

利用「萌芽種子」探討植物的「呼吸速率」

國中組生物科第二名

高雄市立三民國民中學

作者：陳柏偉、黃智民
曾千宇

指導教師：高秀慧、黃同利

一、研究動機

記得在生物課本中曾提到一些有關影響植物行「光合作用」的環境因素如溫度、水分、光線、空氣成分等。在植物行「呼吸作用」時，是否亦會受到影響？結果如何呢？老師告訴我們植物種子萌芽時，呼吸作用非常旺盛，而且和人一樣吸收了 O_2 釋放出 CO_2 。

當化學課學到一些有關 CO_2 特性的知識時，我們想到若能將植物呼吸作用時呼出的 CO_2 加以收集，並測量有多少，應該可使我們對植物的呼吸作用有進一步了解。於是開始收集資料，請教老師。將所學的生物和化學知識相互配合，設計實驗，作以下的研究探討。

二、研究目的

- (一)應用 KOH 溶液吸收 CO_2 和滴定原理，估計植物的呼吸量，進而用以比較常見的數種植物種子，萌芽時呼吸速率之大小。
- (二)藉由呼吸量之測定，探討種子發芽過程呼吸速率之變化情形。
- (三)藉由呼吸量之測定，探討影響植物細胞呼吸速率的因子。

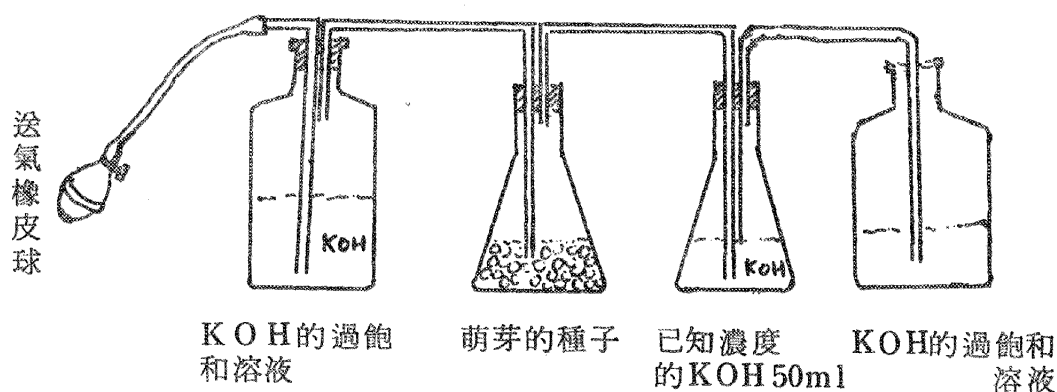
三、研究設備器材

- (一)數種常見植物種子
- (二)儀器：恒溫槽、三樑天平、溫度計、滴定管、抽送氣體之橡皮球
- (三)材料：三角錐瓶、量筒、注射筒、燒杯、分液漏斗、吸管、彎形玻璃管、濾紙、橡皮管、橡皮塞、鐵架、鐵夾、冰塊。
- (四)藥品：蒸餾水、凡士林、 $HCl(aq)$ 、 $KOH(aq)$ HCl 標準液、

酚酞指示劑、甲基橙指示劑、灰石、 $\text{MnO}_2(\text{s})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{aq})$ ，焦性沒食子酸、乙醚、氰化鉀、蔗糖。

四、研究過程或方法

- (一) 1. 秤取經過選擇的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆、花生，各 50 g 洗淨後置 500 ml 三角錐瓶內，置室溫下待其萌芽。
2. 利用 HCl 標準液，標定自行配製之 $\text{HCl}(\text{aq})$ 及 $\text{KOH}(\text{aq})$ 的濃度。
3. 三日後依下列裝置分別測定呼吸量：
- (1) 用手壓搯橡皮球壓送空氣，每次測定 10 分鐘，重複測定五次
 - (2) 利用 $\text{HCl}(\text{aq})$ 滴定錐形瓶內之溶液。
 - (3) 推算種子呼出的 CO_2 體積。



裝置圖(一)A

- (二) 1. 秤取經選擇的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆、及花生，各 50 g 洗淨後置 500 ml 三角錐瓶內。
2. 供給適量的水，置室溫下，分別於一天、二天、三天、四天、五天後，依步驟(一)3. 測定並求出呼吸量，以比較種子在萌芽過程中，呼吸速率之變化。
- (三) 1. 溫度變化之影響：
- (1) 將萌芽良好的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆、花生，(乾重為 50g)，置於 500 ml 三角錐瓶內，共十組。
 - (2) 分置於① 5°C 、 10°C 、 15°C 、 20°C ——將錐形瓶置裝

冰塊的塑膠盆中隨時調整溫度。

② 25°C 一置室溫下。

③ 30°C、35°C、40°C、45°C—置恒溫槽中。

(3)每隔二小時，（共八小時），依步驟(一)3.，測定並求出呼吸量。

2. O₂ 濃度之影響：

(1)將萌芽良好的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆、花生，（乾重為 50g），置 500 ml 三角錐瓶內，共三組。

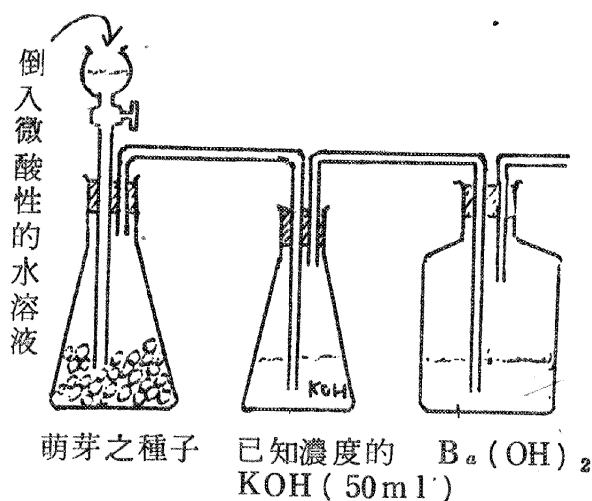
(2)O₂ 濃度高於大氣成分：

①以 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 \longrightarrow \text{製造 O}_2$ ($2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$)

②利用排水集氣法將 O₂ 灌入裝有種子之瓶內，當水面降至 $\frac{1}{4}$ 時，便停止。再以注射管灌入空氣，使瓶內水完全排完。

③立刻用橡皮塞塞緊，置室溫下 10 分鐘。

④依下法將植物釋出之 CO₂ 趕入 KOH (aq) 中。



製置圖(一)B

⑤依步驟(一)3.(2)(3)求出呼吸量。

(3)O₂ 濃度低於大氣成分：

①以焦性沒食子酸吸收空氣中的氧，剩餘氣體幾乎都是氮→製造 N₂。

②利用注射管將 N₂ 注入（排水集氣法注入），約 100 ml。

③用橡皮塞塞緊，置室溫下，10 分鐘。

④如圖(一) B 及步驟(一) 3.(2)(3) 求出呼吸量。

(4) O_2 濃度等於大氣成分：(對照組)

①錐形瓶內為大氣成分，用橡皮塞塞緊，置室溫下10分鐘。

②如圖(一) B 及步驟(一) 3.(2)(3)，求出呼吸量。

3. CO_2 濃度之影響：

(1)將萌芽良好的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆及花生，(乾重為50 g)，置 500 ml 三角錐瓶內，共三組。

(2) CO_2 濃度高於大氣成分：

①以石灰 + Hcl → 製造 CO_2 ($CaCO_3 + 2Hcl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$)。

②利用注射器將 200 ml CO_2 注入裝萌芽種子的三角錐瓶內

③立刻以橡皮塞塞緊置室溫下10分鐘。

④如圖(一) B 和步驟(一) 3.(2)(3)，求出呼吸量。

(3) CO_2 濃度稍高於大氣成分：和(2)方法同，但注入之 CO_2 體積為 50 ml。

(4) CO_2 濃度等於大氣成分：作對照組，方法和步驟(三) 2.(4) 相同

4. 光強度的影響：

(1)選取萌芽良好的綠豆，(乾重為50 g)，置入 500 ml 三角錐瓶內，共四組。

(2)甲組不照光，乙組60燭光燈泡距離20公分，丙組60燭光燈泡距離40公分，丁組60燭光燈泡距離60公分，一小時後，依步驟(一) 3. 測定並求出呼吸量。

5. 水分多少之影響：

(1)秤取經過選擇的綠豆、紅豆、黃豆、花豆、豌豆及花生，各 50 g，洗淨後置 500 ml 三角錐瓶內，共四組。

(2)甲組加水 50 ml，乙組加水 75 ml，丙組加水 100 ml，丁組不加水。置室溫下。

(3)分別於經 8 小時，24 小時，48 小時，依步驟(一) 3. 測定並求出呼吸量。

6. 浸泡物質之影響：

(1)選取萌芽良好的綠豆（乾重為50g），置入500 ml 三角錐瓶內，共四組。

(2)甲組：加蔗糖溶液至瓶內，浸置24小時後倒掉再測定。乙組：添加少量氰化鉀至瓶內，一小時後測定。丙組：添加少量乙醚至瓶內（輕輕搖盪），一小時後測定。丁組：加適量水至瓶內，（作為對照組）一小時後測定。

(3)依步驟(一) 3.測定並求出呼吸量。

7.傷害刺激之影響：

(1)選取萌芽良好的花豆（乾重為50g），共二組。

(2)甲組：每粒花豆上用刀割一「十字形」傷口。乙組：不作處理作為對照組。

五、實驗結果

註：表中數據為五次平均值。

(一)步驟(一)之結果見下表：表(一)（略）

(二)步驟(二)之結果見下列各表及圖：表(二)～(七)，圖(二)～(七)（略）

(三)步驟(三) 1.之結果見下列各表及圖：(八)～(十三)，圖(八)～(十三)（略）

(四)步驟(三) 2.之結果見下表：表(十四)（略）

(五)步驟(三) 3.之結果見下表：表(十五)（略）

(六)步驟(三) 4.之結果見下表：表(十六)（略）

(七)步驟(三) 5.結果見下表：表(十七)（略）

(八)步驟(三) 6.結果見下表：表(十八)（略）

(九)步驟(三) 7.結果見下表：表(十九)（略）

六、討論及結論

(一)本實驗裝置(一) A和(一) B之說明與比較：

1.裝置(一) A

(1)為了使測定之呼吸過程保持常態大氣之供給，所以必需使氣體不斷流通。

(2)我們嘗試使用學校的抽氣機，但發現抽力過大且無法連續使

用很久，所以我們想到量血壓用的橡皮球，藉不斷壓縮來送氣。

(3)爲了使實驗結果較精確，在兩端和空氣相通處裝置 KOH(aq) 之過飽和溶液，將空氣中的微量 CO_2 吸收。

(4)請教老師，我們學會了將自行配製的 HCl 和 KOH 溶液標定，求得精密濃度。

(5)將化學課程中學到的滴定原理，推廣應用，將種子所呼出之 CO_2 加以定量。

(6)種子在測試前加以輕輕搖盪，避免因過份緊密致氣體不通，影響呼吸作用之進行。

2. 裝置(一) B

(1)在改變大氣成分 (O_2 , CO_2 之濃度) 方面，由於實驗設備器材之限制我們只能應用簡單化學反應和操作，製造 O_2 , CO_2 和 N_2 並將其灌入。

(2)因爲無法精確控制濃度，所以只作此大氣成分或多或少之濃度探討而已。

(3)不能如裝置(一) A，不斷供應改變成分的氣體，所以我們將瓶密閉，待反應後利用微酸之溶液 (避免 CO_2 加入)，把氣體趕入 KOH(aq) 內，再加以定量。

(二) 呼吸速率的大小

1. 呼吸速率之推算：

(1)受到實驗過程裝置及操作之困難，我們每次只用乾重 50 g 的種子，測定 10 分鐘，重複五次求平均值，再換算成呼吸速率 (每小時，每克乾重放出之 CO_2 量)，若能連續測定較長時間，定能得到較確切的結果。

(2)滴定时，接近滴定終點時應特別小心，因爲本實驗若 HCl(aq) 之體積只差 0.1 ml (滴定準確度至小數點一位)，則呼吸率 V_2 將差約 3 ml。

2. 不同種類植物種子之比較：

(1)呼吸速率以單位乾重爲代表，故實驗所用材料最初含水量之

多少為決定彼此差異的一個重要因素。

(2)每一材料皆購自種子行，皆為處「靜止」狀態的種子，其乾程度不一致，故亦會造成差異。

(3)不同植物，雖為同一器官（種子），但呼吸速率都不一樣，實驗結果顯示綠豆最快紅豆稍慢而花生最慢，其餘相當接近

(4)呼吸基質不同，呼吸酵素的量多少，呼吸酵素種類之差異，都會影響呼吸速率。

(5)呼吸作用發生於細胞的原生質，因之組織所具原生質之比例與呼吸強度關係密切。

(6)不同種植物萌芽快慢不同，本實驗採第三天為準加以比較。

3. 萌芽過程呼吸率之變化

(1)由實驗結果顯示，種子發芽過程呼吸速率會改變，而且種類不同其變化情形不一致。

(2)呼吸作用為主要的能源來源，由呼吸速率之變化，可推知各時期代謝作用之進行是否旺盛。

(3)ㄅ綠豆：發芽較快，呼吸率第三天時達最高峰，再漸漸減小
ㄆ紅豆：發芽最慢，第一天呼吸率很慢，第二天急速增快，第三～五天則逐漸增加。

ㄇ黃豆：吸水很快，第一天呼吸率便很高，而後持續增加。

ㄊ花豆：吸水和發芽都快，呼吸率二～三天變化不大至第四天達最高峰（根長約 4 cm），但第五天急速下降。

ㄋ豌豆：由一～四天持續漸增加，至第四天約增加一倍，但第五天減慢。

ㄌ花生：萌芽初期呼吸作用最旺盛，再漸次減慢，但第五天又急速增加至和初期一樣。

(三)影響呼吸作用的因子：

1. 溫度：

在短時間內呼吸速率隨溫度上升普遍有增加的趨勢，尤其在較低溫時，變化較顯著。維持正常呼吸率的最適溫，因植物種類而有異，高溫下呼吸率會下降。

2. O_2 濃度：

由實驗知 O_2 濃度對不同植物，造成的影響極不規則。

3. CO_2 濃度：

(1) CO_2 濃度愈高，各種植物呼吸率普遍下降。

(2) CO_2 濃度對呼吸率的影響較 O_2 濃度之影響顯著。

4. 光量：

照光距離愈近，呼吸率愈高。

5. 水分多少：

水量不同在初期呼吸率差異不大，但久後，水分太多或太少便有不良影響。

6. 浸泡物質

7. 傷害刺激

七、結 論

實驗中我們遇到一些困難：1.缺乏適當送氣設備不能作長時間控制實驗。2.溫度的控制，尤其低溫之調節。3.如何控制 O_2 和 CO_2 濃度在呼吸過程中不斷供給？我們希望能以這次的實驗結果為經驗，再克服，再改進，繼續研究。

由實驗中我們更加體會到；將平時學習的各種知識互相連貫配合的重要性。生物體內的任何一種作用真是多麼複雜奧妙！我們應更加思考觀察，發掘問題，多做實驗，必能得到更大收穫。

八、參考資料

(一)國中生物課本上冊，化學課本第三冊

(二)植物生理學（劉賢祥譯）

(三)植物生理學（易希道編著）

(四)植物生理學原理（曹簡禹著）

(五)植物生理學實驗法（易希道、趙立本編著）

(六)斯氏植物學（易希道等九人合譯編）

(七)定量分析（陳壽南著）

評 語

本作品測定六種豆類種子之呼吸作用，並以六種變因，即溫度， O_2 濃度， CO_2 濃度，光，水分，抑制物及傷害，觀察其對豆類種子呼吸作用之影響。

作者應用化學知識，以滴定法之定量方法測定 O_2 及 CO_2 之體積並以呼吸率表示其差異。

實驗結果顯示氧、水分及傷害可促進呼吸作用，而 CO_2 和抑制物等可抑制呼吸作用，均符合植物生理。唯作者以燈光照射之影響列為光量之影響，其實驗效果應為溫度的影響，因種子之呼吸作用不受光影響，此為作者疏忽之處。