

恒定性與呼吸作用

國中組生物科特別獎第一名

花蓮縣立花崗國民中學

作者：張慧君

指導教師：李國榮

一、研究動機

生物上冊第七章恒定性，談到血液中血糖的濃度，通常都維持在一定範圍以內，過高或過低都會引起疾病。其他，如生物體內水分的調節、定溫動物體溫的調節等，都是生物體內維持恒定性的一些現象。

乾燥的種子含水量很低，細胞幾乎停止活動，呼吸作用相當微弱。但是一旦吸收足夠的水分，就開始活動，呼吸作用變得十分旺盛；酵母體分泌各種酵素，以營自己之生活及獲得生理作用之資源，酵母體內各酵素間保持平衡，可順利營分解與合成作用，保持其活性；普遍存在於土壤中的根瘤菌，它在土壤中由於受到植物根部所分泌之物質的吸引會集中於根部附近，然後由根毛的傷口處進入而形成根瘤，從此便與植物體共生在一起，彼此互相照應。

是否可以透過生物體某些恒定性的特質，配合平衡環境之一些現象加以適當的組配，觀察到底生物以及構成生物體的細胞、組織或器官，在不同的環境下，將會有什麼樣的工作表現，以接受環境的考驗，激起了探討其奧秘的動機來。

二、研究目的

本研究的主要目的是透過簡易的實驗裝置與操作，配合適當的實驗材料，探討生物體在不同的環境下，所表現的各種現象或功能——呼吸作用、無氧呼吸、固氮作用、光合作用等；以及探討生物與環境彼此之間的交互影響，進而提供一些有關生態保育的觀念。

三、實驗裝置、原理與過程

依據原理：(一)空氣組成份一定的特性；(二)密閉系一實驗裝置係呈密閉狀態，若裝置內氣相成份改變，連通效應的結果，U形管內液面即產生不同程度升降的反應。

實驗裝置與裝置過程：(一)取甲、乙兩個錐形瓶，瓶內分置欲觀察的材料；或甲瓶放置欲觀察的材料，乙瓶空著。(二)在橡皮塞上鑽一個適當大小的孔，再將兩端帶有直玻璃管之橡皮軟管，一端插入孔中並露出橡皮塞少許，將橡皮塞塞入錐形瓶口。(三)橡皮軟管另一端之玻璃管插入適當大小的橡皮塞並露出少許。(四)取U形玻璃管一隻，管內盛入適量之觀察液（石灰水、指示劑溶液）。(五)U形玻璃管兩管口分別與甲、乙錐形瓶所帶之軟管連接好，管內液面儘量維持等高，並於管壁上標記液面高度。(六)以拇指與食指擠壓橡皮軟管，若U形管內兩邊液面會隨之上下移動，則表示實驗裝置並未漏氣，呈現密閉狀態，如此即可進行實驗觀察。

四、實驗過程、結果與討論

實驗(一)：植物的呼吸作用

- 1-1 萌芽的種子與乾燥的種子呼吸作用之比較
- 1-2 不同萌芽種子間呼吸作用之比較
- 1-3 不同植物間呼吸作用之比較
- 1-4 不同齡期植物器官呼吸作用之比較
- 1-5 傷害器官與未傷害器官呼吸作用之比較
- 1-6 同種植物不同器官呼吸作用之比較
- 1-7 異種植物器官呼吸作用之比較

實驗操作：以上各項之實驗操作過程如三、實驗裝置、原理與過程
實驗(一)結果與討論：

- 1-1 約3～30分鐘，可觀察到U形管內觀察液的變化（升降或變色）。萌芽種子的呼吸作用皆較乾燥的種子旺盛。綠豆、蠶豆、花生分別約在3、5、7分鐘就可以比較出來

。空氣中含有約 $\frac{1}{5}$ 體積的氧，本實驗裝置係一密閉系，當萌芽種子進行呼吸作用，釋出的 CO_2 溶入石灰水，氣壓隨之變小，因而改變了裝置中的恒定性。而乾燥種子因耗氧較慢，因此管內的氣壓大於萌芽種子管內的氣壓，壓迫水柱，水柱另一端的液面不得不朝萌芽的方向上升。其上升的快慢因植物種類的不同而異。

- 1-2 萌芽花生之呼吸作用較萌芽蠶豆旺盛，而且差異很大；蠶豆則較紅豆旺盛；紅豆與綠豆之間則無顯著差異。由異種間萌芽種子呼吸作用的比較，可以看出不同環境下所孕育出的種子，其呼吸作用會有不同的差異。
- 1-3 萌芽豌豆之呼吸作用較落地生根植物體旺盛；菊科植物之呼吸作用較落地生根旺盛。由此可見在幼苗的成長過程中需耗用多量的氧，以助其早日獨立；而菊科植物是雜草中易見的常客，可能就是因為它具有強韌的生命力—旺盛的呼吸作用之故。
- 1-4 黃金榕及巴西橡膠樹幼葉之呼吸作用皆較老葉旺盛。可見同一種植物不同齡期的器官，其呼吸作用的快慢各有不同。植物如此，人不也是這樣嗎？
- 1-5 瓊崖海棠受傷的種子與榕樹受傷的葉，其呼吸作用皆較未受傷的器官旺盛，其作用可能是在求快速癒合，以獲一線生機。
- 1-6 杜鵑與矮牽牛的花，其呼吸作用皆較葉的緩慢；而一串紅花的呼吸作用則較葉的旺盛。這些差異是否與分化有關。或者與植物繁殖力的強弱、花期的長短有關，則需更進一步的研究。
- 1-7 異種植物器官呼吸作用之比較：14 分鐘後，矮牽牛的液面上升 0.4 公分；30 分鐘後上升到 1 公分。結果顯示出矮牽牛花之呼吸作用較杜鵑花旺盛。由本實驗結果可以推知不同植物的器官，其呼吸作用的強弱各有不同。

實驗(二)：呼吸作用之探討：

實驗操作：與實驗(一)類同，唯甲、乙錐形瓶中分置等量同種類之萌芽種子，U形管一端觀察液面滴加厚約 0.8 公分的沙拉油，一端不滴加，裝置妥當後即進行觀察。

實驗(二)結果與討論：

就萌芽綠豆呼吸作用之探討而言，前三天的觀察，右管無覆蓋沙拉油的液面先上升了近 2 公分，其後再微降，終降至 0.5 公分高，且瓶內幼根的長度較左瓶中之幼根長度長些；第五日，在左管沙拉油與石灰水之界面下出現一白色層膜且帶有白色懸垂之絲狀物，瓶中之萌芽種子除幼根短小外且子葉呈現黃色。相對的，右瓶中萌芽種子的幼根較長且部份呈現綠色，子葉也開始綠化，此時U形管中的液面約高出 0.8 公分；第七日，右瓶中幼苗的根部已出現明顯可見的支側根，而左瓶萌芽種子生長的情況並無多大變化；第十二日，右瓶中已長出幼苗，然部份右根或子葉開始長黴。而左瓶萌芽種子却依然故我，與第七日的情形相差無幾，且瓶內沒有長黴；第十七日，但見左瓶萌芽種子的幼根部份出現小水珠，其餘的狀況則與原先一樣。而右瓶中已有二棵較高大的幼苗出現，其餘幼苗部份已被黴菌覆蓋著；第二十六日，左瓶除幼根稍長長外，其情況亦無多大變化，萌芽種子也沒長黴。右瓶除二棵挺立的幼苗外，其餘的幾乎長滿了黴菌。

在連續二十六天的觀察當中，發現同是萌芽的種子，有的却能變化萬千地成長不已，有的却好像困難重重似地成長緩慢。究其原因，左瓶萌芽種子在成長的幼期，呼吸作用所釋出的氣體粒子有機會透過密度較小的沙拉油層面之空隙，被石灰水捕捉住。經過一段時間，因 CaCO_3 與沙拉油在界面上形成一層白色膜狀物，封閉了 CO_2 粒子進出的通路，其後陸續釋放出的 CO_2 ，可能就會被反彈回到左瓶的氣相中，漸漸地 CO_2 的濃度愈來愈高，生長的遲緩就是對這種刺激的最好反應；右瓶萌芽種子呼吸作用釋出的氣體則大部份被石灰水捕捉，因此瓶內氣相中只存有少量的 CO_2 ，可能因此而有利於幼苗的成長，不過却也供應黴菌有利的生長環境。總之，透過本實驗的觀察與探討，可以獲知萌芽種子在含有多量的 CO_2 環境之下，呼吸作用會變得緩慢些，同時生長的步伐也隨之放慢了下來，一切都在自

行調整以適應環境，維持生命。這種現象與解說是否可以應用到“二氧化碳保鮮的方法”，就有待更進一步的研究與探討。

實驗(三)：種子活力測定之探討

實驗操作：(一)與實驗(一)類同，唯裝置略加調整，錐形瓶改用帶有支管的。(二)甲瓶中放置經浸水處理的種子，乙瓶中不放置(空瓶)。U形管中盛入適量的石灰水。(三)取點滴用之透明軟管一條，於軟管中點處注入長約2公分的指示劑溶液，針孔以凡士林封住並包上透明膠帶。(四)將透明軟管之兩端分別與兩支錐形瓶的支管連接好，於管內水柱兩端劃線標記，檢查裝置是否漏氣。(五)觀察U形管內兩邊液面變化的情形，及透明軟管中水柱移動變化的情形。

實驗(三)結果與討論：

就種子活力測定的實驗觀察，發現良好的(種皮圓滑且飽滿)與次一等的綠豆種子之呼吸作用兩者之間的差異並不大，而兩者與差粒及經熱處理種子之間的比較，確有明顯而不同的差異；具有活力的種子(良好與次一等的)U形管內的液面及軟管中的水柱會上下波動或前後移動，而活力極差或活力遭受破壞的種子則無此現象。究其原因，具活力的種子其生理活動較多，而無活力或活力極差的種子則無生理活動或甚少活動。透過本實驗裝置中的U形部份(譬如心臟)及細軟管部份(譬如脈動)雖可比較出種子的活力來，然尚需更進一步的設計、研究與探討。

實驗(四)：酵母菌

4-1 酵母菌在工作—醱酵(觀察液：石灰水)

4-2 酵母菌在工作—醱酵(觀察液：指示劑溶液)

4-3 酵母菌與污染物

實驗操作：(一)與實驗(一)類同。(二)甲、乙錐形瓶中放置經適當成分組配之溶液(成份：水、葡萄糖、酵母菌、經熱處理之酵母菌、硫酸銅、過錳酸鉀、醋酸鉛等溶液)。

實驗(四)結果與討論：

透過本實驗裝置之密閉系及連通效應的特性，經由石灰水的變色與液面的升降，能更明確的比較出酵母菌在各種不同環境下的工作表現。熱處理使酵母菌喪失工作能力；醱酵產物之一的CO₂，若未能及時移除則不利醱酵；提高溫度有利於醱酵，污染物對醱酵大都不利，然尚須視污染物與酵母菌所處的環境（室內或室外）而定。其他有關影響醱酵的因子則須更進一步的研究與探討。

實驗(五)：根瘤菌

5-1 根瘤菌在工作

5-2 根瘤菌與環境

實驗操作：(一)與實驗(一)類同。(二)甲瓶放置經處理的根瘤，乙瓶空著。或甲、乙錐形瓶分置經適當組配的實驗材料。

實驗(五)結果與討論：

經由根瘤、根、莖、葉、污染處理等的適當組配，透過密閉系與空氣組成分一定的特性，發現根瘤菌在不同的環境下會有不同的工作表現。至於“到底根瘤菌在不同環境之下，會進行什麼樣的工作？”就有待更進一步的研究與探討。

實驗(六)：土壤中的微生物

6-1 好氣與厭氣之菌落

6-2 不同土壤深度中之菌落

實驗操作：(一)與實驗(一)類同。(二)甲瓶放置不同深度的土壤，乙瓶空著。或甲、乙錐形瓶分置不同深度且經適當組配的土壤。

實驗(六)結果與討論：

由U形管內液面上升的結果可以看出愈接近表土的菌落其好氣性愈高；不同土壤深度中之菌落，由於居住環境改變後，會產生不同的反應。至於是什麼樣的反應—固氮、脫氮、氧化、還原作用等？就有待更進一步的研究與探討。

實驗(七)：光合作用與呼吸作用之比較

7-1 植物光合作用與呼吸作用之比較

7-2 同種植物、同一器官、不同組織光合作用之比較

7-3 同種植物、不同齡期（或不同器官）光合作用之比較。

7-4 環境污染與光合作用

實驗操作：(一)與實驗(一)類同。(二)7-1 一只錐形瓶包裹上鋁箔以隔絕光照。(三)7-2、7-3、7-4 之甲、乙錐形瓶分置適當組配之實驗材料。

實驗(七)結果與討論：

在弱光下，菊科植物與水蘊草，其光合作用與呼吸作用並無差異。在強日照下，陸生植物光合作用特別明顯，而水生植物則較不明顯，可能是水生植物光合作用時所釋放出的氧，有部份溶於水中之故，同一器官、不同組織或不同齡期之植物器官，其光合作用之強弱各有差異，此乃生物體內分工合作的一種表徵；在日照下，鉛、銅污染物阻礙了杜鵑與馬櫻丹光合作用的進行。總之，透過呼吸作用與光合作用的分析與比較，發現當環境遭到污染時，對生產者—綠色植物是害多而利少。

實驗(八)：生物與環境

8-1 植物與動物間依存性之探討

8-2 氧的供應者與接受者

實驗操作：(一)8-1 之操作與實驗(一)類同；8-2 之操作與實驗(三)類同。(二)甲瓶放置未污染或受污染的植物，乙瓶放置小動物（泥鰱或小白鼠）。(三)每項實驗之小動物皆經「生存耐力測定」：甲瓶放置動物，乙瓶空置，測定動物在定量的空氣裏所能存活的時間。

實驗(八)結果與討論：

就8-1之實驗觀察而言，因未受污染的植物能正常的進行光合作用，釋放出的氧有一部分會溶入觀察液中，而動物在急需用氧時可能就抽用到溶液中的氧，因而延長了本身的“生存耐力”時間，由此可見植物與動物間的依存性是何等的密切；就8-2實驗而言，當泥鰱在缺氧且急需用氧時，U形管內的液面與軟管中的水柱會產生同步移動的現象：液面及水柱皆朝盛動物的錐形瓶方向移動。此時若植物正在進行光合作用，則小白鼠的鼻孔會朝細軟管管口處進行吸氣的行為表

現，由此更可看出“綠色植物就是氧的供應者，而小白鼠就是氧的接受者的關係來。

五、結 論

透過本研究簡易的實驗裝置與操作，配合適當的實驗材料，從實驗結果當中，可獲得下述幾個觀念：

- (一)科學概念方面：
 - (1)密閉系：本研究之實驗裝置的組合係一密閉狀態，可與外界變動的環境因子（如水、氧之類）暫時隔絕，以利實驗的觀察與探討。
 - (2)恒定性：除生物本身所表現的一些恒定現象外，空氣中氧與氮的組成可維持在一定的比例，亦可視為環境的一種恒定性的理化因子。其他具有一定組成比（或關係）的現象亦屬之。
 - (3)密閉系與恒定系：在密閉系中，只要其組成因子改變，即可產生牽一髮而動全身的效應。經由密閉系與恒定性互動的結果，在本研究的實驗裝置中，可將較抽象的現象轉變成具體而可供觀察的現象。
- (二)實驗結果方面：
 - (1)呼吸作用易於觀察與比較。
 - (2)生物對於自己代謝產物的處理，各有不同的反應：就CO₂而言，移除與未移除對生物就會產生不同程度的影響，尤其是萌芽的綠豆。
 - (3)植物的綠色部份能行光合作用：淺綠與深綠不同色澤的組織，其光合作用的強弱各有不同，互有差異，這種現象就是細胞分工合作的結果。
 - (4)環境污染與生物：透過本實驗的觀察，經由呼吸、光合等作用的分析與比較，發現當環境遭到污染時，對生物來說，是害多而利少，尤其是生產者—綠色植物。因此人類必須善加保育自己居住的環境，否則將來可能會步上恐龍絕跡的後塵。
- (三)檢討與改進方面：透過本實驗裝置的操作與處理，雖然可以將影響實驗結果的變因降低，使得所觀察的現象（或反應）能更接近自然狀態。然其間有關各項實驗的設計、器材的組配等的考量是否合理、完善，就有待更進一步的研究與探討。總之，若能運用密閉系與恒定性兩種概念的組配，將可設計出多種簡易而操作方便的實驗裝置。

六、參考讀物

- (一)國民中學生物上下冊75年1月國立編譯館。
- (二)國民中學理化第一冊74年8月。
- (三)大英科技百科全書74年5月光復書局出版。
- (四)水產微生物學上册65年8月維新書局出版。
- (五)微生物60年7月中央書局出版。
- (六)土壤細菌的生態及分離67年7月幼獅文化公司出版。
- (七)細菌的世界66年11月幼獅文化公司出版。
- (八)台灣常見的野花70、74年4、3月渡假出版社出版。
- (九)最新科學入門75年9月牛頓出版社。

評 語

利用平面U形管內液面壓力差別之改變，來說明生物氣體交換之情形，如呼吸作用、無氧呼吸、固氮作用及光合作用等，非常有創意。尤其是所用的材料，老鼠、種子發芽等都很容易取得，而其裝置又簡便易做，展示時用有色液面之脈動，使觀者很易看到生物之呼吸作用，體會生命現象之真諦，實難能可貴，故給特別獎。