

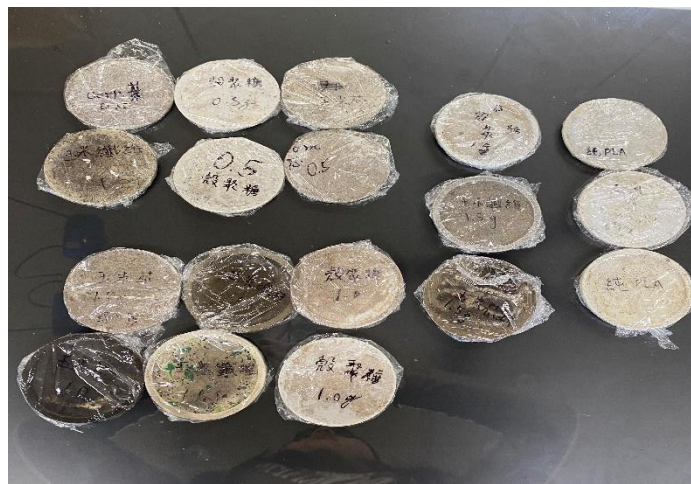
屏東縣第 66 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活應用科學科（三）

組 別：國中組

作品名稱：霸道農廢愛上 PLA

~以玉米纖維與殼聚醣構築新型環保防護材料之研究~



關鍵詞：PLA、耐衝擊性、生物分解

編號：B8008

目錄

◎ 摘要.....	第 1 頁
-----------	-------

壹、前言

一、研究動機.....	第 1 頁
-------------	-------

二、文獻探討及名詞解釋.....	第 1 頁
------------------	-------

三、研究流程.....	第 2 頁
-------------	-------

四、研究目的.....	第 2 頁
-------------	-------

貳、研究器材及設備.....	第 3 頁
----------------	-------

參、研究過程及方法.....	第 4 頁
----------------	-------

肆、研究結果與討論.....	第 9 頁
----------------	-------

伍、結論.....	第 18 頁
-----------	--------

陸、參考文獻資料.....	第 18 頁
---------------	--------

作品名稱：霸道農廢愛上 PLA

~以玉米纖維與殼聚糖構築新型環保防護材料之研究~

◎摘要

現行 PLA 存在質地脆弱、國內缺乏專門堆肥設施，且在自然環境中分解緩慢等缺點。為打破「一次性使用」的困境，本研究嘗試添加玉米芯粉、玉米葉纖維及殼聚糖進行改質，透過熔融混煉製作試片，並針對分解率、耐酸鹼和耐衝擊強度進行測試。

實驗結果顯示，添加適量農業廢棄物能有效提升材料的韌性與分解速度；其中，耐衝擊強度隨添加量增加而提升，但分解效率在添加過量時反而下降。此外，為確認降解後的土壤安全性，我們進行了植栽試驗，發現小白菜與綠豆在第二天即發芽，生長狀況良好。由此推測，改質後的 PLA 廢棄後不僅易於環境消化，甚至具備堆肥功效，能為農業廢棄物轉化為高強度循環材料提供新路徑。

壹、前言

一、研究動機

在我們討論科展題目時，無意間看到一篇文章，發現原本被大家當成環保救星的 PLA（聚乳酸），其實在很多地方開始被限制了。這讓我們覺得很驚訝，進一步研究才發現，雖然 PLA 標榜可以生物分解，但那通常要在專業的「工業堆肥」環境下才能達成。而在台灣，我們缺乏這種處理設施，再加上 PLA 長得跟普通塑膠太像了，作為日常用品，大家回收時根本分不出來，結果最後大部分還是被送進焚化爐燒掉。這讓我們開始反思：如果我們只是把一種塑膠換成另一種塑膠，但一樣是用完就丟，這樣真的有解決環境污染嗎？我們認為，真正的環保材料不應該只是「換個名字的垃圾」，而是要讓它在用的時候夠耐用，掉進自然環境後又能比較快分解。

所以，我們設計了這次的實驗，嘗試在 PLA 裡面加入玉米纖維

粉、玉米芯粉這些農業廢棄物，還有天然的殼聚糖。我們希望透過「廢物再利用」的方式，觀察能不能讓 PLA 的物理特性變好，像是變得更耐酸鹼、更不容易碎掉，同時也測試看看加入這些天然成分後，會不會讓它在自然界中更容易分解。

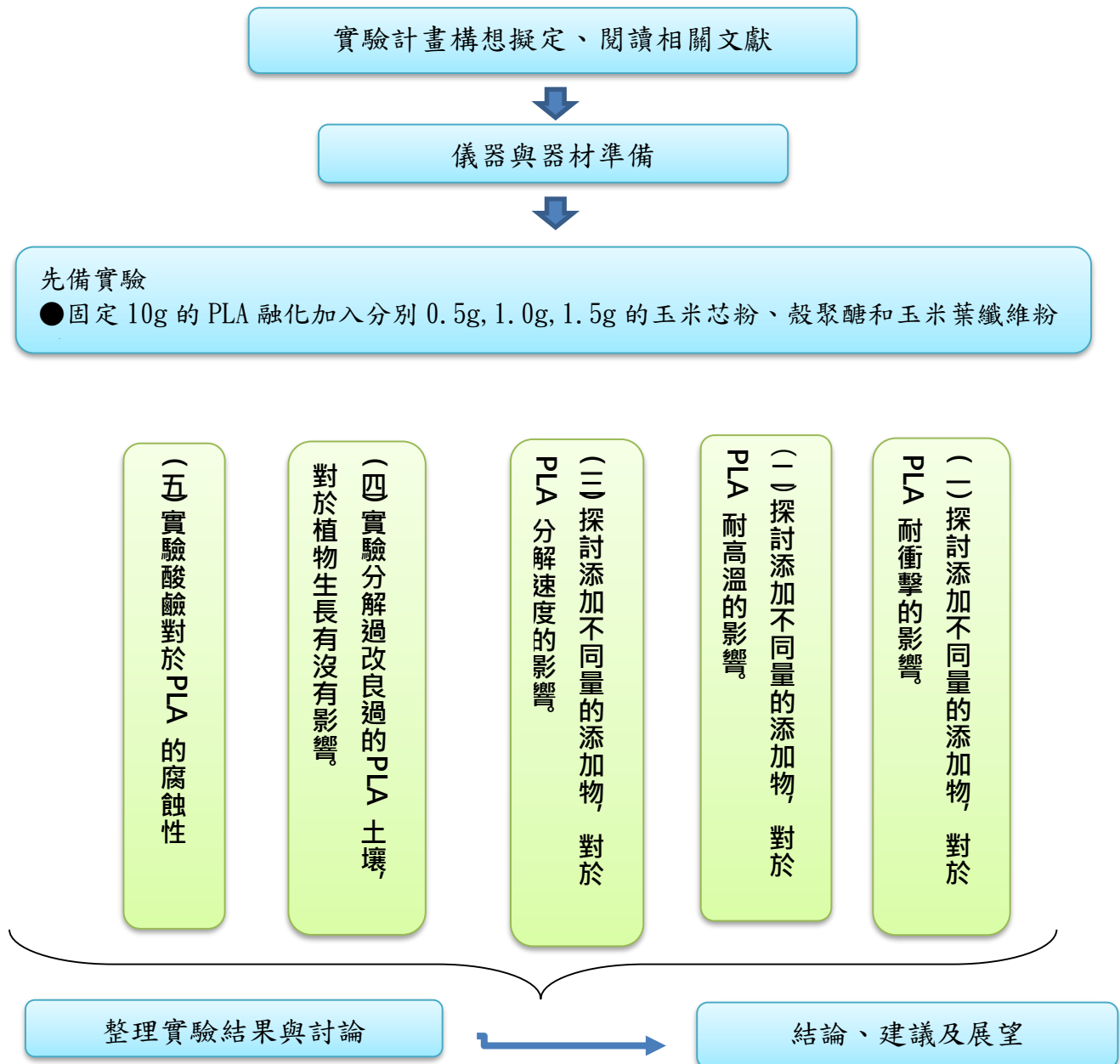
二、文獻探討及名詞解釋

- (一) 聚乳酸 (polylactic acid) 又稱聚丙交酯 (polylactide), 也就是我們俗稱的 PLA。由乳酸聚合而成的可生物降解高分子材料。它被廣泛運用在生物醫學上。雖然是可降解的材料卻分解速度緩慢且不耐高溫，在台灣已擴大禁用(參考 1)。

(二) 殼聚糖

幾丁質俗稱甲殼素，為自然界含量僅次於纖維素之物質，分布甚廣，昆蟲與蝦蟹殼、魷魚鱗及真菌（黴菌及各種菇類）細胞壁中均含有幾丁質。幾丁質之分子量約為 100~200 萬，視其來源及其製造條件而定。若將幾丁質分子上之乙醯基部份或全部去除，即得到幾丁聚糖（又稱殼聚糖），幾丁聚糖之溶解性比幾丁質好，可溶於稀鹽酸及醋酸，而且因含有胺基，在酸性條件下帶正電荷，使其具有降血脂及抗菌等活性。由於幾丁質與幾丁聚糖均不溶於水，人們乃利用化學方法或酵素方法分解大分子，得到水溶性且有活性的寡糖(參考 2)。

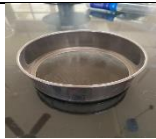
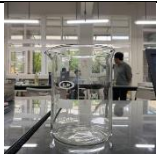
三、研究流程



三、研究目的

- (一) 探討添加不同量的添加物，對於 PLA 耐衝擊的影響。
- (二) 探討添加不同量的添加物，對於 PLA 耐高溫的影響。
- (三) 探討添加不同量的添加物，對於 PLA 分解速度的影響。
- (四) 實驗分解過改良過的 PLA 土壤，對於植物生長有沒有影響。
- (五) 實驗酸鹼對於 PLA 的腐蝕性

貳、研究材料及實驗器材

PLA 線材	電子秤	鉗子	綠豆	小白菜種子	紙碗
					
溫度計	毛刷	鑷子	篩網	矽膠模具	烤箱
					
白醋	蘇打水	培養皿	保鮮膜	燒杯	蚯蚓土
					
電磁爐	研磨器	烤網	玉米芯粉	玉米葉纖維	殼聚糖
					
砝碼	尺	墊板	剪刀	積木	三腳架
					

參、研究過程及方法

※先備實驗(備料)--製作 PLA 改良模板

一、把烘乾後的玉米芯和玉米葉打磨成粉



▲ 打磨成粉



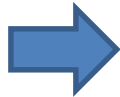
▲ 粉的成品

二、把 PLA 線材剪小段秤 10g，用烤箱融化後分別加入 0.5g,1.0g,1.5g 的玉米芯粉、殼聚醣和玉米葉纖維粉(實驗組)，和一個純 PLA(對照組)

(總共做了三組)(額外做一組只有 1.5g 添加物的來做酸鹼測試)



▲ 秤量 PLA 重量



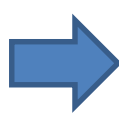
▲ 秤量粉的重量



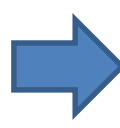
▲ 混和 PLA、粉



▲ 進烤箱



▲ 成品



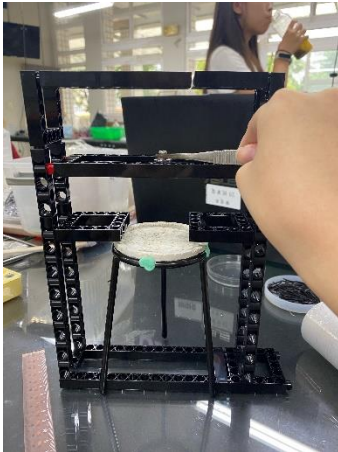
▲ 所有成品

※正式實驗

一、探討添加不同量的添加物，對於 PLA 耐衝擊的影響

(一)研究方法：每間隔兩公分，讓 20g 的砝碼量下墜砸到 PLA 上，觀察甚麼時候破裂

(二)操做步驟：先用積木搭個架子支撐手(避免放開砝碼的時候手的力度影響)接著用尺量高度，每間隔一公分砸一次，直至 PLA 破裂並紀錄結果(破裂的高度)



▲ 耐衝擊測試

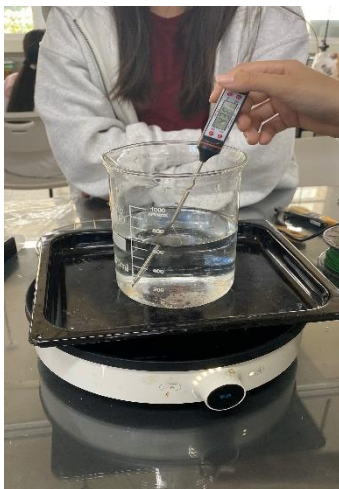


▲ 測試後破裂

二、探討添加不同量的添加物，對於PLA耐高溫的影響

(一) 研究方法：我們將烤好的PLA分別放入水中加熱，紀錄在多少溫度時會產生變化。

(二) 操作步驟：先將PLA放入水中，從40度開始觀察(因為文獻查到的資料顯示只能耐到50-60度)，每上升5度做一次紀錄。



▲ 水中加熱



◀ 完好無損



▲ 裂開的 PLA

三、探討添加不同量的添加物，對於PLA分解速度的影響。

- (一) 研究方法:我們先將 PLA 秤量其重量後埋入蚯蚓土(因為蚯蚓土含較多的微生物), 等待兩個星期後再挖出來秤量他們重量
- (二) 操做步驟:取一組分別秤量其重量紀錄後分開埋入蚯蚓土，每日澆 50cc 的水，待兩個禮拜後挖出再秤重紀錄，計算重量相差多少。



▲ 埋入土裡



▲ 從土裡挖出



▲ 挖出後晾乾

四、實驗分解過改良過的 PLA 土壤，對於植物生長有沒有影響。

- (一)研究方法:在分解過 PLA 的土上播種(小白菜、綠豆)，待發芽後測量其總重量、總長度、發芽率
- (二)操做步驟:將土中的PLA碎片確認清理乾淨後，把小白菜和綠豆播種。



▲ 播種(小白菜:20 顆，綠豆:10 顆)



▲ 發芽情形

五、實驗酸鹼對於PLA的腐蝕性

(一)研究方法:將混和好的PLA泡入白醋和蘇打水內，兩週後撈出秤中觀察

(二)操做步驟:先將PLA秤重，接著泡入白醋和小蘇打水中

撈出來後秤量重、紀錄並觀察外觀。算出被腐蝕的重量



▲ 泡完酸/鹼溶液後的 PLA

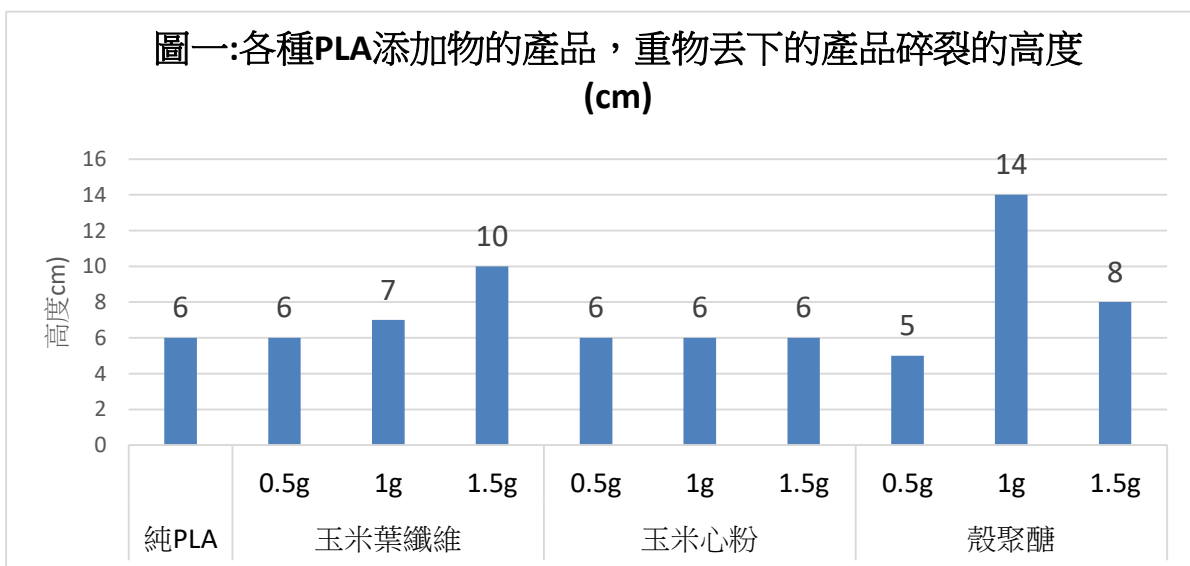
肆、研究結果與討論

一、探討添加不同量的添加物，對於 PLA 耐衝擊的影響

由於PLA不耐熱又分解速度慢，回收時造成誤丟塑膠垃圾的尷尬，因此我們想這麼好的東西，如果可以強化它的功能，是不是對地球環境幫助甚大，我們收集許多高纖的農廢料磨成粉來添加入純的PLA中，希望可以增加PLA的強度，結果如下表:

表一:各種PLA添加物的產品，耐衝擊力測試，表中為重物丟下的高度

耐衝擊														
	g	5cm	6cm	7cm	8cm	9cm	10cm	12cm	14cm	15cm	16cm	17cm	18cm	19cm
PLA	0		裂痕	碎裂										
玉米葉纖維	0.5		裂痕	碎裂										
	1			裂痕	碎裂									
	1.5						裂痕	裂縫			碎裂			
玉米芯粉	0.5		裂痕		碎裂									
	1		裂痕	碎裂										
	1.5		裂開											
殼聚糖	0.5	碎裂												
	1								裂痕	裂縫		裂縫加深	多處裂縫	碎裂
	1.5				裂痕	碎裂								



◎結果與討論：

- (一)玉米葉纖維添加物越多時，耐重效果最好，1.5克時，耐重力可達10公分；玉米心粉添加3種重量的和純PLA一樣，沒有達到改善的效果。殼聚醣在含量1.0g的時候可以耐衝擊到19公分，含量1.5g(8公分)還耐衝擊。
- (二)我們討論後認為殼聚醣最大的功效是增加PLA的硬度，加太少達不到它的效果，但加過多卻會使PLA太硬沒韌性，而反觀玉米纖維，玉米纖維最大的功效就是增加他的韌性和結構，所以在含量1.5g時的效果最好。

二、探討添加不同量的添加物，對於PLA耐高溫的影響

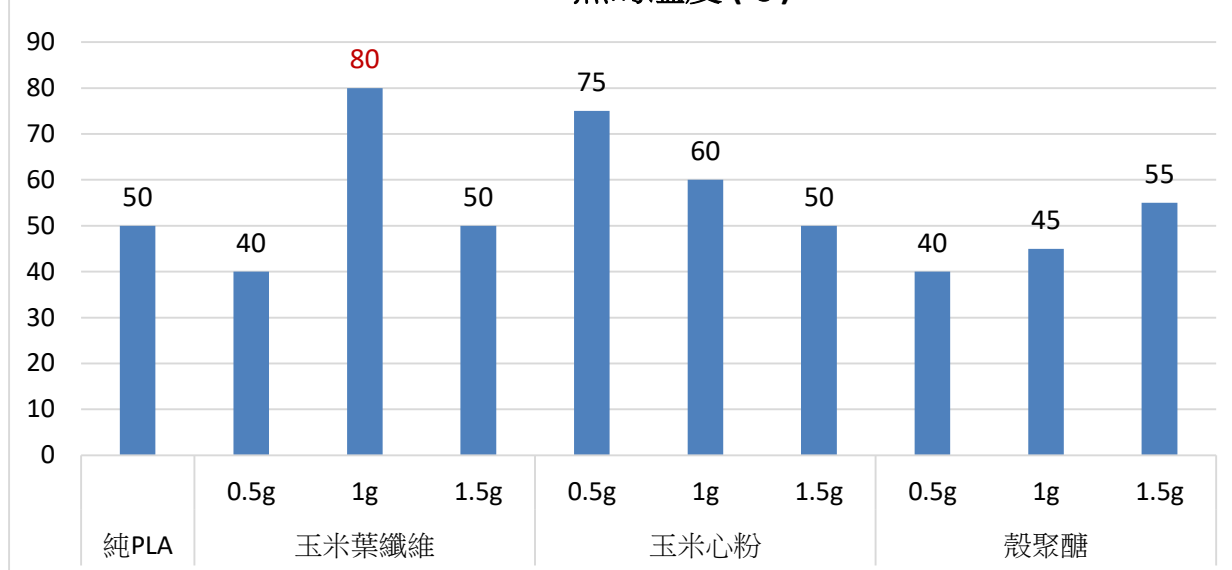
添加殼聚醣和與玉米葉纖維時，都可增加PLA的強度，是不是也可以幫助PLA耐高溫呢？

我們的結果如下：

表二: 各種PLA添加物的產品，耐高溫測試，出現裂痕為其耐熱的溫度

溫度變化的影響										
		40度	45度	50度	55度	60度	65度	70度	75度	80度
純PLA	0			出現裂痕		裂開				
玉米葉纖維	0.5	出現裂痕			多處裂痕			完全裂開		
	1									沒有裂開
	1.5			出現裂痕				完全裂開		
玉米心粉	0.5								出現裂痕	完全裂開
	1					出現裂痕			完全裂開	
	1.5			完全裂開						
殼聚醣	0.5	出現裂痕						完全裂開		
	1		出現裂痕							無完全裂開
	1.5				出現裂痕		完全裂開			

圖二:各種PLA添加物的產品，耐高溫測試，出現裂痕為其耐熱的溫度(℃)



◎結果與討論：

(一)實驗中我們發現三種添加物中比純 PLA 好的有 1 克的玉米葉纖維、玉米心粉 0.5 克和 1 克，1.5 克的殼聚醣。

(二)玉米心粉加越多效果越差，但整體來說，加玉米心最耐熱，但不要加太多。殼聚醣加越多效果越好，但整體來說，加殼聚醣效果是三種添加物最差的，只有加 1.5 克的比對照組好。

(二)我們討論後認為

①玉米心粉之所以無法承受到高溫是因為玉米心粉本收就較容易吸水，而水分在高溫加工時會導致 PLA 發生水解，反而讓材料變得耐熱更差，所以加越多效果越差。而 1.0g 和 1.5g 的量許是太多才造成在熱水中無法維持太久。

②如果把 PLA 當作膠水，而殼聚醣是填料。當「膠水」只有 40% 時，不足以完全包裹住 60% 的粉末。所以材料內部會產生大量的空隙。而過多的空隙會導致材料在受熱時結構迅速坍塌，這在熱變形測試中會表現得很差。

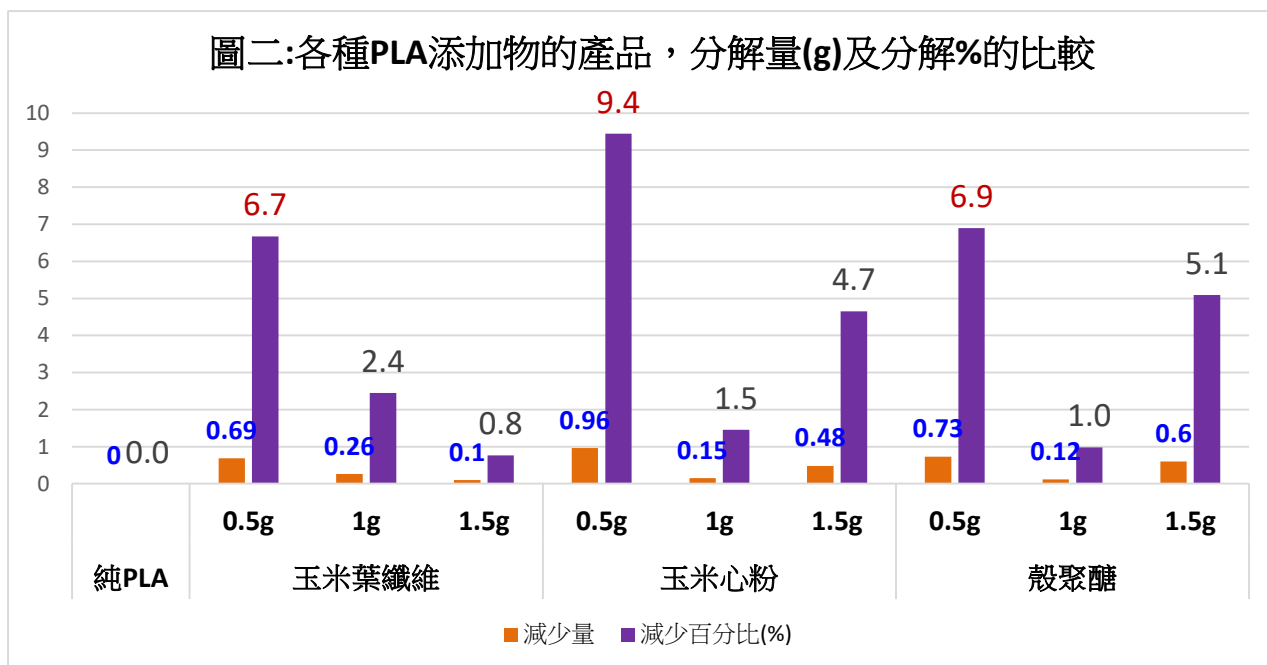
三、 探討添加不同量的添加物，對於PLA分解速度的影響。

PLA 的分解很慢，添加不同的農廢料會增加他的分解速度嗎?結果如下:

圖二:各種PLA添加物的產品，分解量(g)的比較

	g	Before(g)	after (g)	減少(g)	減少%
純 PLA	0	10.94	10.94	0	0.0
玉米葉纖維	0.5	10.34	9.65	0.69	6.7
	1	10.63	10.37	0.26	2.4
	1.5	13.03	12.93	0.1	0.8
玉米心粉	0.5	10.17	9.21	0.96	9.4
	1	10.3	10.15	0.15	1.5
	1.5	10.32	9.84	0.48	4.7
殼聚醣	0.5	10.59	9.86	0.73	6.9
	1	12.29	12.17	0.12	1.0
	1.5	11.78	11.18	0.6	5.1

圖二:各種PLA添加物的產品，分解量(g)及分解%的比較



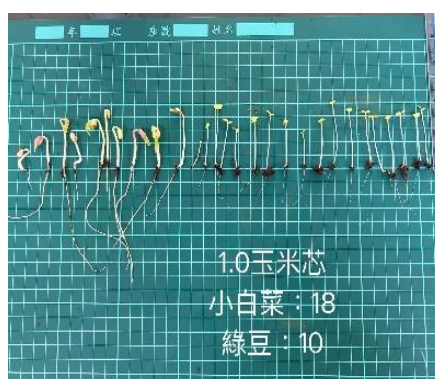
◎結果與討論：

- (一)由分解的實驗可以發現，純PLA完全都沒分解，其他三種有添加的皆有被腐蝕，故而知被我們改良過的PLA確實有加快分解的功效。而從數據中可以明顯看到，添加物再添加比例為20:1(0.5g)時，效果最為顯著。而比例為10:1(1g)和20:3(1.5g)時效果沒有預期的好，玉米心粉和殼聚醣都是添加1g最差，1.5g又變好，玉米葉纖維則是添加越多，分解速度越慢，推測過量的農廢填充反而會增加分解負荷，或因結構過於緊密而減緩降解進。
- (二)添加0.5g的分解速度是玉米葉纖維 (6.7%)>玉米心粉(9.4%)>殼聚醣(6.9%)
添加1g的分解速度是玉米心粉(2.4%)>玉米葉纖維 (1.5%)>殼聚醣 (1.0%)
添加1.5g的分解速度是殼聚醣 (5.1%)>玉米葉纖維 (4.7%)>玉米心粉(0.8%)
添加0.5g的分解速度最好的是玉米葉纖維， 添加1g的分解速度最好的是玉米心粉，添加1.5g的分解速度最好的是殼聚醣
- (三)我們原本設想的是加越多效果會越好，因為三種添加物都有吸水的特性。當他們和PLA混和時會因為容易吸水而快速分解，留下空隙，進而讓PLA分解得更快。但實驗後我們發現結果和我們剛開始的假設並不吻合，植物纖維不能加太多(玉米葉)，動物纖維則越多越好，這個有趣的結果背後的真相待後續的實驗來解謎。

四、實驗分解過改良過的 PLA 土壤，對於植物生長有沒有影響

埋過PLA的分解土壤會影響植物的生長和發芽嗎?我們用小白菜及綠豆來做實驗，結果如下:

右圖為純PLA發芽和生長情形，下圖橫排第1排為殼聚醣添加0.5g、1g、1.5g的生長情形；橫排第2排為玉米葉纖維添加0.5g、1g、1.5g的生長情形；橫排第3排為玉米心添加0.5g、1g、1.5g的生長情形。

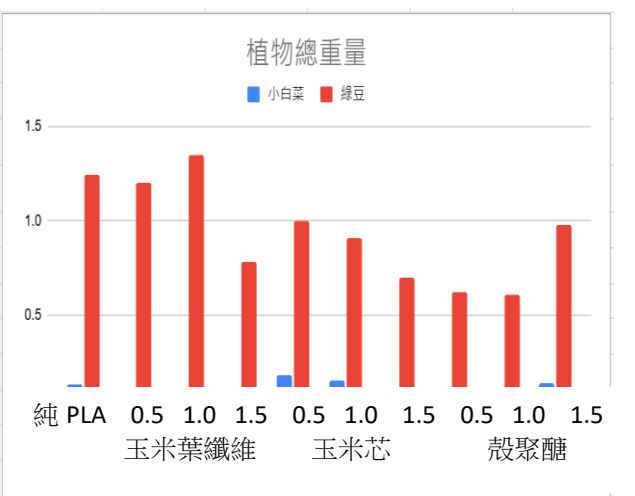
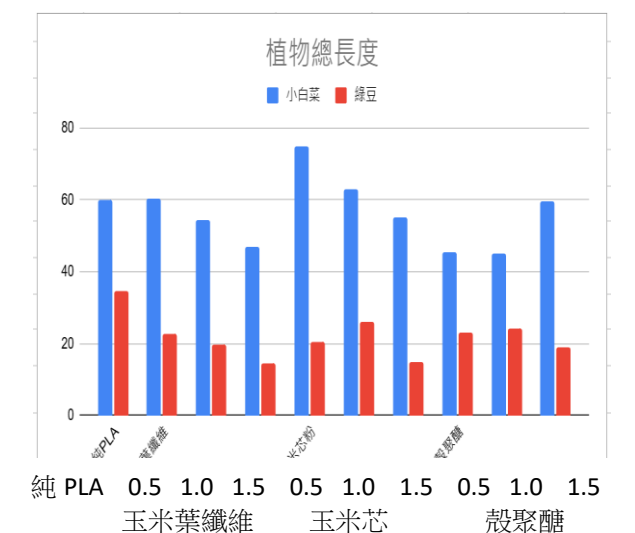
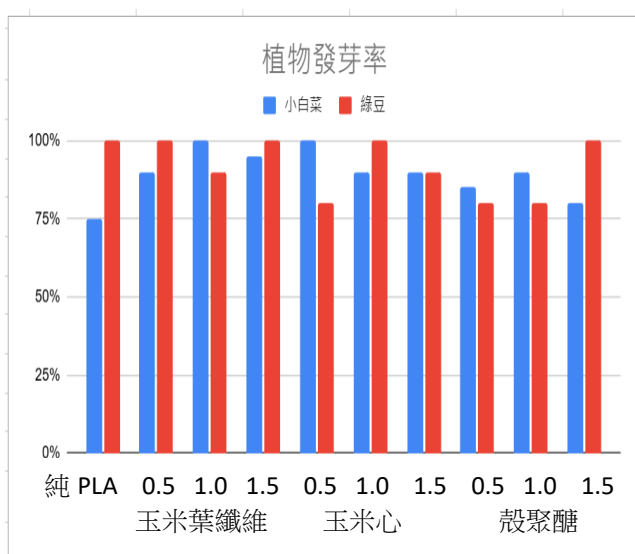


表四: 改良過的PLA土壤種植綠豆和小白菜的發芽率及重量、長度的比較

植物發芽率			
	g	小白菜	綠豆
純 PLA	0	75%	100%
玉米葉纖維	0.5	90%	100%
	1	100%	90%
	1.5	95%	100%
玉米心粉	0.5	100%	80%
	1	90%	100%
	1.5	90%	90%
殼聚醣	0.5	85%	80%
	1	90%	80%
	1.5	80%	100%

植物總長度			
		小白菜	綠豆
純 PLA	0	60	34.5
玉米葉纖維	0.5	60.5	22.5
	1	54.5	19.5
	1.5	47	14.5
玉米心粉	0.5	75	20.5
	1	63	26
	1.5	55	15
殼聚醣	0.5	45.5	23
	1	45.2	24
	1.5	59.5	19

植物總重量			
		小白菜	綠豆
純 PLA	0	0.13	1.24
玉米葉纖維	0.5	0.09	1.2
	1	0.1	1.35
	1.5	0	0.78
玉米心粉	0.5	0.18	1
	1	0.15	0.91
	1.5	0.04	0.7
殼聚醣	0.5	0.05	0.62
	1	0.07	0.61
	1.5	0.14	0.98



◎結果與討論：

- (一) 實驗證明分解過PLA的土壤還是可以讓植物發芽的，但是發芽的數量卻有差。有加三種添加物的PLA發芽率都比純PLA來的好，平均來說小白菜和綠豆都是玉米葉纖維>玉米心粉>殼聚醣，其中又以添加1克的發芽率最好，推測發芽率之所以會比純PLA好是因為三種添加物都是纖維，吸水性佳，有利種子的發芽。
- (二) 生長長度來說，添加物的土壤對小白菜而言只有玉米葉纖維0.5g、玉米心粉0.5g(最好)、1g比純PLA長的好，其他多數都比PLA不好。就綠豆而言，都比純PLA來的不好，只針對添加物，平均生長長度是殼聚醣最好。
- (三) 生長重量而言，小白菜只有玉米心粉0.5g(最好)、1g和殼聚醣1.5g比純PLA長的好，其他多數都比PLA不好。就綠豆而言，大都比純PLA來的不好，只有玉米葉纖維1g比較好。
- (四) 可能生長時間太短，看不出明顯的差異，若有時間，應該觀察1個月以上，結果會比較準確，不過動物纖維的殼聚醣好像添加較多的，生長狀況好一些，其他種植物纖維就沒有這種現象了。

五、實驗酸鹼對於PLA的腐蝕性

添加物會增加 PLA 對酸間的抗腐蝕性嗎?結果如下:

表五:添加物和 PLA 的耐酸測試

耐酸						
	g	Before(g)	After(g)	重量變化	是否被腐蝕	耐衝擊 50g
純 PLA	0	10.09	10.52	+0.43	無	22cm
玉米葉纖維	1.5	11.51	12.62	+1.11	有	6cm
玉米芯粉	1.5	12.22	12.62	+0.4	無	9cm
殼聚糖	1.5	11.15	11.72	+0.57	有	5cm

表六:添加物和 PLA 的耐鹼測試

耐鹼						
	g	before(g)	after(g)	重量變化	是否被腐蝕	耐衝擊 50g
純 PLA	0	11.6	11.63	+0.03	無	18cm
玉米葉纖維	1.5	11.77	11.59	-0.18	無	30cm
玉米心粉	1.5	11.48	11.63	+0.15	無	5cm
殼聚糖	1.5	11.51	11.57	+0.06	無	16cm

◎結果與討論：

- (一)在耐酸鹼的實驗裡，純PLA都沒被腐蝕且耐衝擊性幾乎都比有添加的好。除了泡過蘇打水的玉米葉纖維PLA，反觀其他有添加添加物的在酸鹼的實驗裡都有被腐蝕，其中以泡酸的玉米纖維和殼聚糖最為嚴重。而泡鹼的都沒被腐蝕，且數據出來鹼性的都比酸性還耐衝擊，添加玉米纖維最好。
- (二)我們參考文獻後討論後發現這三種添加物並沒有耐酸的功能，但卻都能耐鹼。而PLA本身就可以耐弱酸弱鹼，所以沒有影響，而添加玉米芯粉之所以會如此容易就碎裂，由第二個實驗得知玉米芯粉容易吸水而且加的量太多故而破壞了結構，使得他容易碎裂。

伍、結論

- 一、耐衝擊：添加1.0g 殼聚醣與 1.5g 玉米葉纖維對提升 PLA 的抗衝擊能力效果最為顯著。然而，過量添加農廢，可能導致 PLA 內部結構不穩定，反而降低韌性。
- 二、耐高溫：實驗顯示，添加 1.0g 殼聚醣與 1.0g 玉米葉纖維能最有效地提升材料的耐熱程度。
- 三、酸鹼測試耐酸性：純 PLA 與添加玉米心材料表現較佳；殼聚醣與玉米葉改性材料在酸性環境中結構受損嚴重。
耐鹼性：所有樣本均表現出良好的耐鹼性，浸泡後耐衝擊未見明顯衰減。
- 四、分解速率：實驗發現農廢添加量並非越多越好，0.5g的添加比例在分解速度上表現最佳。
- 五、植物發芽率：1.5g 玉米葉纖維降解後的土壤最利於植物發芽。
- 六、植物生長總高度：0.5g 玉米芯改性材料對植物生長高度有正向助益。
植物總重量：純 PLA 組之植物總重量最重，顯示農廢改性對植物生長的影響在不同指標上存在差異。過量的添加物或特定材質（如玉米葉纖維）可能造成生長抑制。
未來建議可進一步檢測土壤之 pH 值與微生物相變化，以釐清長度受限的具體原因。

陸、參考文獻資料

- 一、Greenpeace 綠色和平·2023 年 8 月起這些場所禁用 PLA！生物可分解塑膠無法有效減塑 <https://www.greenpeace.org/taiwan/update/35304/2023>
- 二、PanSci 泛科學·為什麼要禁用生物可分解塑膠？受法規與民眾影響的循環經濟難題——《科學月刊》
<https://chat.google.com/room/AAQAGiM1jug/UjLe5f2nVWY/UjLe5f2nVWY?cls=10>
- 三、協同生物·紅玉米芯和白玉米芯的區別
<https://chat.google.com/room/AAQAGiM1jug/XXIY1zCI17s/XXIY1zCI17s?cls=10>
- 四、化腐朽為神奇——源自蝦蟹殼之幾丁質類物質的功能與應用/蔡國珍國立臺灣海洋大學食品科學系 <https://fer.ntou.edu.tw/p/404>