 厘米，50 厘米。列表 4 示量得結果，並以氣泡釋放率為縱坐標，光強度為橫坐標作曲線表示。

光源距離	氣泡釋放率
10 厘米	
30 厘米	
50 厘米	

- (2). 溫度對於光合作用速度的關係——本實驗裝置及方法同上實驗相同，只在一定光強照射(100W, 20 厘米)下，變更溫度為 10°, 25°, 40°C 調節水的溫度時可在大燒杯中加熱水或冷水，使所需溫度最多不過有上下 1°C 的差異，在一種溫度中，實驗完畢後，即換第二種溫度的水；如此可使實驗時其他條件固定，而僅變更溫度，在每種

溫度中測量4分鐘，然後取每分鐘之平均值，將結果列表表格，並以氣體釋放量為縱坐標，溫度為橫坐標，以曲線表示。

### 實驗七：無機鹽類對植物生長關係

綠色植物僅需要無機的礦物鹽作為生長發育的主要營養物，在一用蒸餾水及幾種必需的礦質元素配製成的培養液中，植物即能生長得和在土中一樣好，這種培養植物的方法稱“水耕法”。

以下實驗說明礦質元素對植物的重要性。

材料與設備：

化學純淨藥品： $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  
 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  
 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .

磷酸鉍銜溶液。

玉米，煙草，甜菜。

廣口瓶，棉花，玻璃管。

實驗步驟：

1. 毒害作用與拮抗作用。

預備三個容量250c.c.的錐形瓶或其他瓶子，標上1, 2, 3，然後作以處理：

1. 瓶內加200c.c. 0.05M  $\text{NaCl}$  溶液。

2. 瓶內加200c.c. 0.05M  $\text{CaCl}_2$  溶液。

3. 瓶內加100c.c. 0.05M  $\text{NaCl}$  溶液及100c.c. 0.05M  $\text{CaCl}_2$  溶液。

選擇6株大小相等的玉米（或向日葵，黃豆）的幼苗，每一瓶插入2株，使根部完全浸在溶液中，莖部用棉花裹住，以免擦傷。

把瓶子移在太陽光下一天，自第二天起瓶子移到溫室內或陽光不太強烈的處所，每日通氣一次，三星期後，觀察並記錄實驗結果。

在實驗期中，瓶內的溶液隨時加滿不使缺少；記錄結果時注意植物莖、葉、根的生長及發育情形，說明何者具有毒害作用，何者具有抵抗作用。

II. 植物發育期中缺少主要礦物質元素所受的影響：一水耕法(示範)

(1). 培養液的配製：

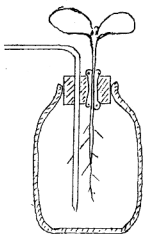
種類 用量 cc. / 1000 (毫鎊升)	蒸餾水	完全培養液	缺氮培養液	缺磷培養液	缺鉀培養液
✓ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (1M)	—	5 c.c.		4 c.c.	5 c.c.
$\text{KNO}_3$ (1M)	—	5 c.c.	—	6 c.c.	—
$\text{MgSO}_4$ (1M)	—	2 c.c.	2 c.c.	2 c.c.	2 c.c.
✓ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (1M)	—	1 c.c.	—	—	—
$\text{K}_2\text{SO}_4$ (0.5M)	—	—	5 c.c.	—	—
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (0.01M)	—	—	10 c.c.	—	10 c.c.
$\text{CaSO}_4$ (0.01M)	—	—	20 c.c.	—	—
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (1M)	—	—	—	—	—

以上各溶液配製時須用化學純粹藥品及重蒸餾水，容器須用硬質玻璃。

先取一立升的大口瓶，外層塗以鉛

粉或先塗一層黑漆，再塗一層白漆，使嚴密不透光。瓶內層均塗以純淨的白石蠟，瓶口裝一軟木塞，塞正中鑿一大孔以容植物的莖充分發育為度，旁邊再鑿一小孔，孔

中插一弯成直角的玻璃管，玻璃管的一端弯成尖嘴状伸到近瓶底处，用软木塞的中央分切二等半，整个装置的面如右所示。



定植时，取约有4、5个叶片，大小相等的烟草或玉米的幼苗，儘量勿伤害根部，在水中轻轻冲洗，以棉花包裹夹于软塞中央，使幼苗的根部浸入溶液内，装好后放在温度和光线适宜的地方，温度最好在15—35°C之间。

当植物幼小时，溶液可每两星期更换一次，一个半月后可改为每星期更换一次，每隔一日加柠檬酸1 C.C. 并且注意每天通气时，动作须轻和以免伤害根部。

实验开始以后，每天记录在五瓶不同溶液内生长的高度和叶片的颜色，作一比较。

### III. PH 对植物生长的影响：

用磷酸缓冲溶液将完全培养液配制成 PH 4, 5.5, 7, 8 四种不同溶液，各取 1000 C.C. 分别盛在四个 1 立升容积的大口瓶内，装置如前图。

选择四株大小相等的甜菜或玉米幼苗，每瓶内插入一株，使根部完全浸在溶液中，茎部用棉花裹住以免擦伤。

撥放在環境適宜的地方使其生長。

注意每兩星期更換瓶內溶液一次，並每日通氣。

觀察並記錄四種不同處理下的植物生長的情形。

實驗八：植物體內有構物及其消化作用

高等植物體內所含主要儲藏的有機物是碳水化合物，脂肪和蛋白質。植物將食物中複雜化合物水解或為簡單份子以便利用，有其一定的消化過程。然後又可用此等簡單物質造成其本身的組織或其他儲藏物質。

引起食物的消化是靠多種酶的水解作用，如澱粉酶能消化澱粉。以下實驗即可看出植物體內儲藏物質的各種化學反應及其消化作用。

材料與設備：

I-KI 溶液，酒精，蘇丹 III 溶液， $\text{HNO}_3$ ，米部 (Millon) 試劑， $\text{NH}_4\text{OH}$ ， $\text{CuSO}_4$  溶液， $\text{NaOH}$  溶液，蔗糖溶液。

$\text{HCl}$ ，Benedict 溶液，天冬酰胺結晶，澱粉溶膠，酚酞試劑，小麥，花生，大豆，蓖麻，葫蘆，羽扇豆，鳩蛋白，溫度計。

實驗步驟：

I. 休眠和萌發種子及其他儲藏器官所含蛋白質，脂肪和碳水化合物定性反應：

(1). 碳水化合物—澱粉

取小麥種子發芽，幼芽長到 1-5 cm 時，擠出小麥胚內汁液於玻璃片上，在顯微鏡下觀察澱粉粒的形狀和未發芽的小麥胚中的澱粉粒作一比較。繪圖表示澱粉在休眠和萌發種子中的變化。

然後在各切片上分別滴少許 I-KI 溶液，注意顏色  
的變化。

說明植物以澱粉粒作為儲藏物質的好處。

(2)、脂肪：

用浸軟的黃豆，花生或蓖麻的種子，切成薄片，  
放在蘇丹 III 溶液中染色 10 分鐘，取出用 50% 酒精迅速  
洗淨固定在玻片上，在顯微鏡下觀察，油珠染成紅色，  
給以表示。

說明油類為什麼是植物主要儲藏物之一。

(3)、蛋白質：

將在水中浸軟的大豆或其他種子切成薄片，用 95%  
的酒精固定切片中的蛋白質，並將其中可溶性物質  
洗掉，然後加一二滴 2%  $\text{HNO}_3$  在切片上，一二分鐘後，  
將多餘的  $\text{HNO}_3$  用濾紙吸乾，然後加一滴米龍 (Millon)  
氏試劑，在顯微鏡下觀察，蛋白質染成紅色（加熱可  
使反應加速）給以表示。

（大豆的蛋白質含量可在 40% 以上，是我國的特產  
之一）



## II. 植物性蛋白質及其性質：

称取10克大豆乾种子，磨碎後浸在100 c.c. 蒸餾水中，經二小時後過濾，濾液中即含有蛋白質，用以下方法測其化學性質：

- (1). 黃色蛋白質反應：取6 c.c. 濾液，加3 c.c. 濃硝酸，即有白色沉澱產出，煮沸後沉澱變黃色，可能有一部分溶解，因此使溶液也呈黃色，冷後加強鹼水，因含苯基的氨基酸經硝化後成硝基苯 ( $C_6H_5NO_2$ )，此物在鹼性溶液中呈橙色。
  
- (2). Millon 反應：取6 c.c. 濾液加Millon氏試劑3 c.c. 即有白色沉澱產生，加熱後沉澱變成紅色，白色沉澱是因硝酸汞對蛋白質的作用，凡是含有一個-OH 在苯環上的芳香族化合物，都具有這個反應的特性，主要如酪氨酸 (Tyrosine)。
  
- (3). 雙脲脲 (Biuret) 反應：取4 c.c. 濾液加4 c.c. 5% 的NaOH溶液，再加一滴1%  $CuSO_4$  溶液，即產生從紫色到粉紅色的反應，所有含  $-CONH-$  的物質，都起這樣的反應，在蛋白質中，一個氨基酸的  $-COOH$  和另一氨基酸的氨基經酯合作用所形成的物質，含

有  $-CONH-$ ，因此也有这样的反应。

### III. 碳水化合物消化作用：

(1). 蔗糖和淀粉加酸水解作用：取 2% 蔗糖溶液 5 c.c. 加 37% HCl 数滴，煮沸二三分钟，冷后加浓 NaOH 溶液之中和。然后用 Benedict 氏溶液测定，蔗糖水解后变成单糖，（还原糖）再用 0.5% 的淀粉溶液 10 c.c. 重复上面的实验，测定淀粉加酸水解的结果。

(2). 淀粉酶的提取液及其在各种温度对淀粉的作用：

取约 100 粒小麦种子发芽，待幼芽长到 0.5 cm 时，于研钵中捣碎，倒入烧杯中，加 4 倍容积水，搅拌，置二小时后过滤，滤液中即含有淀粉酶。

预备四个烧杯，分别盛满 15°、30° 及 45° C 三种不同温度的水，并保持各该温度使不超过 1° 差异。

取 4 个试管各加 10 c.c. 淀粉酶提取液，分别浸入上述四种不同的温度的水中，另取四试管各加 5 c.c. 0.5% 的淀粉溶液，也分别浸入四种不同的温度中，待各试管内的温度和其周围的温度相同时，分别将全一温度的淀粉酶加到淀粉溶液中，充分摇荡，仍浸入原温度中。每隔 5 分钟将试管充分摇荡，用吸管分别取出 1 c.c. 混合液，加入另四个试管中，各加入二滴稀薄的 I-KI 溶液，然后摇荡，比较颜色的不同。

观察各试管中的混合液对I-KI液的反应是否由蓝色变到粉红色，再到无色。记录各试管中全部淀粉被消化所需要的時間，把所得結果列出一表，說明溫度對於淀粉酶活性的影响。

溫度	15°C	30°C	45°C
時間			

最後当淀粉溶液消化完全時，將試管中的溶液加 Benedict 氏溶液，測定其中是否有还原糖。寫出淀粉酶消化淀粉時引起的各种化学变化。

(3). 轉化酶的提取液及其作用：取30克商業用酵母菌在研鉢中研成細末後，加到50c.c. 蒸餾水中，靜置20分鐘過濾，濾液即是轉化酶的提取液。

預備三個小燒杯，各放10c.c. 2%蔗糖溶液，然後在一個燒杯中加5c.c. 轉化酶，另一杯內加煮沸過的5c.c. 轉化酶，一杯內加5c.c. 蒸餾水。充分搖盪後，靜放一小時，然後分別取出5c.c. 於試管內加 Benedict 氏試液，浸入水浴中，煮沸15分鐘後，比較 $Cu_2O$ ↓之多少。

將結果說明，並以化學反應式表示轉化酶對蔗糖的作用。

### IV. 脂肪的消化作用:

#### (1). 油類種子萌發時澱粉形成的現象。

取萌發的大豆種子，將子葉或幼莖切成薄片，放在載物片上，加一滴 I-KI 溶液，注意顏色的變化，看是否有澱粉形成？繪圖表示。

和未萌發的種子作一比較，並繪簡圖表示。

#### (2). 用滴定法測定油類種子萌發時游離脂肪酸的含量：—

取 5 克發芽的花生或蓖麻種子，加入 10 C.C. 蒸餾水，搗碎後加 40 C.C. 蒸餾水過濾。

取 10 C.C. 濾液作以下實驗。

在 5 C.C. 濾液內加 3—4 滴酚酞試劑，搖盪後用 0.01 N 的 NaOH 溶液滴定，到產生淡紅色，且不斷搖盪仍不變化為止。滴定時所用 NaOH 液的多少即表示酸性的強弱。如溶液的酸性強即指示其中的脂肪已消化而產生脂肪酸。

用未發芽種子重覆以上實驗比較脂肪的變化。

以化學反應式表示脂肪酶對於棕櫚脂的作用。

### V. 蛋白質的消化作用:

#### (1). 植物性蛋白質的提取及其作用:

將新鮮成熟的蘆筍搗碎，濾出汁液，此液內部即含有

### 蛋白酶。

預備兩個試管，各加 5CC 含有菠萝蛋白酶的溶液，將一個試管中的蛋白酶煮沸，然後在兩試管中各加二小塊 2mm 見方煮熟的鸡蛋白，兩各加數滴甲苯，蓋上塞子。不時輕輕搖動試管，一星期後，觀察蛋白的變化。說明變化原因。

### (2)、天冬酰胺。(蛋白質分解的產物)：

將已發芽的羽扇豆切成薄片，置於玻片上，滴少許酒精，蓋上蓋片，酒精乾後，天冬酰胺即結晶出來，能出簡圖。

如要確定結晶是天冬酰胺，可用天冬酰胺的飽和溶液滴切片上，其他物質可溶解，但天冬酰胺不溶。

該說明在種子萌發時，天冬酰胺的形成對植物的意義。

### 實驗九：植物的呼吸作用

呼吸作用是一個共生命有密切關係的生理過程，就是把複雜的有機物氧化及分解成簡單的物質同時產生能。一切生理機能如生長及各種合成過程的反應都需要消耗能來維持。植物正和動物一樣，取得能的來源就是呼吸作用。以下實驗說明關於呼吸作用的幾個問題和其呼吸作用有關係的幾種酶的作用。

#### 材料與設備。

KOH 溶液， $H_2O_2$ ，二氨基脒苯 (Benzidine)，甲萘藍溶液，小麥，土豆，蘋果。

### 實驗步驟：

#### Ⅰ. 澱粉種子 and 油類種子萌發時呼吸商的測定。

每組裝置呼吸測量器兩個，其構造如下：在錐形瓶上連接一彎曲玻璃管，將一定重量的小麥萌發種子放在瓶內，並放入一盛有 20% KOH 的短試管，以便吸收空氣內和呼吸作用放出的  $\text{CO}_2$  玻璃管內裝有色液體，實驗完畢時候，兩邊液體高度之差即呼吸作用所吸收的  $\text{O}_2$  體積，另一瓶只放一定量的植物而不放盛 KOH 的試管，同一時間之後，增加或減少的體積為吸收的  $\text{O}_2$  共呼出  $\text{CO}_2$  的總數，從兩瓶內變化之差可求得  $\text{CO}_2$  之量，從測出的  $\text{O}_2$  量與  $\text{CO}_2$  量可計算出澱粉種子萌發時的呼吸商，用萌發的油類種子（花生）重做以上實驗並計算其呼吸商。

澱粉種子：

油類種子：

#### Ⅱ. 在各種溫度條件下探討子和植物吸收的 $\text{O}_2$ 測量呼吸強度。

用小麥萌發種子為實驗材料，稱取約 10 克的小麥種子，要準確到第一位小數，然後放入錐形瓶內（裝置如前），再將整個裝置放入  $15^\circ\text{C}$  的水浴內，維持水浴溫度使上下不超過  $1^\circ\text{C}$  的差異，可用冷水或熱水加以調節，錐形瓶內放入

盛有20% KOH的短試管，測定小麥種子每克鮮重每小時吸收的 $O_2$ ，改變水浴中的溫度到25°，35°C，測定小麥種子在各種溫度下的呼吸強度，並討論溫度對於呼吸強度的影響。

### III. 植物體內幾種呼吸酶的作用：

(1). 氧化酶的作用：將蘋果去皮，使果肉與空氣接觸，觀察顏色有何變化？

將其煮沸5分鐘，再切成薄片，與空氣接觸時有何變化？預備兩個試管，分別加5c.c.新鮮配製的1%二氨基聯苯(Benzidine)溶液。將新鮮切下的蘋果薄片迅速放到一試管內，如溶液產生藍紫色，則表示蘋果內有氧化酶的作用。將Benzidine氧化，另一試管內放入已煮沸的蘋果薄片與前者有何不同？

(2). 過氧化氫酶的測定：取新鮮馬鈴薯去皮，切成塊5mm

見方的小塊，分為二組，其中一組煮沸10分鐘，然後分別加到盛有2c.c. 3%  $H_2O_2$  的試管中，觀察有何變化，並加以說明。幾分鐘後，在未經煮沸的馬鈴薯中，加4-5滴新鮮配製的二氨基聯苯溶液，觀察有什麼變化，並加以說明。

(3) 去氫酶的作用：

土豆去皮後，切成10塊5mm見方的小塊，分成兩組，其中一組煮沸20分鐘，然後分別放入兩個各盛15cc 0.025% 甲稀藍溶液的試管中，並在液面上加一薄層石蠟油，以與外界隔絕，試管放到25°C的溫箱中，兩天後觀察管內溶液與土豆顏色的變化，何以管內甲稀藍溶液會變成無色？然後把試管內液面上的石蠟油傾出，取出土豆小塊，露於空氣中，再觀察有無變化，並說明原因。

(4) 過氧化酶的作用：——種子萌芽率的測定。

陳的種子內沒有過氧化酶，從過氧化酶的有無可測定種子萌芽率。取小麥種子20粒，均勻放在培養皿內，將每粒種子稍為壓碎，其上各加Benzidine溶液和3%的 $H_2O_2$ 溶液各一二滴，如有紅或褐色產生，即表示種子內有過氧化酶，且具有萌芽力，沒有萌芽力的種子就不會有顏色變化，根據實驗結果計算種子萌芽率。