

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科(二)

佳作

032906

「保水力」水得，解植物的「渴」--探討茶菌膜
應用於土壤保水劑之成效

學校名稱：新北市立林口國民中學

作者： 國二 葉承訓 國二 吳與倫 國二 張奕頌	指導老師： 邱佩璇 蔡宜君
---	-----------------------------

關鍵詞：茶菌膜、保水力、土壤健康

摘要

在全球面臨極端氣候影響的背景下，提高用水效率和選擇環境友善的土壤添加物已成重要議題。我們進行了一系列實驗，旨在找出具有最佳含水量和保水力的茶菌膜種類，並將其混入原生土壤中，種植空心菜以進行評估。研究結果顯示，在培養了四週的綠茶菌膜細目 1.5×2mm 的土壤中，保水力表現較佳。與市售的保水劑聚丙烯酸相比，添加了 2% 的乾燥綠茶菌膜細目的土壤種植空心菜效果更好，同時對土壤健康和環境保護更友善。這項研究結果提供了一種潛在的環境友善的土壤保水解決方案，可幫助果農在全球極端氣候變遷下提高用水效率並減少對化學保水劑的依賴。

壹、研究動機

聯合國糧農組織（FAO）於 2022 年舉辦的「全球土壤營養研討會」明確指出，土壤對於農業生產至關重要，土壤營養首須考量人類健康及保護環境。全球約 11%倚賴雨水的耕地（面積達 1.28 億公頃）及 14%牧地（6.56 億公頃）面臨經常性乾旱。在全球性極端氣候的影響下，農作物種植時，選擇友善環境的土壤添加物，有效提升用水效率是目前重要的課題。

記憶中，每年看外公種植各種柑橘類，總是擔心雨量是否足夠，一邊翻土一邊添加土壤保水劑。但市售保水劑多為工業生產化合物，雖然成本低且可有效提升農作物產量，但果農總是對土壤健康影響擔心不已。在一次聊天中，組員的父親會釀製康普茶，發酵後上層有一層纖維薄膜，下層則是發酵液，但因每次釀製僅需一小塊紅茶菌膜發酵，其餘就丟棄在花園土壤當肥料。之後，我們突然發想，有沒有可能廢物利用？結合纖維薄膜的保水特性來替代土壤中化學合成的保水劑？文獻查證發現土壤保水劑能將雨水或灌溉用水儲存吸收，具有吸水、儲水、保水的功能。紅茶菌是醋酸菌及酵母菌共生綜合體，生長時會於菌液表面形成紅茶菌膜，茶菌膜構造為立體網狀結構，具有良好的保水性，目前應用在食品的椰果、化妝品面膜、醫藥用創傷敷料（陳珮瑩、賴進此，2012）。並運用科學的方法，找出應用價值高且保水力最佳的茶菌膜製成對人體健康、植物生長有益、土壤健康狀況良好的天然保水劑，有效提升水資源在農業使用的效率。

貳、研究目的

- 一、探討不同發酵程度茶葉在培養茶菌膜上之增生效率。
- 二、比較不同發酵程度茶葉在不同生長週數的茶菌膜之最佳含水量及復水率。
- 三、分析茶菌膜作為土壤保水劑之吸水及復水效益。
- 四、探討不同粒徑、添加比例的茶菌膜之吸水及復水效益。
- 五、比較添加茶菌膜與聚丙烯酸在植株生長狀況與土壤健康情形之影響。

	原土	茶菌膜	聚丙烯酸
生長狀況 生長率 (%)	56.8	89.1	37.1
土壤健康度 電導度	18.3	585.3	128.0
枯萎率	30.0	30.0	10.0
酸鹼值 (5.6~6.5適合生長)	6.7	6.3	5.3

圖一不同保水劑種植後土壤健康度比較圖

參、研究設備及器材



一.實驗材料

茶菌膜	蔗糖	紅茶	烏龍茶
綠茶	蒸餾水	氫氧化鈉	保水劑(聚丙烯酸)
原生土壤(原土)	空心菜種子	空心菜	

二.實驗器材

玻璃燒杯	量筒	培養皿	溫溼度計
電子秤	2.0 吋/3.5 吋花盆	不銹鋼細目中目粗目 孔徑篩網	廣口玻璃瓶
4*4 無菌紗布	30 毫升針筒	酸鹼測定儀-型號 EZDO 7011	溫控食物乾燥機- Nesco 食物乾燥機(型 號 FD-75PR)

三.實驗設備

		
氮、磷、鉀土壤測試套件	土壤電導度(EC 值)檢測筆	酸鹼測定儀-型號 EZDO 7011

肆、研究過程及方法

一、研究架構



圖二 研究架構

二、實驗流程及方法

本實驗中使用全發酵茶的紅茶、部分發酵茶的烏龍茶和不發酵茶的綠茶來進行實驗

實驗一：觀察不同茶葉種類及週數茶菌膜生長情形

實驗步驟：

(一)高溫煮沸消毒廣口玻璃瓶，每組培養 5 瓶，共 60 瓶。







(二)煮沸 300 毫升自來水加入 15 公克砂糖及各種類茶葉，待冷卻 40°C 以下加入購入 12 克

茶菌膜及 50 毫升茶菌液，以無菌紗布封口，靜置一至四週。

(三)參考文獻食力 (2022)、莊等 (2012) 等文獻內容，依蔗糖、水、茶葉、茶菌膜、茶菌液之比例進行培養。

(四)紀錄每日溫度、相對濕度。

(五)紀錄第一、第二、第三、第四週紅茶、烏龍茶、綠茶培養液酸鹼值、纖維分布。






		
<p>300 毫升煮沸至 100°C 加入 15 公克砂糖</p>	<p>各種類茶葉 3 克</p>	<p>加入茶菌膜 12 克 茶菌液 50 毫升</p>
		
<p>無菌紗布封口橡皮筋綁緊</p>	<p>測定培養液酸鹼</p>	<p>使用顯微鏡觀察纖維分布</p>

圖三 實驗一實驗過程照片

實驗二-1：觀察不同重量砂糖、是否添加綠茶、茶菌膜型態、浸泡時間茶菌膜生長情形

實驗過程：

- (一) 高溫煮沸消毒廣口玻璃瓶，每組培養 5 瓶。
- (二) 煮沸 300 毫升自來水，加入 15 公克砂糖（依實驗一-1 組，分別加入 15 公克砂糖及 30 公克砂糖；加入 15 公克砂糖組別再依實驗一-2 組，分為不加綠茶茶葉及加入綠茶茶葉 3 公克）。
- (三) 加入綠茶茶葉 3 公克，等待三分鐘後撈起茶葉過濾（依實驗一-4 組，分為一泡綠茶 60 秒、三泡綠茶 75 秒、五泡綠茶 135 秒）。
- (四) 待冷卻 40°C 以下，倒入已洗淨消毒培養罐。
- (五) 加入購入 12 克茶菌膜及 50 毫升茶菌液（依實驗一-3 組，以模具切割器及果汁機分為 1 公分立方茶菌膜、0.5 公分立方茶菌膜、絞碎茶菌膜）。
- (六) 以無菌紗布封口，靜置一至四週。
- (七) 紀錄每日溫度、相對濕度。
- (八) 紀錄第一、第二、第三、第四週培養液酸鹼值、茶菌膜厚度、重量。

		
<p>1 公分模具切割茶菌膜</p>	<p>0.5 公分模具切割茶菌膜</p>	<p>果汁機絞碎茶菌膜</p>
		
<p>無菌紗布封口橡皮筋綁緊</p>	<p>測定培養液酸鹼值</p>	<p>測量茶菌膜厚度</p>

圖四 實驗二實驗過程照片

實驗二-2：比較不同重量砂糖、是否添加綠茶、茶菌膜型態、浸泡時間培養之茶菌膜含水量、復水率差異

實驗過程：







(一)茶菌膜浸泡在 500 毫升 0.5M 的氫氧化鈉溶液(10 公克氫氧化鈉配置成 500 毫升水溶液)中，目的為去除茶菌膜內部雜質。

(二)茶菌膜烘乾方式，參考文獻王等（1995）放置乾燥烘乾機分二階段烘乾，先日照 24 小時後，第一階段以 52°C (125°F)烘乾 8 小時，第二階段以 68°C (155°F)烘乾 8 小時。茶菌膜濕重小於 50 公克，完成第一階段烘乾；茶菌膜濕重大於 50 公克，須完成第一階段及第二階段烘乾，以達最佳乾燥狀態(依據實驗前，已進行小樣本茶菌膜烘乾實驗，茶菌膜濕重小於 50 公克若進行第一階段及第二階段烘乾，茶菌膜呈現焦炭化)。

(三)茶菌膜含水量計算方式：將茶菌膜烘乾後秤重，為茶菌膜的固體顆粒重量(ws)。溼茶菌膜與乾茶菌膜的重量差值，即為茶菌膜所含水分的重量(ww)。含水量計算方式為溼茶菌膜重量-乾燥茶菌膜重量(ww)/乾燥茶菌膜重量(ws)×100%（單信瑜，1998）。

(四)茶菌膜復水率計算方式：(復水茶菌膜濕重量-乾燥茶菌膜重量)/(原茶菌膜濕重量-乾燥茶菌膜重量)×100%（食品 GMP 認證制度規章彙編，2016）。

(五)紀錄不同重量砂糖、是否添加綠茶、不同浸泡時間綠茶培養之茶菌膜含水量、復水率。

		
<p>取出茶菌膜進行秤重(濕重量)</p>	<p>茶菌膜浸泡 0.5M 氫氧化鈉溶液</p>	<p>第一階段茶菌膜 52°C 烘乾 8 小時</p>
		
<p>第二階段茶菌膜 68°C 烘乾 8 小時</p>	<p>乾茶菌膜浸泡蒸餾水</p>	<p>取出秤重(復水重量)</p>

圖五 實驗二-2 實驗過程照片

實驗三：比較不同茶葉種類、週數茶菌膜之含水量、復水率差異

實驗步驟：

(一)茶菌膜浸泡在 500 毫升 0.5M 的氫氧化鈉溶液(10 公克氫氧化鈉配置成 500 毫升水溶液)中，目的為去除茶菌膜內部雜質。





(二)茶菌膜烘乾方式，參考文獻王等（1995）放置乾燥烘乾機分二階段烘乾，先日照 24 小時後，第一階段以 52°C (125°F)烘乾 8 小時，第二階段以 68°C (155°F)烘乾 8 小時。茶菌膜濕重小於 50 公克，完成第一階段烘乾；茶菌膜濕重大於 50 公克，須完成第一階段及第二階段烘乾，以達最佳乾燥狀態(依據實驗前，已進行小樣本茶菌膜烘乾實驗，茶菌膜濕重小於 50 公克若進行第一階段及第二階段烘乾，茶菌膜呈現焦炭化)。

(三)茶菌膜含水量計算方式：將茶菌膜烘乾後秤重，為茶菌膜的固體顆粒重量(ws)。溼茶菌膜與乾茶菌膜的重量差值，即為茶菌膜所含水分的重量(ww)。含水量計算方式為溼茶菌膜重量-乾燥茶菌膜重量(ww)/乾燥茶菌膜重量(ws)×100%（單信瑜，1998）。

(四)茶菌膜復水率計算方式：(復水茶菌膜濕重量-乾燥茶菌膜重量)/(原茶菌膜濕重量-乾燥茶菌膜重量)×100%（食品 GMP 認證制度規章彙編，2016）。

(五)紀錄第一、二、三、四週全發酵茶、部分發酵茶、不發酵茶菌膜含水量、復水率。

實驗結果：以培養四週、綠茶菌膜含水量、復水率最佳，以此結果進行第二部分實驗。

		
<p>取出茶菌膜進行秤重(濕重量)</p>	<p>茶菌膜浸泡 0.5M 氫氧化鈉溶液</p>	<p>第一階段茶菌膜 52°C 烘乾 8 小時</p>
		
<p>第二階段茶菌膜 68°C 烘乾 8 小時</p>	<p>乾茶菌膜浸泡蒸餾水</p>	<p>取出秤重(復水重量)</p>

圖六 實驗三實驗過程照片

實驗四：不同茶葉種類、不同週數茶菌膜，以 1%比例加入土壤比較其含水量、保水力差異

實驗步驟：

- (一)茶菌膜烘乾後，以研磨機進行研磨，標示茶葉種類、週數乾菌膜秤重 0.3 公克。
- (二)查詢坊間市售含保水劑土壤，保水劑含量分別有 0.2%、0.5%、1%、2%等不同比例，故先以 1%比例，進行不同茶葉種類、不同週數茶菌膜含水量、保水力實驗。
- (三)因原土有其溼度及結塊、小石頭，故參考陳等(2018)之文獻內容，將土壤分批以烤箱 40°C乾燥土壤 24 小時，並以不鏽鋼土壤篩網中細目(3mm)過篩土壤。
- (四)盆底網放置 2.0 吋花盆，放入 30 公克乾燥土壤，加入 0.3 公克乾菌膜，均勻攪拌。
- (五)實驗前，每次環形緩慢加入 5 毫升自來水至攪拌均勻的土壤中，直到水從底部流出，測量所需水分，作為第一次加入水分之參考依據。
- (六)步驟(五)測量結果為 30 毫升，故以環形緩慢加入 30 毫升自來水直到水從底部流出，於三小時後進行第一次秤重，之後 24、48、72 小時秤重。
- (七)計算紅茶、烏龍茶、綠茶菌膜於一週、二週、三週、四週乾燥菌膜土壤含水量、保水力。

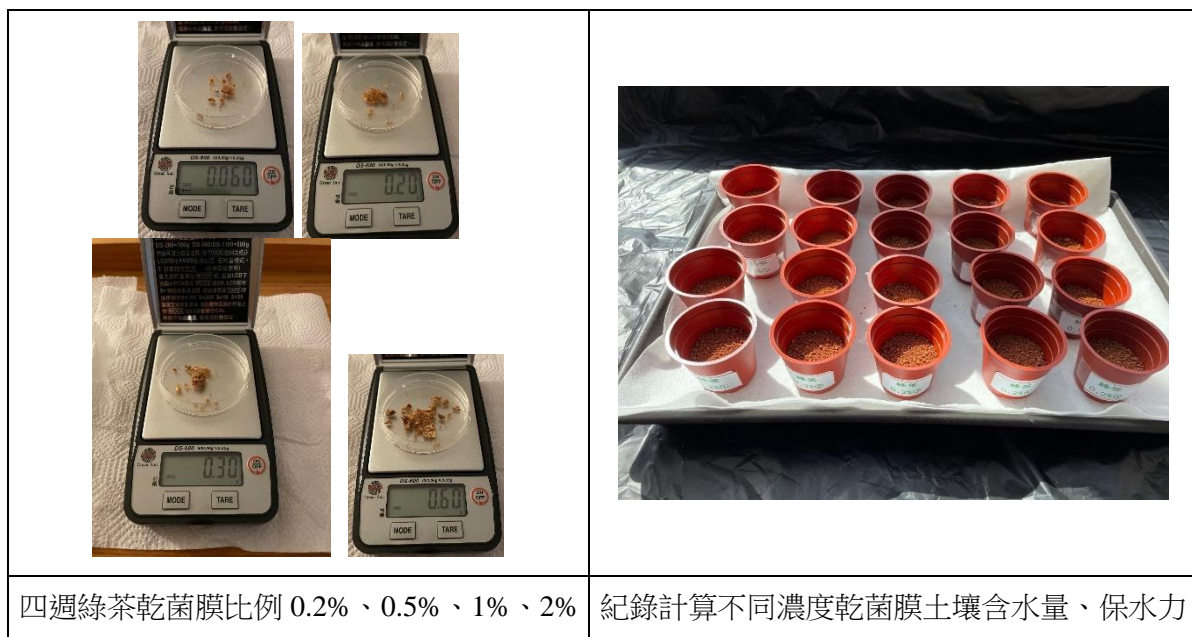
		
<p>乾菌膜分類研磨</p>	<p>乾菌膜秤重 0.3 公克</p>	<p>過篩土壤</p>
		
<p>土壤秤重 30 公克</p>	<p>實驗前，每次加入 5 毫升自來水測量第一次加入水分</p>	<p>秤重(含水重量)</p>

圖七 實驗四實驗過程照片

實驗五：找出實驗三中最佳茶葉種類週數含水量、保水力之茶菌膜，以不同比例乾燥茶菌膜 (0.2%、0.5%、1%、2%)加入原生土壤比較其含水量、保水力差異

實驗步驟：

- (一)依實驗三結果，以綠茶、培養四週為最佳含水量、保水力之茶菌膜。
- (二)依坊間市售含保水劑土壤，保水劑含量分別有 0.2%、0.5%、1%、2%等不同比例，進行實驗。
- (三)茶菌膜烘乾後，以研磨機進行研磨，依市售保水劑含量分別有 0.2%、0.5%、1%、2% 等不同比例，標示綠茶四週乾菌膜分別秤重 0.06 公克、0.2 公克、0.3 公克、0.6 公克。
- (四)盆底網放置 2.0 吋花盆，放入 100 公克乾燥土壤，分別加入 0.06 公克、0.2 公克、0.3 公克、0.6 公克乾菌膜，均勻攪拌。
- (五)第一次加水以環形緩慢加入 30 毫升自來水直到水從底部流出，於三小時後進行第一次秤重，之後 24、48、72 小時秤重。
- (六)計算 0.2%、0.5%、1%、2%不同比例乾燥綠茶菌膜土壤含水量、保水力。



圖八實驗四實驗過程照片

實驗六：找出實驗四中最佳含水量、保水力之茶菌膜比例，以不同顆粒大小乾燥茶菌膜 (1.5*2mm、3*3mm、6*6mm)加入原生土壤比較其含水量、保水力差異

實驗步驟：

(一)依實驗四結果，以 2%綠茶、培養四週為最佳含水量、保水力之茶菌膜。

(二)茶菌膜烘乾後，以研磨機進行研磨，以不鏽鋼篩網過篩，依細目 1.5*2mm、中目 3*3mm、粗目 6*6mm 過篩，分類標示。

(三)細目 1.5*2mm、中目 3*3mm、粗目 6*6mm 不同顆粒大小，秤重 0.6 公克。

(四)盆底網放置 2.0 吋花盆，放入 30 公克乾燥土壤，分別加入細目 1.5*2mm、中目 3*3mm、粗目 6*6mm 各 0.6 公克乾菌膜，均勻攪拌。

(五)第一次加水以環形緩慢加入 30 毫升自來水直到水從底部流出，於三小時後進行第一次秤重，之後 24、48、72 小時秤重。

(六)計算細目 1.5*2mm、中目 3*3mm、粗目 6*6mm 不同顆粒大小乾燥綠茶菌膜土壤含水量、保水力。

實驗結果：以 2%四週細目乾燥綠茶菌膜含水量、保水力最佳，以此結果進行第三部分實驗。

	
<p>四週綠茶乾菌膜細目、中目、粗目</p>	<p>紀錄計算不同濃度乾菌膜土壤含水量、保水力</p>

圖九 實驗五實驗過程照片

實驗七：加入 2%四週細目乾燥綠茶菌膜與同比例聚丙烯酸於土壤，種植空心菜，比較空心菜種子發芽率、空心菜株高、鮮重及根長差

實驗步驟：

- (一)分別秤重市售聚丙烯酸 6 公克及四週綠茶細目乾菌膜 6 公克。
- (二)盆底網放置 3.5 吋花盆，放入 300 公克乾燥土壤，分別加入市售聚丙烯酸 6 公克(2%)、四週綠茶細目乾菌膜 6 公克(2%)。
- (三)與 3D 列印花盆蓋上同樣對應相同種植位置以竹籤插孔洞(確保每一盆種植間隔相同)，依市售空心菜種子種植說明，每洞放入空心菜種子一顆深度 0.5 公分，覆土 0.5 公分。
- (四)實驗前，每次環形緩慢加入 5 毫升自來水至攪拌均勻的土壤中，直到水從底部流出，測量所需水分，作為第一次加入水分之參考依據。
- (五)步驟四測量結果為 150 毫升，故以環形緩慢加入 150 毫升自來水。
- (六)實驗前一個月，以水耕法種植空心菜，每日測量其流失水量。測試二週後，計算每日平均流失水量為 35 毫升。為減少水分蒸發造成之實驗誤差，自製杯蓋僅露出空心菜生長空間。進行實驗步驟二時，以 3D 列印機列印花盆蓋，僅留空心菜種植、生長、澆水空間，以減少實驗誤差。
- (七)24 小時後，每天每盆以針筒緩慢環形注入自來水 35 毫升。
- (八)紀錄空心菜種子發芽率。



圖十 實驗六實驗過程照片

實驗步驟：

- (一)分別秤重市售聚丙烯酸 6 公克及四週綠茶細目乾菌膜 6 公克。
- (二)盆底網放置 3.5 吋花盆，放入 300 公克乾燥土壤，分別加入市售聚丙烯酸 6 公克、四週綠茶細目乾菌膜 6 公克。

(三)蓋上自製 3D 列印花盆蓋。

(四)測量二葉一芯空心菜株高、鮮重及根長，貼上標籤依編號將空心菜種植花盆中。

(五)插入自製細竹棒於中心點，以植物用鐵絲支撐，避免垂下之葉片遭碰撞或踩踏。

(六)種植完畢後第一次加水，每盆孔洞以針筒緩慢注入 30 毫升/孔，共 5 孔自來水 150 毫升。

(七) 24 小時後，每天每盆孔洞以針筒緩慢注入 7 毫升/孔，共 5 孔加入自來水 35 毫升。

(八)三週後再次測量空心菜株高、鮮重及根長。

(九)紀錄實驗結果



圖十一 實驗六實驗過程照片

實驗八：比較加入 2%四週綠茶細目乾菌膜與 2%聚丙烯酸種植空心菜三週後，土壤濕度、酸鹼值、土壤電導度(EC 值)、氮、磷、鉀含量差異

實驗步驟：

(一)以湯匙均勻混合種植空心菜之各盆土壤，讓上中下層土壤均勻混合攪拌 60 次。

(二)以土壤檢測儀直接測量土壤溼度、酸鹼值。

(三)土壤電導度測試法，參考使用說明書及黃瑞彰(2018)文獻內容，取出混合均勻土壤樣本 20 公克，加入 100 毫升蒸餾水，使土壤:蒸餾水=1:5。

(四)均勻搖晃，以濾紙過濾土壤，取清澈液體，使用土壤電導度檢測筆測量土壤電導度。

(五)土壤氮、磷、鉀測試法，參考使用說明書及黃瑞彰(2018)文獻內容：

1.試管中放入磷檢測液 6 毫升，取土壤 3 匙(1.5 公克)放入試管，均勻搖晃。

2.試管中放入氮檢測液 7 毫升，取土壤 2 匙(1 公克)放入試管，均勻搖晃。

3.試管中放入鉀檢測液 7 毫升，取土壤 4 匙(2 公克)放入試管，均勻搖晃。






(六)靜置後

1.以滴管取出清澈液體 3 毫升，加入磷指示劑 6 滴及測試片 1 片。

2.以滴管取出清澈液體 3 毫升，加入氮指標粉 2 匙。

3.以滴管取出清澈液體 5 毫升，加入鉀指示片 1 片搖晃呈現紫色後，每次添加鉀試液 2 滴，直至滴管中液體從紫色變藍色，則停止加入鉀試液，紀錄加入滴數。

(七)比對氮、磷顏色顯示卡。

		
<p>測量土壤溼度</p>	<p>測量土壤酸鹼值</p>	<p>測量土壤電導度</p>
		
<p>氮、磷、鉀土壤測試套件</p>	<p>取土壤(1.5 公克)放入試管</p>	<p>取土壤(1.5 公克)放入試管</p>
		
<p>加入磷指示劑及測試片</p>	<p>加入鉀指示片搖晃呈現紫色</p>	<p>從紫色變藍色，則停止</p>

圖十二 實驗七實驗過程照片

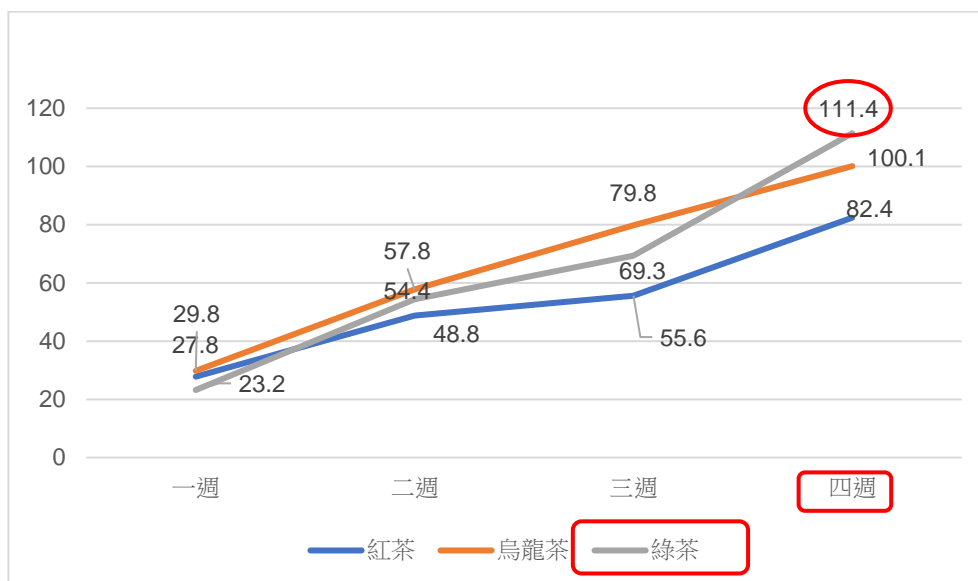
伍、研究結果與討論

第一部分：比較不同茶葉種類、不同週數，找出最佳含水量、復水率培養之茶菌膜。

實驗一：觀察不同茶葉種類及週數茶菌膜生長情形

實驗結果：-

根據圖十三結果，紅茶、烏龍茶、綠茶皆為培養四週之濕茶菌膜重量最重，其中又以綠茶四週菌膜的重量最重、酸鹼值最低。



圖十三 各週濕茶菌膜重量

$$\text{茶菌膜含水量計算方式(\%)} = \frac{\text{溼茶菌膜重量} - \text{乾燥茶菌膜重量}(ww)}{\text{乾燥茶菌膜重量}(ws)} \times 100\%$$

$$\text{茶菌膜復水率計算方式(\%)} = \frac{\text{復水茶菌膜濕重量} - \text{乾燥茶菌膜重量}}{\text{原茶菌膜濕重量} - \text{乾燥茶菌膜重量}} \times 100\%$$

實驗討論：

- (一)實驗中烏龍茶、綠茶菌膜重量與環境相對濕度具有相關性，此結果與文獻茶菌膜最適生長溫度為 25-30°C，環境濕度越高則菌膜生長速度越快 (瑞內、大衛，2020)相同。
- (二)紅茶、烏龍茶、綠茶菌膜培養時間越長，培養液酸鹼值越低，是因培養液發酵過程將糖轉化成酒精、二氧化碳，再轉化成醋酸，故時間越長培養液越酸。
- (三)綠茶菌膜於培養四週時，茶菌膜重量增加明顯可能與綠茶中兒茶素等多酚含量較高有關，因文獻指出綠茶具抗菌效果，隨著培養天數增加，當綠茶抗菌效果降低時，則利於酵母菌、醋酸菌、乳酸菌等共生菌生長，故培養四週的綠茶菌膜重量明顯增加。
- (四)茶菌膜具有 3D 立體的網狀結構，實驗結果中以綠茶培養四週之茶菌膜生長最快、重量

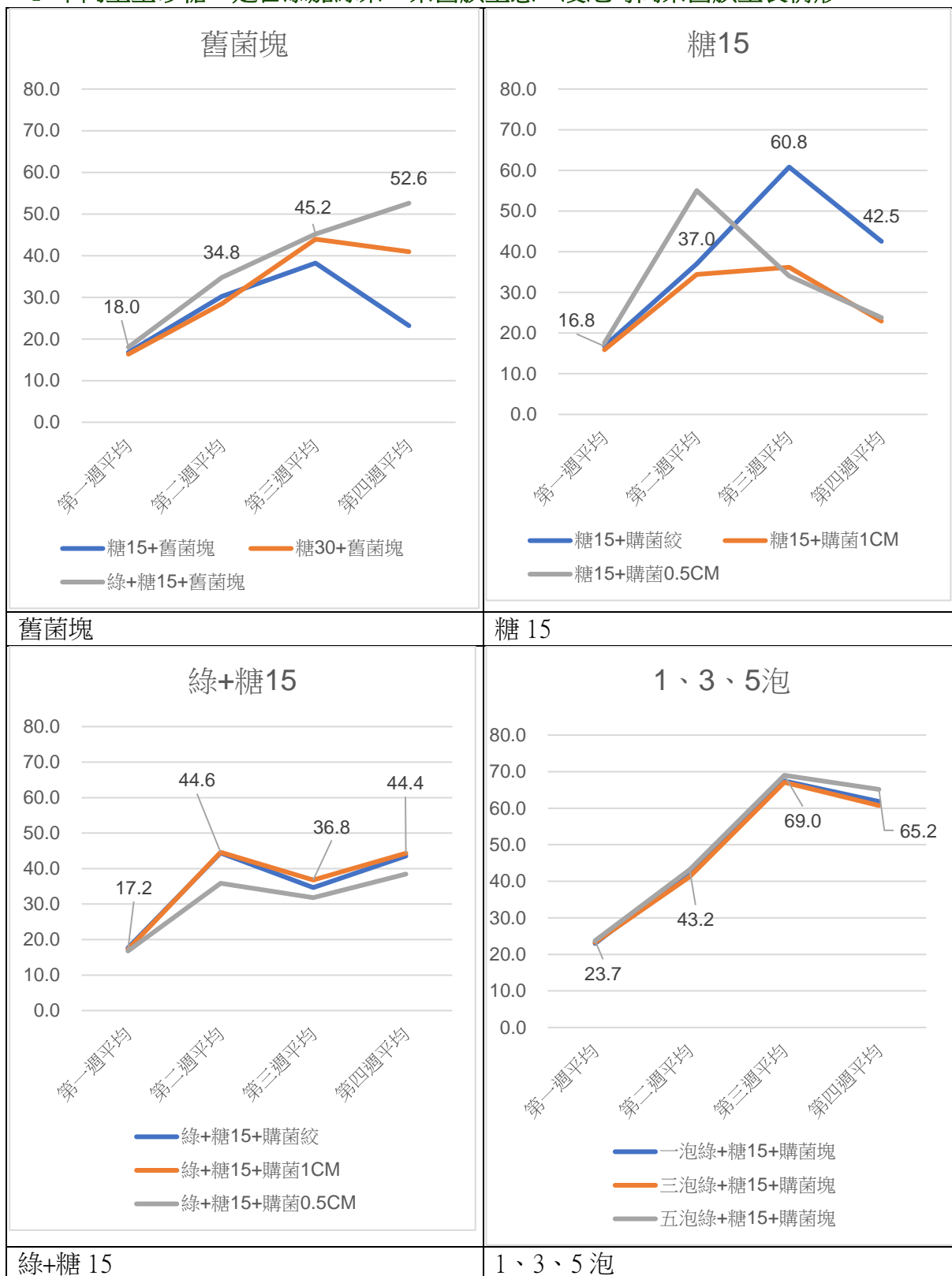
最重，可能與其纖維組織交錯最密集有關。

實驗結論：

(一)培養四週綠茶菌膜生長重量最重。

(二)培養四週綠茶菌膜含水量、復水率最高，且茶菌膜重量與含水量、復水率具有相關性。

實驗二-1 不同重量砂糖、是否添加綠茶、茶菌膜型態、浸泡時間茶菌膜生長情形



圖十四 不同重量砂糖、是否添加綠茶、不同浸泡時間綠茶培養之茶菌膜生長重量變化表

實驗結果（一）：

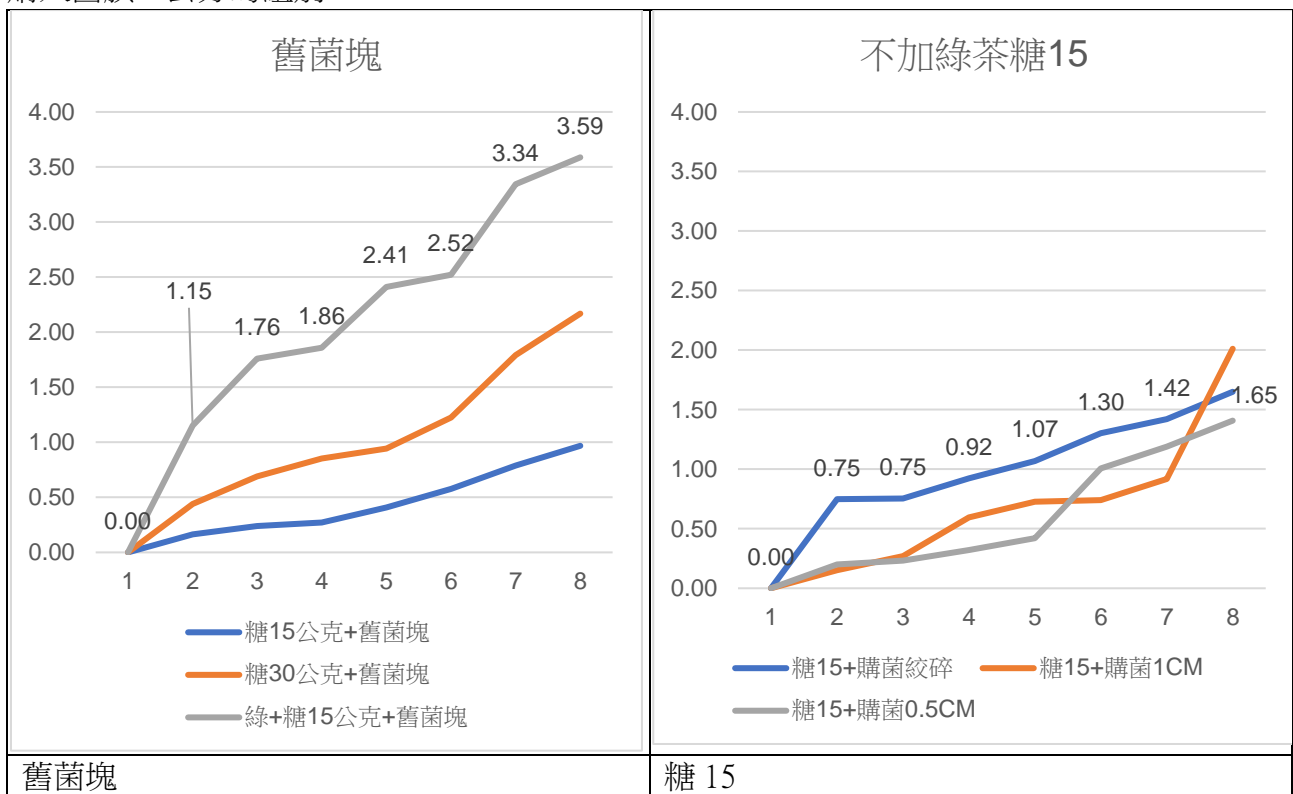
根據圖十四發現各組茶菌膜中，第四周重量改變最大的是五泡綠茶+糖 15 公克+購入菌膜塊，第四周重量改變最小的是糖 15 公克+購入菌膜 1 公分，所以此培養法有廢物利用效果。

表一 不同重量砂糖、是否添加綠茶、不同浸泡時間綠茶培養之茶菌膜培養液酸鹼值變化表

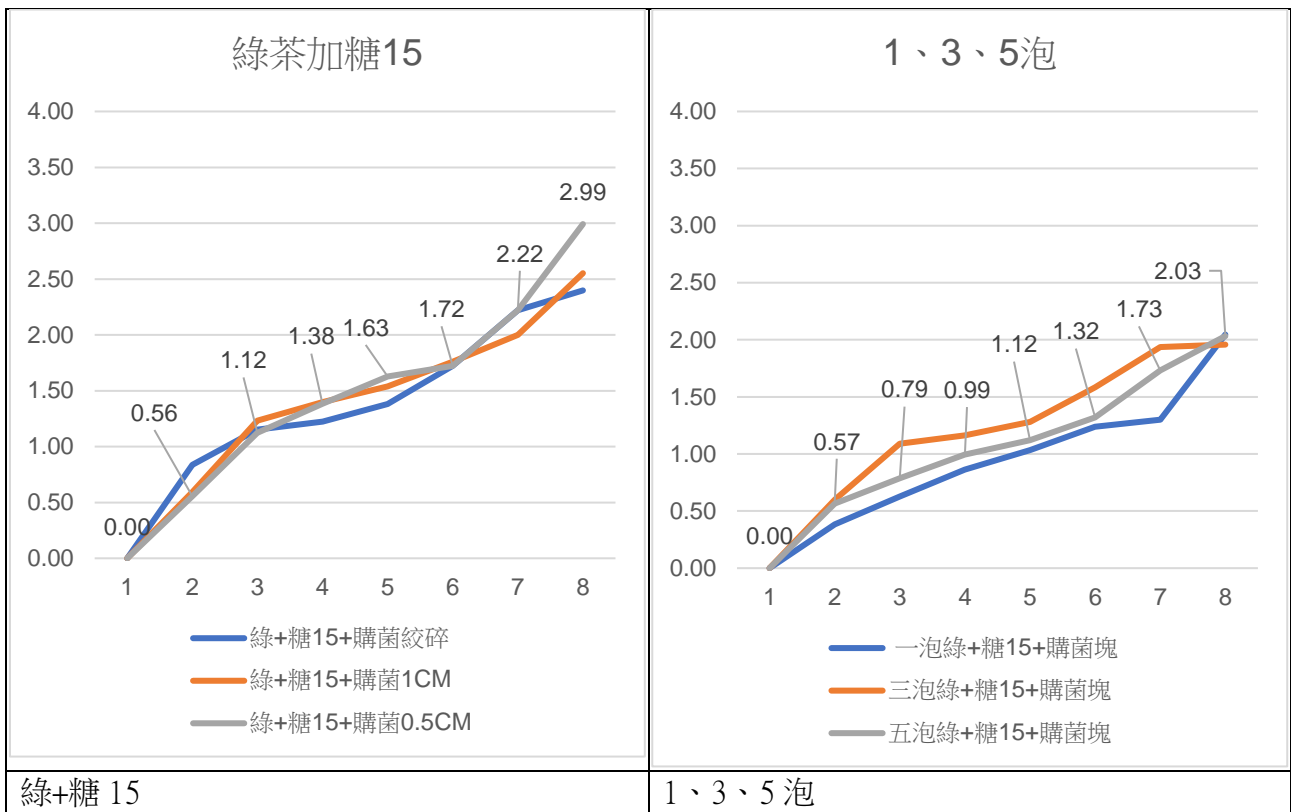
	糖 15+舊 菌塊	糖 30+舊 菌塊	糖 15+購 菌紋	糖 15+購 菌 1CM	糖 15+購 菌 0.5CM	綠+糖 15+舊 菌塊	綠+糖 15+購 菌紋	綠+糖 15+購 菌 1CM	綠+糖 15+購 菌 0.5CM	一泡 綠+糖 15+購 菌塊	三泡 綠+糖 15+購 菌塊	五泡 綠+糖 15+購 菌塊
酸鹼值平均	1.47	1.33	1.29	1.48	1.45	1.51	1.48	1.43	1.43	1.27	1.24	1.23

實驗結果二：

根據表一發現各組茶菌膜中，第四周培養液酸鹼值最小的是五泡綠茶+糖 15 公克+購入菌膜塊，酸鹼值=1.23。第四周培養液酸鹼值最大的是綠茶+糖 15 公克+購入菌膜紋及糖 15 公克+購入菌膜 1 公分的組別。



註明：縱軸為菌膜厚度橫軸為測量次數

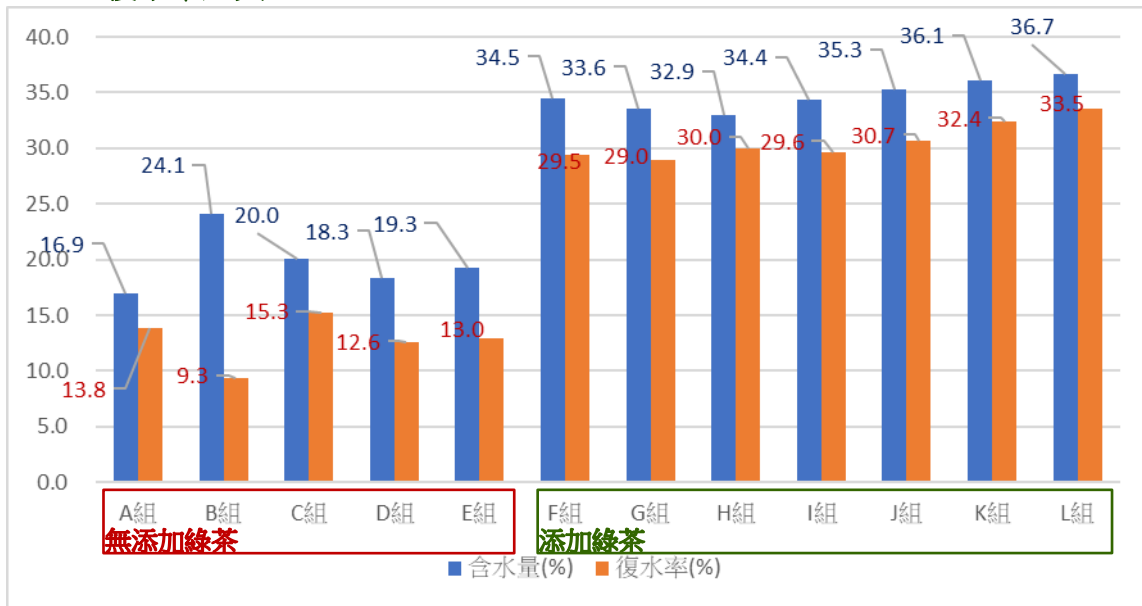


圖十五 不同重量砂糖、是否添加綠茶、不同浸泡時間綠茶培養之茶菌膜生長厚度變化表

實驗結果三：

根據圖十五發現各組茶菌膜中，第四周茶菌膜厚度最厚的是綠茶+糖 15 公克+舊菌塊，因此使用綠+糖 15 公克+舊菌塊可增加實驗效率。

實驗二-2 比較不同重量砂糖、是否添加綠茶、茶菌膜型態、浸泡時間培養之茶菌膜含水量、復水率差異



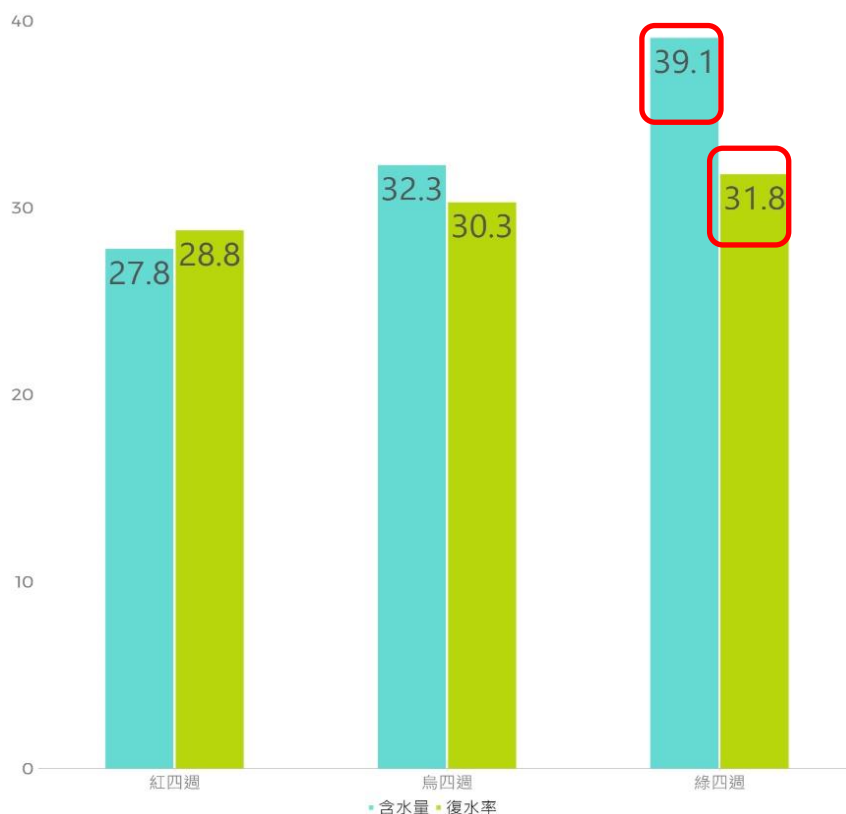
圖十六 不同重量砂糖、是否添加綠茶、不同浸泡時間綠茶培養之茶菌膜生長厚度變化表

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| A 組：糖 15 公克+舊菌膜 | G 組：綠茶+糖 15 公克+購入菌膜絞碎 |
| B 組：糖 30 公克+舊菌膜 | H 組：綠茶+糖 15 公克+購入菌膜 1 公分 |
| C 組：糖 15 公克+購入菌膜絞碎 | I 組：綠茶+糖 15 公克+購入菌膜 0.5 公分 |
| D 組：糖 15 公克+購入菌膜 1 公分 | J 組：一泡綠茶+糖 15 公克+購入菌膜塊 |
| E 組：糖 15 公克+購入菌膜 0.5 公分 | K 組：三泡綠茶+糖 15 公克+購入菌膜塊 |
| F 組：綠茶+糖 15 公克舊菌膜 | L 組：五泡綠茶+糖 15 公克+購入菌膜塊 |

實驗結果：

根據圖十六發現各組茶菌膜中，含水量、復水率以一泡、三泡、五泡綠茶培養四週時，茶菌膜含水量、復水率為前三高。其中以五泡綠茶菌膜為最高，含水量達 36.7%、復水率達 33.5%。

實驗三：比較不同茶葉種類、週數茶菌膜之含水量、復水率差異



圖十七不同茶葉種類、週數茶菌膜之含水量、復水率直方圖

實驗結果：

根據圖十七發現各組茶種中，紅茶菌膜、烏龍茶菌膜、綠茶菌膜皆為培養四週時，茶菌膜含水量、復水率最高。其中以綠茶菌膜為三種茶種中最高含水量達 31.8%、復水率達 39.1%。

實驗討論：

(一)實驗結果中紅茶、烏龍茶及綠茶培養四週之乾燥茶菌膜重量最重，因生長時間可能與其纖維組織密集有關，故有較佳的含水量與復水率。

(二)實驗結果以四週綠茶菌膜含水量(31.8%)與復水率(39.1%)最高，文獻指出茶菌膜是一種細菌纖維素，呈現 3D 立體的網狀結構，具有良好的吸水性（陳珮瑩、賴進此，2012）。

實驗結論：

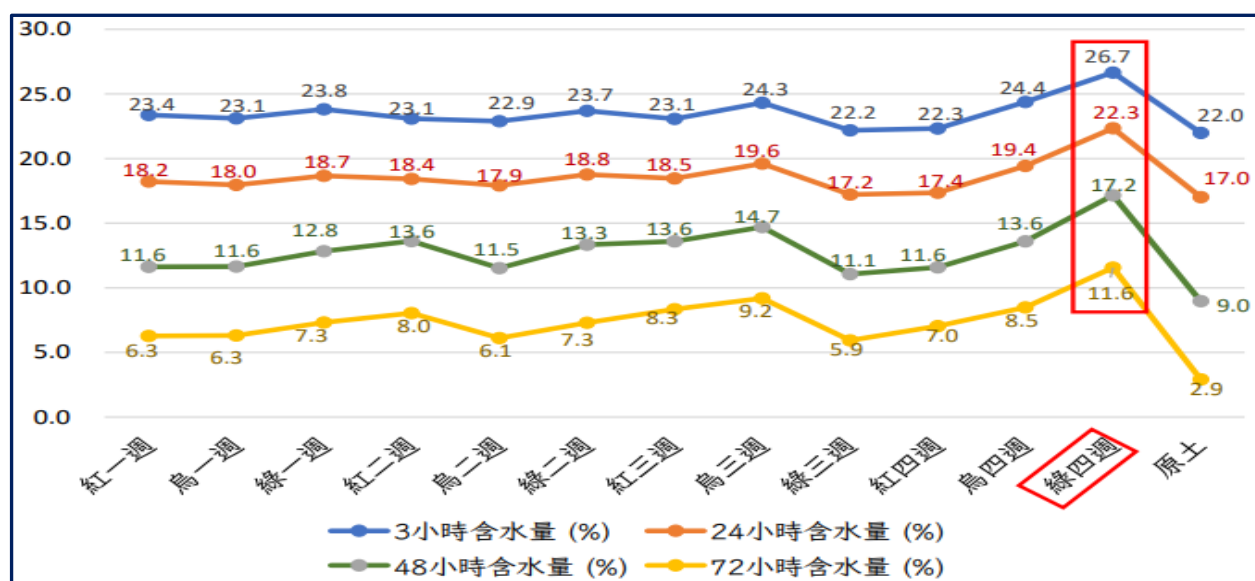
(一)培養四週綠茶菌膜生長重量最重。

(二)培養四週綠茶菌膜含水量、復水率最高，且茶菌膜重量與含水量、復水率具有相關性。

第二部分：應用不同茶葉種類、不同顆粒大小、不同比例乾燥茶菌膜，找出最佳土壤含水量、保水力之乾燥茶菌膜。

實驗四：不同茶葉種類、不同週數茶菌膜，以 1%比例加入土壤比較其含水量、保水力差異

$\text{土壤含水量計算方式(\%)} = \frac{\text{溼土壤重量} - \text{乾燥土壤重量}(ws)}{\text{乾燥土壤重量}(ws)} \times 100\%$
$\text{土壤保水力計算方式(\%)} = \frac{\text{每天土壤溼重}(w2) - \text{乾燥土壤重量}(ws)}{\text{三小時後土壤溼重}(w1) - \text{乾燥土}} \times 100\%$



圖十八 加入 1%乾燥紅茶、烏龍茶、綠茶菌膜土壤保水力差異折線圖

實驗結果：

根據圖十八結果發現加入 1%乾燥四週綠茶菌膜時，含水量、保水力最好，而原土則是含水量、保水力最差的組別。

實驗討論：

- (一)針對不同茶葉種類與茶菌膜生長相關性，文獻內容皆未探討。文獻指出細菌纖維素，網狀結構的密度會影響其吸水性（陳珮瑩、賴進此，2012）。
- (二)實驗結果以四週綠茶菌膜土壤含水量與保水力最高，與實驗二結果相同。

實驗結論：

- (一)添加 2%乾燥綠茶菌膜於土壤之含水量、保水力皆最高。

實驗討論：

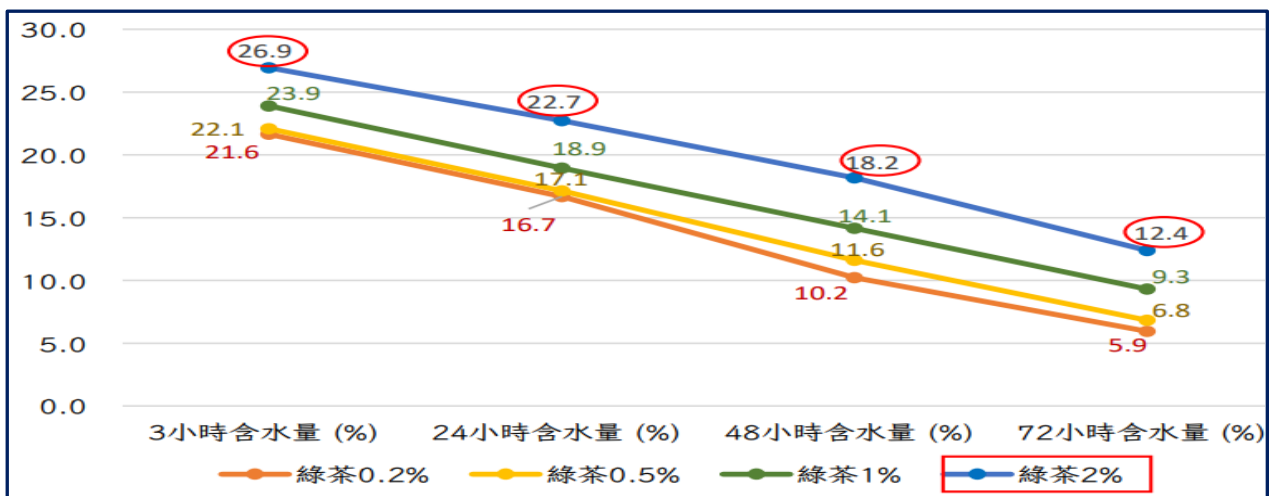
文獻指出種植九種不同種類的桉樹時，加入 0.6%保水劑可增加植物水分吸收及生長量

(陳羿樺、鄭霖澤、陳奕君，2018)，實驗結果以 2%四週綠茶菌膜含水量、保水力最高，保水劑比例較文獻內容高。

實驗結論：

(一)添加 2%乾燥綠茶菌膜於土壤之含水量、保水力皆最高。

實驗五：找出實驗三中最佳茶葉種類週數含水量、保水力之茶菌膜，以不同比例乾燥茶菌膜 (0.2%、0.5%、1%、2%)加入原生土壤比較其含水量、保水力差異

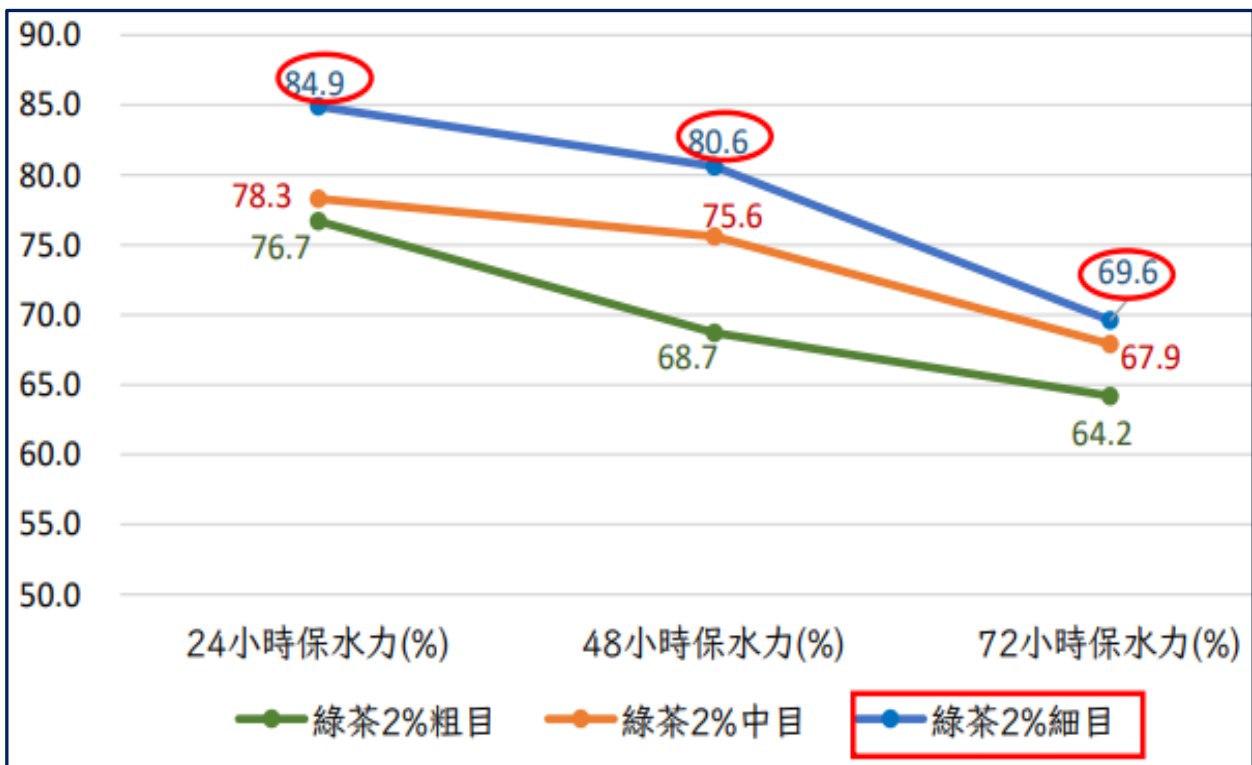


圖十九乾燥綠茶菌膜依不同比例加入原生土壤之含水量差異圖

實驗結果：

根據圖十九結果發現以 2%四週綠茶菌膜加入原生土壤的含水量、保水力為最高，以 0.2%四週綠茶菌膜加入原生土壤的含水量、保水力為最低。

實驗六：找出實驗四中最佳含水量、保水力之茶菌膜比例，以不同顆粒大小乾燥茶菌膜(1.5*2mm、3*3mm、6*6mm)加入原生土壤比較其含水量、保水力差異



圖二十乾燥綠茶菌膜依不同中粗細目加入原生土壤之含水量差異圖

實驗結果：

由圖二十結果發現以 2%四週綠茶菌膜細目 1.5*2mm 加入原生土壤的含水量、保水力為最高，四週綠茶菌膜粗目 6*6mm 加入原生土壤的含水量、保水力為最低。

實驗討論：

(一)文獻指出保水劑有顆粒、粉末、片狀等使用形狀，其中以粉末吸水速率最快，使用方式可直接投入植穴或預拌土壤中（彰成興業有限公司，2022），實驗結果以細顆粒均勻混入土壤中保水力較佳。

(二)三種不同顆粒大小乾燥茶菌膜，以細顆粒含水量、保水力最好，推測可能與細顆粒接近粉狀，可均勻與土壤混合，接觸面積大且均勻吸收水分。

(三)乾燥茶菌膜顆粒越小，含水量、保水力越高，二者具相關性。

實驗結論：

(一)添加 2%乾燥綠茶菌膜細目土之含水量、保水力皆最高。

三、應用最佳土壤含水量、保水力之乾燥茶菌膜，比較加入聚丙烯酸、乾燥茶菌膜保水劑實際種植空心菜之成效與土壤健康狀況。

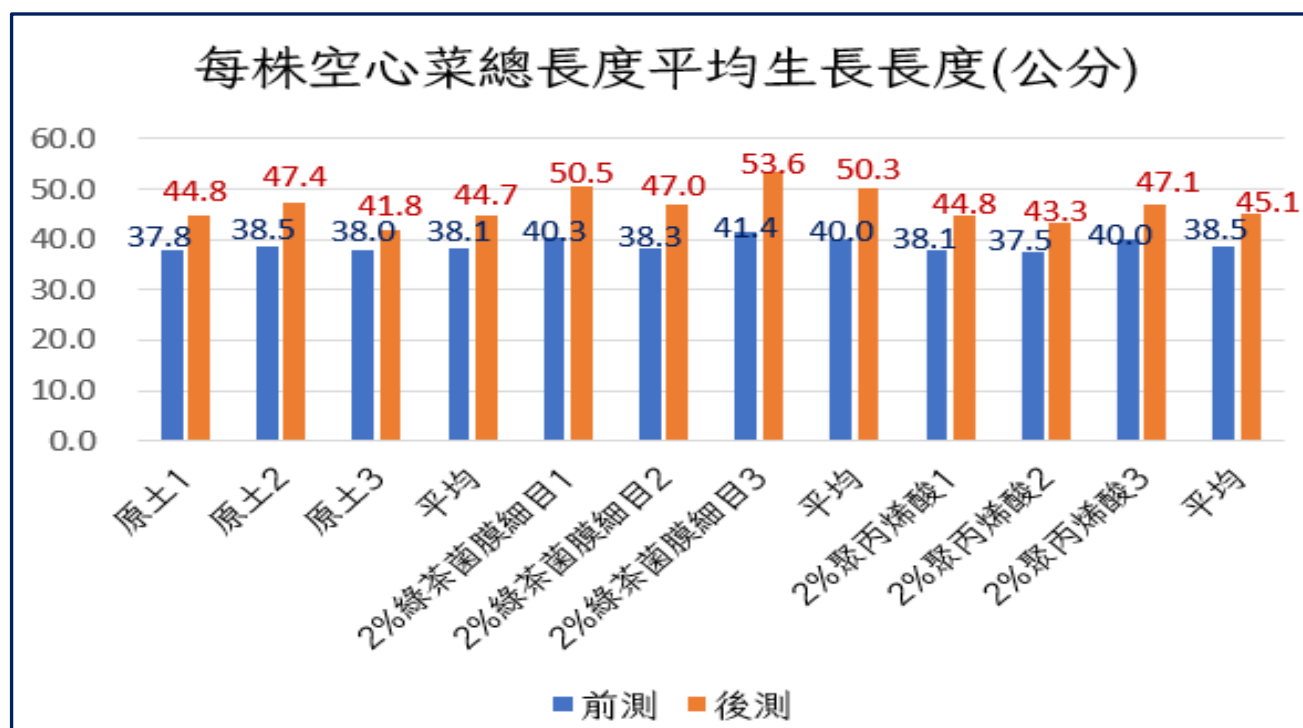
實驗七：加入實驗三、四、五中最佳茶葉種類、週數、濃度、顆粒大小之乾燥茶菌膜與 2% 聚丙烯酸於土壤，種植空心菜，比較空心菜發芽率、株高、鮮重及根長差異

表二 原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原生土壤種植空心菜種子發芽率表

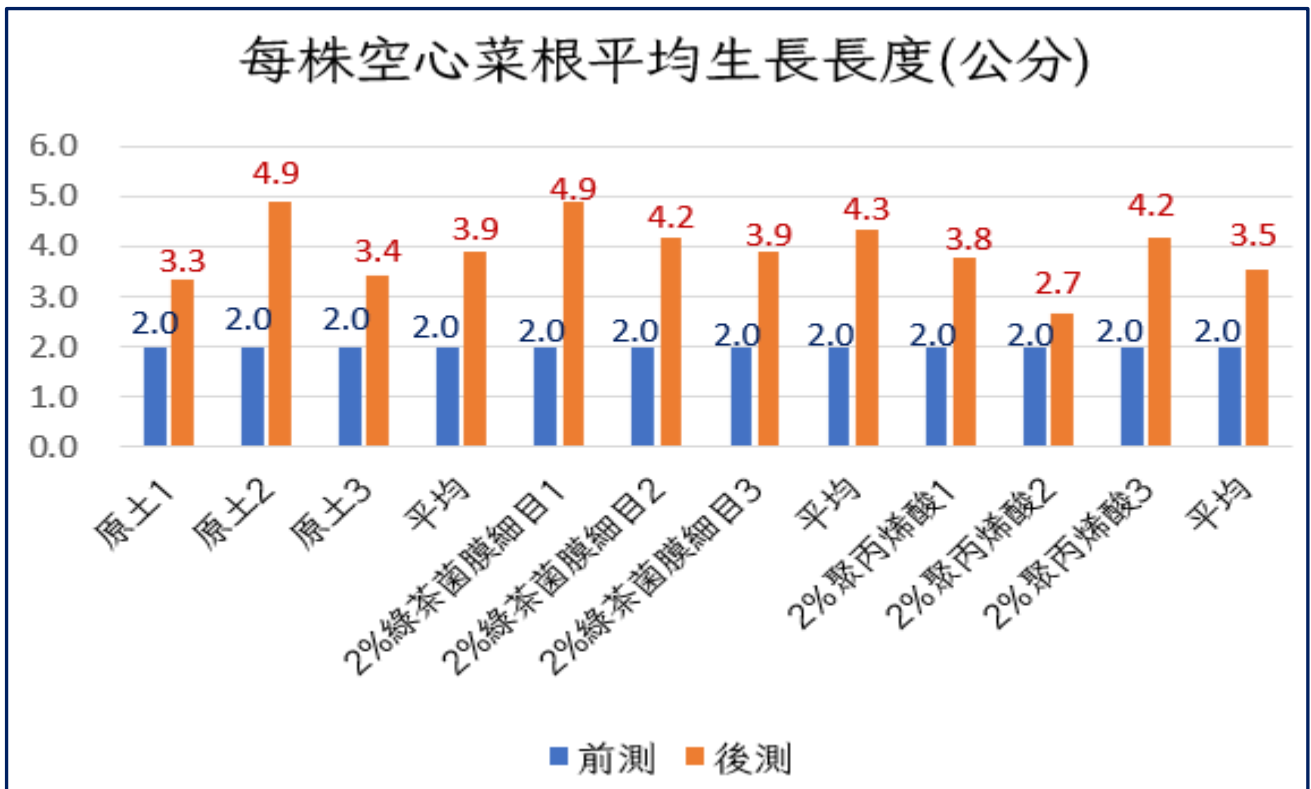
	原土 1	原土 2	原土 3	2%綠茶菌膜細目 1	2%綠茶菌膜細目 2	2%綠茶菌膜細目 3	2%聚丙烯酸 1	2%聚丙烯酸 2	2%聚丙烯酸 3
發芽數(株)	0	1	1	1	2	1	2	2	3
發芽率(%)	0	25.0	25.0	25.0	50.0	25.0	50.0	50.0	75.0
平均發芽率(%)	16.7			33.3			58.3		



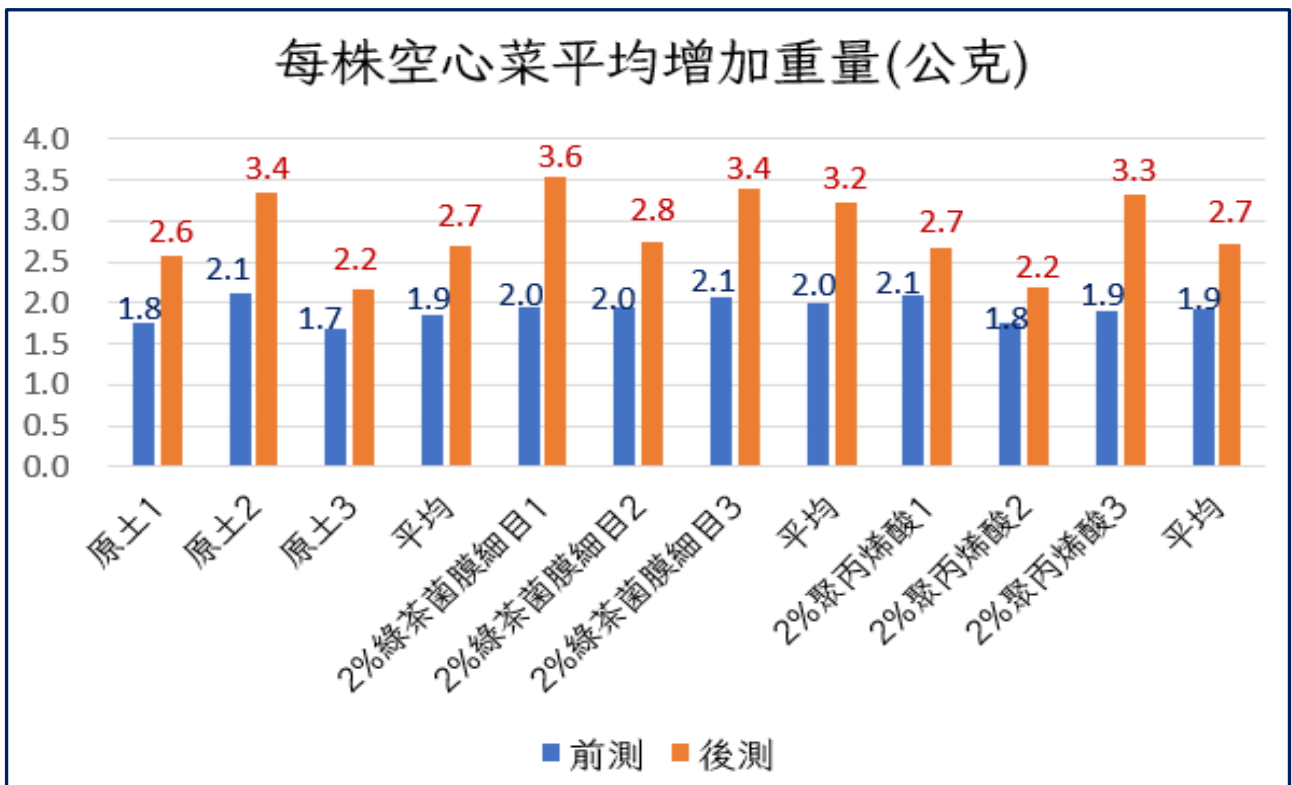
圖二十一原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原土種植空心菜種子發芽情形



圖二十二 原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原土種植空心菜株高差異圖



圖二十三 原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原土種植空心菜根長差異圖



圖二十四 原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原土種植空心菜鮮重差異圖

實驗結果：

由表二結果顯示 2%聚丙烯酸土壤空心菜發芽率最高 58.3%；圖二十三結果發現 2%乾燥綠茶菌膜細目土壤空心菜總長度平均成長率最佳達 116.7%，即種植三周後空心菜總長可增長原長

度之 1.167 倍；空心菜根長度平均成長率、空心菜重量平均成長率皆為最佳。

實驗討論：

(一)文獻指出使用保水劑種植蘋果樹單葉鮮重增加 31%，植物成長率 25%以上，鐵線藤發芽率明顯提高達 17.8%，保水劑用量以穴洞大小直徑 10cm 深度 40cm，每穴施用 30~50g（彰成興業有限公司，2022）；本實驗結果以種植空心菜為例，添加 2%乾燥綠茶菌膜細目其空心菜種子發芽率為 33.3%，空心菜總長度平均成長率達 116.7%，重量平均成長率達 61.9%，皆高於文獻成效。

(二)文獻指出種植空心菜根部對水分與養分吸收力強（劉政道、林麗玉，2005），實驗中添加 2%乾燥綠茶菌膜細目土壤種植空心菜，根長度平均成長率高達 89.1%，故茶菌膜保水力佳有助於空心菜根部生長。

實驗結論：

(一)以 2%乾燥綠茶菌膜細目為保水劑混入土壤中種植空心菜，空心菜株高、鮮重及根長成長率皆為最佳。

實驗八：比較加入 2%乾燥綠茶菌膜細目與 2%聚丙烯酸種植空心菜四週後，土壤酸鹼值、濕度、土壤電導度(EC 值)、氮、磷、鉀含量差異

表三原土、2%乾燥綠茶菌膜細目、2%聚丙烯酸加入原生土壤種植空心菜
土壤酸鹼值、濕度、土壤 EC 值(電導度)、氮、磷、鉀含量差異表

	原土1	原土2	原土3	2%綠茶菌 膜細目1	2%綠茶菌 膜細目2	2%綠茶菌 膜細目3	2%聚丙 烯酸1	2%聚丙 烯酸2	2%聚丙 烯酸3
土壤酸鹼值	7.0	6.5	6.5	6.5	6.0	6.5	5.5	5.5	5.0
土壤平均酸鹼值	6.7			6.3			5.3		
土壤濕度	NOR	NOR	NOR	WET	WET	WET	WET+	WET+	WET+
土壤電導度(EC值)	18.0	20.0	17.0	600.0	569.0	587.0	138.0	129.0	117.0
平均土壤電導度(EC值)	18.3			585.3			128.0		
土壤氮	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
土壤磷	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
土壤鉀	very low	very low	very low	very high	very high	very high	low	low	low

實驗結果：

根據表三結果發現 2%聚丙烯酸土壤平均酸鹼值最低為 5.3，2%乾燥綠茶菌膜細目土壤平均電導度(EC 值)最高，鉀含量以 2%不發酵茶細目茶菌膜土壤含量最高。

實驗討論：

- (一)文獻指出種植空心菜土壤酸鹼值以 PH5.6-6.5 為宜，生長發育期間需供給充足水分，土壤水分建議保持 70-85% 為宜（劉政道、林麗玉，2005），實驗結果以 2% 乾燥綠茶菌膜細目土壤酸鹼值介於 6.0-6.5，與文獻結果相同，故實驗六中空心菜株高、根長鮮重皆較佳。
- (二)文獻指出土壤電導度（Electrical Conductivity, EC）大於 4000 μ S/cm 者，稱之為鹽土（黃瑞彰，2018），實驗中以 2% 乾燥綠茶菌膜細目土壤電導度介於 569-600 μ S/cm，土壤電導度正常。
- (三)文獻指出每 100 公克綠茶含鉀離子 2068 毫克，且浸泡時間與鉀離子釋出量成正比（戴佳如，2017），實驗結果中 2% 乾燥綠茶菌膜細目土壤中鉀含量最高，可能與綠茶鉀離子含量較高有關。

實驗結論：

- (一)入 2% 乾燥綠茶菌膜細目種植空心菜之土壤，較原土及添加市售保水劑聚丙烯酸之土壤健康狀況更佳，對土地環境種植更為友善環保。

陸、研究限制和未來展望

研究限制

- 1.此實驗種植空心菜樣本數為每種土壤三盆，每盆種植四株空心菜，較無法推估至母群體種植狀況。
- 2.因時間有限，故空心菜種植觀察期為 21 天，與空心菜平均採收日 25 天仍有差異。
- 3.空心菜喜高溫適種季節以夏季為佳，此次實驗期間於九至十二月，雖未遇寒流來襲，但仍未處於空心菜最適合生長之時期。
- 4.此次實驗僅依市售保水劑建議之 0.2%、0.5%、1%、2% 進行實驗，無法精細測出茶菌膜保水力的最佳比例。
- 5.為減少實驗誤差，此次實驗選擇最單純的無添加原土土壤進行實驗，無法探討茶菌膜與其他土壤混合使用時之保水力情形。

未來展望

- 1.未來可於夏季時種植空心菜並增加種植空心菜數量，以減少推估誤差。
- 2.未來可增加觀察天數至 30 天，除可觀察空心菜發芽情形亦可記錄其存活率及生長狀況。
- 3.未來可選擇其他土壤(例如：赤玉土、砂土)混合茶菌膜使用，測試其保水力變化。

延伸

目前已聯絡康普茶工坊來尋找更具回收價值的原料來源

捌、參考資料

- 土壤保水劑百科知識 (2022)。
- 王宏智、陳俊明、尤瓊琦、王豐政 (1995)。香菇乾燥基本特性之研究，農業機械學刊，(第 4 卷第 1 期)，P1-13。
- 行政院農業委員會 (2022)。國際重要農情資訊，農政與農情，(第 355 期-366 期)，P66-75。
- 行政院農委會茶葉改良場 (2018)。臺灣特色茶分類及加工製程簡介，
<https://www.tres.gov.tw/ws.php?id=3741>
- 吳鴻均 (2018)。有機驗證及栽培管理，科學發展，(第 545 期)，P30-35。
- 李語濡、陳彥伶、曹宛婷、連浩任 (2009)。咦！紅茶怎麼變酸了？紅茶發酵因素之研究，
中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
- 食力 (2022)。食品科學/韋恩的食農生活，一次就上手！掌握康普茶備料、發酵步驟自製康
普茶也可以很輕鬆，<https://www.foodnext.net/column/columnist/paper/5098693221>
- 食品 GMP 認證制度規章彙編 (2016)。
- 陳珮瑩、賴進此 (2012)。細菌纖維素之產業應，生物資源保存及研究簡訊，(第 25 卷第 1
期)，P 5-9。
- 陳羿樺、鄭霖澤、陳奕君 (2018)。應用不同製備條件之纖維素水膠改良砂質與森林土壤保
水性之探討，林業研究季刊，(第 40 卷第 1 期)，P 31-40。
- 莊凱文、林艾美、張硯程 (2012)。紅茶會「酵」？—紅茶菌生長及其應用性之研究，中華民
國第 52 屆中小學科學展覽會。
- 國中二下自然 4 (2022)。3-4 酸鹼的濃度，康軒出版，P 102-107。
- 黃瑞彰：土壤健康與植物營養診斷 (2018)。<https://www.agriharvest.tw/archives/20414>
- 單信瑜 (1998)。試驗室內土壤試驗，交通大學土木工程學系講義，[https://cv.nctu.edu.tw/
chinese/teacher/Ppt-pdf/soiltest.pdf](https://cv.nctu.edu.tw/chinese/teacher/Ppt-pdf/soiltest.pdf)
- 瑞內、大衛 (2020)。NOMA 餐廳發酵實驗：米麴、康普茶、醬油、味噌、醋、古魚醬、乳
酸菌及黑化蔬果，大家出版，P 110-118。
- 彰成興業有限公司 (2022)。土壤保水劑-自動調整植物根系土壤水分的需求，
<https://www.zhang-cheng.com.tw/product-detail-2093573.html>
- 劉政道、林麗玉 (2005)。薤菜，台灣農家要覽，行政院農業委員會出版，P403-408。
- 戴佳如 (2017)。不同沖泡方式對綠茶鉀離子溶出率之影響，茶葉專訊(99)，P11-12。

【評語】 032906

本作品是製作茶菌膜為保水劑，用於取代市售聚丙烯酸，並施用不同用量茶菌膜之組合，進而提高空心菜品質、節省灌溉水資源及合理使用肥料量。本研究探討發酵程度、生長週數、不同粒徑、添加比例的茶菌膜之吸水及復水效益。比較添加茶菌膜與聚丙烯酸在植株生長狀況與土壤健康情形之影響(包含生長率、土壤健康度(導電度)、枯萎率、酸鹼值)。本作品的原創性高、實驗設計合理且討論完整度高。建議考量統計上的精確性，圖的 X /Y 軸應敘明以及綠茶菌被土壤中其他菌代謝掉的狀況。

作品海報

渴



渴

「保水力」水得~解植物的「渴」
探討茶菌膜應用於土壤保水劑之成效

保
水
力
水
得



保
水
力
水
得

摘要及研究動機

聯合國糧農組織（FAO）指出，在極端氣候影響的背景下，選擇友善環境的土壤添加物，有效提升用水效率是目前重要的課題。因此，本研究針對提高用水效率和選擇環境友善的土壤添加物進行了一系列實驗，找出具有最佳含水量和保水力的茶菌膜種類，混入原生土壤中，並觀察植株於其中之生長狀況，進行相關評估。

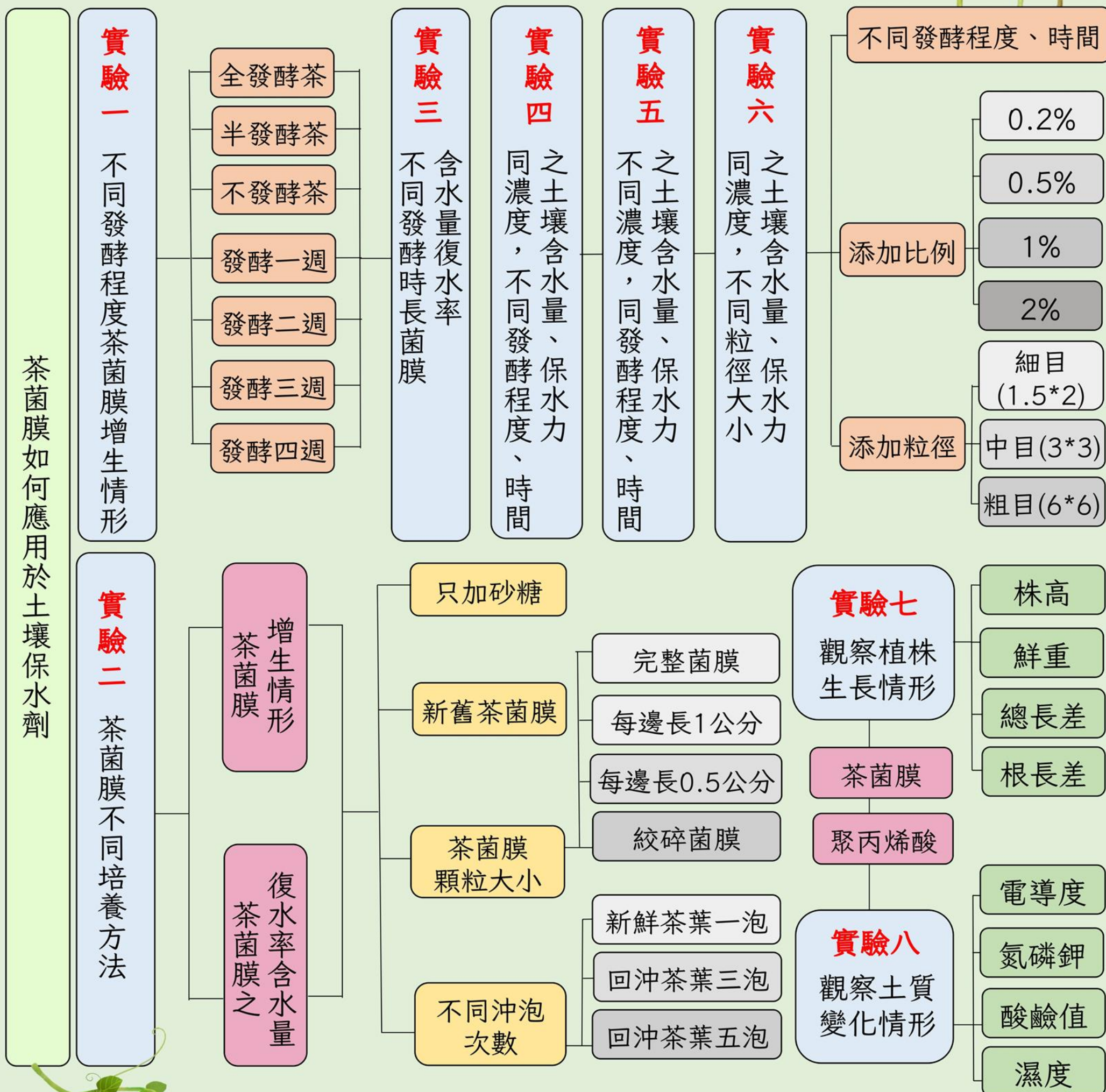
研究結果顯示，將培養4週的綠茶菌膜過篩成細目（1.5x2mm）後混於土壤中，能有最佳的保水效果；在調配比例部分，添加了2%的乾燥綠茶菌膜的土壤，在培育植株健康生長的效果上，較市售保水劑之效能更佳。此外，在後續補充實驗中，我們更發現市售康普茶製程後之茶菌膜冷凍乾燥固形物，若加入細砂及紅土等保水力不佳的土質中反而能大幅提升該土質之保水效果。

綜上所述，以茶菌膜作為土壤保水劑能對於環境保護有良好成效。

研究目的

- 一、比較不同發酵程度茶葉在培養茶菌膜上的增生效率
- 二、評估不同培養方法、生長週數的茶菌膜最佳含水量和復水率
- 三、分析茶菌膜作為土壤保水劑對於土壤含水量（保水力）之影響
- 四、研究不同粒徑、添加比例的茶菌膜對於土壤含水量（保水力）之影響
- 五、比較添加茶菌膜、聚丙烯酸對植株生長影響
- 六、比較添加茶菌膜、聚丙烯酸對土壤狀況之影響

研究架構及實驗流程

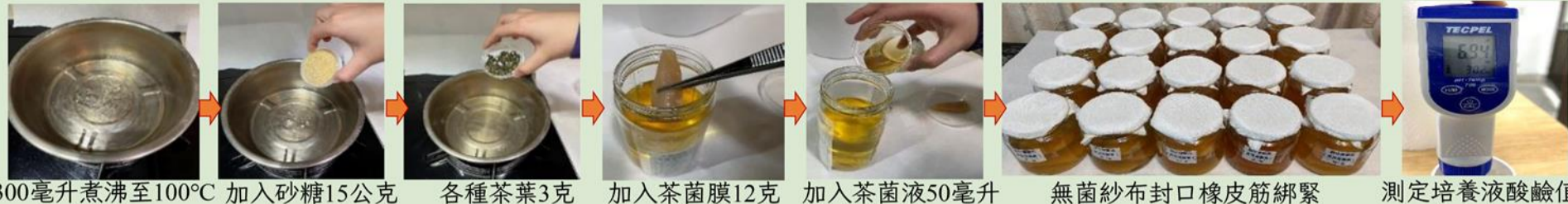


圖一、研究架構及實驗流程圖

研究結果與討論

一、比較不同發酵程度茶葉在培養茶菌膜上的增生效率

實驗步驟

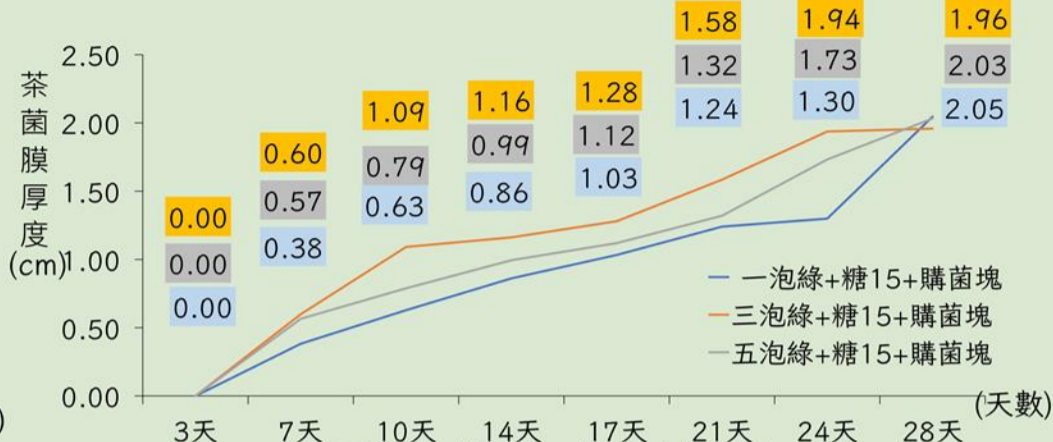
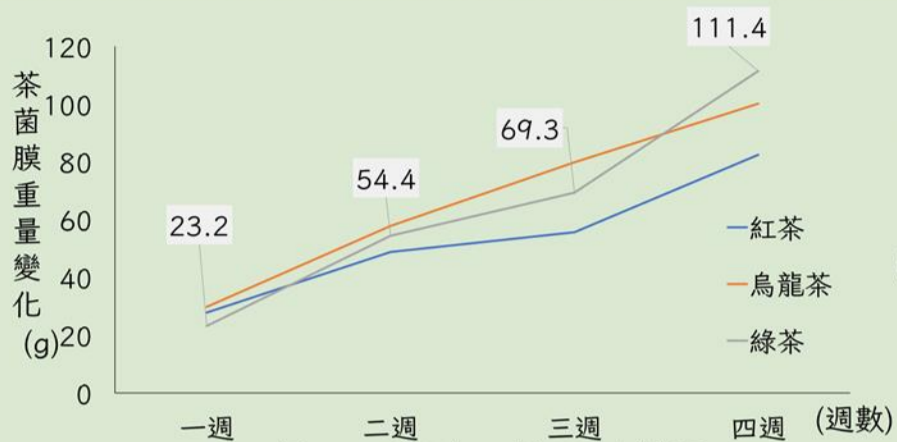


實驗一：觀察不同茶葉種類及週數茶菌膜增生效率

實驗二：觀察不同茶葉沖泡次數之茶菌膜生長情形

實驗結果：培養四週的綠茶菌膜其增生效率最佳。

實驗結果：沖泡次數對茶菌膜生長，並無明顯差別。



討論：在茶葉沖泡次數五泡之內，無論次數多寡，綠茶均是最適合醋酸菌製造菌膜纖維的茶種。

二、評估不同培養方法、生長週數的茶菌膜最佳含水量和復水率

實驗三：比較不同培養方法、不同發酵程度茶葉、生長週數茶菌膜之含水量、復水率

實驗步驟



表一、實驗三含水量復水率圖表

	紅一週	紅二週	紅三週	紅四週	烏一週	烏二週	烏三週	烏四週	綠一週	綠二週	綠三週	綠四週
平均濕菌膜重量(公克)	27.8	47.5	55.6	82.4	29.8	57.8	79.8	100.1	23.2	54.4	75.7	111.4
平均乾菌膜重量(公克)	1	1.6	2.2	2.8	1.1	2.2	2.6	3.3	0.8	1.8	2.5	3.4
菌膜含水量(%)	26.8	28.7	24.3	28.8	26.1	25.3	29.7	30.3	28	29.2	29.3	31.8
菌膜復水率(%)	20.9	21.8	27.3	27.8	22.6	30	30.7	32.3	24.6	29.1	31.3	39.1

實驗結果：四週綠茶菌膜之含水量、復水率皆為最高。

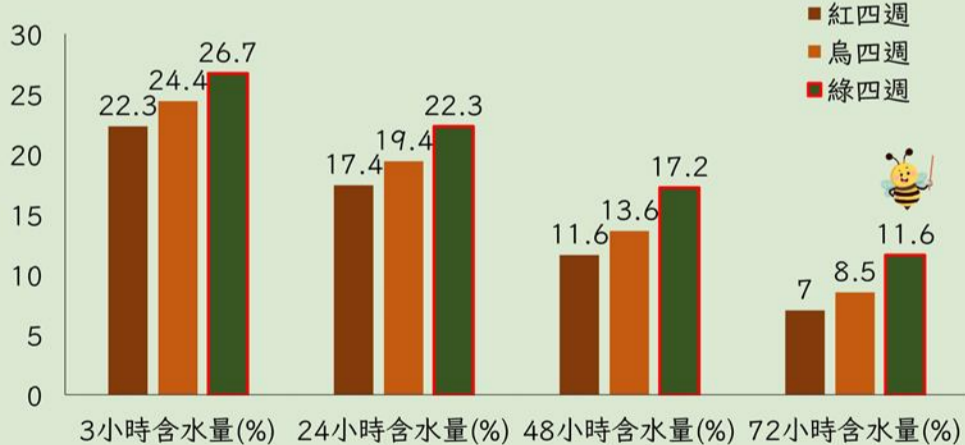
討論：推估可能與綠茶菌膜纖維密度較高有關。

三、分析茶菌膜對於土壤保水力之影響

四、研究不同粒徑、比例茶菌膜於土壤保水力之影響

實驗四：不同茶種、週數的茶菌膜，添加1%比例加入土壤比較含水量、保水力

實驗五：不同比例乾燥茶菌膜(0.2%、0.5%、1%、2%)添加於原生土壤，並比較其含水量、保水力

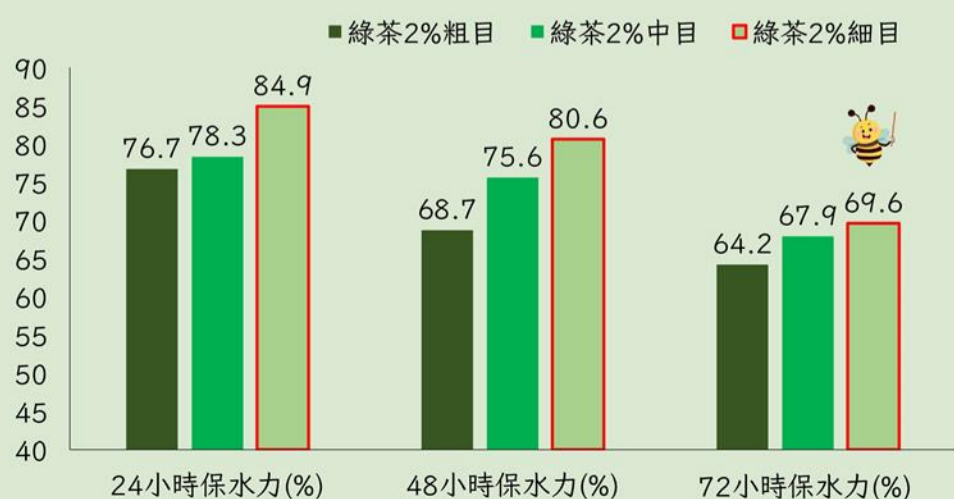


圖四、實驗四含水量長條圖



圖五、實驗五含水量長條圖

實驗六：以最佳含水量、保水力之2%比例茶菌膜，比較不同粒徑之茶菌膜對土壤含水量、保水力之影響



圖六、實驗六保水力長條圖

實驗四、五、六結果：

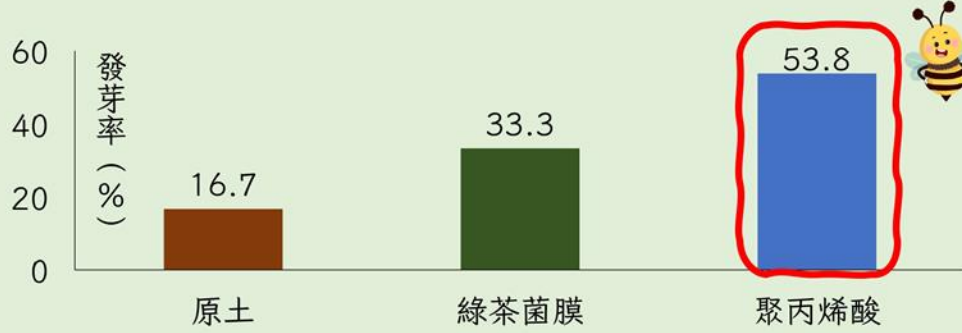
加入2%細目四週綠茶菌膜之土壤，其含水量、保水力能有最佳效果，以此進行後續實驗。

討論：

2%細目綠茶菌膜相較於其他粒徑來說，其接觸面積最大，因此對土壤之保水力有更好的效果。

五、比較添加茶菌膜、聚丙烯酸對植株生長影響

實驗七：分別以4週細目乾燥綠茶菌膜與聚丙烯酸相同比例2%加入土壤，種植空心菜，比較空心菜種子發芽率、空心菜株高、鮮重及根長差



圖七、實驗七發芽率長條圖



圖八、實驗七總長長條圖



圖九、實驗七鮮重長條圖



圖十、實驗七根長長條圖

實驗結果：將2%細目四週綠茶菌膜混入土壤種植空心菜，植株的株高鮮重根長成長率最佳。

六、比較添加茶菌膜、聚丙烯酸對土壤狀況之影響

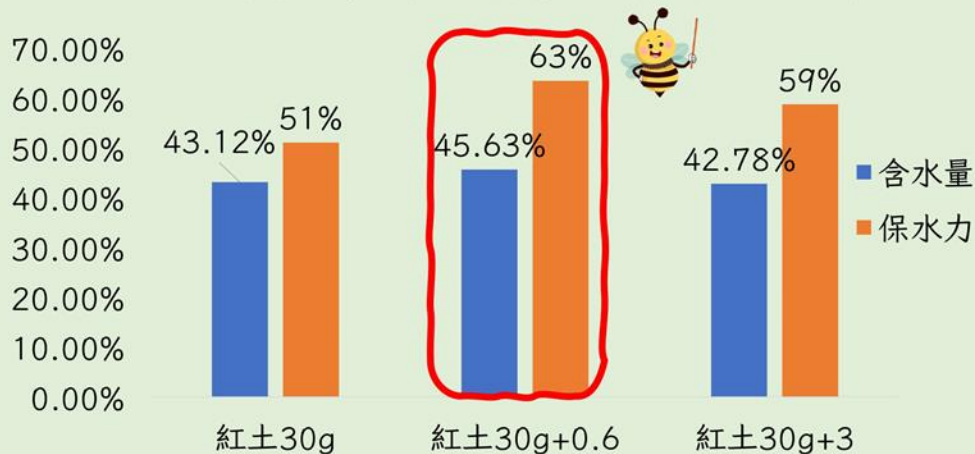
實驗八：分別以4週細目乾燥綠茶菌膜與聚丙烯酸相同比例2%加入土壤，種植空心菜，比較三週後的土壤濕度、酸鹼值、土壤電導度(EC值)、氮、磷、鉀含量差異

表二、實驗八土壤情形圖表

	原土1	原土2	原土3	菌膜1	菌膜2	菌膜3	聚丙烯酸1	聚丙烯酸2	聚丙烯酸3
土壤酸鹼值	7.0	6.5	6.5	6.5	6.0	6.5	5.5	5.5	5.0
土壤平均酸鹼值	6.7			6.3			5.3		
土壤濕度	NOR	NOR	NOR	WET	WET	WET	WET+	WET+	WET+
土壤電導度	18.0	20.0	17.0	600.0	569.0	587.0	148.0	129.0	117.0
土壤平均電導度	18.3			585.3			128.0		
土壤氮	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
土壤磷	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
土壤鉀	very low	very low	very low	very high	very high	very high	low	low	low

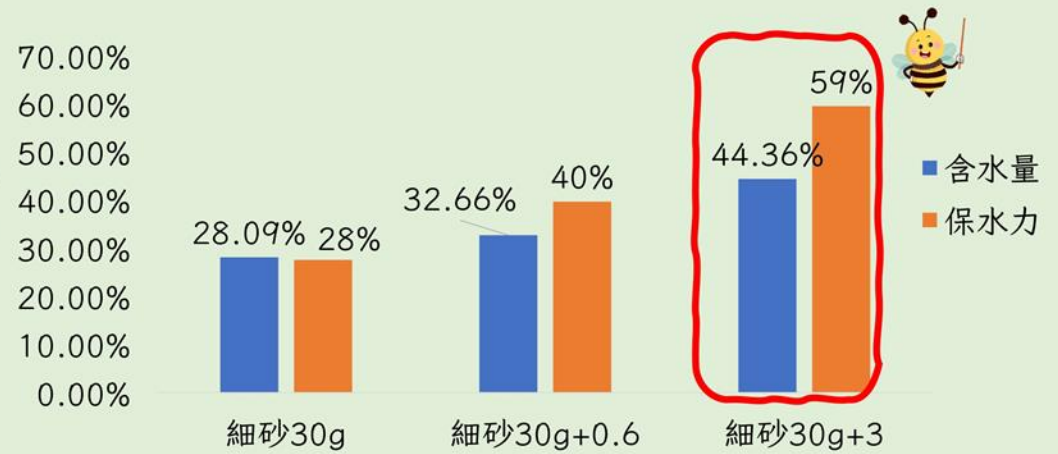
實驗結果：種植三週後，添加2%細目綠茶菌膜之土壤平均電導度(EC值)及鉀含量最高。

補充實驗：在等待自製茶菌膜的時間裡，我們同步聯繫市售康普茶工廠，提供由紅茶粉及菌粉發酵而成，在製程後剩餘的冷凍乾燥固形物(產物廢料)，想要了解一般市售的康普茶菌膜在加入土壤作為保水劑之保水成效與本研究之自製茶菌膜進行保水效益比較。



圖十一、補充實驗紅土保水力長條圖

實驗結果：紅土+0.6g菌粉保水力最佳。



圖十二、補充實驗細砂保水力長條圖

實驗結果：細砂+3g菌粉含水量保水力較佳。

討論：在土壤中添加茶菌膜，可有效改善易流失土質(細砂、紅土)之土壤保水效益。

研究結語

	本研究自製之茶菌膜保水劑	市售土壤保水劑(聚丙烯酸)
價錢	0 (產品製程後之廢料) 優	1公斤/300-500台幣
土壤溼度	保濕度高(WET) 優	保濕度高(WET+) 優
土壤氮磷鉀	高(含鉀量極高) 優	低
土壤電導度	高(585.3)	低(128.0)
對環境友善程度	可生物分解 優	不易自然分解

