

# 植物也會呼吸一

## 用化學指示劑探討植物的呼吸作用

### 高小組化學科第二名

台北市立河堤國民小學

作者：溫溚皓

指導教師：鄭美雪

## 一、研究動機

三年級時知道水生植物的氣孔特別發達以便呼吸，但是植物會行呼吸作用，只是聽過而已。五上「氧和二氧化碳」單元中，知道人類呼出的氣體——二氧化碳具有使澄清石灰水變混濁的特性，使我想利用實驗來證明植物的呼吸作用，蒐集資料後發現可以用藍色指示劑，於是展開一連串的研究。

## 二、研究目的

本研究的主要目的，是要利用化學指示劑來探討植物的呼吸作用，待答問題如下：

- (一)水生植物能不能使藍色指示劑變成黃色？
- (二)那一種水生植物使藍色指示劑變色的速度最快？
- (三)水生植物的數量不同，會影響藍色指示劑變色所需的時間嗎？
- (四)藍色指示劑濃度不同，會影響指示劑變色所需的時間嗎？
- (五)藍色指示劑容量不同，會影響指示劑變色所需的時間嗎？
- (六)試管中是不是留有空氣的量，會影響指示劑變色所需的時間嗎？

另外，由於植物的呼吸作用使藍色指示劑變色所需時間受很多因素影響，為使實驗更有效率，本研究先進行嚐試性研究部分。

(◎文獻探討省略)

## 三、研究設備與器材

- (一)器材：電子秤、小量杯、試管、滴管、碼錶、黑袋子（箱子）、黏土、酒精燈、三腳架、石棉心網。
- (二)材料：藍色指示劑、標籤、水生植物（浮萍、滿江紅、細水韭、珍珠草、金魚藻、墨絲、水王蓀）

## 四、研究過程與方法

說明：1. 本研究中凡是觀察藍色指示劑變色情形的實驗均先製作比色用試管，以求觀察更客觀。

2. 藍色 B.T.B：指稀釋後之藍色指示劑。

黃色 B.T.B：指經吹氣變成黃色的藍色指示劑。

### (一) 嚐試性研究：

問題一：水生植物泡石灰水能不能存活？

◎將佈滿水面的浮萍、滿江紅及細水韭、珍珠草、金魚藻、墨絲、水王蓀各一株泡在澄清石灰水中觀察並記錄每個量杯裡的水生植物有何變化。

問題二：用那一種濃度的指示劑做實驗最恰當？

◎在 0.5% ~ 4% 八種濃度的藍色指示劑中吹氣，記錄每種濃度的藍色指示劑變成黃色所需的吹氣次數。

問題三：浮水性和沉水性兩類水生植物在何種環境下可以最快使藍色指示劑變色？

◎將珍珠草和浮萍放在不同容量的容器中，分別放在亮與暗兩種環境，觀察並記錄試管中藍色指示劑變色情形。

備註：將藍色指示劑的顏色變化分成藍色、綠色、黃綠色、黃色四種，以便觀察和記錄，以下實驗亦同。

問題四：二氧化碳在不同溫度的溶解量相同嗎？

◎將裝有不同容量黃色 B.T.B 的試管加熱，記錄加蓋和不加蓋時各容量的試管變色的溫度。

問題五：加蓋、不加蓋會影響指示劑變色時間嗎？

◎珍珠草和水王蓀分別放入裝有藍色和黃色 B.T.B 的試管中，比較在黑暗環境中加蓋、不加蓋的試管藍色指示劑變色情形。

### (二) 正式研究：

實驗一：那一種水生植物最快使藍色指示劑變色？

◎在裝有藍色 B.T.B 的試管中放入佈滿水面的浮萍、滿江紅，以及大約等量的細水韭、珍珠草、金魚藻、墨絲、水王蓀等七種水生植物，觀察並記錄藍色指示劑變色的情形。

備註：藍色指示劑的顏色能透光，且放入水生植物會有錯覺以為已經變色，因此觀察時要墊著白紙，觀察試管中無植物的隙縫所看到的顏色，和比色用的試管做比較，才能得到較正確的結果，以下實驗亦同。

實驗二：水生植物的數量不同會影響藍色指示劑變色時間嗎？

◎改用珍珠草 1 到 5 株、水王蓀 1 到 3 株，金魚藻 1 到 3 株做實驗，方法同實驗一。

實驗三：藍色指示劑濃度不同會影響變色時間嗎？

◎用 0.5 % ~ 4 % 八種濃度的藍色指示劑各入 3 株珍珠草做實驗，方法同實驗一，但是製作比色用試管要包含八種濃度。

實驗四：藍色指示劑的容量不同會影響變色時間嗎？

◎ 10 cc、20 cc、30 cc 三種容量的試管各有 1 支放入珍珠草 3 株、另外 1 支放入水王蓀 1 株，用黏土塞住頂端，放入黑箱中，觀察並記錄藍色指示劑變色的情形。

實驗五：是否留下空氣會影響藍色指示劑變色所需的時間嗎？

1. 8 支相同的試管，4 支用黏土各塞住 5 cc、10 cc、15 cc、20 cc 的高度，另外 4 支分別留等量高度的空氣，其餘空間分別裝滿藍色指示劑。
2. 另外 8 支試管以相同的方式裝黃色 B.T.B 進行實驗。
3. 觀察並記錄試管中藍色指示劑變色的情形。

## 五、研究結果

(一) 嚐試性研究：

問題一：水生植物泡石灰水能不能存活？

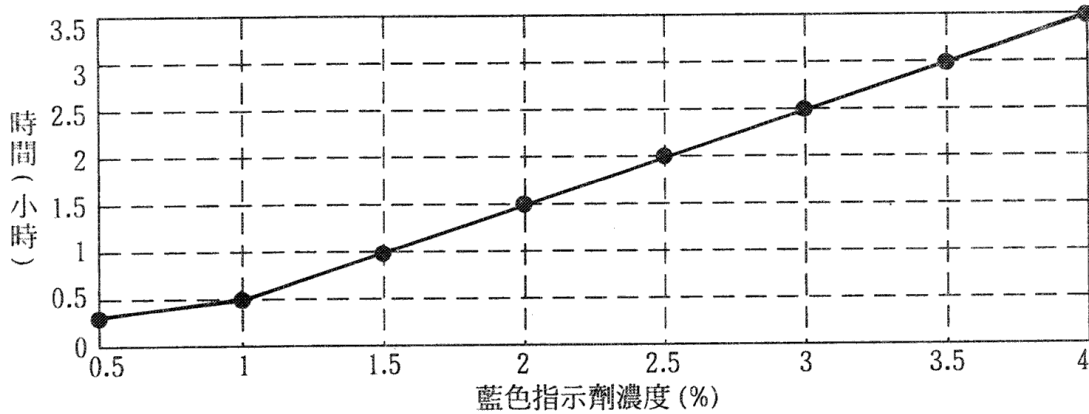
1. 水生植物不適合在石灰水中存活。
2. 水生植物的存活時間長短依序是：

墨絲 > 水王蓀 > 細水韭和珍珠草 > 浮萍、滿江紅和金魚藻〔見表一〕

表一不同植物浸石灰水產生變化時間記錄表

植物種植	改變情形		
	改變時間	開始枯萎	半數枯萎
金魚藻	4.5 小時	第 2 天	第 3 天
珍珠草	4.5 小時	5.5 小時	第 6 天
水王蓀	4.5 小時	6 小時	第 7 天
墨絲	第 7 天	*	*
細水韭	4.5 小時	第 3 天	第 6 天
滿江紅	4.5 小時	5.5 小時	第 3 天
浮萍	4.5 小時	5.5 小時	第 3 天

圖一不同濃度藍色指示劑變色所需吹氣次數變化圖



問題二：用那一種濃度的指示劑做實驗最恰當？

1. 藍色指示劑濃度愈高，則必須吹氣愈多次才會變成黃色〔見圖一〕，但是所變成的黃色也愈深，愈容易觀察。
2. 濃度 2 % 的藍色指示劑所變的黃色既容易觀察，所需吹氣次數又較少。

問題三：浮水性和沉水性兩類水生植物在何種環境下可以最快使藍色指示劑變色？

1. 珍珠草浸在 20 cc 藍色指示劑中，蓋上蓋子，放在黑袋裡，指示劑變色所需時間最短。〔見表三〕

表三兩類水生植物在不同條件下使藍色指示劑變色所需時間記錄表

變色 時間 顏色	植物種類 B.T.B 的量 環境	珍 珠 草						浮 萍						單位： 小時
		20c.c.		30c.c.		50c.c.		20c.c.		30c.c.		50c.c.		
		亮	暗	亮	暗	亮	暗	亮	暗	亮	暗	亮	暗	
藍 色		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
綠 色		1	1	4	1	4	3	4	1	1	1	2	1	
黃綠色		2	2	*	6	*	5	5	*	3	3	7	2	
黃 色		*	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

註：\* 表示觀察 7.5 小時之後藍色指示劑仍未變成該種顏色。

表四藍色指示劑在不同溫度的顏色變化記錄表

變色 溫度 顏色	環境 B.T.B 的量	加 蓋				不 加 蓋			
		5cc	10cc	15cc	20cc	5cc	10cc	15cc	20cc
黃 色		室 溫	室 溫	室 溫	室 溫	室 溫	室 溫	室 溫	室 溫
黃綠色		90	*	*	*	85	90	98	100
綠 色		98	*	*	*	90	99	100	*
藍 色		*	*	*	*	99	100	*	*

單位：℃

註1：\* 表示加熱至 100 度，藍色指示劑仍未變為該種顏色。

問題四：二氧化碳在不同溫度的溶解量相同嗎？

1. 黃色 B.T.B 的量越少，越容易變回藍色。
2. 溫度越高，黃色 B.T.B 的顏色越接近藍色，可見其中二氧化碳的溶解量越少。〔見表四〕

問題五：加蓋、不加蓋會影響指示劑變色時間嗎？

◎不加蓋放在藍色和黃色兩種 B.T.B 中的兩種植物指示劑均比加蓋的早變色。〔見表五〕

表五 植物是否加蓋使藍色指示劑變色所需時間記錄表

變色 時間 顏色	環境 植物種類 顏色	加 蓋				不 加 蓋			
		珍珠草		水王草		水王草		水王蓀	
		藍	黃	藍	黃	藍	黃	藍	黃
藍 色		0	*	0	*	0	*	0	*
綠 色		2	*	1	*	2	11	1	11
黃綠色		4	7	2	5	3	4	2	2
黃 色		6	0	3	0	6	0	2	0

單位：小時

註：\* 表示觀察 11 小時之後藍色指示劑仍未變成該種顏色。

(二)、正式研究：

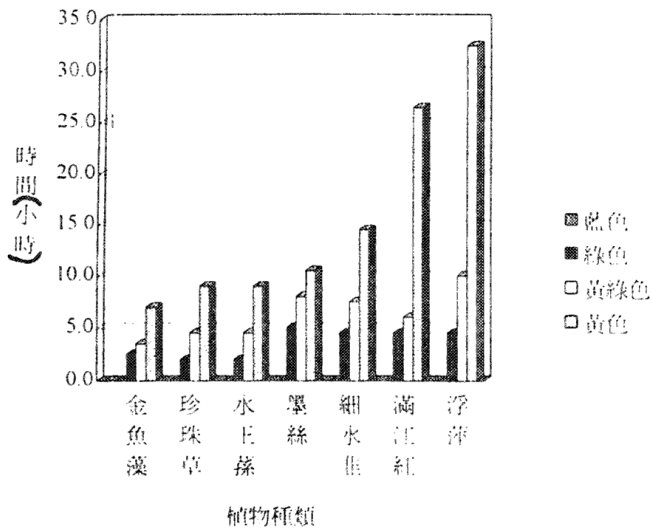
實驗一：那一種水生植物最快使指示劑變色？

◎水生植物變成黃色所需時間依速度排列是

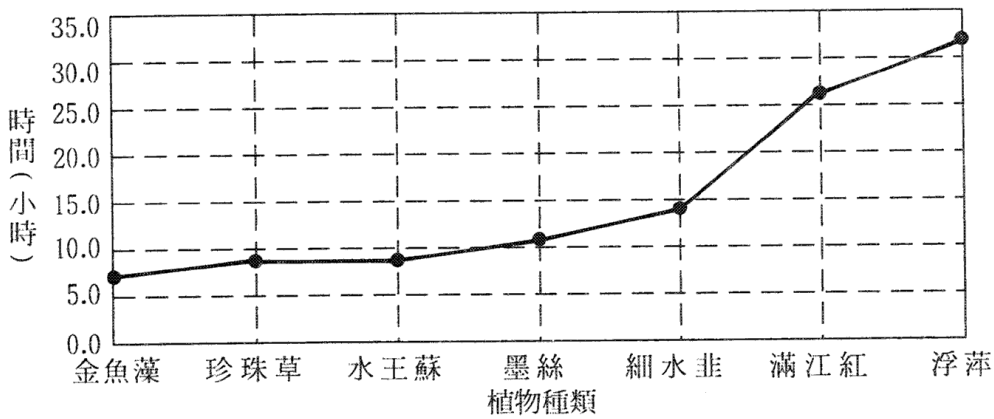
金魚藻 > 珍珠草、水王蓀 > 墨絲 > 細水韭 > 滿江紅 > 浮萍。

〔見圖二、圖三〕

圖二 不同植物使藍色指示劑變色所需時間變化圖



圖三 不同植物使藍色指示劑變黃色所需時間變化圖



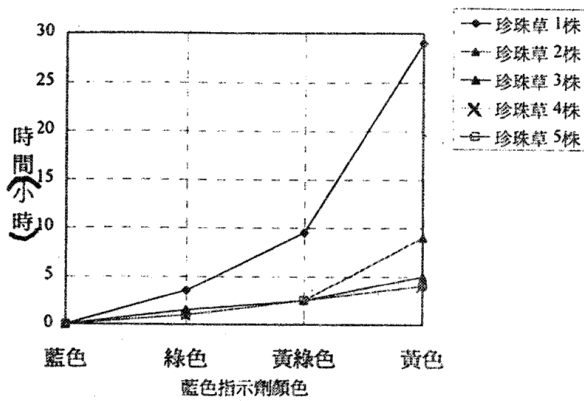
實驗二：水生植物的數量不同會影響藍色指示劑變色時間嗎？

◎指示劑變色所需時間，會隨著水生植物數量增加而減少，但太多之後則影響不大〔見表七及圖四、圖五、圖六〕。

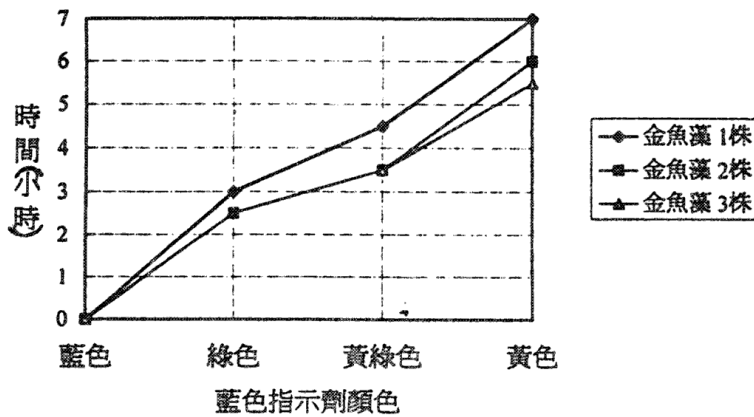
表七 植物的量不同使藍色指示劑變色所需時間記錄表

變色 時間 顏色	植物種類	珍珠草					金草藻			水王藻			單位：小時
	植物種類	1株	2株	3株	4株	5株	1株	2株	3株	1株	2株	3株	
	藍色	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
綠色		3.5	1.5	1.5	1	1	3	2.5	2.5	2.5	2	2	
黃綠色		9.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4.5	3.5	3.5	4.5	3.5	3	
黃色		29	9	5	4	4	7	6	5.5	7.5	6	4.5	

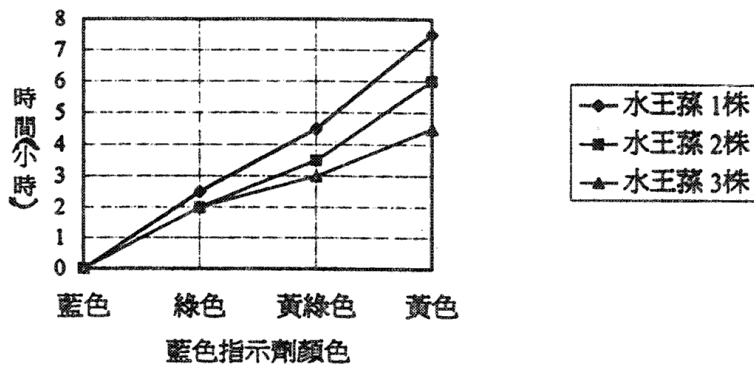
圖四 珍珠草的量不同使藍色指示劑變色所需的時間變化圖



圖五 金魚藻的量不同使藍色指示劑變色所需時間變化圖



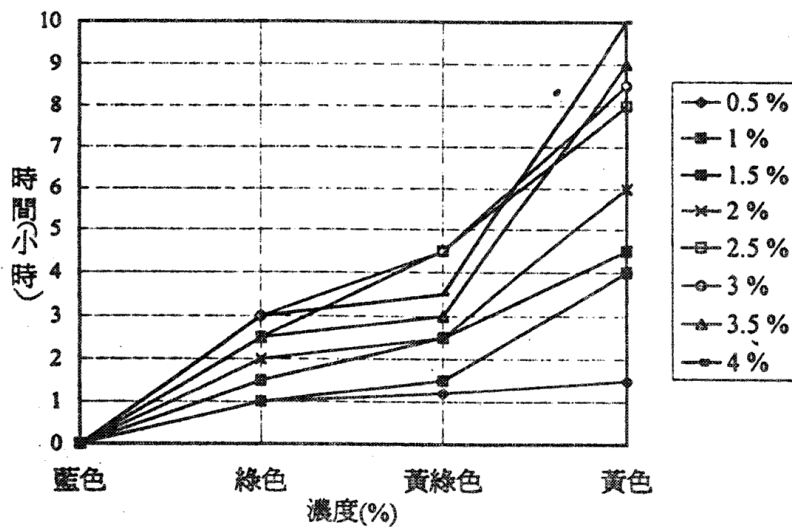
圖六 水王蓀的量不同使藍色指示劑變色所需時間變化圖



實驗三：指示劑濃度不同會影響變色時間嗎？

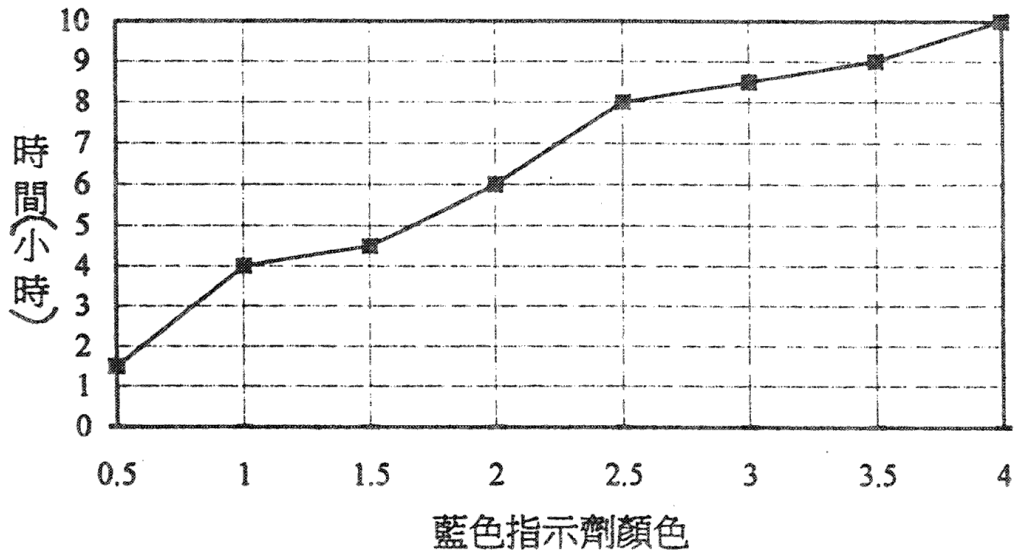
①藍色指示劑的濃度愈高，變成的黃色也愈濃，變色所需的時間愈長〔見圖七、圖八〕

圖七 不同濃度的藍色指示劑變色所需時間變化圖





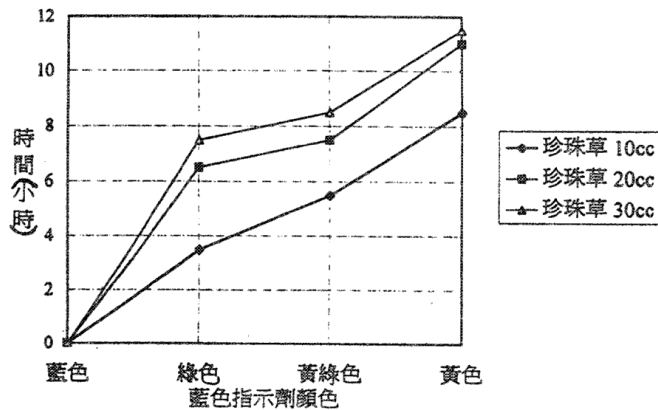
圖八 不同濃度的藍色指示劑變黃色所需時間變化圖



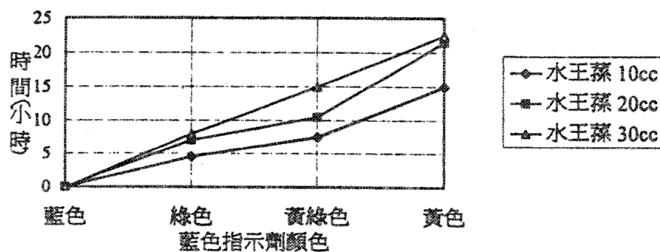
實驗四：指示劑的容量不同會影響變色時間嗎？

◎指示劑變色所需時間會隨容量的增加而增加〔見圖九、圖十〕。

圖九 珍珠草在不同容量的藍色指示劑中變色所需時間變化圖



圖十 水王蓀在不同容量的藍色指示劑中變色所需時間變化圖



實驗五：是否留下空氣會影響藍色指示劑變色所需的時間嗎？

1. 裝藍色 B.T.B 的試管三天仍沒變色。
2. 裝黃色 B.T.B 有留空氣的試管在實驗後 5 小時，空氣量 15 cc 和 20 cc 高

度的已開始變色，但是到第三天仍然不是變化很大〔見表十〕。

表十 留不留空氣藍色指示劑變色所需時間記錄表

變色 時間 顏色	環境	留 空 氣				不 留 空 氣				單位： 小時
	空氣高度	5cc	10cc	15cc	20cc	5cc	10cc	15cc	20cc	
黃 色		0	0	0	0	0	0	0	0	
黃綠色		15.5	13.5	5	5	*	*	*	*	
綠 色		*	*	*	*	*	*	*	*	
藍 色		*	*	*	*	*	*	*	*	

註1：\*表示觀察三天之後，藍色指示劑仍未變為該種顏色。

註2：不留空氣表示用黏土塞住剩下的空間。

## 六、討論

1. 水生植物泡在石灰水中，雖然會產生白色沉澱，能證實植物會行呼吸作用產生二氧化碳，但是量並不多，不易比較。
2. 水生植物放在藍色指示劑裡會有錯覺，以為指示劑已經變色，所以觀察時要特別注意。
3. 水王蓀和金魚藻有生長端和底端，用帶有生長端的水草和未帶有生長端的水草做實驗，可能會有不同的實驗結果。
4. 實驗時盡量不要讓其他物質跑進試管裡，同時有雜質的藍色指示劑要先過濾再稀釋，以免影響觀察及實驗反應時間。
5. 口徑較小的試管，藍色指示劑的容量少，可以縮短實驗時間，但是植物的數量會因此而受限制，是造成實驗一滿江紅和浮萍最慢變色主因，所以兩種因素都要考慮。
6. 不加蓋的實驗受外來的因素影響會比加蓋的實驗更早看到實驗結果，實驗時應該要加蓋。
7. 本實驗由於發現太多會影響藍色指示劑變色的因素，因此植物的呼吸作用部份僅作了最初步的研究，計畫再用光學比色計進一步測量指示劑中二氧化碳含量，對植物的呼吸作用作更深入的研究。

## 七、結論

(一)植物的呼吸作用：用藍色指示劑和澄清的石灰水都可以證實植物也會呼吸，而且水生植物的種類、植物的數量及植物的營養狀況，都會影響指示劑變色時間。

1. 實驗一可以證明植物也會呼吸，水生植物可使藍色指示劑變成黃色，但水生植物的種類不同會影響指示劑變色時間，以及水生植物的營養狀況不同也會影響指示劑變色時間。
2. 實驗二可證明水生植物的數量不同會影響藍色指示劑變色所需的時間，及水生植物量愈多使藍色指示劑變成黃色所需時間愈短。
3. 水生植物泡在石灰水中會產生白色沉澱，可以證實植物會行呼吸作用，產生二氧化碳，但是量並不多，不易比較。
4. 把珍珠草放在 20 cc 的容器中，放進黑袋裡，藍色指示劑變成黃色所需時間較短。同時在選用植物時要注意都有生長端部分，或者全部去掉生長端部分。

(二)藍色指示劑：指示劑的濃度愈濃、指示劑的量愈多，藍色指示劑變成黃色所需時間均愈長，加蓋、不加蓋也會影響藍色指示劑變色所需的時間，留有空氣以及空氣的量則影響不大。

1. 實驗三可證明指示劑的濃度不同會影響藍色指示劑變色所需的時間及指示劑的濃度愈濃，藍色指示劑變成黃色需時間愈長。
  2. 實驗四可證明指示劑的容量不同會影響藍色指示劑變色所需的時間，及指示劑的容量愈多藍色指示劑變成黃色所需時間愈長。
  3. 由問題五的實驗可證明加蓋、不加蓋會影響藍色指示劑變色所需的時間。
  4. 實驗五可證明試管中留有空氣以及空氣的量會影響藍色指示劑變色所需的時間，留的空氣愈多，藍色指示劑變成黃色的需時間愈短，但是因為它的變化很緩慢，所以做實驗時可以忽略。
  5. 濃度 2 % 的藍色指示劑所變的黃色既容易觀察，所需吹氣次數又較少。
- (三)二氧化碳：加蓋、不加蓋和溫度都會影響二氧化碳的溶解量，但是影響不大。

1. 問題四的實驗可證明在不同溫度下，二氧化碳的溶解量會不同，加蓋、不加蓋也會影響二氧化碳的溶解量改變情形，但不加蓋的藍色指示劑最少要到 90 °C 才可變回藍色，加蓋的藍色指示劑在 100 °C 以上都尚未變回藍色，所以影響不太大，不必太注意。

(四)根據本實驗之研究結果，建議在下列條件下進行實驗，以證實植物的呼吸作用。

1. 藍色指示劑濃度 2 % 易觀察、實驗時間短，黃色 B.T.B 不加蓋會變回藍色，可以回收再利用。
2. 藍色指示劑容量愈少愈好，但是要能浸泡植物，且不留空氣。
3. 珍珠草、金魚藻和水王蓀的反應速率都快。
4. 水生植物數量要多，但是太擠則無幫助。
5. 宜在黑暗中進行，以減少光合作用的影響。
6. 條件一至四適用於國小自然五下「光合作用」單元的實驗。

## 八、參考資料及其它

(一)科學展覽優勝作品部份（均由國立臺灣科學館教育館主編出版）

1. 第二十八屆中小學科學展覽優勝作品專輯（民 77）P93-P102
2. 第三十三屆中小學科學展覽優勝作品專輯（民 82）P152-P156
3. 中華民國第一屆至第三十五屆中小學科學展覽目錄（民 84）

(二)國小教材部份（均由國立編譯館主編出版）：

1. 國小自然課本第五冊（民 83）P10-P12
2. 國小自然課本第十冊（民 84）P63-P64
3. 國小自然科教學指第十一冊（民 79）P58

(三)有關書籍部份：

1. 林敬二主編（民 77）水溶液的性質 P8-P11 民統圖書公司
2. 吳寶華主編（民 84）自然科學彩色辭典(三) P88 華視出版
3. 連秀華主編（民 84）幼獅少年百科全書(五) P142-P143 幼獅文化公司
4. 曹國本主編（民 84）簡明化學辭典 P382 五州出版
5. 國小超群自修編輯委員會主編國小超群自修（三上）P25 南一書局出版

## 評語

本研究利用酸鹼指示劑及石灰水證明植物在黑暗中會呼出二氧化碳，同時也探討各種水生植物所呼出二氧化碳速率及各種植物在石灰水中存活情形、本作品顯示作者科學研究相當好，以作者為國小學生能學習利用簡單的化學藥品對植物呼吸做這相當完整的研究且學習利用電腦做數據處理及繪圖確屬不易。