

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082910

「蛋」然處之~探討以黃豆餅蛋白與小花蔓澤蘭
製成複合材料修飾牆面裂縫之可行性

學校名稱：臺中市西區忠孝國民小學

作者： 小六 黃長承 小五 廖峻淞 小六 詹綺臻 小四 陳育群	指導老師： 俞昱晴 蔣家萱
---	-----------------------------

關鍵詞：黃豆餅蛋白、小花蔓澤蘭、複合材料

摘要

本島地震頻繁，校園建築物常因地震後會有裂紋，雖無安全之虞，但實在不美觀，我們就想可以自己來動手修補嗎？本組自製複合材料，取自榨取沙拉油後的廢棄黃豆餅，以加酸變性測試，發現在 pH3 以及 100°C 下，得到最多的變性蛋白質，另用影響生態的外來種植物小花蔓澤蘭，其莖部作為複合材料的纖維；本組發現，將莖部纖維製成粉末，以 60 mesh 過篩，含 20% 纖維的複合材料，有最大的拉力，含 20% 粉末纖維的複合材料作為填縫劑使用，其拉力測試為市售批土的 5 倍；本材質無須加熱即可以使用，多為廢物利用，自然分解容易，成本極低，各種組合材料可適用各類用途，沒有塑膠微粒與有毒化學品的問題，為綠色環保盡一點心力，值得大力推廣。

壹、研究動機

臺灣地理位置在菲律賓板塊與歐亞半塊之間，它們互相推擠而產生了地震，常年的地震造成，校園裡牆面都有小龜裂，經鑑定是安全無虞，但這些小縫隙，很不美觀，我們看到網路上影片有些方法用作修復，例如：用快速膠和泡麵來修補家具；還有一些利用植物纖維製造的物品，如將甘蔗渣、木屑加入黏著劑作成植物纖維板等物品，但這些產品的製造過程中都需要加入黏著劑，這些黏著劑中往往含有甲醛等化學物質，對人體有害。於是我們想到用天然的廢棄物來做成「複合材料」；查閱了歷屆科展，其中有將蛋白質變性後作為膠水與塗料的作品，我們想是否可用變性蛋白質來修補牆面？在第 58 屆全國科展化學組特優作品：「化腐朽為神漆」一文中，評審老師在評語中指出：「樣品來源是本工作的關鍵，如黃豆渣是來自豆油渣還是豆漿渣就有許多差別」，這個未完成的試驗，給我們一個提示：殘留在此二者中的蛋白質成分含量是不相同，若能以同是廢棄物的豆類來生產更多的蛋白質，除了節約也環保、低成本，此項研究很令人興奮，所以本組在實驗中對此二者也作了一個比較。

對於複合材料的纖維選擇小花蔓澤蘭，是因為在拔除時，發現此植物的「莖」較一般雜草來得堅韌，不易折斷，所以我們選擇用小花蔓澤蘭的莖做成纖維來做複合材料，除了可以減少外來種對我們生態的危害，也可讓對此植物多一個用途。

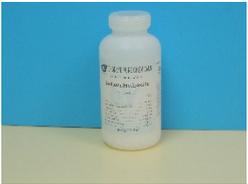
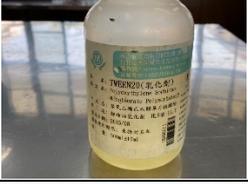
貳、研究目的

本組實驗取用豆漿店的廢棄豆渣與沙拉油製油廠榨油後的豆餅，在不同酸度與溫度條件下，將蛋白質變性做為基底，添加粉筆屑與小花蔓澤蘭的莖部纖維，做成複合材料。

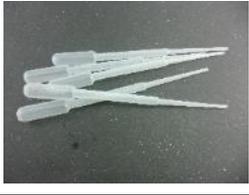
- 一、實驗一：比較豆渣與豆餅蛋白質加酸變性後重量
- 二、實驗二：比較豆渣與豆餅蛋白質在不同溫度下變性後重量
- 三、實驗三：複合材料添加各種不同比例原料的比較
- 四、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較
- 五、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量
- 六、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

參、實驗設備與器材

一、原料與藥材：

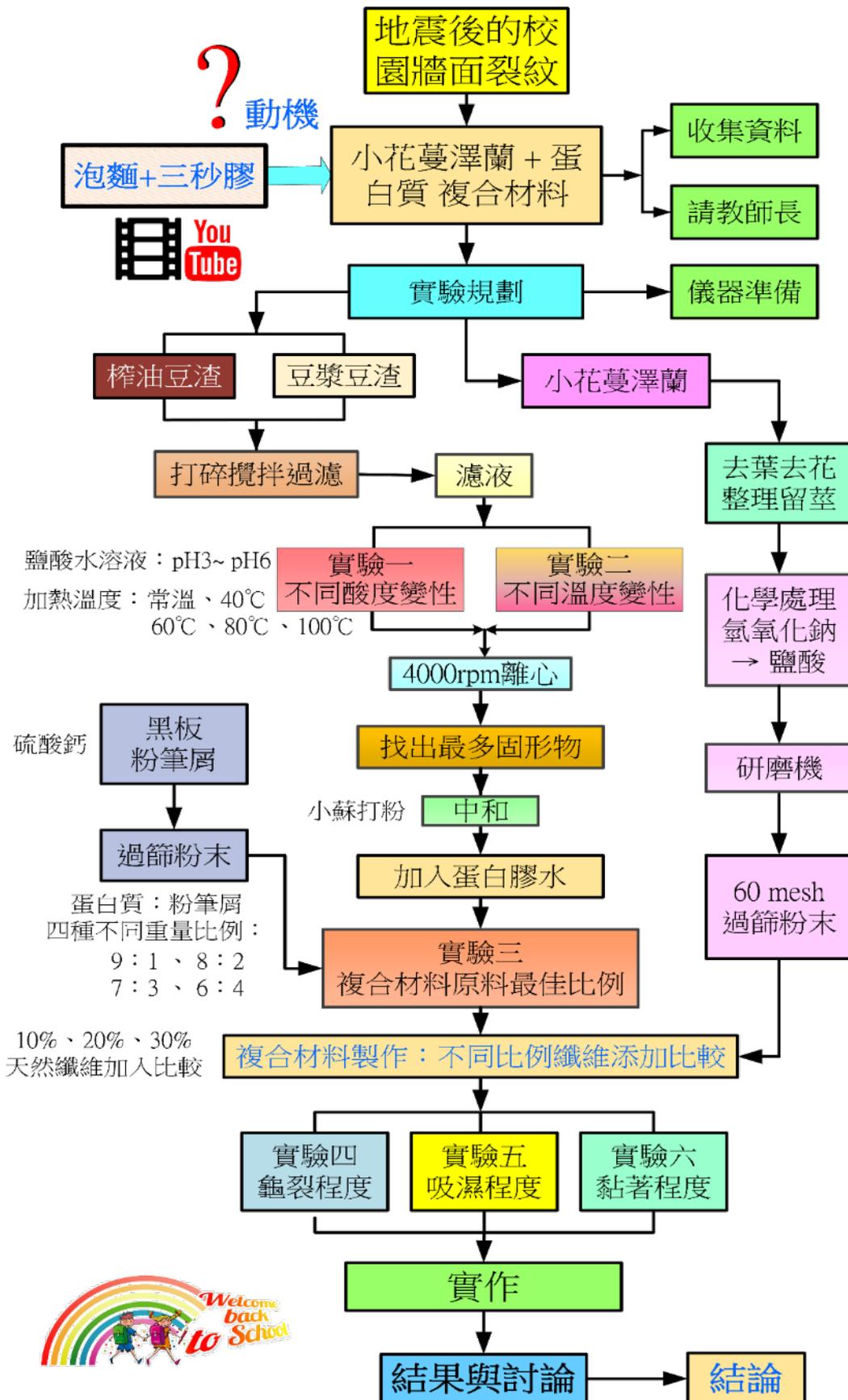
			
小花蔓澤蘭	豆渣(榨豆漿)	豆餅(榨油後)	粉筆屑
			
氫氧化鈉	鹽酸	酸鹼試紙	小蘇打粉
			
TWEEN20 乳化劑	純水	水泥塊	硼酸
			
批土			

二、儀器與設備類：

			
果汁機	豆漿布	精密磅秤	恆溫加熱器
			
燒杯	安全手套	研磨機	篩網
			
離心管	酸鹼度計	溫度計	滴管
			
塑膠玩具圈	蛋糕杯	定量瓶	自製烘箱
			
砝碼	血清瓶	操作手套	護目眼鏡
			
水桶	拉力計	G 形夾	定滑輪
			
厚度計	繩索	墊片	

肆、研究過程及方法

一、實驗流程



二、文獻探討：

(一) 小花蔓澤蘭：

1. 小花蔓澤蘭被國際自然保育聯盟(IUCN)列為「**世界百大入侵種**」，在臺灣列十大外來種的**排名第一**，該物種原產於熱帶美洲，但已在熱帶地區廣泛歸化，特別是在亞洲和太平洋島嶼。
2. 菊科，多年生草本、具無性繁殖及有性繁殖能力，花期約 10 月開始，在 11 ~ 12 月結實多。生長在臺灣中、南、東部海拔 1,000 公尺以下的山坡地，平地的牆邊或水溝、果園、農地也最為常見，其生長快速，**蔓延後造成整株植物遭纏繞導致死亡**，同時**改變影響到其他生物生存環境**。
3. 這種**多年生的纏繞藤蔓**的莖為綠色，橫截面圓柱狀，或是呈不明顯的六角形，莖上無毛或有稀疏的短柔毛，新莖微綠色，老莖則會咖啡色。莖的節及節間均可長出不定根，能輕易的以營養體進行大量無性繁殖，在國外有「一分鐘一英哩雜草」(mile-a-minute weed) 之稱。**本組實驗採其”莖”部分**。

		
攝於大坑山區	採集後	採集後去枝葉

(二) 天然纖維種類：區分為動物纖維、植物纖維與礦物纖維

動物性蛋白質纖維	羊毛、駝毛、兔毛、蠶絲
植物性纖維	種子纖維：棉籽
	韌皮纖維：亞麻、大麻、苧麻、甘蔗渣、稻稈
	葉纖維：香蕉、劍麻、鳳梨
	果實纖維：椰果殼
礦物性纖維	石棉(防火材)、玻璃纖維(FRP)、金屬纖維

1. 本組採用是**小花蔓澤蘭的莖部**做實驗，主因在拔除時，莖的部分很韌，不易拉斷，需用很大力氣才能連根拔除；且莖部蔓延甚快，所以取來實驗；其成分相同一般植物性纖維主要組成：半纖維素、纖維素和木質素……等。

2. 通常認為**天然纖維比人造纖維具有多個優點**：例如實用性、低成本、輕質(較玻纖維密度低)、降噪音，低製造能耗，低碳足跡和可生物降解等好處。

不同纖維的能量及成本			
纖維	成本(美元/噸)	能源(GJ/噸)	
天然纖維	200-1000	4	
玻璃纖維	1200-1800	30	
碳纖維	12,500	130	

譯自：Natural Fibre Composites and Their Applications: A Review 7/20

(二)複合材料：

1. 多元的複合材料：

根據國際標準化組織給複合材料所下的定義，簡單來說：**兩種或兩種以上性質不同的物質組合而成的一種固體材料**，各種組成材料在性能上能互相取長補短，使複合材料的**各種性能更勝於原組成材料**而滿足各種不同的要求。在複合材料中，通常有一是**基材如膠體**；另一是**補強材如纖維**，基材的膠體與補強的纖維則會有許多種類，可依性質組合成需要的用途。

2. 纖維補強高分子複合材料：

目前使用**最廣泛**，以**纖維補強高分子複合材料**為主。**纖維的添加**決定了複合材料的機械強度、摩擦、負載、疲勞等性質與對冷熱性質。而**複合材料的補強類型**，主要分為五種類型，分別是**纖維強化型、顆粒強化、層狀強化、片狀強化以及填充強化**。

3. 本研究主要是以**纖維強化類型**來進行補強，其補強原理如下：

纖維補強複合材料是在柔軟而具有延展性的**變性蛋白質基材**中，添加性質較為**強韌的纖維**，使材料的**機械強度.....**等方面都有所改善。當外力施予的同時，基材會將力量傳遞給纖維，纖維的維管束的中空結構，吸收能量並且達到緩衝的效果，進而提升基材的延展性與強度。下圖三種**常見的複合纖維的材料組合方式**，為本組實驗比較的**三種型態的纖維**。



三、準備工作

(一)小花蔓澤蘭的前處理



1. 戴手套將摘回的植物上面的花、葉與嫩枝去除。
2. 必須 3mm 以下細枝與其他混入朽木去除。
3. 放置過久(一個月以上)枯乾嚴重的莖也不可。
4. 放入乾淨水中，將上的沙土、雜葉等洗乾淨，放置瀝乾。



(二)小花蔓澤蘭篩選與化學處理

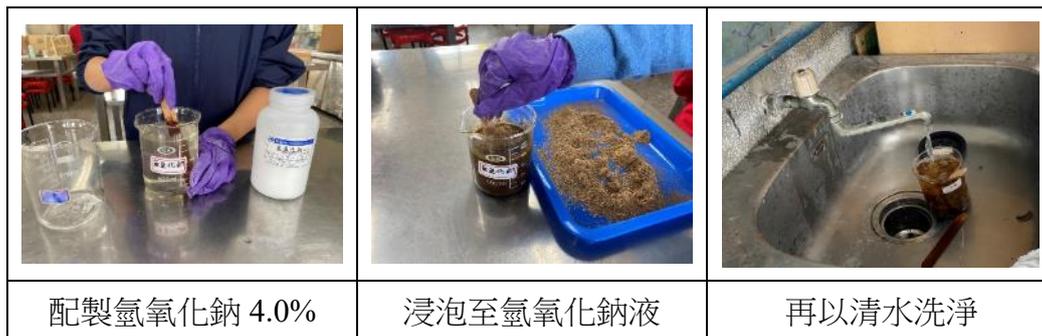


1. 纖維去皮：將莖部放置堅硬桌面上，用玻璃瓶將莖部壓裂，再用杯口的邊緣刮除上面的樹皮等雜質。
2. 將理好的莖剪至適當長度，較短部份放到研磨機裡約三分之一，拴緊研磨機蓋子。
3. 研磨機高速運轉，避免過熱，啟動 1 分鐘後，休息 1 分鐘，間斷 5 次。
4. 分類，**長纖組：1-3cm**、**短纖組：3-10mm**、研磨機後過篩粉末組：**60 mesh**，每組重量至少 50gw 以上。



5. 分別浸泡入 **4.0%的氫氧化鈉水溶液**中，充分攪拌，5 分鐘後取出，沖洗乾淨並瀝乾，若不乾淨有雜質仍在，必要再浸泡一次。

6. 再放置到 **1.0%的鹽酸溶液中浸泡** 1 分鐘，攪拌浸透。取出以清水洗淨自然晾乾。



(三) 蛋白質變性的酸性溶液配製(由老師協助完成)

1. 取**濃鹽酸** 12M (37.0%) 0.4ml，加純水至 50ml 容量瓶刻度線，即為 **0.1M 濃度**。
2. 取濃度 0.1M 1.0ml，加水至容量瓶刻度線 100ml，即為 **pH 3 鹽酸水溶液**。
3. 取 pH 3 鹽酸水溶液 10ml 加入純水至容量瓶刻度線 100 ml，即為 **pH 4**。
4. 依此方式 取 pH 4 鹽酸水溶液 10ml 加入純水至容量瓶刻度線 100 ml，即為 **pH 5**。(同理配製 pH 6)
5. 鹽酸水溶液配製完成後，再以**酸鹼度計**確認酸鹼度。

(四) 粉筆屑的收集

1. 下課到各教室收集粉筆屑，區分彩色與白色兩部分。
2. 教室粉筆屑雜質多，以 **60 mesh** 紗網過濾。

四、實驗一：比較豆渣與豆餅蛋白質酸變性後固形物重量

(一) 蛋白質水溶液的準備

1. 分別取**豆渣**與**豆餅粉**各 100.0 g，溶於 300 ml 純水中。
2. 至於**果汁機**中攪拌混合 3 分鐘後，以**豆漿布**過濾，留下漿液。
3. 分別取兩種漿液各 8.0 ml 於 **15ml 離心管**中，各 4 支 2 組 3 重複共 24 支。



(二)以鹽酸水溶液變性。

1. 兩組離心管含蓋一起秤重後，分別加入鹽酸水溶液 **pH 3**、**pH4**、**pH5**、**pH6** 各 4.0 ml。

2. 以上兩組，重複三次的 24 支離心管，混合均勻後，靜置 10 分鐘反應產生固形物。
3. 放入離心機中以 4000rpm 10 分鐘後取出，小心倒掉上清液。
4. 秤重，紀錄，計算： $(\text{後管重含固形物} - \text{前空管重}) = \text{固形物重量}$

五、實驗二：比較豆渣與豆餅蛋白質在不同溫度下變性後固形物重量

(一) 蛋白質水溶液的準備(方式同實驗一)

(二)以 pH 3 鹽酸水溶液變性。

1. 取蛋白質水溶液 8 ml 與 pH3 鹽酸水溶液 4 ml 於 15 ml 離心管中，每組重複實驗三次。
2. 將恆溫加熱器，設定以下溫度，加熱 10 分鐘。

實驗	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 4
溫度	室內常溫 25.7°C	40°C	60°C	80°C	100°C

3. 加熱後取出以 4000 rpm 離心，以下步驟同實驗一。



六、實驗三：蛋白質添加不同比例粉筆屑填充物的效果：

- (一) 取 pH 3 常溫下變性後，豆餅蛋白質與粉筆屑不同重量比例混合。
- (二) 倒入高度與塑膠圈高度一致，觀察乾燥後效果。

粉筆 試驗	試驗 1	試驗 2	試驗 3	試驗 4	試驗 5
變性蛋白質	10	6	7	8	9
彩色粉筆屑	0	4	3	2	1

粉筆 試驗	試驗 6	試驗 7	試驗 8	試驗 9
變性蛋白質	6	7	8	9
白色粉筆屑	4	3	2	1



(三)初步找出蛋白質複合材料的較佳製作條件

1. 變性蛋白質、粉筆屑與水的配製比例：

(1)以實驗三~(一)項結果：變性蛋白質 6：白粉筆屑 4 重量比例配製。

(1)取變性蛋白 515.0 gw + 粉筆屑 343.0 gw，混合充分攪拌均勻。

(3)取混合物 10.0gw 測試加入水量，以節約烘乾能源與能攤平在紙模裡最少水量為原則：加入水當達到 3.0 gw 時，使混合物狀況符合上述條件。故加入水量為 $(515+343) \times (3 \div 10) = 257 (gw)$ 。

(4)硼酸(防腐劑)：參考全國科展 2016 蛋妝素抹，放置 2.5%。

2. 小花蔓澤蘭纖維的放置：

(1)依照基底的 30.0gw 重量比例，參考「環保改質的奈米鳳梨葉纖維素聚苯乙烯複合材料之研究」，以加入 20%纖維強度最高，故本組分別取 20%(6.0gw)、30%(9.0gw)與 40%(12.0gw)三種比例纖維實驗。

(2)紙模底部以 TWENN20(乳化劑) 塗上薄薄一層作為脫模劑。

(3)攪拌均勻放入紙模裡，做三組重複實驗。(如下表)

比例	對照組	長纖			短纖			粉末		
	0	20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%
試驗	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
三組	②	②	②	②	②	②	②	②	②	②
重複	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③

3. 烘乾與加壓

- (1)依上條件所述分別加入基底與三種纖維，充分攪拌混和。
- (2)攪拌均勻放入烘箱裡，於裝有複合材料的紙模上，再放置一相同紙模，置入 20gw × 5 砝碼壓重，以 60°C烘乾，做三組重複實驗。



(四)以初步實驗結果檢討，修正測試條件

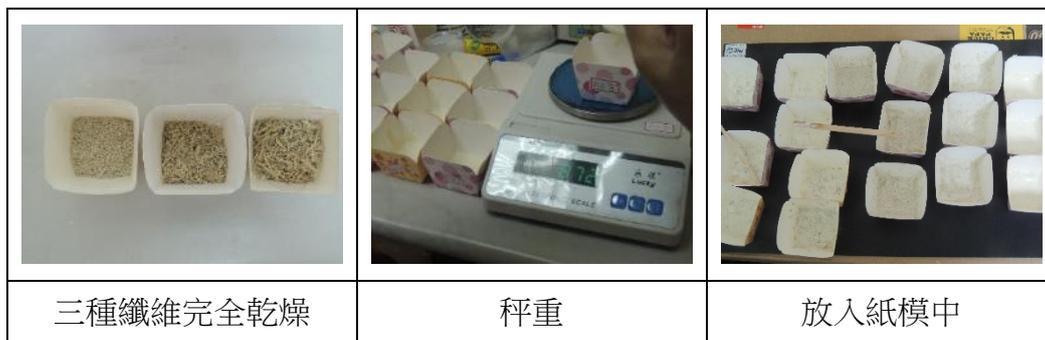
1. 三種纖維放置自然狀況下(65~70%RH)，將其以 80°C烘乾 4 小時後，測量含水率。

纖維主類	室內前重	烘乾後重	含水率
長纖	64.5	5.55	91.40%
短纖	57.4	4.76	91.70%
粉末	59.2	4.68	92.10%

2. 粉末部分：原用 10 mesh 篩網，改以 60 mesh 過篩。
3. 長纖部分：原用長度 3~5cm，縮短為 1~3 公分。
4. 修正測試條件：

實驗條件		對照組	長纖			短纖			粉末		
重量 (gw)	變性蛋白	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	粉筆屑	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	纖維	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
試驗 三組重複		Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
		⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗

5. 採自然晾乾，不加砝碼重量，其他條件與之前(一)項方式相同。



七、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較

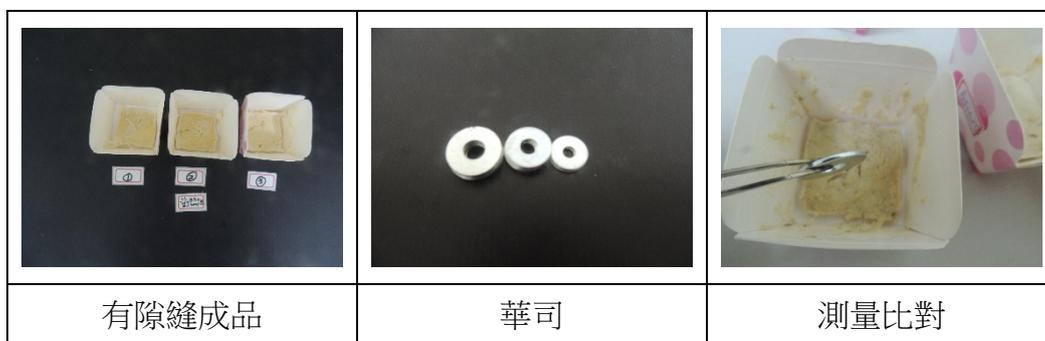
(一) 源由：

裂縫多寡顯示膠水蛋白質之間的結合能力不足，黏合效果會不好，實驗結果裂縫寬度較一般厚薄規寬，所以要找尋其他可測量工具，以華司墊片的厚度來做比對。

(二) 墊片厚度的一致性：測量三種不同直徑華司：

外徑(INCH)	1	2	3	4	5	平均值	標準差
1.0	1.347	1.343	1.346	1.348	1.344	1.346	0.002
0.8	1.602	1.604	1.606	1.599	1.602	1.603	0.003
0.6	1.988	1.991	1.989	1.991	1.995	1.991	0.003

(三) 比對測量：分別以鐵夾夾住三種不同厚薄華司墊片比對隙縫大小。

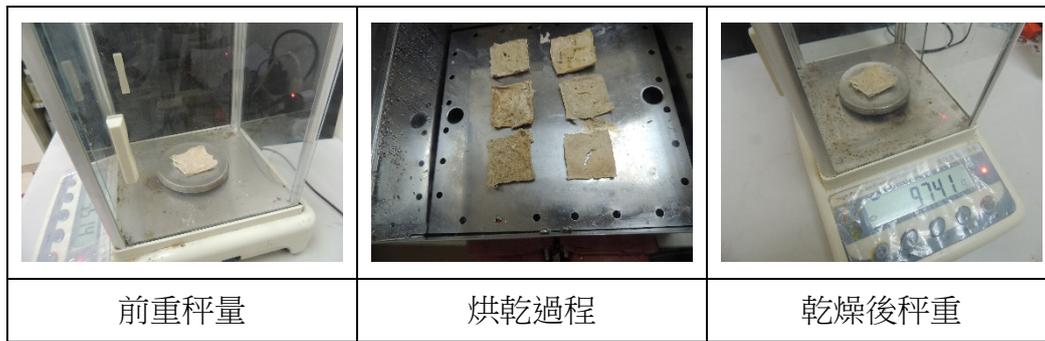


八、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量

(一) 源由：

天然物膠水的吸濕程度與黏著、沾附、彈性、溶出物質環保問題都有關係。

(二) 方法：將成品放置在自然環境中 24 小時後(65~70%RH)，測量重量，再置入烘箱以 45°C 烘乾 4 小時後，取出秤重，比較吸濕量。

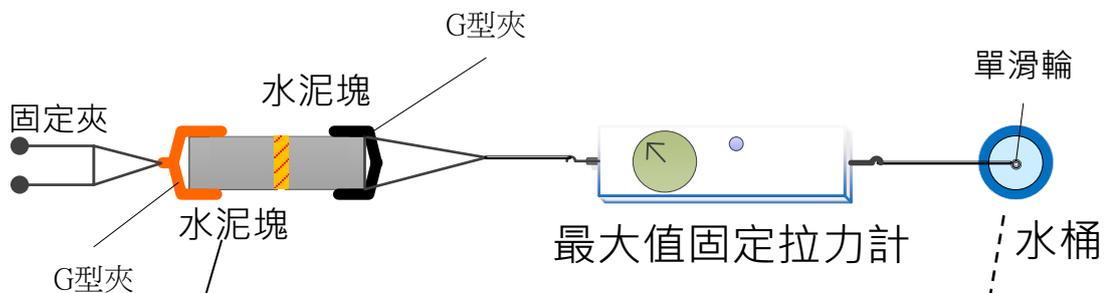


九、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

(一) 源由：以水泥塊實物相互黏好，乾燥後測量需要多少的力量，可以將黏著好的物品拉開，一般拉力越高越好。

(二) 設計示意圖：

1. 上視圖：



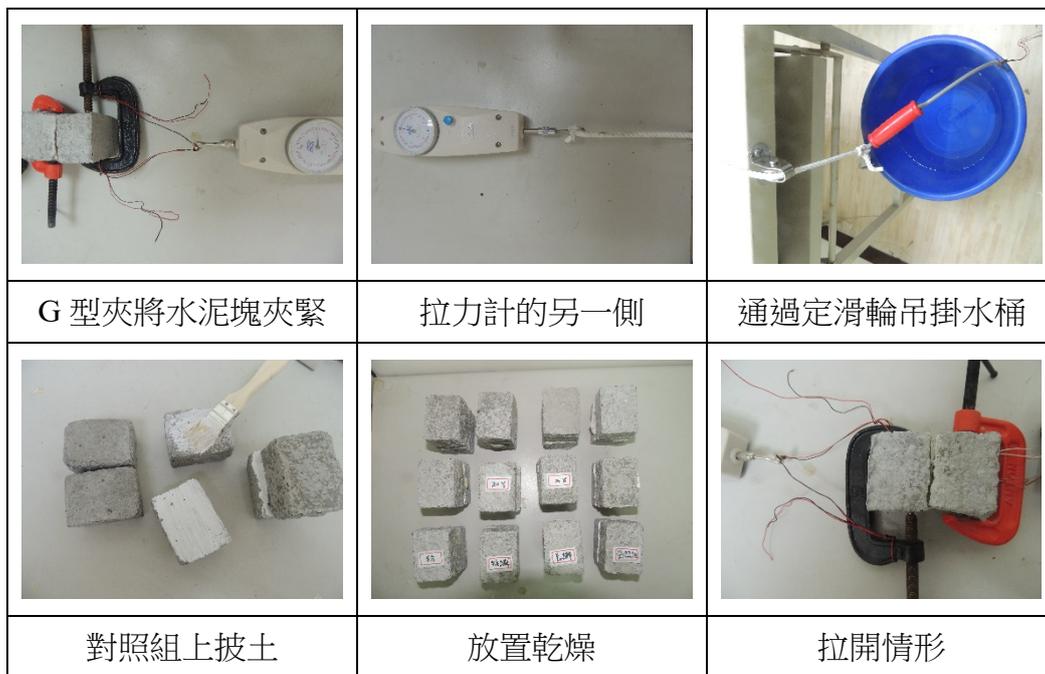
2. 側視圖

水泥塊規格：
4×5×7(cm)
黏合面：
5×7(cm)



(三)依上圖安裝完成：

1. 開始操作要注意施力的左右要平衡；取水倒入桶內的速度要一定。
2. 選取纖維量 20%的長、短纖、粉末 3 組與批土 1 組共 4 組，三次重複共 12 次實驗。
3. 黏合之前水泥塊洗乾淨，稍乾可以刷上纖維蛋白與披土各 3.0gw，放置乾燥三天後才可實驗。
4. 使用拉力計，每次無張力時，指針會停留在最高刻度處，此極為拉力值。

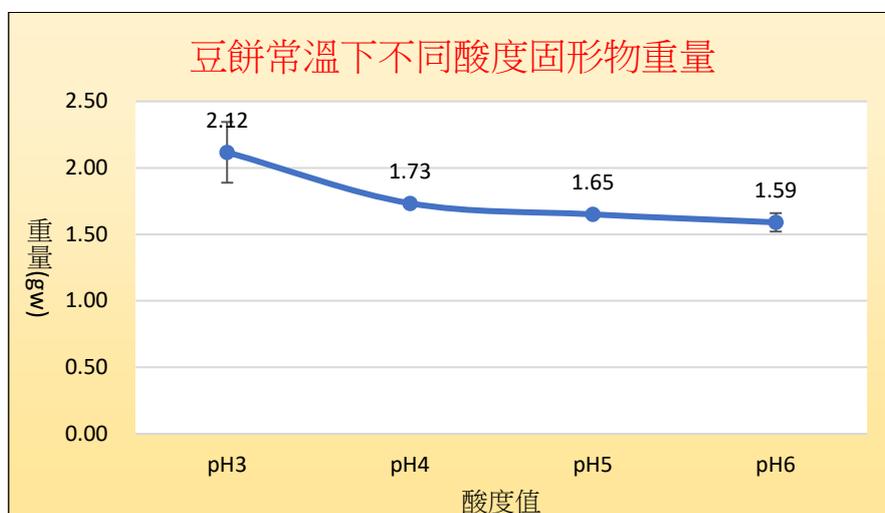


伍、研究結果

一、實驗一：比較豆餅與豆渣蛋白質酸變性後固形物重量

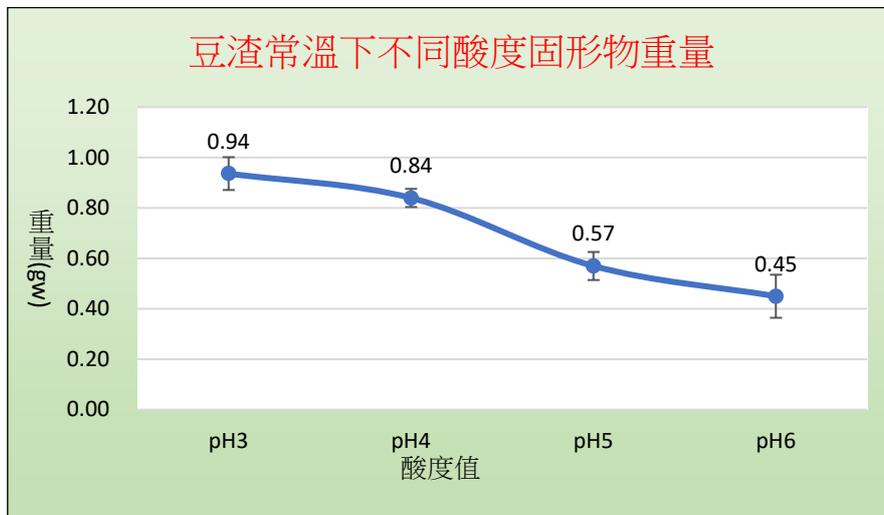
(一)豆餅蛋白質常溫下變性後固形物重量：(三次重複實驗)

酸度 實驗	固形物重量			
	pH3	pH4	pH5	pH6
1	2.38	1.75	1.64	1.55
2	2.00	1.73	1.67	1.55
3	1.97	1.72	1.64	1.67
平均值	2.12	1.73	1.65	1.59
標準差	0.23	0.02	0.02	0.07



(二)豆渣蛋白質常溫下變性後固形物重量：(三次重複實驗)

酸度 實驗	固形物重量			
	pH3	pH4	pH5	pH6
1	0.87	0.87	0.58	0.46
2	0.94	0.85	0.62	0.53
3	1.00	0.80	0.51	0.36
平均值	0.94	0.84	0.57	0.45
標準差	0.07	0.04	0.06	0.09

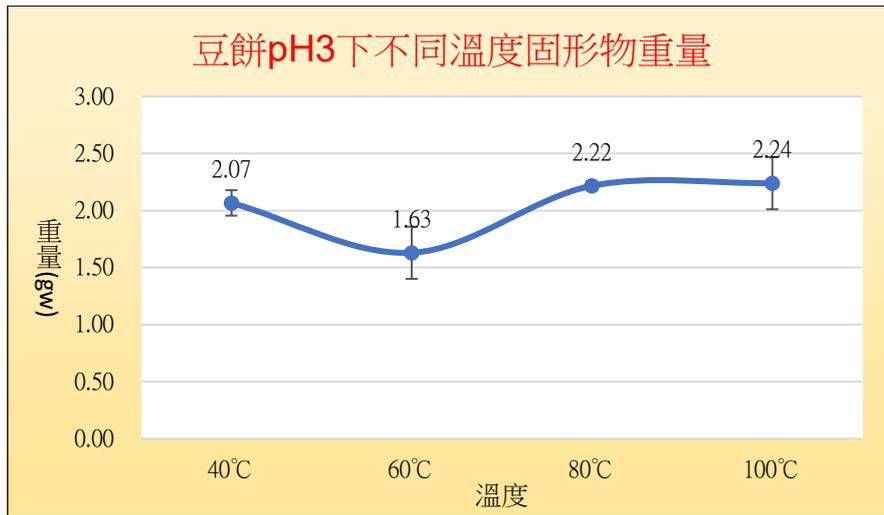


- 結果：1. 豆餅與豆渣均在酸度 pH3 變性產生固形物最多。
 2. 豆餅固形物為豆渣固形物的 $2.12 / 0.94 = 2.25$ 倍。

二、實驗二：比較豆餅與豆渣蛋白質在不同溫度下變性後固形物重量

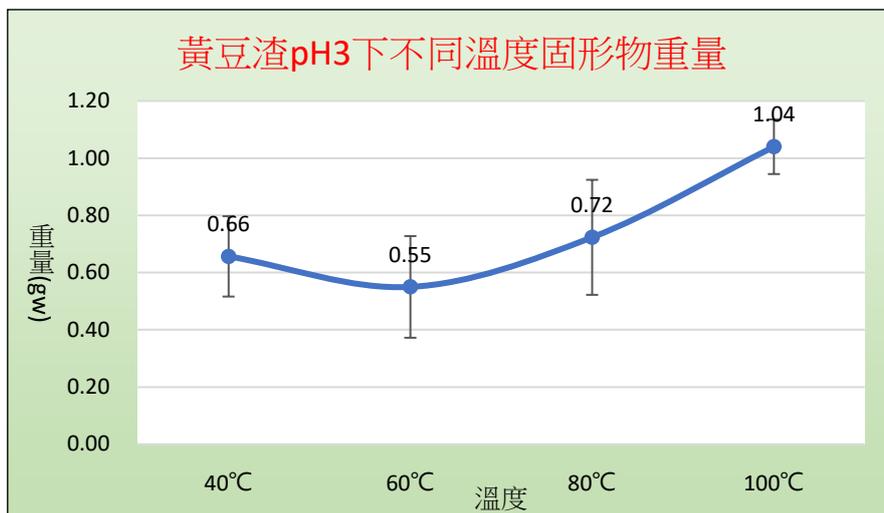
(一)豆餅蛋白質在酸度 pH3 不同溫度下變性後固形物重量(三次重複實驗)

溫度 實驗	固形物重量			
	40°C	60°C	80°C	100°C
1	2.11	1.37	2.21	2.49
2	2.15	1.72	2.26	2.19
3	1.94	1.80	2.18	2.04
平均值	2.07	1.63	2.22	2.24
標準差	0.11	0.23	0.04	0.23



(二)豆渣蛋白質在酸度 pH3 不同溫度下變性後固形物重量(三次重複實驗)

溫度 實驗	固形物重量			
	40°C	60°C	80°C	100°C
1	0.79	0.61	0.78	1.14
2	0.51	0.35	0.50	1.03
3	0.67	0.69	0.89	0.95
平均值	0.66	0.55	0.72	1.04
標準差	0.14	0.18	0.20	0.10



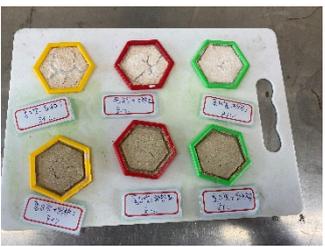
- 結果：1. 豆餅與豆渣均在酸度 pH3 下以 100°C 變性產生固形物最多。
 2. 豆餅固形物為豆渣固形物的 $2.24 / 1.04 = 2.15$ 倍。

三、實驗三：蛋白質添加不同比例粉筆屑填充物的效果

(一)不同比例粉筆屑實驗：(三次重複實驗)

粉筆 \ 試驗	試驗 1 (對照組)	試驗 2	試驗 3	試驗 4	試驗 5
變性蛋白質	10	6	7	8	9
彩色粉筆	0	4	3	2	1

粉筆 \ 試驗	試驗 6	試驗 7	試驗 8	試驗 9
變性蛋白質	6	7	8	9
白色粉筆	4	3	2	1

		
6 : 4 白粉筆屑無龜裂 (收縮不明顯)	7 : 3 白粉屑龜裂少 (有收縮)	8 : 2 龜裂嚴重 (收縮多)

結果：**蛋白質與白粉比例 6 : 4 無龜裂**，收縮不明顯。

(二)初步找出蛋白質複合材料的最佳製作條件(三次重複實驗)

	對照組	長纖			短纖			粉末		
比例	0	20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%
試驗	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
三組	②	②	②	②	②	②	②	②	②	②
重複	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③



結果：粉末狀纖維龜裂較少，以 20%~30%較佳，其他都明顯龜裂。

(三)以初步實驗結果檢討，修正測試條件

1. 纖維完全烘乾。三次重複實驗。
2. 粉末部分：以 60 mesh 過篩。
3. 長纖部分：長度為 1~3 公分。
4. 成品採自然晾乾，不加砝碼壓重。

實驗條件	對照組	長纖		
	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
纖維重量 (gw)				

實驗條件	短纖		
	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
纖維重量 (gw)			

實驗條件	粉末		
	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
纖維重量 (gw)			

初步結果：1.加入纖維越多顏色越偏棕色，類似可做甘蔗板。

2. 加上 10%、20%與 30%的長纖、短纖、粉末狀纖維，是製作複合材料的較佳比例。

四、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較(三次重複實驗)

實驗條件	對照組	長纖			短纖			粉末		
纖維重量(gw)	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
φ	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
δ	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
β	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1.35mm	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1.6mm	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	6	3	0	0	1	0	0	0	0	0

結果：未添加纖維的對照組龜裂 6 處> 長纖 0.25(10%)> 短纖 0.25(10%)；其他無龜裂。

五、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量

(一)烘乾前重量測量：(三次重複實驗)

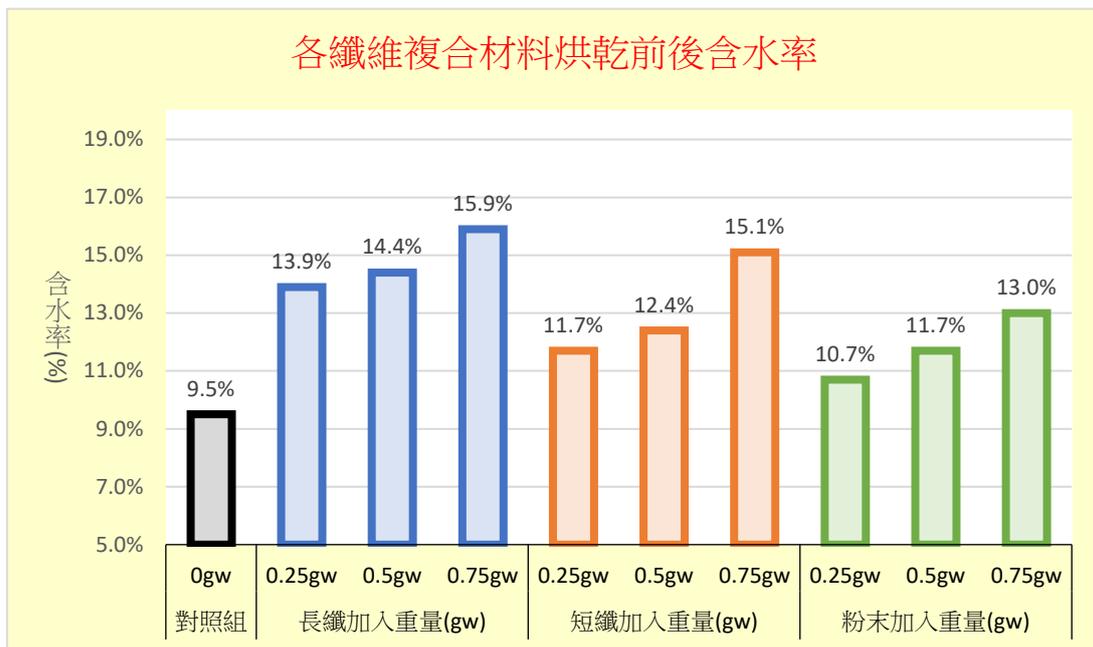
實驗條件	對照組	長纖加入			短纖加入			粉末加入		
重量(gw)	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
1	12.122	12.38 6	12.57 7	13.03 5	12.32 8	12.67 0	13.19 0	12.46 8	12.67 6	13.20 2
2	12.190	12.54 1	12.78 5	13.17 4	12.40 3	12.67 9	13.13 8	12.47 0	12.65 2	13.17 7
3	12.212	12.34 5	12.65 8	13.29 5	12.53 8	12.65 8	13.16 5	12.35 4	12.65 6	13.14 4
平均	12.175	12.42 4	12.67 3	13.16 8	12.42 3	12.66 9	13.16 4	12.43 1	12.66 1	13.17 4
標準差	0.098	0.134	0.088	0.095	0.090	0.095	0.129	0.081	0.069	0.269

(二)烘乾後重量測量：(三次重複實驗)

實驗條件	對照組	長纖烘乾後重量			短纖烘乾後重量			粉末烘乾後重量		
重量(gw)	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
1	10.968	10.69 1	10.69 2	11.05 7	11.02 5	11.01 3	11.20 8	11.19 7	11.36 0	11.28 2
2	11.126	10.78 2	11.02 7	11.01 1	10.86 7	10.93 3	11.15 1	10.91 2	11.07 9	11.66 5
3	10.973	10.62 9	10.84 2	11.16 9	11.00 6	11.35 7	11.17 8	11.17 5	11.08 5	11.43 7
平均	11.022	10.70 1	10.85 4	11.07 9	10.96 6	11.10 1	11.17 9	11.09 5	11.17 5	11.46 2
標準差	0.090	0.131	0.159	0.077	0.141	0.276	0.079	0.084	0.126	0.268

(三)含水量與含水率：

實驗條件	對照組	長纖加入			短纖加入			粉末加入		
重量(gw)	0	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%	0.25 10%	0.5 20%	0.75 30%
前重量	12.175	12.42 4	12.67 3	13.16 8	12.42 3	12.66 9	13.16 4	12.43 1	12.66 1	13.17 4
後重量	11.022	10.70 1	10.85 4	11.07 9	10.96 6	11.10 1	11.17 9	11.09 5	11.17 5	11.46 2
含水量	1.152	1.723	1.820	2.089	1.457	1.568	1.985	1.336	1.487	1.713
含水率	9.5%	13.9%	14.4%	15.9%	11.7%	12.4%	15.1%	10.7%	11.7%	13.0%



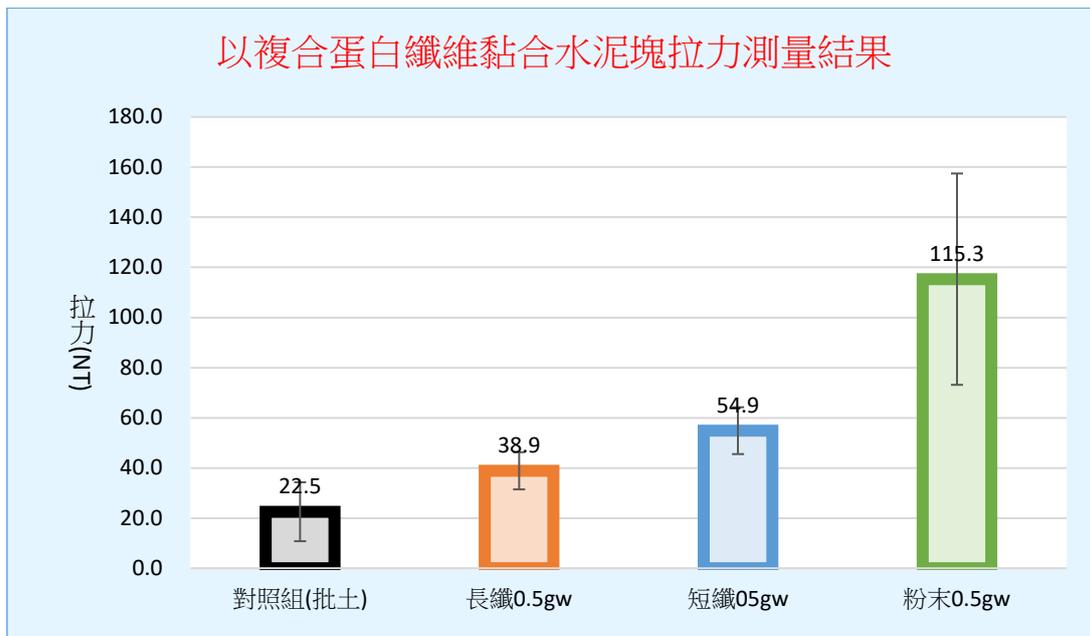
含水率 1.比較三者結果：長纖 > 短纖 > 粉末。

2. 加入纖維量：0.75 gw (30%) > 0.50 gw (20%) > 0.25 gw (10%) > 無，也就是，加入纖維量越多，含水量越高，吸濕程度越明顯。

六、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

選取纖維量 20%的長、短纖、粉末和對照組各 3 組，共 12 個實驗，如下表。

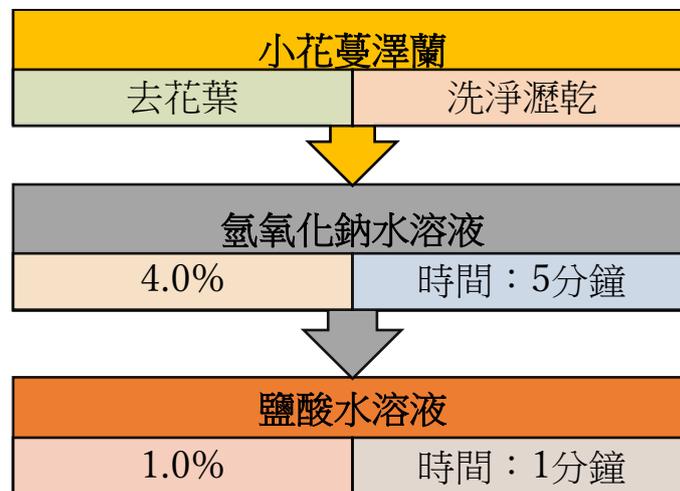
試驗	(批土)對照組	長纖 0.5gw 20%	短纖 0.5gw 20%	粉末 0.5gw 20%
φ	22.5	44.1	60.8	72.5
∅	34.3	42.1	44.1	116.6
β	10.8	30.4	59.8	156.8
平均值	22.5	38.9	54.9	115.3
標準差	11.8	7.4	9.3	42.2



結果：複合纖維越細，其黏合力越佳，三者均勝過市售批土。

陸、 討論

- 一、植物的韌皮部含有韌皮纖維，位於莖的表皮層下，由纖維素纖維和樹膠或果膠交疊膠著成束，使植物枝莖堅固。通常用低濃度氫氧化鈉水溶液浸泡，溶出雜質，將纖維分離，若用草木灰浸泡(pH 10-11)，恐之後清洗較為複雜，故未採用。有時也用手工或機械剝取，分離後纖維束有的是可直接使用。
- 二、本組以手持玻璃瓶口加壓莖部剝離後，再以化學法氫氧化鈉清除殘渣、後鹽酸中和將纖維表面的 $-O^-Na^+$ 還原成 $-OH$ ，氫鍵增加與蛋白質的鍵結，在此過程取得長、短纖，粉末則以短纖再進行研磨成粉。本組植物原料為小花蔓澤蘭的莖部，小花蔓澤蘭因為野生繁殖力極強，採用莖部在任何時期均可拔除，以老莖纖維堅韌好用，採後不宜放太久以免枯朽，建議在 1~2 個月內使用較佳，若過於乾燥可先浸水中數小時軟化再用。



三、本組實驗未採用矽烷、丙酮類等偶合劑，主要因為”基底”為蛋白質，其結構上的各式類胺基酸可與-OH 鍵結甚多。另耐酸、鹼溶液的測試實驗未做，因為在文獻探討中，以蛋白質做為塗料的科展作品，”蛋妝素抹”與”化腐朽為神漆”在酸鹼水溶液中浸泡，其對黏合力的影響，無明顯差異。

四、實驗一：比較豆渣與豆餅蛋白質酸變性後固形物重量

實驗二：比較豆渣與豆餅蛋白質在不同溫度下變性後固形物重量

蛋白質變性：蛋白質是由許多不同的氨基酸構成，酸性氨基酸的蛋白質傾向於帶有陰離子，而鹼性氨基酸，會引起陽離子的反應。這些狀態是根據溶液的 pH 值而變化。由於這些特性，蛋白質具有自己的等電點 (pI)。

等電點：此時蛋白質表面的電荷被酸+電與鹼 - 電抵消，因此蛋白質分子之間的排斥力最小，造成蛋白質分子被吸引而發生聚集，溶解度會變低，所以可以調節 pH 來沉澱和分離蛋白，本實驗等電點為 pH 3 左右，有最高的沉澱量(凝固物)。

因為具有活性的蛋白質是三維結構，一旦三維結構被破壞，則蛋白質不再具有活性。會造成變性，由於以下原因：熱，酸，鹼，紫外線，超音波，界面活性劑，有機溶劑，和重金屬離子，本組溫度實驗以 100°C 下沉澱量最高。



取自：<https://idenwatch.com/seikagaku5-4/#i-2>

五、實驗三：複合材料添加各種不同比例原料的比較

本實驗先從變性蛋白質與粉筆屑的組合開始著手，簡易的混合比例，觀察其乾燥後是否”成形”，很幸運在蛋白質：粉筆屑的 6：4 比例均無發生龜裂，粉筆屑成分主要為硫酸鈣(石膏)，其主要目的是尺寸安定，凝結不變型，彩色的粉筆屑無法凝結，研判應為其加入”色素”所致，此色素應為不透明的粉狀材料，可能含金屬物質，造成無法凝結。是否 5：5 是否會凝結不會龜裂？我們研判是不會龜裂，但是我們認為變性蛋白質的黏性會大過石膏粉，故以 6：4 進行以下實驗。

第二次：將前 6：4 的條件加入纖維後的初步實驗，結果除了加入粉末 10%與 20% 龜裂輕微，其他都很難看，所以我們重檢討條件，第三次實驗做了大幅修改：

根據施工師傅的經驗：加入石膏粉另一個目的，在於加速乾燥時間，本組研判，因為又再加入了長、短不等的纖維，在原 6：4 比例原則，更為乾燥，較為不適，故本組以 30gw 計算，其中變性蛋白占 18gw，粉筆屑有 12gw；若纖維量依 20%(6.0gw)計算，粉筆屑加入量：30-18-6=6(gw)、30%(9.0gw)：30-18-9=3(gw)、40%(12.0gw)：30-18-12=0(gw)，依照此式計算加入 40%纖維就不須加粉筆屑，若不加會與對照組相同，所以再修正，將纖維完全乾燥，以實際攪拌觀察後的添加量如下：0.25、0.50 與 0.75(gw)

材料\纖維		長纖			短纖			粉末		
比例		10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
重量 (gw)	變性蛋白	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	粉筆屑	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	纖維	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75

改善以下：

1. 要確定天然的纖維的真正重量，將其完全乾燥。
2. 粉末部分，原用 10 mesh 太粗，將纖維研磨過篩 60 mesh 與粉筆屑粉末大小一致，這樣也較容易混合均勻。
3. 長纖原來長度 3~5cm，縮短為 1~3 公分。
4. 不再加壓重量，採用自然晾乾，避免過高溫度造成水分散失過快。

烘乾溫度根據洗衣烘乾機上纖維種類設定：全棉布 65~90°C，所以小花蔓澤蘭纖維設定為 85°C，另蛋白質的溫度 45°C，是根據羊毛、蠶絲烘乾設定 40~50°C。

六、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較

龜裂程度以對照組未添加纖維的最為嚴重，0.25gw 少量的長纖與短纖均有龜裂，長纖更多於短纖，這裡說明一個現象：加入植物纖維能有效避免複合纖維的龜裂。何以粉末 0.25gw 未見龜裂？研判：其細度已達 60 mesh 混合攪拌後，幾乎看不見存在，只見顏色較深，在混合均勻狀況下，較不易龜裂。

七、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量

長纖的吸濕量最多，次為短纖，粉末狀最少，其間相差約 1%~0.5%，長纖結構上較完整，研判因此回潮後的水分，藏在纖維中的細縫，而粉末過細易散開，水分平衡保持不易。而對照組含水率最低，應與無纖維的影響所致。

八、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

此結果驗證了與實驗四的龜裂程度比較結果是一致的，拉力以長纖最低、次為短纖，而纖維粉末效果最好；市售的批土拉力均不如加了三種纖維的複合材料，加了 20%粉末(5.0gw) 的拉力，是市售披土的 $115.3/22.5=5.1$ (倍)。

九、市售批土主要成分為硫酸鈣、白膠與海菜粉等，售價 35 元/公斤。本組製品所需原料：蛋白質、粉筆屑與小花蔓澤蘭，來源是免費取得的；成本考量，僅需要鹽酸，鹽酸 250 元-試藥級-500ml-37%，豆漿 8 ml 加入 pH 3 鹽酸水溶液 4ml 可以得到約 2.0 gw 的變性蛋白，配製 pH 3 取 1 ml 12M 鹽酸可稀釋成 12000 ml，計算 $12000 \div 4 \times 2 = 6000$ (gw)的變性蛋白，鹽酸為 $250 \text{ 元} \div 500\text{ml} = 0.5 \text{ 元/ml}$ 。原料成本低於市售批土的 400 分之一。

十、校園實作注意事項：

1. 牆面裂縫要清理乾淨。
2. 可以清水清洗，稍乾後即可施工，讓水性的複合材料易於滲入牆面，必要可以施工兩次。
3. 乾燥後再上原來顏色的塗料。

柒、結論

一、實驗一：比較豆渣與豆餅蛋白質酸鹼變性後重量

- (一) 豆餅與豆渣均在**酸度 pH3** 變性產生固形物最多。
- (二) **豆餅固形物是豆渣固形物的** $2.12 / 0.94 = 2.25$ 倍。

二、實驗二：比較豆渣與豆餅蛋白質在布同溫度下變性後重量

- (一) 豆餅與豆渣均在**酸度 pH3** 下以 **100°C** 變性產生固形物最多。
- (二) **豆餅固形物是豆渣固形物的** $2.24 / 1.04 = 2.15$ 倍。

三、實驗三：複合材料添加各種不同比例原料的比較

製作複合材料較佳的製作條件為:

- (一)變性蛋白質添加粉筆屑的比例，以 **6:4** 的比例，凝結的成品**不龜裂，不變形**，**效果最好**。
- (二)小花蔓澤蘭纖維以 **85 度**，**完全烘乾**。
- (三)粉末纖維部分：以 **60 mesh** 過篩。
- (四)長纖部分：長度為 **1~3 公分**。
- (五)**成品採自然晾乾**，不加砝碼壓重。
- (六)以長纖、短纖與粉末三種纖維，分別加入不同重量比例 **10%(0.25gw)**、**20%(0.50gw)**、**30%(0.75gw)**，以完成複合材料，**是較佳的製作條件**。

四、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較

- (一)未加纖維的複合材料龜裂最嚴重，對照組含水率最低，應與無纖維的影響所致。
- (二)添加 10%較少纖維(0.25gw)的長纖與短纖有少許龜裂。
- (三)添加 **20%與 30%長纖與短纖**，品質穩定，**均無龜裂**。
- (四)添加 10%、20%與 30%等**各種比例粉末纖維**的複合材料，品質穩定，**均無龜裂**。

五、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量

含水率:

- (一)比較三者結果：**長纖 > 短纖 > 粉末**。
- (二)加入纖維量：**30%(0.75gw) > 20%(0.50gw) > 10%(0.25gw) > 無添加**。

(三)加入纖維比例越高，含水量越高。

(四)因為加入長纖的含水量最高，推論纖維結構越完整，含水量越高，水分平衡保持不易。

(五)加入 20%的長纖、短纖與粉末，品質穩定不龜裂，而且，含水量較適中，因此，正是複合材料的最佳纖維比例。

六、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

(一)複合纖維越細，其拉力越佳，拉力比較依序：粉末 > 短纖 > 長纖。

(二)三者均勝過市售批土。

(三)加入 20%長纖的複合材料，拉力是市售批土的 1.73 倍；加入 20%短纖的複合材料，拉力是市售批土的 2.44 倍，都是不錯的配方。

(四)粉末纖維含量 20%的複合材料，拉力最佳，是市售批土的 5 倍，也是最佳的比例與配方。

七、研究價值

(一)把榨油後廢棄的黃豆餅再利用，同時，用小花蔓澤蘭的莖部，作為纖維原料混合這兩種原料，做成複合材料，作為牆面裂縫的填縫劑，這是自然無害、容易分解、環保、低成本的成品，足以減少全球生態與環境惡化的問題，對環境與生態保護的貢獻極大。

(二)我們所研發的各種各種不同比例原料組合的填縫劑成品，可持續適用在各種牆面、地面、洗手台、屋頂漏水等各類用途，值得大力的推廣。

未來展望

以小花蔓澤蘭的莖部作為纖維原料混合黃豆餅變性蛋白質，其製品對環保上貢獻極大，原料容易分解，不會留於生活環境中造成污染，且取得容易，無成本問題，值得大力推廣。民生與環保問題是相輔相成，未來我們期待完成以下：

近期目標：對於複合材料的功能性質，更深入探討，使物盡其用。

中程目標：製作使用期限更長、更堅固耐用的天然複合材料。

遠程目標：用機械壓軋取得纖維，並將研究成果，推廣為部定與校定課程資源，向社會推廣，解決全球生態與環境惡化的問題，善盡世界公民責任。

捌、參考資料

Fanny Ng(2019 年 6 月 15 日) 用方便麵修復馬桶？真的可以嗎？ 2020/11/05 取自：

https://www.youtube.com/watch?v=r_nLAeCpdk

陳鼎穎、郭亞宸、曾元庠(2016)·蛋妝素抹-探討植物蛋白製作天然塗料之可行性· 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。

葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)·百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討· 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。

黃楷翔(2018)·化腐朽為神漆· 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會。

陳富永、徐玲明、蔣慕琰(2002) 小花蔓澤蘭與蔓澤蘭形態區別及 RAPD-PCR 分析· 植物保護學會會刊 44：51 - 60, 2002。

楊甸翌、黃宇詳、陳眉攸、李君瑜(2019) 蛋白質得來塑·中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。

鄒宗奇(2018) 環保改質的奈米鳳梨葉纖維素/聚苯乙烯複合材料之研究· 朝陽科大應用化學系。

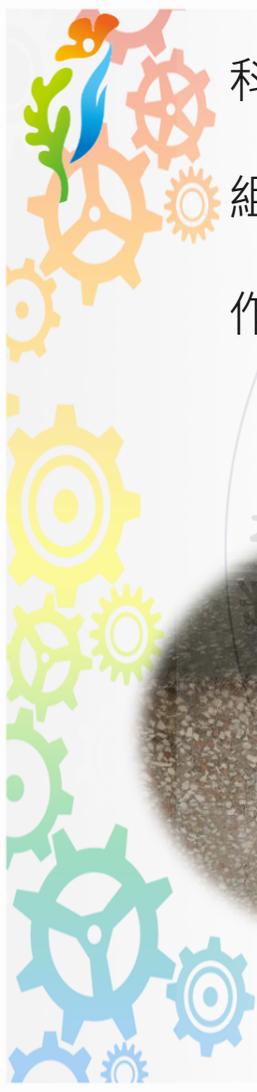
石燕鳳(2020) 天然可再生補強材—植物纖維素· 科學發展 2020 年 8 月 572 期

吳珮瑜(2015) 黃麻/生質廢棄物補強聚丙烯複合材料之研究·朝陽科大應用化學系。

【評語】 082910

作品內容結合環境保護題材，運用天然廢棄物做成複合式材料具有創新發想性。研究構想是基於先前幾屆的科展作品成果引出進一步的研究問題，具有理論基礎。研究過程按部就班測試各項條件，透過重複測量比較差異，建議可再增加時間耐用度作為效果的佐證。另可補充實驗素材的取得來源，實驗步驟的原理於研究背景說明中。

作品簡報



科別:生活與應用科(二)民生與環保

組別:國小組

作品名稱：「蛋」然處之~探討以黃豆餅蛋白與小花蔓澤蘭製成複合材料修飾牆面裂縫之可行性



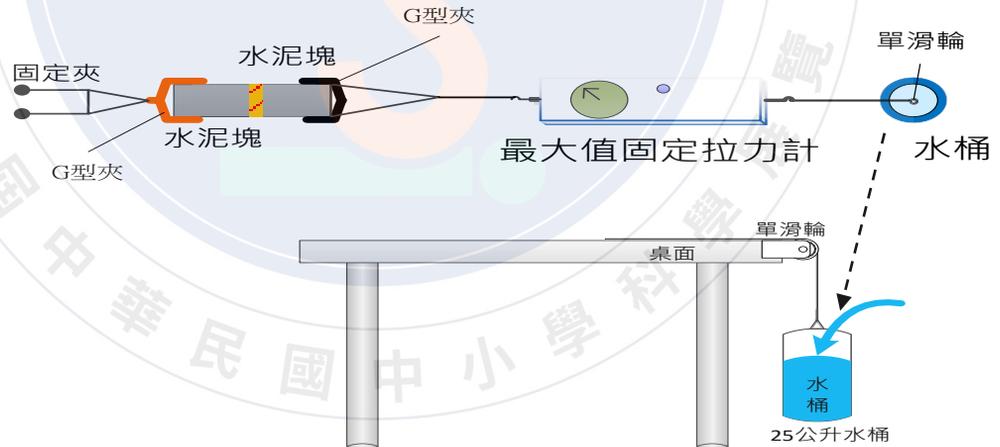
壹、研究動機

- 一、校園裡地面牆面有許多小龜裂。
- 二、市面上，以加入黏著劑的批土來修復，黏著劑含有甲醛等化學物質。
- 三、因此，我們想到用天然的廢棄物來自製「複合材料」。
- 四、探討歷屆科展成果，我們想，是否可用廢棄物的豆類，生產更多的蛋白質，來修補牆面？
- 五、用小花蔓澤蘭的纖維來做複合材料，以減少外來種對生態的危害。



貳、研究目的

- 一、探討產生豆渣與豆餅變性蛋白質的最佳酸鹼值與最佳溫度
- 二、比較豆渣與豆餅變性蛋白質的多寡。
- 三、探討複合材料的較佳製作條件。
- 四、探討添加各種纖維與比例，製成的複合材料之品質。
- 五、以環保的複合材料，作為牆面裂縫的填縫劑，對環境與生態保護，付出一份貢獻。

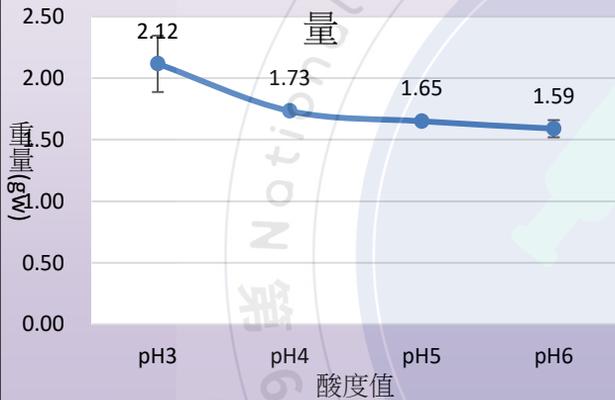


參、研究方法與結果(之一)

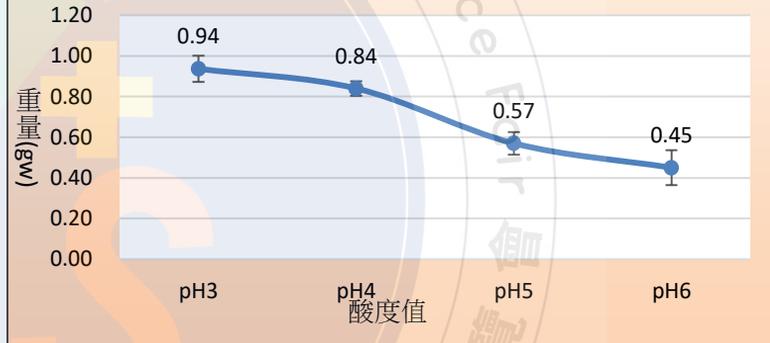
一、實驗一：比較豆渣與豆餅蛋白質酸鹼變性後重量



豆餅常溫下不同酸度固形物重量



豆渣常溫下不同酸度固形物重量



二、結果:

- (一) 豆餅與豆渣均在酸度pH3 變性產生固形物最多。
- (二) 豆餅固形物為豆渣固形物的 $2.12 / 0.94 = 2.25$ 倍。

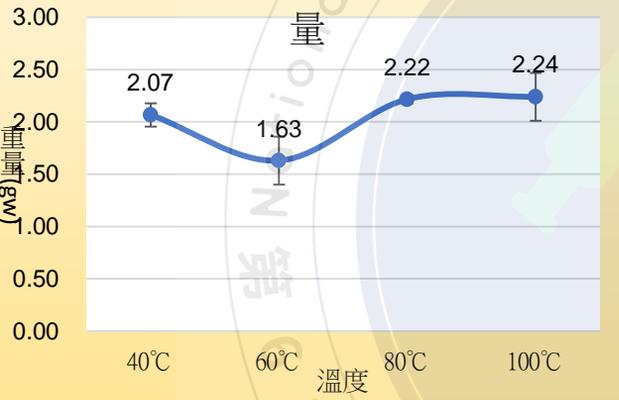
參、研究方法與結果(之二)

一、實驗二：比較豆渣與豆餅蛋白質在不同溫度下變性後

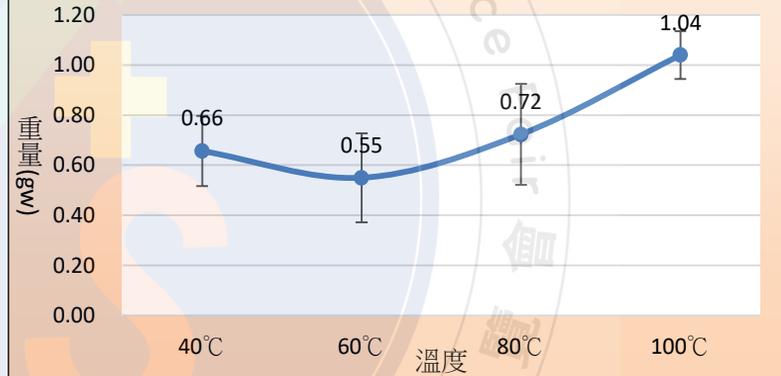
重量



豆餅pH3下不同溫度固形物重



黃豆渣pH3下不同溫度固形物重量



二、結果

(一)豆餅與豆渣均在酸度pH3下以100°C變性產生固形物最多。

(二)豆餅固形物為豆渣固形物的 $2.24 / 1.04 = 2.15$ 倍。



參、研究方法與結果(之三)

一、實驗三：複合材料添加各種不同比例原料的比較



二、結果:

加上10%、20%與30%的長纖、短纖、粉末狀纖維，是製作複合材料的較佳比例



參、研究方法與結果(之四)

一、實驗四：各種組成的複合材料龜裂程度的比較

實驗條件	對照組	長纖			短纖			粉末		
纖維重量(gw)	0	0.25	0.5	0.75	0.25	0.5	0.75	0.25	0.5	0.75
1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1.35mm	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1.6mm	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	6	3	0	0	1	0	0	0	0	0

二、結果：

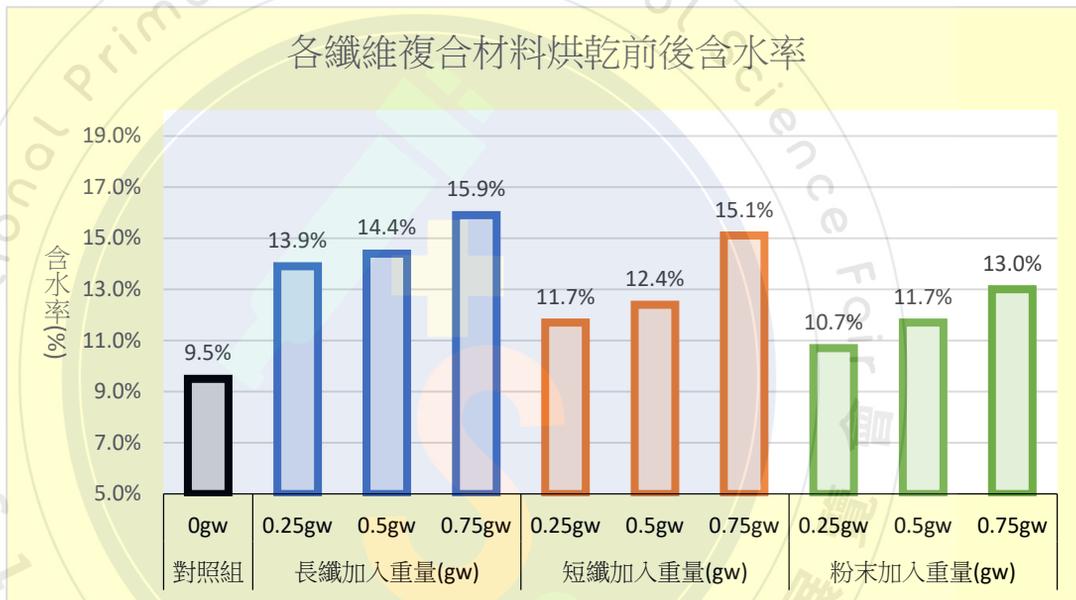
(一)未添加纖維的對照組龜裂6處 > 長纖0.25gw(10%) > 短纖0.25gw(10%)。

(二)其他均無龜裂。



參、研究方法與結果(之五)

一、實驗五：各種組成的複合材料吸濕程度的測量



二、結果:

(一)比較三者含水率:長纖 > 短纖 > 粉末。

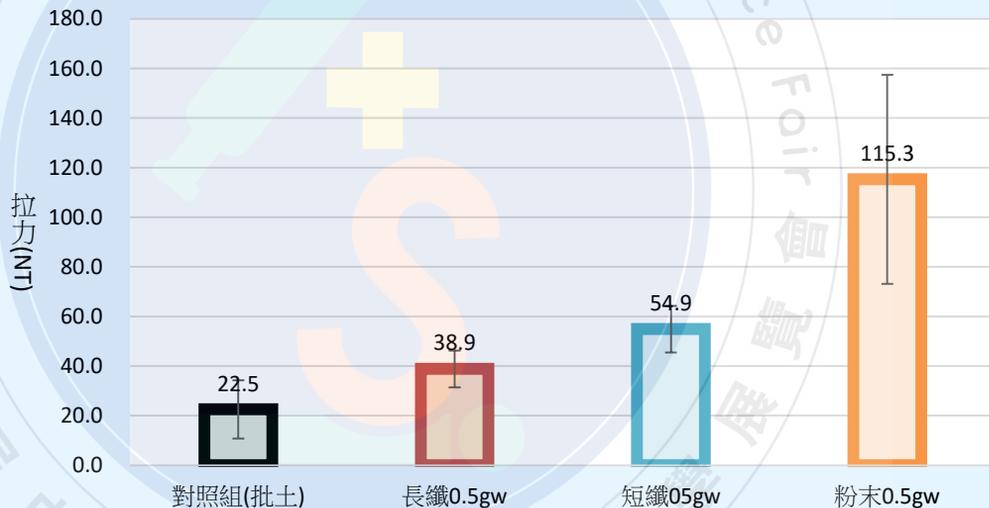
(二)加入纖維量含水率 : 0.75gw (30%) > 0.50gw

(20%) > 0.25gw (10%) > 無添加

參、研究方法與結果(之六)

一、實驗六：各種組成的複合材料黏著程度的測量

以複合蛋白纖維黏合水泥塊拉力測量結果



複合纖維越細其黏合力越佳，三者均勝過市售批土。

肆、研究結論(之一)

一、實驗一:比較豆渣與豆餅蛋白質酸變性後重量

(一)豆餅與豆渣均在酸度pH3 變性產生固形物最多。

(二)豆餅固形物是豆渣固形物的 $2.12 / 0.94 = 2.25$ 倍。

二、實驗二:比較豆渣與豆餅蛋白質在不同溫度下變性後重量

(一)豆餅與豆渣均在酸度pH3下以 100°C 變性產生固形物最多。

(二)豆餅固形物是豆渣固形物的 $2.24 / 1.04 = 2.15$ 倍。

三、實驗三：複合材料添加各種不同比例原料的比較

製作複合材料較佳的製作條件為:

(一)變性蛋白質添加粉筆屑的比例，以6:4的比例

(二)以長纖、短纖與粉末三種纖維，分別加入不同重量比例
10%(0.25gw)、20%(0.50gw)、30%(0.75gw)，以完成複合材料，
是較佳的製作條件。



肆、研究結論(之二)

四、實驗四：各種比例的複合材料龜裂程度的比較

(一)添加20%與30%長纖與短纖，品質穩定，均無龜裂。

(二)添加10%、20%與30%等各種比例粉末纖維的複合材料，品質穩定，均無龜裂。

五、實驗五：各種比例的複合材料吸濕程度的測量

(一)含水率比較:長纖 > 短纖 > 粉末。

(二)加入纖維比例越高，含水量越高。

(三)加入20%的長纖、短纖與粉末，品質穩定不龜裂，而且，含水量較適中，因此，正是複合材料的最佳纖維比例。

六、實驗六：各種比例的複合材料黏著程度的測量

(一)複合纖維越細，其拉力越佳。

(二)加入20%粉末纖維含量的複合材料，拉力最佳，是市售批土的5倍，也是最佳的比例與配方。



伍、研究價值

- 一、以廢棄的黃豆餅與小花蔓澤蘭的莖部纖維為原料，做成**複合材料**，用來做為**牆面裂縫的填縫劑**，是**自然無害、容易分解、環保、低成本**的成品，足以減少全球生態與環境惡化的問題，**對環境與生態保護的貢獻極大**。
- 二、我們所研發的填縫劑複合材料，可應用在各種牆面、地面、洗手台、屋頂漏水等各類用途，值得大力的推廣。

報告完畢！

Thank
you!

