

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

第一名

032916

火龍吸水、柚造奇蹟

－探討果皮製成可生物降解的吸水材

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者：  國一 葉欣彰  國一 楊晨麟  國一 謝昕燁	指導老師：  鄭伊伶  陳聖鋒
---	-----------------------------

關鍵詞：環保吸水材、交聯反應、可生物降解

## 得獎感言

### 火龍吸水、柚造奇蹟～我們真的創造奇蹟了

看著我們的科展研究主題在第 58 屆全國科展受到評審專家們的肯定，內心的激動與雀躍感受，絕非三言兩語可以道盡！研究專題得以完成，首先要感謝指導老師鄭伊伶老師、陳聖鋒老師的用心付出與指導。這一年來每天中午處理果皮、週末假日也回學校做實驗、寒假更繼續觀察植物生長情形，都是我們難忘的學習過程。

我們在研究階段，遇到許多挫折，多虧指導老師鄭伊伶耐心的指導和鼓勵，讓我們有腦力激盪、自由發揮的空間、期間學到了許多有形與無形的知識，從獨立思考能力到分析處理事情的態度，都讓我們受益良多。伊伶老師常常要我們自己想辦法解決問題，也不斷的鼓勵我們面對挫折，相信這挫折終究會是好的，能帶我們抵達更遠的地方。再者，也感謝陳聖鋒老師在我們專題製作上，所給予的寶貴意見與協助，指出實驗數據的盲點，讓我們修正改進，這些點點滴滴，都將永銘於心。在此我們亦感謝其他校內、外的老師，對本組作品給予許多珍貴的指導意見，使我們澄清了研究的方向，非常感謝您們！

在組員互動間，我們更學會如何互助合作、溝通討論。準備的過程雖然非常辛苦，也讓我們相互培養了默契，從新竹縣縣賽奪冠，一起進入全國科展，相信經由科展活動過程的磨練，一次一次從緊張到突破自我，我們將更有能力迎接未來的各種挑戰，更能勇往向前，面對問題、解決問題。

對於指導老師為我們所做的一切指導與協助，實非言語所能表達，本組全體組員除了感謝，還是感謝，並在此向恩師們致上最誠摯的謝意。最後，感謝父母親及家人們的支持與關懷，從小能力態度的養成與栽培、給予我們許多自由的時間與空間，在我們面臨準備科展過程中的困境與疲憊時，給予最大安慰、陪伴與鼓勵，讓我們更有動力與希望、向前邁進！



全國賽前假日集訓



備受呵護照顧的萬壽菊



落葉纖維之樹葉採集

## 摘要

本研究利用火龍果皮與柚子皮經交聯反應後，成功製成可生物降解的吸水材，進而應用在生活中的吸水杯墊與吸水土，可提供土壤保濕性與營養量。研究發現：(1)果皮種類效應：①飽和吸水量：火龍果>柚子皮。②吸水速率：火龍果皮>柚子皮。③最大吸水倍率達自身重量 2.3 倍。④果皮顆粒效應：顆粒愈大，孔隙率愈高，則吸水率愈高。⑤纖維效應：添加衛生紙 5g 最大飽和吸水量達 145.5 克。⑥果膠效應：添加柚子果膠 5 克，增加 17.3%耐壓性及 23.4%彈性。⑦盆栽保水性：添加吸水材 2 片，濕度半衰期天數達 6 天，每週植物生長高度 2.8 公分。⑧單片吸水材發酵後會產生氨氮濃度約 2-3 mg/kg，有機質約 0.9-1.2%。環保吸水材不只豐富農業廢棄物的應用性，更增加對地球友善的價值性。

## 壹、研究動機

2015 年世界經濟論壇發表的全球風險報告中，將水資源列為影響全球最具風險的第一位。聯合國在 2015 年公佈《世界水資源開發報告》，若不改善人為浪費和水源汙染的問題，2030 年全球恐面臨 40%地區缺水的困境。台灣每人平均每日用水量不但高於國際標準值 250 公升，還逐年提升；根據水利署統計，2014 年比起 2013 年多了 3 公升。

我們觀察組員外婆的火龍果園都將廢棄的果皮丟到土壤中增加養分，聯想到果皮與水資源利用，啟發我們的研究靈感。我們發現水果富含大量水份，查了資料顯示天然的火龍果皮，含有豐富的類黃酮苷 flavonid glycosides 的醣類，使用紫外光與熱的有機交聯方法，可以成為吸水性聚合物。帶著忐忑的好奇心，想挑戰用科學方法，環保的方式，來愛護地球的水資源，用我們小小力量為家族果園進行實驗。

本研究嘗試製造果皮吸水材，它可以應用在生活當中的吸水杯墊，更進一步應用在自己家中的火龍果園，不需要常規性的補充水分，就能保持土壤濕度並維持生物生長，又可以完全生物降解的環保果皮吸水材。

## 貳、研究目的

### 第一部分：利用果皮製成環保吸水材的最適方法與特性

實驗一、探討果皮種類製成吸水材之特性與吸水效率

實驗二、探討果皮顆粒粗細製成吸水材之特性與吸水效率

實驗三、探討不同落葉纖維製成吸水材之特性、吸水效率與釋水性

### 第二部分：應用吸水材製成環保吸水墊之最適方法與特性

實驗四、探討不同基重之纖維製成吸水墊之吸水性與耐壓性效應

實驗五、探討果膠種類對吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性效應

### 第三部分：應用吸水材製成環保吸水土，測定保水性與養分含量

實驗六、探討吸水土應用於種植盆栽之保水性成效

實驗七、探討吸水土應用於植物盆栽經微生物發酵之養分成效

※研究架構，如右圖：



### 參、研究設備及器材

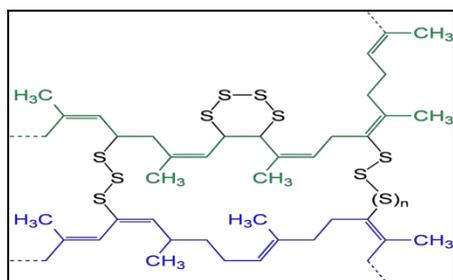
					
果皮烘乾機	火龍果皮	火龍果皮粉	香柚皮粉	葉子粉	
					
培養皿	大分子篩	小分子篩	魔晶土	雙面膠	TST 石膏粉
					
分光光度計	加熱板	UV 乾燥機	烤箱	顯微鏡	
					
焦亞硫酸鈉	聚苯稀酸鈉	UV 吸收劑	矽藻土	氯化銨	磷酸二氫鉀
					
廣用試劑	研磨機	果汁機	土壤溼度計 1	土壤溼度計 2	培養土

## 肆、研究過程或方法

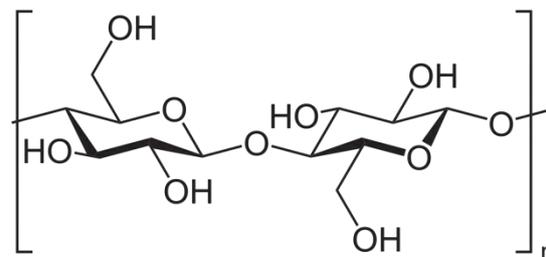
(一)名詞解釋：

1、**吸水物質 SAP**: 高吸水性高分子 (Superabsorbent polymers, 簡稱 SAP), 是一種能夠吸收並保留相對於其本身質量要大得很多的液體的新型功能高分子材料吸水高分子, 屬於水凝膠, 能夠通過和水分子連接的氫鍵吸收溶液, 因此, 吸水能力受溶液離子濃度影響。

2、**交聯反應**: 交聯反應為連接聚合體的鍵。當「交叉鏈接」用於聚合物科學時, 通常指的是使用交叉鏈接, 以促進聚合物物理性質的差別。而若它使用於生物領域, 它指的是用探針與蛋白質連接在一起, 檢查蛋白質的交互作用。但交叉鏈接的範圍和交叉鏈接的特異性還是有所不同。交叉鏈接可以透過熱、壓力、改變 pH 值和輻射等化學反應而形成。



▲交聯反應



▲果膠分子 Pectin

3、**果膠**: 屬於天然高分子化合物, 為一種高分子量的多醣, 含有部分甲酯化的聚半乳糖醛酸。其分子式為  $(C_6H_{10}O_7)_n$ , 具有凝膠、增稠及乳化等作用。果膠主要分為兩種類別, 分別為高甲氧基 (HM) 與低甲氧基 (LM) 果膠, 這兩種果膠可以形成黏性溶液。

4、**矽藻土**: 矽藻土是海底或湖底的單細胞浮游生物的遺骸, 經地殼演變成化石, 磨粉來運用。矽藻土為多孔質, 孔數大約是木炭的五六千倍, 能夠吸收大量的水分, 具有調濕機能, 還可防止結露、反潮, 抑制黴菌和蟲的發生。

5、**濕度半衰期**: 1977 年 Thomson 建立濕度半衰期理論 Hygrometric Half-time, 在調濕材料影響, 相對濕度從起始達到相對濕度一半所用的時間。計算公式如下:  $t_{1/2} = 4760MB/N$ 。Thomson 將 M 稱為濕度緩衝材料的“濕度吸附常數”, M 定義為每公斤濕度緩衝材料吸收水分或者失去水分/公克引起相對濕度 1%變化的值。為了能夠提供有效的濕度控制, 吸濕緩衝材料必須具有較高的吸濕能力。增加吸濕緩衝材料的吸濕能力就意味著可以少用吸濕緩衝材料。

(二)實驗流程及方法：

第一部分：利用果皮製成環保吸水材的最適方法與特性。

實驗一、探討果皮種類製成吸水材之特性與吸水效率，流程圖如下：



1 果皮的預處理：

- (1)蒐集廢棄果皮：主要來源為組員阿嬤的火龍果果園、中秋節的柚子、學校營養午餐的水果
- (2)使用削皮刀削除實驗用果皮；特別是柚子皮，削取薄博外層的柚皮。
- (3)將實驗用果皮靜置於濃度 5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 焦亞硫酸鈉水溶液約 1 小時；《中國食品學報》2017 年第 7 期，呂艷芳，果農常用焦亞硫酸鈉在芒果、香蕉、火龍果等，主要功能為水果保存性延長，防腐與抗氧化的作用。
- (4)將果皮置於太陽光下，曬乾 72 小時；遇到陰雨天，則用紫外線烘乾機 70℃，連續 5 小時。
- (5)將曬乾後的果皮搗碎，並使用研磨機磨成粉狀。
- (6)實驗過程：



1 浸泡 5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 焦亞硫酸鈉



2 曬乾 72 小時



3 烤箱，烘乾



4 用果皮烘乾機，將果皮加速乾燥



5 用研磨機磨成粉狀

2 交聯反應過程：

- (1)將已預處理的火龍果皮，加入 30 毫升檸檬汁，放置 1 小時；
- (2)再加水 500 毫升加熱至沸騰，持續 45 分鐘
- (3)將火龍果果皮用研磨機磨碎，加入已預處理的柚子皮，
- (4)加入紫外線吸收劑 15 公克，經過日曬 14 天
- (5)日曬過程中，我們交叉使用三種乾燥處理方法；最佳化為日曬 14 天，遇到陰雨天氣則使用紫外線烘乾機維持 70°C，果皮不小心淋到雨時，則先使用烤箱維持 70°C，維持 2 小時。

(6)實驗過程：



1 蒐集火龍果皮



2 蒐集柚子果果皮



3 曬乾 72 小時



4 加入柚子果膠



5 將果皮磨成粉



6 調配吸水材



7 第一次製作失敗，因為注模時沒有均勻，導致測第一次吸水率之後就碎裂了。



8 經過重做三次，成功製成吸水材。

### 3 杯墊製模改良過程

第一代製模



烘培的金屬膜，吸水材脫模不易，容易受力不均，造成碎裂。

第二代製模



雙面膠框脫模後，雙面膠框內側紙面被破壞，只能單次使用。

第三代製模



水管截面積，脫模時容易受力不均，造成吸水材碎裂。

第四代製模



在水管內層塗抹薄薄的凡士林油。



在水管內層塗上凡士林，讓脫模過程順利，杯墊保存更完整。



脫模而碎裂的吸水材

#### 4 吸水材數據測試方法：

- (1)飽和吸水度(滴水法)：單位質量的吸水載體，持續滴入蒸餾水，計算最大載體飽和吸水量  
操作過程:使用滴管每次吸出 3 毫升的水，並每隔 60 秒鐘滴在果皮吸水杯墊表面，觀察水滴全部都被吸水材吸入後，持續操作直到吸水材可以吸收的最大飽和吸水量。
- (2)吸水率(浸泡法)：單位質量的吸水載體，在單位時間內吸收水份的速度，為吸水率  
操作過程: 將吸水載體置入裝滿 500 毫升蒸餾水的燒杯中，使其吸收至最大吸水量後，將載體每隔 5 分鐘取出，測量燒杯中剩下的水量，並計算單位時間內載體的吸水量。
- (3)釋水率(烘乾法)：單位質量的吸水載體，在單位時間內釋出水份的速度，為釋水率  
操作過程: 將吸水載體先吸到最大飽和吸水量，經熱風對流烤箱進行上下火皆 100°C，每隔 20 分鐘計算釋水率；秤重計算吸水載體單位時間內所損失的水份含量。



**實驗二、探討果皮顆粒粗細製成吸水材之特性與吸水效率**

**※實驗步驟:**

- 1 將三種果皮:火龍果、柚子、橘子果皮，皆進行果皮的預處理
- 2 用不同大小分子篩，輕拍側邊，篩出粗與細的粒徑粉末，再放入 UV 烘箱中進行 48 烘乾。
- 3 依據我們實驗做出環保吸水材最佳比例:我們各取 10 公克的果皮粉末加入 10 公克矽藻土、30 公克 TST 石膏、50 毫升的水，攪拌均勻。
- 4 粗顆粒: 7 目 (2.8mm=0.28cm, 半徑 0.14cm)；細顆粒:32 目 (0.5mm=0.05cm, 半徑 0.025cm)
- 5 將吸水材混合物倒入模具中，由於烘培店的金屬模具，購入多組會超出預算，所以我們使用雙面膠的外框當作乾燥模型，靜置 48 小時以上則固化成型。
- 6 測量各種環保果皮吸水材的物理性質，吸水度與吸水率，並拍照紀錄。
- 7 實驗過程：



			
<b>1</b> 利用分子篩，篩出不同顆粒大小	<b>2</b> 注模，要搖晃均勻	<b>3</b> 顯微鏡觀察表面	<b>4</b> 紀錄實驗數據

### 實驗三、探討不同落葉纖維製成吸水材之特性、吸水效率與釋水性

#### ※實驗步驟:

- 1 將三種果皮，皆重複果皮的預處理步驟
- 2 戶外採收三種不同纖維的葉子，經過日曬 5 天，再磨碎並篩出葉子粉末控制相同顆粒大小。
- 3 各取實驗用交聯反應後的火龍果皮粉末各 10 公克、三種不同纖維度葉子粉末各 10 公克，分別加入 TST 石膏 30 公克與水 50 毫升，攪拌均勻。
- 4 將吸水材混合物倒入模具中，需靜置 60 小時以上，才能固化成型。
- 5 測量各種環保果皮吸水材的物理性質，吸水度與吸水率，並拍照紀錄。

#### 6 實驗過程：

茄苳葉	苦楝葉	羊蹄甲葉
		
每 100 公克的乾燥葉子之纖維含量，茄苳葉為 35 公克、苦楝葉為 55 公克和羊蹄甲葉 80 公克。		
		<b>1</b> 由左至右，為火龍果粉末、柚子粉末與橙皮粉末。



**2** 由左至右，為茄苳葉粉末、苦楝葉粉末與羊蹄甲葉末。我們發現，磨粉都會飄出抹茶味。



**3** 葉子的處理過程：摘葉子→去枝→乾燥→打碎→磨粉。



**4** 苦楝葉的乾燥過程，濃濃抹茶味。



**5** 我們撿了校園內，羊蹄甲葉的落葉。



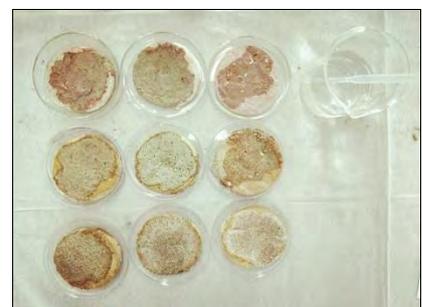
**6** 成分調配攪拌均勻



**7** 灌模，靜置乾燥



**8** 測吸水率



第二部分：應用環保吸水材製成**吸水杯墊**之最適方法與特性

實驗四、探討不同基重之纖維製成**吸水杯墊**之吸水性與耐壓性效應

組別	纖維添加	比例
實驗組	衛生紙紙漿	果皮+衛生紙+TST 石膏 (1:1:3)
	影印紙紙漿	果皮+影印紙+TST 石膏 (1:1:3)
對照組	矽藻土	果皮+矽藻土+ TST 石膏 (1:1:3)
	聚本稀酸鈉 SAP	果皮+SAP 聚合物+ TST 石膏 (1:1:3)

※實驗過程：

- 1 將果皮先預處理，加入各種實驗成分調配，攪拌均勻
- 2 倒入壓模靜置乾燥 60 小時以上，製成環保果皮吸水墊
- 3 測量各種環保果皮吸水墊的物理性質，飽和吸水量，並拍照紀錄。
- 4 重複數據測定 3 次，取其平均值
- 5 同時，送同批樣品至工研技術研究院，使用萬象拉力機 AITM Airbus Compression 測定纖維強化衝擊後壓縮強度的測試方法進行品管試驗。

※耐壓強度試驗(AITM Airbus Compression)與彈性係數：

1. 將環保吸水杯墊皆切割為 寬度 x 厚度:22mmx11m、截面積皆為 242mm<sup>2</sup>的長柱狀。
2. 待測試的吸水杯墊兩端分別夾上固定夾具。
3. 控制施力速度皆為 20 mm/min，直到杯墊碎裂，紀錄最大荷重點，即為耐壓性強度

4. 耐壓性強度 S

$$S = \frac{F}{A}$$

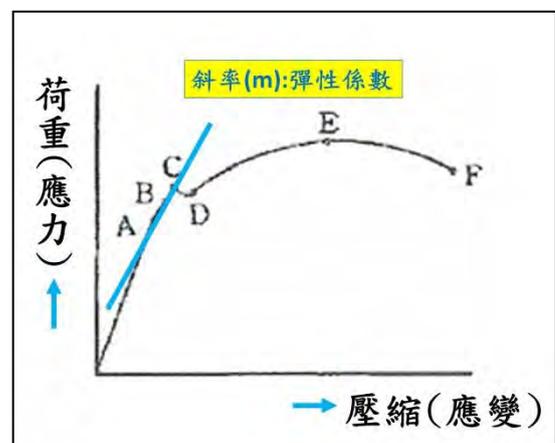
F----試樣在斷裂前的最大外力 (Kgf)

A----試樣原來的截面積 (mm<sup>2</sup>)

5. 耐壓試驗所得的應力-應變圖

(stress-strain diagram)，

斜率(m)即為彈性係數。



## 實驗五、探討果膠種類對吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性效應



### ※果膠製作過程：

- 1 浸泡法:將柚子籽浸入裝滿水的燒杯，放置冰箱 5 天待果膠釋出，液體即柚子果膠。
- 2 加熱法:將柚子果皮、黃橙果皮、檸檬果皮、柳丁皮、火龍果果皮各 200 公克，各加入 30mL 的檸檬汁；我們加入檸檬汁的原因為，黃梅英(2004)，由於果膠分子鏈帶有負電荷，因此分子間趨向於相互排斥，這種排斥作用會阻礙離子化的果膠鏈間氫鍵的形成；所以，讓果膠發生膠凝作用需要加入檸檬汁，以降低 pH 值。
- 3 靜置 30 分鐘後，邊緩慢加熱邊攪拌熬煮 45 分鐘，即可萃取大量果膠。
- 4 將火龍果果皮預先處理，加入各種實驗成分調配，攪拌均勻。
- 5 倒入壓模靜置 60 小時以上，製成環保果皮吸水杯墊。
- 6 測量各種環保果皮吸水杯墊的飽和吸水量、耐壓性與彈性係數。



果膠萃取過程



煮沸取得的柚子果膠



各種水果果膠萃取



各種水果果膠分裝

### 第三部分：應用吸水材製成環保吸水土，測定保水性與養分含量

#### 實驗六、探討吸水土應用於種植盆栽之保水性成效

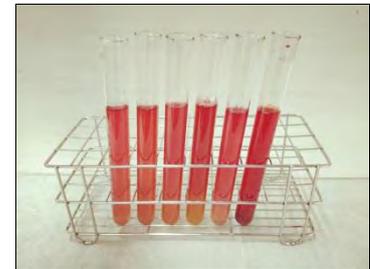
組別	纖維添加	質量比
實驗組	培養土+吸水材 1 片	250 公克: 50 公克
	培養土+吸水材 2 片	200 公克:100 公克
對照組	培養土+魔晶球 50 公克	250 公克: 50 公克
	純培養土	300 公克

#### ※實驗過程：

- 1 到園藝店挑選高度、葉片大小都差不多的福壽菊共 12 盆；分成 4 組，每組 3 盆
- 2 將火龍果皮粉末與柚子皮碎粉，加入柚子籽果膠，進行日曬 14 天的紫外光與熱交聯反應。
- 3 經過交聯反應的吸水材 50 公克，與培養土攪拌均勻，即為我們的「環保吸水土」
- 4 將每個盆栽在第 0 天加入 100mL 的水，待多餘水分流出，表示土壤的水份達到飽和吸水度，在實驗期間不再進行澆水，持續 21 天。
- 5 本實驗使用土壤濕度計，每天中午 12:30 進行檢測，插入盆栽中 3cm 深，並讀數。
- 6 記錄每天植物高度、土壤濕度、土壤 pH 值和照度，共紀錄 21 天，數據進行三重複。



1 將果皮種類加入果膠溶液，置於盆栽中形成吸水土。



2 將果膠溶液用廣用試劑測定 pH 值，我們發現屬於酸性。



3 每天測福壽菊的溼度、照度、pH 值。



4 測量小黃瓜瓜苗的生長高度。



5 用溼度計測量小黃瓜瓜苗的溼度、照度、pH 值。

## 實驗七、探討吸水土應用於植物盆栽經微生物發酵之養分成效

### ※實驗過程：

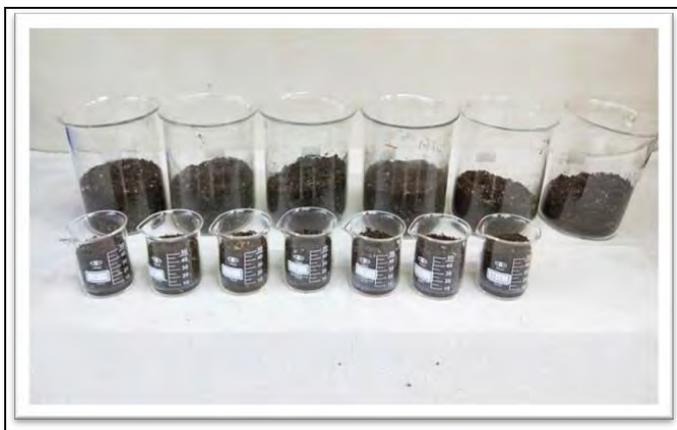
1 將交聯反應後的吸水材 50 公克，與培養土 500 公克攪拌均勻。

2 加入土壤發酵液，密封後進行 14 天發酵過程。

3 利用分光光度計，測定發酵土壤中之氨氮濃度：納氏法

4 分光光度計實驗步驟：(1)取用於待分析的土樣；(2)對原始土樣進行預處理；(3)取預處理過的土樣於比色管中，搖勻後向比色管中加入納氏試劑再搖勻，放置一定時間後，採用分光光度計測試水樣的吸光度；(4)採用蒸餾水做空白試驗，得到空白吸光度；(5)將樣品測得的吸光度扣除空白吸光度，得到校正吸光度，繪製標準曲線，計算得到水中氨氮的含量。

5 檢量線製備：(1)取 50.0mL 試劑水，加入 2.0mL 納氏試劑，以此溶液將分光光度計於波長 425nm 處歸零。(2).取氨氮標準溶液 ( $10.00 \mu\text{g}/\text{mL}$ ) 0.00、1.00、2.00、3.00、4.00、5.00mL 稀釋至 50.0mL。(3)加入 2.0mL 納氏試劑，混合均勻，靜置 20 分鐘後，以分光光度計在波長 425nm 處，讀取吸光度。繪製吸光度—氨氮含量 ( $\mu\text{g}$ ) 之檢量線。



▲將吸水材與培養土攪拌均勻，加入土壤發酵液，密封後進行 14 天發酵過程；我們發現隨著發酵天數增加，味道不好聞；下次會記得用 Parafilm 來做密封更好。

▲分光光度計測定氨氮量

## 伍、研究結果與討論

### 實驗一、探討果皮種類製成吸水材之特性與吸水效率

- (一) 設計理念：常見的果皮種類有火龍果皮、橘子皮、柚子皮，不同種類果皮的特性會影響環保吸水材的飽和吸水量與吸水速率。
- (二) 實驗假設：不同種類果皮因為特性，會影響杯墊飽和吸水度與吸水率。
- (三) 實驗設計：

操縱變因：	果皮種類
控制變因：	果皮粗顆粒- 7 目, 2.8mm=0.28cm, 半徑 0.14cm)、 添加果皮量(10g)、水量(50mL)、矽藻土(10g)、石膏量(50g)
應變變因：	果皮材之飽和吸水量與吸水率

- (四) 實驗結果：

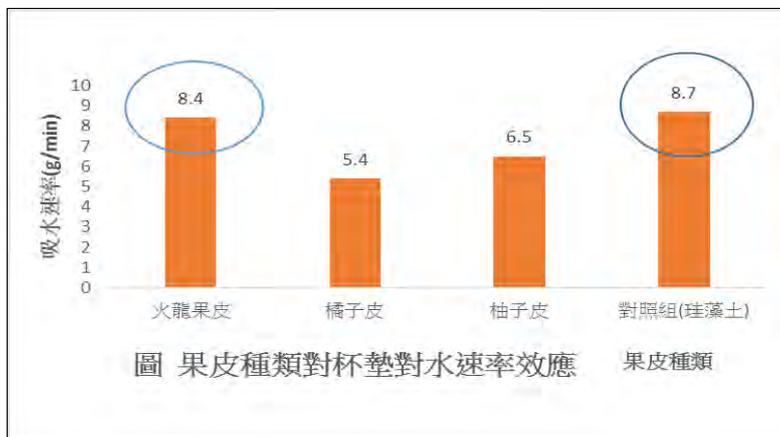
表 1-1 果皮種類製成吸水材之特性與吸水效應之數據

	項目	實驗組			對照組
		火龍果	橘子皮	柚子皮	珪藻土 無添加果皮
製作過程	果皮	10 公克	10 公克	10 公克	0 公克
	矽藻土	10 公克	10 公克	10 公克	20 公克
	TST 石膏	50 公克	50 公克	50 公克	50 公克
	蒸餾水	50 毫升	50 毫升	50 毫升	50 毫升
物理性質	直徑	7.5 cm	7.1 cm	7.4 cm	7.5 cm
	面積	44.1 cm <sup>2</sup>	39.5 cm <sup>2</sup>	42.9 cm <sup>2</sup>	44.1 cm <sup>2</sup>
	厚度	1.3 cm	1.0 cm	1.3 cm	1.3 cm
吸水效應	飽和吸水量	115.0g	83.7g	102.4g	107.1g
	吸水速率 (mL / 5min)	8.4	5.4	6.5	8.7
	吸水倍率(mL / g)	115.0/50=2.3	83.7/50=1.7	102.4/50=2.0	2.14

表 1-2 果皮種類製成吸水材之吸水量效應



表 1-3 果皮種類製成吸水材之吸水率效應



- (1) 飽和吸水量：火龍果 > 對照組 > 柚子皮 > 橘子皮。
- (2) 吸水速率(g/5min)：珪藻土 > 火龍果皮 > 柚子皮 > 橘子皮。
- (3) 最大吸水倍率達自身重量 2.3 倍 (230%)。

(五) 討論：

1 據文獻表示每 100g 火龍果肉及果皮中約含 1.5g 的膳食纖維，膳食纖維成分具有義吸水膨脹的特性，可能因此製成杯墊後仍保有高度吸水性。

2 火龍果皮含白蛋白，白蛋白又稱為清蛋白，屬於一種球蛋白，是少見的植物性白蛋白，存在火龍果的花、果實及枝條，造成火龍果果肉及果皮出現黏性及膠狀，膠狀物質會因為膠體電性及水分子極性之間的吸引力的關係，造成杯墊快速吸收外來水分。

3 根據實驗一的結果，我們發現在果皮種類對於吸水效應的表現，火龍果果皮略少於珪藻土，但是在果皮種類中，火龍果果皮的吸水效應是最好的。

## 實驗二、探討果皮顆粒粗細製成吸水材之特性與吸水效率

(一)設計理念:果皮因顆粒粗細特性不同製成環保杯墊時，會影響飽和吸水度與吸水率。

(二)實驗假設:不同的果皮顆粒粗細造成吸水材之孔隙率不同，會影響杯墊飽和吸水量。

(三)實驗設計:

操縱變因：	果皮粗顆粒- 7 目 (2.8mm=0.28cm, 半徑 0.14cm) 果皮細顆粒- 32 目 (0.5mm=0.05cm, 半徑 0.025cm)
控制變因：	添加果皮量(10g)、水量(50mL)、矽藻土量(10g)、石膏量(50g)。
應變變因：	果皮吸水材之飽和吸水量與吸水率。

(四) 研究數據：

製作過程	實驗組		對照組			
	火龍果	火龍果	柚子皮	柚子皮	橘子皮	橘子皮
顆粒大小	粗粒 7 目	細粒 32 目	粗粒 7 目	細粒 32 目	粗粒 7 目	細粒 32 目
平均孔隙率%	<b>43.3</b>	<b>33.5</b>	<b>40.2</b>	<b>25.6</b>	<b>38.3</b>	<b>29.3</b>
飽和吸水量	<b>122.5</b>	<b>110.2</b>	<b>103.5</b>	<b>93.9</b>	<b>75.5</b>	<b>58.6</b>
孔隙率差異	<b>9.8</b>		<b>14.6</b>		<b>9.0</b>	
飽和吸水量差	<b>12.3</b>		<b>9.6</b>		<b>16.9</b>	

※孔隙率 P： $Porosity = \frac{V_v}{V_t} \times 100\%$  (0% ≤ n ≤ 100%)

材料內所含孔隙之體積 V<sub>v</sub> 與土壤內之總體積 V<sub>t</sub> 比值。

(五) 研究結果：

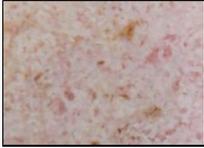
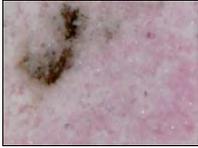
1 飽和吸水量以火龍果果皮吸水材表現最好，粗顆粒的吸水量平均比細顆粒高出 10%。

1 顆粒半徑愈大，孔隙率愈高，則吸水率愈高

2 三種果皮杯墊均有一致性，粗顆粒吸水性高，推測原因可能是孔隙率高，具有較大吸水空間，孔隙率較小，造成表面積較大，由於杯墊已經固化所以膨脹率很小，主要靠孔隙來容納水分。

3 孔隙率差異愈小，吸水時散布率越均勻，則飽和吸水量差異性亦愈大，呈現正相關。

表 2-1 不同果皮顆粒粗細製作環保吸水材之製作過程

實驗二照片	製作照	顯微鏡照	外觀描述
火龍果皮/粗			1.粉紅偏紫 2.比火龍果細粗糙
火龍果皮/細			1.粉紅偏紫 2.粗糙
橘子皮/粗			1.橘偏黃 2.表面粗糙
橘子皮/細			1.較平滑 2.有許多孔洞
柚子皮/粗			1.黃帶綠 2.表面粗糙 3.有孔洞
柚子皮/細			1.黃帶綠 2.表面比柚子粗糙 3.有孔洞

### 實驗三、探討不同落葉纖維製成吸水材之特性、吸水效率與釋水性

(一)設計理念：添加不同落葉纖維替代 TST 石膏用量，讓吸水材更環保。

(二)實驗假設：添加不同纖維度的葉子，會影響杯墊飽和吸水量。

(三)實驗設計：

操縱變因：	纖維度高-茄苳葉粉末、纖維度中-苦練葉粉末、纖維度低-羊蹄甲葉粉末
控制變因：	果皮顆粒 32 目、葉子顆粒 32 目、添加火龍果果皮(10g)、葉子纖維量(10g)、水量(50mL)、石膏質量(30g)
應變變因：	飽和吸水量、吸水率、釋水性

(四) 研究結果：

表 3-1 不同落葉纖維製成吸水材之吸水度

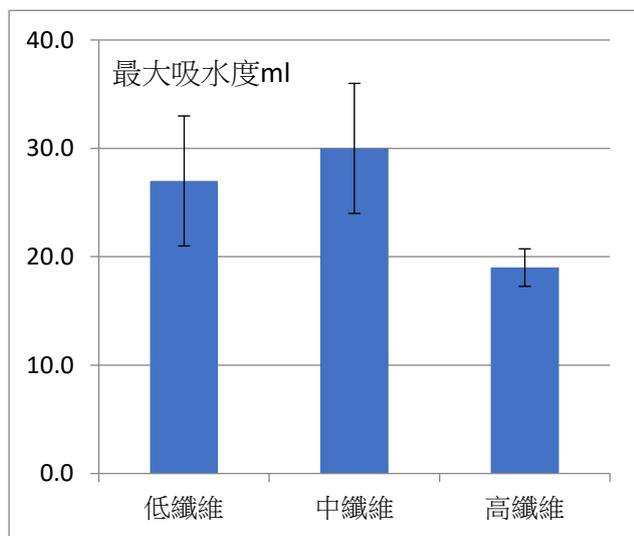


表 3-2 不同落葉纖維製成吸水材之吸水率

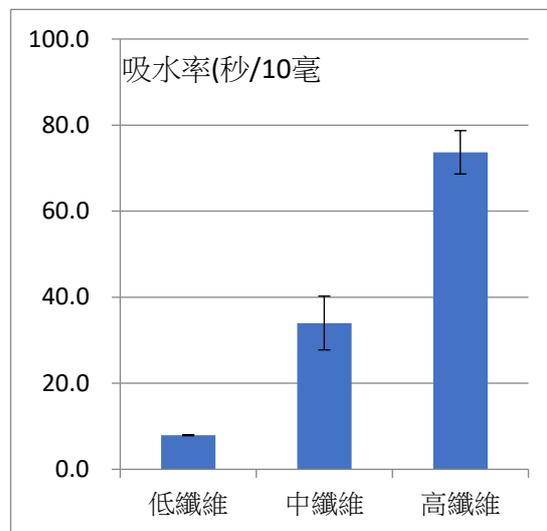


表 3-3 不同落葉纖維製成吸水材之釋水率

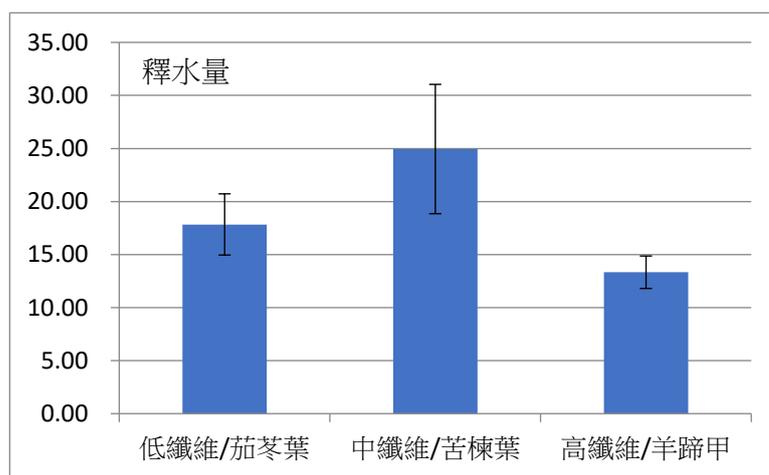


表 3-4 吸水測量實驗過程

1 測量吸水率

2 測量吸水度

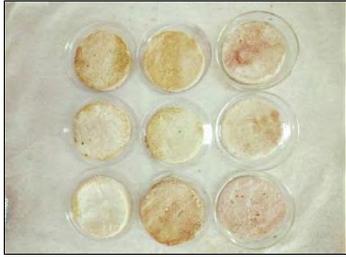
3 觀察吸水材是否完全吸收水份



4 不同落葉纖維製成吸水材之成品，三重複

5 果皮測完，用果皮乾燥機烘乾 24 小時，

再進行三重覆



#### (五) 討論：

1 最大吸水度：中纖維 > 低纖維 > 高纖維，添加不同纖維度的葉子，吸水度皆有增加的趨勢，中纖維苦楝葉粉末，由於葉子細小，屬於核心被子植物 Mesangiospermae、真雙子葉植物 Eudicots，在磨粉過程有將部分細小枝梗加入一起磨碎，枝梗間有維管組織，由木質部和韌皮部成束狀排列形成的結構，讓中纖維的最大吸水度有較佳的吸水度。



▲苦楝葉

2 吸水率：低纖維 > 中纖維 > 高纖維；纖維度較低的吸水材，較不影響石膏成份吸水的作用，故可以吸水速度較快。

3 釋水量：中纖維 > 低纖維 > 高纖維；從數據顯示有添加纖維的吸水材釋水率皆有變動，代表環保吸水材同時具有保水性與釋水性。



▲實驗過程中，我們做了一套粗顆粒的吸水材，但是在固化 72 小時脫膜時，低估這批吸水材需要更長的乾燥時間，所以我們重做一次，並且再做一套細顆粒的吸水材，為此次的實驗。

#### 實驗四、探討不同基重之纖維製成吸水墊之吸水性與耐壓性效應

(一)設計理念：果皮纖維雖然會吸水但纖維力仍不足，添加纖維取代石膏量，讓吸水材更天然

(二)實驗假設：添加兩種不同纖維衛生紙與影印紙，會影響杯墊飽和吸水量。

(三)實驗設計：	操縱變因：	纖維基重低的衛生紙、纖維基重高的影印紙
	控制變因：	添加火龍果果皮量(10g)、紙漿量(10g)、石膏量(30g)、水量(50mL)
	應變變因：	飽和吸水量、吸水率

表 4-1 不同基重之纖維製成吸水墊之吸水性與耐壓性效應之數據

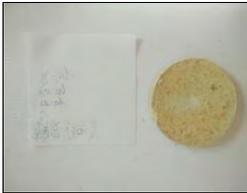
組別	實驗組		對照組	
纖維添加	衛生紙漿 10g	影印紙漿 10g	矽藻土 10g	SAP 聚苯稀酸鈉 10g
飽和吸水量(60min)	145.5g	131.6g	103.5g	109.8g
耐壓性-最大荷重(Kgf)	660.1	685.4	685.2	軟糊不易成形 < 200

(四)實驗結果：

- (1) 於吸水墊中添加纖維，會增加飽和吸水量。
- (2) 添加衛生紙紙漿效果>影印紙漿，最大飽和吸水量達 145.5 克。
- (3) 實驗結果發現，衛生紙屬於軟纖維紙漿，添加後反而降低了吸水墊的耐壓性，造成抗張力不足。影印紙紙漿屬於硬纖維紙漿，添加後可以增加吸水墊的耐壓性。
- (4) 衛生紙漿添加飽和吸水量> 對照組矽藻土，確實可以降低石膏的使用量。
- (5) 添加衛生紙仔細想想沒有比影印紙環保，因為實驗都是使用全新的衛生紙，而影印紙我們是拿老師印錯的考卷或計算紙。未來可以嘗試添加再生紙漿或落葉纖維，不僅廢物利用環保，更可以深入瞭解吸水墊的特性。

(五)推測原因：一般衛生紙紙漿纖維具有：吸水性佳、基重低(  $c \pm 15 \sim 30 \text{ g/m}$  )，良好之柔軟度 (softness)、白度及清潔度均高之特性，因此添加入本研究吸水墊可增加最大飽和吸水量，卻減少抗壓強度，造成容易碎裂不容易保存。

表 4-2 不同基重之纖維製成吸水墊之吸水性與耐壓性效應之數據

實驗 4	衛生紙漿 10g	影印紙漿 10g	矽藻土 10g	SAP 聚苯稀酸鈉
製作照				
顯微鏡照				雖然文獻顯示他可以吸水達 1000 倍，但是加水之後，過於膨脹與鬆軟，所以無法製成墊。
外觀描述	顏色較深	橘黃色	白色帶橘色相間，容易發霉	沾水容易變透明 膨脹不容易定型

實驗五、探討果膠種類對吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性效應

(一)設計理念：添加衛生紙纖維會降低耐壓性，導致容易產生吸水墊脆裂而不易保存。

(二)實驗假設：添加果膠取代蒸餾水，會增加吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性係數。

(三)實驗設計：	操縱變因：	黃橙果膠、柚子果膠、檸檬果膠、柳丁果膠、火龍果膠 50mL
	控制變因：	添加火龍果果皮量(10g)、石膏量(30g)。
	應變變因：	飽和吸水性、耐壓性與彈性效應。

(四)實驗數據：

表 5-1 比較各種不同果膠萃取後的基本性質資料表

組別	實驗組 不同果膠種類					
	橘子	柚子/加熱法	柚子/浸泡法	柳丁	火龍果	檸檬
果膠平均密度 (g/mL)	1.89	1.85	1.80	1.88	1.87	1.89
有機質平均含量 (mg/kg)	0.321	0.131	1.092	0.096	0.286	0.177

討論：

- (1) 各種果膠的密度差不多，表示果膠成分含量濃稠度大致相同。
- (2) 用分光光度計測量各種果膠的有機質含量，將柚子籽浸入裝滿水的燒杯，放置冰箱 5 天待果膠釋出，液體即柚子果膠。
- (3) 柚子果膠用浸泡法萃取的比加熱法所取得的有機質含量 14 倍，故柚子果膠實驗選用浸泡法來做實驗。橘子吸水材製作過程，是果皮杯墊中最容易發霉的，由於柑橘類果的果皮，含有超過 50%多醣，容易發霉保存不易；故實驗採用火龍果與柚子為主。

→右圖為發霉的橘子杯墊



表 5-2 果膠種類對吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性效應的數據

組別	實驗組					對照組
果膠種類	黃橙果膠	柚子果膠	檸檬果膠	柳丁果膠	火龍果果膠	未加果膠
飽和吸水量	121.4mL	147.6 mL	108.5 mL	105.6 mL	103.7 mL	145.5g mL
耐壓性	673.6	774.5	387.5	660.1	249.1	660.1
最大荷重	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf
彈性係數	104.6	123.8	97.7	102.1	70.5	100.3

(四)實驗結果：

(1) 添加果膠增加吸水墊的耐壓性-最大荷重效果：

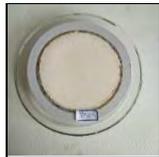
以柚子果膠>黃橙果膠>柳丁果膠>火龍果果膠>對照組。

(2) 於吸水墊中添加 5 公克的柚子果膠時，吸水墊的耐壓性增加為 17.3%。

(3) 於吸水墊中添加 5 公克的柚子果膠時，吸水墊的彈性增加為 23.4%。

(五)推測原因：果膠主要分為兩個類別，即高甲氧基（HM）和低甲氧基（LM）果膠。低甲氧基果膠可以通過酰胺化進一步改變性質。高甲氧基果膠在低 pH 值和高固體分條件下可以形成凝膠增加吸水性。果膠亦可以作為增稠劑，凝膠固化劑，或者蛋白質穩定劑。文獻指出，果膠與鈣反應之凝膠作用常被用做錠劑之結著劑與包覆劑，與本研究結果有一致性，本研究 TST 石膏的鈣與果膠反應可以產生『果膠鈣』可以增加吸水墊抗與彈性。

表 5-2 果膠種類製作吸水墊之製作過程

實驗五	黃橙 A	柚子 B	發霉柚 C	檸檬 D	柳丁 E	火龍果 F
製作照						
顯微鏡照						
外觀描述	1.米白色 2.平滑	1.米白色 2.平滑 3.有孔洞	1.米白色 2.平滑 3.有孔洞	1.白黃色 2.平滑 3.有孔洞	1.米白色 2.平滑 3.有孔洞	1.米白色 2.微微粗糙

(六)討論:

1 從「植體廢棄物的「膠」傲--植物體廢棄物萃取果膠之研究」苗栗農工的文獻指出 (<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2014/03/2014032619394760.pdf>)，探討不同水果種子之浸泡不同濃度酒精後萃取果膠濃度之比較，從柳丁、橘子、柚子、南瓜與木瓜，研究發現以柚子種子的果膠溶解效果最好、濃稠度最佳；若以酒精萃取的濃度越高，則果膠濃稠度也降低。

2 文獻中，認為柚子果膠的取用最方便，效果也最好，與本研究認為添加柚子果膠可以使吸水墊的吸水量最高。

3 所以本研究使用柚子籽直接浸泡在蒸餾水中，避免發霉與生菌，我們放在冰箱中冷藏，並且密封五天，進行柚子籽果膠的萃取。

4 根據實驗五，對於柚子果膠可以增加吸水墊之飽和吸水量、耐壓性與彈性，所以本實驗都採用柚子果膠與火龍果皮進行交聯反應的實驗。



▲柚子果膠，很方便取得，又可以廢物利用



▲正在乾燥的火龍果皮吸水墊

**實驗六、探討吸水土應用於種植盆栽之保水性成效**

(一)實驗設計理念：吸水墊應用於盆栽種植，可以讓盆栽不需要常規性澆水而保時土壤水分。

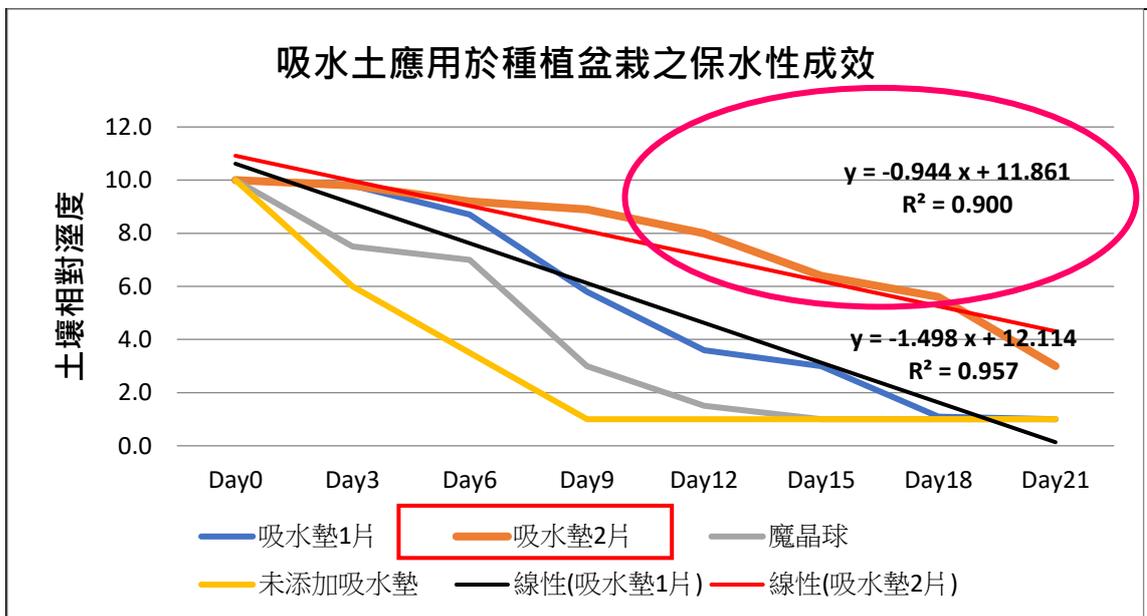
(二)實驗假設：(1)吸水墊對於盆栽種植有良好的保水性。(2)保水性佳會讓植物生長更快速。

(三)實驗設計：	操縱變因：	吸水墊的數量
	控制變因：	水量(100mL)、起始濕度(20%)、溫度(25 度)、照度(100 流明)。
	應變變因：	土壤的保水性、植物生長高度。

(四)實驗數據：

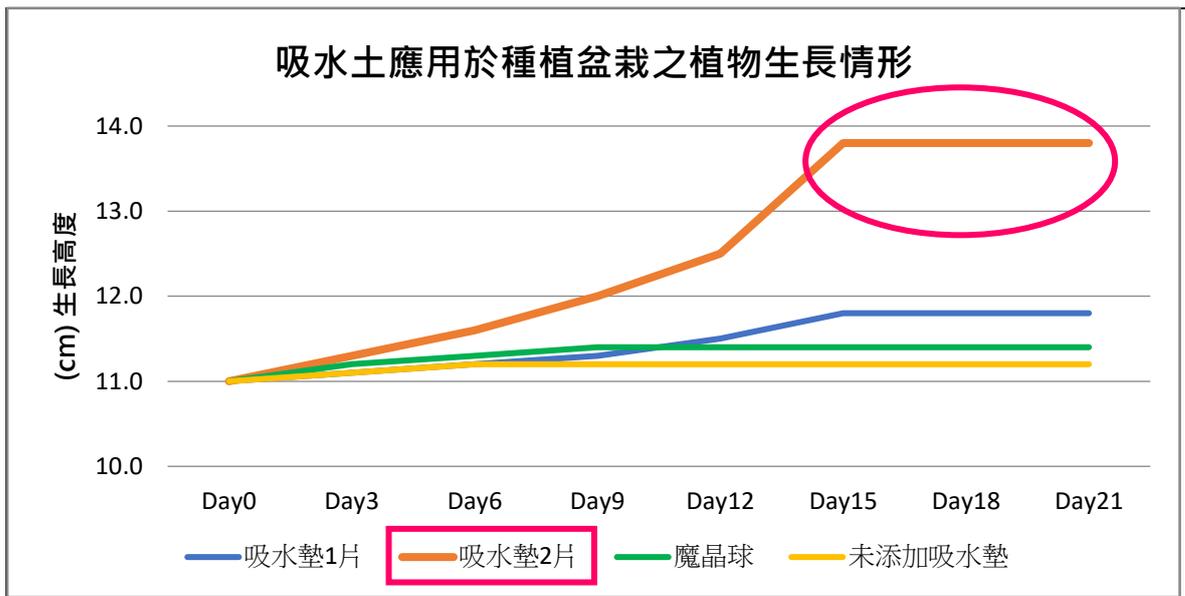
保水性	實驗組		對照組	
	吸水墊 1 片	吸水墊 2 片	魔晶球	未添加吸水墊
第 0 天	10.0	10.0	10.0	10.0
第 3 天	9.8	9.8	7.5	6.0
第 6 天	8.7	9.2	7.0	3.5
第 9 天	5.8	8.9	3.0	1.0
第 12 天	3.6	8.0	1.5	1.0
第 15 天	3.0	6.4	1.0	1.0
第 18 天	1.1	5.6	1.0	1.0
第 21 天	1.0	3.0	1.0	1.0
濕度半衰期	12	18	9	3

圖 6-1 探討吸水土應用於種植盆栽之保水性成效



生長高度 平均值 (cm)	實驗組		對照組	
	吸水墊 1 片	吸水墊 2 片	魔晶球	未添加吸水墊
第 0 天	11.0	11.0	11.0	11.0
第 3 天	11.1	11.3	11.2	11.1
第 6 天	11.2	11.6	11.3	11.2
第 9 天	11.3	12.0	11.4	11.2
第 12 天	11.5	12.5	11.4	11.2
第 15 天	11.8	13.8	11.4	11.2
第 18 天	11.8	13.8	11.4	11.2
第 21 天	11.8	13.8	11.4	11.2
每 3 天平均 生長高度	1.8 公分	2.8 公分	0.4 公分	0.2 公分

圖 6-2 探討吸水土應用於種植盆栽之植物生長情形



△第一盆栽為添加吸水材 2 片，不只長最高，還有一朵小花。



△盆栽於第一天澆水 100 毫升，實驗期間不再進行澆水，實驗三重覆。

(三)實驗結果：

(1)土壤保水性：吸水墊 2 片>吸水墊 1 片> 魔晶球 >未添加對照組

(2)濕度半衰期天數：

吸水墊 2 片	>	吸水墊 1 片	>	魔晶球	>	未添加對照組
半衰期 18 天		半衰期 12 天		半衰期 9 天		半衰期 3 天

(3)濕度半衰期天數與植物生長高度成正相關，吸水墊 2 片 每 3 天生長高度 2.8 公分，遠高於對照組 0.2 公分，對照組於第 18 天開始生長停滯，並呈現枯萎狀況。

(四)推測原因：

水分一般由土壤或盆土中供應，而為根部所吸收，供植物體利用。土壤中的水分依其存在狀態可分為吸著水、毛細管水和重力水三種。吸著水是指被土壤吸著、吸力極強，不能為植物所利用的無效水。因此植物能有效利用的只有存在土壤粒子孔隙間、抵抗重力而由毛細管現象作用所保存的毛細管水。吸水墊儲存足夠水分透過毛細管蒸散現象可以慢慢釋放油植物所吸收，因此植物能夠抗旱並維持較持久的生長。

## 實驗七、探討吸水土應用於植物盆栽經微生物發酵之養分成效

(一)設計理念：吸水墊屬於天然材質，可經由微生物發酵解產生氮肥提供植物生長所需。

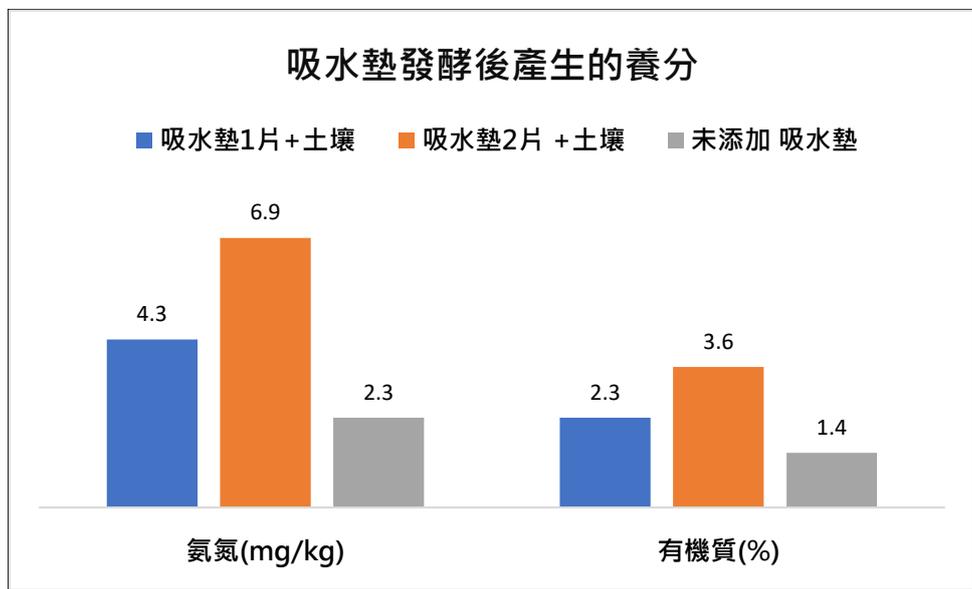
(二)實驗假設：(1)吸水墊對於盆栽種植有良好的保水性。(2)保水性佳會讓植物生長更快速。

(三)實驗設計：	操縱變因：	吸水墊的數量
	控制變因：	添加發酵菌量、發酵濕度(60%)、發酵溫度(40度)。
	應變變因：	發酵後產生的氮肥含量。

(四)實驗數據： n=樣本數，三重複

組別	實驗組		對照組
養分	吸水墊 1 片+ 培養土	吸水墊 2 片 +培養土	未添加 吸水墊
氨氮(mg/kg)	4.3 (n=3)	6.9 (n=3)	2.3 (n=3)
有機質(%)	2.3 (n=3)	3.6 (n=3)	1.4 (n=3)

(五)實驗結果：



(1) 一片吸水墊發酵後會產生氨氮濃度約 2-3 mg/kg，可以補充植物生長所需的氮肥。

(2) 每片吸水墊中果皮與果膠成分發酵後可產生有機質約 0.9-1.2%。

## 陸、結論

1 果皮種類效應:① 飽和吸水量: 火龍果> 對照組> 柚子皮 > 橘子皮

②吸水速率(g/min)(5min): 珪藻土 > 火龍果皮 > 柚子皮 >橘子皮

③ 最大吸水倍率達自身重量 2.3 倍(230%)。

2 果皮顆粒粗細效應: ①顆粒半徑愈大，孔隙率愈高，則吸水率愈高。

3 纖維效應: 纖維添加會增加飽和吸水量，添加衛生紙紙 5g 最大飽和吸水量達 145.5 克。

4 果膠效應: 柚子果膠 5 克添加，增加吸水墊 17.3%耐壓性及 23.4%彈性。

5 葉子纖維效應:添加無論纖維度的葉子吸水度皆有增加趨勢，5 分鐘即達到最大飽和吸水量，釋水率為每 10 分鐘都在 0-1 公克之內變動，代表環保材同時具有保水性與釋水性。

6. 應用性 1 環保吸水墊：

(1)土壤保水性: 吸水墊 2 片>吸水墊 1 片> 魔晶球 >未添加對照組

(2)濕度半衰期的表現性:吸水墊 2 片>吸水墊 1 片>魔晶球>未添加對照組。

(3)濕度半衰期天數與植物生長高度成正相關，吸水墊 2 片 每週生長高度 2.8 公分。

7. 應用性 2 環保吸水土：單片吸水墊發酵後產生氨氮濃度約 2-3 mg/kg，有機質約 0.9-1.2%。

8. 未來展望：

地球資源有限了永續生存，節約用水與愛護水資源已是未來的趨勢。環保果皮吸水材為一個可行方法，但目前對於吸水材之穩定性、脫膜時的固化程度評估仍有進步空間，未來應繼續開發研究，讓它能真正推廣使用，使台灣以環保成為名符其實福爾摩沙。

9. 研究限制：

若未來能針對此研究進行長期的實驗，並將更多的參考因素，例如水活性分析、水份比例、果膠含量等，此外，我們還看到關於「探討果膠最佳製作方法與對重金屬除汙能力」的文獻，我們會想要再進一步知道是否吸水材可以在土壤中吸附對於重金屬梨子的吸附成效，這樣不僅對阿嬤的果園，可以保濕、提供養分，還可以淨化這塊美麗的土地。

## 柒、參考資料

1. 崔英德(2013) · 可生物降解超强吸水剂及其制备技术进展 · 化工進展期刊 · 第 8 期。
2. 蘇明德(2010) · 高吸水性高分子 · 科學發展 450 期。
3. 張又方、吳心文 (2014), 探討果膠最佳製作方法與對重金屬除汙能力 · 第一屆高中職綠色化學(減毒減量)創意競賽成果報告書。
4. 劉穎 (2015) · 以鳳梨皮及柳橙果皮製作可裁式調味紙取代傳統素食麵條味包之可行性研究, 中華民國第 53 屆中小學科展作品說明書。
5. 中國食品科學技術學會(2017) · 中國食品學報雜誌 · 北京 · 中國科辦。
6. 范淑茜(2012) · 現代蔡倫造紙-運用樹葉先為造紙技術之創新研究 · 嘉義市第 52 屆中小學科展作品說明書。
7. 林思婷 (2014) · 苗栗農工 · 植體廢棄物的「膠」傲--植物體廢棄物萃取果膠之研究。
8. 黃梅英 (2004) · 探討以果膠作為載體擴散係數與膠體性質之關係 · 私立長庚大學生化與生醫工程研究碩士論文。

## 【評語】 032916

本研究將果皮(火龍果、柚子)經交聯反應處理，製成生物可降解的吸水材。為增強吸水度，從果皮(柚子、黃橙、柳丁、火龍果)中得到果膠，再加入纖維(衛生紙/影印紙/SAP/落葉)交聯可得到吸水材，應用在生活中的吸水杯墊或保持土壤濕度。本研究的特色是題材新穎，材料隨手可得，報告中提供研究架構使實驗邏輯清楚，目標與取材皆有永續概念，實驗架構完整，各項變因之設計與實驗步驟皆有其邏輯，也有具體結果，是相當優秀的作品。

# 摘要

本研究利用火龍果皮與柚子皮經交聯反應後，成功製成可生物降解的吸水材，進而應用在生活中的吸水杯墊與吸水土，可提供土壤保濕性與營養量。

環保吸水材豐富農業廢棄物的應用性，更增加對地球友善的價值性。研究發現：

- ① 果皮種類效應之飽和吸水量:火龍果>柚子皮；吸水速率:火龍果皮>柚子皮。
- ② 果皮顆粒效應:顆粒愈大，孔隙率愈高，則吸水率愈高。最大吸水倍率達自身重量1.64倍。
- ③ 纖維效應:添加衛生紙5g最大飽和吸水量達145.5克。
- ④ 果膠效應:添加柚子果膠5克，增加17.3%耐壓性及23.4%彈性。
- ⑤ 盆栽保水性:添加吸水材2片，濕度半衰期天數達6天，每3天植物生長高度2.8公分。
- ⑥ 單片吸水材發酵後會產生氨氮濃度約2-3 mg/kg，有機質約0.9-1.2%。

## 01 動機

我們著手從果皮製造環保吸水材，可以應用在吸水墊，更進一步應用在家中植物盆栽的吸水土，不需常規性的補充水分，就能夠保持土壤濕度並維持生物生長，又可以生物降解的環保果皮吸水材。

## 02 目的

Part 1 利用果皮製成環保吸水材的最適方法與特性

- 實驗一 探討果皮種類製成吸水材之特性與吸水效率
- 實驗二 探討果皮顆粒粗細製成吸水材之特性與吸水效率
- 實驗三 探討落葉纖維製成吸水材之特性、吸水效率與釋水性

Part 2 應用1: 環保吸水墊之最適方法與特性

- 實驗四 探討基重纖維多寡製成吸水墊之吸水性與耐壓性效應
- 實驗五 探討果膠種類對吸水墊之吸水性、耐壓性與彈性效應

Part 3 應用2: 環保吸水土之保水性與養分成效

- 實驗六 探討吸水土應用於盆栽之保水性成效
- 實驗七 探討吸水土應用於盆栽經微生物發酵之養分成效

## 研究流程

火龍果皮+柚子果皮+柚子果膠→環保吸水材



## 03 器材



## 04 製作環保吸水材

果皮的預處理



1 浸泡Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2 曬乾72小時 3 烤箱烘烤 4 果皮烘乾機 5 研磨機磨粉

交聯反應



6 蒐集果皮 曬乾72小時 加柚子果膠 7 果皮磨成粉 8 調配吸水材

纖維葉預處理



10 摘葉子→去枝→乾燥→打碎→磨粉 11 調配攪拌 12 灌模靜置 13 顯微鏡觀察

製模改良



經過12次實驗調整終於成功

檢測方法



# 05 結果與討論

## 第一部分：利用果皮製成環保吸水材的最適性

### 實驗一 果皮種類之吸水效應

操縱變因	種類:火龍果皮、柚子果皮、橘子皮
控制變因	顆粒7目、果皮10g、石膏50g、水50ml
應變變因	飽和吸水量、吸水率

- 飽和吸水量：火龍果 > 對照組 > 柚子皮 > 橘子皮。
- 吸水速率：珪藻土 > 火龍果皮 > 柚子皮 > 橘子皮。
- 火龍果的最大吸水倍率達自身重量1.64倍 (164%)。

### 實驗二 果皮顆粒粗細之吸水效應

操縱變因	粗顆粒7目、細顆粒32目	
控制變因	果皮10g、矽藻土10g 石膏30g、水量50ml	
應變變因	飽和吸水量、吸水率	

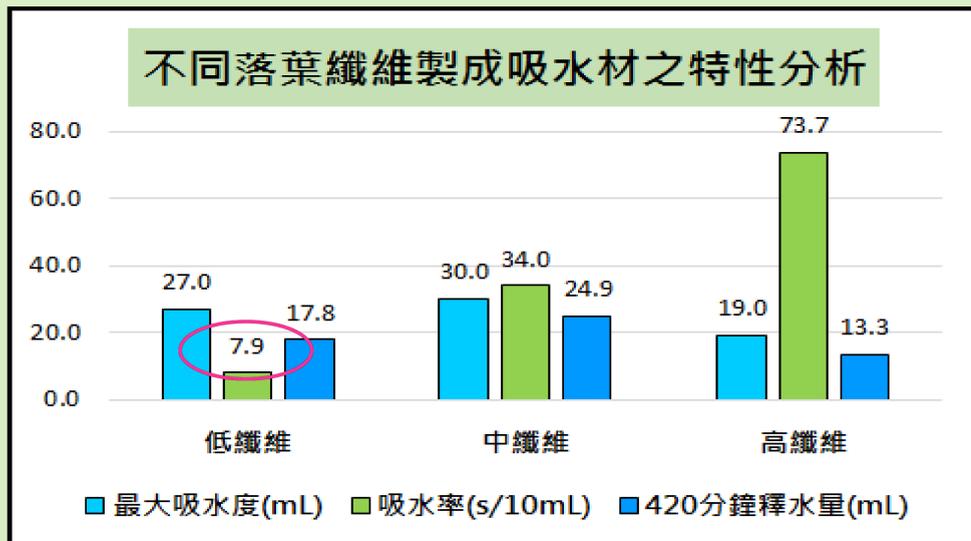
- 顆粒半徑愈大，孔隙率愈高，有愈大吸水空間，則吸水率愈高。
- 孔隙率差異愈大，飽和吸水量差異性愈大，呈正相關。
- 杯墊已經固化所以膨脹率小，主要靠孔隙來容納水分。

### 實驗三 不同落葉纖維之吸水率與釋水性

操縱變因	纖維度高、纖維度中、纖維度低	
控制變因	果皮顆粒32目10g、石膏30g、 葉子纖維32目10g、純水50ml	
應變變因	飽和吸水量、吸水率、釋水性	



製作過程	實驗組		對照組			
	火龍果皮		柚子皮		橘子皮	
顆粒大小	粗粒	細粒	粗粒	細粒	粗粒	細粒
平均孔隙率%	43.3	33.5	40.2	25.6	38.3	29.3
飽和吸水量	122.5	110.2	103.5	93.9	75.5	58.6



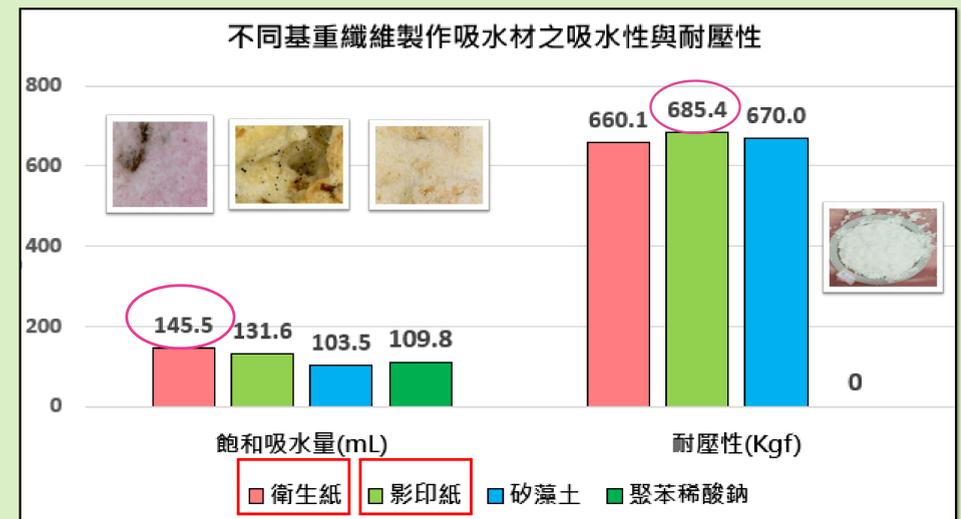
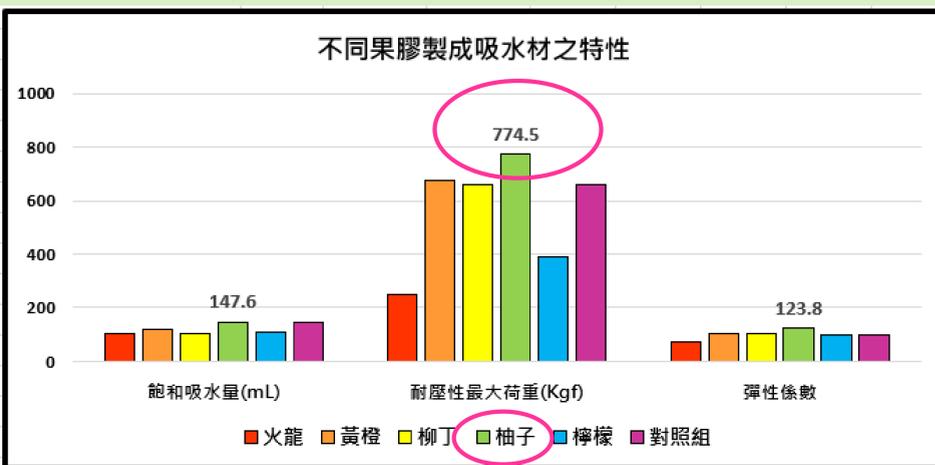
## 第二部分：應用吸水材製成環保吸水墊之最適方法與特性

### 實驗四 不同基重纖維之吸水性與耐壓性

操縱變因	衛生紙/纖維基重低、影印紙/纖維基重高
控制變因	火龍果果皮10g、紙漿10g、石膏30g、水50ml
應變變因	飽和吸水量、吸水率、耐壓性

- 添加衛生紙紙漿，最大飽和吸水量可達145.5mL。
- 影印紙紙漿屬於硬纖維紙漿，添加後可增加耐壓性。
- 添加衛生紙卻減少抗壓強度，造成易碎裂而不易保存。

### 實驗五 果膠種類之吸水性、耐壓性與彈性效應

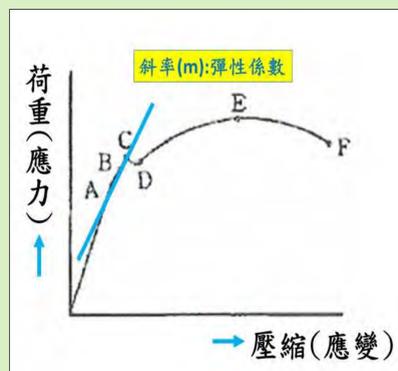


※耐壓強度試驗與彈性係數：

S-耐壓性強度  
F-試樣在斷裂前的最大外力 (Kgf)  
A-試樣原來的截面積 (mm<sup>2</sup>)

※斜率(m)即為彈性係數

$$\text{耐壓性強度 } S = \frac{F}{A}$$

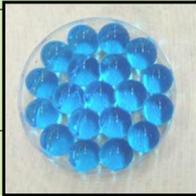


- 添加果膠可以增加吸水墊的耐壓性：柚子果膠 > 黃橙果膠 > 柳丁果膠 > 火龍果果膠 > 對照組。
- 添加5公克的柚子果膠，耐壓性增加為17.3%，彈性增加為23.4%。
- 果膠主要分為，高甲氧基和低甲氧基果膠，在低pH值和高固體條件下，可以形成凝膠增加吸水性。

# 第三部分：應用吸水材製成環保吸水土，測定保水性與養分含量

## 實驗六 探討吸水土應用於種植盆栽之保水性成效

操縱變因	吸水墊數量。
控制變因	水100mL、濕度20%、 溫度25度、照度100流明。
應變變因	土壤的保水性、植物生長高度。

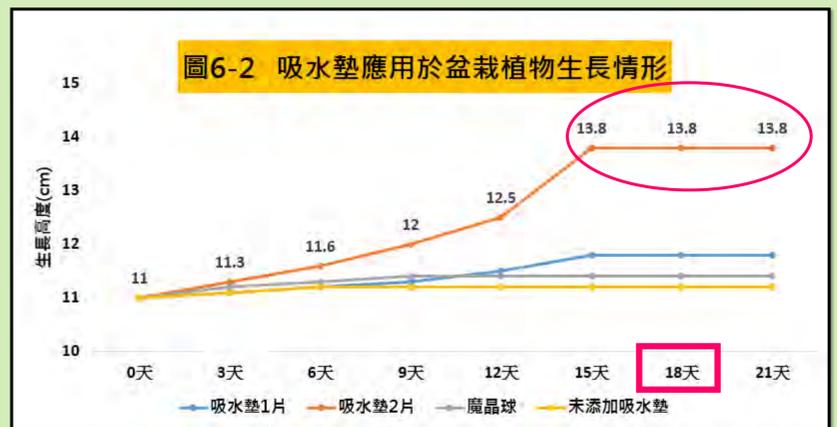


添加吸水墊2片  
長最高還有小花



第一天澆水100mL  
實驗三重覆

保水性成效	實驗組		對照組	
相對濕度	吸水墊1片	吸水墊2片	魔晶球	未添加
濕度半衰期	12 Day	18 Day	9 Day	3 Day
每週生長高度	1.8cm	2.8cm	0.4cm	0.2cm



1 將果皮種類加入果膠溶液，置於盆栽中形成吸水土。

2 將果膠溶液用廣用試劑測定 pH 值，我們發現屬於酸性。

3 每天測福壽菊的溼

4 測量小黃瓜瓜苗的生長高度。

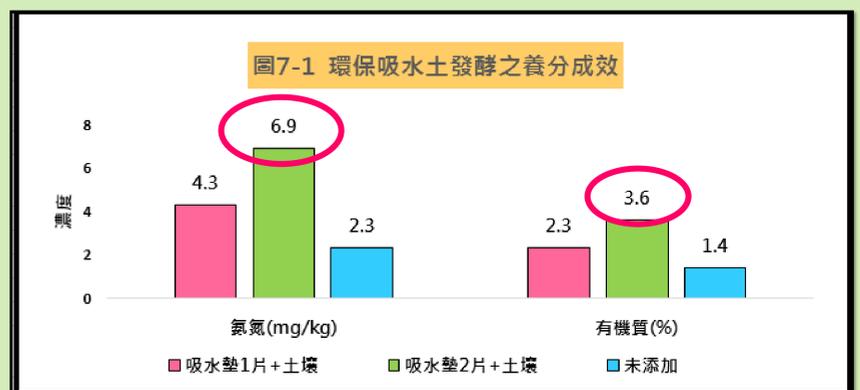
5 測量小黃瓜瓜苗的溼度、照度、pH 值。

- 濕度半衰期天數與植物生長高度成正相關。
- 溼度半衰期天數：【墊2片，18天】>【墊1片，12天】>【未添加，3天】。
- 對照組於第6天開始生長停滯，小植物呈現枯萎狀態。
- 吸水墊2片，每3天生長高度2.8公分，高於對照組 0.2公分。

## 實驗七 探討吸水土應用於植物盆栽經微生物發酵之養分成效

操縱變因	吸水墊數量
控制變因	發酵菌液20mL、 濕度60%、溫度40度。
應變變因	發酵後產生的氮肥含量。

RESULT	實驗組		對照組
	吸水墊1片 +培養土	吸水墊2片 +培養土	未添加 吸水墊
氮氮 (mg/kg)	4.3 (n=3)	6.9 (n=3)	2.3 (n=3)
有機質(%)	2.3 (n=3)	3.6 (n=3)	1.4 (n=3)



## 六 結論與展望

### 1 果皮種類效應:

- 飽和吸水量: 火龍果皮 > 對照組 > 柚子皮 > 橘子皮。(mL)
- 吸水速率: 珞藻土 > 火龍果皮 > 柚子皮 > 橘子皮。(g/5min)
- 最大吸水倍率可以達自身重量的1.64倍。



### 2 果皮顆粒效應: 顆粒半徑愈大，孔隙率愈高，則吸水率愈高。

### 3 紙類纖維效應: 添加衛生紙5g，最大飽和吸水可增加達145.5克。

### 4 果膠添加效應: 添加柚子果膠5克，增加吸水墊17.3%耐壓性及23.4%彈性。

### 5 葉子纖維效應: 添加葉子纖維吸水度皆有增加趨勢，5分鐘即達到最大飽和吸水量，釋水率為每10分鐘都在0-1公克之內變動，代表環保吸水材同時具有保水性與釋水性。

### 6 吸水材最佳製作條件: 火龍果皮+柚子皮+柚子果膠(1:1:5)共70公克、顆粒皆7目、烘乾72小時、TST石膏30克、水30克，經過日曬14天之交聯反應，常溫乾燥4天脫模。

### 7 應用性1: 環保吸水墊

- 土壤保水性的表現性: 吸水墊2片 > 吸水墊1片 > 魔晶球 > 未添加對照組。
- 濕度半衰期的表現性: 吸水墊2片 > 吸水墊1片 > 魔晶球 > 未添加對照組。
- 濕度半衰期天數與植物生長高度成正相關，吸水墊2片，每3天平均生長高度2.8公分。

### 8 應用性2: 環保吸水土

- 單片吸水墊發酵後增加氮氮濃度約2-3 mg/kg，增加有機質約0.9-1.2%。