

臺東縣第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學組

組 別：國小組

作品名稱：台東的山為何夏季山頂常會聚雲而海面上卻沒有的

原因之探討~~~不識廬山真面目 只因蒸散拉力中

關 鍵 詞：蒸散作用、拉力、壓力差

編 號：



名稱：台東的山為何夏季山頂常會聚雲 而海面上卻沒有 的原因之探討~~~不識廬山真面目 只因蒸散拉力中

摘要

從小在台東長大，常常看見海面晴空萬里無雲，而相對海的另一邊卻是白雲盤踞山頭久久不散，便引發研究動機；透過學校所學的植物行光合作用時會產生「蒸散作用」原理來進行水蒸氣蒸散所產生的拉力作用為研究理論，再針對不同陸生與水生植物相對照的方式來取的研究數據。

研究的目的是希望能藉由此次的實驗結果能驗證水蒸氣與植物行光合作用所產生的拉力兩者之間的關係，再依據相關理論如:光合作用、蒸散作用、拉力現象及雲朵形成條件及氣象學等相關資料，並分析並用，找出山頂聚雲的原因。

得到以下結論:

1. 用室內植物行光合作用產生拉力，讓水蒸氣散作用遠遠大於光照水面的蒸散作用達，印證山頂聚雲的有利基本條件，就是來自植物的光合作用貢獻出來的。
2. 雲霧形成的條件，除了水氣的供應之外，跟溫度變化、氣壓變化等都有絕對相關，甚至其他更複雜的氣流、氣象科學等問題。光合作用旺盛，所產生的拉力蒸散出更多的水蒸氣往山頂上跑，如此的循環，因此我們大膽的推論夏季山頂上常聚有雲霧的現象，隨著山勢的增高產生降壓、降溫的有利條件外，真正的幕後靈魂主角是佈滿整座山的綠色植被。

壹、前言

一、研究動機：

從小在台東長大，常常看見看見太平洋海面上常常是晴空萬里(圖 1、圖 2)，只有在盡頭處才有一整列的白雲飄動，然而在陸地上，只有山頂周圍的天空常常是白雲籠罩、一直盤踞山頂不散(圖 3、圖 4)。這讓我興起研究的念頭，想瞭解大家習以為常的「山上總是雲霧繚繞的自然現象」真正的原因為何？



圖 1 海面晴空萬里無雲



圖 2 海面晴空萬里無雲



圖 3 山頂白雲盤踞



圖 4 山頂白雲盤踞

因為四、五年級自然課本教過水的三態也教過植物行光合作用時會產生「蒸散作用」，光合作用愈旺盛，蒸散作用所產生的「拉力」就愈大，這樣才有足夠的水分從根部被送往莖部再送往每片葉片中進行葡萄糖的合成作用，而多餘的水蒸氣則蒸散到空氣中了。

自然課本更教過我們人造雲的原理和實驗，讓我聯想到這一切好像可以來解釋，山上常有雲氣聚集的合理性。

二、研究目的：

- (一) 搜集國小自然課本有關光合作用、蒸散作用、拉力現象及雲朵形成條件及氣象學等相關資料，並分析應用，找出山頂聚雲(形成雲霧)的原因。
- (二) 設計實驗：設計水耕植物，可以進行光合作用並產生拉力現象，以觀察每日水分蒸散的體積。
- (三) 找到合適的植物光合作用的光源及水分蒸散計量的方法。
- (四) 找到合適的(水耕)光合作用植物進行觀測。
- (五) 綜合上述各項研究結果，再搭配氣象學文獻、論點來提出合理解釋。

貳、研究設備及器材：

- 一、設備：照明設備：200W 鎢絲燈泡、燈座、延長線。
- 二、器材：大魚缸(60x30x40cm)x2、中魚缸(45x27x30cm)x2、量杯、長尺
- 三、植栽：空心菜、芹菜、及適量植物營養劑

參、研究過程或方法：

- 一、設計可以「量化」光合作用植物所蒸散的水量：

一般植物都是種在泥土中，所以想要量化植物在進行光合作用所用掉的水分，便不容易觀察與掌握。為了解決這個問題，我們只能往水生植物或水耕植物方式嘗試。因此我們想到了水族箱，尋找矩形的水族箱來測試，結果居然還不錯。

- 二、尋找合適的光合作用植物：

水生植物雖然也能光合作用，但是在本實驗題目中代表性不足，山上的綠色植物光合作用的蒸散拉力，畢竟與水生植物不一樣，所以我們初步篩選就放棄水生植物當實驗材料。

接下來就只能往陸生植物尋找。陸生植物根著於土中，已經是他們的基本生存模式，我們也學到許多陸生植物的根很怕水，很容易腐爛，最後我們實驗了，地瓜葉、黃金葛、空心菜、芹菜等，只有空心菜跟芹菜的光合作用效果最佳。

- 三、尋找合適的光源(植物照明)設備：

植物光合作用需要人工照明設備，為了確保實驗順利，我們捨棄了室外太陽光的選擇，改以實驗室內單純環境下的人造光源照射。現今市面上已經有太多的植物生長用的 LED 燈都不是我們的考慮對象，最大的問題除了是成本考量之外，還有全光譜與熱源模擬的需求，所以決定用 200W 以上的鎢絲燈泡照射。由於鎢絲燈泡的光與熱遠不及自然陽光的強度，所以我們是以 24 小時開燈讓綠色植物不停的進行光合蒸散作用，以觀察並計量每天水位下降的刻度來換算體積容量。

四、設計實驗組與對照組的變因條件：(控制變因與實驗變因)

本次實驗的設計如下：

(一) 控制變因：

- 1、相同瓦數(200W 或 250W)的鎢絲燈泡照明及照明時間。
- 2、相同大小規格的水族箱，共兩個。
- 3、相同水位高度的水量，實驗組再放入植物後，兩邊水位會有一高一低現象，高出的是植物根、莖的體積。
- 4、兩水族箱添加的水耕營養劑相同且等量。

(二) 實驗變因：

- 1、實驗組有綠色植物代表光合作用的蒸散拉力進行中。
- 2、對照組沒有綠色植物，代表海平面單純光照與自然蒸發作用進行中。

肆、研究結果：

一、不同植物與實驗次數

本次實驗設計受限於觀察水量蒸散多寡方式，不得已只能陸生植物用水耕方式進行，所以先備實驗中花了不少精力與時間在尋找適合的植物，最後發現空心菜與芹菜的直莖狀生長方式最適合，其他如黃金葛等藤狀植物，雖然能存活更久，但不規則的生長方式反而不易操控，所以放棄。然而空心菜與芹菜用水耕的方式也不能種太多天，都會面臨根部腐爛的問題，所以只能少量多餐，取有效的光合作用蒸散水量及重覆實驗次數，以確保實驗數值的可信度。

(一) 空心菜組

空心菜第一次			空心菜第二次		
日期	實驗組/與前一天水位差	對照組/水位差	日期	實驗組/與前一天水位差	對照組/水位差
10/2	18/0	13/0	10/10	18/0	16/0
10/3	15.5/2.5	12.9/0.1	10/11	16.4/1.6	15.9/0.1
10/4	12.1/3.4	12.8/0.1	10/12	12.9/3.5	15.8/0.1
10/5	8.6/3.5	12.7/0.1	10/13	9.3/3.6	15.7/0.1
10/6	5.8/2.8	12.6/0.1	10/14	6.3/3	15.6/0.1

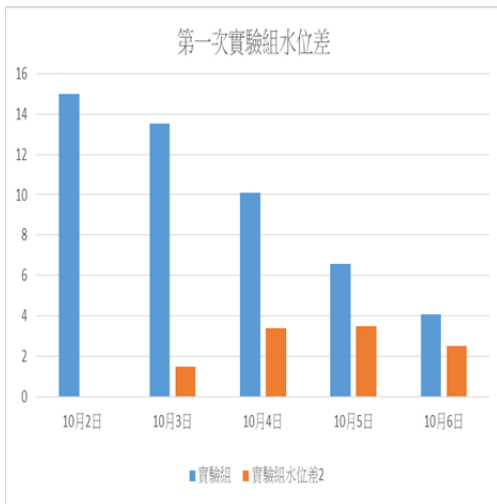


圖 5 空心菜第一次實驗組水位差

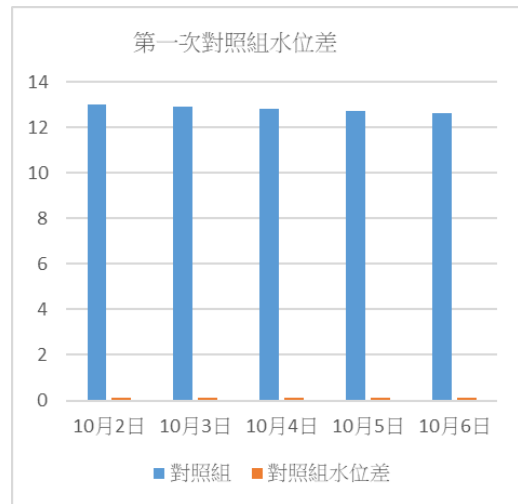


圖 6 一次對照組水位差

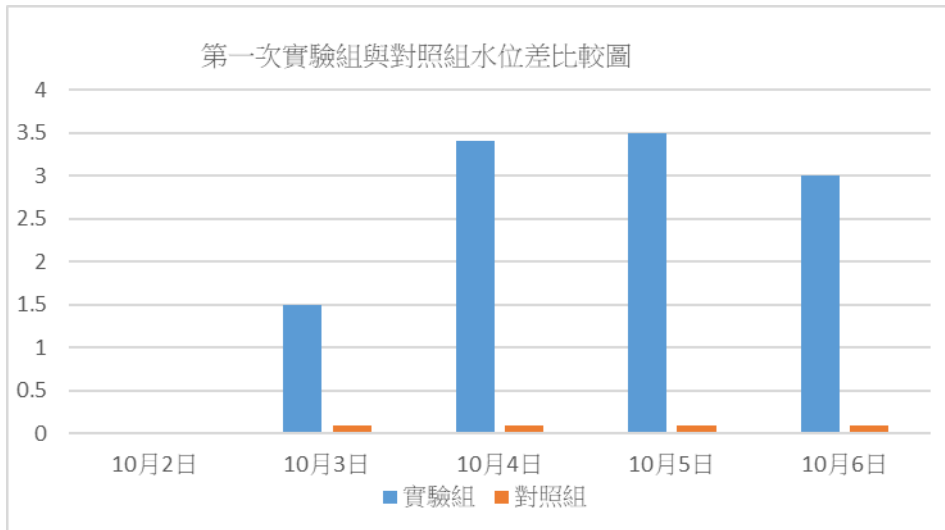


圖 7 第一次實驗組與對照組水位差比較圖

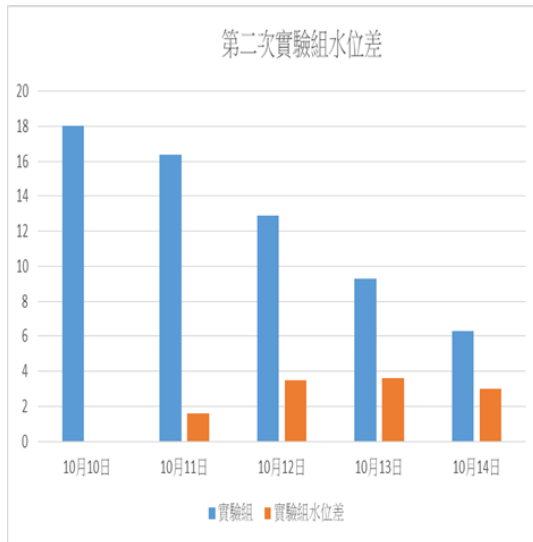


圖 8 第二次實驗組水位差

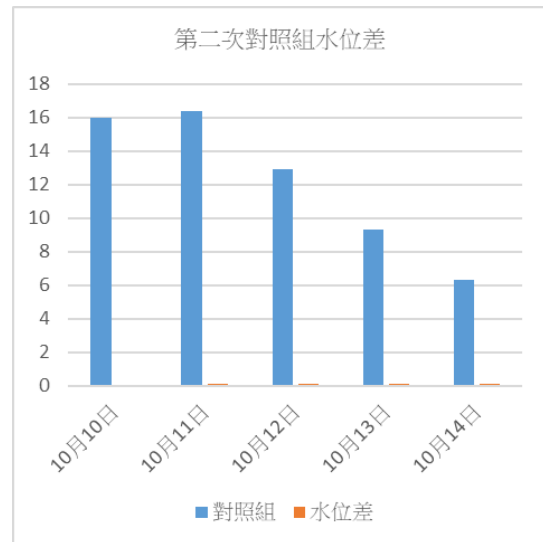


圖 9 第二次對照組水位差

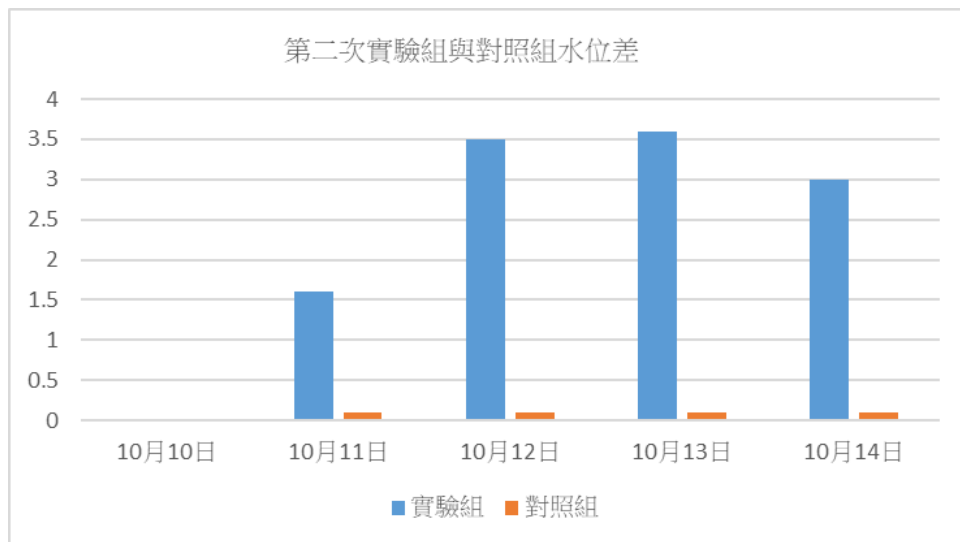


圖 10 第二次實驗組與對照組水位差位

表 2 空心菜 3、4 次實驗

空心菜第三次			空心菜第四次		
日期	實驗組/與前一天水位差	對照組/水位差	日期	實驗組/與前一天水位差	對照組/水位差
10/16	18/0	16/0	10/21	18/0	16/0.1
10/17	16.5/1.5	15.9/0.1	10/22	16.4/1.6	15.9/0.1
10/18	13.1/3.4	15.8/0.1	10/23	12.9/3.5	15.8/0.1
10/19	9.6/3.5	15.7/0.1	10/24	9.4/3.5	15.7/0.1
10/20	6.8/2.8	15.6/0.1	10/25	6.5/2.8	15.6/0.1

單位 cm

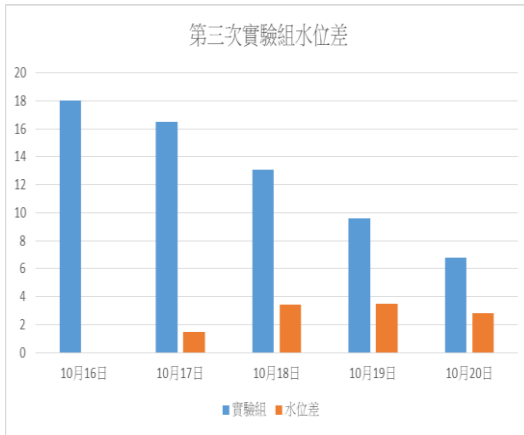


圖 11 第三次實驗組水位差

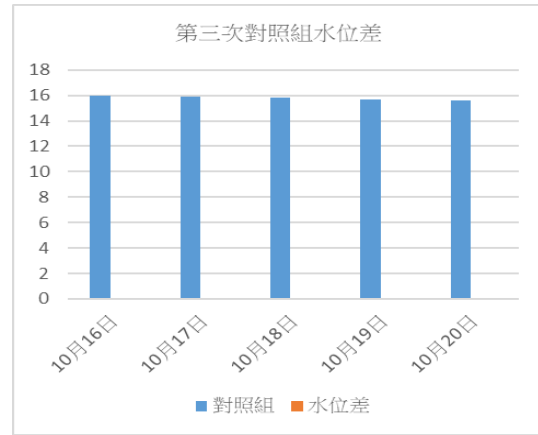


圖 12 第三次對照組水位差

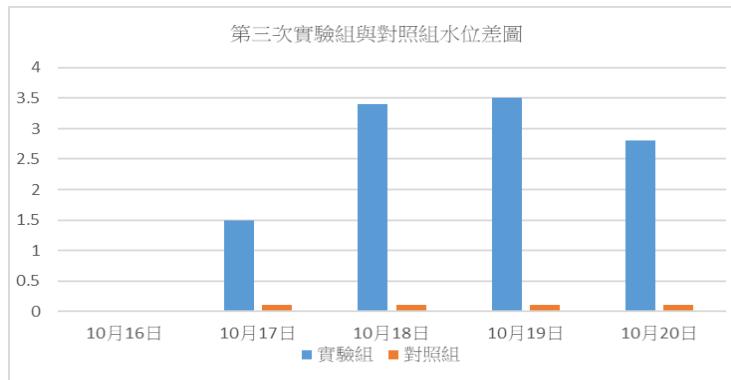


圖 13 實驗組與對照組水位差

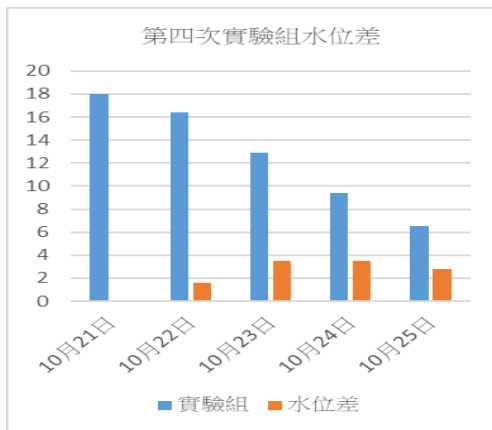


圖 14 第四次實驗組水位差

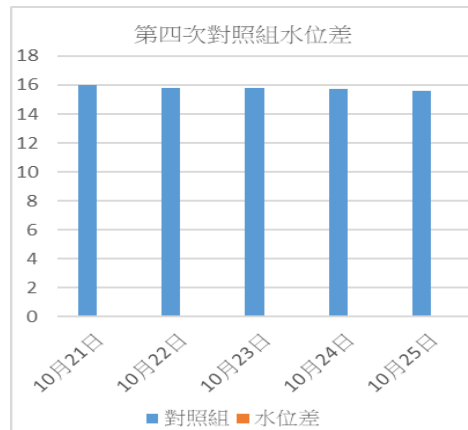


圖 15 第四次對照組水位差

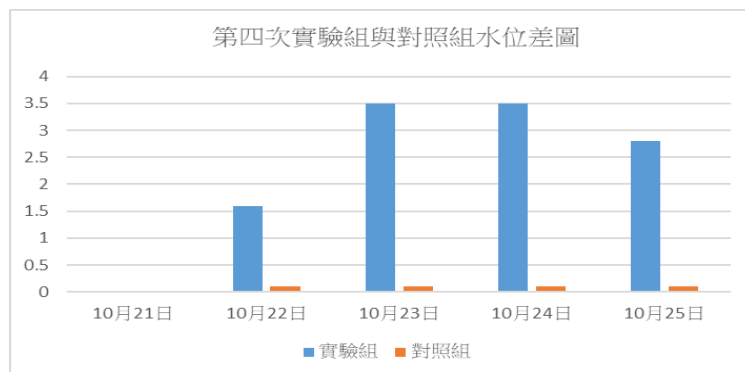


圖 16 第四次實驗組與對照組水位差

(二) 芹菜組

表 3 芹菜組第 1~2 次實驗

芹菜第一次			芹菜第二次		
日期	實驗組/與 前一天水 位差	對照組/水 位差	日期	實驗組/與 前一天水 位差	對照組/水 位差
10/27	18/0	16/0	11/3	17/0	15/0
10/28	15.5/2.5	15.9/0.1	11/4	14.6/2.4	14.9/0.1
10/29	12.5/3	15.8/0.1	11/5	11/3	14.8/0.1
10/30	9.5/3	15.7/0.1	11/6	8.7/2.9	14.7/0.1
10/31	6.7/2.8	15.6/0.1	11/7	5.8/2.9	14.6/0.1
11/1	4.8/1.9	15.5/0.1	11/8	4/1.8	14.5/0.1

單位 cm

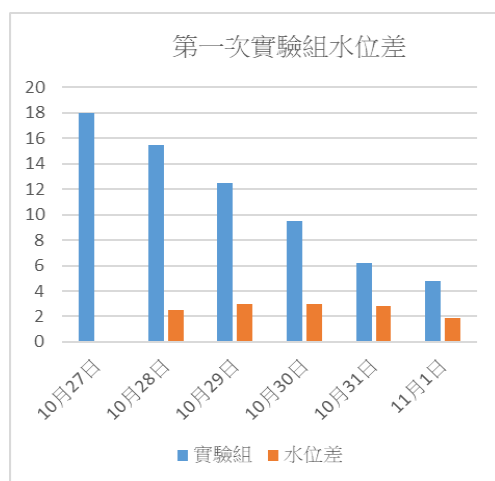


圖 17 第一次實驗組水位差

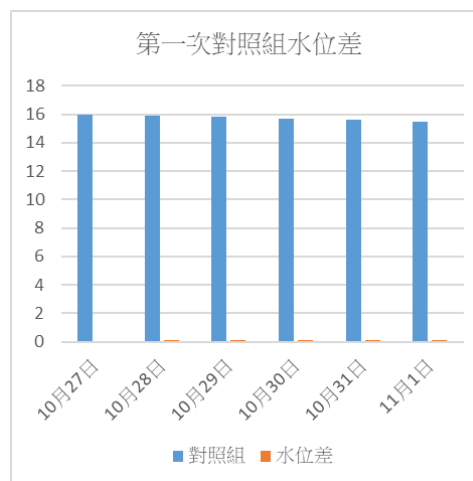


圖 18 第一次對照組水位差

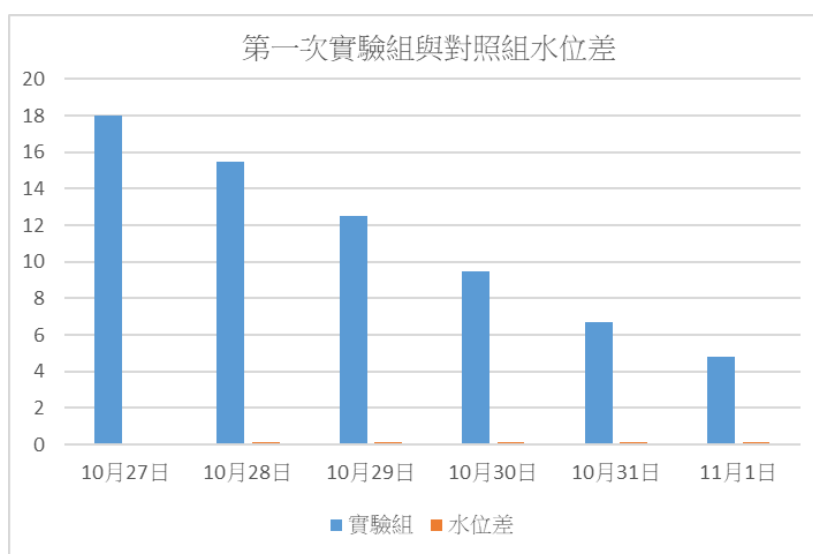


圖 19 第一次實驗組與對照組水位差

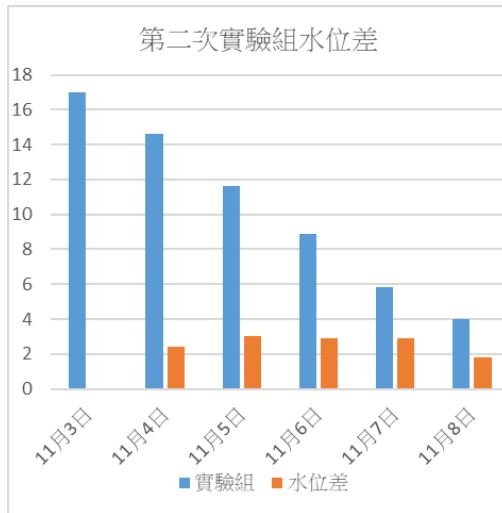


圖 20 第二次實驗組水位差

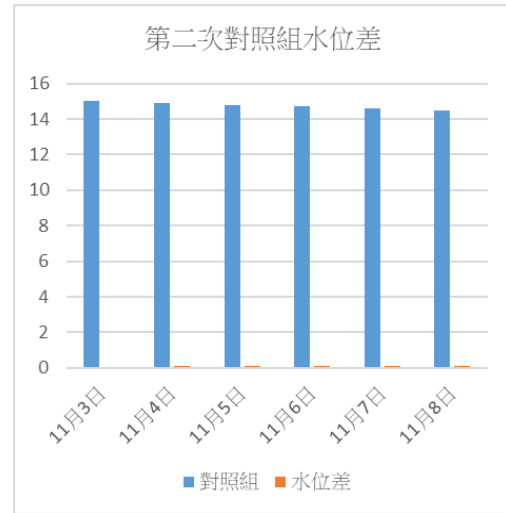


圖 21 第二次對照組水位差

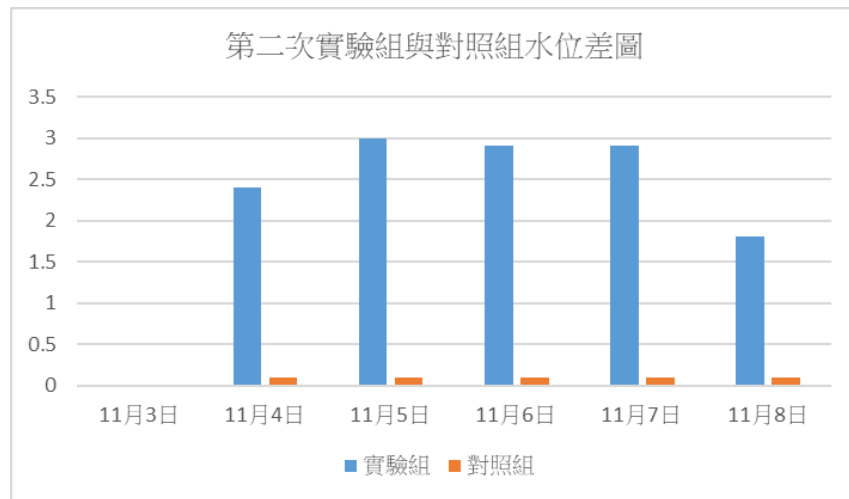


圖 22 第二次實驗組與對照組水位差

表 4 芹菜組第 3~4 次實驗

日期	芹菜第三次		日期	芹菜第四次	
	實驗組/與 前一天水 位差	對照組/水位 差		實驗組/與 前一天水 位差	對照組/水 位差
11/10	14.5/0	13/0	11/16	15.6/0	14/0
11/11	12.7/2.5	12.9/0.1	11/17	14/1.6	13.9/0.1
11/12	9.7/3	12.8/0.1	11/18	11.3/2.9	13.8/0.1
11/13	6.8/3	12.7/0.1	11/19	8.3/3	13.7/0.1
11/14	3.9/2.8	12.6/0.1	11/20	5.4/2.9	13.6/0.1
11/15	2.9/1.9	12.5/0.1	11/21	3.6/1.8	13.5/0.1

單位 cm

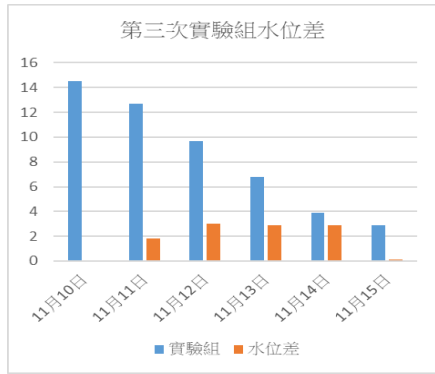


圖 23 第三次實驗組水位差

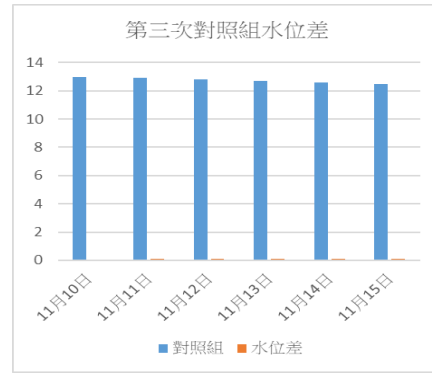


圖 24 第三次對照組水位差

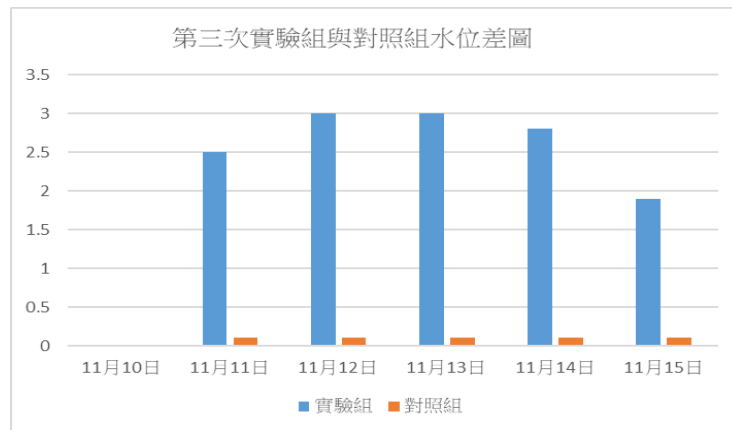


圖 25 第三次實驗組與對照組水位差

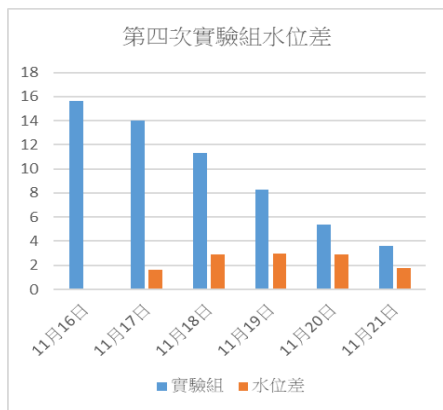


圖 26 第四次實驗組水位差

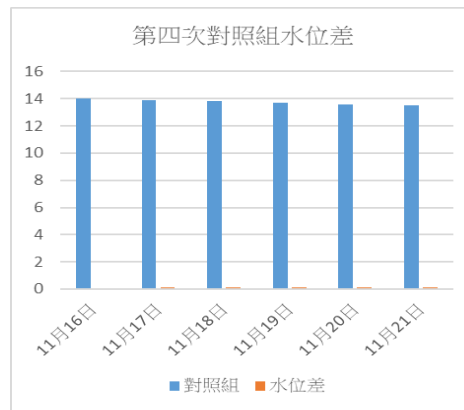


圖 27 第四次對照組水位差

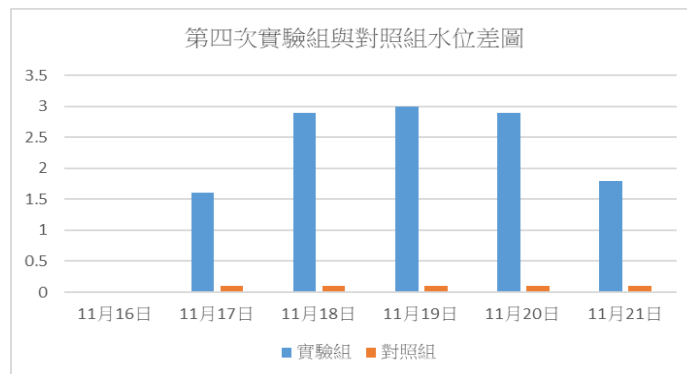


圖 28 第四次實驗組與對照組水位差

(三)實驗結果說明

1、空心菜組：

總共重複做了四次實驗(圖 29、30)，由數據中可以看到光合作用蒸散最旺盛時，平均都在 3.5cm 高度的水被蒸散掉，反觀對照組每日水份蒸發高度都落在 0.1cm。



圖 29 空心菜實驗

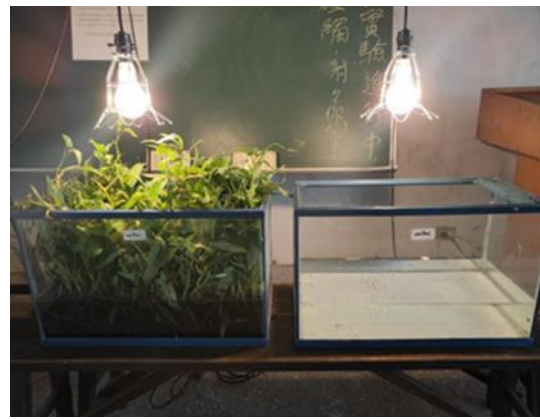


圖 30 空心菜實驗

2、芹菜組：

前兩次使用魚缸規格跟空心菜一樣是(W30×L60×H40cm)，後來魚缸會漏水，改買較小規格(W27×L45×H30cm)兩個一組繼續進行第三、四次的實驗。由數據中可以看到芹菜光合作用蒸散最旺盛時(圖 31、32)，平均都在 3 cm 高度的水被蒸散掉，反觀對照組每日水份蒸發高度也都落在 0.1cm。



圖 31 芹菜組實驗



圖 32 芹菜組實驗

(四)計算說明：

1、因為不管是大規格水族箱(W30xL60xH40cm)或中規格水族箱(W27xL45xH30cm)的實驗中，其每日水份的蒸散量比可以直接使用表格中水位降低的高度相除，即得每日水位蒸散量的倍數。

2、因此：

(1)、空心菜組每日平均蒸散水位高度 3.5cm 是對照組每日平均蒸散水位高度 0.1cm 的 35 倍。

(2)、芹菜組每日平均蒸散水位高度 3cm 是對照組每日平均蒸散水位高度 0.1cm 的 30 倍。

3、山坡面積概算：

以圓錐體的側面積代表一座山植物生長的面，會是山底座平地面積的幾倍，可以從幾何數學概算如下：以相片圓錐模型，該圓錐底作圖面積半徑為 5cm，打開側面積扇形得半徑為 10cm，扇型角度 \cong 160 度：可計算式如下：

$$(1)\text{扇形面積}=10 \times 10 \times 3.14 \times \frac{160^\circ}{360^\circ} = A$$

$$(2)\text{底座圓面積}=5 \times 5 \times 3.14 \times 1 = B$$

$$(3)A \div B \cong 1 \frac{7}{9} \text{倍} \cong 2 \text{倍計算}$$

因此真正前述實驗數據可以放大約 2 倍。

空心菜組因地形關係約可得 $35 \times 2 \cong 70$ 倍

芹菜組因地形關係約可得 $30 \times 2 \cong 60$ 倍



圖 32 扇形面積



圖 33 底座圓面積

伍、討論：

一、本實驗雖然利用方式在室內做出植物，因為光合作用產生拉力，讓水蒸散作用遠遠大於光照水面的蒸散作用達 60~70 倍之間，有足夠的證據說明提供山頂聚雲的有利基本條件，就是來自植物的光合作用貢獻出來的水蒸氣。

二、然而雲霧形成的條件，除了水蒸氣的供應之外，跟溫度變化、氣壓變化等都有絕對相關，甚至其他更複雜的氣流、氣象科學等問題，絕對是牽一髮而動全身，因此我們努力的閱讀了許多資料，其中最幸運的是找到了 2019 年科展(60 屆)國小組地球科學團隊合作獎的第二名，由桃園市立龍安國小所做的題目：「東眼山 ~ 天空中的瀑布」裡面的資料可以借用(部分實驗內容與數據)說明如下：



圖 34 模擬雲霧形成的設備

(一)模擬雲霧形成條件的設備與實驗:

模擬雲霧形成條件的設備(圖 34)就

是利用壓力差與雲霧凝結的延遲時間之探究：就是我們之前學過的水蒸氣遇冷凝結後就可以形成雲霧，而大量的雲霧需要大量的水蒸氣，所以該實驗結果可以證明蒸散作用的拉力提供了充足的水蒸氣在山中往上蒸散出去。

(二)一般而言山上的溼度相對於平地而言會比較高，山上的溫度也會因為每上升一千公尺而下降 6 度左右，所以形成雲霧凝結的機會相當高，還有一個地科常識，就是山的高度愈高，大氣壓力也會愈低，因此，我們假設以理想氣體方程式($PV=nRT$)來解釋，可以知道當海拔越高，氣壓越下降時，溫度也會跟著越低，所以，該得獎團隊利用減壓方式來製造雲霧，較能貼近山上積雲的實際情形。

(三)他們運用寶特瓶裡固定體積空間，以此為控制變因維持不變，在操作氣體加壓與洩壓間的壓力變化為操作變因，觀察並記錄氣壓差造成水凝集的延遲時間與溫度變化。研究時發現當壓力差愈高，雲霧凝結的延遲時間愈長，當瓶內壓

力差到達 40PSI 時，洩壓產生的雲霧可以維持 125 秒，約 2 分鐘以上(見圖 36)。

(四)驗證假設，假設山腰以上的大氣壓力比平地還小，相對減壓雲霧產生的實驗中，可以先把寶特瓶的空氣加壓以模擬山下的氣壓，再進行洩壓，以模擬山上的氣壓，就會觀察到當壓力忽然減壓時溫度會下降而產生寶特瓶裡的水蒸氣會瞬間產生雲霧。形成所產生雲霧延遲時間與海拔壓力差成正相關的趨勢。所以當以壓力差作為操作變因時，當實驗中壓力差值越大所產生的凝結雲霧的延遲時間就愈長，並利用 Secchi、Disk 來量化記錄雲霧延遲時間(見圖 35)。



圖 35 相對減壓雲霧產生實驗利用 Secchi Disk 來量化記錄雲霧延遲時間長

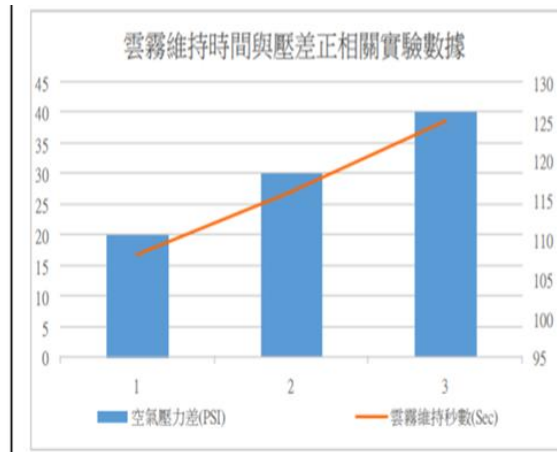


圖 36 壓力差愈高雲霧凝結的延遲時間愈長

(五)我們還發現寒假時台東的山頂聚雲的量與次數都明顯變少了，如果吹東北季風，更發現山頂是聚不了雲，可能是被吹走了，所以就只剩一股單調的綠色山景。冬天山頂聚雲變少的原因應該是：(1)植物減緩新陳代謝及部分落葉等等，都讓整座山的光合作用效率降低，因此拉力所產生的蒸散作用自然不能與夏天陽光充足的條件相比，這個現象更間接說明了山頂雲量多寡是會隨著季節而改變的。而決定這一切現象的變化，似乎還是要依靠整座山林的綠色植物行光合作用所產生的拉力來把地表下的水有效地靠著蒸散作用回到天空中。在空氣中形成足夠的溼度後，隨著山勢的增高，形成氣壓的下降與溫度的降低等這些有利因素，讓雲朵不斷的形成；又因為延遲的現象，就會堆積在山頂上，久聚不散。夏天沒有東北季風的條件下，雲散的速度就更慢了。

陸、結論：

地球科學真的是一門奇妙又千變萬化的科學，原本看見山頂上常聚著一團一團的雲不走，天氣又那麼熱，為什麼海面上都是晴空萬里？而只有山頂上不一樣？原來除了蒸散的水蒸氣量要足夠，水蒸氣凝結成雲(小水滴)的過程會隨著山勢的升高，所產生的氣壓降低條件與降溫現象讓雲霧形成條件更有利了，因為延遲現象讓雲霧可以不斷累積，也因為夏天的悶熱，溫差效應更強烈，光合作用也會更旺盛，所產生的拉力蒸散出更多的水蒸氣往山頂上跑，如此不斷的循環此一現象，除非有東北季風吹拂或高空氣流出現，否則夏天的山頂雲霧總難散去。

因此我們大膽的推論為何夏季山頂上常聚有雲霧的現象扣除大自然的地球科學發現隨著山勢的增高產生降壓、降溫的有利條件外，真正的幕後靈魂主角是佈滿整座山的綠色植被，我們的研究更指出植物的光合作用產生拉力而蒸散出來的水量是海平面的 60~70 倍以上，本實驗室只用鎢絲燈泡在實驗內模擬日照，對此，如果是真實的戶外陽光照射實境，相信等比例放大的效果會更驚人。

雖然我們的推論很簡單，與高深的氣象學原理的嚴謹與多變因探究仍都有許多缺漏，但是我們找到了山上與海洋的強烈反差原因；同樣的太陽照射在海面上所蒸發的水蒸氣量居然會輸給陸地上佈滿綠色植物行光合作用產生拉力所蒸散出來的水蒸氣的量，希望這小小的發現可以替普通科學界貢獻出一點小小的力量。

柒、參考文獻資料：

- (一)崔斯坦·古力 Tristan Gooley(2018) ，《水的導讀》。台北市:行人文化實驗室，頁 4 - 頁 5。
- (二)《未來少年》(2017)，〈當塵埃遇見水〉。79，2017.07，頁 30 - 頁 31。
- (三)劉昭民 審訂，《自然科學圖解百科》(2005)(氣象與氣候 I)。泛亞國際文化科技股份有限公司，頁 58 -頁 77。
- (四)施創華 (2019) 《東眼山-天空中的瀑布》中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書
- (五)國小自然科教科書四、五、六年級 南一出版社
- (六)感謝 桃園市立龍安國小所做的題目：「東眼山 ~天空中的瀑布」施創華老師授權引用部分實驗內容與數據。