

中華民國第 59 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

第一名

082922

會呼吸的複合式環保蛋殼植栽容器

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者： 小五 邱宇豪 小五 蔡秉學 小五 吳定慧 小五 陳盈蓁	指導老師： 王俊貴 張 慎
---	-----------------------------

關鍵詞：蛋殼、聚乳酸、植栽

得獎感言

很高興！我們的團隊在這次全國賽獲得第一名佳績與肯定！回想過去一年來，我們在實驗室討論出減塑環保的想法，而後續用蛋殼粉和聚乳酸(PLA)混合加熱製造出不同規格的蛋殼磚，進行測試與特性的探究，最後製成了會呼吸(具有良好透水透氣功能)及在土壤中能自行崩裂與分解的複合式環保蛋殼植栽容器。

經校內選拔進入北市代表再進軍全國的過程中，我們學到許多寶貴經驗：

- 一、透過觀察生活周遭的事物，發現問題，找尋解決問題的方法，過程雖然漫長，也讓我們對事物的觀察更加敏銳，很有意義。
- 二、學習設計實驗，瞭解並善用材料特性，調整與確定實驗方向，克服困難，開發出不同應用面的環保產品。
- 三、學習將實驗現象透過文字、圖畫、照片與影片記錄，並且逐一量化，分析數據變化與圖表整理，歸納結果。
- 四、學習在實驗日誌的記錄過程中，產生質疑再修正實驗，更了解資料整理與完整的重要。
- 五、學習到溝通與團隊合作，培養默契，態度上要虛心接受、正向看待相互的提醒，發揮彼此的長處，為共同目標無私的努力，呈現最佳狀態。
- 六、透過組員間交互提問的學習，與模擬報告等觀摩，更清楚知道如何準備口試及面對教授提問與具體的回答。
- 七、更重要的是，我們學到了將科學實驗結合專家訪談與問卷調查的研究方法，運用SWOT分析，將實驗室裡開發出來的產品，推廣到生活應用面，體現了科學的價值在改善人類生活的精神。

真的非常感謝老師在課餘與假日不厭其煩的指導、父母的支持與陪伴、夥伴們共同堅持奮戰到底、以及許多單位不遺餘力的協助，讓我們有幸在國小階段，就可以初窺科學的奧妙，能夠親近科學、喜歡科學，是多麼難得的經驗啊！未來遇到人生挑戰時，只要想起我們曾花了一年的時間和努力，完成了原本看似遙不可及的夢想，心中就會再度鼓起勇氣，相信自己，勇敢前行。

人生會有許多的夏天，每個夏天都會有不同的故事。2019年在高雄那個晴朗炎熱的夏天，是一場美好的科學夢想，是辛苦耕耘後的饗宴，是一個令人動容的回憶，我們永遠都不會忘記。



師生合影、迎接挑戰



研發的蛋殼植栽容器具有複合式功能，對減塑環保貢獻心力。



參展作品公開展覽時，孩子們熱情介紹自己的作品!

摘要

為了環境保護，政府推行減少使用塑膠用品，我們看到裝著植物的塑膠軟盆，在植物移植至花圃後就被丟棄，因此，我們選擇蛋殼和天然物質聚乳酸，製造出可自行在土壤中分解的植栽容器。

在蛋殼植栽容器中加入菜肥，肥料會緩慢釋放到土壤中並減少流失，還能優化土壤，緩衝土壤的酸鹼性，具有複合性效果，有助於植物生長。透過模擬運送震動，找出了適合蛋殼植栽容器的包裝和運送方式，利於產銷運送。蛋殼植栽容器會在土壤中自行崩裂，尚未完全分解的碎屑，繼續施放養分，有助於植物生長，同時，植物也無須取出再移植，可以取代塑膠軟盆，是一種創新的作法。

壹、研究動機

公園的花圃常會更新植物，裝著植物幼苗的塑膠軟盆，在植物移植到花圃後，就變成垃圾丟棄了。目前全球正在推行減少使用塑膠產品，如果製造出可以自行在土壤中分解的植栽容器，不但能達到減少使用塑膠產品的目的，還能免除將植物幼苗取出移植的手續。

生活中有什麼樣的材料可用來製造植栽容器呢？看到早餐店每天用了大量的雞蛋，蛋殼直接丟棄，如果將蛋殼清洗研磨成粉，製造可自行分解的植栽容器，就可以達到資源再利用，賦予蛋殼全新的生命。



目前花圃園藝使用的塑膠軟盆，重量輕、花盆小，容易傾倒。而且透氣、透水性差，易積水，沉澱肥料，往往澆水和施肥控制不當，導致植株死亡。(蘭花二三事，2018)

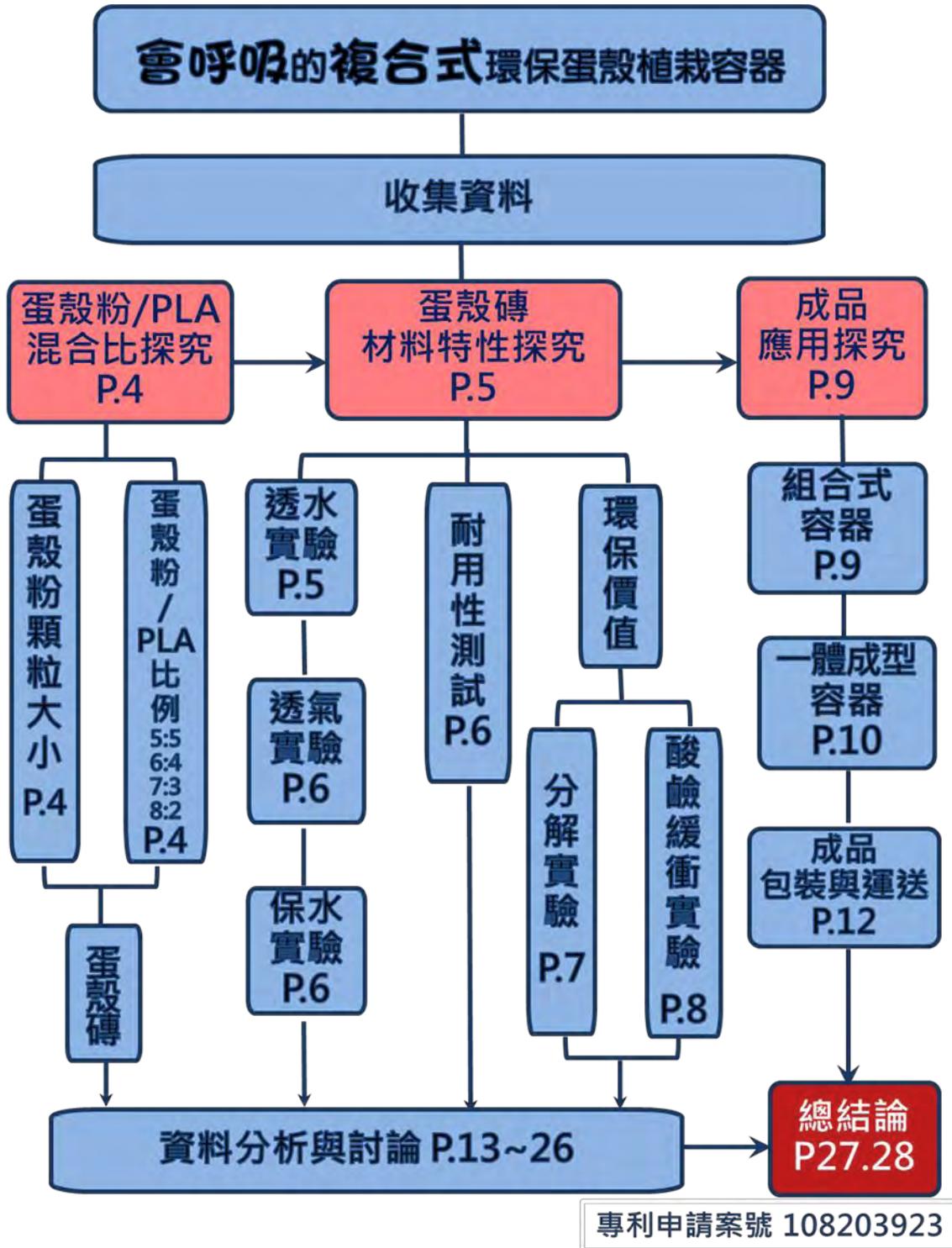
貳、研究目的

- 一、 增加蛋殼資源回收再利用的可行性
- 二、 減少塑膠軟盆的用量
- 三、 優化土壤，緩衝土壤的酸鹼性

參、研究設備及器材

- 一、 **研究設備**：電子秤、烤箱、電磁爐、果汁機、擀麵棍、篩網（20目、40目、60目）、不鏽鋼托盤、透明塑膠盒、注射針筒、防撞底板、鋼珠、撞擊實驗架、試管、試管架、透明大塑膠桶、pH 值測試筆、廣用試紙、杯子矽橡膠模具、花盆、保特瓶、燒杯、量筒、漏斗、刀子、剪刀、鋼鑽、鋼製起子、熱熔膠槍、氣血循環機的震動元件。
- 二、 **研究材料**：蛋殼、PLA、腐植土、清水、矽橡膠、硬化劑、厚紙板、報紙、市售白醋、擦手紙、竹筷、離型紙、肥皂紙盒、鋁箔烤盤、膠帶、紗布、塑膠袋、標籤貼紙、水泥、菜苗（青江菜、小白菜、蘿蔓、A菜）、彩葉草、菜肥、熱熔膠條、雞蛋、碎紙、紙箱、氣球、布丁盒、透明塑膠杯。

肆、研究過程與方法



一、製作蛋殼磚

蛋殼的成分以無機物為主，約佔 95%。如以此無機物為 100%，則其組成約為 98%碳酸鈣、0.8%碳酸鎂、0.7%磷酸鈣。蛋殼除無機物外，尚含 2~3%蛋白質，其餘則主要為水分，絕大部分為碳酸鈣（CaCO₃）。

聚乳酸（Polylactic Acid, PLA）為乳酸的聚合物，是一種原料取自植物的塑膠，屬於天然物質，熔點是 180℃。廢棄的聚乳酸產品有多種廢棄物處理方式，如自然分解、堆肥、焚化處理。自 1980 年代起，由於塑膠廢棄物問題，微生物分解性塑膠逐漸受到注目，聚乳酸也因此成為全球矚目的材料。

(一) 蛋殼粉顆粒大小製作

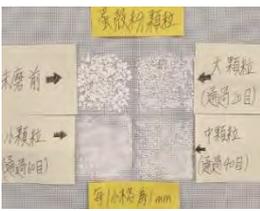
			
1. 把蛋殼鋪在紙張上，用擀麵棍來回碾成碎片。	2. 使用磨豆機將碾碎的蛋殼碎片磨成粉狀。	3. 使用篩網篩分出大中小三種顆粒蛋殼粉。	4. 過篩前與過篩後合計四種不同顆粒大小蛋殼粉。

圖 4-1-1 蛋殼粉顆粒大小製作

(二) 蛋殼粉/PLA 混合比探究

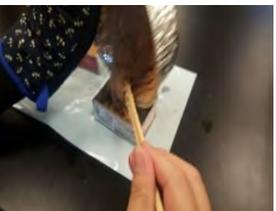
			
1. 把大中小顆粒蛋殼粉和 PLA 按 5:5、6:4、7:3、8:2 四種重量比混合製作蛋殼磚。	2. 用烤箱加熱 PLA，在熔化的 PLA 中加入蛋殼粉，快速攪拌使蛋殼粉與 PLA 均勻混合。	3. 將熔化的蛋殼粉與 PLA 混合物倒入肥皂紙盒，等待冷卻。	4. 製造出 12 種不同規格的蛋殼磚各 3 個，共 36 個蛋殼磚。

圖 4-1-2 混合蛋殼粉/PLA 製作蛋殼磚

二、**蛋殼磚材料特性探究**：透過透水、透氣、保水、耐用、分解以及酸鹼緩衝實驗，探究蛋殼磚的特性。

(一) 透水性探究

在蛋殼磚上層表面滴上清水，觀察清水是否會滲透到蛋殼磚內部的現象，探討蛋殼磚的透水性。在蛋殼植栽容器中注入清水，觀察記錄水漏光的時間，探討蛋殼植栽容器的透水性。

1. 蛋殼磚的透水性探究

			
<p>1. 將 36 塊蛋殼磚放在擦手紙上，相同規格的蛋殼磚 3 塊為一組。</p>	<p>2. 用針筒在蛋殼磚上滴水 1cc，10 秒內滴完一組。</p>	<p>3. 清水滴在蛋殼磚表面。</p>	<p>4. 觀察水在蛋殼磚表面擴散、殘留或消失的現象，在第 1、5、10、15、20 分鐘都記錄一次。</p>

圖 4-2-1 蛋殼磚透水性實驗

2. 蛋殼植栽容器的透水性探究

			
<p>1. 準備 8:2、7:3 無排水孔蛋殼植栽容器和約 700 cc 的塑膠杯各 6 個。</p>	<p>2. 在每個蛋殼植栽容器中注水 70 cc。</p>	<p>3. 盛水的蛋殼植栽容器放在塑膠杯上瀝水。</p>	<p>4. 觀察並記錄水漏光的時間，以及實驗前後蛋殼磚與水量的重量變化。</p>

圖 4-2-2 蛋殼植栽容器透水性實驗

(二)透氣性探究：將蛋殼磚浸泡在水中，觀察蛋殼磚冒出氣泡與氣泡聚集在磚面的情形，探討蛋殼磚的透氣性。

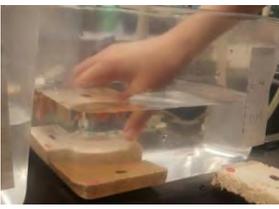
			
<p>1.準備 12 種不同規格的蛋殼磚 36 塊，與裝滿清水的透明塑膠盒 12 個。</p>	<p>2.將蛋殼磚放進透明塑膠盒，使其完全浸泡在水中。</p>	<p>3.每個透明塑膠盒放入相同規格蛋殼磚 3 塊。</p>	<p>4.觀察蛋殼磚冒出氣泡與氣泡聚集在磚面的情形，觀察並記錄 30 分鐘。</p>

圖 4-2-3 蛋殼磚透氣性實驗

(三)保水性探究：比較蛋殼磚浸水前後的重量變化，探討蛋殼磚的保水性。

			
<p>1.先將 12 種規格共 36 塊蛋殼磚秤重量。</p>	<p>2.將蛋殼磚浸水後取出。</p>	<p>3.取出蛋殼磚後晾在試管架上滴水。</p>	<p>4.待蛋殼磚滴水完成後秤重量。</p>

圖 4-2-4 蛋殼磚保水性實驗

(四)耐用性測試：利用不同重量的鋼珠 3 顆，從 2 種不同的固定高度，向下以自由落體方式撞擊 12 種不同規格的蛋殼磚，觀察並記錄蛋殼磚受到撞擊之後，產生碎屑、裂痕（未分離）或裂開（分離）的現象。

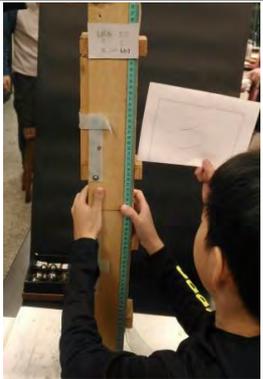
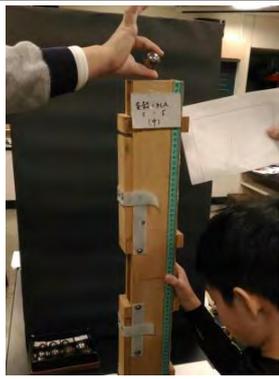
			
1. 鋪好防撞板，中間有一個凹槽可放進蛋殼磚。	2. 使用單層撞擊架(高 39cm)與 3 種不同重量的鋼珠。	3. 鋼珠從單層撞擊架上以自由落體方式撞擊蛋殼磚。	4. 鋼珠穿過單層撞擊架擊碎蛋殼磚。
			
5. 改用雙層撞擊架(高 76cm)。	6. 使用雙層撞擊架(高 39cm)與 3 種不同重量的鋼珠。	7. 鋼珠從雙層撞擊架上以自由落體方式撞擊蛋殼磚。	8. 鋼珠穿過雙層撞擊架擊碎蛋殼磚。

圖 4-2-5 耐用性實驗

(五) 分解實驗：把蛋殼磚碎屑放入試管，加入白醋，觀察並記錄蛋殼磚碎屑在醋酸中分解的現象。將蛋殼磚碎屑分解產生的氣體充滿氣球，測量並記錄氣球在實驗前後的重量變化。

1. 觀察蛋殼磚碎屑在醋酸中分解的現象

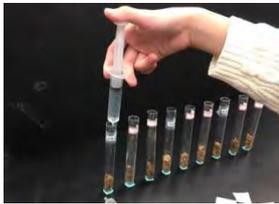
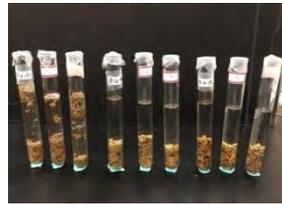
			
1. 將蛋殼磚碎屑敲碎，12 種規格碎屑各取一份 2g 各 3 份共 36 份。	2. 將蛋殼磚碎屑放在試管內，在每隻試管內各加入 10cc 的市售白醋。	3. 試管中的蛋殼磚碎屑與醋酸反應產生氣泡。	4. 觀察蛋殼磚碎屑在醋酸中分解冒氣泡的現象，記錄至 120 分鐘。

圖 4-2-6 醋酸分解實驗

2. 觀察蛋殼磚碎屑分解產生氣體的重量變化

			
<p>1.將蛋殼磚碎屑過篩，分成小顆粒(過篩 60 目)與大顆粒(過篩 40 目)。</p>	<p>2.將一份 2g 蛋殼磚碎屑共 72 份放在試管內，各加入 10cc 市售白醋。</p>	<p>3.蛋殼磚碎屑分解產生氣體充滿氣球，依設計時間取下氣球綁緊。</p>	<p>4.測量實驗前後氣球重量變化，得到蛋殼磚碎屑分解產生的氣體重量。</p>

圖 4-2-7 醋酸分解產生氣體的重量變化實驗

(六) 酸鹼緩衝實驗：將加入不同比例菜肥的蛋殼磚浸水，每日換水，測量 pH 值的變化。

			
<p>1.製作蛋殼粉與 PLA 比例 7:3 的蛋殼磚，分別加入 0%、1%、5%和 10%的菜肥，共計 64 塊。</p>	<p>2.全部 64 塊蛋殼磚在實驗前先秤重量。</p>	<p>3.用燒紅鐵釘將布丁盒底部打排水孔。</p>	<p>4.重疊兩個布丁盒，底部有孔的在上，底部無孔的在下，放入一個蛋殼磚，注入 50cc 清水。</p>
			
<p>5.浸水一整日，隔日相同時間測量 pH 值後換水。</p>	<p>6.取出下布丁盒，收集浸泡蛋殼磚的水。</p>	<p>7.浸泡蛋殼磚一整日的水流到下方塑膠杯內。</p>	<p>8.每日測量浸泡蛋殼磚水溶液的 pH 值。</p>

圖 4-2-8 酸鹼緩衝實驗

三、成品應用探究

(一)組合式蛋殼植栽容器

1. 製作蛋殼磚模具

			
1.用厚紙板和膠帶，剪裁製作出一大一小的兩個立體無頂蓋的紙盒。	2.將內盒開口朝下，黏在外盒底部，用熱熔膠將內外盒縫隙填滿塞緊。	3.製作出中央凸起的厚紙板模具。	4.將矽橡膠與硬化劑調配成重量比50:1之混合液。
			
5.將步驟4的混合液倒入厚紙板模具至完全淹沒內盒。	6.陰乾數日，使矽橡膠完全凝固。	7.將凝固後的矽橡膠模具脫模。	8.脫模後的矽橡膠模具。 (8cm*12cm*3cm)

圖 4-3-1 製作矽橡膠蛋殼磚模具

2. 製作組合式蛋殼植栽容器

			
1.製作蛋殼磚與PLA比例8:2與7:3的蛋殼磚，部分加入菜肥。	2.作為容器底部的蛋殼磚不含菜肥，須打排水孔。	3.用水泥將5個蛋殼磚黏著成一個植栽容器。	4.製造出2種含不同比例菜肥的植栽容器。

圖 4-3-2 製作組合式蛋殼植栽容器

3. 使用組合式蛋殼植栽容器種植菜苗

			
1. 在組合式蛋殼植栽容器裡加入土壤。	2. 用蛋殼植栽容器種植四種菜苗作為實驗組。	3. 用市售花盆種植四種菜苗作為對照組。	4. 實驗組(前二)與對照組(後)。

圖 4-3-3 組合式蛋殼植栽容器種植菜苗

(二)一體成型式蛋殼植栽容器

1. 製作一體成型蛋殼植栽容器

			
1. 使用市售矽橡膠材質的杯子蛋糕模具，大小尺寸各一。	2. 將蛋殼粉和 PLA 比例 8:2 熔化後的混合物倒入模具底部壓緊，並打洞作為排水孔。	3. 繼續將步驟 2 的混合物倒入大小兩個模具中間的空隙。	4. 用工具將步驟 2 的混合物塑形成盆狀。
			
5. 冷卻後脫模製成盆狀的蛋殼植栽容器。	6. 製作加入菜肥比例 0%、1%與 5%的蛋殼植栽容器各 3 個共計 9 個。	7. 也可以製作較大的蛋殼植栽容器。	8. 較大蛋殼植栽容器與內外矽橡膠模具。

圖 4-3-4 製作一體成型蛋殼植栽容器

2. **一體成型蛋殼植栽容器種植菜苗**：選用生長快、容易觀察的青江菜苗種植，可明顯觀察使用蛋殼植栽容器的植物生長情形。

			
<p>1. 每個蛋殼植栽容器種植 2 株青江菜苗。</p>	<p>2. 將土壤掩埋至菜苗根部，做為實驗組。</p>	<p>3. 市售塑膠花盆種植青江菜苗，作為對照組。</p>	<p>4. 逐日觀察實驗組與對照組的菜苗生長狀況。</p>

圖 4-3-5 一體成型蛋殼植栽容器種植菜苗

3. **使用一體成型蛋殼植栽容器種植彩葉草**：選用在校園中常見的彩葉草種植，觀察其生長情形，探究蛋殼植栽容器在花圃園藝的應用。

			
<p>1. 製作蛋殼粉與 PLA 比例 8:2、7:3 並含菜肥比例 0%、10%、20%的容器，每種規格 3 個共計 18 個。</p>	<p>2. 使用步驟 1 的蛋殼植栽容器種植彩葉草。</p>	<p>3. 使用步驟 1 的蛋殼植栽容器種植彩葉草。</p>	<p>4. 使用步驟 1 的蛋殼植栽容器種植彩葉草 25 天，生長情形良好。</p>

圖 4-3-6 一體成型蛋殼植栽容器種植彩葉草

(三) 成品包裝與運送

把氣血循環機的震動元件拆卸下來，將一個適當大小的紙箱使用魔鬼氈固定在馬達上，配合紙箱高度，裝入剛好可以充滿紙箱空間的蛋殼植栽容器，每個容器和容器之間放入碎紙機裡的碎紙作為保護，最上方的蛋殼植栽容器內放入碎紙，碎紙上放一顆生雞蛋。打開開關，觀察在馬達震動情況下，生雞蛋及蛋殼植栽容器有無受損情況。

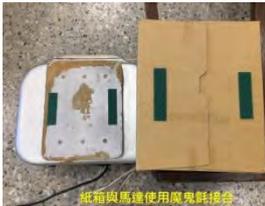
			
<p>1. 製作蛋殼粉與 PLA 比例 8:2、7:3 並含菜肥比例 0%、10%、20% 的 6 種容器共計 60 個。</p>	<p>2. 用魔鬼氈將震動器和受測紙箱緊緊黏牢。</p>	<p>3. 使用氣血循環機的震動元件，模擬運送過程的震動。</p>	<p>4. 在紙箱底部鋪上一層碎紙，擺進第一層蛋殼植栽容器共 9 個。</p>
			
<p>5. 在蛋殼植栽容器內鋪上一層碎紙作為緩衝的保護。</p>	<p>6. 依照相同步驟，連續擺進 5 層蛋殼植栽容器，共計 45 個。</p>	<p>7. 在最上層的蛋殼植栽容器內擺進一顆生雞蛋，可觀察震動的情形。</p>	<p>8. 在蛋殼植栽容器內部及周邊鋪上碎紙，觀察容器震動碰撞的情形。</p>

圖 4-3-7 一體成型蛋殼植栽容器包裝與運送

伍、研究結果與討論

一、製作蛋殼磚

			
<p>比例 5:5、6:4、7:3 混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚質地細緻。</p>	<p>比例 5:5、6:4、7:3 混合大顆粒蛋殼粉的蛋殼磚質地較粗糙。</p>	<p>比例 8:2 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚非常粗糙。</p>	<p>比例 8:2 的蛋殼粉與 PLA 混合物冷卻前呈現鬆散固態。</p>

圖 5-1-1 各種規格蛋殼磚成品

- (一)如圖 5-1-1，蛋殼粉和 PLA 重量比例 5:5 和 6:4 的蛋殼磚，塑型過程特性接近，混合物接近流質或液態現象，製造出來的蛋殼磚，質地均勻細緻。
- (二)如圖 5-1-1，蛋殼粉和 PLA 重量比例 7:3 的塑型黏著性較差，混合物已經呈現固態狀，製造出來的蛋殼磚，質地開始鬆散粗糙。
- (三)如圖 5-1-1，蛋殼粉和 PLA 重量比例 8:2 的塑型黏著性更差，在尚未冷卻的時候，整個混合物呈現完全鬆散固態狀，需要用工具將混合物壓緊，等到蛋殼磚冷卻後才能塑型，製成的蛋殼磚質地鬆散粗糙，有許多的孔洞和縫隙。
- (四)在現有設備條件下，我們發現蛋殼粉和 PLA 重量比例的上限大約在 8:2 左右，PLA 比例如果低於 20%，蛋殼磚的黏著能力就會不足，容易剝落成碎屑。

二、蛋殼磚材料特性探究

(一)透水性探究

1. 蛋殼磚的透水性探究

- (1) 我們設計實驗觀察結果，將清水滲透蛋殼磚表面的情形，分為 X△●三種現象。X 表示完全不透水，給予數值 0.5；△表示部分透水，給予數值 1；●表示完全透水，給予數值 2。每一種規格材料測量得到 15 組數據，加總得出該規格材料的透水指數。(詳見實驗日誌)

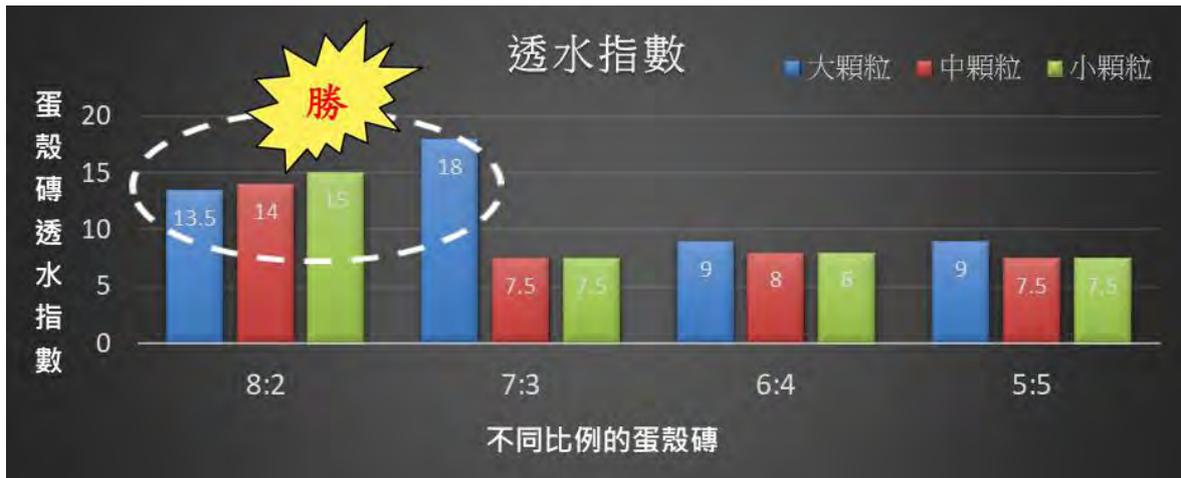


圖 5-2-1 透水實驗之透水指數圖

- (2) 從圖 5-2-1，我們發現蛋殼粉和 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼磚，和比例 7:3 混合大顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，有較佳透水性能。因為這些蛋殼磚質地鬆散粗糙，內部有較多孔洞和縫隙可以透水。
- (3) 在測試蛋殼粉和 PLA 重量比例 7:3 混合中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚時，發現幾乎不透水，在測試蛋殼粉和 PLA 重量比例 6:4 和比例 5:5 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚時，發現多數不透水。這是因為蛋殼磚的質地比較緊密細緻，內部孔洞和縫隙較少，不容易透水。

2. 蛋殼植栽容器的透水性探究

表 5-2-1 蛋殼植栽容器之透水實驗數據表

蛋殼粉：PLA	第一次注水						第二次注水					
	8：2			7：3			8：2			7：3		
編號	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
注水前重量 g	80.54	88.17	87.09	90.24	89.62	101.21	81.66	89.70	88.17	91	90.27	101.63
注水後重量 g	81.66	89.70	88.17	91	90.27	101.63	82.80	91.06	88.91	91.07	90.48	102.00
注水前後重量差 g	1.12	1.53	1.08	0.76	0.65	0.42	1.14	1.36	0.74	0.07	0.21	0.37
注水量 ml	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
剩下水量 ml	67	66.50	67.50	66.50	68	69.50	67	69	66.5	68	70	69
注水量與剩下水量差 ml	3	3.5	2.5	3.5	2	0.5	3	1	3.5	2	0	1
排水時間	6'15"	5'37"	10'37"	15'	54"	15'	2'58"	1'40"	1'11"	8'20"	32"	15'

p.s 7:3 2 號製作時修補過，仍有小空隙，因此漏水時間特別短。

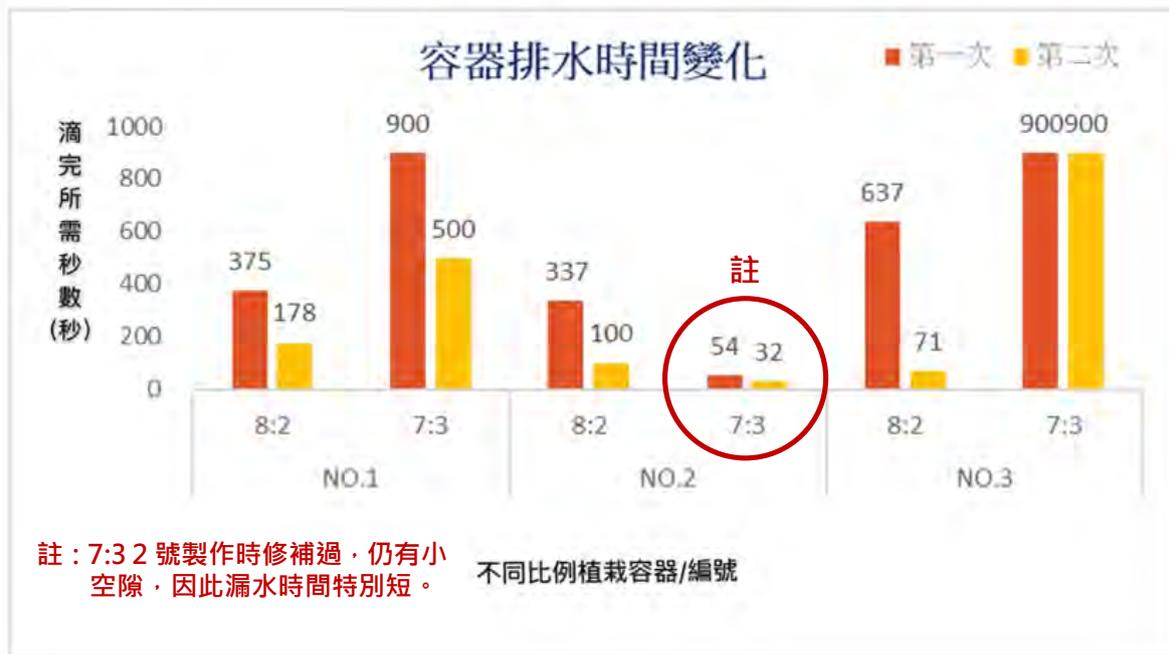


圖 5-2-2 蛋殼植栽容器透水實驗之排水時間變化

- (1) 從表 5-2-1 可知，蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼植栽容器，吸收的水量非常明顯比 7:3 的蛋殼植栽容器還多，這表示蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼植栽容器的吸水能力較比例 7:3 的蛋殼植栽容器為佳。
- (2) 從圖 5-2-2 可知，蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼植栽容器，在第一次注水及第二次注水實驗中，水量排空所需時間比蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 的蛋殼植栽容器來得少，這表示蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼植栽容器的透水能力較比例 7:3 的蛋殼植栽容器為佳。

(二) 透氣性探究

1. 我們設計實驗觀察結果，將蛋殼磚在水中冒出氣泡及聚集磚面的情形，分為 ABCD 四種現象。A 表示磚面沒有或是只有聚集一兩個氣泡，給予數值 4；B 表示聚集約占 1/4 蛋殼磚面積的氣泡，給予數值 3；C 表示聚集約占 1/4~1/2 蛋殼磚面積的氣泡，給予數值 2；D 表示聚集了超過 1/2 蛋殼磚面積的氣泡，給予數值 1。將每一個材料比例的 3 組數據，經實驗觀察轉換為 3 個數值以作為量化分析，再將 3 個數值加總得出該材料比例的透氣能力指數。(詳見實驗日誌)

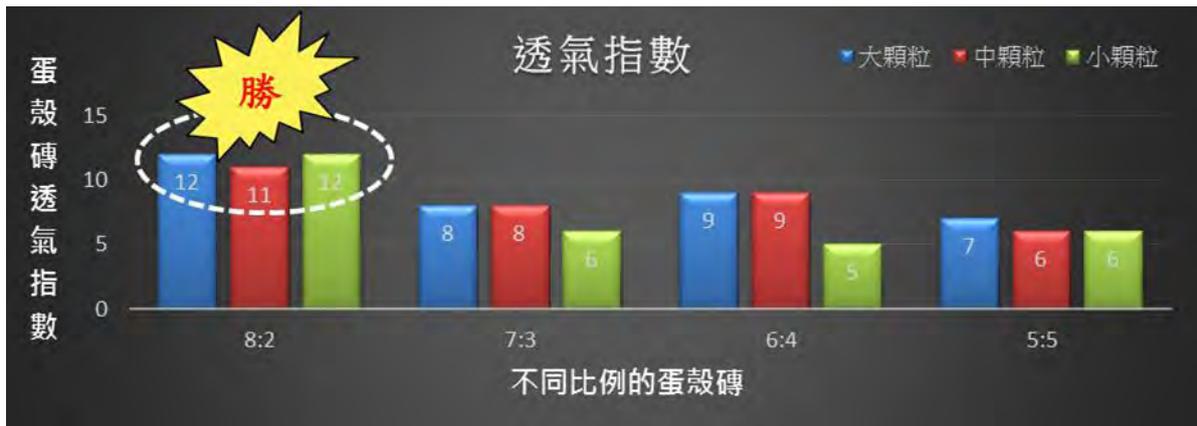


圖 5-2-3 透氣實驗之透氣指數圖

2. 由圖 5-2-3，我們發現蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼磚有最佳的透氣性能。
3. 幾乎所有規格的蛋殼磚放入水中後，都會冒出氣泡。其中蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3、6:4 混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，以及蛋殼粉與 PLA 重量比例 5:5 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，冒出氣泡較少。這是因為這些規格的蛋殼磚質地比較細緻緊密，縫隙較少，不容易含藏空氣。
4. 蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，放入水中後，快速冒出大量的氣泡，這是因為此規格蛋殼磚質地較為粗糙，內部縫隙較大，含藏較多空氣。
5. 我們發現蛋殼粉比例越高，氣泡聚集在蛋殼磚表面的面積越小。這些蛋殼磚質地較粗糙，內部孔洞和縫隙較多，含藏較多空氣。當蛋殼磚一放入水中，氣泡就大量快速地冒出並浮上水面，停留聚集在蛋殼磚表面的氣泡因而較少。

(三) 保水性探究

1. 我們計算不同比例蛋殼磚浸水前後改變的重量比例，將所得到的 3 組數據總合平均，得到各種規格材料的保水指數。(詳見實驗日誌)

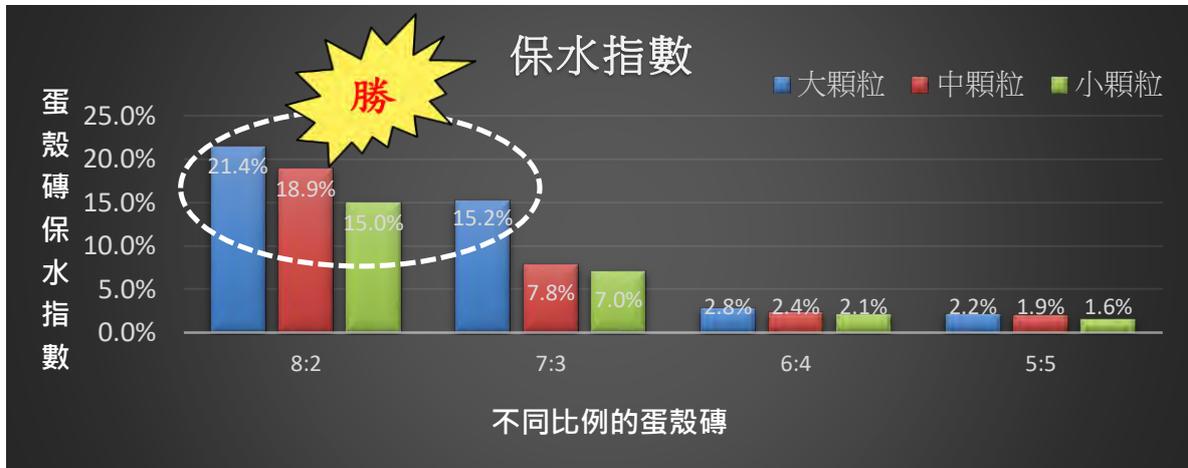


圖 5-2-4 保水實驗之保水指數圖

2. 由圖 5-2-4，我們發現蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚以及蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 混合大顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，有最佳的保水性能。
3. 將蛋殼磚浸水時間從 30 分鐘增加至 12 小時後，蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 混合中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，以及蛋殼粉與 PLA 重量比例 6:4 和 5:5 的蛋殼磚，增加的重量比例在 1.6%~7.8%之間，這些蛋殼磚因質地細密，內部孔洞和縫隙較少，無法留住較多的水分。蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，以及蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 混合大顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，增加的重量比例在 15.2%~21.4%之間，這些蛋殼磚因質地粗糙，內部孔洞和縫隙較多，能留住較多的水分，保水性佳。

(四) 耐用性測試

1. 我們設計實驗觀察結果，將蛋殼磚受鋼珠撞擊後的情形，分為 ABCD 四種現象。A 表示無變化，給予數值 4；B 表示有碎屑，給予數值 3；C 表示有裂痕，給予數值 2，D 表示裂開，給予數值 1。鋼珠大小及撞擊架高度的差別，則以加權方式計算。鋼珠 1 號加權 1，2 號加權 1.5，3 號加權 2。單層撞擊加權 1，雙層撞擊加權 4 (單層雙層之高度比約 1:2，重力比約 1:4)。測量每一種規格材料，得到 18 組數據，加權計算後加總，得出耐用性指數。(詳見實驗日誌)

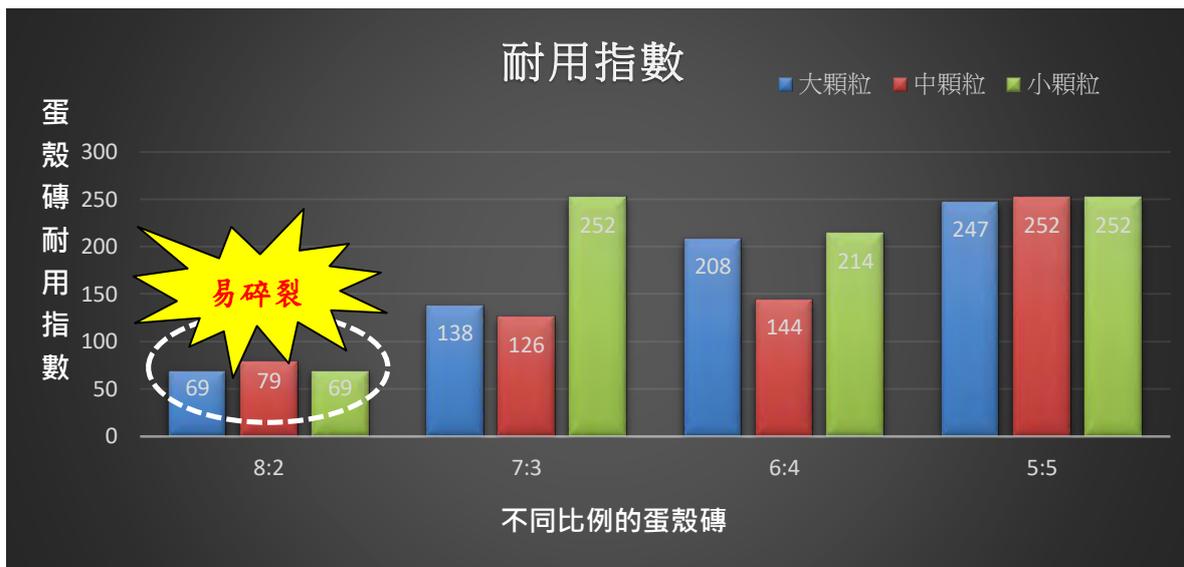


圖 5-2-5 耐用性測試之耐用指數圖

2. 由圖 5-2-5，我們發現蛋殼粉與 PLA 重量比例 5:5 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，以及蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，耐用性最佳。
3. 我們發現，蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼磚，幾乎每一塊都會被撞裂。這是因為此規格蛋殼磚質地鬆散粗糙，耐用性不佳。

(五)分解實驗

1. 我們設計實驗觀察結果，將蛋殼磚碎屑在醋酸中分解的情形，分為 ABCD 四種現象。A 表示無氣泡冒出，給予數據 1；B 表示少量氣泡冒出，給予數據 2；C 表示有大量氣泡冒出，給予數據 3；D 表示有大量氣泡激烈冒出，給予數據 4。測量每一種規格材料，得到 42 組數據，計算加總後，得出該規格材料的分解性指數。(詳見實驗日誌)



圖 5-2-6 醋酸分解實驗之分解性指數圖

- 幾乎所有規格的蛋殼磚，一但浸在醋酸裡，都會在短時間內產生氣泡，可見蛋殼磚碎屑中的蛋殼跟醋酸的反應非常迅速。
- 蛋殼粉重量比例越高（例如 8:2），蛋殼磚碎屑和醋酸的反應越快速。這是因為蛋殼粉比例越高，蛋殼磚質地越鬆散，蛋殼粉與醋酸的接觸面積越大，反應越激烈。
- 從圖 5-2-6 可知，蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚碎屑，分解性最佳，與醋酸反應非常激烈，幾乎是一加入醋酸，就立即反應，冒出大量氣泡。這是因為此規格蛋殼磚碎屑，蛋殼粉和醋酸的接觸面積較大，反應比較激烈。
- 蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3、6:4 及 5:5 混合大中小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，加入醋酸後的反應速度都差不多。這是因為 PLA 比例較高，可以包覆部分蛋殼粉，減少蛋殼粉和醋酸直接接觸的機會，因此混合蛋殼粉顆粒大小對於分解性的影響不明顯。
- 由圖 5-2-7 可知，使用大顆粒蛋殼磚碎屑進行醋酸分解時，四種比例蛋殼磚碎屑在醋酸中分解產生的氣泡重量相差不大。即使是蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的蛋殼磚碎屑，也沒有產生較多的氣體。這是因為，使用大顆粒蛋殼磚碎屑時，醋酸和蛋殼磚碎屑中蛋殼粉的接觸總面積較小，蛋殼磚分解產生氣泡的反應速度較慢。

7. 從圖 5-2-8 可知，蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 的小顆粒蛋殼磚碎屑，在醋酸中的分解反應非常激烈，產生的氣泡重量遠多於其他比例的蛋殼磚碎屑，分解性最佳。這是因為，使用此規格蛋殼磚碎屑時，蛋殼粉含量最多，醋酸和蛋殼磚碎屑的接觸總面積較大，會加快分解產生氣泡的反應速度。



圖 5-2-7 大顆粒蛋殼磚碎屑醋酸分解氣球實驗數據圖

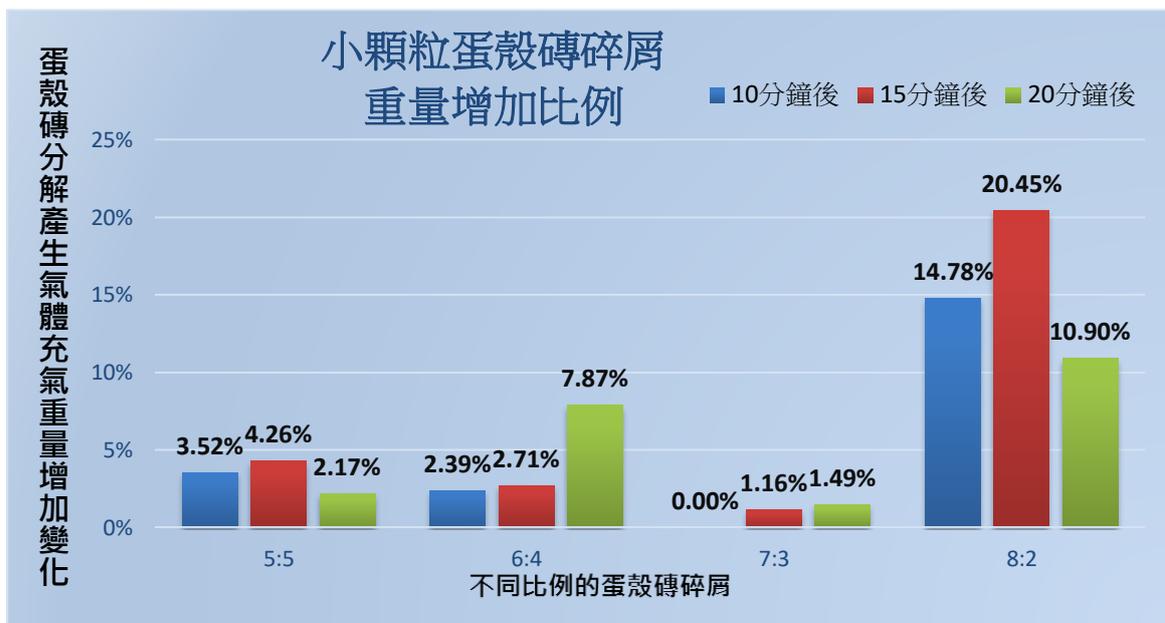
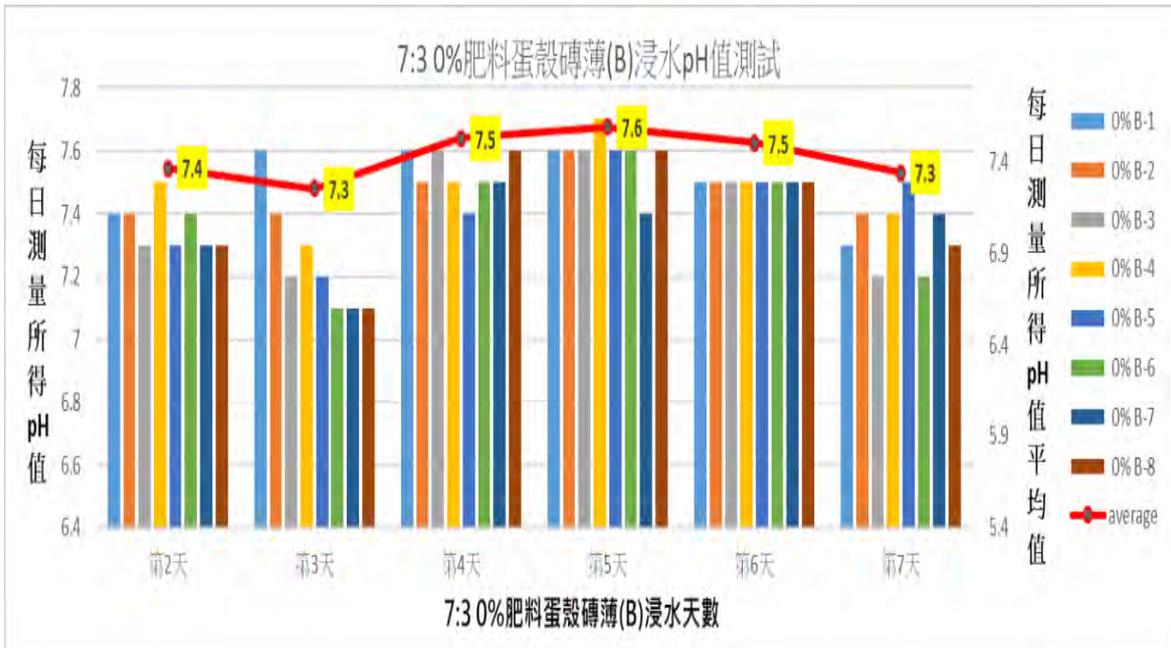
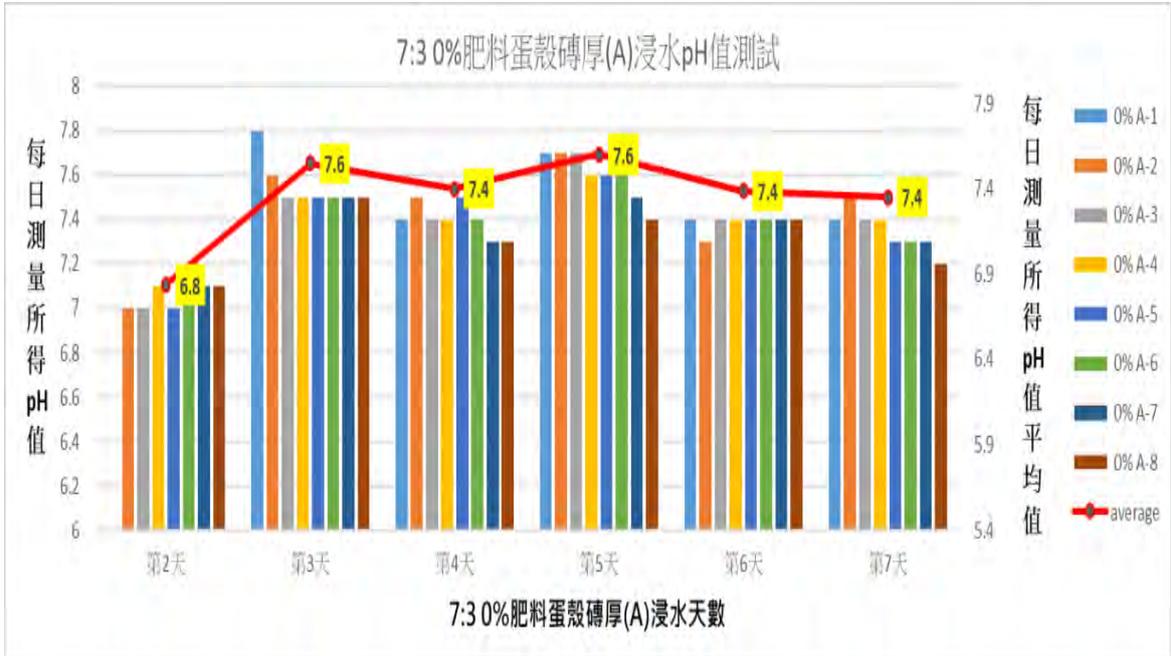
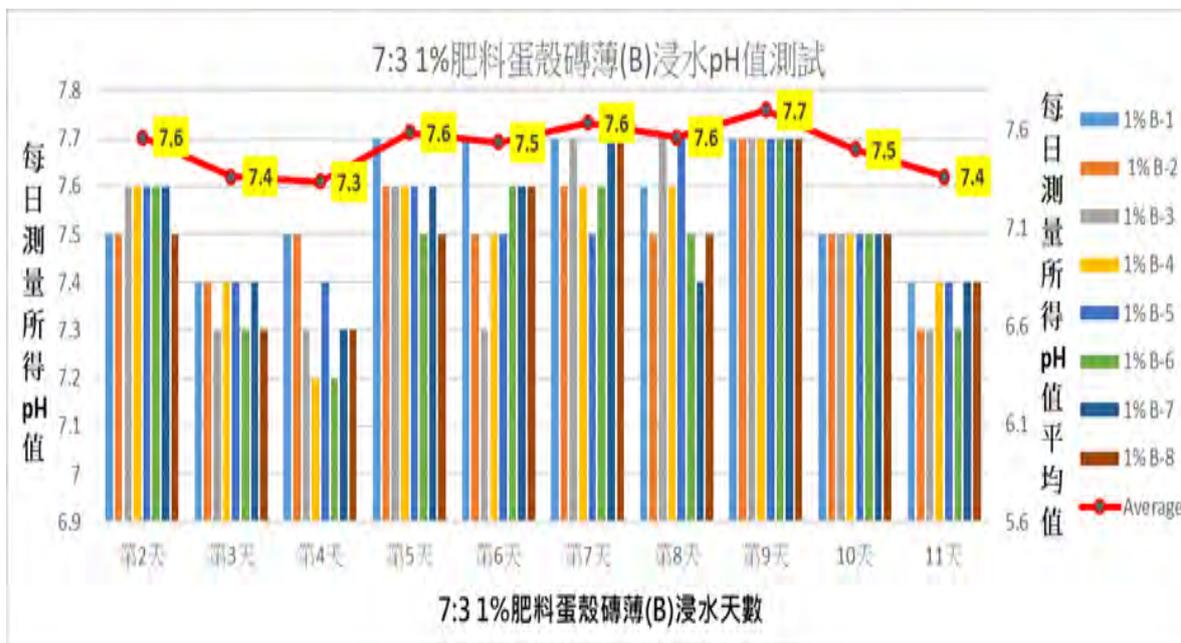
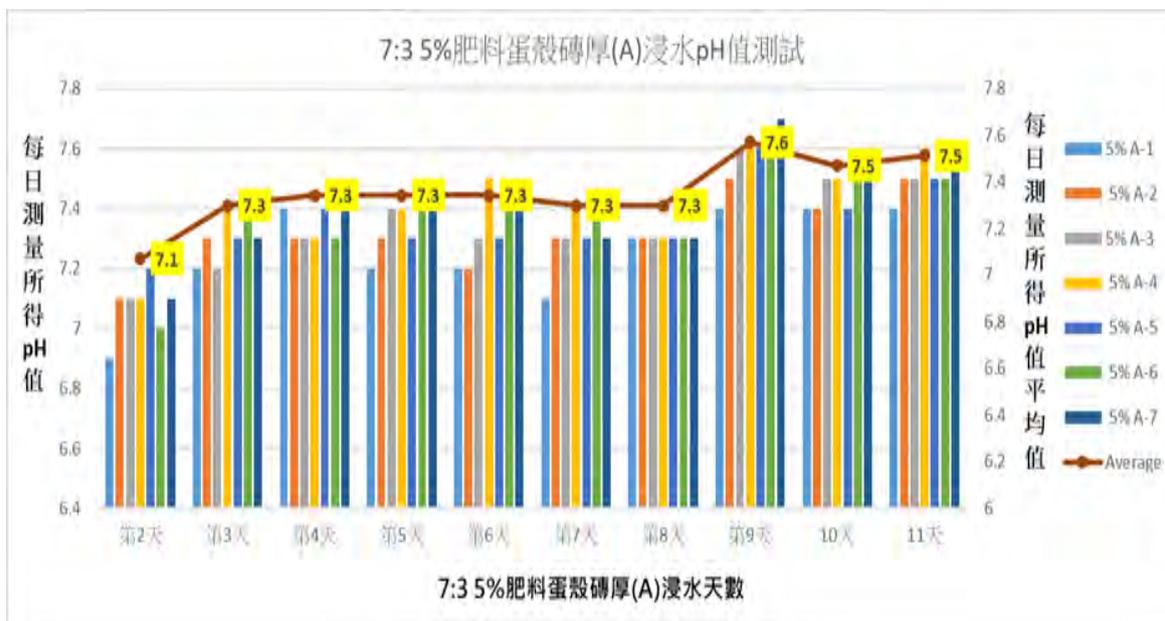


圖 5-2-8 小顆粒蛋殼磚碎屑醋酸分解氣球實驗數據圖

(六) 酸鹼緩衝實驗







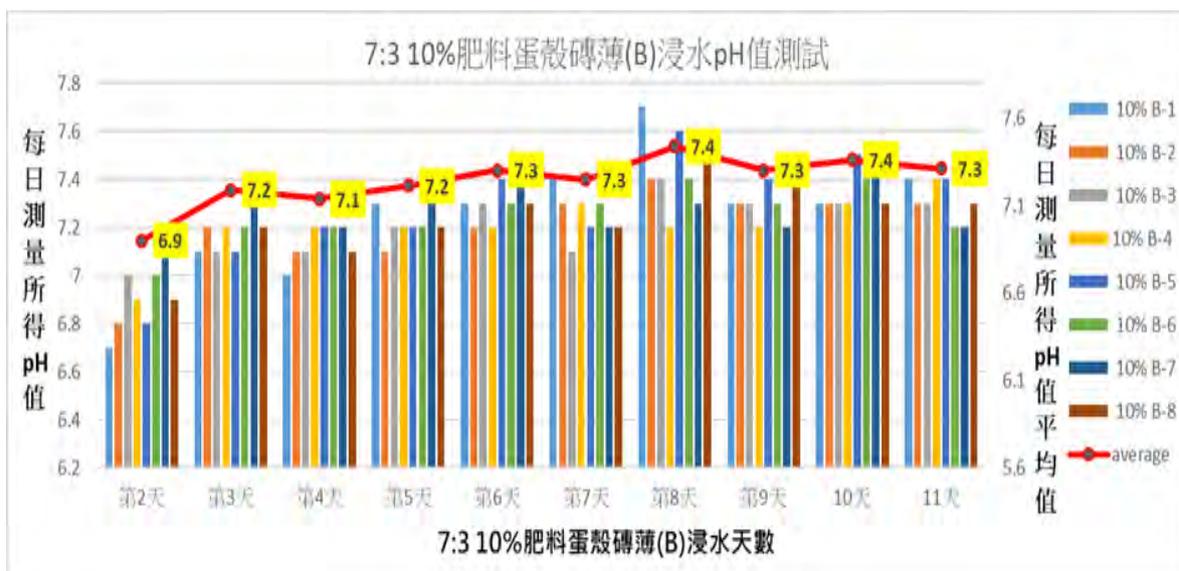
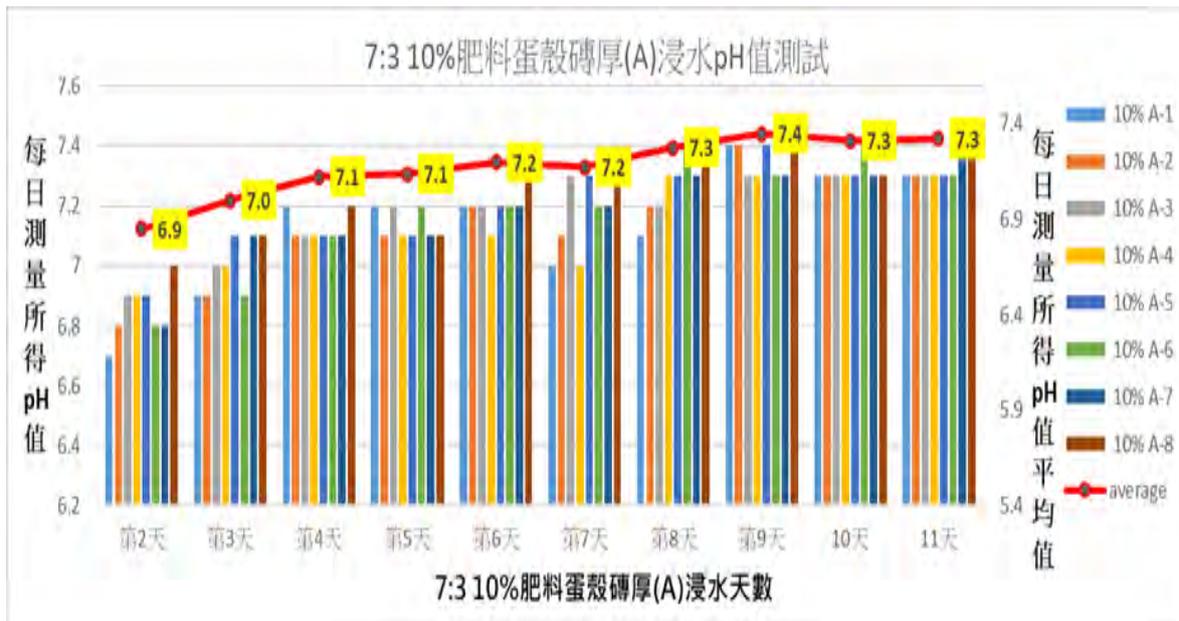


圖 5-2-9 蛋殼粉與 PLA 重量比例 7:3 含菜肥蛋殼磚浸水 pH 值測試數據圖

從圖 5-2-9 可知，含 0%、1%、5%和 10%菜肥的蛋殼磚，都能夠讓水質穩定維持微弱鹼性(約 pH 7.0~7.7 之間)。這是因為，菜肥被包覆在蛋殼磚內部，在蛋殼磚完全分解前，會緩慢釋放出來，讓蛋殼磚周圍的水，長時間穩定維持與蛋殼磚相同的弱鹼性，具有緩衝酸鹼性的效果。

三、成品應用探究

(一)組合式蛋殼植栽容器

			
青江菜(蛋殼植栽容器)	青江菜(市售花盆)	蘿蔓(蛋殼植栽容器)	蘿蔓(市售花盆)
			
小白菜(蛋殼植栽容器)	小白菜(市售花盆)	A 菜(蛋殼植栽容器)	A 菜(市售花盆)

圖 5-3-1 組合式蛋殼植栽容器種植菜苗後約半個月的生長狀況

			
蘿蔓(俯瞰照片)	青江菜(俯瞰照片)	蘿蔓(側面照片)	青江菜(側面照片)

圖 5-3-2 組合式蛋殼植栽容器種植菜苗後 40 日的生長狀況

1. 從圖 5-3-1，我們發現菜苗種植約半個月後，無論是否使用含菜肥蛋殼植栽容器，菜苗生長的狀況都相差不大。這是因為我們使用緩效型菜肥，而且菜肥是包圍在蛋殼磚內，需較長時間才能釋放到土壤中，短時間內看不出明顯效果。
2. 從圖 5-3-2，我們發現在菜苗種植約 40 日後，使用含菜肥蛋殼植栽容器的菜苗，葉片較大、高度較高，可知蛋殼植栽容器對菜苗生長的確有幫助。這時候蛋殼植栽容器已經開始崩裂，菜肥釋放到土壤中，對菜苗生長的幫助有明顯的效果。
3. 四種菜苗（青江菜、小白菜、蘿蔓、A 菜）的生長狀態中，以青江菜的生長狀況最佳，所以我們後續選擇青江菜作為實驗的品種。

4. 使用蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2 和 7:3 蛋殼磚製成的組合式蛋殼植栽容器，透水性與透氣性較佳，容器內部有許多孔洞和縫隙，可以排出多餘水分，確保容器內的土壤不會過於潮濕。
5. 組合式蛋殼植栽容器的每塊蛋殼磚之間，無法用水泥黏合至無縫隙，而且體積龐大，因此，我們認為組合式蛋殼植栽容器的作法並不理想，於是繼續研究製作一體成型的蛋殼植栽容器。

(二)一體成型式蛋殼植栽容器

			
含 1%菜肥植栽容器 (俯瞰)	含 5%菜肥植栽容器 (俯瞰)	含 1%菜肥植栽容器 (側面)	含 5%菜肥植栽容器 (側面)

圖 5-3-3 蛋殼植栽容器種植青江菜菜苗後 20 日的生長狀況

			
含 0%菜肥 8:2 蛋殼 植栽容器種植彩葉 草第 25 日。	含 10%菜肥 8:2 蛋殼 植栽容器種植彩葉草 第 25 日。	含 20%菜肥 8:2 蛋殼 植栽容器種植彩葉草 第 25 日。	蛋殼植栽容器種植 青江菜第 37 日。

圖 5-3-4 蛋殼植栽容器種植彩葉草和菜苗的生長狀況

			
<p>含 0%菜肥蛋殼植栽容器在土壤中自行崩裂。</p>	<p>含 10%菜肥蛋殼植栽容器在土壤中自行崩裂。</p>	<p>含 20%菜肥的蛋殼植栽容器在土壤中自行崩裂。</p>	<p>蛋殼植栽容器崩裂後可作為「蛭石」使用。</p>

圖 5-3-5 蛋殼植栽容器在土壤中自行崩裂的情形

1. 從圖 5-3-3 可知，蛋殼植栽容器種植青江菜苗 20 日後，使用含菜肥蛋殼植栽容器種植的菜苗葉片較大、高度較高，可知含菜肥蛋殼植栽容器對菜苗生長確有幫助。
2. 從圖 5-3-4 可知，含菜肥蛋殼植栽容器釋放養分的效果屬於緩效型。我們在一體成型蛋殼植栽容器中施放 10%、20%高濃度菜肥，發現栽種的植物生長狀況明顯良好，可見在蛋殼植栽容器中加入高濃度菜肥，對植物生長有幫助，而且能避免肥傷的發生。
3. 從圖 5-3-5，使用蛋殼粉與 PLA 重量比例 8:2、7:3 混合材料製作的一體成型蛋殼植栽容器，厚度比蛋殼磚薄，耐用性較差，在土壤中容易自行崩裂，可以發揮類似穴盤或軟盆的功能。一體成型蛋殼植栽容器種植菜苗埋入苗圃後，不需要再取出，可在土壤中自行崩裂分解。崩裂的碎屑，除了繼續施放養分，也可做為有助於植物生長的「蛭石」使用，是一種創新的作法。

(三)成品包裝與運送

			
<p>模擬運送震動後，紙箱內部的狀況。</p>	<p>少數蛋殼植栽容器破裂</p>	<p>蛋殼植栽容器放置雞蛋測試完整無損。</p>	<p>蛋殼植栽容器測試完整無損。</p>

圖 5-3-6 蛋殼植栽容器模擬運送震動後的情形

1. 從圖 5-3-6 可知，模擬運送震動後，紙箱內的一體成型蛋殼植栽容器外觀狀況大致保持良好，破裂的情形不多，顯示一體成型蛋殼植栽容器可以承受運送過程中的震動。
2. 從圖 5-3-6 可知，少數破裂的蛋殼植栽容器，大致維持原有的盆狀外觀，沒有粉碎的狀況。
3. 在容器中加入菜肥，會降低蛋殼和 PLA 的聚合力，容器變得比較容易脆裂。
4. 從圖 5-3-6 可知，蛋殼植栽容器放入的疊數，剛好充滿紙箱空間，再用碎紙屑保護，啟動馬達模擬運送狀態，蛋殼植栽容器和生雞蛋就能維持完整無損。

陸、結論

自製環保蛋殼植栽容器的SWOT分析

Strengths 優勢

- 複合式：植物生長所需一次到位
- 自行分解：植物無須取出再移植
- 優化土壤：緩衝土壤的酸鹼性
- 價格低
- 取代市售塑膠軟盆

Weaknesses 劣勢

- 手工製作耗時費力，須繼續研發機械化量產的方法
- 人工清洗蛋殼，耗時費力

Opportunities 機會

- 全球正在推行減少塑膠產品使用
- 市售塑膠軟盆使用後直接丟棄，造成資源浪費及塑膠公害
- 植物在塑膠軟盆中生長茁壯後，須移植到花圃裡，增加人力負擔

Threats 威脅

- 花農使用習慣改變較慢
- 市售塑膠軟盆可機械化量產

- 一、**創新特色 - 複合式蛋殼植栽容器**：在製作蛋殼植栽容器過程中加入菜肥，可以使植栽容器兼具蛋殼與菜肥的優點，同時具有減塑環保、緩效施肥與優化土壤等複合性效果。
- 二、**替代塑膠軟盆**：隨著植物根系持續成長茁壯，蛋殼植栽容器即會陸續崩裂，成為土壤中的一部分，回歸自然，崩裂的碎屑，除了繼續施放養分，也可做為有助於植物生長的「蛭石」使用。同時，植物也無須取出再移植，減少人力負擔。
- 三、**緩效型施肥**：利用加入菜肥的蛋殼植栽容器種植植物，肥料會緩慢釋放到土壤中，達到緩效施肥的效果。由於肥料與容器合為一體，也能減少因為人工澆水或大雨澆灌等因素造成肥料流失的現象。
- 四、**優化土壤**：使用蛋殼植栽容器種植植物，可以緩衝土壤的酸鹼值，達到優化土壤的效果。
- 五、**根據 SWOT 分析，我們製作的蛋殼植栽容器不論是內部優勢還是外部機會都有很大的價值**，而手工製作耗時費力的部分，可以開發機械化製程，便能獲得有效的改善。此外，新發明的事物要獲得民眾接受，本就需要一段時間，我們可以透過農業相關教育訓練的機制，介紹並推廣蛋殼植栽容器，提升花農們對產品的接受度。

柒、未來展望

- 一、我們將進一步嘗試其他製造方法，讓蛋殼植栽容器的質地能夠更緊密結合，提高容器的硬度，使容器加入高濃度菜肥後不會容易脆裂，有助於蛋殼植栽容器的產銷運送。
- 二、我們考慮在蛋殼植栽容器中加入各種不同濃度比例的菜肥，觀察對植物生長的影響，找出添加菜肥的最佳濃度比例。
- 三、我們希望繼續研究蛋殼的各種物理和化學性質，了解蛋殼材料在各種環境中的特性，在植栽容器外開發新的應用層面。
- 四、**本研究成果已經申請我國專利(專利申請案號 108203923)**，我們希望透過跟廠商合作，藉由生產線的機器加工，將蛋殼植栽容器商品化，提高容器品質，降低製造成本，推廣蛋殼植栽容器的應用。

捌、參考資料

- 一、國小自然與生活科技翰林版第七冊。岩石與礦物。
- 二、國小自然生活與科技翰林版第二冊。小園丁學種菜。
- 三、蘭花二三事 50：塑膠軟盆的改良，2019 年 6 月 4 日，取自：
<https://blog.xuite.net/chiehhao609/blog/578215425-%E8%98%AD%E8%8A%B1%E4%BA%8C%E4%B8%89%E4%BA%8B50%EF%BC%9A%E5%A1%91%E8%86%A0%E8%BB%9F%E7%9B%86%E7%9A%84%E6%94%B9%E8%89%AF>
- 四、楊慶鴻 (2008)。生物可分解塑料的市場應用與最新趨勢。財團法人塑膠工業技術發展中心。
- 五、維基百科，聚乳酸。2019 年 5 月 31 日，取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/聚乳酸>
- 六、羅秋雄(2009)。維持土壤良好生產力—設施葉菜類蔬菜合理化施肥。豐年半月刊，59 卷第 7 期。

【評語】 082922

本作品利用蛋殼與聚乳酸製作環保植栽容器，代替塑膠植栽容器，且環保植栽容器可加入菜肥，在分解後持續提供肥料養分，整體作品具創意與實用性，符合減塑目的，立意良好。雖然要達到量產和製程標準化的階段尚有些困難需要克服，作者已能透過SWOT分析評估機會和優劣勢，突顯本作品應用的可行性，目前已申請本國專利在案，成果豐碩。

摘要

草花移植花圃後，大量的育苗軟盆變成塑膠垃圾，為了環保減塑，研發可自行分解的植栽容器。

研究目的

1. 增加蛋殼資源回收再利用的可行性。
2. 減少塑膠軟盆用量。
3. 優化土壤，緩衝土壤的酸鹼性。

研究動機

替代目前花圃園藝所使用的塑膠軟盆。

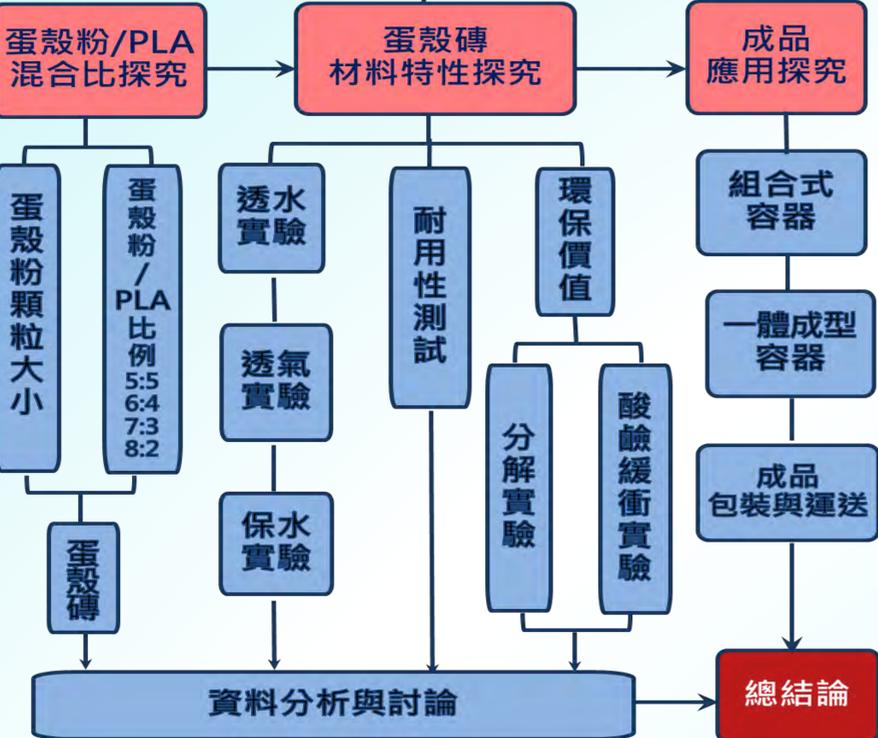
研究設備及材料:

- 一、研究設備：烤箱、撞擊實驗架、pH值測試筆、杯子矽橡膠模具、氣血循環機的震動元件等。
- 二、研究材料：蛋殼、PLA、矽橡膠、市售白醋、水泥、菜苗、彩葉草、肥料、氣球等。

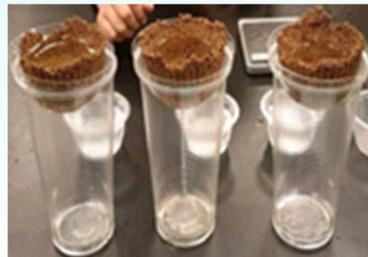
研究過程與方法

會呼吸的複合式環保蛋殼植栽容器

收集資料

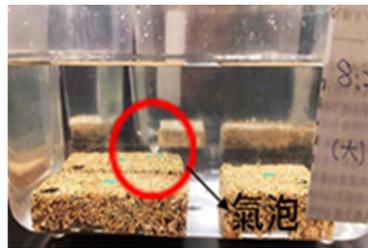


2. 蛋殼容器的透水性探究



- 在無排水孔的蛋殼植栽容器中注水70 cc。
- 瀝水觀察並記錄水漏光的時間、實驗前後蛋殼植栽容器與水量的重量變化。

(二) 透氣性探究



- 觀察浸水後蛋殼磚冒出氣泡與氣泡聚集在磚面的情形，記錄30分鐘。

(三) 保水性探究



- 將12種規格共36塊蛋殼磚於秤重後浸水。
- 取出蛋殼磚後晾在試管架上，待蛋殼磚滴水完成後秤重量。

(四) 耐用性測試



- 利用不同重量的鋼珠3顆，從2種不同的固定高度，以自由落體方式落下撞擊12種不同規格的蛋殼磚。
- 觀察並記錄蛋殼磚受到撞擊之後，產生碎屑、裂痕(未分離)或裂開(分離)的現象。

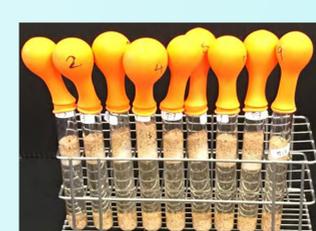
(五) 分解實驗

1. 觀察蛋殼磚碎屑在醋酸中分解的現象



- 觀察蛋殼磚碎屑在醋酸中分解冒氣泡的現象，記錄至120分鐘。

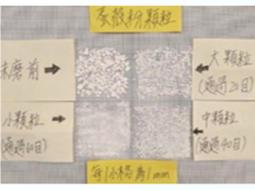
2. 觀察蛋殼磚碎屑分解產生氣體的重量變化



- 蛋殼磚碎屑分解產生氣體充滿氣球，依設計時間取下氣球綁緊，測量實驗前後氣球重量變化。

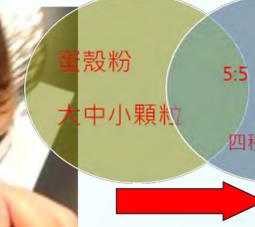
一、製作蛋殼磚

(一) 蛋殼粉顆粒大小製作



- 使用篩網篩出大、中、小三種顆粒蛋殼粉。
- 過篩前與過篩後合計四種不同顆粒大小蛋殼粉。

(二) 蛋殼粉/PLA混合比探究



- 用烤箱加熱，快速攪拌使蛋殼粉與PLA均勻混合後倒入肥皂紙盒，等待冷卻。
- 製造出12種不同規格的蛋殼磚各3個，共36個蛋殼磚。
- 找出蛋殼粉和PLA重量比例的上限大約在8:2左右。

二、蛋殼磚材料特性探究

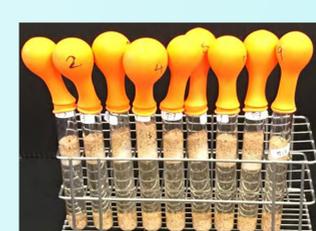
(一) 透水性探究



1. 蛋殼磚的透水性探究

- 用針筒在36塊蛋殼磚上滴水1cc，10秒內滴完一組。
- 觀察水在蛋殼磚表面擴散、殘留或消失的現象。

2. 觀察蛋殼磚碎屑分解產生氣體的重量變化



- 蛋殼磚碎屑分解產生氣體充滿氣球，依設計時間取下氣球綁緊，測量實驗前後氣球重量變化。

(六) 酸鹼緩衝實驗



➢ 蛋殼磚浸水一整日，收集浸泡的水於塑膠杯內，測量pH值後再換水。

三、成品應用探究

(一) 製作組合式蛋殼植栽容器與種植菜苗



- 將加入肥料的蛋殼磚，用水泥黏著，並於底部打排水孔。
- 實驗組:用蛋殼植栽容器種植四種菜苗；對照組:用市售花盆種植四種菜苗。

(二) 使用一體成型式蛋殼植栽容器種植菜苗&彩葉草



- 製作加入肥料比例0%、1%與5%的蛋殼植栽容器。
- (左)實驗組:用蛋殼植栽容器種植
- (中)對照組:用市售塑膠花盆種植
- (右)用蛋殼植栽容器種植彩葉草。

(三) 成品包裝與運送



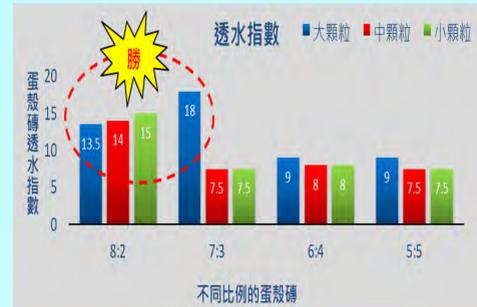
- 以震動器模擬運送過程，在紙箱底部鋪上一層碎紙，擺進5層植栽容器，上層生雞蛋，觀察震動碰撞的情形。

研究結果與討論

一、蛋殼磚與植栽容器材料特性探究

(一) 透水性實驗結果

1. 蛋殼磚的透水性



透水實驗之透水指數圖

- 蛋殼粉和PLA重量比例8:2的蛋殼磚，和重量比例7:3混合大顆粒蛋殼粉的蛋殼磚，擁有較佳透水性能。

2. 蛋殼植栽容器的透水性



容器透水實驗之排水時間變化圖

- 蛋殼粉與PLA重量比例8:2的蛋殼植栽容器水量排空所需時間較少，表示透水能力較佳。

(二) 透氣性實驗結果



透氣實驗之透氣指數圖

- 蛋殼粉和PLA重量比例8:2的蛋殼磚氣泡1分鐘內全部快速冒出且聚集在表面的氣泡較少，擁有最佳的透氣性能。

(三) 保水性實驗結果



保水實驗之保水指數圖

- 混合大中小顆粒蛋殼粉與PLA重量比例8:2能留住較多的水分，有最佳的保水性能。

(四) 耐用性測試結果



耐用性測試之耐用指數圖

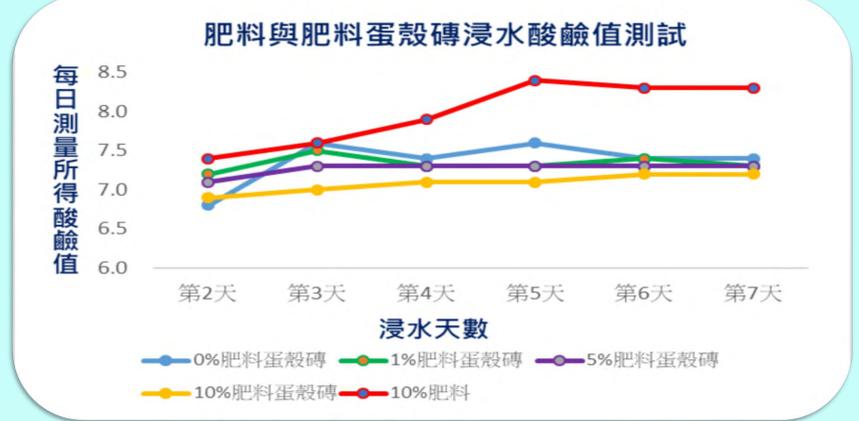
- 由上圖發現，混合大中小顆粒蛋殼粉與PLA重量比例5:5，以及重量比例7:3混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚耐用性最佳。

(五) 分解實驗結果

醋酸分解實驗之分解性指數圖

- 蛋殼粉與PLA重量比例8:2混合小顆粒蛋殼粉的蛋殼磚碎屑，分解性最佳，幾乎是一加入醋酸，就立即反應，冒出大量氣泡。

(六) 酸鹼緩衝實驗結果



蛋殼磚浸水pH值測試數據圖

- 由上圖可知，蛋殼磚能夠讓水質穩定維持微弱鹼性(約pH 7.0~7.7之間)，具有緩衝酸鹼性的效果。

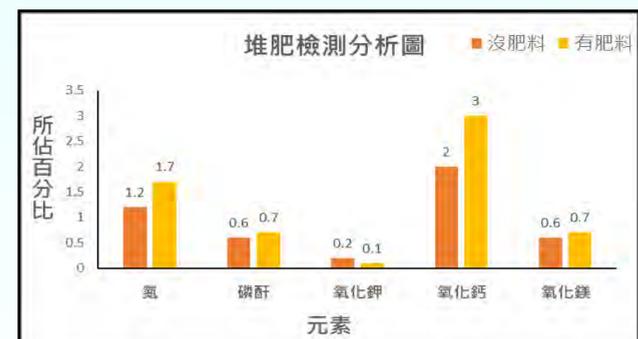
檢測項目	酸鹼度 (1:5)	電導度 (1:10)(dS/m)	有機質 (%)	氮 (%)	磷 (%)	氧化鉀 (%)
檢測值	6.4	0.3	69	1.2	0.6	0.2
檢測項目	鈣 (%)	氧化鎂 (%)	銅 (ppm)	鋅 (ppm)	錳 (ppm)	鎳 (ppm)
檢測值	2.0	0.6	73.0	66.0	2.3	13.5
檢測項目	鉛 (ppm)	鎘 (ppm)				
檢測值	16.9	13.1				

建議：連結參考

檢測項目	酸鹼度 (1:5)	電導度 (1:10)(dS/m)	有機質 (%)	氮 (%)	磷 (%)	氧化鉀 (%)
檢測值	6.8	0.4	84	1.7	0.7	0.1
檢測項目	鈣 (%)	氧化鎂 (%)	銅 (ppm)	鋅 (ppm)	錳 (ppm)	鎳 (ppm)
檢測值	3.0	0.7	48.5	40.0	0.4	3.6
檢測項目	鉛 (ppm)	鎘 (ppm)				
檢測值	3.5	5.6				

註(1)：本資料僅供施肥參考，不作任何證明文件，nd表示未檢出。
註(2)：元素係以全量分析測定

- 據「行政院農委會桃園區農業改良場檢測報告」之結果得知，放了微量肥料之實驗組，堆肥的酸鹼值為6.8優於對照組的6.4。



堆肥檢測分析圖

- 經分析測定含氮、磷、鈣、鎂均較高顯示我們的蛋殼植栽容器具有緩慢釋放肥料，供給植物養分及優化土壤的效果。



小顆粒蛋殼磚碎屑醋酸分解氣球實驗數據圖

- 蛋殼粉與PLA重量比例8:2的小顆粒蛋殼磚碎屑，蛋殼粉含量最多，醋酸和蛋殼磚碎屑的接觸總面積較大，在醋酸中的分解反應非常激烈，分解性最佳。

二、成品應用探究結果

(一) 組合式蛋殼植栽容器

實驗組

對照組



高大

種植菜苗後約半個月的生長狀況

種植40日的生長狀況

- 從右上圖發現，使用含肥料蛋殼植栽容器的菜苗，葉片較大、高度較高，對菜苗生長的確有幫助。
- 用水泥黏合易有縫隙而且體積龐大並不理想，因此我們繼續研究製作一體成型的蛋殼植栽容器。

(二) 一體成型式蛋殼植栽容器



高大



含10%肥料

蛋殼植栽盆上緣

20%肥料比例
蛋殼植栽盆
在土壤中分解情形

自行崩裂



含20%肥料



- 不論容器有無含肥料，數日後葉片均較大、高度較高，對植物生長的確有幫助!
- 厚度比蛋殼磚薄，可不需要再取出，任其在土壤中自行崩裂分解，除可繼續釋出養分外，亦可做為增加土壤透氣、保水使用，是一種創新的作法。

(三) 室內植栽應用:以無土種植栽培方式種植

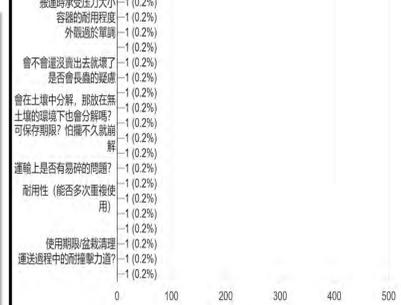
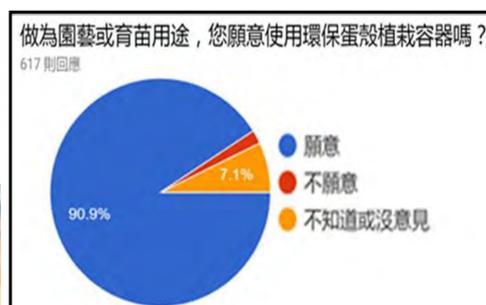
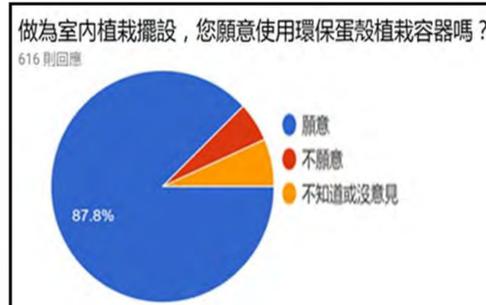
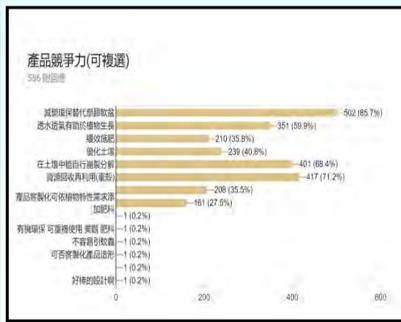
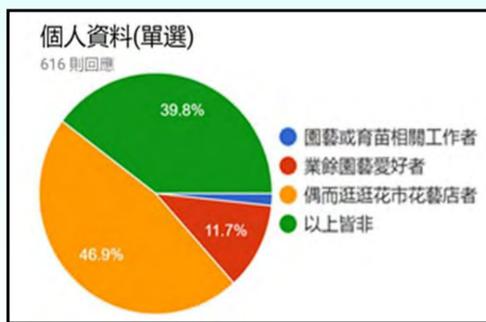
(泥炭土3:蛭石1:發泡煉石1)



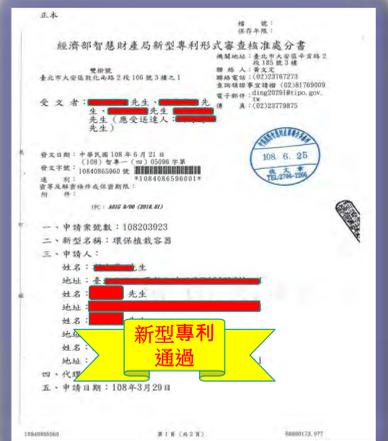
(四) 專家訪談:訪問產、官、學界專家的意見及試用心得,都對我們產品的研發創意和對減塑環保的貢獻,有高度的肯定與評價。



(五) 問卷調查



(六) 市場訪問



總結論

一、創新特色-複合式:



自製環保蛋殼植栽容器的SWOT分析

Strengths 優勢

- 複合式:植物生長所需一次到位
- 自行分解:植物無須取出再移植
- 緩效性施肥
- 優化土壤:緩衝土壤的酸鹼值
- 價格低
- 取代市售塑膠軟盆

Weaknesses 劣勢

- 手工製作耗時費力,須繼續研發機械化量產的方法
- 人工清洗蛋殼,耗時費力

二、SWOT分析,不論是內部優勢還是外部機會都有很大的價值,

- 可開發機械化製程改善手工製作耗時費力。
- 透過農業、環保相關單位的教育訓練、座談,提升農友們環保意識及接受度。

三、本研究成果已經申請我國專利並核准通過,我們希望透過跟廠商合作,藉由生產線的機器加工,將蛋殼植栽容器商品化,降低製造成本,推廣蛋殼植栽容器的應用。

Opportunities 機會

- 全球正在推行減少塑膠產品使用
- 市售塑膠軟盆使用後直接丟棄,造成資源浪費及塑膠公害
- 植物在塑膠軟盆中生長茁壯後,須移植到花園裡,增加人力負擔

Threats 威脅

- 花農使用習慣改變較慢
- 市售塑膠軟盆可機械化量產

參考資料

- 國小自然與生活科技翰林版第七冊。岩石與礦物。
- 國小自然生活與科技翰林版第二冊。小園丁學種菜。
- 楊慶鴻(2008)。生物可分解塑料的市場應用與最新趨勢。財團法人塑膠工業技術發展中心。

- 進一步嘗試讓蛋殼植栽容器的質地能更緊密結合,有助於蛋殼植栽容器的產銷運送。
- 找出可添加於容器的最佳肥料濃度比例。
- 希望在植栽容器外,另外開發其他新的應用產品。