

宜蘭高中 98 學年度學生數理自然科學專題研究

題目：

苔痕遇水綠-牙緣毛口苔和水的關係

指導老師：

馮淑卿

學生：

林志軒

李賦萱

黃稚凱

游文寧

摘要

實驗的主要目的為：增加對牙緣毛口苔的基本認識、探討各環境因子牙緣毛口苔水分蒸散速度的影響、了解牙緣毛口苔在乾燥環境下的生理狀態及其保濕機制。

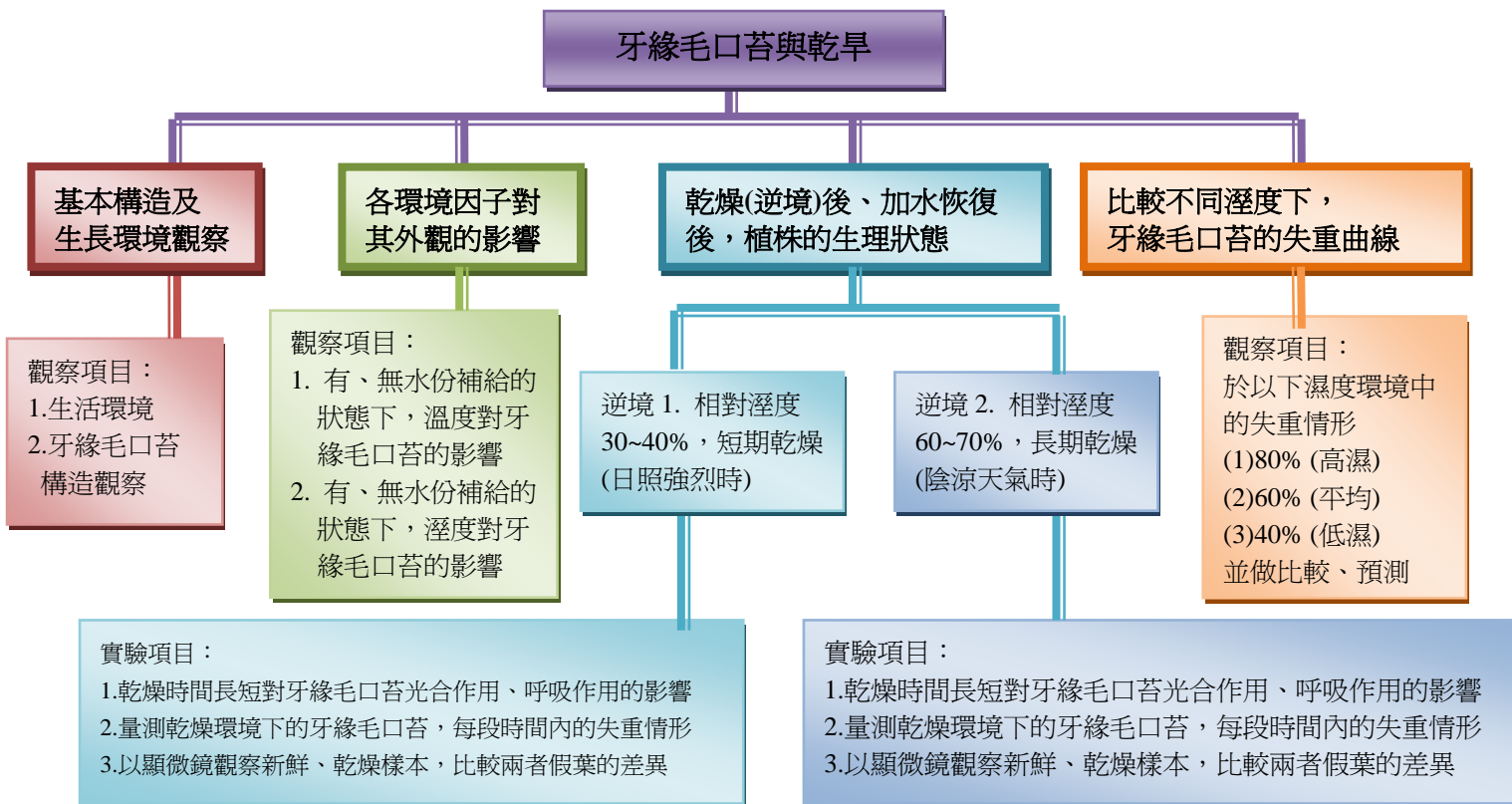
我們得到的結論是：

- 一、牙緣毛口苔假根自土壤中吸水的速率略大於空氣中水氣進入假葉的速率，但兩者都是牙緣毛口苔吸收水份的重要機制。
- 二、細胞間隙的水分蒸散完後，細胞體內的水份才開始大量蒸散。因此細胞間隙的儲水功能可以讓表面積大(易蒸散)的牙緣毛口苔更有利於生存。
- 三、牙緣毛口苔水份散失速率的影響：水份補給 > 濕度 > 溫度。
- 四、不同溼度下，失去水份的量及速度皆有不同，但都有相似的趨勢和轉折點處。
- 五、當細胞體內水分大量蒸散後，其會有休眠的行為來渡過乾燥的時期，而當有水之後，其又能回復原來的生理機能。

壹、研究動機

生物課本對蘚苔植物的描述總是：「生長在陰暗潮濕處」。但是，在常受陽光曝曬的石塊凹縫處，我們也觀察到牙緣毛口苔的存在。陽光下的牙緣毛口苔，其假葉會皺縮、閉合，甚至變成深褐色；但只要一有水澆灌，牙緣毛口苔在不久之後就會變回翠綠新鮮。這引起了我們的興趣，但在查詢書籍及國內博碩士論文網等資料之後，發現國內幾乎沒有關於苔類的研究，國外的研究也不多；因此我們開始探討影響牙緣毛口苔生長的因子、在乾燥環境下，牙緣毛口苔的水分保持機制及其生理狀態、與乾燥後加水復甦的植株的生理變化等，來驗證生物課本上對蘚苔植物的描述是否有可議之處。

貳、研究目的



現象 1：(1)陽光下的牙緣毛口苔，其假葉會皺縮、閉合，甚至變成深褐色；但只要一有水澆灌，牙緣毛口苔在不久之後就會變回翠綠新鮮。

(2)離開土壤 1 天的牙緣毛口苔，加水後亦會變回翠綠新鮮。

現象 2：乾燥至某一時段的牙緣毛口苔，其假葉會迅速蜷縮。

參、研究設備及器材

一、研究材料

(一)主要植物：牙緣毛口苔 *Trichostomum recurvifolium*

樣本製作流程：



將樣本一株株以鑷子分開，利用篩網清洗浸入水中清洗，去除土壤，再將其放在濾紙上，吸附附著在表面的水分。

二、儀器及設備

(二)分光光度計：

1. 原理：溶液會吸收本身顏色的互補色光，並讓本身的顏色通透；蒸餾水讓各色光通透，呈透明，用來校正儀器。

2. 應用：由於 CO₂ 測定計不能接觸水，我們藉由 CO₂ 溶於水形成碳酸，使溴瑞香草藍酸鹼指示劑由藍變黃；因此以分光光度計檢測黃光(560nm)通透率得知 CO₂ 的相對含量。

鑷子	篩網	濾紙	量筒	試管	燒杯	玻片	碼錶	尺	電腦
相機	食鹽	培養皿		溼度計		沙拉油		量角器	
植物燈		小畫家		解剖刀		除濕機		恆溫培養箱	
溶氧測定計		複式顯微鏡		氯化亞鈷試紙		CO ₂ 濃度計		解剖顯微鏡	

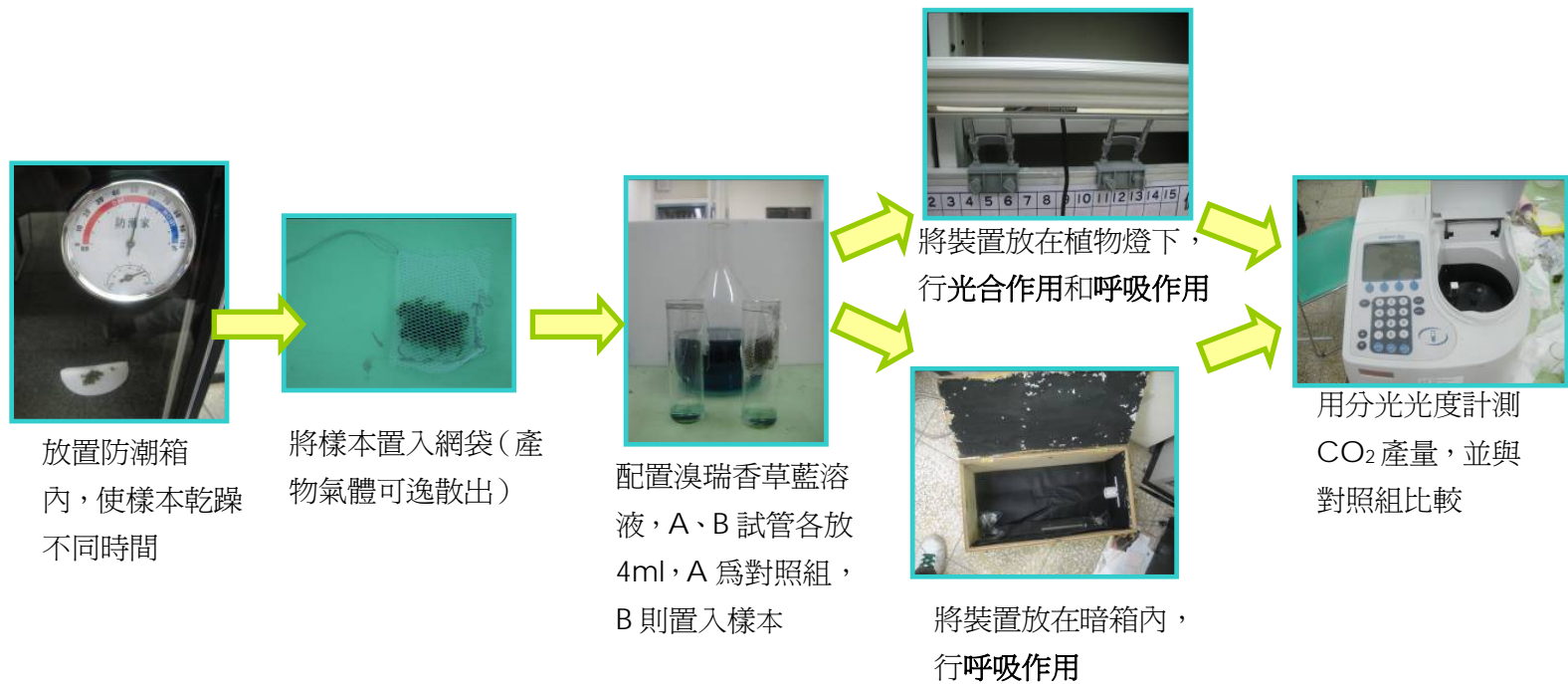
三、藥品

(一)蒸餾水

(二)溴瑞香草藍

溴瑞香草藍為測定弱酸弱鹼的指示劑。pH 值 6.2 以下(酸性) 呈現黃色；pH 值 6.2~7.6 呈現中間色；pH 值 7.6 以上(鹼性) 呈現藍色。我們利用 CO₂ 溶於水形成碳酸，碳酸解離使水中氫離子濃度增加，造成溴瑞香草藍試劑的顏色變化，可以得知 CO₂ 相對含量。溶液配置：將 10ml 的溴瑞香草藍加蒸餾水至 1000ml 的溶液

肆、研究過程或方法



伍、研究結果

一、探討牙緣毛口苔的基本構造及生長環境

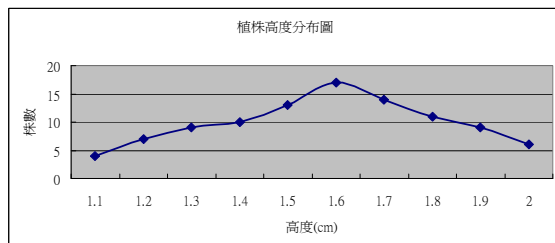
(一) 牙緣毛口苔生活環境觀察

- (1) 群體生長，19.5 株/1cm²、580 株/1g，在潮濕的環境中，較常出現孢子囊，而在較乾燥的環境下則較少。
- (2) 需土量不多。牙緣毛口苔生長於石縫間、立面牆腳的有土處，也有生長在水泥路面與草地的交界過度帶，亦有與地錢雜生於草皮上者。
- (3) 若土層較厚，牙緣毛口苔一株株排列生長得較為鬆散，較容易拔起；長得也較土層淺薄處者高大。

(二) 牙緣毛口苔構造觀察

1. 外部型態觀察：

(1) 牙緣毛口苔植株的高度分布圖與構造區分：



圖表 1. 牙緣毛口苔的植株平均長度約 1.6cm



照片 1: 在淺薄土層處（如石縫間），常可觀察到牙緣毛口苔。



照片 2: 牙緣毛口苔常與地錢生長在同一處。



照片 3. 圖中標示牙緣毛口苔的假葉、假莖、假根。照片中可觀察到假葉的排列情形及假葉的量。

2.以顯微鏡觀察其構造並照相

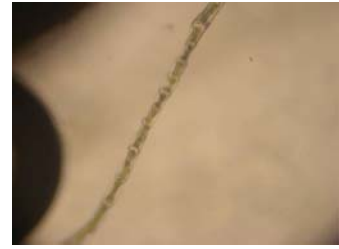
(1)顯微鏡下的假根：



照片 4.解剖顯微鏡視野下

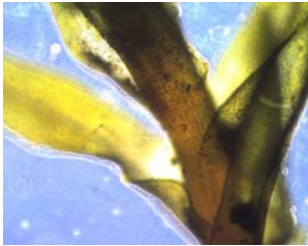


照片 5.假根是中空圓柱管狀

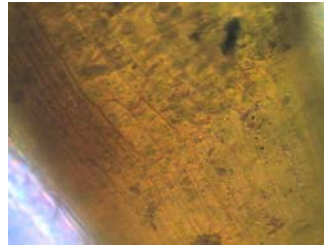


照片 6.牙緣毛口苔的假根附著物

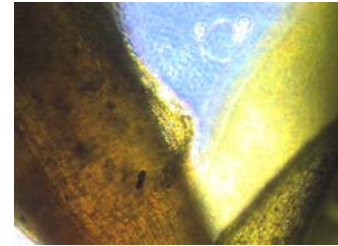
(2)顯微鏡下的假莖：



照片 7.複式顯微鏡下

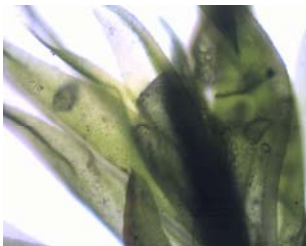


照片 8.假莖的細胞為長條狀

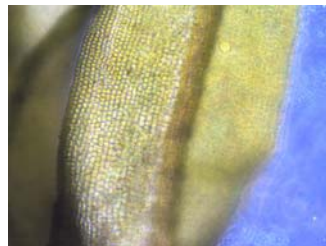


照片 9.觀察加水後的牙緣毛口苔，假莖邊緣出現凸出區域。

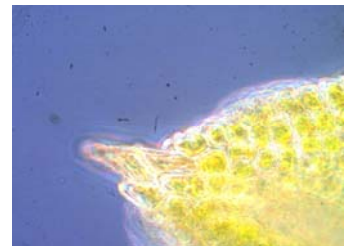
(3)顯微鏡下的假葉：



照片 10.牙緣毛口苔叢生的假葉



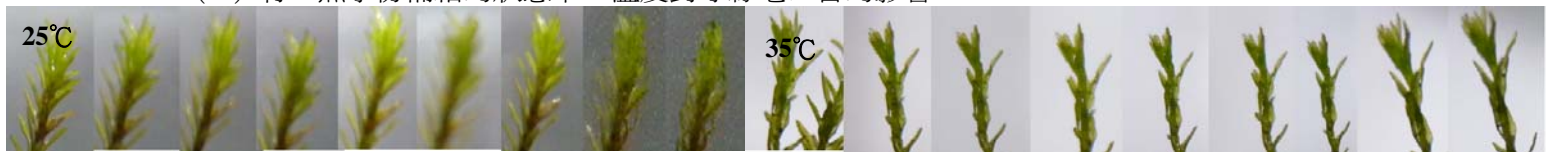
照片 11.牙緣毛口苔假葉上的細胞排列整齊；假葉中央有中肋



照片 12.牙緣毛口苔的假葉尖端

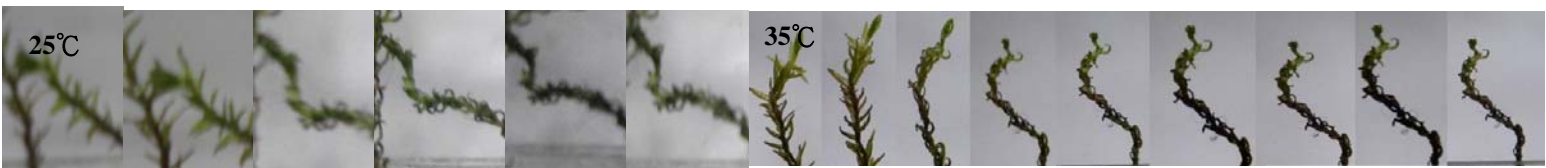
二、 探討各環境因子對牙緣毛口苔的影響

(一) 有、無水份補給的狀態下，溫度對牙緣毛口苔的影響



照片 13.上圖為牙緣毛口苔在有水分補給、溫度不同的環境下，植株隨時間的變化。

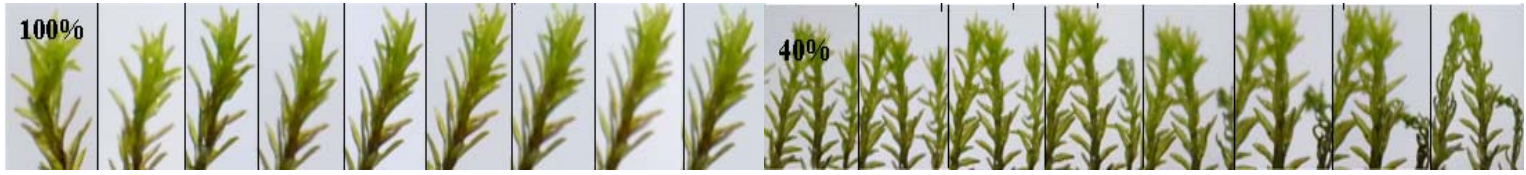
35°C的樣本較乾燥，假葉貼近假莖，假葉本身的捲曲狀況較明顯。



照片 14.上圖為牙緣毛口苔在無水分補給、溫度不同的環境下，植株隨時間的變化。

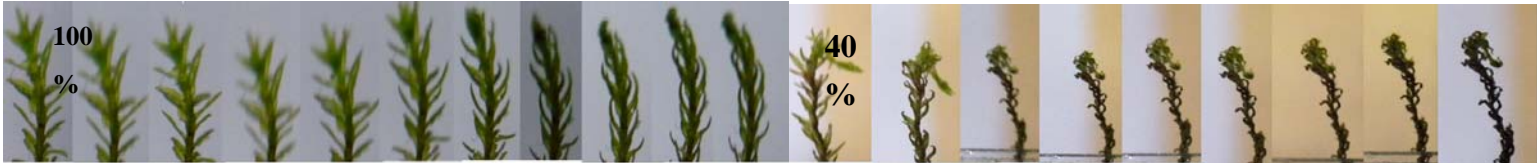
沒有水分補給的環境下，不僅假葉貼緊假莖、假葉本身的捲曲狀況

(二) 有、無水份補給的狀態下，溼度對牙緣毛口苔的影響



照片 15. 上圖為牙緣毛口苔在有水分補給、相對濕度不同的環境下，植株隨時間的變化。

在有水分補給的環境下，植株的乾燥狀況不明顯，40%圖片

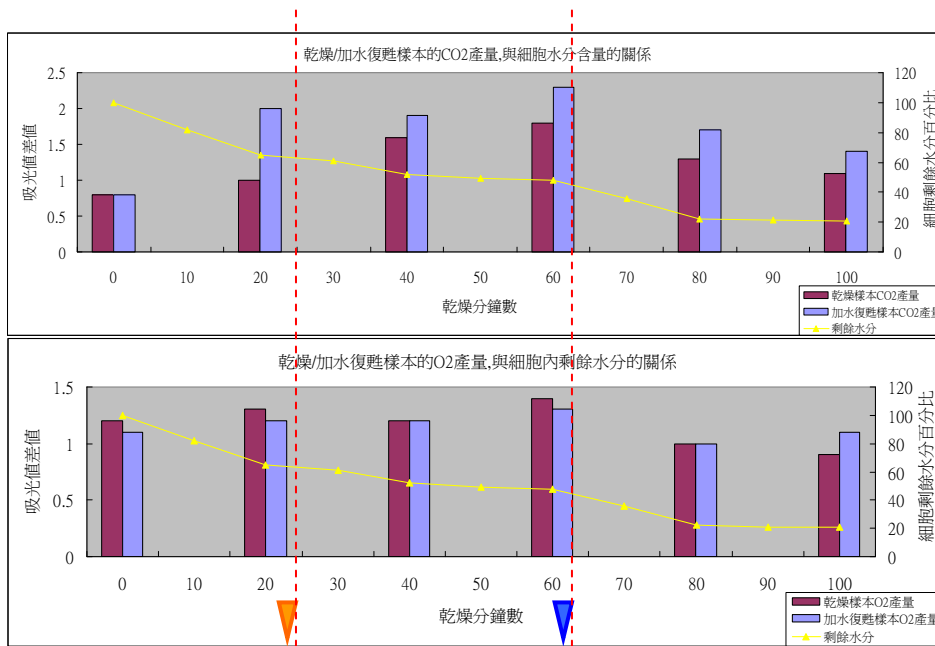


照片 16. 上圖為牙緣毛口苔在無水分補給、濕度不同的環境下，植株隨時間的變化。

其中，溼度高低影響蒸散作用甚鉅(相對溼度 40%的樣本明顯較 100%)

三、 乾燥(逆境)後、加水恢復後，植株的生理狀態

(一) 逆境 1. 相對溼度 30~40%，短期乾燥 (日照強烈時)



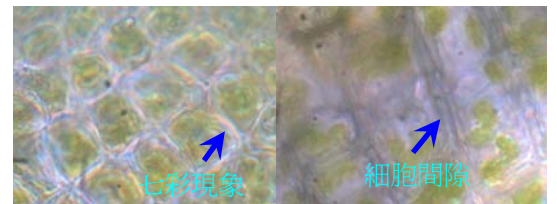
細胞及細胞間隙飽含水分。細胞體內水分含量正常。

細胞表面及間隙的水分逐漸散失。細胞體內水分幾乎沒有散失。

細胞間隙幾乎沒有水分，細胞開始質離。

此時達細胞散失水分的極限，細胞質嚴重萎縮。

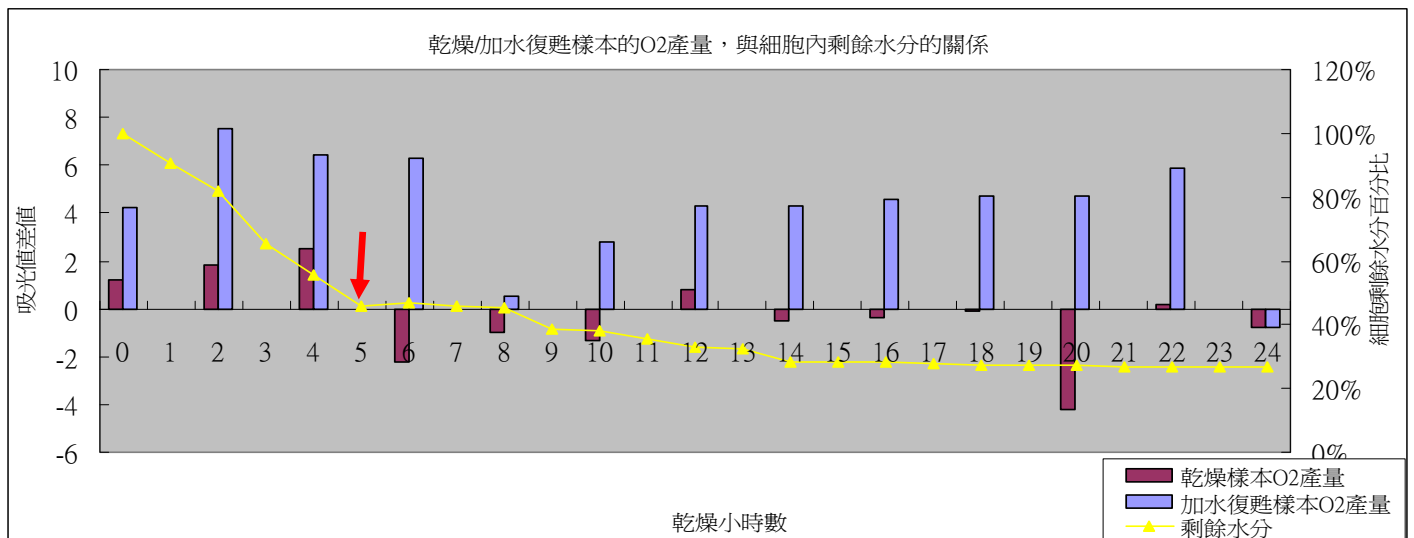
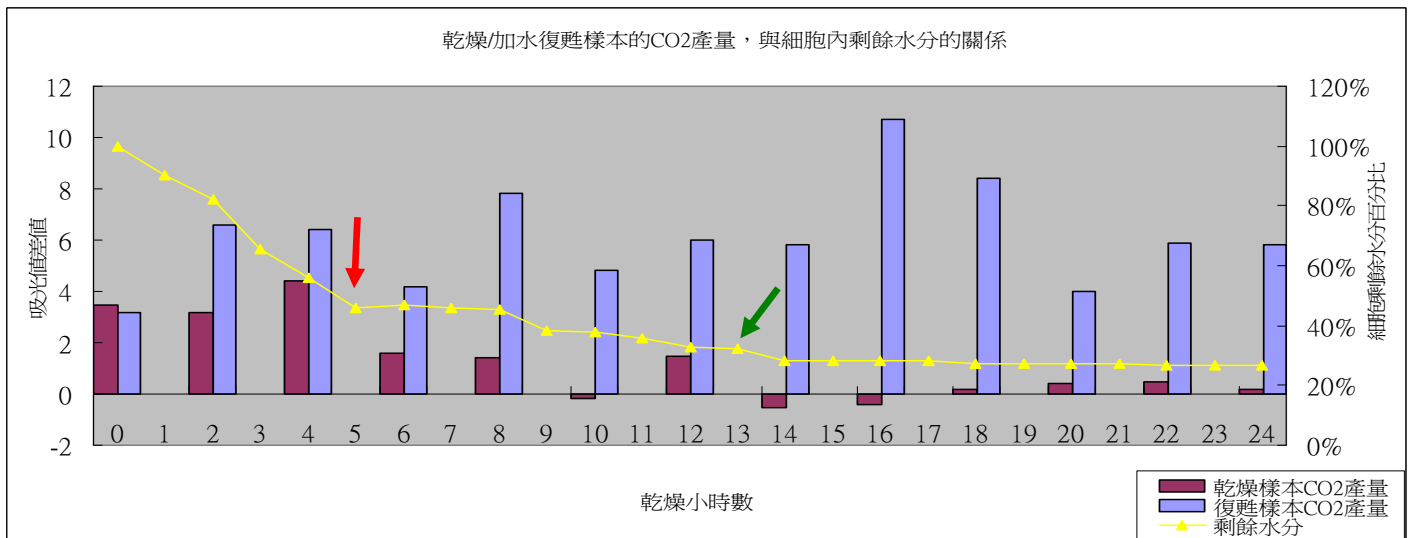
← 配合顯微鏡觀察結果，推測細胞的水分含量情形



在相對濕度 40%的環境中乾燥，牙緣毛口苔的生理狀態：

- (1) 乾燥 0~20 分，水分多從細胞表面及間隙散失，散失水分約占濕潤植株重量的 30%。
呼吸作用↑；光合作用-(不變)
推測：維持性呼吸作用開始↑
- (2) 乾燥 20~60 分，水分散失速率較緩，但細胞體內水分逐漸變少，質離現象愈來愈明顯。散失水分約占濕潤植株重量的 25%。
呼吸作用↑；光合作用-(不變)
推測：有維持性呼吸作用
- (3) 乾燥 60~100 分，水分散失逐漸到達極限。散失水分約占濕潤植株重量的 20%。細胞內剩餘水分約占濕潤植株重量的 25%。
呼吸作用↓；光合作用↓
推測：進入休眠狀態

(二)逆境 2. 相對溼度 60~70%，長期乾燥(陰涼天氣時)



在相對濕度 60%的環境中乾燥，牙緣毛口苔的生理狀態：

(1)乾燥 0~5 小時，樣本的呼吸作用在 4 小時有些許上升的情形。

乾燥呼吸作用 ↑ ；復甦呼吸作用 ↑

推測：維持性呼吸作用

散失水分來源：細胞表面及細胞間隙

(2)乾燥 5~14 小時，呼吸作用則開始有下降的現象，慢慢的趨向於零的情況

乾燥呼吸作用 ↓ ；復甦呼吸作用 ↑

散失水分來源：細胞質

(3)乾燥 14~24 小時，呼吸作用幾乎趨近於零，我們認為其開始休眠，(我們認為負值很小，當作和對照相同。)

乾燥呼吸作用(和 0 小時相同)；復甦呼吸作用 ↑

推測：進入休眠狀態

散失水分來源：到達水分散失極限

(4)小結：當間隙水分即將用盡時，推測會有維持性呼吸作用的產生，但當剩餘水分更少時就會影響其呼吸作用，而當質離現象嚴重時，其有休眠的行為，但當植株碰到水即可復甦，並作用回復，推測有回饋作用，彌補之前休眠的狀況。

在相對濕度 60%的環境中乾燥，牙緣毛口苔的生理狀態：

(1)乾燥 0~5 小時，樣本的光合作用在其間有些許上升的情形。復甦之後亦有再上升的狀況。

乾燥光合作用 ↑ ；復甦光合作用 ↑

(2)乾燥 5~14 小時，光合作用有明顯下降的情形，甚至有負的情況，復甦後和 0 小時差不多的素質。

乾燥光合作用 ↓ ；復甦光合作用 ↓

(3)乾燥 14~24 小時，光合作用幾乎趨近於零，復甦後和 0 小時差不多的素質。

乾燥光合作用(和 0 小時同)；復甦光合作用(和 0 小時同)

推測：進入休眠狀態

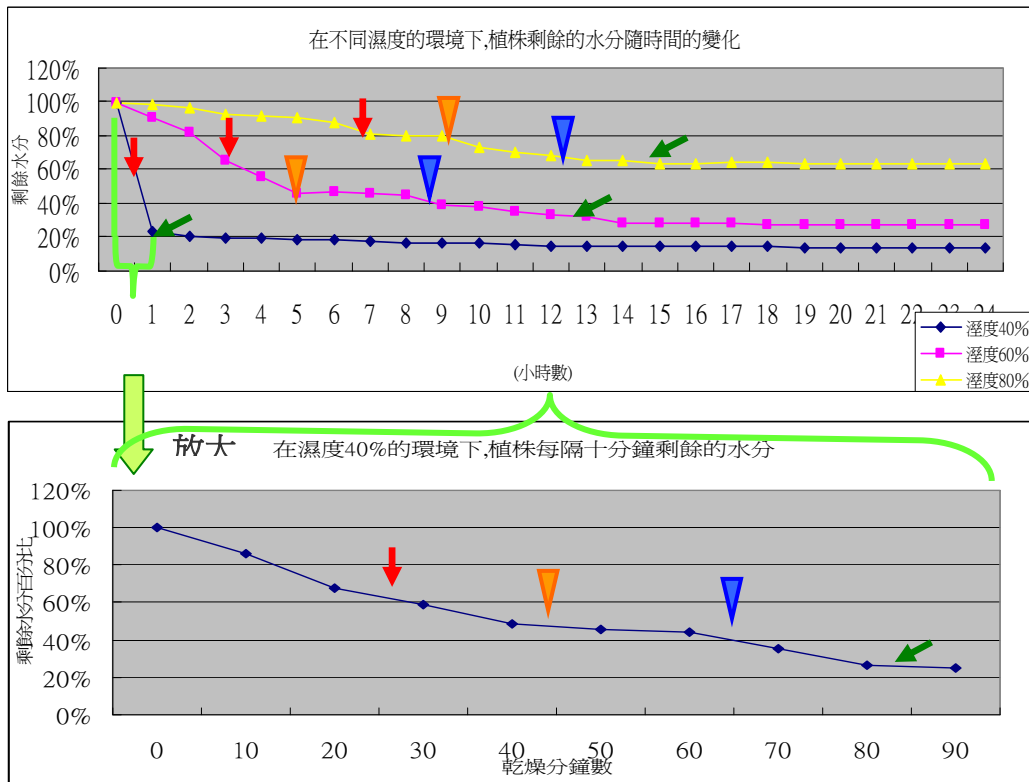
(4)小結：水是光合作用重要材料，在水分未缺乏的狀況，其光合不受影響，水分充足時可使光合作用大增，但當水分開始短缺時會使光合大量影響，而在休眠之後，作用也幾乎為零，至於復甦後都能回覆和未乾燥差不多。

(5)備註：因無法直接檢測光合，所以將

光合作用 O_2 = 有光下 CO_2 - 黑暗中 CO_2

所以圖中產量都是先前的數據修正出來的(乾燥為先前數據，復甦為去頭尾的算術平均) 20 的乾樣本和 8、24 小時的復甦，我們認為是實驗誤差導致，但趨勢不變。

四、比較不同溼度下，牙緣毛口苔的失重曲線



1.根據顯微鏡下的觀察，推測以下「時間區間(A)(B)(C)」之散失的水分來源：

(A)	(B)	(C)
-----	-----	-----

- A：細胞表面及細胞間隙
- B：細胞質
- C：水分散失到達極限

2.根據左上折線圖：

- (1)開始自細胞質散失水分的間： $80\% > 60\% > 40\%$
- (2)水分散失到達極限的時間： $80\% > 60\% > 40\%$
- (3)水分散失到達極限時，剩餘水分含量約為： $80\% - 65\%$ ； $60\% - 30\%$ ； $40\% - 15\%$

3.另外，我們發現：在 B 區間，在三種濕度環境下的樣本，均有兩個明顯的轉折。但礙於實驗器材，尚沒有發現明確的原因。

陸、討論

一、在構造觀察的實驗中，我們發現：

(一)在顯微鏡操作的對焦過程中，觀察到牙緣毛口苔大約只有 2~3 層細胞

(二)加水後的牙緣毛口苔，假莖旁幾乎每次都會出現凸出區域(見照片 9)。在各種實驗的觀察中，我們推測此區域有暫時儲水功能，但尚未做深入研究。

二、探討「在有、無水份補給的狀態下溫度、溼度等因子對牙緣毛口苔的影響」的實驗裡，得知各環境因子對牙緣毛口苔水份散失速率的影響：水份補給 > 濕度 > 溫度。由此結果可以推論，牙緣毛口苔假根自土壤中吸水的速率略大於空氣中水氣進入假葉的速率。另外，觀察照片，我們發現葉片會某個時段後開始快速皺縮，我們推測可能是細胞間隙水分耗盡、膨壓改變所導致；莖與葉間的角度改變亦可能是膨壓改變的結果。

三、利用顯微鏡觀察並分析逆境 1、逆境 2.下的植株：

(一)水分散失過程主要分三階段：水分自細胞表面及細胞間隙散失→水分自細胞質散失→水分散失到達極限

(二)乾燥樣本

呼吸作用 ↑ → 呼吸作用 ↓ → 停止(休眠)

光合作用 ↑ → 光合作用 ↓ → 停止(休眠)

(三)加水復甦樣本

呼吸作用 ↑ → 呼吸作用 ↑ → 呼吸作用 ↑ 【維持性呼吸作用】

光合作用 ↓ → 光合作用 ↓ → 光合作用(和 0 小時相同)

四、牙緣毛口苔在水份大量散失後，加水復甦，CO₂ 產量明顯增加。根據植物生理學(William. Hopkins 著) p.320,呼吸作用分為「生長性呼吸作用」包括碳實際參與呼吸作用以產生能量(還原潛勢及 ATP)以供合成及生長；及「維持性呼吸作用」提供能量供非實際引起乾物量增加的生理過程，如有機分子的轉換、細胞膜結構的維持、細胞膨壓、產生水分及溶質的交換。因此我們認為 CO₂ 產量明顯增加與維持性呼吸作用有密切關係。

五、「比較不同溼度下，牙緣毛口苔的失重曲線」實驗中，可以得知：濕度愈低的環境，植株愈快開始自細胞間隙散失水分；植株到達水分散失極限時剩餘的水分也愈少。

散失水分的來源		細胞表面及細胞間隙	細胞質	水分散失到達極限
不同濕度	相對濕度 40%	0~20 分	20~60 分	60 分以後
	相對濕度 60%	0~3 小時	3~13 小時	13 小時以後
	相對濕度 80%	0~7 小時	7~14 小時	14 小時以後

柒、 結論

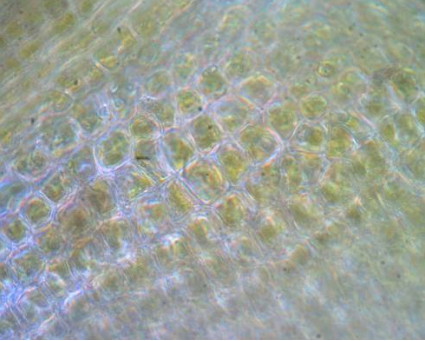
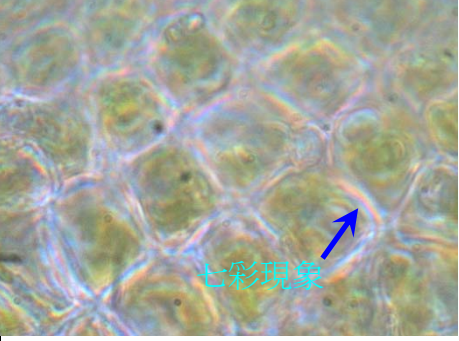
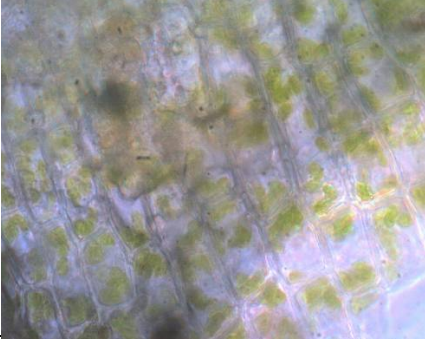
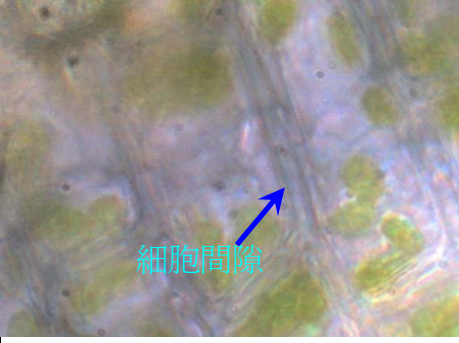
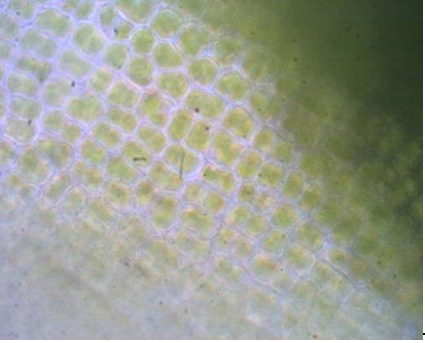
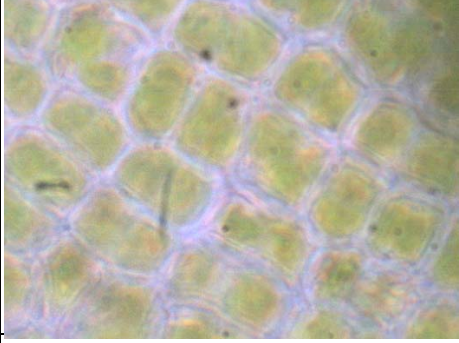
- 一、牙緣毛口苔假根自土壤中吸水的速率略大於空氣中水氣進入假葉的速率，但兩者都是牙緣毛口苔吸收水份的重要機制。
- 二、細胞間隙的水分蒸散完後，細胞體內的水份才開始大量蒸散。因此細胞間隙的儲水功能可以讓面積大(易蒸散)的牙緣毛口苔更有利於生存。
- 三、牙緣毛口苔水份散失速率的影響：水份補給 > 濕度 > 溫度。
- 四、不同溼度下，失去水分的量及速度皆有不同，但都有相似的趨勢和轉折點處
- 五、當細胞體內水分大量蒸散後，其會有休眠的行為來渡過乾燥的時期，而當有水之後，其又能回復原來的生理機能。

捌、 參考資料及其他

- 一、 未來展望
 - (一)我們觀察到乾燥後的牙緣毛口苔「假莖與假葉間的角度」會變得極小，但加水恢復後可以在短時間內恢復成正常狀態。因此我們也會再探討，乾燥不同時間的牙緣毛口苔，外觀上恢復正常狀態的情形與所需時間。
 - (二)我們將製造出較低溼度的空間，再進行測量，確認牙緣毛口苔假葉吸收空氣中水分的能力。
 - (三)「比較不同溼度下，牙緣毛口苔的失重曲線」實驗中，「水分自細胞質散失」階段中，三種濕度環境下的樣本，均有兩個明顯的轉折。希望可以找出其中的生理狀態，進而更了解水分散失對牙緣毛口苔的影響。
- 二、 參考資料
 - (一)行政院農業委員會(民 89)。台灣蘚類植物彩色圖鑑。台北市：蔣鎮宇 牟善傑 許再文 陳建志
<http://subject.forest.gov.tw/species/mosses/mosses/index3-2.htm>
 - (二)王月雲、陳世瑩、童武夫(民 92)。植物生理學實驗增訂本(3 版)。台北市：藝軒
 - (三)William. Hopkins(民 88)。植物生理學(初版)。台北市：啓英文化
 - (四)林仁安 林家漢 陳品宇 黃浩倫。乾與濕的策略-捲葉濕地苔和水的關係。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會

玖、 附錄

探討牙緣毛口苔的物理保濕機制。新鮮、乾燥、加水復甦的牙緣毛口苔之構造觀察

	以複式顯微鏡放大 1000 倍	擷取左圖中的部份影像
新鮮 樣本		 七彩現象
	照片 17. 剛採下的新鮮樣本，細胞排列較不規則	照片 18. 細胞間隙中含有水分；細胞質顏色較雜，可能是胞器較為明顯
乾燥 樣本		 細胞間隙
	照片 19. 乾燥後的樣本，因水分散失，細胞壁不受膨壓，細胞間不互相擠壓，排列較整齊。	照片 20. 細胞壁的間隙明顯且較凹陷，似乎沒有水份存在；細胞質萎縮成一粒粒的形狀，並貼近細胞壁
加水 復甦 樣本		
	照片 21. 乾燥後加水復甦的樣本，細胞大致排列整齊。但因蒸餾水的濃度低於細胞生理濃度，細胞膨脹，相較乾燥樣本，排列仍較不整齊。	照片 22. 細胞內與細胞間隙充滿水份，細胞質吸水後展開，胞器呈均勻分布。

註：細胞間隙含水份時，因光線折射，在顯微鏡下呈七彩，可由此推論細胞間隙含有水分。