

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

團隊合作獎

030307

蘚苔植物的妙用—以苔土種植豆科植物之研究
探討

學校名稱：新北市私立裕德實驗高級中學

作者： 國一 鄭景馨 國一 李芩諭 國一 林凱堉	指導老師： 張心怡 王鼎喬
---	-----------------------------

關鍵詞：蘚苔、豆科植物、菇

摘要

蘚苔植物是最早出現在陸地上的植物，具有角質層可防止水分散失，但不具維管束，所以個體矮小。我們選用三種蘚苔作為實驗植物：地錢、土馬騮及泥炭苔，在停止澆水 10 天後，發現三種蘚苔皆呈現枯黃樣，接續每日澆水，只有泥炭苔可恢復原本翠綠色；地錢部分變綠；土馬騮枯黃的地方持續枯黃。利用蘚苔作為基質來種植豆科植物，我們發現豆苗發育良好且停止澆水後仍有明顯生長 ($p < 0.05$)。研究中我們在地錢內萃取出萜類油體，將此萜類進行黑翅蕈蚋 (*Sciaridae sp.*) 的趨性測驗，發現黑翅蕈蚋皆呈現負趨化性 (遠離萜類)。地錢不但可維持濕潤且含有養分，因其具有萜類油體的味道，使黑翅蕈蚋不喜靠近，所以可作為良好的苔土基質。

壹、 研究動機及背景

每逢過年過節家裡都會買一些盆栽回來擺放增添喜氣，我們發現蘭花盆栽土上都會鋪著一些像是枯草的東西，原來是叫做泥炭苔的蘚苔。除此之外，其實還有很多小盆栽植物的土上都會附著一些綠綠的蘚苔，我們不經好奇，這些蘚苔有什麼用處呢？為什麼可以一起長在同一個盆栽上，難道不會互搶土中的養分嗎？

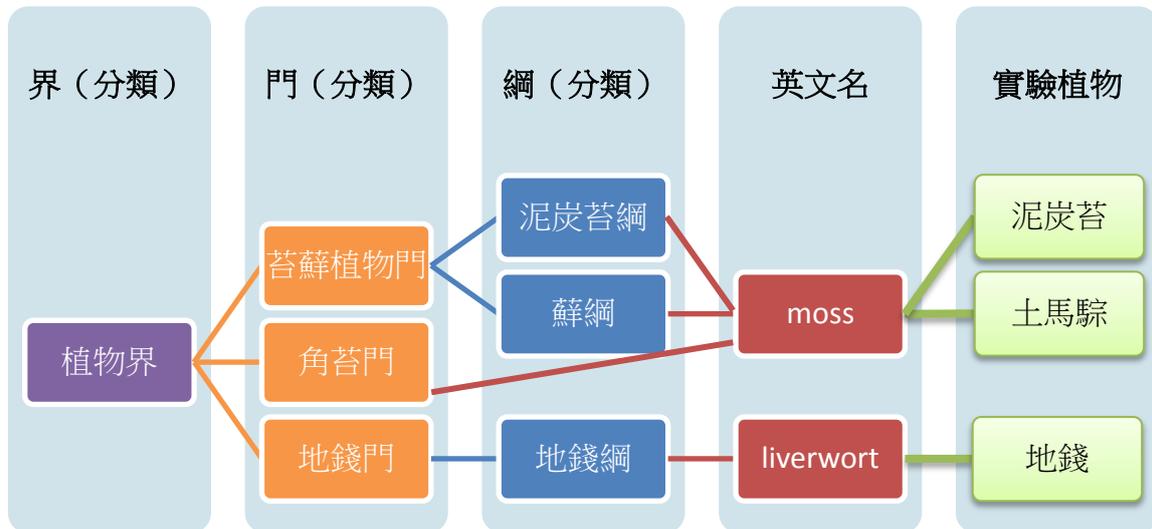
在查詢文獻時，我們發現臺灣關於蘚苔的資料極少，且在命名上與其他地區有明顯差異。例如：我們稱的泥炭「苔」，許多文獻都把它稱為泥炭「蘚」，究竟是苔還是蘚呢？

老師曾教導我們怎麼區分蘚苔，蘚就是平鋪在地面的；苔是屬於直立型。我們曾在大愛頻道「發現」這個節目中的特輯「綠色小精靈-苔蘚」看到特生中心的研究員介紹蘚苔的相關知識，也是這麼介紹蘚苔。

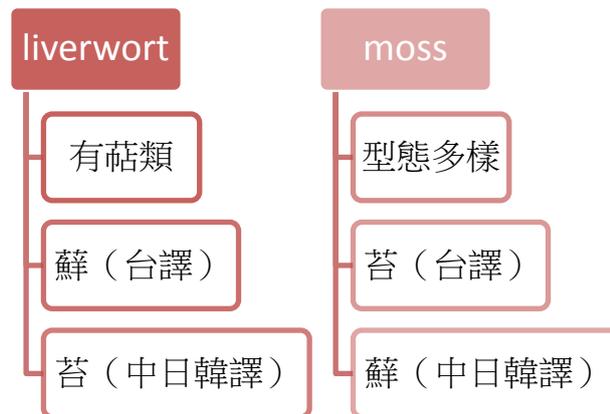
經過資料查詢，我們發現此為俗名的差異所致。臺灣教科書上稱「moss」為「苔」，「liverwort」為「蘚」，但是後來與國際交流，尤其是植物品種鑑定，常需借重日本專業，自然而然改以他們的用詞為依據。針對「liverwort」，翻譯為「苔」，此類植物因含有「油體」，他們的化學組成非常豐富又多變，且具各種生物活性。相對的「moss」，不論是化學或生物活性都較少變化，

但是型態卻異常多變、品種非常多（吳嘉麗，2016）。

根據文獻查詢，我們列出下圖歸納（僅列出與研究相關的分類，不代表這些階層只含此分類）：



圖一、蘚苔命名關係圖



圖二、蘚苔命名對照圖

由上述可以發現我國對於蘚苔的研究資料較少且有些混雜，但臺灣屬於副熱帶國家，蘚苔數量及種類極多，此外我們過去到日本旅遊時，發現日本人喜歡將蘚苔做為盆栽造景，經過良好的照顧及修剪，十分美觀，由此可看出他們對蘚苔的重視。

因此我們將生長期短、且容易發芽的豆科植物來進行栽種，探討以蘚苔作為基底土到底有什麼妙用，以及它們對豆科植物的影響，並喚起臺人對蘚苔的重視及喜愛。

【配合單元：七下 4-4 植物界】

貳、 研究目的

- 一、認識生活中常見的蘚與苔
- 二、了解蘚苔適合的生長環境
- 三、探討蘚苔對豆科植物發育的影響
- 四、分析蘚苔中萜類對豆科植物的影響

參、 研究設備及器材

一、研究設備及器材

記錄器材	數位相機、手機、電腦、筆記本
收集器材	李必氏冷凝管、燒瓶、錐形瓶、燒杯、加熱板、水管、鍋子、沙拉油、支架
觀察器材	解剖顯微鏡、複式顯微鏡、載玻片、蓋玻片、培養皿、塑膠盒
測量器材	溫度計、電子秤、API 五合一測試片
實驗器材	滴管、噴水器、氫氧化鈉、鹽酸、電鑽機、濾紙、精油、塑膠瓶、T 型水管

表一、設備及器材

二、實驗植物

(一) 豆科植物種子：

我們使用有機綠豆及有機黑豆作為實驗植物：在實驗準備前曾將綠豆、紅豆、黃豆及黑豆進行泡水，最後紅豆及黃豆的萌發效果不佳，所以我們採用綠豆及黑豆，這兩種豆類種子萌發時間較短且萌發率較高。

綠豆 (*Vigna radiata*) 為豆科、蝶形花亞科豇豆屬的植物，一年生草本，短日照作物，生長週期約為 70 至 110 天。

黑豆 (*Glycine max*) 為豆科、大豆屬的植物，一年生草本，依照種皮顏色不同可分黃豆、青豆、黑豆，而我們所使用的是黑色種皮的大豆。

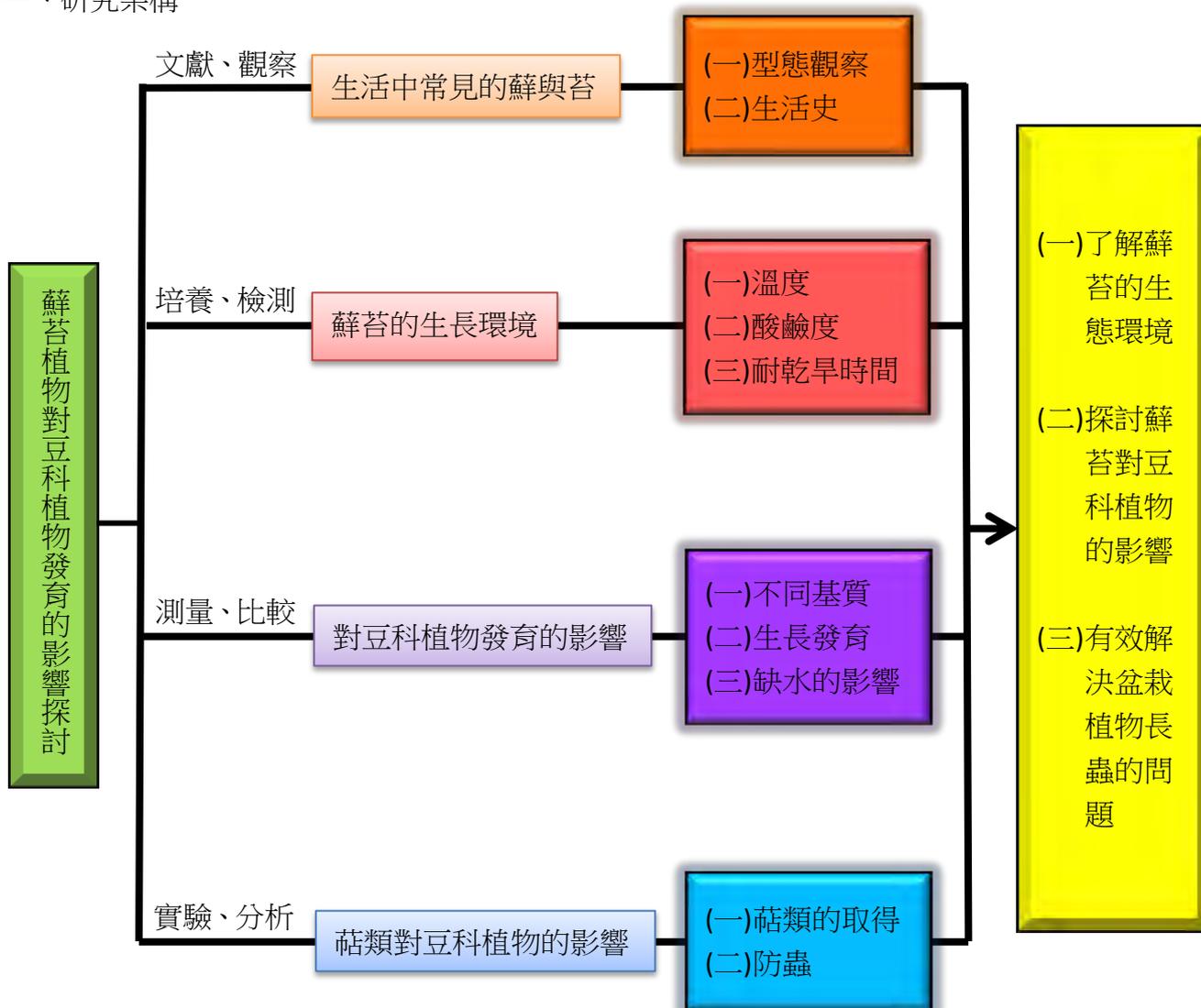
(二) 蘚苔：

為了確保實驗植物的品質及存量充足，我們皆從蘚苔專賣店—妞妞花園購買，因此可以取得品質相近且優良、大量的蘚苔。以下分別為實驗植物：

1. 泥炭苔 (*Sphagnum palustre*)
2. 地錢 (*Marchantia polymorpha*)
3. 土馬騮 (*Polytrichum commune*)

肆、 研究過程及方法

一、研究架構



圖三、研究架構

二、研究方法

(一) 蘚苔環境的設置及觀察

我們將買回來的蘚苔平鋪在塑膠盆中，並置於每日約有 4 小時陽光斜射的走廊上，每天早上皆會澆 100ml 的水，使蘚苔維持良好的狀態。如下圖所示：



圖四、蘚苔環境

每個禮拜都會進行兩次的型態記錄，利用複式顯微鏡及解剖顯微鏡來觀察，此外針對以下實驗，每天測量環境溫度。

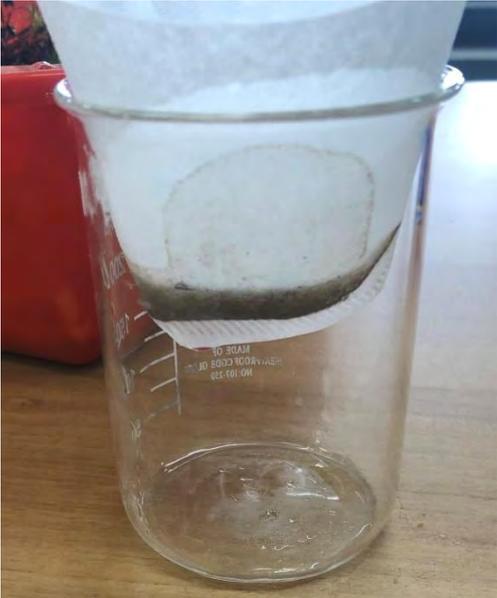
1. 酸鹼度：

測量蘚苔原本環境的pH值

分成5組，每天噴灑pH3、5的鹽酸水溶液
pH9、11的氫氧化鈉水溶液以及pH7的蒸餾水

觀察蘚苔的型態變化

圖五、蘚苔酸鹼度實驗流程圖

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取一些待測蘚苔的乾燥苔土置於濾紙中，倒入可蓋過苔土量的蒸餾水 2. 將燒杯中的水用 API 測試紙檢驗測得的 pH 值
---	---

表二、蘚苔環境的 pH 值測定

2. 耐乾旱時間：

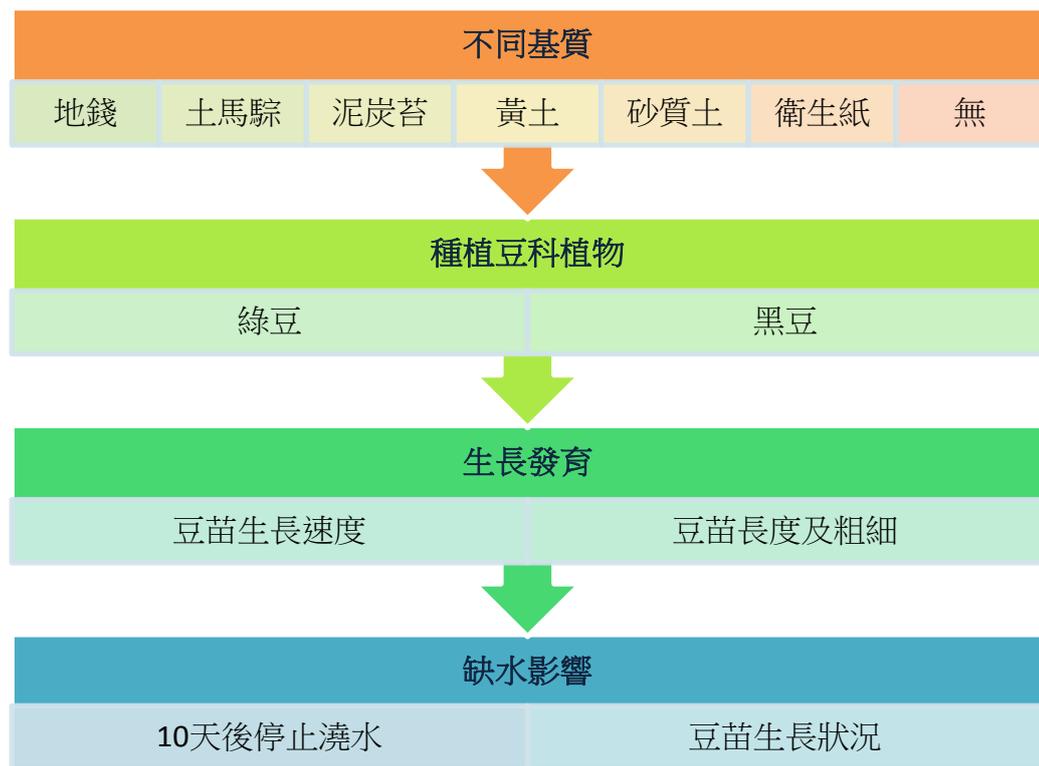


圖六、蘚苔耐旱實驗流程圖

(二) 實驗操作

1. 種植豆科植物

我們以三種蘚苔和風化黃土、砂質土、衛生紙作為基質，並將完全無基質作為對照組（共七組）來進行探討，實驗流程如下所示：



圖七、種植豆科植物實驗流程圖

2. 萃取蘚苔中的萜

針對實驗中的三種蘚苔進行萃取，我們採用萃取精油及純露的方法—簡單蒸餾法，利用高溫蒸氣通過李必氏冷凝管的方式來進行蒐集，過程如下所示：

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將蘚苔放入燒瓶內，並加水蓋過。 2. 使用加熱板進行油浴，因油的沸點較高，所以使用沙拉油進行隔油加熱。
---	---



1. 完整裝置如右所示。
2. 分別萃取三種蘚苔，每次測量加熱溫度，油鍋溫度可達 180°C ↑；加熱物可達 100°C ↑；蒸氣可達 99°C。
3. 萃取出來的植物蒸餾冷凝液會滴入錐形瓶內。
4. 接續使用滴管分離萜類及純露。

表三、簡單蒸餾法

萜烯（英語：terpene，簡稱萜，）是一系列萜類化合物的總稱，屬脂類，不溶於水，是分子式為異戊二烯（ C_5H_8 ）的化合物，其中蘚苔植物的萜類又以倍半萜（15 個碳）和雙萜（20 個碳）含量最多（吳嘉麗，2016）。主要由一些植物產生這種帶有氣味的物質，可用以阻嚇食草動物，從而達到保護功能。

3. 萜類防蟲效果

我們將萃取出來的萜類進一步做防蟲試驗，以盆栽植物中常出現的黑翅蕈蚋（*Sciaridae sp.*）作為實驗生物，進行其趨性測驗。

	<p>腐植土附近的黑翅蕈蚋</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 趨性測驗裝置如左所示。 2. 將兩個寶特瓶中放入待測物質。（例如：衛生紙滴萜或水）



表四、黑翅蕈蚋趨性測驗



圖八、趨性測驗實驗組

伍、 研究結果

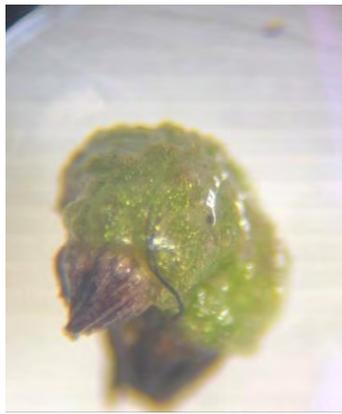
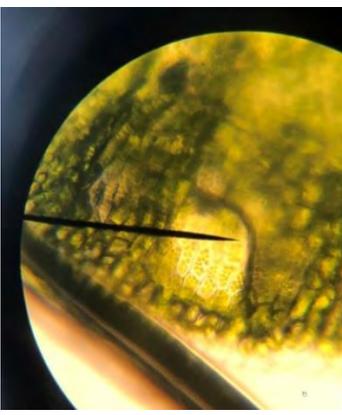
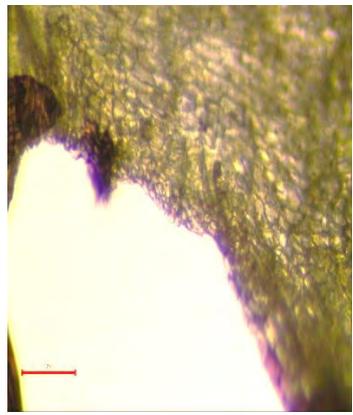
一、認識生活中常見的蘚與苔

我們針對國中課本及生活中常提到的蘚苔來進行探討，分別為地錢、土馬騮及泥炭苔。蘚苔植物是最早出現在陸地上的植物，具有角質層可防止水分散失，但因沒有維管束，無根、莖、葉之分，所以個體較矮小。

(一) 型態觀察

1. 地錢

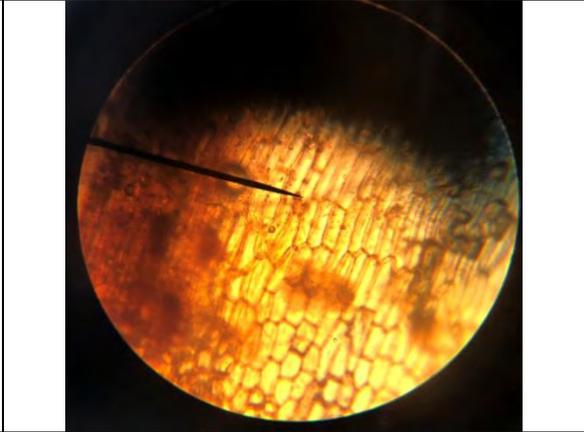
經檢索後確定我們所購買的地錢為 *Marchantia polymorpha*，呈扁平狀，喜好含氮肥沃的土壤，所以常見於低海拔的農田旁。葉狀體成二分岔，有時可在葉狀體上看到孢芽杯，此為地錢無性繁殖的構造；另外也有有性生殖的構造—雄配子體及雌配子體。

		
<p>地錢葉狀體的二分岔</p>	<p>地錢的雌配子 (解剖 40X)</p>	<p>地錢葉狀體的表面構造 (解剖 40X)</p>
		
<p>地錢的葉狀體(複式 40X)</p>	<p>細胞中的葉綠體 (複式 600X)</p>	<p>地錢中的細胞壁 (立體 變焦顯微鏡 80X)</p>

表五、地錢的構造

2. 土馬騮

土馬騮 (*Polytrichum commune*)，又名金髮苔，呈直立狀，有明顯的假根、假莖及假葉，藉著假根固著在土壤內。

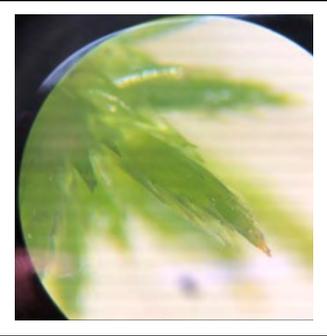
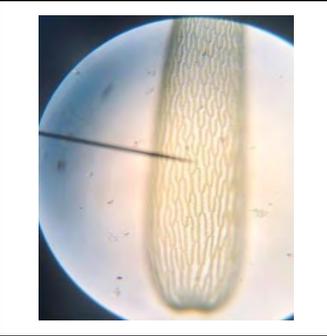
	
土馬駝的假根、假莖、假葉	土馬駝的假葉細胞（複式 600X）

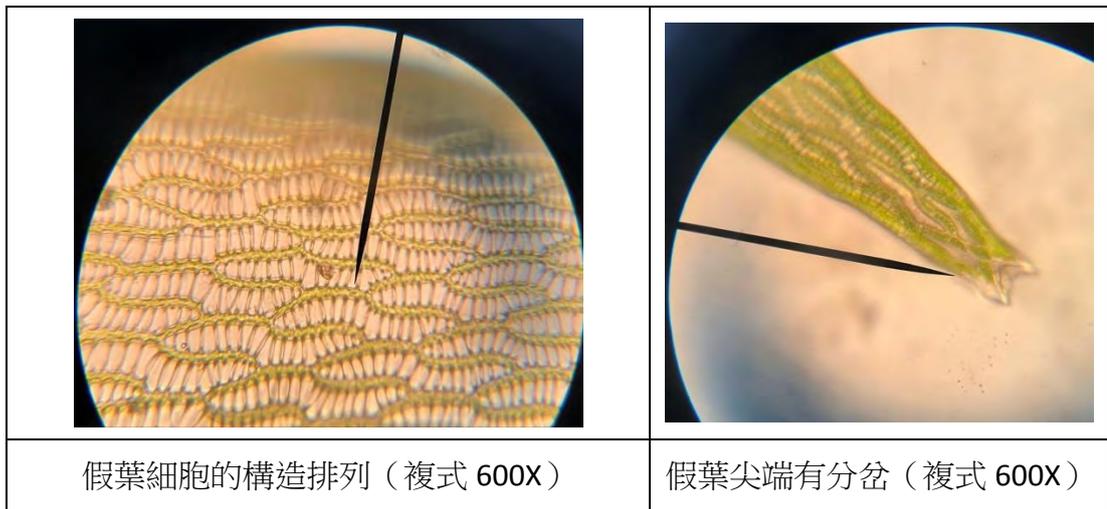
表六、土馬駝的構造

3. 泥炭苔

泥炭苔屬的莖沒有假根，會在沼澤中緊密叢生，下部逐漸死亡（呈現褐色），上部繼續生長。我們的實驗材料泥炭苔（*Sphagnum palustre*）可以吸收自身乾重 10 倍以上的水，這歸功於其彈性螺旋纖維（如下表所示），假葉有兩種細胞：大型無色且細胞壁螺紋加厚的死細胞可儲水；而綠色的小細胞能行光合作用（Yu Feng，2018）。

經曬乾後的泥炭苔是園藝常見的優秀介質，保水性佳又透氣，常常代替土壤成為讓盆景植物生長的介質，例如養蘭或包裹苗木。

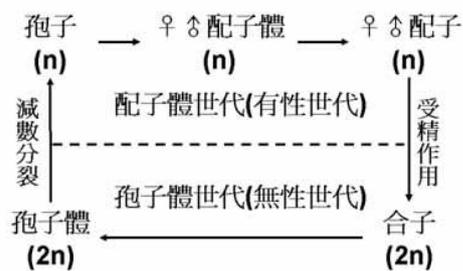
		
泥炭苔的假葉	（解剖 40X）	假葉（複式 40X）



表七、泥炭苔的構造

(二) 生活史

植物的生活史中有兩種不同的形態，分別為配子體（gametophyte）世代和孢子體（sporophyte）世代，這兩種世代會輪流出現，因此我們稱之為「世代交替」。

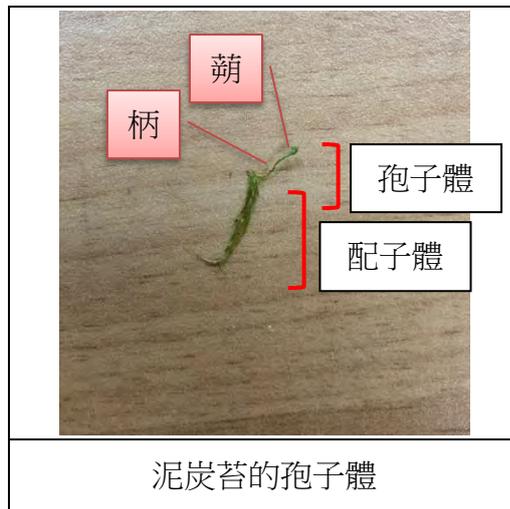


圖九、植物的世代交替圖（圖片來源：科學 Online—世代交替）

其中，蘚苔植物與其他維管束植物較不同的地方在於主要以配子體型態出現，如下所示：

蘚苔植物	蕨類及種子植物
配子體發達（n）	孢子體發達（2n）
孢子體寄生在配子體上	蕨類：配子體獨立生活 種子植物：配子體寄生在孢子體上

表八、植物的世代交替表



表九、蘚苔的孢子體與配子體

二、了解蘚苔適合的生長環境

我們針對地錢、土馬騮及泥炭苔這三种植物適合的酸鹼度及耐乾旱時間進行探討，並於每次觀察測量當日溫度。

(一) 酸鹼度

將買回來的蘚苔測量其原先環境的酸鹼度，結果如下所示：

地錢 pH= 8.0	土馬騮 pH= 6.0	泥炭苔 pH= 6.0

表十、蘚苔土壤酸鹼度

地錢土壤呈鹼性，土馬騮及泥炭苔則呈酸性。接下來將這三種蘚苔分成五組，每天噴灑 pH= 3、5、7、9、11 的水溶液，觀察其外觀變化，結果如下所示：

日期/溫度	pH=3、5	pH=7	pH=9、11
第一天 2019/1/11 28.5°C	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○
第三天 2019/1/13 25°C	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○
第五天 2019/1/15 25°C	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ◎
第七天 2019/1/17 24°C	土馬騮: ○ 地錢: ◎ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ◎ 泥炭苔: ⊙
第九天 2019/1/19 27°C	土馬騮: ○ 地錢: ⊙ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ⊙ 泥炭苔: ⊕
第十一天 2019/1/21 23°C	土馬騮: ○ 地錢: ⊙ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ○ 泥炭苔: ○	土馬騮: ○ 地錢: ⊕ 泥炭苔: ●

【生長情形】○=外觀無異 ◎=輕微枯黃 ⊙=幾乎枯黃 ⊕=完全枯黃 ●=枯黑爛掉

表十一、蘚苔噴灑不同酸鹼溶液的外觀變化

根據上述實驗，我們發現：地錢可存活於噴灑中性至偏鹼性水溶液的環境中；土馬騮並不受酸鹼性水質的影響；泥炭苔可存活於酸性水溶液的環境中。

(二) 耐乾旱時間

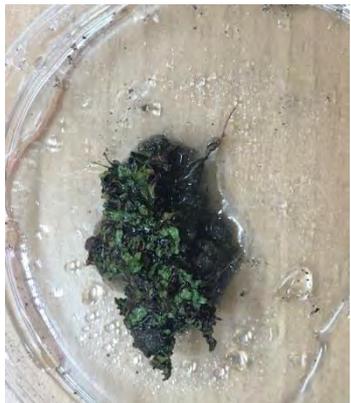
將地錢、土馬駱及泥炭苔連續澆水一個禮拜後，開始停止澆水測其耐乾旱時間及外觀變化。結果如下所示：

日期/種類	地錢	土馬駱	泥炭苔
第一天 2019/1/11	○	○	○
第三天 2019/1/13	○	○	○
第五天 2019/1/15	⊕	⊕	⊕
第七天 2019/1/17	●	⊙	⊙
第九天 2019/1/19	⊙	⊙	⊙
第十一天 2019/1/21	⊙	⊙	⊙

【生長情形】○=外觀無異 ⊙=輕微乾枯 ⊙=完全乾枯 ⊕=輕微捲起 ●=完全捲起

表十二、蘚苔耐乾旱時間

停止澆水 10 天後，發現蘚苔皆呈現枯黃樣，接下來開始每天澆水，觀察蘚苔是否恢復。我們發現僅有泥炭苔可恢復原本翠綠色；地錢部分變綠；土馬駱枯黃的地方持續枯黃。結果如下所示：

2019/1/26 地錢	2019/1/26 土馬駱	2019/1/26 泥炭苔
		

表十三、蘚苔乾旱後澆水恢復情形

三、探討蘚苔對豆科植物發育的影響

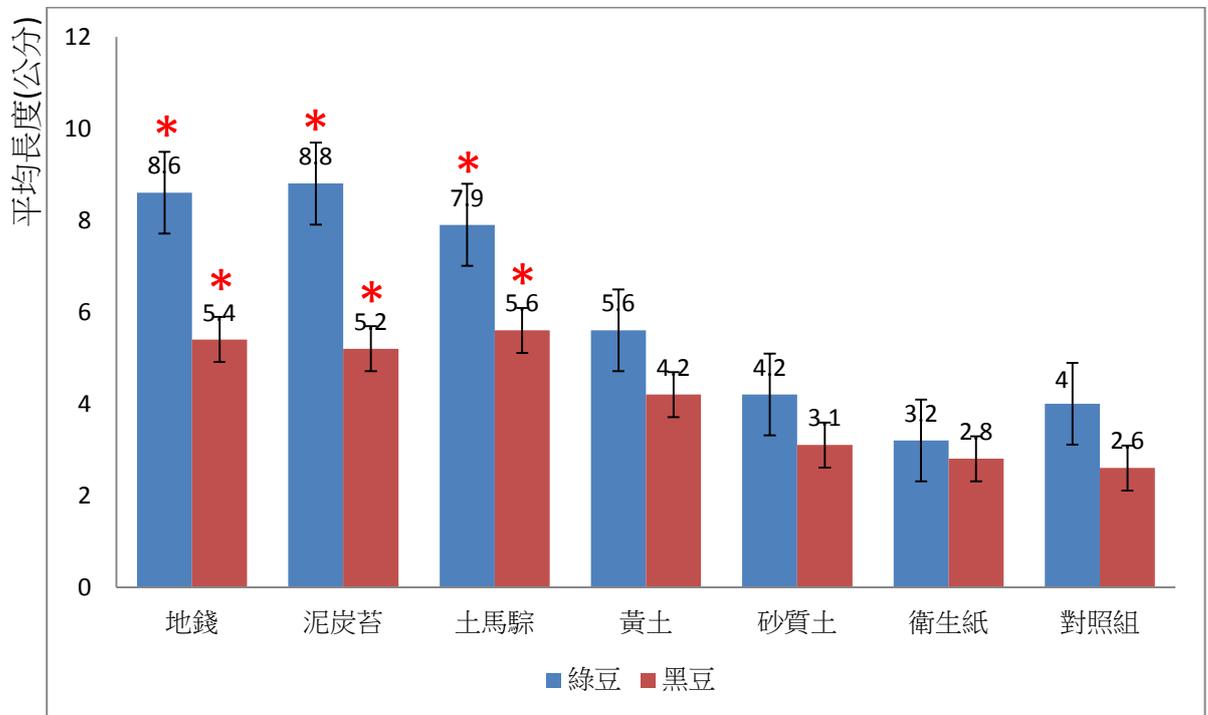
了解蘚苔的生活環境，以及其耐乾旱的特性後，我們將它作為種植豆科植物的基底，來探討對植物發育的影響。

(一) 生長發育

根據豆苗的生長情形，每天進行觀察紀錄，並針對第五天及第十天不同組的豆苗生長長度及粗細進行探討。

1. DAY5

綠豆及黑豆苗粗細大致相同（0.15 ~ 0.2 cm），長度則以三種蘚苔組發育得較好。

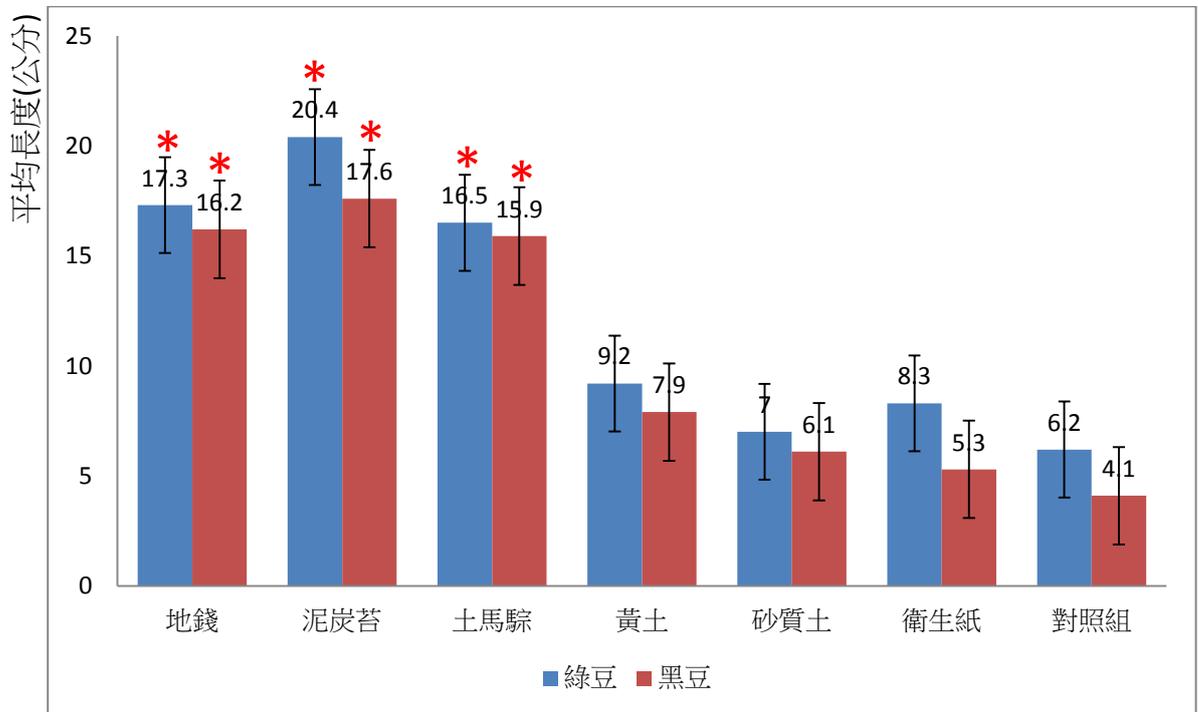


* 表示與對照組相比，在單尾 T-test 上($\alpha=0.05$)，皆達顯著差異($p<0.05$)。

圖十、DAY5 綠豆、黑豆在不同基質的發育情形（平均±標準差）

2. DAY10

綠豆及黑豆苗粗細大致相同（約 0.2 cm），長度以泥炭苔組的發育最好，再來依序為地錢、土馬駝，長得最差的為砂質土、衛生紙組及對照組。

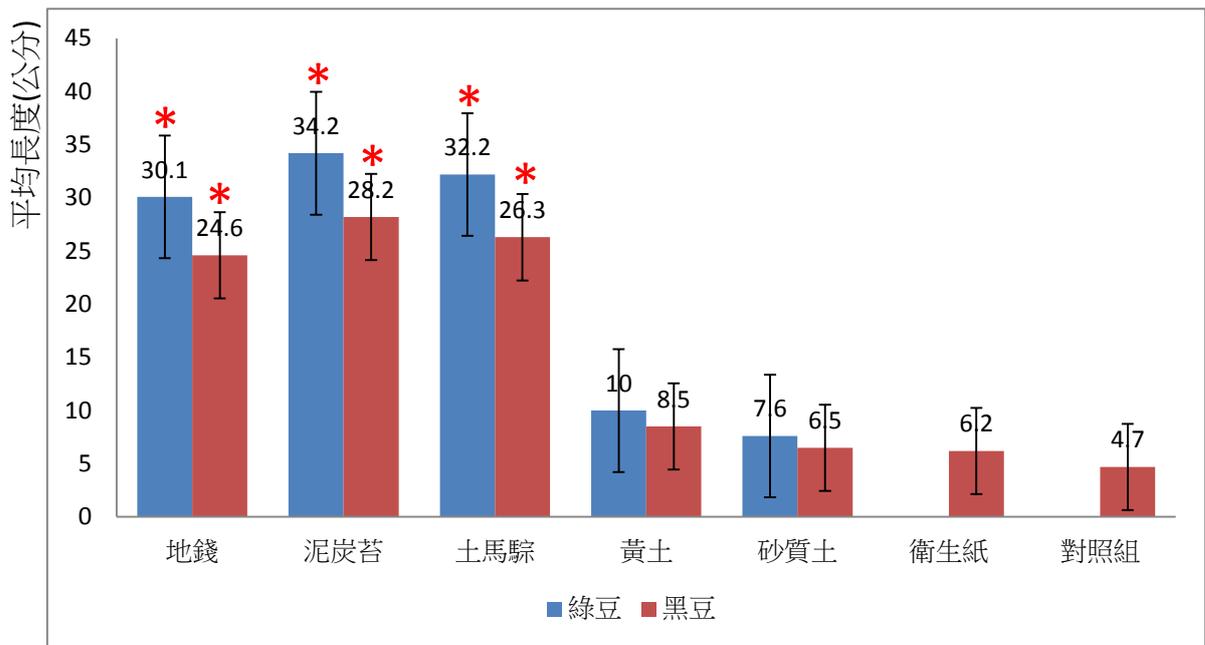


* 表示與對照組相比，在單尾 T-test 上($\alpha=0.05$)，皆達顯著差異($p<0.05$)。

圖十一、DAY10 綠豆、黑豆植物在不同基質的發育情形（平均±標準差）

(二) 缺水的影響

我們在豆苗種植第十天後停止澆水，觀察豆科植物的生長情形，並且記錄停止澆水後十天的長度，除了「砂質土組、衛生紙組」及對照組無明顯生長且部分豆子死亡外，三種蘚苔組及黃土組皆有生長，但蘚苔組較明顯，推測原因為以蘚苔當作基質具有保水的作用，且依照保水效果：泥炭苔 > 土馬駝 > 地錢 > 黃土。



* 表示與對照組相比，在單尾 T-test 上($\alpha=0.05$)，皆達顯著差異($p<0.05$)。

圖十二、停止澆水對綠豆、黑豆發育的影響（平均±標準差）

因此以蘚苔做為種植植物的基底土，可減少需定期頻繁澆水的麻煩，且利用蘚苔種植的豆科植物發育狀況良好，所以可作為良好的盆栽基底。

四、分析蘚苔中萜類對豆科植物的影響

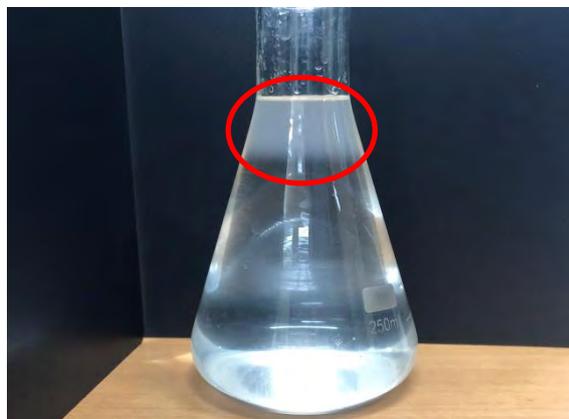
從研究三我們知道蘚苔具有保水效果，接續利用簡單蒸餾法，萃取三種蘚苔的冷凝液，觀察是否含有萜類，並且分析蘚苔中的萜類對豆科植物之影響。

(一) 萜類的取得

經過一小時的蒸餾，我們將萃取的冷凝液進行觀察，皆含有原本植物體的特殊氣味，冷凝液中的液體部分即我們俗稱的植物純露；而浮在上層的油體部分則為萜類。從研究中我們僅在地錢內萃取出萜類油體；土馬駝及泥炭苔只能萃取出純露。結果如下所示：

		
地錢	土馬駱	泥炭苔
純露= 280ml 蒴類油體= 25 ml	純露= 250 ml 蒴類油體= 0 ml	純露= 250 ml 蒴類油體= 0 ml

表十四、蘚苔冷凝液萃取量



圖十三、萃取地錢之上層的蒴類油體

為了確定萃取出來的油體為蒴類，我們進行物質互溶的實驗，結果如下表所示。我們使用水、95%酒精、沙拉油及五種精油，其中樟樹及樟腦迷迭香是含有蒴類的精油，結果顯示蒴類油體的溶解特性與含蒴類精油相似，且可溶於含蒴類精油中。

測試項 實驗項	水	95% 酒精	沙拉 油	精油				
				甜馬鬱蘭	檸檬	葡萄柚	樟樹	樟腦迷迭香
純露	V	V	X	X	X	X	X	X
蒴	X	V	O	X	X	X	V	V
精油	X	V	V					
實驗項的精油為樟腦迷迭香				代號說明：V=互溶 X=不可溶 O=部分不溶				

表十五、萃取物質互溶實驗

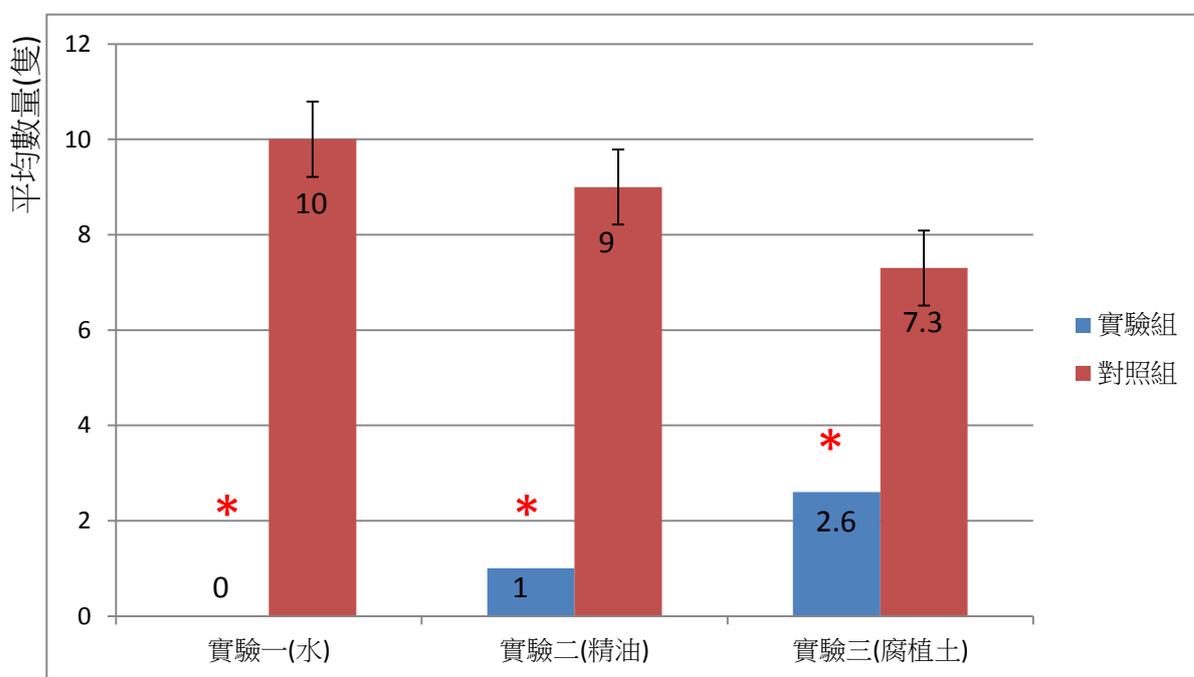
(二) 防蟲

在豆科植物觀察紀錄中，我們發現肥沃營養且潮濕的環境會吸引昆蟲前來，尤其是令人感到厭煩的小黑蟲（黑翅蕈蚋 *Sciaridae sp.*），黑翅蕈蚋屬腐質性蠅類，喜好潮濕且多有機質的栽培介質，成蟲通常會產卵在培養土中，所以市售的土壤多含有此種產卵在其中。雖然本身對於植物體不會造成直接的損害，但數量多時卻是有礙觀瞻。

從我們的觀察紀錄中發現，每個實驗組皆會有黑翅蕈蚋在附近環繞，但是數量卻有極大差異，在地錢、衛生紙及對照組的環境，黑翅蕈蚋數量明顯較少；泥炭苔及黃土環境的黑翅蕈蚋數量明顯較多。推測原因為：

1. 泥炭苔比較可以維持長時間濕潤而黃土則是含有養分的環境。
2. 地錢雖可維持濕潤且含有養分，但因具有萜類油體的味道，可能使黑翅蕈蚋不喜靠近。

為了確認是否因萜類導致黑翅蕈蚋在地錢環境中較少，因此我們將黑翅蕈蚋進行三個趨化性測驗，結果如下所示：黑翅蕈蚋皆遠離萜類，具有負趨化性。



* 表示與對照組相比，在單尾 T-test 上($\alpha=0.05$)，皆達顯著差異($p<0.05$)。

圖十四、黑翅蕈蚋數量統計圖

陸、 研究結論

一、認識生活中常見的蘚與苔

- (一) 地錢 (*Marchantia polymorpha*)，呈扁平狀，葉狀體成二分岔。
- (二) 土馬騮 (*Polytrichum commune*)，呈直立狀，有明顯的假根、假莖及假葉。
- (三) 泥炭苔 (*Sphagnum palustre*) 假葉具有大型無色的死細胞可用來儲水。
- (四) 蘚苔植物之世代交替主要以配子體型態出現，且孢子體寄生在配子體上。

二、了解蘚苔適合的生長環境

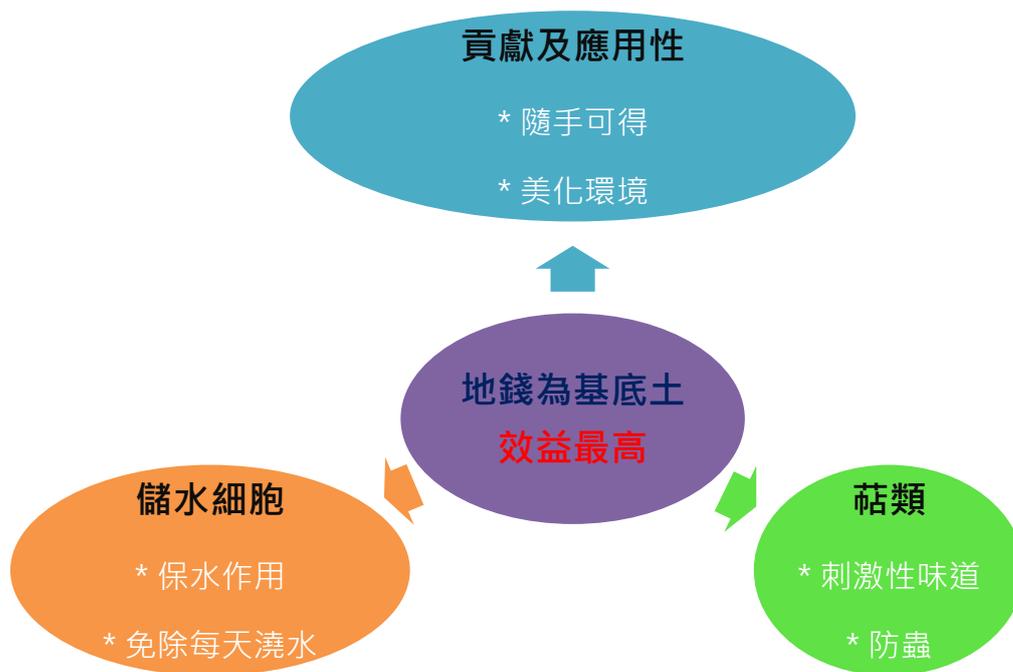
- (一) 地錢：中性至偏鹼性環境；土馬騮：不受酸鹼性的影響；泥炭苔：酸性環境。
- (二) 耐乾旱程度：停止澆水 10 天後，發現三種蘚苔都枯黃。
- (三) 回復程度：接續每日澆水，僅有泥炭苔可恢復，地錢部分變綠，土馬騮持續枯黃。

三、探討蘚苔對豆科植物發育的影響

- (一) 作為基質的發育良好程度：泥炭苔 > 地錢 > 土馬騮。
- (二) 在種植第十天後停止澆水，保水效果依序為：泥炭苔 > 土馬騮 > 地錢 > 黃土。
- (三) 以蘚苔做為基底土，可減少定期澆水的麻煩。

四、分析蘚苔中萜類對豆科植物的影響

- (一) 僅在地錢內萃取出萜類。
- (二) 黑翅蕈蚋 (*Sciaridae sp.*) 對萜類皆呈現負趨化性 (遠離萜類)。
- (三) 地錢具有萜類的味道，會使黑翅蕈蚋不喜靠近，所以可作為良好的苔土基質。



圖十五、總結論圖

柒、 研究討論

一、紅豆及黃豆的萌芽率差

原先進行實驗時，我們想針對市面上常見的豆子進行研究，所以選擇綠豆、紅豆、黃豆及黑豆，其中綠豆及紅豆皆為豇豆屬的植物；而黑豆及黃豆皆為大豆屬大豆種的植物，但種皮顏色不同。依照其萌芽速度及萌芽率的比較：綠豆>黑豆>黃豆>紅豆，且泡水使之萌芽的過程中，紅豆及黃豆的水皆會發出濃濃的悶臭味，黃豆水中每天都有果蠅飛入。



	 <p>黑豆萌芽率= 71% (N=283) 黃豆萌芽率= 32% (N=256) 紅豆萌芽率= 2% (N=365)</p>
<p>紅豆泡水六天 (每天皆有換水)</p>	<p>三種豆類泡水六天萌芽情形</p>

表十六、黑豆、黃豆、紅豆萌芽狀況

綠豆泡水一天即可發芽，黑豆所需時間較長需要三天，萌芽率高但不及綠豆；黃豆及紅豆皆要到 5~6 天才發芽，且萌芽率低。查詢資料後發現如果在適當的季節栽種，這三種豆類皆可在 3 天內萌芽，而綠豆則是一年四季皆可順利萌芽。

黑豆原為溫帶作物，適合在短日照下生長，不宜在晚春或夏作栽培；而紅豆及黃豆適合在春、夏作栽培，紅豆性喜溫暖，一般從播種至開花結果時宜高溫，不耐低溫。我們的研究皆在冬天進行，所以才會出現黃豆及紅豆萌芽效果不佳，但黑豆效果很好的現象。

二、蘚苔適合的酸鹼度

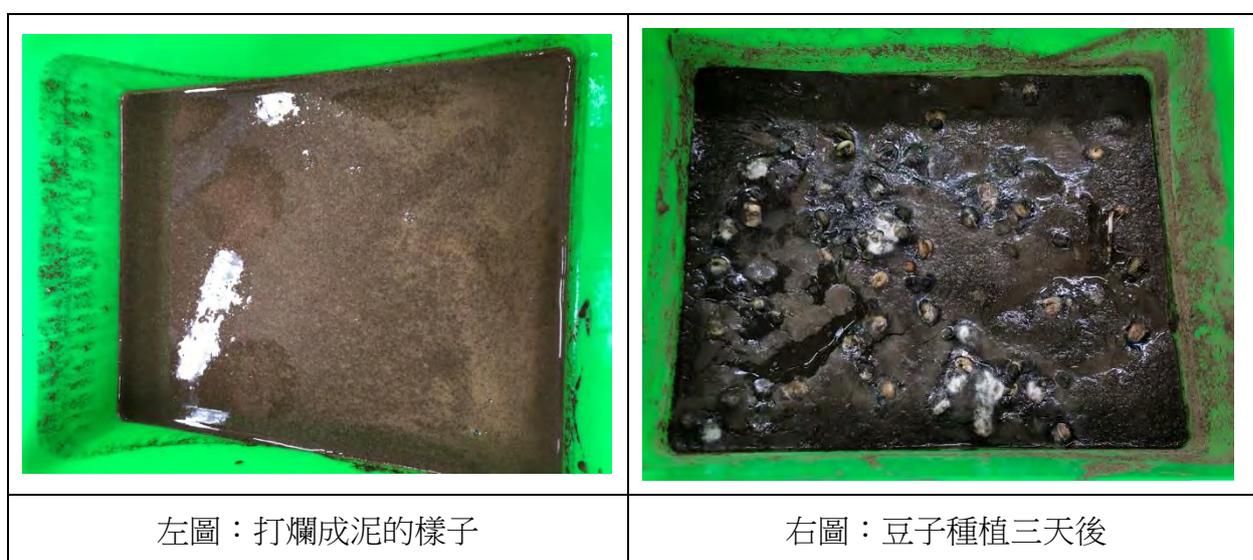
對於蘚苔適合生長的土壤酸鹼度研究較少，僅有對陽明山常見的泥炭苔研究較多，陽明山屬火山地形，因噴發的岩漿含有硫磺，導致附近土壤多屬酸性，周遭植被少，但泥炭苔正是喜好在酸性環境生長的植物，所以分布於翡翠谷及夢幻湖等酸性沼澤湖泊旁。

而土馬騮及地錢則沒有相關研究顯示其適合生長的環境，地錢可在臺灣平地或山間小路上發現，尤其是農田地旁常常可看見其蹤跡；而土馬騮則分布於臺灣中海拔沼溼地、陽明山夢幻湖。臺灣的土壤因為酸雨及使用農作物肥料的關係，多呈酸性（如附件一所

示，我們標上土壤的酸鹼性)，但本研究作出的蘚苔原先環境酸鹼性測試，泥炭苔和土馬騮皆符合酸性；地錢則為鹼性，這與臺灣地質不符合，但因不知購買的蘚苔來源為何處取得，因此只能推斷與取樣的環境有關。

三、將地錢與土打爛取代苔土

因地錢葉狀體相較於其他蘚苔大，且難以塑形，所以市面上並沒有以地錢為基底的盆栽植物及苔球。於是我們嘗試用果汁機將地錢與土加水打爛成泥，並且種植豆科植物，觀察豆科植物生長情形以及地錢癒傷組織（callus）的形成。



表十七、地錢與土打爛成泥之生長情形

結果如上右圖所示，豆子及部分苔土發霉，放入苔土內的豆子皆為發芽之綠豆、黑豆，但三天後全部死亡，且發出惡臭。推斷原因為地錢打爛的細胞組織無法形成癒傷組織，且因土內可能含有其他微生物，進而感染地錢細胞，導致整個苔土環境惡化。

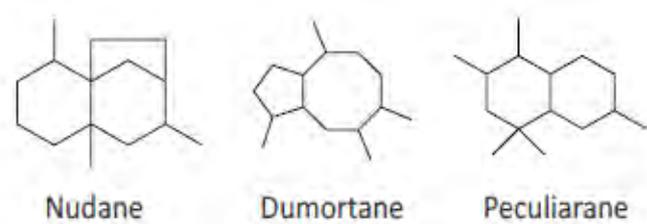
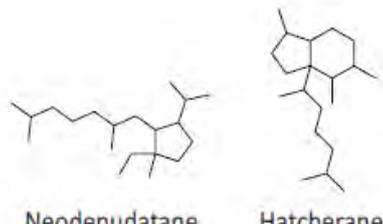
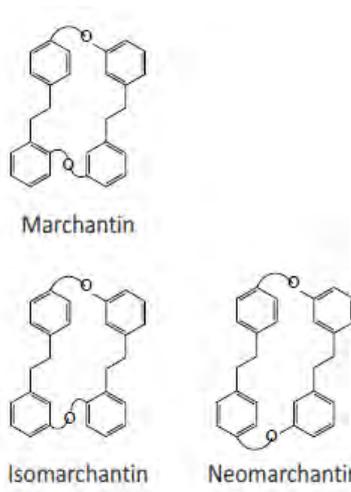
四、蘚苔植物與其他植物的排斥作用

蘚苔植物與其他維管束植物不同處在於無明顯根、莖、葉分化，假葉及其他組織皆可吸收水分及養分，除此之外，蘚苔植物還可截留環境中的水分及無機養分，例如：降雨等（劉美娟，2004），因此不一定需要從土壤中獲得這些物質。我們發現市面上較少人

以草坪上會出現的草種做為盆栽基底，因其為維管束植物，會與我們所種植的植物互搶養分，但使用蘚苔植物則不會發生此問題。未來可進一步研究蘚苔植物是否適合每一種植物，會不會與其發生排斥作用，導致生長效果日亦漸差的現象。

五、地錢門中的萜

主要存在於地錢門的有倍半萜 ($C_{15}H_{24}$) 和雙萜 ($C_{20}H_{32}$)，另還有非萜類油體，脂溶性芳香族化合物—雙二苄基類。其實並非只有地錢門植物含有萜烯，有辛香辣味道的植物及某些動物體內也可萃取出萜類，根據文獻查詢，我們統整下表關於地錢門中油體的比較，圖片取自 (吳嘉麗，2016)。

地錢代謝化合物	骨架	出現的植物體
倍半萜	 <p>Nudane Dumortane Peculiarane</p>	木蘭目、芸香目、 山茱萸目及菊 目.....
雙萜	 <p>Neodenudatane Hatcherane</p>	咖啡、紫杉、銀 杏.....
雙二苄基類	 <p>Marchantin Isomarchantin Neomarchantin</p>	地錢

表十八、地錢門之代謝化合物比較表

未來可將地錢門中不同種植物萃取出來的萜進行比較，測試哪一種的防蟲效果較佳，進而應用在盆栽造景上。

捌、 未來展望

一、探討不同種蘚苔對於其他植物的發育影響

本研究只探研究生長期短且易於觀察的豆科植物，但大多數的蘚苔栽種是應用於蘭花或室內盆栽植物上，所以未來可以將研究重點放在探討對其他植物發育的影響。

二、將萃取出來的萜類作進一步的純化分析

我們實驗中萃取出來的萜類油體僅做簡單的互溶性分析，因受限於學校儀器設備，詢問過專家教授，若未來有機會可以將萜類進行詳細的物質純化分析。例如：

1. HPLC 高效液相層析：可分離混合物，並作區別。
2. MASS 質譜法分析：將含萜類混合物，置於不同電場下，進行分離。

三、將含有萜類的地錢廣用於植物栽種上

種植在室內的植物最討厭遇到有小蟲子到處飛來飛去，根據本研究發現地錢含有萜類可以防蟲，且在土的表層覆蓋著地錢，可以使盆栽更美觀，我們在日本旅遊時常發現，他們的地景植物多有蘚苔覆蓋（如下表所示），所以未來可將地錢運用於盆栽植物及庭院植物上，增添其療育的效果。



表十九、日本的蘚苔造景

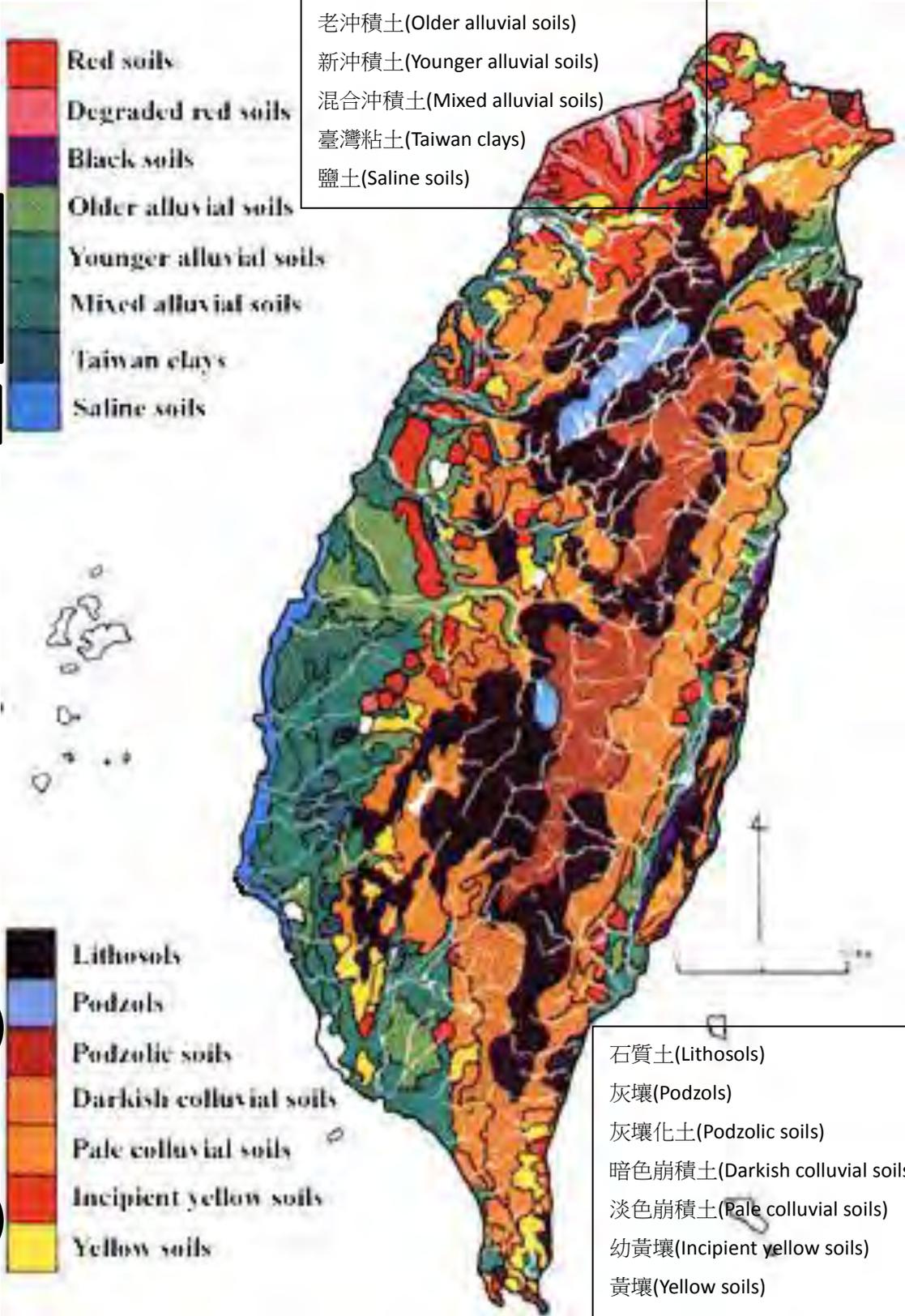
玖、 參考資料

- 一、翰林出版自然與生活科技七下 4-4 植物界。
- 二、吳嘉麗(2016)。窺看「苔蘚」奧秘 — 新骨架與生物活性。科學月刊第 563 期。
- 三、楊嘉棟(2016)。綠色小精靈—臺灣苔蘚植物多樣性。科學月刊第 562 期。
- 四、阿簡生物筆記。手工萃取樟樹純露。2019.01.24 取自：
http://a-chien.blogspot.com/2018/04/blog-post_16.html
- 五、劉美娟(2004)。鴛鴦湖森林生態系地表苔蘚植物對養分循環之影響。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。花蓮縣。
- 六、游文楓、沈美卿、王琇儀、蘇荷婷(1992)。陽明山國家公園及鴛鴦湖自然生態保護區泥炭苔屬植物生態之研究與應用。中華民國第 32 屆中小學科學展覽會。
- 七、Yu Feng (2018)。[苔蘚學堂]淺談泥炭苔。取自：
<https://medium.com/@daintsuoh/%E8%8B%94%E8%98%9A%E5%AD%B8%E5%A0%82-%E6%B7%BA%E8%AB%87%E6%B3%A5%E7%82%AD%E8%8B%94-b35155c77f16>

附件一

酸
酸鹼均有
鹼

- 紅壤(Red soils)
- 退化紅壤(Degraded red soils)
- 黑色土(Black soils)
- 老沖積土(Older alluvial soils)
- 新沖積土(Younger alluvial soils)
- 混合沖積土(Mixed alluvial soils)
- 臺灣粘土(Taiwan clays)
- 鹽土(Saline soils)



酸

酸

- 石質土(Lithosols)
- 灰壤(Podzols)
- 灰壤化土(Podzolic soils)
- 暗色崩積土(Darkish colluvial soils)
- 淡色崩積土(Pale colluvial soils)
- 幼黃壤(Incipient yellow soils)
- 黃壤(Yellow soils)

圖片取自 剖面土綱—台灣土壤分類 http://lab.ac.ntu.edu.tw/soilsc/sc/sc_box_taiwan.html。

【評語】 030307

1. 本研究乃利用三種苔蘚植物(地錢、土馬騮及泥炭苔)做為實驗植物材料，以豆科植物為測試材料進行此研究，探討做為綠豆及黑豆等豆科植物發芽與生長的基質之可行性評估，進而發現自地錢內萃取出萜類油體，可防治黑翅蕈蚋。
2. 蘚苔植物是一種具有角質層，個體矮小可作為表土防止水分散失的植物。這個實驗首先測試地錢、土馬騮及泥炭苔等三種蘚苔植物的耐旱性，發現泥炭苔最好。接著發現若用蘚苔作為基質來種植豆科植物，不但豆苗發育良好，且較耐旱。
3. 此研究作品能妥善運用國中課本中上課所學，設計實驗以達學以致用。
4. 此研究探討問題與應用的立意頗佳，但聚焦度稍嫌不足。
5. 蘚苔類的生長條件、應用於豆類植物的生長觀察(長度/根莖比/對葉數/質量…等等應多考慮)、萜類的驅蟲效果，都還有可深入探討的空間。另外蘚苔類是否適合台灣高濕高熱的環境?(豆科是否本身比蘚苔類更強韌?)
6. 研究所獲得地錢蒸餾萃取出物質是萜類或者是雙二萜基類，雖目前的研究尚缺直接證據證明，但也提供未來持續的研究方向。
7. 針對萜類幫助驅除黑翅蕈蚋的實驗中，作者利用蒸餾法萃取出萜類油體證實可以驅除黑翅蕈蚋，這算是創新的發現。不過因為萜類油體為高度濃縮後的產品，現實中因為蘚苔植物生長過程中，是否能夠散發出足夠的油體來驅除黑翅蕈蚋等

害蟲，仍有爭議。建議同學可以再加強實驗設計，觀察黑翅蕈蚋對不同蘚苔植物的趨向性。

8. 在保水基質方面，一般而言現在所用的水苔(泥炭蘚)為已經處理的基材，主要功能為保持水分，而此研究的方式為選用活體植物，因此將包含其他變數，且應先針對苔蘚植物的形態資料進行文獻探討與收集，可初步了解到泥炭蘚的保水功能與特殊細胞有關。

摘要

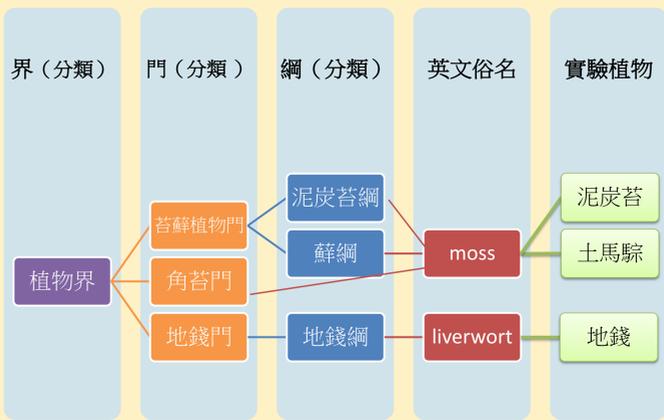
蘚苔植物是最早出現在陸地上的植物，具有角質層可防止水散失，但不具維管束，所以個體矮小。我們選用三種蘚苔作為實驗植物：地錢、土馬騾及泥炭苔，在停止澆水10天後，發現三種蘚苔皆呈現枯黃樣，接續每日澆水，只有泥炭苔可恢復原本翠綠色；地錢部分變綠；土馬騾枯黃的地方持續枯黃。利用蘚苔作為基質來種植豆科植物，我們發現豆苗發育良好且停止澆水後仍有明顯生長 ($p < 0.05$)。研究中我們在地錢內萃取出蒴類油體，將此蒴類進行黑翅蕈蚋 (*Sciaridae sp.*) 的趨性測驗，發現黑翅蕈蚋皆呈現負趨化性 (遠離蒴類)。地錢不但可維持濕潤且含有養分，因其具有蒴類油體的味道，使黑翅蕈蚋不喜靠近，所以可作為良好的苔土基質。

壹、研究動機及背景

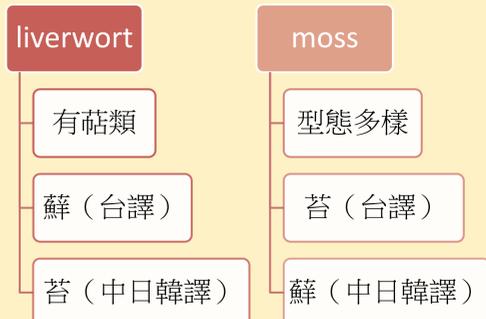
我們發現很多小盆栽植物的土上都附著一些綠綠的蘚苔，於是不經好奇，這些蘚苔有什麼用處呢？

在查詢文獻時，我們發現臺灣關於蘚苔的資料極少，且名稱與其他地區不同，經過資料查詢，了解此為俗名的差異所致，所以我們列出了右圖的歸納。

因此我們將生長期短、且容易發芽的豆科植物來進行栽種，探討以蘚苔作為基底土到底有什麼妙用，以及它們對豆科植物的影響，並喚起臺人對蘚苔的重視及喜愛。



圖一、蘚苔命名關係圖



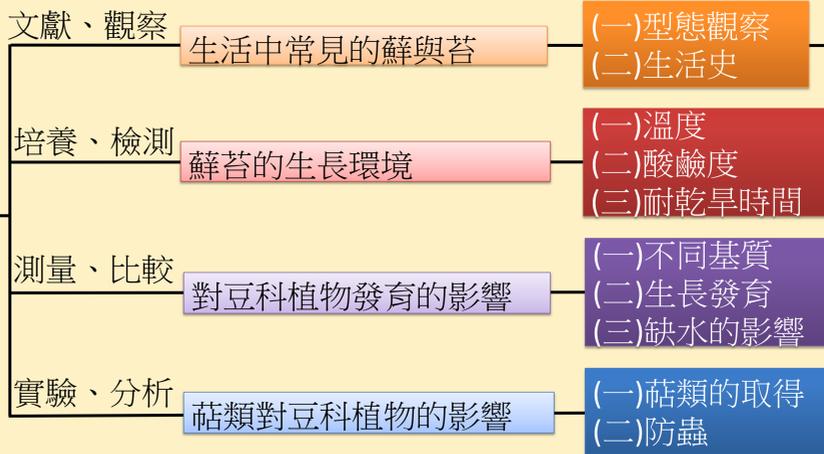
圖二、蘚苔命名對照圖

貳、研究目的及實驗規劃

- 一、認識生活中常見的蘚與苔
- 二、了解蘚苔適合的生長環境
- 三、探討蘚苔對豆科植物發育的影響
- 四、分析蘚苔中蒴類對豆科植物的影響



蘚苔植物對豆科植物發育的影響探討



圖三、研究架構

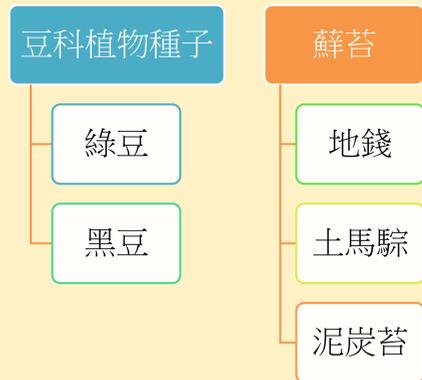
參、研究器材 & 肆、研究過程

一、研究設備及器材

記錄器材	數位相機、手機、電腦、筆記本
收集器材	李必氏冷凝管、燒瓶、錐形瓶、燒杯、加熱板、水管、鍋子、沙拉油、支架
觀察器材	解剖顯微鏡、複式顯微鏡、載玻片、蓋玻片、培養皿、塑膠盒
測量器材	溫度計、電子秤、API五合一測試片
實驗器材	滴管、噴水器、氫氧化鈉、鹽酸、電鑽機、濾紙、精油、塑膠瓶、T型水管

表一、設備及器材

二、實驗植物



三、研究方法

(一) 蘚苔環境的設置及觀察



圖四、蘚苔環境

2. 耐乾旱時間：



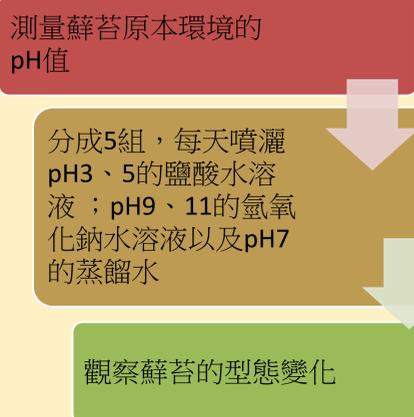
圖六、蘚苔耐旱實驗流程图

2. 萃取蘚苔中的蒴



使用油浴的簡單蒸餾法

1. 酸鹼度：



圖五、蘚苔酸鹼度實驗流程图

(二) 實驗操作

1. 種植豆科植物



圖七、種植豆科植物實驗流程图

3. 蒴類防蟲效果

我們將萃取出來的蒴類以盆栽植物中常出現的黑翅蕈蚋 (*Sciaridae sp.*) 進行趨性測驗



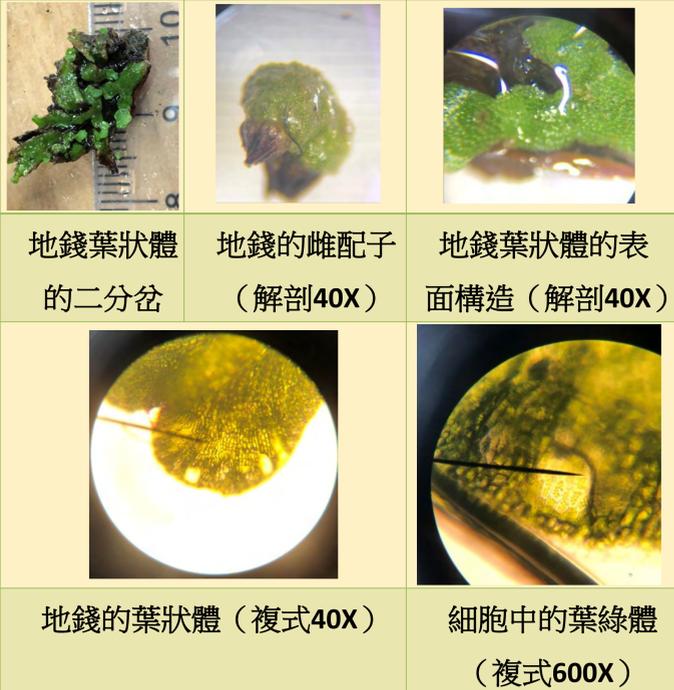
將兩個寶特瓶以T型水管連接分別加入待測物

伍、研究結果

【研究一】認識生活中常見的蘚與苔

(一) 型態觀察

1. 地錢 *Marchantia polymorpha*



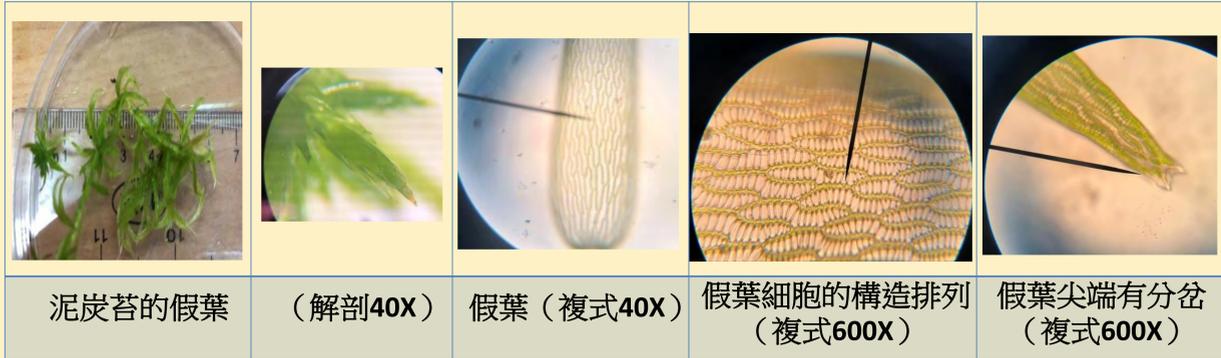
表五、地錢的構造

2. 土馬騮 *Polytrichum commune*



表六、土馬騮的構造

3. 泥炭苔 *Sphagnum palustre*

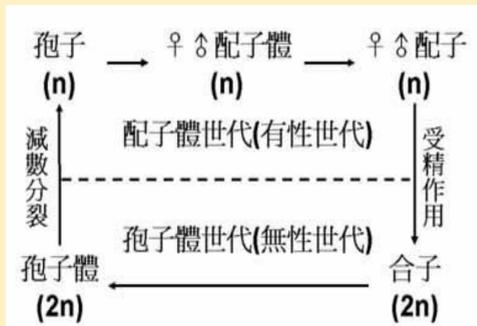


表七、泥炭苔的構造

(二) 生活史

蘚苔植物	蕨類及種子植物
配子體發達 (n)	孢子體發達 (2n)
孢子體寄生在配子體上	蕨類：配子體獨立生活 種子植物：配子體寄生在孢子體上

表八、植物的世代交替圖 (圖片來源：科學Online-世代交替)



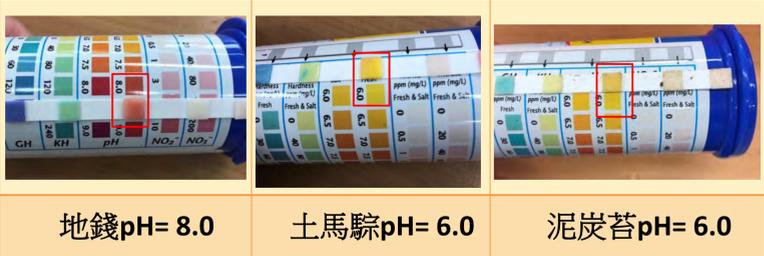
圖九、植物的世代交替表



表九、蘚苔的孢子體與配子體

【研究二】了解蘚苔適合的生長環境

(一) 酸鹼度



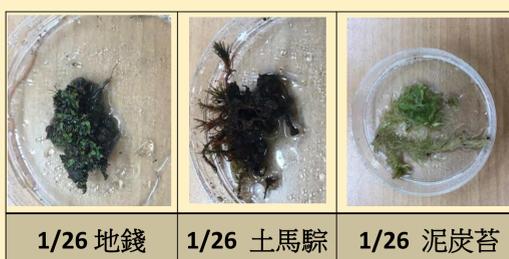
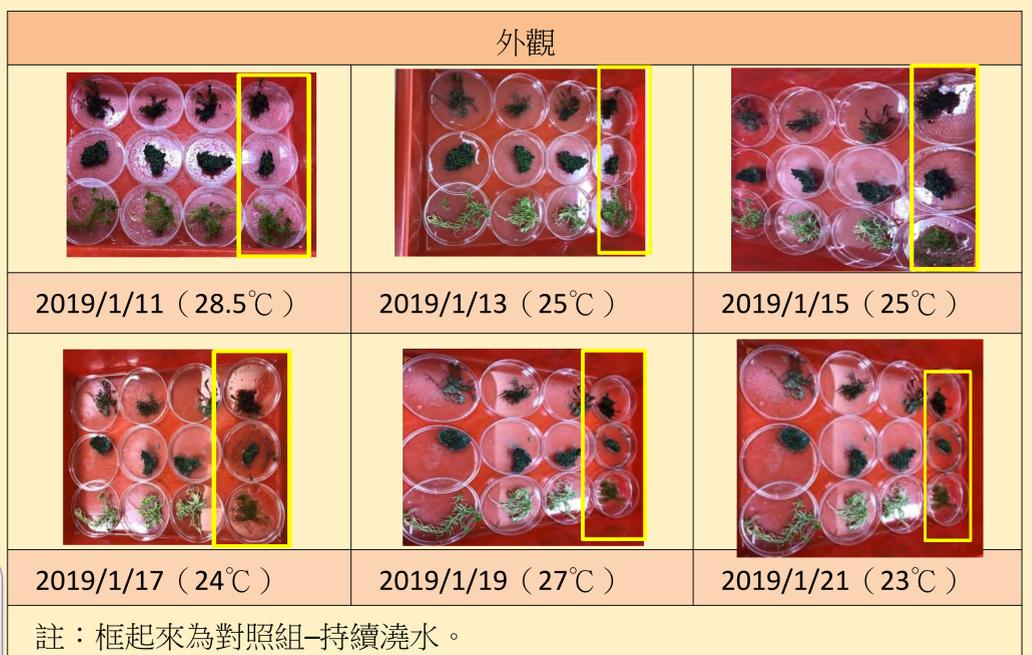
表十、蘚苔土壤酸鹼度

(二) 耐乾旱時間

日期/種類	地錢	土馬騮	泥炭苔
第一天2019/1/11	○	○	○
第三天2019/1/13	○	○	○
第五天2019/1/15	⊕	⊕	⊕
第七天2019/1/17	●	○	◎
第九天2019/1/19	○	○	○
第十一天2019/1/21	○	○	○

表十二、蘚苔耐乾旱時間

【生長情形】
○=外觀無異
◎=輕微乾枯
○=完全乾枯
⊕=輕微捲起
●=完全捲起

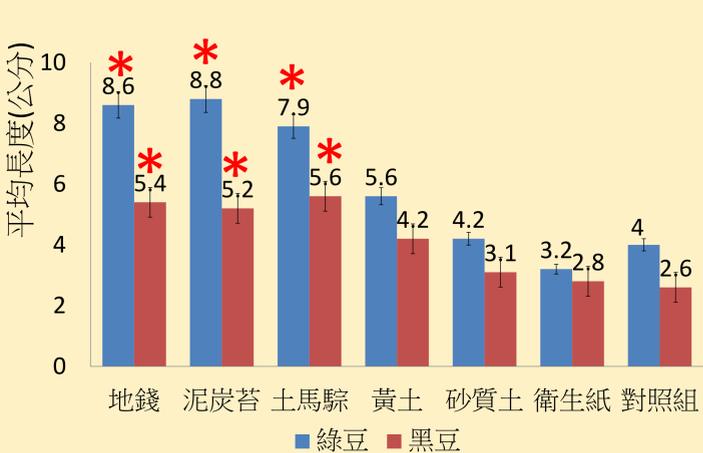


表十三、蘚苔乾旱後澆水恢復情形

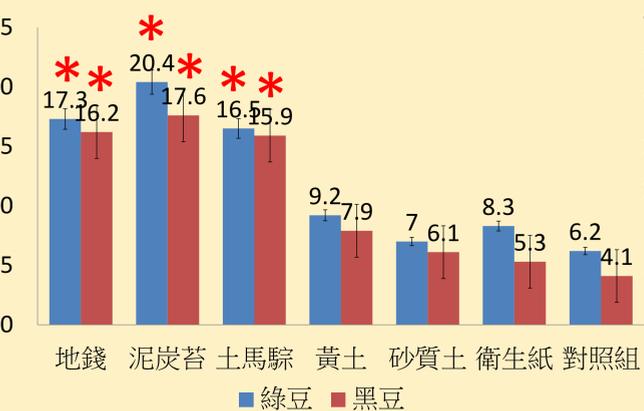
停止澆水10天後，蘚苔皆呈現枯黃樣
接續開始澆水：
1.泥炭苔可恢復原本翠綠色
2.地錢部分變綠
3.土馬騮枯黃的地方持續枯黃

【研究三】探討蘚苔對豆科植物發育的影響

(一) 生長發育



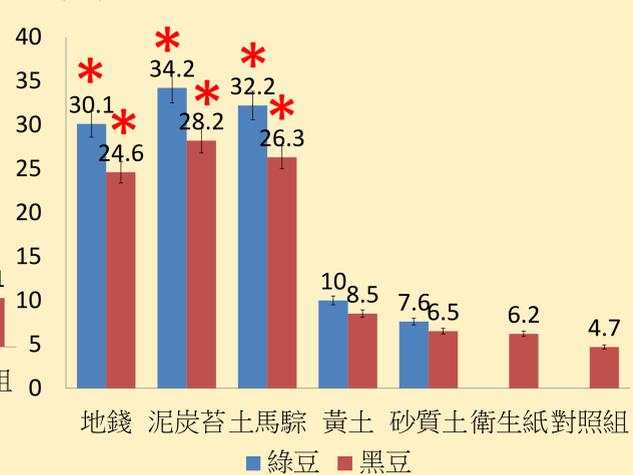
圖十、DAY5綠豆、黑豆在不同基質的發育情形 (平均±標準差)



圖十一、DAY10綠豆、黑豆植物在不同基質的發育情形 (平均±標準差)

* 表示與對照組相比，在單尾T-test上(α=0.05)，皆達顯著差異(p<0.05)。

(二) 缺水影響



圖十二、停止澆水對綠豆、黑豆發育的影響 (平均±標準差)

【研究四】分析蘚苔中萜類對豆科植物的影響

(一) 蘚類的取得

		
地錢	土馬駱	泥炭苔
純露= 280ml 萜類油體= 25 ml	純露= 250 ml 萜類油體= 0 ml	純露= 250 ml 萜類油體= 0 ml

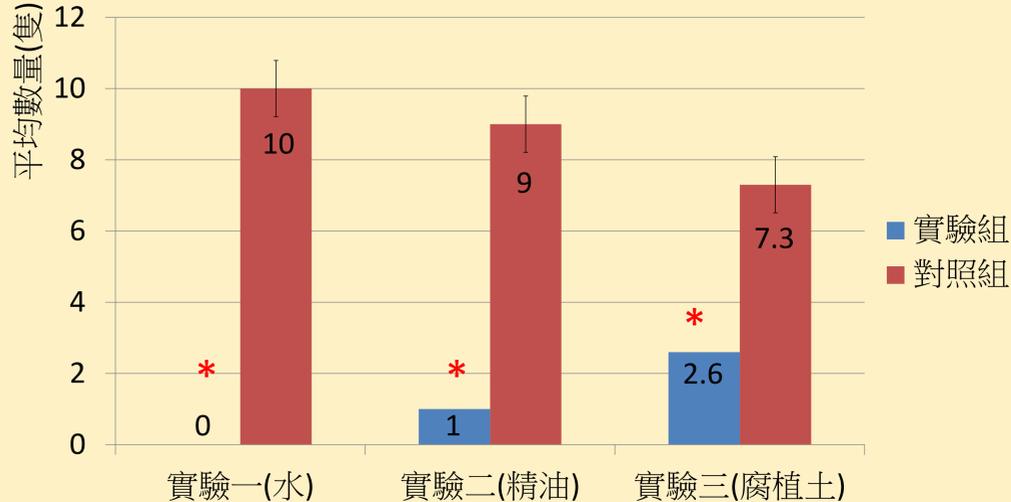
表十四、蘚苔冷凝液萃取量



萜類浮在上層

圖十三、萃取地錢之上層的萜類油體

(二) 防蟲



* 表示與對照組相比，在單尾T-test上($\alpha=0.05$)，皆達顯著差異($p<0.05$)。

圖十四、黑翅蕈蚋數量統計圖

測試項	水	95%酒精	沙拉油	精油				
				甜馬鬱蘭	檸檬	葡萄柚	樟樹	樟腦迷迭香
純露	V	V	X	X	X	X	X	X
萜	X	V	O	X	X	X	V	V
精油	X	V	V					

實驗項的精油為樟腦迷迭香 代號說明：V=互溶 X=不可溶 O=部分不溶

表十五、萃取物質互溶實驗



圖八、趨性測驗實驗組

陸、研究結論

一、了解蘚苔適合的生長環境

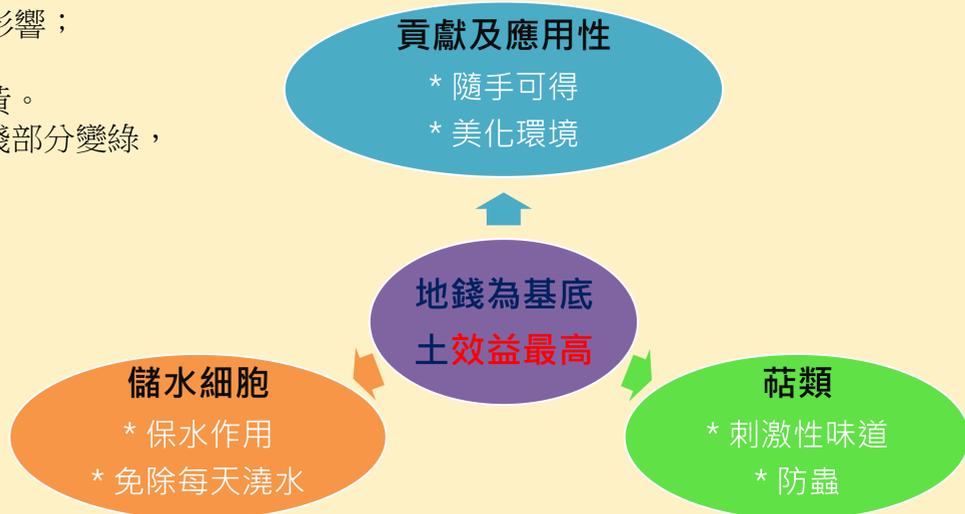
- 地錢：中性至偏鹼性環境；土馬駱：不受酸鹼性的影響；泥炭苔：酸性環境。
- 耐乾旱程度：停止澆水10天後，發現三種蘚苔都枯黃。
- 回復程度：接續每日澆水，僅有泥炭苔可恢復，地錢部分變綠，土馬駱持續枯黃。

二、探討蘚苔對豆科植物發育的影響

- 作為基質的發育良好程度：泥炭苔 > 地錢 > 土馬駱。
- 在種植第十天後停止澆水，保水效果依序為：泥炭苔 > 土馬駱 > 地錢 > 黃土。
- 以蘚苔做為基底土，可減少定期澆水的麻煩。

三、分析蘚苔中萜類對豆科植物的影響

- 僅在地錢內萃取出萜類。
- 黑翅蕈蚋 (*Sciaridae sp.*) 對萜類皆呈現負趨化性。
- 地錢具有萜類的味道，會使黑翅蕈蚋不喜靠近，所以可作為良好的苔土基質。



圖十五、總結論圖

柒、研究討論

一、紅豆及黃豆的萌芽率差

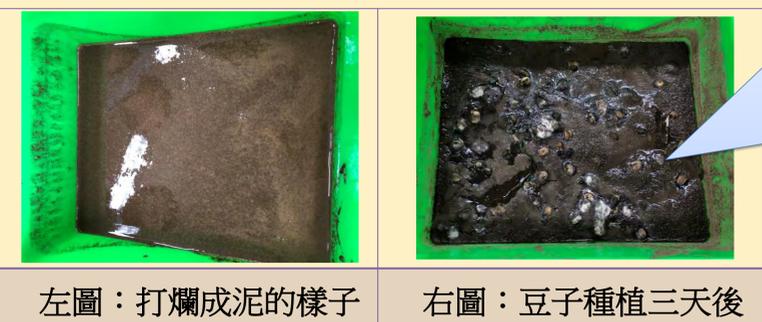


表十六、黑豆、黃豆、紅豆萌芽狀況

黑豆萌芽率= 71% (N=283)
黃豆萌芽率= 32% (N=256)
紅豆萌芽率= 2% (N=365)

- 黑豆為溫帶作物，適合在短日照下生長；紅豆及黃豆適合在春、夏栽種，不耐低溫。
- 研究在冬天進行，因此**黑豆萌芽效果最佳**。

二、將地錢與土打爛取代苔土



表十七、地錢與土打爛成泥之生長情形

地錢打爛的細胞組織**無法形成癒傷組織**，且因土內可能含有其他微生物，進而感染地錢細胞，導致苔土環境惡化。

三、地錢門中的萜

地錢代謝化合物	骨架	出現的植物體
倍半萜		木蘭目、芸香目、山茱萸目及菊目.....
雙萜		咖啡、紫杉、銀杏.....
雙二苄基類		地錢

表十八、地錢門之代謝化合物比較表

捌、參考資料

- 翰林出版自然與生活科技七下4-4植物界。
- 吳嘉麗(2016)。窺看「苔蘚」奧秘—新骨架與生物活性。科學月刊第563期。
- 楊嘉棟(2016)。綠色小精靈—臺灣苔蘚植物多樣性。科學月刊第562期。
- 阿簡生物筆記。手工萃取樟樹純露。2019.01.24取自：http://a-chien.blogspot.com/2018/04/blog-post_16.html
- 劉美娟(2004)。鴛鴦湖森林生態系地表苔蘚植物對養分循環之影響。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。花蓮縣。
- 游文楓、沈美卿、王琇儀、蘇荷婷(1992)。陽明山國家公園及鴛鴦湖自然生態保護區泥炭苔屬植物生態之研究與應用。中華民國第32屆中小學科學展覽會。
- Yu Feng (2018)。[苔蘚學堂]淺談泥炭苔。取自：<https://medium.com/@daintsuoh/%E8%8B%94%E8%98%9A%E5%AD%B8%E5%A0%82-%E6%B7%BA%E8%AB%87%E6%B3%A5%E7%82%AD%E8%8B%94-b35155c77f16>