

水蘊草生命的新動力——探討水下立體聲音響之信號對水蘊草光合作用產氧量之影響

國中組生物科第一名

新竹市立光華國民中學

作者：范綱行、楊朝欽
王瑞芬、張 絢
指導教師：張秀徵、張耀瑛

一、研究動機

利用音樂加速乳牛分泌乳汁的計畫，歐美國家正在積極研究。日本先鋒公司也展開音樂催生植物的計畫。PIONEER 日本東北廠研究發現，在高速公路旁的植物特別枝葉茂密是由於往來車輛聲響刺激葉片毛細孔擴張，加速光合作用的結果我們對這項報導很感興趣，想知道聲波對水生植物是否會影響其生長；又看到72年萬中所做有關這方面的實驗，覺得仍有可改進之處，因此著手設計用各種單一頻率的聲波，改變不同的振幅、頻率、波形，經由水下立體聲音響播放，觀察其對水蘊草行光合作用的影響。

二、研究目的

- (一)研究在同一聲波影響下，時間和水蘊草行光合作用產氧量的關係。
- (二)探討不同頻率的聲波對水蘊草行光合作用產氧量的影響。
- (三)探討不同波形的聲波對水蘊草行光合作用產氧量的影響。
- (四)探討不同振幅的聲波對水蘊草行光合作用產氧量的影響。

三、研究設備器材

水蘊草、水族箱(2個)、薊頭漏斗(4支)、鐵架(4個)、廣用夾(4個)、溫度計(2支)、植物燈(FL 20 BR/18)(2個)、SH-02 水下立體聲音響(頻響100-10000赫)、信號產生器、放大器、示波器、自動式加溫器、貝殼石(CaCO_3)、厚保麗龍、長板桌、黑布、天平。

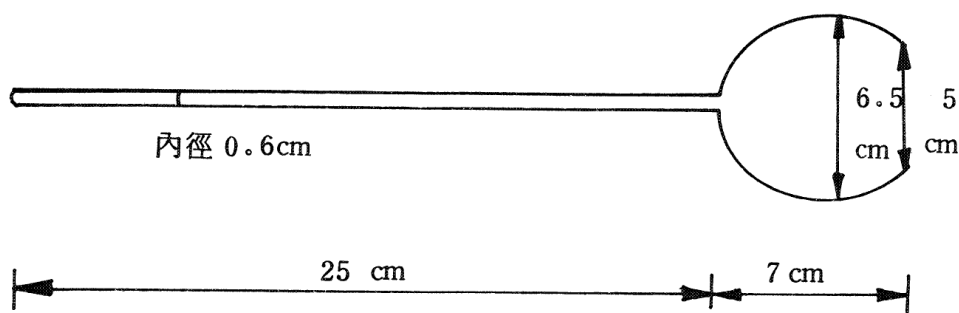
四、研究過程

我們爲了探討聲波究竟對水蘊草的光合作用造成了多少影響；而改變聲波的頻率、波形、振幅，又會如何？於是我們設計了以下實驗，希望能更深入了解聲

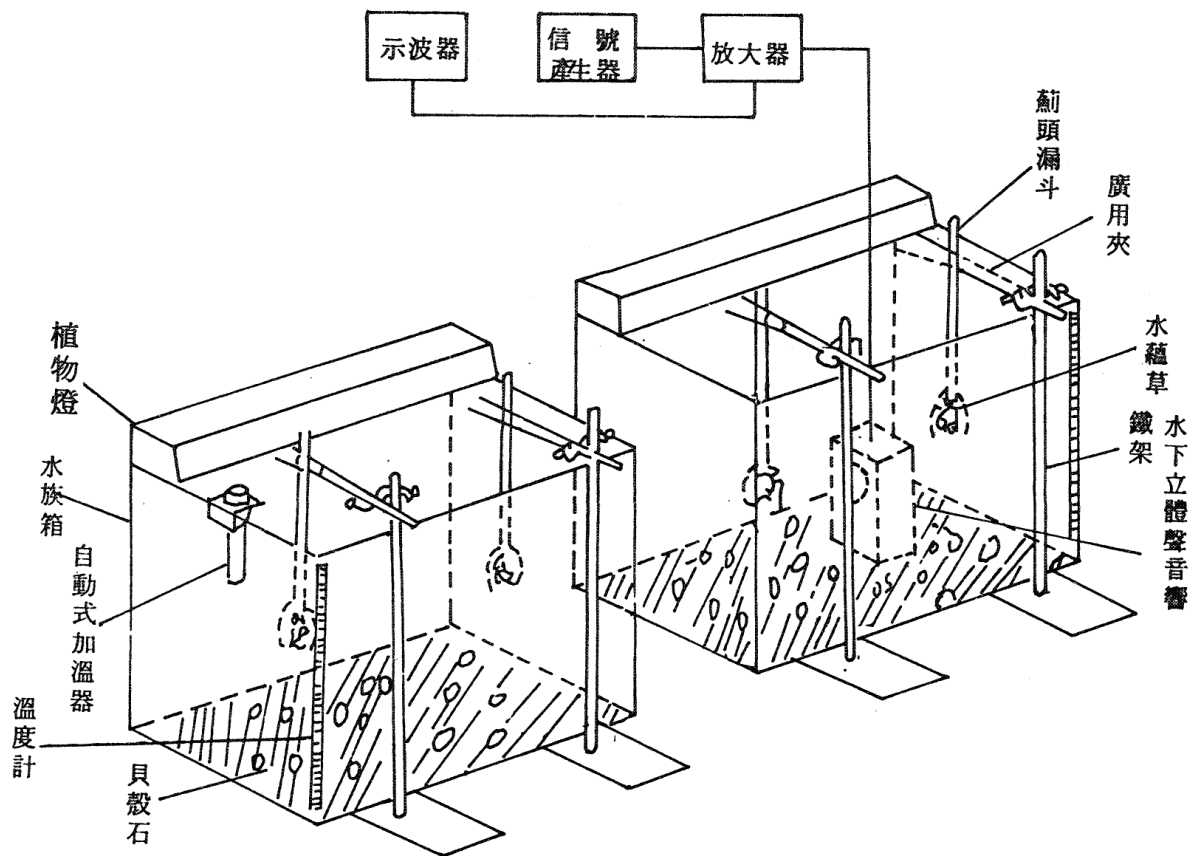
波和水蘊草光合作用的關係。

※〔實驗一〕在同一聲波影響下，時間和水蘊草光合作用產氧量的關係是否成正比？

- 〔實驗步驟〕
- ①取二大小相同的水族箱，並排放在牆壁邊（但不與壁接觸），中間以厚保麗龍隔開。
 - ②各在二水族箱底部鋪滿約一公分厚的貝殼石（ CaCO_3 ），並注水至九分滿。
 - ③取四支薊頭漏斗，頂端封閉。分別裝滿水後，各倒插二支於二水族箱內，並以鐵架、廣用夾固定。
 - ④秤取四株濕重量相等的水蘊草，分別裝入各薊頭漏斗。
 - ⑤置二支相同植物燈於二水族箱上，使其照明。
 - ⑥置一水下立體聲音響於一水族箱內為實驗組，並調整音響至二薊頭漏斗等距離，約8.5 cm。另一水族箱為對照組。
 - ⑦水下立體聲音響接通放大器、信號產生器、示波器，調整波形為 \sim ，頻率為20 k 1/秒（註：下列實驗頻率以1 /秒為單位），使水下立體聲音響在水中發聲。
 - ⑧在二水族箱上置一長板桌，四周圍以黑布幔以遮蔽光線。
 - ⑨置一自動式加溫器於對照組，調節水溫使與實驗組相等。
 - ⑩每2小時記錄一次氧量及水溫，共10小時（上午8時～下午6時）。
 - ⑪更換水、水蘊草，分別調整頻率為10 k、5 k、1 k、0.1k，波形、振幅不變，重覆步驟①～⑩。



薊頭漏斗設計規格



實驗配置圖 (省略厚保麗龍、黑布幔、長板桌)

※〔實驗二〕不同頻率的聲波，對光合作用產氧量是否有不同的影響？

〔實驗步驟〕①同實驗一步驟①～⑨。

②18小時後，記錄氧量及水溫。

③更換水、水蘊草，分別調整頻率為10 k、5 k、1 k、0.1 k，
波形、振幅不變，重覆步驟①②。

※〔實驗三〕不同波形的聲波，對光合作用產氧量是否有不同的影響？

〔實驗步驟〕①調整頻率為5 k，波形為 \sim ，同實驗一步驟①～⑨。

②18小時後，記錄氧量及水溫。

③更換水、水蘊草，分別調整波形為 \wedge 、 \sqcup ，但頻率、振幅不變，
重覆步驟①②。

※〔實驗四〕不同振幅的聲波，對光合作用產氧量是否有不同的影響？

〔實驗步驟〕①先使用示波器測定出聲波的振幅。

②調整頻率為 5 K，波形為, 同實驗一步驟①~⑨。

③18小時後，記錄氧量及水溫。

④更換水、水蘊草，改變聲波的振幅，但波形、頻率不變，重覆步驟①②③。

五、研究過程討論

我們在著手研究之初，曾嘗試了不少錯誤，以下是我們在實驗過程中得到的一些心得：

(一)在實驗一步驟①中，使用厚保麗龍隔開二水族箱的目的，是爲了避免實驗組聲波影響到對照組。

(二)在實驗一步驟②中，利用水的微酸性使貝殼石緩慢地分解出二氧化碳，促進光合作用的進行。

(三)在實驗一步驟⑤⑧中，使用植物燈做爲光照而不採用日光（自然光），是因爲二水族箱放在不同位置，同一時間所接受的日光量並不相同，會造成很大的實驗誤差。


(四)在實驗一步驟⑥⑦中，使聲波直接由水中產生，而不由空氣傳入水中的目的，是因爲聲波由空氣傳入水中，振幅會驟減，使能量減弱很多；又若將原在空氣中使用的喇叭放在水中發聲，其聲波性質會完全改變，所以採用水下立體聲音響直接在水中發聲。

(五)在實驗一步驟⑨中，因爲實驗組會因水下立體聲音響產生的能量而升高溫度，所以將自動式加溫器置於對照組，調整水溫使與實驗組相同。

(六)在實驗一步驟⑥中，將裝有水蘊草的薊頭漏斗置於水下立體聲音響左右約 8.5 cm處，是因爲水下立體聲音響在水中發聲時，在其周圍有小氣泡不斷往上升，爲了減少收集氧量的誤差，放置水蘊草需遠離氣泡產生的範圍。

六、實驗結果及討論

〔實驗一〕結果如下：

(一)聲波波形  頻率 20.0K，振幅 21單位；水蘊草濕重量 1.1gw

時 間 (小時)	水 溫 (°C)	產 氧 量					
		實 驗 組			對 照 組		
		1 (cm)	2 (cm)	平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	平均值 (cm)
0	15.7	0	0	0	0	0	0
2	16.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
4	16.0	0.3	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2
6	16.2	0.7	0.9	0.8	0.2	0.3	0.3
8	16.8	1.0	1.4	1.2	0.3	0.5	0.4
10	16.6	1.5	2.1	1.8	0.5	0.6	0.6

(註：(1)因示波器並未註明振幅單位，所以以示波器上指示的刻度為標準；(2)產氧量僅以薊頭漏斗管柱高度表示。)

(二)聲波波形 ，頻率 10.0 K，振幅 21單位；水蘊草濕重量 1.6 gw

時 間 (小時)	水 溫 (°C)	產 氧 量					
		實 驗 組			對 照 組		
		1 (cm)	2 (cm)	平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	平均值 (cm)
0	18.1	0	0	0	0	0	0
2	18.6	0.5	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3
4	19.2	0.7	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4
6	19.6	1.1	0.7	0.9	0.6	0.6	0.6
8	20.3	1.4	1.2	1.3	0.7	0.7	0.7
10	20.3	2.0	1.6	1.8	0.8	0.8	0.8

(三) 聲波波形 \sim ，頻率 5.0 k，振幅 21 單位；水蘊草濕重量 1.8 gw

時 間 (小時)	水 溫 (°C)	產 氧 量					
		實 驗 組			對 照 組		
		1 (cm)	2 (cm)	平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	平均值 (cm)
0	15.7	0	0	0	0	0	0
2	16.0	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1
4	16.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2
6	16.7	0.6	0.8	0.7	0.3	0.3	0.3
8	16.8	1.1	1.3	1.2	0.4	0.6	0.5
10	16.6	1.5	1.6	1.6	0.6	0.8	0.7

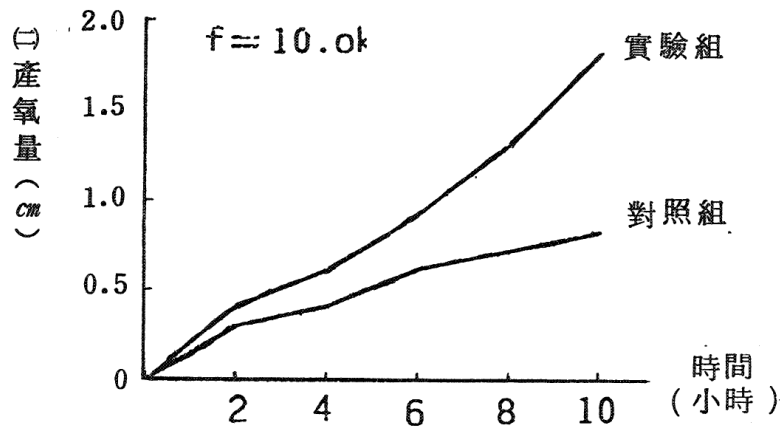
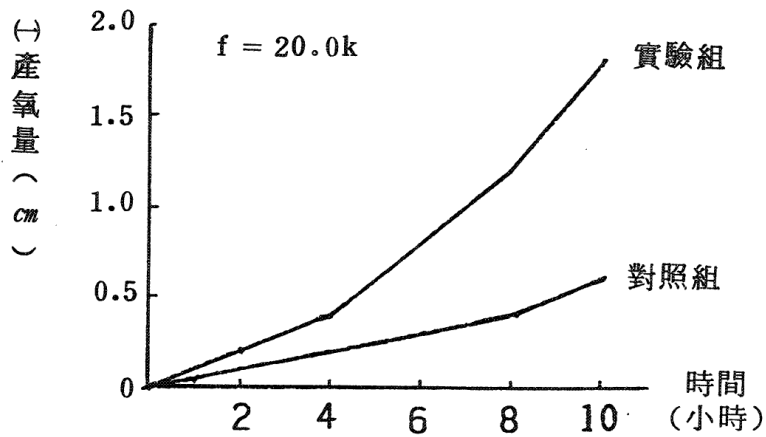
(四) 聲波波形 \sim ，頻率 1.0 k，振幅 21 單位；水蘊草濕重量 1.7 gw

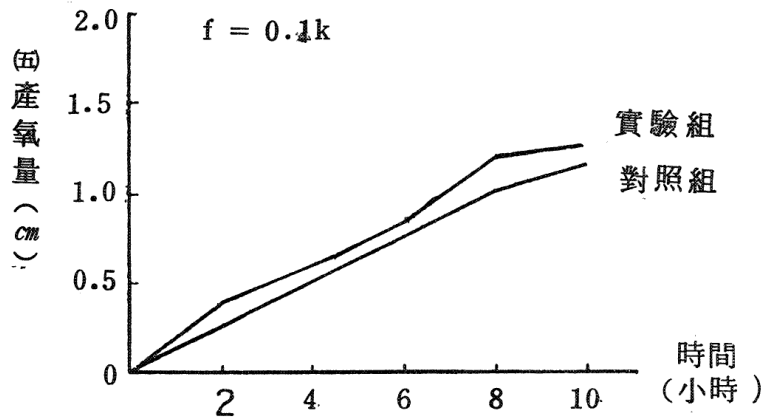
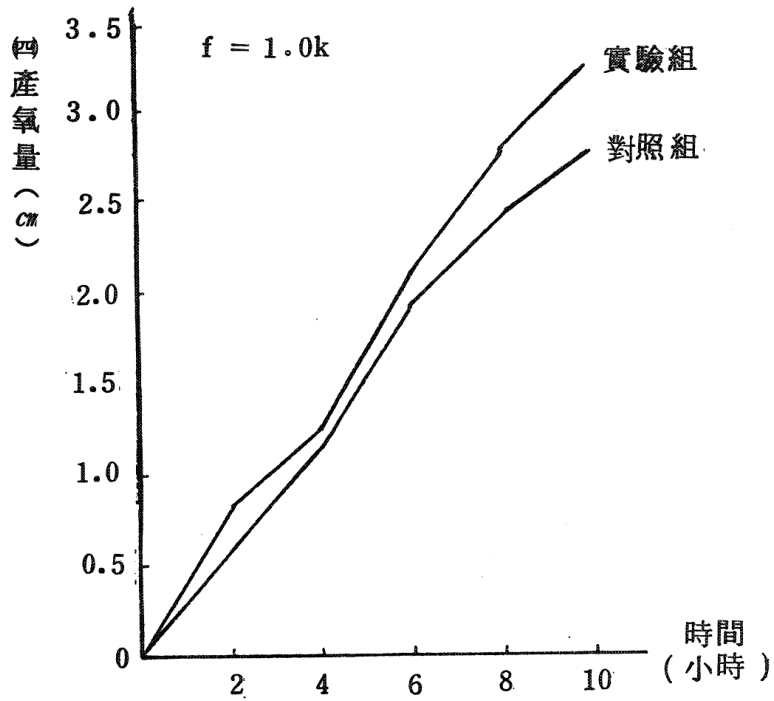
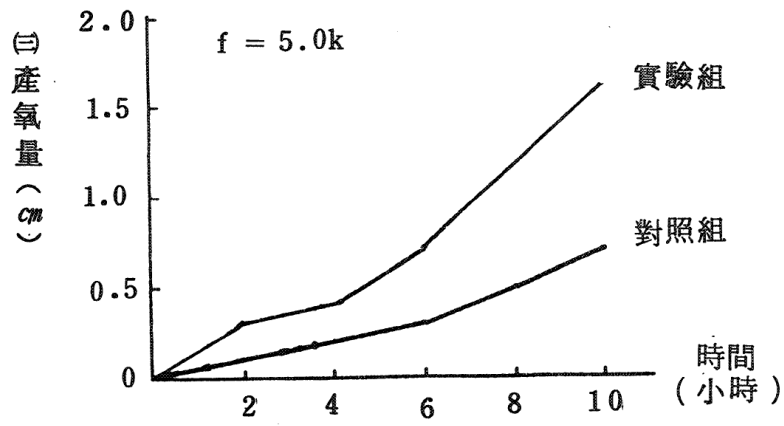
時 間 (小時)	水 溫 (°C)	產 氧 量					
		實 驗 組			對 照 組		
		1 (cm)	2 (cm)	平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	平均值 (cm)
0	17.2	0	0	0	0	0	0
2	17.2	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6
4	17.8	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2
6	18.8	2.2	2.0	2.1	1.7	2.0	1.9
8	18.9	2.8	2.6	2.7	2.3	2.4	2.4
10	19.3	3.5	3.1	3.3	2.8	2.6	2.7

(五)聲波波形 \sim ，頻率 0.1 k，振幅 2l 單位；水蘊草濕重量 0.7 gw

時間 (小時)	水溫 ($^{\circ}$ C)	產 氧 量					
		實 驗 組			對 照 組		
		1 (cm)	2 (cm)	平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	平均值 (cm)
0	16.1	0	0	0	0	0	0
2	16.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.3
4	17.0	0.5	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5
6	17.6	0.6	1.0	0.8	0.8	0.6	0.7
8	18.3	1.0	1.3	1.2	1.1	0.9	1.0
10	18.1	1.2	1.4	1.3	1.4	1.0	1.2

製成圖表如下：





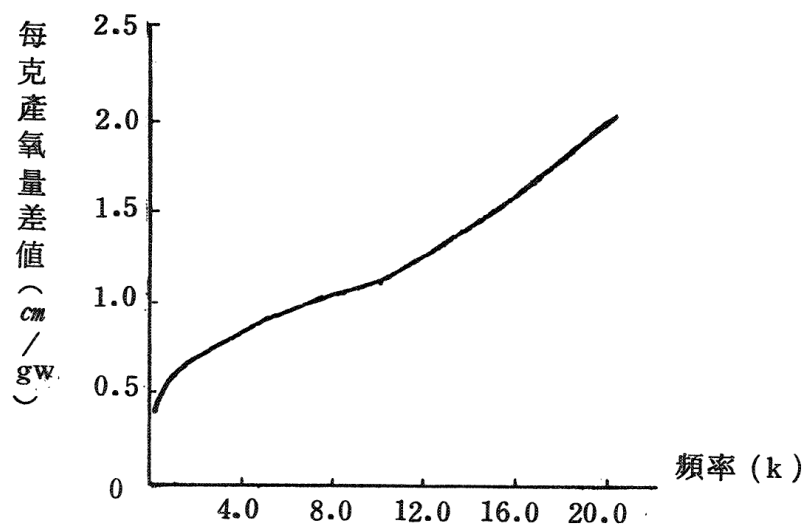
討論：

- 1.此實驗在白天操作，而水溫會隨室溫而改變，且改變幅度並不大。由表中的數據看來，在0~8小時，水溫略為增加，8~10小時又略為下降，但水蘊草產氧量卻一直持續增加，所以在小幅度的溫差範圍內，影響水蘊草的光合作用並不大。
- 2.由於聲波是外在刺激，所以水蘊草在初期並不能完全接受聲波所提供的能量，促進光合作用的程度較弱，後期則較為明顯。
- 3.雖然水下立體聲音響適用的頻率範圍為100~1000赫，但我們想知道人耳所能聽到的最高頻率20 k對水蘊草是否有不同的結果，所以仍著手實驗。我們發現實驗結果所得的圖形與其它頻率的相近，且音響並未因頻率過高而損壞，故仍列入我們的討論。

〔實驗二〕結果如下：

聲波 頻率 (K)	水蘊草 濕重量 w(gw)	水溫 (°C)	產 氧 量						每克產氧 量 差 值 A-B/w (cm/gw)
			實 驗 組			對 照 組			
			1 (cm)	2 (cm)	A 平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	B 平均值 (cm)	
0.1	1.7	18.3	1.9	2.2	2.1	1.5	1.5	1.5	0.4
1.0	1.1	18.6	2.9	2.8	2.9	2.1	2.2	2.2	0.6
5.0	1.0	18.0	2.3	2.6	2.5	1.4	1.7	1.6	0.9
10.0	1.0	18.2	3.0	2.8	2.9	1.8	1.8	1.8	1.1
20.0	1.0	18.5	3.5	3.2	3.4	1.4	1.3	1.4	2.0

製成圖表如下：



因為每次實驗對照組所得的數據不盡相同，所以我們以實驗和對照組每克產量的差值來討論。製成圖表如右上：

討論：

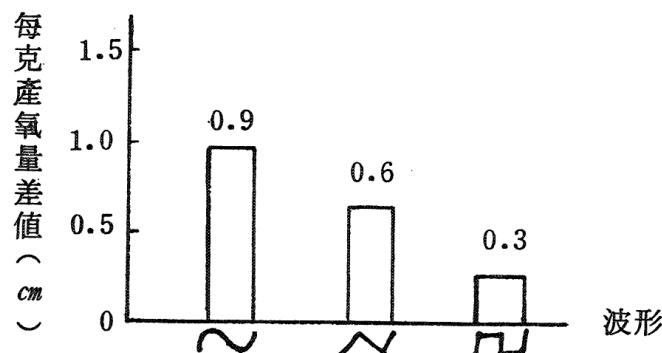
1. 聲波波形、振幅一定，在 0.1 k~20.0 k 的頻率範圍內皆能促進水蘊草的興光合作用。且影響水蘊草的聲波頻率愈高，水蘊草光合作用產氧量愈多。
2. 由 1. 可佑聲波頻率愈高，所提供的能量愈多，愈能促進其光合作用。

〔實驗三〕結果如下：

聲波頻率 5K，振幅 21 單位；時間 18 小時

聲波 波形	水蘊草 濕重量 w(gw)	水溫 (°C)	產 氧 量						每克產氧 量 差 值 A-B/w (cm/gw)
			實 驗 組			對 照 組			
			1 (cm)	2 (cm)	A 平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	B 平均值 (cm)	
~	1.0	18.0	2.3	2.6	2.5	1.4	1.7	1.6	0.9
~	1.4	17.6	2.2	2.9	2.6	1.9	1.7	1.8	0.6
~	1.2	17.4	2.5	2.2	2.4	1.9	2.1	2.0	0.3

製成圖表如下：



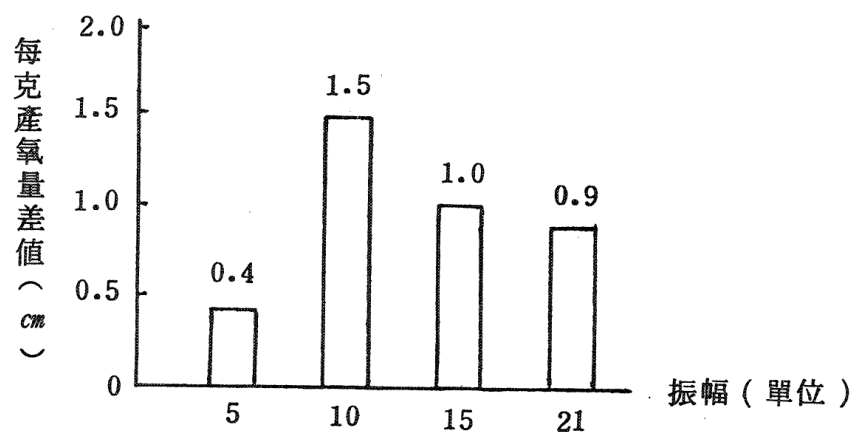
討論：波形~的聲波能量起伏最緩和，波形~則起伏較大，波形~能量落差最大，起伏最大。所以波形~的聲波最能被水蘊草接受，產氧量最多，波形~次之，波形~最後。

〔實驗四〕結果如下：

聲波波形 \sim ，頻率5K；時間18小時〔振幅強弱：21>15>10>5（單位）〕

聲 波 振 幅 (單位)	水蘊草 濕重量 w(gw)	水溫 (°C)	產 氧			量			每克產氧 量 差 值 A-B/w (cm/gw)
			實 驗 組			對 照 組			
			1 (cm)	2 (cm)	A 平均值 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	B 平均值 (cm)	
5	2.0	17.9	2.7	3.0	2.9	2.2	2.2	2.2	0.4
10	1.3	16.9	3.0	2.9	3.0	0.9	1.3	1.1	1.5
15	1.5	16.9	3.1	3.3	3.2	1.8	1.6	1.7	1.0
21	1.0	18.0	2.3	2.6	2.5	1.4	1.7	1.6	0.9




製成表如下：




討論：聲波波形、頻率不變，振幅10單位的聲波促進水蘊草光合作用的程度最明顯，振幅5單位最弱，21單位較15單位促進的程度弱些。所以我們知道水蘊草所能接受的能量有一定範圍。

七、結論

- (一) 濕重量相等的水蘊草，在同一種聲波影響下，其光合作用產氧量隨時間增長而增加，且略成正比。
- (二) 濕重量相等的水蘊草，在頻率0.1 k~20.0 k 範圍的聲波影響下，其頻率愈高（波形、振幅不變），愈能促進水蘊草的光合作用。

(三)濕重量相等的水蘊草，在波形不同的聲波影響下（頻率、振幅不變），促進水蘊草光合作用的效果亦不同。其效果由優至劣依序為：波形 > 波形 > 波形。

(四)濕重量相等的水蘊草，所能接受聲波的能量有一定範圍。在波形、頻率 5k，振幅 5、10、15、21單位的聲波影響下，以振幅在 10單位促進水蘊草光合作用的效果最好；振幅 5 單位，其效果最弱。

(五)由以上的實驗，我們發現：在各種聲波的刺激下，都能促進水蘊草的光合作用；換句話說，就是促進水蘊草的生長。這些實驗只是一小步，我們希望能藉此拋磚引玉，推廣聲波的應用範圍，使植物增加了一項生命的新動力。

八、參考資料

(一)國中理化第三冊，國立編譯館。P12 ~ P23

(二)易希道編著 1966年，植物生理學，正中書局。P227~ P268

(三)易希道等編著 1976年，普通植物學，環球書局。P159~ P179

(四)1985年大英科技百科全書，光復書局，第十三冊。P182~ P191

(五)中華民國第 23屆中小學科學展覽優勝作品專輯。 P118 ~ P129

聲波對植物光合作用的效應，臺北市立萬華國中。作者：劉克森等；指導教師：胡秀鳳、張美玉)

九、致謝

在此特別感謝目前服務於工研院之本校校友陳興先生，在提供研究器材方面鼎力協助，使本實驗能順利進行。

評語

運用水中立體聲音響產生特定聲波，探討音響對水蘊草光合作用的影響，以產生氧氣氣泡量定量，實驗設計頗具創意，實驗過程合理，數據收集處理方法均正確表達方式亦符合一般論文寫作原則。實驗結果發現聲波確實可刺激水蘊草光合作用，促進其產氧量。