

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書



科 別：地球科學

組 別：國小組

作品名稱：臺(苔)灣之美，蘚而易見的綠色小精靈--苔蘚對土壤的影響

關 鍵 詞: pH 值、過錳酸鉀還原時間、發芽率

編 號：115PB-E005

目錄

摘要.....	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	3
三、研究材料與器材.....	3
四、研究過程與方法.....	4-5
五、研究步驟.....	6
六、研究結果.....	7-21
七、討論.....	21-24
八、結論.....	24
九、參考文獻.....	25

摘要

本研究探討臺灣的苔蘚植物的生態習性、形態解剖特徵及其影響土壤理化性質與豆科植物萌發之影響。苔蘚多分布於**涼爽**、**潮濕**且具**遮蔭**之非直射光環境，並喜歡**群聚**在一起。新北市烏來區的雲仙樂園、新竹縣水濂洞、六寮古道和六號花園的苔蘚多樣性高於新竹市的青青草原。透過解剖顯微觀察，不同苔蘚呈現顯著的多樣性。在土壤性質檢測方面，結果顯示苔蘚種植後會使土壤趨向**偏鹼性**。此外，**地錢**、**小灰蘚**及**走燈苔**能有效提升土壤中的還原性物質含量。然而，對豆科植物萌發之影響實驗中發現，以大羽苔處理組之抑制現象最為顯著。綜合研究結果，苔蘚雖能改善土壤的化學防禦品質，但其分泌之化學物質或對生長環境的改變，亦會對種子的萌發產生壓力。

一、研究動機

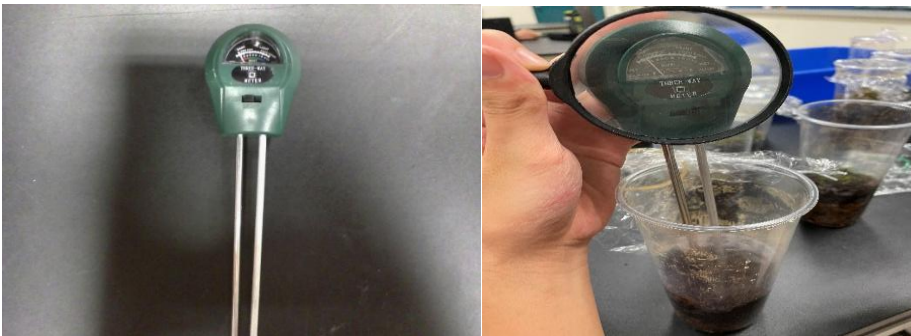
有一天,我和家人到新竹縣水濂洞去旅行，路途中看到了許多美麗的風景,走著走著不知不覺踩到了滑滑的植物，不小心摔了一跤，我慢慢的蹲下，仔細地拿著手機放大鏡去研究這種綠綠的植物，想起五年級時，在植物面面觀的課程中，老師提到植物的先驅苔蘚，這種植物稱作苔蘚，苔蘚因為沒有維管束，所以非常的矮小，苔又比蘚高一些，直立為苔，平鋪為蘚。全世界的苔蘚物種約有 23000 多種，臺灣屬於亞熱帶氣候，溫暖潮濕，島上生態豐富，目前臺灣的苔蘚物種總計約 1500 多種(姚奎宇，國語日報)，苔類又比蘚類多，苔蘚具有世代交替的特性，以配子體為優勢，會產生孢蒴，孢蒴裡有孢子，苔蘚靠著孢子繁殖，也有無性繁殖。近年來微景觀的生態瓶興起，讓人發現這些綠色小精靈，雖然它們不開花，但有非常多的品種，每一種都長得不一樣，有些小小的，有些扁扁的，甚至毛毛的，都很有特色，因此我們想多了解一些和苔蘚有關的事物。

二、研究目的

- (一)不同苔蘚原生環境之差異
- (二)不同苔蘚解剖顯微鏡下之差異
- (三)種植不同苔蘚對土壤 pH 值影響
- (四)不同苔蘚處理後土壤之抗氧化活性研究
- (五)探討苔蘚處理土對綠豆、紅豆種子發芽率之影響

三、研究材料與器材

- (一)苔類:走燈苔、塔苔、白髮苔、星星苔、孔雀苔、尖葉油苔、小羽苔、大羽苔、大熱澤苔、刺葉檜苔、小金髮苔。
- (二)蘚類:地錢、絨蘚、小灰蘚。
- (三)土壤:赤玉土、椰纖土。
- (四)過錳酸鉀粉末、12M 的鹽酸
- (五)三合一土壤檢測儀



圖一 三合一土壤檢測儀(土壤濕潤才能檢測；照片自行拍照)

(六)解剖顯微鏡



圖二 解剖顯微鏡(自行拍照)

四、研究過程與方法

(一)不同苔蘚原生環境之差異

1.至新竹市青青草原、新竹縣六寮古道和水簾洞、新竹縣六號花園，新北市烏來區雲仙樂園等地拍攝野生苔蘚照片，並記錄當時的溫度、濕度和高度。

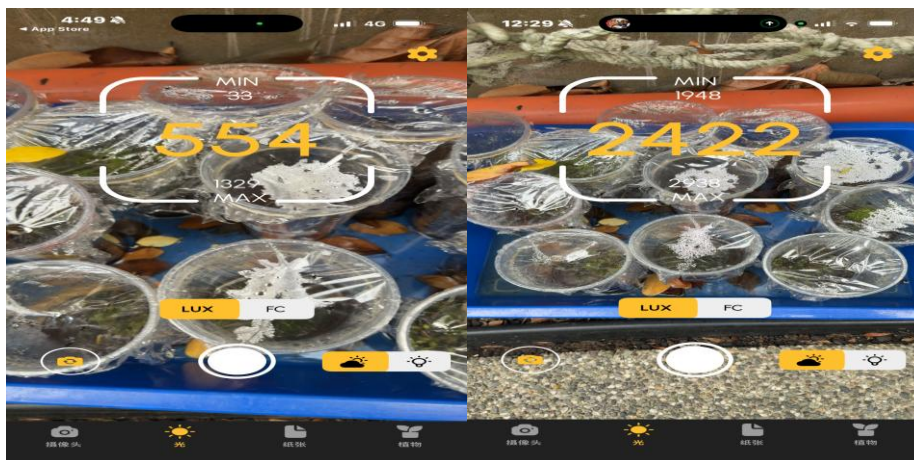
(二)不同苔蘚解剖顯微鏡下之差異

1.透過葉形、葉緣、中肋、葉子先端的特徵判斷苔蘚品種。



圖三 不同苔蘚的葉形、葉緣、中肋、葉子先端(徐子耘，[台灣苔蘚微觀誌](#))

(三)種植不同苔蘚對土壤 pH 值影響



圖四 以手機光照 APP 測量苔蘚生長環境(自行拍照)

- 1.以透明塑膠杯裝赤玉土 20 克，再加入椰纖土 10 克，放入 10 克苔蘚，加入 10mL 水，蓋上保鮮膜(上面打洞)，放置在陽光不直射的區域。
- 2.每週取 0.1 克的土，並加入 10 毫升的水。
- 3.用 pH 值試紙判斷 pH 值。

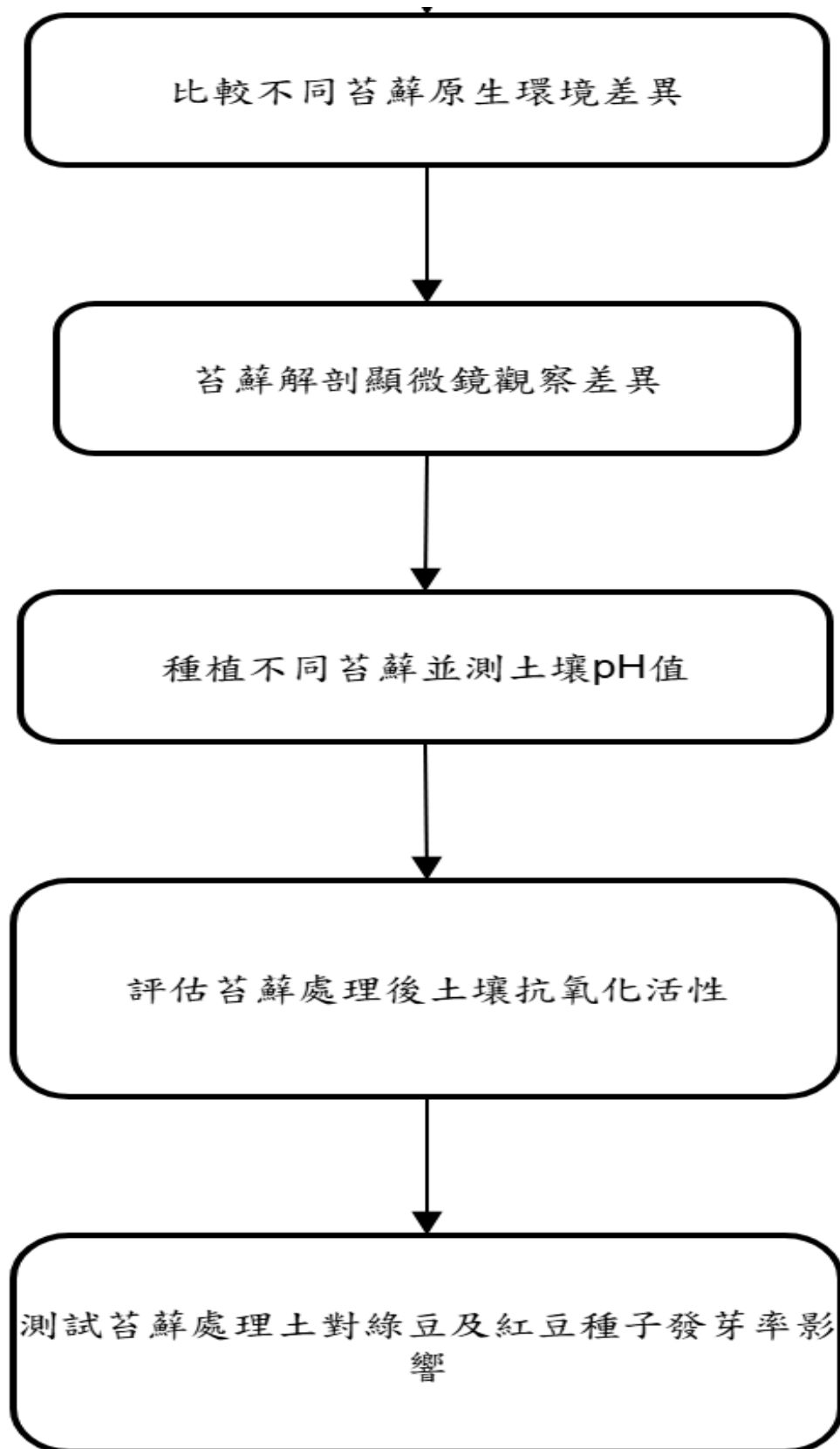
(四)不同苔蘚處理後土壤之抗氧化活性研究

- 1.配置 1M 鹽酸和 0.1%的過錳酸鉀溶液。
- 2.取 0.1 克的土加入 10mL 的水。
- 3.加入 5mL 的 1M 鹽酸。
- 4.加入 2mL 的過錳酸鉀溶液。
- 5.紀錄樣品變色時間。

(五)探討苔蘚處理土對綠豆、紅豆種子發芽率之影響

- 1.種植不同苔蘚，經一個月後，各取 20 克土。
- 2.分別加入 10 顆綠豆或紅豆，加入固定的 5mL 水量。
- 3.七天後計算發芽率。





五、研究步驟








六、研究結果

(一)不同苔蘚原生環境之差異

1.新北市烏來雲仙樂園:溫度 23℃、高度 500 公尺、濕度 70%


苔蘚名稱	照片	註記
白髮苔	 <p>(自行拍照)</p>	白髮苔附在樹上，有伏石蕨，環境濕度高。
孔雀苔	 <p>(自行拍照)</p>	孔雀苔長在欄杆上
星星苔	 <p>(自行拍照)</p>	欄杆上的星星苔，觀察到孢蒴。
鞭枝懸苔	 <p>(自行拍照)</p>	樹附生




<p>姬蛇蘚</p>	 <p>(自行拍照)</p>	
<p>花葉溪蘚 溪蘚科</p>	 <p>(自行拍照)</p>	<p>生長在流水中</p>
<p>三裂鞭蘚</p>	 <p>(自行拍照)</p>	
<p>地錢</p>	 <p>(自行拍照)</p>	
<p>拳葉蘚</p>	 <p>(自行拍照)</p>	

2.新竹市青青草原:溫度 26°C、高度 100-150 公尺、濕度 55%

柔葉真苔	 <p style="text-align: center;">(自行拍照)</p>	生長在石頭和台階上

3.新竹縣水濂洞: 溫度 23°C、126-176 公尺、濕度 65%




苔蘚名稱	照片	註記
卷柏苔	 <p style="text-align: center;">(自行拍照)</p>	伴隨蕨類(伏石蕨)

<p>地錢</p>	 <p>(自行拍照)</p>	<p>下面紅色框是 地錢(蘚) 黃色框是 生根卷柏(蕨類) 藍色框是 疏葉卷柏(蕨類)</p>
<p>澤苔</p>	 <p>(自行拍照)</p>	<p>伴隨蕨類(伏石 蕨)</p>
<p>溪蘚科</p>	 <p>(自行拍照)</p>	<p>環境潮溼</p>




卷柏苔	 <p>(自行拍照)</p>	
-----	--	--

4.新竹縣六寮古道: 23°C、高度 250 公尺、濕度 65%

苔蘚名稱	照片	註記
毛尖卷柏苔	 <p>(自行拍照)</p>	橘黃色是藻類 附近有地衣
地錢	 <p>(自行拍照)</p>	紅色框是地錢 藍色框是疏葉卷柏

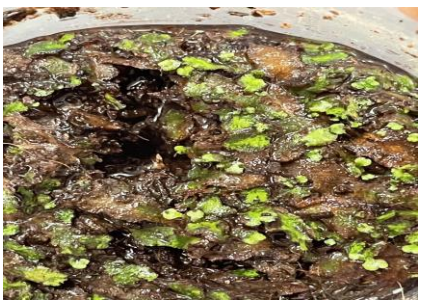
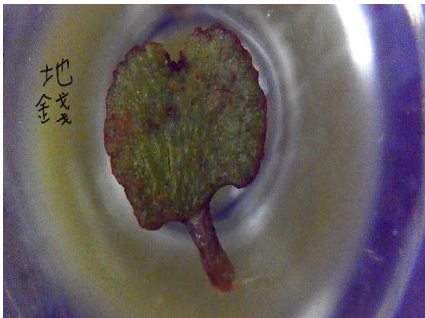

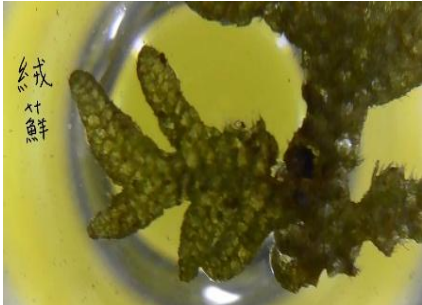
大羽苔	 <p>(自行拍照)</p>	
三裂鞭蘚	 <p>(自行拍照)</p>	山龍眼螢斑蛾
卷柏苔	 <p>(自行拍照)</p>	

5. 新竹縣六號花園: 23°C、高度 800 公尺、濕度 67%











苔蘚名稱		
孔雀苔	 <p data-bbox="837 779 992 824">(自行拍照)</p>	生長在石頭和 台階上
大羽苔	 <p data-bbox="917 1417 1072 1462">(自行拍照)</p>	
鞭枝懸苔	 <p data-bbox="917 1955 1072 2000">(自行拍照)</p>	樹附生

毛地錢	 <p style="text-align: center;">(自行拍照)</p>	<p>圓形凸起：照片中可以看到葉狀體上有許多圓圓的、像小按鈕一樣的凸起構造。這些通常是它的雄器托，是用來產生精子的生殖構造。</p>
-----	--	--


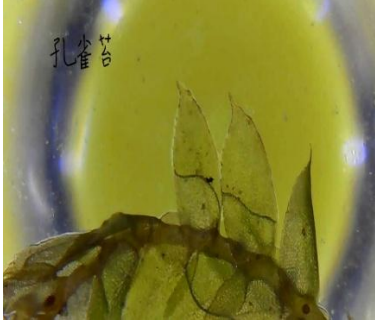



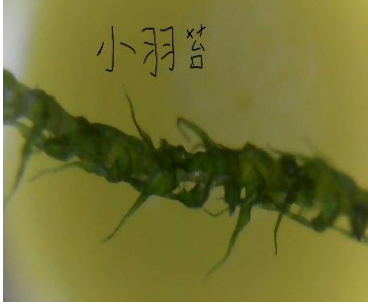

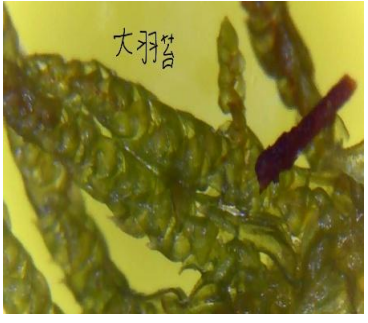
(二)不同苔蘚解剖顯微鏡下之差異

苔蘚名稱	照片	解剖顯微鏡圖(100 倍)	葉形	葉緣	中肋	先端
地錢			圓形	鋸齒	無	圓
絨蘚			橢圓形	細鋸齒	達尖	圓

以上圖片皆自行拍攝

苔蘚名稱	照片	解剖顯微鏡圖(100倍)	葉形	葉緣	中肋	先端
小灰蘚			卵形	全緣	中肋過半	尖芒狀
塔苔			披針	細鋸齒	無	銳尖
走燈苔			卵形	全緣	達尖	短
白髮苔			線形	全緣	無	銳尖
星星苔			線形	全緣	無	銳尖

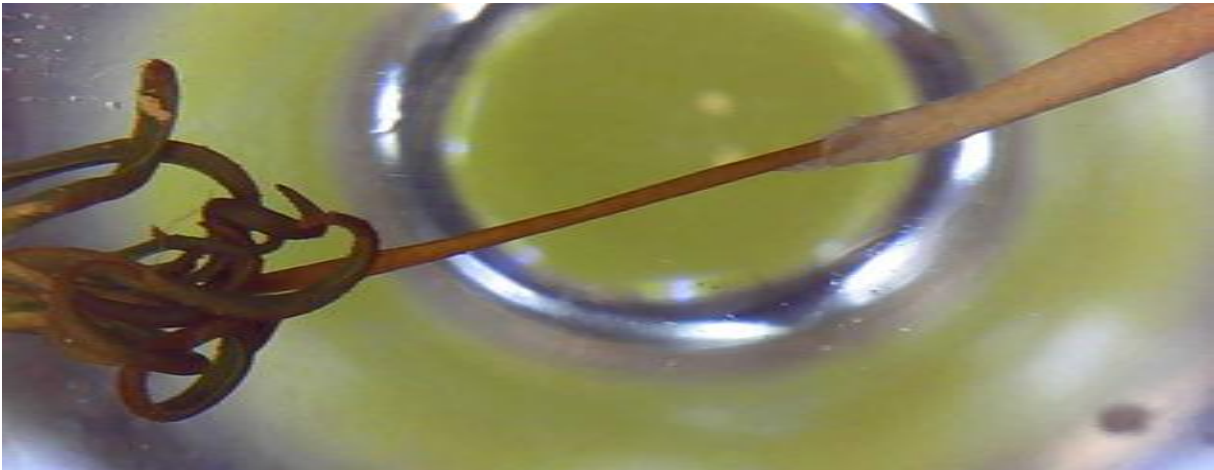
以上圖片皆自行拍攝

苔蘚名稱	照片	解剖顯微鏡圖(100倍)	葉形	葉緣	中肋	先端
孔雀苔			橢圓形寬	細鋸齒	過半	銳尖
尖葉油苔			橢圓形窄	細鋸齒	過半	銳尖
小羽苔			披針	全緣	過半	銳尖
大羽苔			披針	全緣	突出	鈍尖

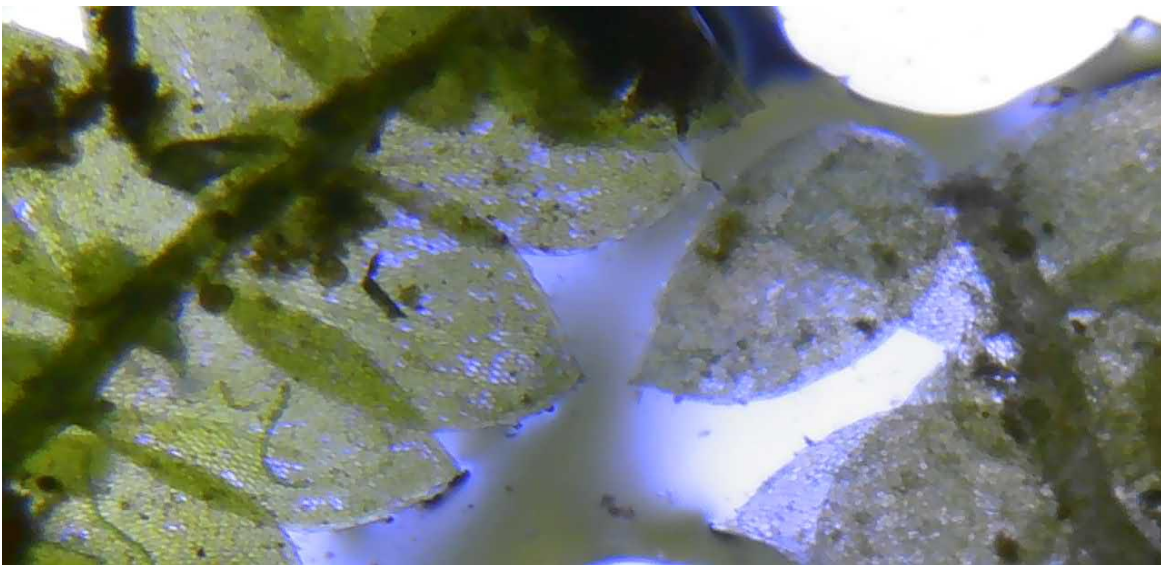
以上圖片皆自行拍攝

苔蘚 名稱	照片	解剖顯微鏡圖(100倍)	葉 形	葉 緣	中 肋	先 端
大熱 澤苔			橢 圓 形 窄	全 緣	無	鈍 尖
刺葉 檜苔			線 形	鋸 齒	達 尖	銳 尖
小金 髮苔			披 針	無	無	尖 芒 狀

以上圖片皆自行拍攝



圖五 小金髮苔缺水後產生孢蒴(照片自行拍攝)

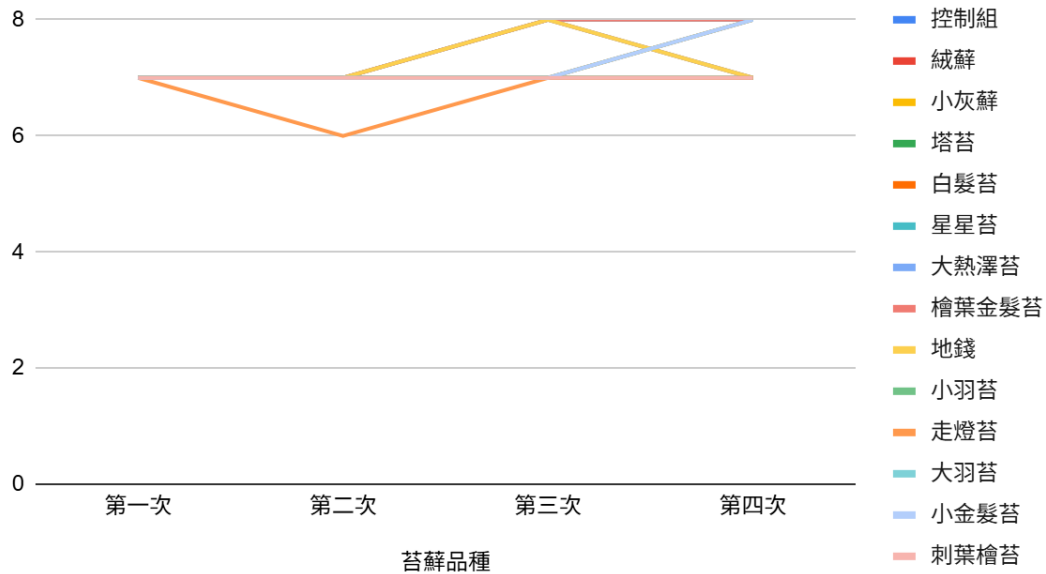


圖六 市售孔雀苔與野生的孔雀苔在解剖顯微鏡下的差異(左:市售孔雀苔；右:野生孔雀苔，自行拍攝)

- 1.小羽苔和大羽苔肉眼不容易分出差異，以解剖顯微鏡細看，它們中肋有差異，小羽苔中肋過半，而大羽苔中肋突出。
- 2.絨蘚和孔雀苔長得也很像，但在解剖顯微鏡下，就可看出葉子完全不同。
- 3.小金髮苔在乾燥環境下，會生長出孢蒴(圖五)。
- 4.野生的不知名的苔和買來的孔雀苔在解剖顯微鏡下細看後，確認野生採集的苔類是孔雀苔(圖六)。
- 5.苔蘚不會單一株出現，都是同一種的族群聚集在一起。

(三)種植不同苔蘚對土壤 pH 值影響

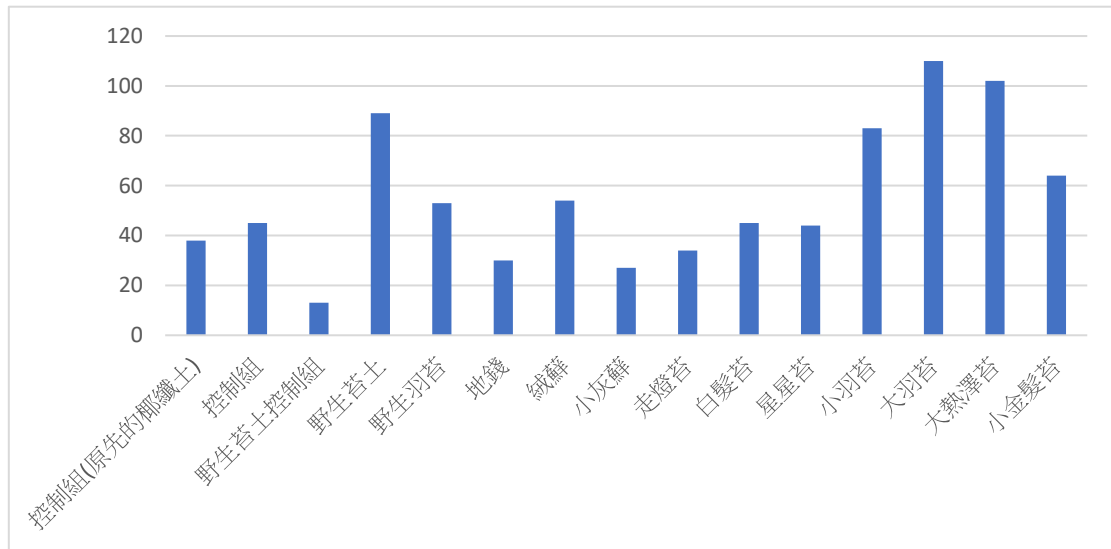
苔蘚土壤pH值檢測



圖七 種植不同苔蘚的土壤 pH 值變化

整體來說，種植不同苔蘚的土壤，經一個月後，土壤的 pH 值大部分都偏向鹼性。除了走燈苔在第二個禮拜，測到 pH6，之後土壤也是偏鹼性。

(四)不同苔蘚處理後土壤之抗氧化活性研究

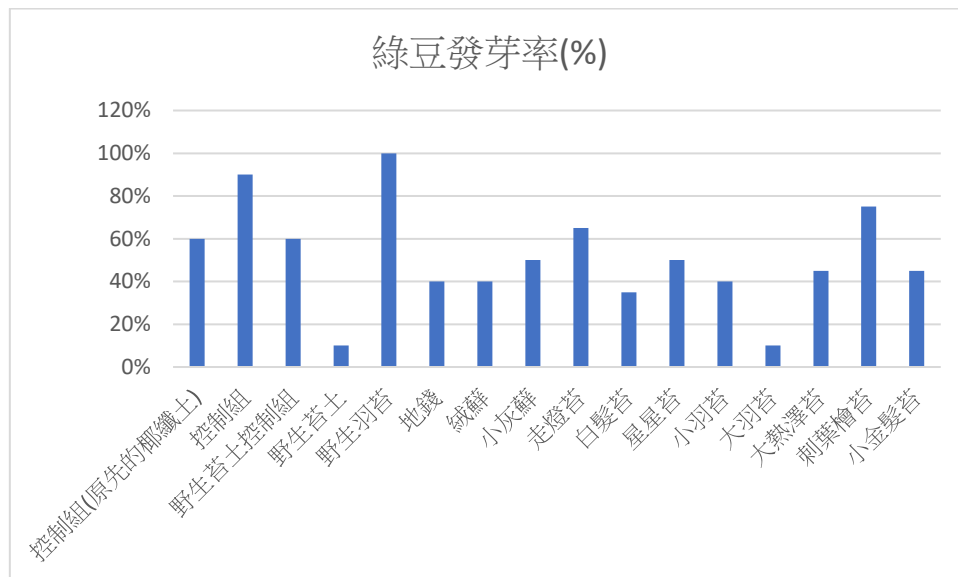


圖八 不同苔蘚處理後土壤對過錳酸鉀溶液脫色時間(秒)

脫色時間越短，代表該土壤樣本的還原性物質（如多酚、有機酸、還原醣等）含量越高，抗氧化活性越強。

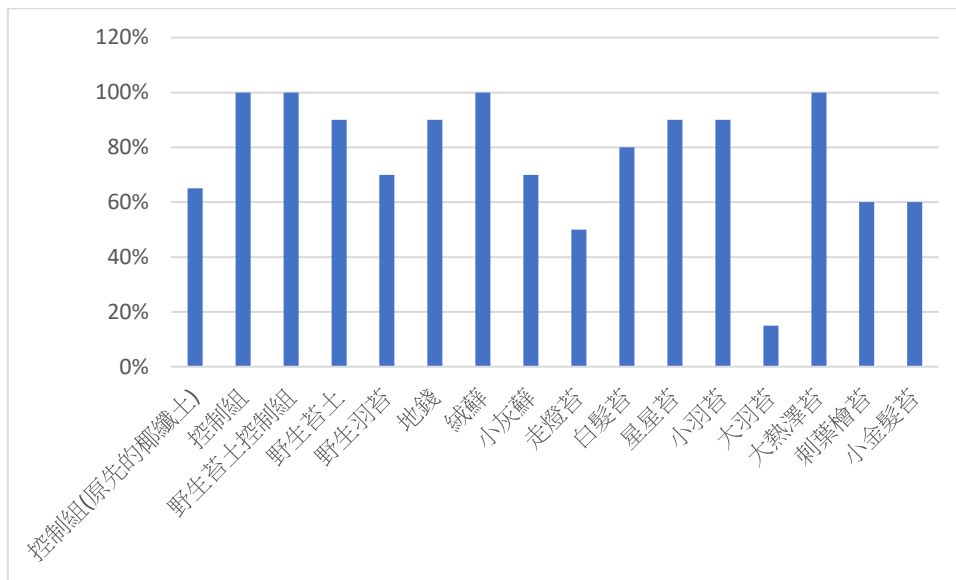
- 抗氧化活性最強（時間最短）的組別：
 - 野生苔土控制組：脫色時間最短（約 10-15 秒），顯示該土壤樣本本身含有極高的還原性物質。
 - 小灰蘚：在所有苔蘚處理中表現最優，其土壤還原能力顯著高於原始控制組。
- 抗氧化活性較弱（時間最長）的組別：
 - 大羽苔、大熱澤苔：脫色時間皆超過 100 秒。這顯示這兩類苔蘚處理後的土壤，其還原性物質相對較少，或其代謝產物對過錳酸鉀的反應較慢。
- 與控制組對比：只有少部分苔蘚（如地錢、小灰蘚、走燈苔）處理後的脫色時間比控制組短，說明地錢、小灰蘚、走燈苔的生長提升了土壤的還原活性。

(五)探討苔蘚處理土對綠豆、紅豆種子發芽率之影響



圖九 苔蘚處理土對綠豆種子發芽率之影響

野生羽苔對綠豆發芽的表現甚至超過了所有的控制組(圖九)。這顯示該苔蘚可能提供了極佳的保濕性，或者分泌了某些能促進種子發芽的物質。野生苔土和大羽苔的土壤對綠豆發芽有明顯的抑制作用。



圖十 苔蘚處理土對紅豆種子發芽率之影響

在紅豆的實驗中，有許多組別達到了 **90% 以上** 的發芽率，甚至「野生苔土」也有 **90%**。相較之下，綠豆在同樣的環境下（野生苔土）只有 **10%** 的發芽率。這說明**紅豆對苔蘚代謝物的抗性可能比綠豆更強**。大部分種植不同苔蘚的土壤，都會抑制綠豆或紅豆發芽，又以種植大羽苔的土壤對種子有抑制發芽的現象。

七、討論

(一)不同苔蘚原生環境之差異

- 1.氣候偏涼爽，溫度**潮濕**，陽光不直射，有遮蔭處容易發現苔蘚。
- 2.苔蘚可長在磚頭、水泥牆、屋頂、樹木、石頭、土壤上，通常一整個族群長在一起。潮濕的環境也有蕨類、地衣、藻類一同生活。
- 3.新北市烏來區的雲仙樂園和新竹縣的水濂洞都發現類似的溪蘚科的苔蘚。
新北市烏來區的雲仙樂園觀察較多種類的苔蘚，因為環境濕度較高，遮蔭處也多。
- 4.新竹縣水濂洞、六寮古道和六號花園比新竹市青青草原具有更多的苔蘚多樣性。
- 5.苔蘚是同一種的族群聚集在一起，因為它們**缺乏維管束**，需要群體一同保持水分，擠在一起可以減少暴露在空氣中的表面積，降低蒸散作用。並且苔蘚的精子需要以水為媒介才能游到雌性器官進行受精。如果只有孤零零的一株，精子很難去找到另一半。密

集的族群讓植株彼此靠得很近，只要有一層薄薄的水膜，精子就能輕鬆完成傳宗接代的任務。

(二)不同苔蘚解剖顯微鏡下之差異

我們依據台灣苔蘚微觀誌中的苔蘚外形的分類，以解剖顯微鏡觀察葉子形狀、邊緣、中肋和先端(徐子耘，台灣苔蘚微觀誌)，分出大羽苔和小羽苔的差別，它們中肋有差異，小羽苔中肋過半，而大羽苔中肋突出。

當環境變得極度乾燥，苔蘚配子體（綠色植物部分）面臨死亡威脅。為了不讓基因滅絕，植物會將剩餘的能量從「營養生長」轉向「生殖生長」，加速產生孢子體（孢蒴）。孢蒴內的孢子具有極強的耐旱與耐寒性。在乾旱期間生成的孢子可以隨風飄散到更遠、水分更充裕的地方，或者在原地進入休眠，等待下一次雨季萌發(陳冠宇、林美惠，特有生物研究)。

(三)種植不同苔蘚對土壤 pH 值影響

在自然界中，許多人直覺認為苔蘚喜歡酸性環境（如泥炭苔），但事實上，苔蘚影響土壤 pH 值的原因主要與其生理代謝與離子交換機制有關。以下是導致種植後土壤偏鹼性的幾個主要原因：

- 1.陰離子吸收與氫氧根（OH⁻）釋放:**苔蘚主要透過葉片和假根吸收養分。當苔蘚大量吸收帶負電的硝酸根離子（NO₃⁻）作為氮源時，為了維持細胞內部的電中性，植物體會向體外釋放氫氧根離子（OH⁻）或碳酸氫根離子（HCO₃⁻）。這種代謝活動會直接導致其周圍微環境（根際或接觸面）的 pH 值上升，表現出鹼性。
- 2.呼吸作用與碳酸鹽沉積:**苔蘚在生長過程中會進行呼吸作用產生二氧化碳。在某些水分充足或特定硬水灌溉的環境下，這些二氧化碳與水中的鈣、鎂離子反應，可能形成微量的碳酸鹽沉積。(吳振海、王慶華，植物生理學報植物生理學報)。

(四)不同苔蘚處理後土壤之抗氧化活性研究

過錳酸鉀檢測苔蘚處理後土壤的抗氧化活性方法，不同樣品與紫色的過錳酸鉀離子 (MnO_4^-) 反應，將其還原成無色的錳離子 (Mn^{2+})。該反應的離子方程式如下：



樣品溶液中抗氧化物質的濃度，決定了過錳酸鉀溶液被脫色所需的時間。種植不同苔蘚後的土壤，以地錢、小灰蘚、走燈苔處理後的脫色時間比控制組短，說明**地錢、小灰蘚、走燈苔**的生長提升了土壤的還原性物質（如多酚、有機酸、還原醣等）。表示種植苔蘚除了會影響土壤 pH 值外，也會分泌一些還原性物質。它們可能會對土壤造成的影響如下(張志遠、王美玲，環境科學研究)：

1.促進岩石風化與礦物釋放（有機酸、多酚）

苔蘚分泌的**有機酸**（如草酸、檸檬酸）和**多酚**具有強大的「螯合能力」。它們能與土壤中的金屬離子結合，促使岩石與礦物顆粒崩解。這就是為什麼苔蘚能在裸露的岩石上生存，並將其轉化為最初步的「土壤」。

2.調節土壤酸鹼度（有機酸）

這些酸性物質會降低局部土壤的 **pH 值**。雖然過酸不利於某些植物，但對於苔蘚而言，適度的酸化能提高土壤中磷（P）與微量元素的溶解度，使其更容易被吸收。

3. 活化土壤微生物生態圈（還原醣）

還原醣（如葡萄糖、果糖）是極佳的碳源。它們就像是給土壤微生物的「能量飲」，會吸引固氮菌、分解菌等在苔蘚下方聚集。**生物膜形成**：微生物代謝產物與醣類結合，會產生黏性，幫助細小土粒膠結成穩定的「團粒結構」。

4. 增加有機質含量（多酚）

多酚類物質具有抗氧化與抗菌作用，能減緩土壤有機質的分解速度，這有助於土壤中腐殖質的累積，長期下來能提升土壤的保水與保肥能力。

(五)探討苔蘚處理土對綠豆、紅豆種子發芽率之影響

苔蘚會分泌**多酚類化合物**和**有機酸**。這些物質對綠豆或紅豆有以下影響：

- 1.**抑制酵素活性**：豆類發芽需要「澱粉酶」將養分轉化為能量，但多酚類會結合並使其失活。
- 2.**破壞細胞膜**：高濃度的有機酸會改變細胞膜的滲透性，導致種子內部營養物質外流。
- 3.苔蘚為了吸收養分會將周邊土壤 **pH 值改變**。綠豆與紅豆偏好中性或微酸性土壤，過鹼的環境會抑制種子內部的生理代謝，導致胚根無法突破種皮。
- 4.**土壤缺氧**:種植苔蘚的土壤，因為保持濕度，底部加水，土壤常保持濕潤，讓細菌生長，使土壤中的氧減少。豆類發芽需要大量氧氣進行呼吸作用，缺氧會導致種子腐爛而不發芽。

八、結論

- (一)我們發現氣候偏涼爽，溫度潮濕，陽光不直射，有遮蔭處容易發現較多群聚的苔蘚。
- (二)在檢測不同苔蘚對土壤 pH 值的影響中，發現苔蘚種植後，土壤呈現**偏鹼性**。
- (三)透過了顯微鏡的觀察，我們發現了葉形、葉緣、中肋和先端會隨著不同的苔蘚而變化。
- (四)在檢測土壤的抗氧化性研究中，我們發現有種**地錢**、**小灰蘚**、**走燈苔**的土壤抗氧化性較好。它們的生長提升了土壤的還原性物質。
- (五)在紅豆和綠豆的實驗中，苔蘚處理的土讓綠豆或紅豆發芽率比較低。種植**大羽苔**的土壤對綠豆或紅豆有抑制發芽的現象。

九、參考資料

- (一)徐子耘 (2025)。台灣苔蘚微觀誌。城邦文化事業股份有限公司。
- (二)林仁安、林家漢、陳品宇、黃浩倫(2006)。乾與濕的策略-捲地濕葉苔和水的關係。中華民國第四十六屆中小學科學展覽說明書。
- (三)姚奎宇 (2018)。綠色的小精靈：台灣的苔蘚。國語日報。第 13 版。
- (四)黃雁琪、汪容。彈出吧!孢芽-蘚類孢芽生殖之探討(2007)。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書。
- (五)鄭景馨、李芩諭、林凱堉(2019)。蘚苔植物的妙用—以苔土種植豆科植物之研究探討。+ 中華民國第五十九屆中小學科學展覽會作品說明書。
- (六)吳振海、王慶華(2015)。植物對硝態氮攝取與根際 pH 值變化之關係研究。植物生理學報，51(4)，412-418。
- (七)陳冠宇、林美惠(2022)。水分脅迫對台灣中部小金髮苔孢子體發育之影響。特有生物研究，24(1)，12-25。
- (八)張志遠、王美玲(2024)。苔蘚根際分泌物對岩石風化及土壤肥力演變之影響。環境科學研究，22(4)，88-102。