

# 中華民國第 60 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

(鄉土)教材獎

082908

「翻轉番麥」探討玉米植株再利用－玉米密集板的製作

學校名稱：嘉義縣朴子市大同國民小學

作者： 小六 劉浩棠 小六 劉子維 小五 鄭閔遠 小五 沈弈丞	指導老師： 蘇靜芳 王玉貞
---	---------------------

關鍵詞：落球實驗、硬度、玉米密集板

## 摘要

本研究利用玉米植株打碎與黏膠攪拌後來製作環保玉米密集板，使用不同的黏膠劑、不同部位的玉米植株、不同粗細的莖，以及不同大小顆粒的材料製作，嘗試著找出最適合製作玉米密集板的條件，藉以探討其對玉米密集板「硬度」、「衝擊耐久度」、「韌度」、「防水性」、「荷重」的影響。由實驗結果可知「粗莖小顆粒白膠」配方硬度最大，防水性最佳，但在進行「衝擊耐久度」、「荷重」實驗中發現「粗莖大小顆粒混合白膠」的配方，效果最佳，且其硬度指標和防水性也很接近「粗莖小顆粒白膠」，建議延伸此研究，找出最好、最佳的黃金比例。此兩者配方的玉米密集板在切割性測試中均具有良好的切割性，適合用來製作環保置物櫃、隔熱墊、筆筒。

## 壹、研究動機

放假時，與同學們相約來阿嬤家的玉米田玩，剛好遇到玉米果實採收，我們發現果實採收完後，會將剩下的莖、葉及玉米穗…等部位丟棄在田裡，曬乾用火燒掉，讓我們感到浪費可惜。自然老師上課有講到植物屬於再生能源，而台灣能資源永續與低碳經濟學會蘇美惠秘書長也指出：「我國 2017 年生物性農業廢棄物共計 461 萬公噸，其中農產廢棄物，包含稻殼、稻稈、玉米稈、廢棄菇包一年約 214 萬公噸。」而這些廢棄物皆為具有價值再利用機會，是良好生質材料，因此我們絞盡腦汁的想了一想，終於想到了兩全其美的辦法，既能達到環境友善，也能讓生質材料再利用。我們決定用玉米植株來做這項實驗，將玉米的植株打碎做成玉米板，並深入探討玉米植株不同部位的構造，對玉米板硬度、衝擊耐久度、韌度、荷重及防水性的影響。利用農業廢棄物的玉米植株做成玉米密集板，再製作成環保置物櫃或環保文創藝術作品，讓農業廢棄物再利用，成為有價值的產物，更融入文創、環保、節能減碳元素，化腐朽為神奇！



東西向快速道路下阿嬤的玉米田

相關教材

五上自然第二單元 2-1 植物的構造與功能。

六上數學第五單元 5-2 圓面積。

六下自然第一單元 1-1 槓桿、1-2 滑輪與輪軸及 1-3 動力傳送。


六下自然第三單元珍愛家園 3-3.愛護環境。

## 貳、研究目的

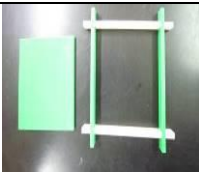























- 一、設計製作一套 3D 列印塑料模板來製作玉米密集板試片。
- 二、設計製作一組「2 號積木落球實驗硬度及衝擊耐久度測試器」。
- 三、設計製作一台「3 號積木落球實驗韌度測試器」。
- 四、設計製作一架「4 號積木吸水率測量支撐器」。
- 五、探討「不同黏膠劑」、「不同部位的玉米植株」、「不同粗細的莖」及「不同顆粒大小材料」對玉米密集板「硬度」的影響。
- 六、比較不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「衝擊耐久度」、「韌度」及「防水性」能力。
- 七、比較不同配方玉米密集板的「荷重」能力。
- 八、研發玉米密集板的用途：自製環保迷你置物櫃、環保藝術隔熱墊、筆筒。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備：

					
攪拌機	槓桿原理教具	粉碎機	果汁機	電子磅秤	水平尺
					
3D 列印機	切割工具	熱熔膠槍組	電鑽	電子游標尺	手機

### 二、器材：

					
3D 列印模板	玉米植株	白膠	太白粉	白飯	膠水
					
漿糊	保麗龍膠	燒杯裝 80°C 熱水	量筒	攪拌棒	刮刀
					
保鮮膜	小湯匙	500g 鐵球	方格紙	透明片	複寫紙
					
剪刀	篩子	手套	竹筷	6 公升寶特瓶	0.7mm 銅線

## 肆、研究過程與方法

本研究過程與方法如下圖 4-1 表示：

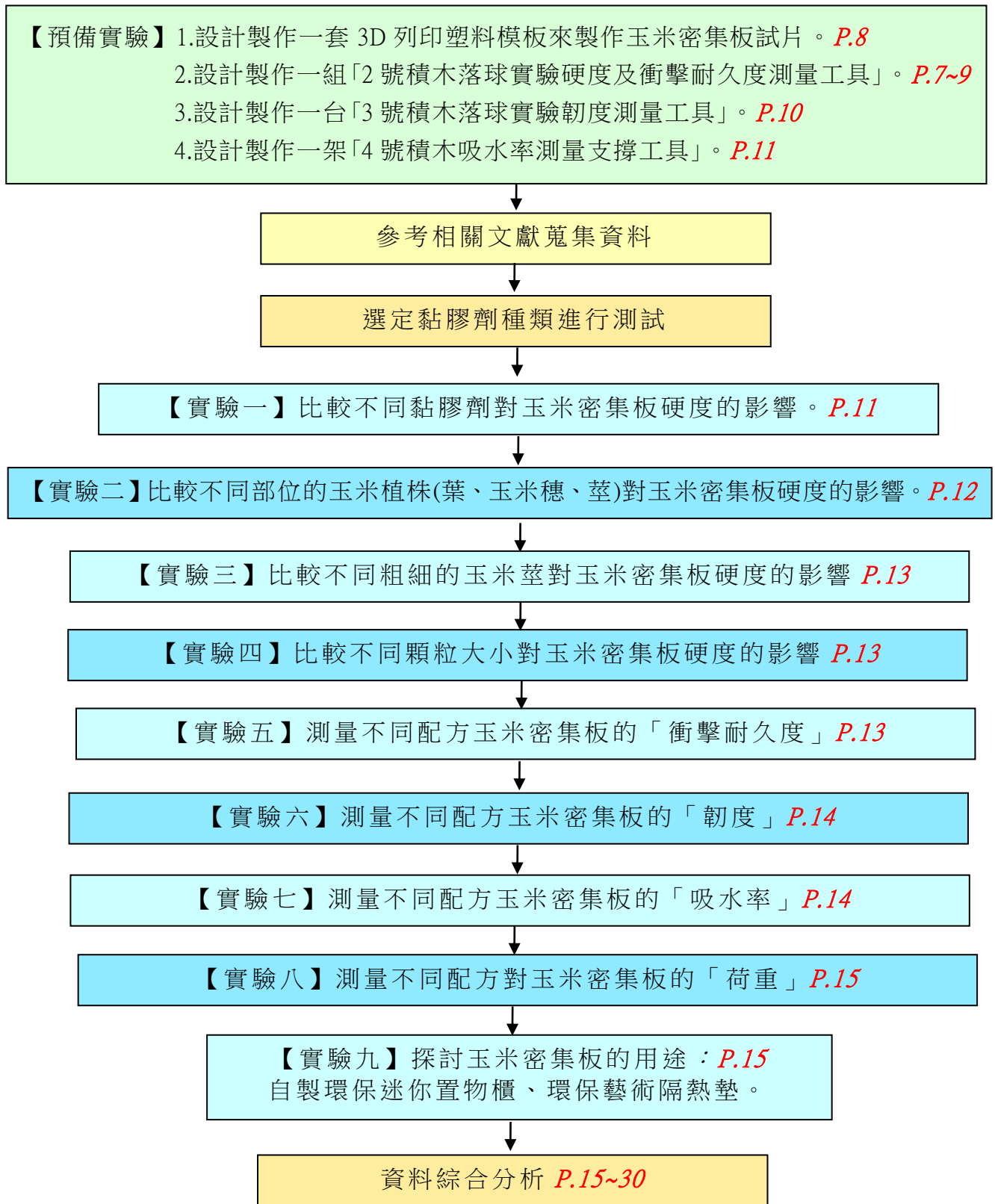


圖 4-1 研究流程圖

## 一、探討玉米植株再利用的相關文獻

(一)農業廢棄物包含農產廢棄物與農業資材廢棄物，玉米稈和玉米穗軸是屬於農產廢棄物這一類。這些農產廢棄物多半均可回收再利用，製成堆肥，再回歸到農田，如果隨意傾倒、丟棄、燃燒或處理不當則均會造成環境污染。近年來人們生活水準提高，加上環保意識的覺醒，因此對於大量劇增之垃圾廢棄物處理亦逐漸重視也開始謀求解決之道。穀類廢棄物包括稻草、稻殼及雜糧作物廢棄物如落花生藤蔓、落花生殼、玉米穗軸、甘藷藤及大豆藤蔓等，其用途有直接利用(如撒布於耕地防止壤沖刷並供給養分，或作為禽畜之粗飼料)，亦可經由化學藥劑，酵素及生化方法處理，將穀類中所含木質素、纖維素及半纖維素分離做進一步利用，或者是作為熱能利用(如直接燃燒等)，以節省殘留廢棄物之搬運費用。玉米植株是屬於雜糧作物廢棄物，包括玉米蒿、玉米穗軸及玉米筍鬚，目前除少部份供自家牲畜作為飼料外，大部份均遭棄置於田間翻入土壤中充作基肥。(資料引自**低碳永續家園資訊網**)。因此我們想到可以將玉米植株磨成粉後做成密集板，達到環境友善，生質材料再利用的目的。

(二)密集板 (Medium Density Fiber,常見縮寫 MDF)

密集板是將木材打碎成纖維木屑狀，再膠合而成的板材，質地細密；芯材的兩側表面，通常會貼美耐皿(Melamine，其優點：可雕刻、易塑形、經濟實惠、環保建材、表面平整適合烤漆雕花。密集板是木材敲成極細的粉末，加膠之後高溫壓製而成。密度均勻，成粉末狀，比重較重。密集板在製作的過程中，需要大量的膠合劑，所含游離甲醛的含量會較高，因此新買的密集板家具，會有一股刺鼻味，那就是甲醛的味道。(資料引自**各種板材介紹資訊網**)

## 二、【預備實驗】

### (一) 探討玉米粒片板製作方法

1.玉米植株處理方式：(圖 4-2-1)、(圖 4-2-2)、(圖 4-2-3)、(圖 4-2-4)。



圖 4-2-1



圖 4-2-2



圖 4-2-3



圖 4-2-4

## 2.各種黏膠材料比例測試結果:

- (1)取粗玉米莖 20g、白膠 60g 和熱水 30g 的膠合效果最好。
- (2)取粗玉米莖 20g、膠水 60g 和熱水 30g 的膠合效果最好。
- (3)取粗玉米莖 20g、糝糊 70g 和熱水 40g 的膠合效果最好。
- (4)取粗玉米莖 20g、白飯膠 80g 和熱水 30g 的膠合效果最好。
- (5)取粗玉米莖 20g、太白粉膠 100g 和熱水 50g 的膠合效果最好

## 3.模板測試:

- (1)我們一開始是用長方形的塑膠盒來當模板。
- (2)取兩個長方形塑膠盒，大小相同，一個當底板另一個當壓板，但我們發現，盒子上有卡榫，無法完全壓下，且盒底不平整，導致製作出來的玉米板表面不平整，效果不佳。
- (3)為了讓玉米板的外型更美觀，大小及厚度也較平均我們設計如下圖的模具。(圖 4-2-5)

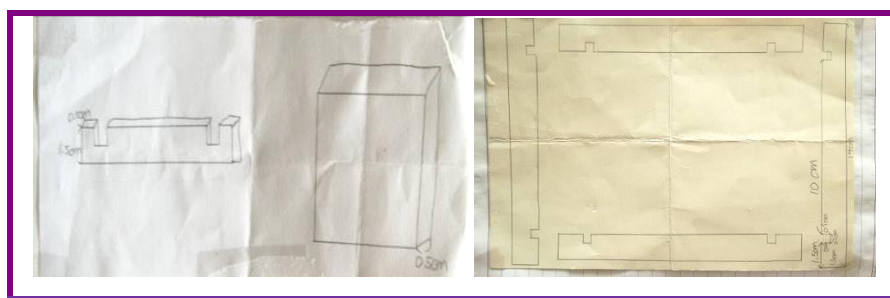


圖 4-2-5

- (4)請電腦老師幫我們用 3D 列印機列印出一個塑料模板，使其製成的玉米板試片能大小一致，邊長 10 cm，厚度固定 1 cm。

## (二)「2 號積木落球實驗硬度測試器」的研發及製作：

- 1.文獻：若球衝擊試驗機文章中提到將試片擺放在試驗機台下平台上，選用特定尺寸之鋼球自高處自由落下，使其打擊「試件之表面」觀察試片之表面凹陷或受損程度判定測試材料的硬度，並依試片狀況調整鋼球直徑和測試高度進行測試。

### 2.研發過程：

- (1)觀看測試硬度的落球實驗影片後，讓我們也想到利用「簡單機械教具組積木」作一個簡易的落球軌道，轉旁邊的齒輪，球就會從軌道滾下去。(圖 4-2-6)
- (2)但後來發現斜面其實不好算球落下時的能量轉換的衝擊力，所以便把軌道改為「自由落體」的落球架。(圖 4-2-7)
- (3)為了減少人為控球，所以設計一個板子將鐵球頂住然後抽出，讓其掉落。結果又發現了抽出的板子會讓球翻滾，(圖 4-2-8)
- (4)於是設計用筷子固定支撐板，將筷子抽離後，球便自動落下，這樣一來就能排除人為控球的問題了。(圖 4-2-9)



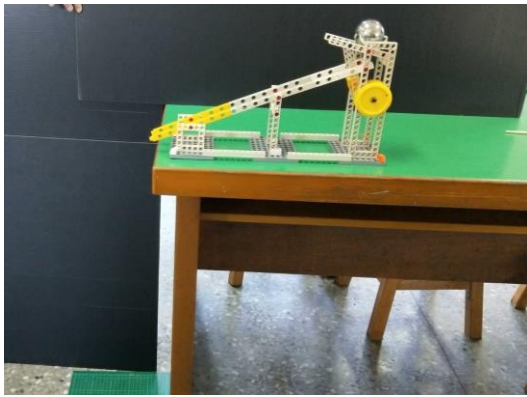


圖 4-2-6 「1 號積木 落球軌道架」



圖 4-2-7 「2 號積木落球實驗硬度測試器」

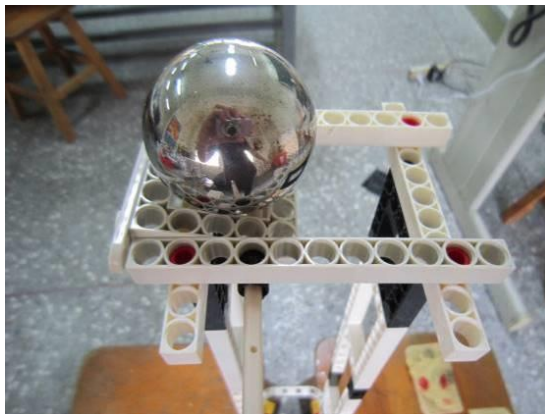


圖 4-2-8 改良前

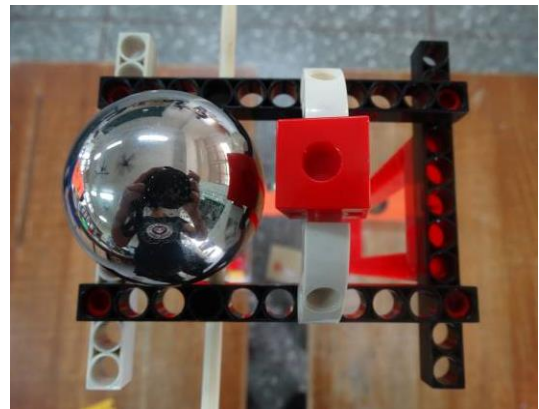


圖 4-2-9 改良後

- (5)接著決定落球高度，找兩張高度相同的書桌並排，中間留一道縫隙，用教具箱積木組合落球架，黏貼固定在書桌上，設計落球高度為 100cm，並用水平尺檢測書桌和落球架的水平性。
- (6)「2 號積木落球實驗硬度測試器」固定後，接著要判定球打中的落球壓痕，我們本來直接讓球打擊玉米板，但發現玉米板上的壓痕並不清楚，改用鉛筆拓印，也不易分辨凹陷面積，於是我們利用了印泥抹在球上，讓球擊落木板時將印泥印在玉米板上，顯示壓痕範圍，但因為印泥塗色不均勻，我們改用把複寫紙放在玉米板上，當球順利落下時，複寫紙的墨色即可印在玉米板上，測試結果效果佳。（圖 4-2-10）



圖 4-2-10

### 3.要如何判定硬度大小

將複寫紙蓋在玉米板上，當球落下時，複寫紙墨色的壓痕會清楚的印在玉米板上，其壓痕越大代表硬度越小。

### 4.計算被球打中的面積

- (1)我們原本使用圓面積公式去計算壓痕的面積，但是因為不容易找到圓心真正的位置，這樣一來會使誤差更大，於是我們想到六年級上學期數學 5-2 單元圓面積教過的內容，利用方格計算不規則物體面積，這個方法可以讓我們較準確計算出落球壓痕面積。
- (2)先把自製的透明方格紙每一小格面積為  $0.01\text{cm}^2$  放在被打過的玉米板上，然後把不完整及完整的格子找出來，將（不完整格子數量  $\div 2$ ）+ 完整格子數目的數目 = 被鐵球打中的面積。
- (3)把透明方格紙放在落球壓痕上，再用相機拍照，用電腦將照片放大進行面積判讀以減少計算誤差。（圖 4-2-11）：



圖 4-2-11

### 5.「2 號積木落球實驗硬度測試器」的可信度評估：

- (1)利用水平尺測量「2 號積木落球實驗硬度測試器」的穩定性。(圖 4-2-12)



圖 4-2-12

- (2)在地板上劃記鐵球落下的位置。
- (3)將紙黏在地板的記號上，蓋上複寫紙，讓 500g 鐵球掉落擊中複寫紙，記錄三次硬度測試。
- (4)將切割墊放在地板的記號上，再把紙黏在切割墊上，並蓋上複寫紙，讓鐵球掉落擊中複寫紙，記錄三次硬度測試。
- (5)分析落球壓痕面積的一致性。

### (三) 「3 號積木落球實驗韌度測試器」的研發及製作：

1.文獻：在材料科學上，韌性是指當承受應力時對折斷的抵抗，其定義為材料在破裂前所能吸收的能量與體積的比值，來代表試片的韌度。用具有一定質量和直徑的鋼球，使其從固定高度自由落下到試樣表面，測量鐵球彈起的高度，計算鐵球彈起高度與下落高度比值的百分率。表示回彈高度越低，試片韌度越大。(曲全利，張鵬順，1999)

2.研發過程(圖 4-2-13)：

(1)改良自 2 號落球架構想，在底部多加裝兩塊面板，並用螺絲固定在厚木板上，以增加穩定性。

(2)為了方便觀察鐵球回彈高度的判讀，利用一個透明塑膠管，讓球通過，並將布尺黏貼在塑膠管上，用來測量回彈高度。

(3)再把 2 號用竹筷抽離的設計改成用齒輪控制，並設計一個按壓器，用手按壓一下就能使鐵球落下，讓球落下時的位置更精準，提高可信度及穩定性。

(4)除了達到實驗目的及實用性，更結合藝術與現代美感，讓 3 號機更酷炫。

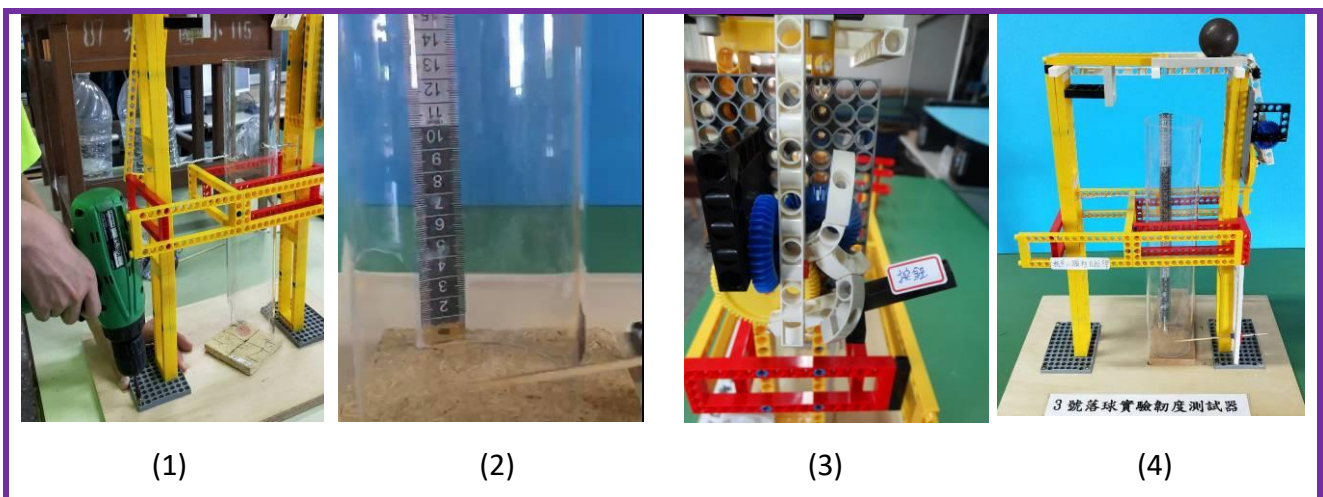


圖 4-2-13

3.要如何判定韌度大小

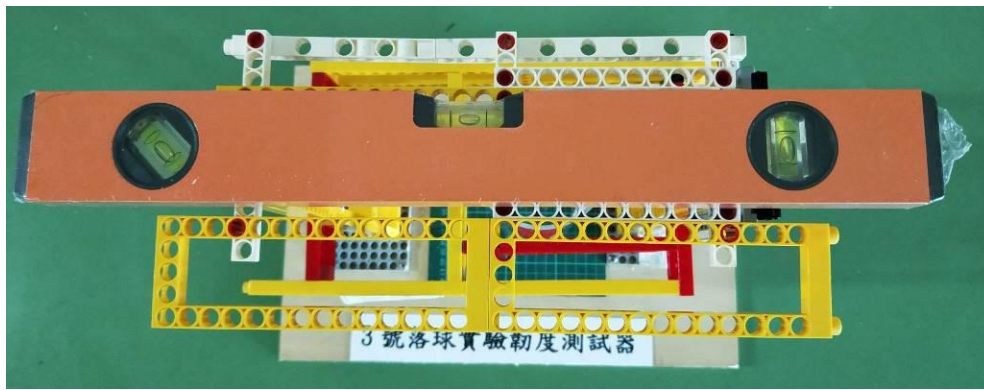
當鐵球落下打中玉米板時，木板可以吸收能量越多越像軟墊，木板的韌度便提高，因此回彈高度越低表是韌度越大。

4.要如何判定回彈高度

因為球落下的速度很快，在沒有高速攝影設備的情況下，我們想到利用手機慢動作攝影功能來錄攝球落下過程，在電腦安裝威力導演軟體，使用其慢速撥放功能找出落球回彈的最高點，並用布尺判讀回彈數據。

5.「3 號積木落球實驗韌度測試器」可信度評估：

(1)我們利用水平尺測量「3 號積木落球實驗韌度測試器」的穩定性。



(2)測量「木板底座」和「木板底座+切割墊」的回彈高度，用 500g 鐵球垂直落下，擊中目標後，記錄三次韌度測試。

(3)分析落球回彈高度的一致性。

**(四)「4 號積木吸水率測量支撐器」的製作：**

- 1.進行玉米密集板吸水率測試時，遇到了一個困難，玉米板密度小，會浮出水面無法完全沒入水中，我們想到用手拿竹筷壓住木板，但會有人為施力不均的問題。(圖 4-2-14)
- 2.為了排除人為施力不均的問題，我們想到了可以用「簡單機械教具組積木」製作一個竹筷的支撐架，可讓每一試片受力均勻，實驗更準確。(圖 4-2-15)



圖 4-2-14

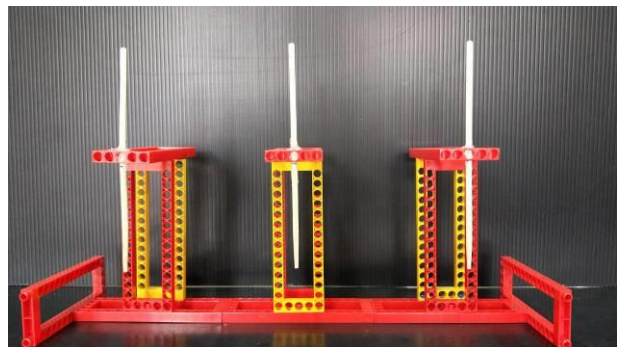


圖 4-2-15

**三、【實驗一】探討「不同黏膠劑」對玉米密集板硬度的影響。**

- (一)取粗莖，小顆粒做黏膠測試，目的在決定本研究欲使用的「黏膠種類」。
- (二)選擇營養午餐剩下的白飯，放入電鍋繼續熬煮一小時，再放入果汁機打碎做成白飯膠。
- (三)將太白粉加水後加熱煮呈半透明黏稠狀。



圖 4-3-1

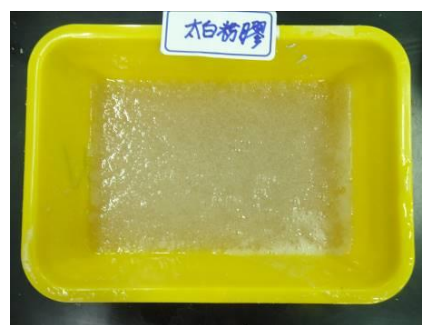


圖 4-3-2

(四)另外購買平常美勞課常用的白膠，膠水，糝糊。

(五)黏膠和玉米粉比例

- 1.取粗莖玉米粉 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 2.取粗莖玉米粉 20g、膠水 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 3.取粗莖玉米粉 20g、糝糊 70g 和熱水 40g，放入攪拌鍋攪拌。
- 4.取粗莖玉米粉 20g、白飯膠 80g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 5.取粗莖玉米粉 20g、太白粉膠 100g 和熱水 50g，放入攪拌鍋攪拌。

#### 四、【實驗二】探討「玉米植株的不同部位」對玉米密集板硬度的影響。

(一)目的在決定本研究欲使用的「玉米植株部位」。

(二)在預備實驗中，我們發現了在玉米植株中葉、莖、玉米穗均可利用，因此我們想知道哪一個部位做出來的硬度最好，以下是我們的處理後的玉米材料：



圖 4-4-1

(五)黏膠和玉米材料比例

- 1.取葉子大顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 2.取葉子小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 3.取粗莖大顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 4.取粗莖小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 5.取玉米穗大顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 6.取玉米穗小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。

#### 五、【實驗三】：探討「不同粗細的莖」對玉米密集板硬度的影響。

(一)目的在決定本研究欲使用的玉米莖部位。

(二)在預備實驗中，我們發現了在玉米植株的莖可分為粗莖、中莖、細莖三個部位，其纖維的強韌性不同，因此我們想知道哪一個部位做出來的硬度最好，以下是我們分類莖粗細的方法及處理後的玉米材料：

1. 判定莖的粗、中、細會因為人的視覺主觀因素容易造成誤差，因此進行判定時是由我們組員四位同學，和兩位指導老師，一起判定達一個共同標準，並隨機取粗莖、中莖、細

莖 10 個樣本後，再用游標尺量其橫切面直徑，求得平均值，直徑大於 23mm 為粗莖，10mm~23mm 為中莖、小於 10mm 為細莖。(圖 4-5-1)

2.用打碎機將不同粗細的莖打碎後過篩，取小顆粒來製作玉米板(圖 4-5-2)，



圖 4-5-1



圖 4-5-2

(三)黏膠和玉米材料比例

- 1.取粗莖小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 2.取中莖小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 3.取細莖小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。

六、【實驗四】：探討「不同顆粒大小」對玉米密集板硬度的影響。

(一)目的在決定本研究欲使用的玉米莖「顆粒大小」。

(二)在預備實驗中，我們發現了在玉米粗莖打碎後顆粒大小不同，因此用篩子過篩後分為大顆粒和小顆粒，因此我們想知道顆粒大小會不會影響玉米板的硬度，故設計小顆粒、大顆粒和大小顆混合三組來做測試。

(三)黏膠和玉米材料比例

- 1.取粗莖小顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 2.取中莖大顆粒 20g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。
- 3.取細莖小顆粒 10g、大顆粒 10g、白膠 60g 和熱水 30g，放入攪拌鍋攪拌。

七、【實驗五】測試不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「衝擊耐久度」。

(一)將【實驗一】、【實驗二】、【實驗三】、【實驗四】製作的不同配方玉米密集板用「2 號積木落球實驗硬度測試器」測試玉米板的衝擊耐久度，持續用鐵球打玉米板，直到玉米板出現裂痕，並記錄撞擊落球數，以「撞擊落球數」代表「衝擊耐久度」。

(二)判定玉米板出現裂痕會因為人的視覺主觀因素容易造成誤差，因此進行判定時是由我們組員四位同學，和兩位指導老師，一起判定達一個共同標準。(圖 4-7-1)

(三)將「落球壓痕面積」與「撞擊落球數」的數據分析比較其相關性。

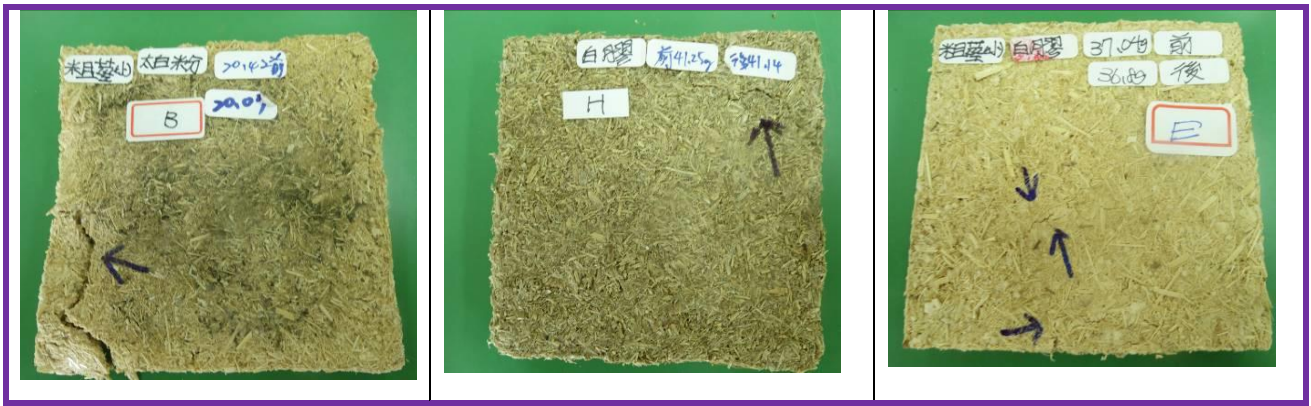


圖 4-7-1

#### 八、【實驗六】測試不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「韌度」。

- (一)固定試片大小：將不同配方玉米密集板及市售玉米密集板裁切成相同大小的試片，長 10 公分，寬 10 公分厚 1 公分。（圖 4-10-1）
- (二)將不同配方玉米密集板用「3 號積木落球實驗韌度測試器」測試玉米板的韌度，先將玉米板放在透明管下方，使用手機慢動作錄影功能來拍攝鐵球擊打玉米板時的回彈情形，再用電腦威力導演內建影片慢速撥放功能找出落球回彈的最高點，判讀「回彈高度」。
- (三)回彈高度越低表是「韌度」越大。
- (四)將「落球壓痕面積」與「回彈高度」的數據分析比較其相關性。

#### 九、【實驗七】測試不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「吸水率」。

- (一)固定試片大小：將不同配方玉米密集板及市售玉米密集板裁切成相同大小的試片，長 10 公分，寬 3 公分，厚 1 公分。（圖 4-10-1）
- (二)測量試片泡水前的重量並記錄。（圖 4-9-1）
- (三)準備相同容量燒杯三個，先將玉米板試片放入燒杯中，再用「4 號積木吸水率測量支撐器」支撐筷子位置，壓住玉米板試片。（圖 4-9-2）
- (四)在燒杯中倒入 500 毫升水，試片需完全沒入水中，計時 3 分鐘。
- (五)3 分鐘後將試片從水中取出，測量試片泡水後的重量並記錄。
- (六)計算不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的吸水率。吸水率越低表示越不會影響試原本性能。



圖 4-9-1

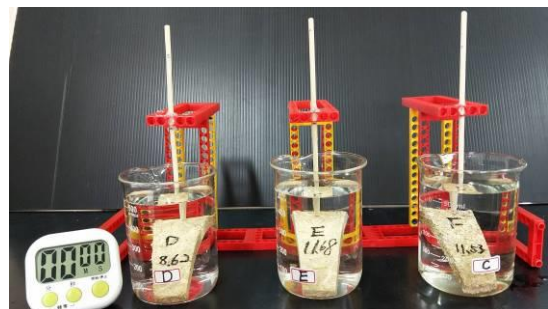


圖 4-9-2

## 十、【實驗八】測試不同配方玉米密集板的「荷重」。

- (一)固定試片大小：將不同配方玉米密集板裁切成相同大小的試片，長 10 公分，寬 3 公分厚 1 公分。
- (二)固定受力面積：使用銅線作吊掛 6 公升容量的寶特瓶，銅線與試片接觸的地方即為受力點。(圖)
- (三)預試每一種配方的荷重能力範圍，結果發現除了膠水和糝糊配方，其他配方的試片成支撐 1 公斤水量 10 分鐘以上。
- (四)我們決定從 1 公斤水重開始測量，慢慢加水，每次加 100 克水。計時 1 分鐘後試片未斷裂則再繼續加水，直到試片斷裂。以試片「斷掉」為判斷標準，折彎不算，並記錄最後水重量，代表其荷重能力。



圖 4-10-1



圖 4-10-2



圖 4-10-3



圖 4-10-4

## 十一、【實驗九】：研發玉米密集板的用途：自製迷你置物櫃和防水藝術隔熱墊。

- (一)迷你置物櫃：將玉米板組裝好並用大頭釘固定，噴防水漆後再用木工用的貼皮修飾玉米板表面。
- (二)防水藝術隔熱墊：用防水噴漆處理後，再用蝶谷巴特的拼貼材料製成藝術隔熱墊。

### 伍、研究結果與討論

茲將本研究實驗過程中研究結果與數據，繪成圖表以進行分析與討論。

#### 一、設計一個 3D 列印塑料模板來製作玉米密集板試片

歷經多次的改良，終於完成了 3D 列印塑料模板（如圖 5-1-1）在四根塑料隔板左右各設計一個卡榫凹槽，精準的結構設計，使我們製作的玉米板厚度及大小規格更一致，使後續在探討「不同黏膠劑」、「玉米植株的不同部位」、「不同粗細的莖」、「不同顆粒大小」的玉米板硬度測試的實驗數據更準確。



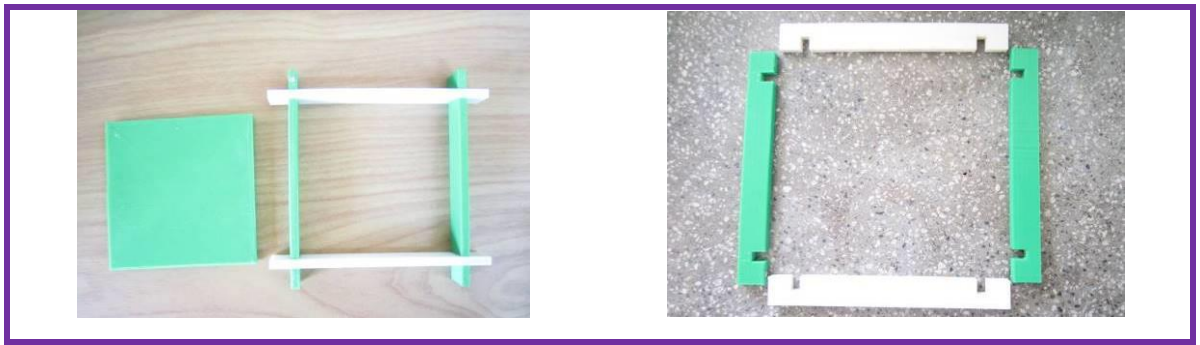


圖 5-1-1

## 二、設計一組「2 號積木落球實驗硬度及衝擊耐久度測試器」

(一)歷經多次的改良，也終於完成了「2 號積木落球實驗硬度測試器」（如圖 5-2-1），最後決定用「簡單機械教具組積木」（如圖 5-2-3）來調整落球高度，設計高度為 100cm，並用筷子固定支撐板（如圖 5-2-2），將竹筷抽離後，球便自動落下，這樣一來就能排除人為控球的問題了，讓實驗數據更準確。



圖 5-2-1

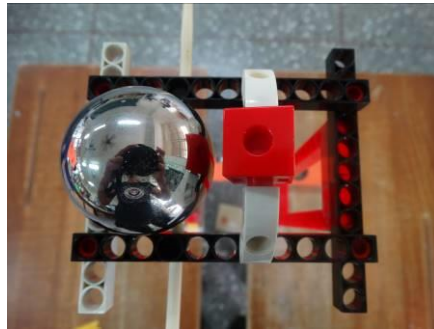


圖 5-2-2

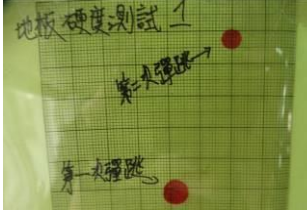
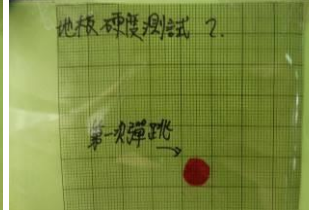
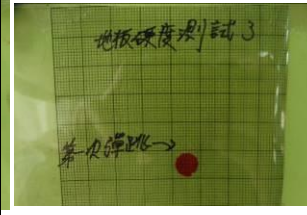
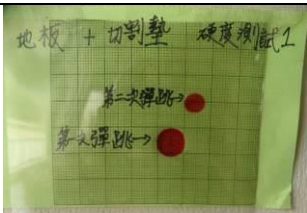
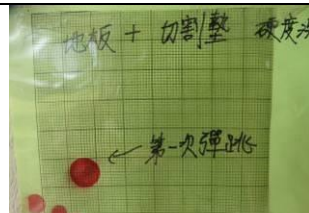
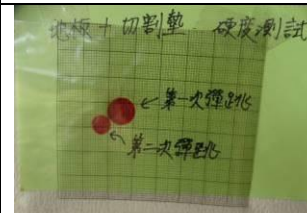


圖 5-2-3

(二)「2 號積木落球實驗硬度測試器」可信度評估結果如表一：

我們發現三次地板硬度測試結果落球壓痕面積分別為  $0.51\text{cm}^2$ 、 $0.52\text{cm}^2$  及  $0.58\text{cm}^2$ ，三次地板+切割墊硬度測試分別為， $0.95\text{cm}^2$ 、 $0.92\text{cm}^2$  及  $0.94\text{cm}^2$ ，代表我們的「2 號積木落球實驗硬度測試器」穩定性及可信度良好。

表一「2 號積木落球實驗硬度測試器」可信度評估表

「地板」硬度測試			
落球壓痕面積	$0.51\text{cm}^2$	$0.52\text{cm}^2$	$0.58\text{cm}^2$
「地板+切割墊」硬度測試			
落球壓痕面積	$0.95\text{cm}^2$	$0.92\text{cm}^2$	$0.94\text{cm}^2$

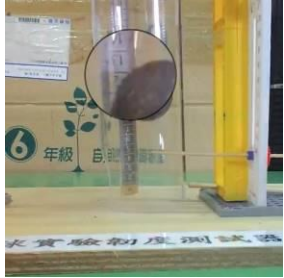
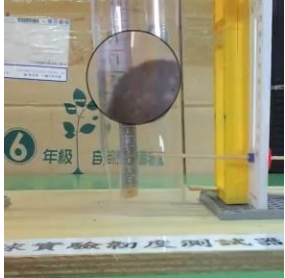
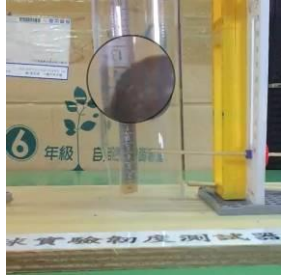
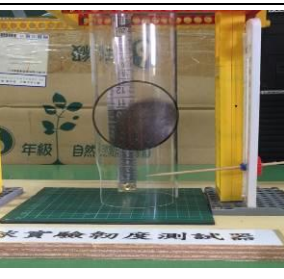

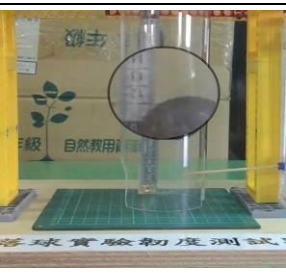
### 三、設計一台「3 號積木落球實驗韌度測試器」

(一)以 2 號積木為基礎，改良製作出「3 號積木落球實驗韌度測試器」，用「簡單機械教具組積木」加裝齒輪控制落球，並設計一個按壓器，用手按壓一下就能使鐵球落下，使球落下時的位置更精準，提高可信度及穩定性，讓實驗數據更準確。

(二)「3 號積木落球實驗韌度測試器」可信度評估結果如表二：

三次「木板底座」韌度測試結果落球回彈高度分別 12.5 cm、12.3 cm 及 12.6 cm，三次「木板底座 +切割墊」回彈高度測試分別為 10.9 cm、11.1 cm、11.4 cm 代表我們的「3 號積木落球實驗韌度測試器」穩定性及可信度良好。

表二、「3 號積木落球實驗韌度測試器」評估表

「木板底座」 韌度測試			
回彈高度	12.5 cm	12.3 cm	12.6 cm
「木板底座+切割墊」 韌度測試			
回彈高度	10.9cm	11.1 cm	11.4 cm

### 四、設計製作一架「4 號積木吸水率測量支撐器」

(一)「4 號積木吸水率測量支撐器」排除人為施力不均的問題

(二)用「簡單機械教具組積木」製作一個竹筷的支撐架，可讓每一試片受力均勻，實驗更準確。(圖 5-4-1、圖 5-4-1)



圖 5-4-1

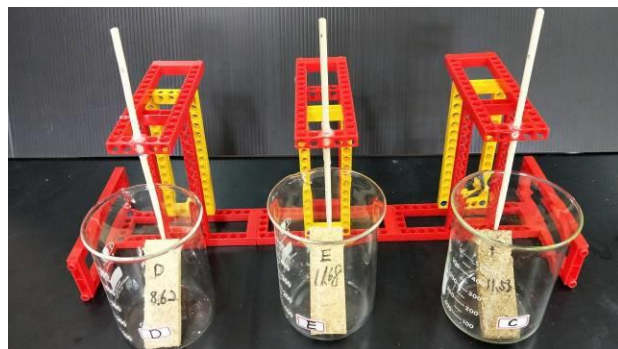


圖 5-4-1

五、探討「不同黏膠劑」、「不同部位的玉米植株」、「不同粗細的莖」及「不同顆粒大小材料」對玉米密集板硬度的影響。

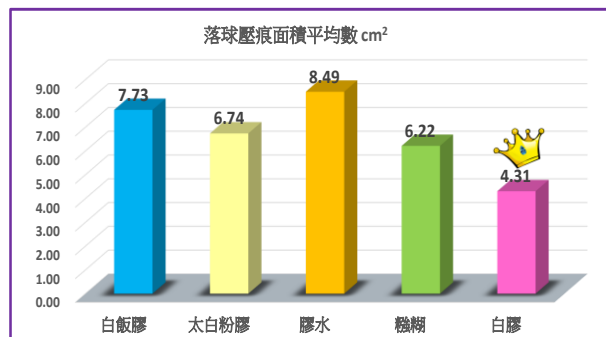
(一) 探討「不同黏膠劑」對玉米密集板硬度影響

1. 實驗記錄

表三「不同黏膠劑」其玉米密集板硬度比較表

黏膠試片	白飯膠	太白粉膠	膠水	糝糊	白膠
1	7.79	6.82	8.44	6.21	4.33
2	7.52	6.74	8.72	5.97	4.39
3	7.88	6.66	8.32	6.47	4.21
平均	7.73	6.74	8.49	6.22	4.31

落球壓痕面積單位：cm<sup>2</sup>



2. 實驗結果

從表三實驗結果可發現各種黏膠製成的玉米板落球壓痕面積依序為白膠4.31cm<sup>2</sup><糝糊6.22 cm<sup>2</sup><太白粉膠6.74 cm<sup>2</sup><白飯膠7.73 cm<sup>2</sup><膠水8.49 cm<sup>2</sup>，即表示**白膠**的硬度最大，故選擇**白膠**為做為膠合的黏著劑來進行【實驗二】。

3. 實驗討論：

白膠是以水為分散介質進行乳液聚合而得，是一種水性環保膠可能是因為白膠具有良好的成模性、黏結強度高、固化速度有較其他膠來的快，因此成為本研究最適合的黏膠劑。

(二) 探討「玉米植株的不同部位」對玉米密集板硬度的影響。

1. 實驗記錄

表四、不同部位其玉米植株密集板硬度比較表

部位 試片	葉		稻穗		粗莖	
	小顆粒	大顆粒	小顆粒	大顆粒	小顆粒	大顆粒
1	4.41	6.42	4.52	8.86	4.33	4.82
2	4.27	6.25	4.83	8.81	4.39	5.33
3	4.32	6.36	4.60	8.75	4.21	4.91
平均	4.33	6.34	4.65	8.81	4.31	5.02

落球壓痕面積單位：cm<sup>2</sup>



2. 實驗結果

(1)從表四實驗結果可發現各種玉米植株部位製成的玉米板「小顆粒」落球壓痕面積依序為粗莖 4.31 cm<sup>2</sup><葉 4.33 cm<sup>2</sup><稻穗 4.65 cm<sup>2</sup>，即表示**粗莖**的硬度最大。

(2)從表四實驗結果可發現各種玉米植株部位製成的玉米板「大顆粒」落球壓痕面積依序為莖 5.02cm<sup>2</sup><葉 6.34 cm<sup>2</sup><稻穗 8.81 cm<sup>2</sup>，即表示**粗莖**的硬度最大。

(3)由實驗結果(1)、(2)可知無論小顆粒或大顆粒，利用粗莖製成的玉米板硬度均最大，故選擇**莖**為做為主要材料來進行【實驗三】。

### 3.實驗討論

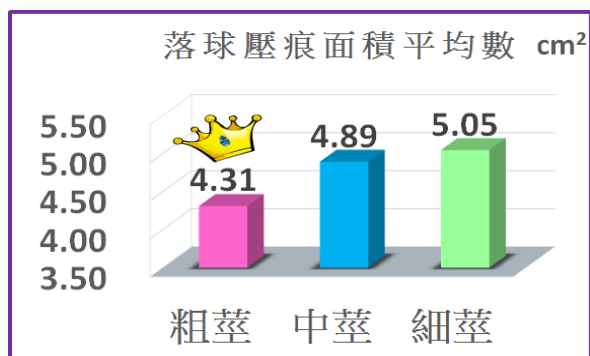
由結果可知玉米植株最適合做玉米板的部位是莖，各個部位在顆粒大小比較方面，則以小顆粒的處理方式製成的玉米板硬度最大，推論可能是小顆粒與黏膠的接觸面積較大，膠合過程中比較緊密紮實。

### (三)、探討「不同粗細的莖」對玉米密集板硬度的影響

#### 1.實驗記錄

表五「不同粗細的莖」其玉米密集板硬度比較表

粗細 試片	粗莖	中莖	細莖
1	4.33	4.77	5.04
2	4.39	4.98	4.99
3	4.21	4.93	5.11
平均	4.31	4.89	5.05



落球壓痕面積單位: cm<sup>2</sup>

#### 2.實驗結果

從表五實驗結果可發現「粗細不同的莖」製成的玉米板落球壓痕面積依序為粗莖4.31 cm<sup>2</sup> < 中莖4.89 cm<sup>2</sup> < 細莖5.05 cm<sup>2</sup>，即表示**粗莖**的硬度最大。故選擇粗莖來進行【實驗四】。

#### 3.實驗討論

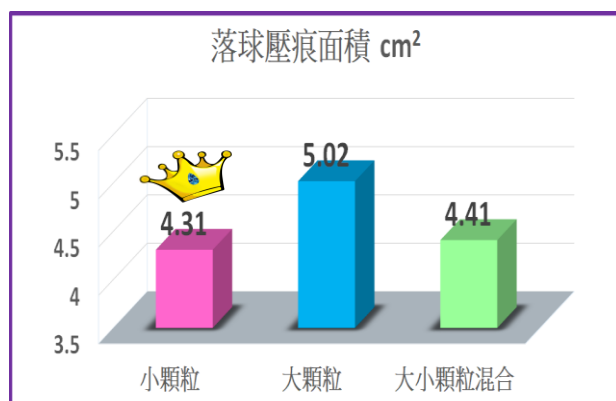
由實驗結果可知玉米莖最適合做玉米板的部位是粗莖，硬度最大，由表三的數據發現中莖和粗莖的硬度差不多，推測可能是因為中莖和粗莖纖維較粗、較強韌所致，因此在利用玉米莖製作玉米板時，粗莖和中莖都是適合的材料，細莖的硬度較差，且在整顆植株中約只占 1/10，故建議可將前段的細莖剪除掉不用。

### (四)探討「不同顆粒大小」對玉米密集板硬度的影響。

#### 1.實驗記錄

表六「不同顆粒大小」其玉米密集板硬度比較表

顆粒 試片	小顆粒	大顆粒	大小顆粒 混合
1	4.33	4.82	4.28
2	4.39	5.33	4.59
3	4.21	4.91	4.36
平均	4.31	5.02	4.41



落球壓痕面積單位: cm<sup>2</sup>

## 2.實驗結果

從表六實驗結果可發現「不同顆粒大小」製成的玉米板落球壓痕面積依序為小顆粒  $4.31 \text{ cm}^2 < \text{大小顆粒混合 } 4.41 \text{ cm}^2 < \text{大顆粒 } 5.02 \text{ cm}^2$ ，即表示**小顆粒**的硬度最大。故選擇**小顆粒**材料來進行【實驗六】。

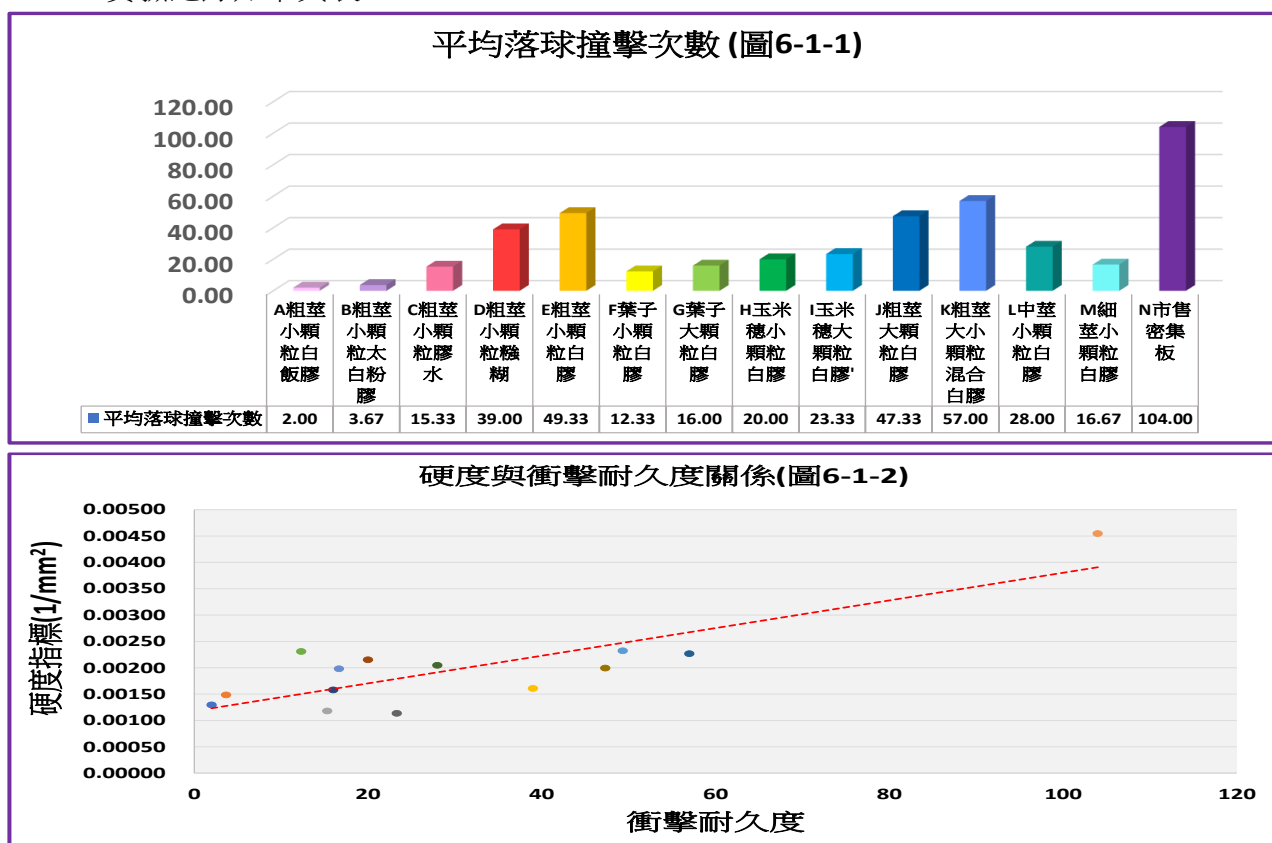
## 3.實驗討論

在【實驗二】的研究結果，我們得知小顆粒做成的玉米板硬度均較高，因此在【實驗四】加入大小顆粒混合的實驗變因，由實驗結果我們發現「大顆粒」的硬度最低，推測可能在攪拌的時候不易攪拌均勻，造成膠合能力降低，而且我們也觀察到乾燥後的粗莖大顆粒玉米板容易有碎片掉落，再加上大顆粒之間的空隙太大，會影響白膠的固化成模。

六、比較不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「衝擊耐久度」、「韌度」及「吸水率」。

### (一)探討不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「衝擊耐久度」

1.實驗記錄如下頁表七



## 2.實驗結果

(1) 由圖 6-1-1 可知密集板所能承受的落球撞擊次數依序為 **N 市售密集板** > **K 粗莖大小顆粒混合白膠** > **E 粗莖小顆粒白膠** > **J 粗莖大顆粒白膠** > **D 粗莖小顆粒糝糊** > **L 中莖小顆粒白膠** > **I 玉米穗大顆粒白膠白膠** > **H 玉米穗小顆粒白膠** > **M 細莖小顆粒白膠** > **G 葉子大顆粒白膠** > **C 粗莖小顆粒膠水** > **F 葉子小顆粒白膠** > **B 粗莖小顆粒太白粉膠** > **A 粗莖小顆粒白飯膠**。

(2)由硬度與衝擊耐久度關係圖 6-1-2 可知，大致上不同配方玉米密集板的硬度愈高，其衝擊耐久度也越大。

表七不同配方玉米密集板衝擊耐久度比較表

試片 配方	A 粗莖 小顆粒 白飯膠	B 粗莖 小顆粒 太白粉 膠	C 粗莖 小顆粒 膠水	D 粗莖 小顆粒 糝糊	E 粗莖 小顆粒 白膠	F 葉子 小顆粒 白膠	G 葉子 大顆粒 白膠	H 玉米穗 小顆粒 白膠	I 玉米穗 大顆粒 白膠'	J 粗莖 大顆粒 白膠	K 粗莖 大小顆 粒混合 白膠	L 中莖 小顆粒 白膠	M 細莖 小顆粒 白膠	N 市售 密集板
落球次數(組 1)	2	3	14	38	50	12	15	20	23	51	60	25	14	98
落球次數(組 2)	3	4	17	37	46	14	17	18	22	46	55	30	19	103
落球次數(組 3)	1	4	15	42	52	11	16	22	25	45	56	29	17	111
算術平均 =撞擊損毀次數 (衝擊耐久度)	2.00	3.67	15.33	39.00	49.33	12.33	16.00	20.00	23.33	47.33	57.00	28.00	16.67	104.00

表八「硬度指標」與「衝擊耐久度」比較表

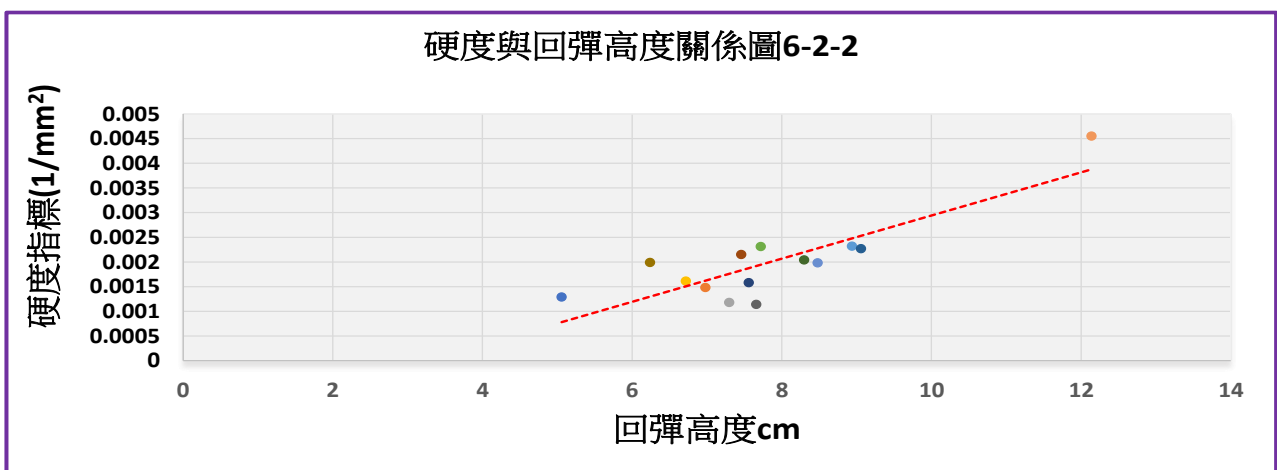
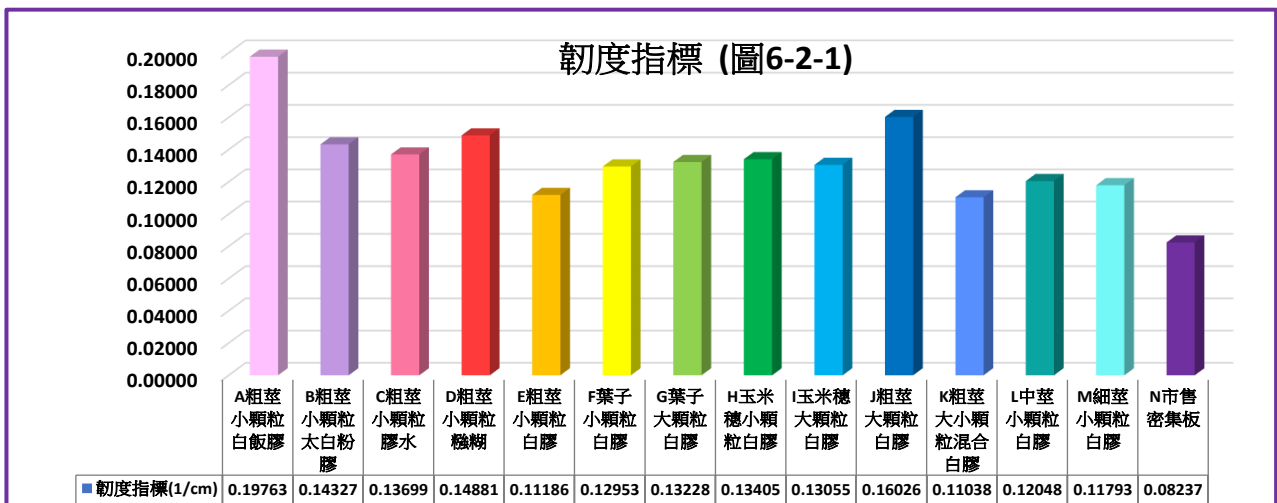
試片 配方	A 粗莖 小顆粒 白飯膠	B 粗莖 小顆粒 太白粉 膠	C 粗莖 小顆粒 膠水	D 粗莖 小顆粒 糝糊	E 粗莖 小顆粒 白膠	F 葉子 小顆粒 白膠	G 葉子 大顆粒 白膠	H 玉米穗 小顆粒 白膠	I 玉米穗 大顆粒 白膠'	J 粗莖 大顆粒 白膠	K 粗莖 大小顆 粒混合 白膠	L 中莖 小顆粒 白膠	M 細莖 小顆粒 白膠	N 市售 密集板
抗衝擊耐久度	2.00	3.67	15.33	39.00	49.33	12.33	16.00	20.00	23.33	47.33	57.00	28.00	16.67	104.00
平均落球面積	7.73	6.74	8.49	6.22	4.31	4.33	6.34	4.65	8.81	5.02	4.41	4.89	5.05	2.20
硬度指標(1/mm <sup>2</sup> )	0.00129	0.00148	0.00118	0.00161	0.00232	0.00231	0.00158	0.00215	0.00114	0.00199	0.00227	0.00204	0.00198	0.00455

### 3.實驗討論

- (1)由表七可知 **E**「粗莖小顆粒白膠」玉米板的硬度指標>**K**「粗莖大小顆粒混合白膠」玉米板的硬度指標>**J**「粗莖大顆粒白膠」玉米板的硬度指標。而 **K**「粗莖大小顆粒混合白膠」的衝擊耐久度>**E**「粗莖小顆粒白膠」和 **J**「粗莖大顆粒白膠」的衝擊耐久度，這讓我們想到在製作 **K**「粗莖大小顆粒混合白膠」玉米板發現小顆粒玉米粉能填滿部分大顆粒的縫隙。因此做出來的玉米板，除了硬度指標可以很近 **E**「粗莖小顆粒白膠」，而且也有較良好的衝擊耐久度，因此建議在製作玉米板時，**可以使用大小顆粒混合的方式製作**。
- (2)各種配方製作出來的玉米板其硬度指標和衝擊耐久度均比市售密集板來差，因此推測可能是白膠的固著力及硬化度比市售密集板使用的熱固性化學甲醛成分黏膠差。

### (二)探討不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「韌度」

1.實驗記錄如下頁表九



### 2.實驗結果

- (1) 由圖 6-2-1 可知密集板的韌度指標依序為 **A** 粗莖小顆粒白飯膠>**J** 粗莖大顆粒白膠>**D** 粗莖小顆粒糝糊>**B** 粗莖小顆粒太白粉膠>**C** 粗莖小顆粒膠水>**H** 玉米穗小顆粒白膠>**G** 葉子大顆粒白膠>**I** 玉米穗大顆粒白膠>**F** 葉子小顆粒白膠>**L** 中莖小顆粒白膠 >**M** 細莖小顆粒白膠>**E** 粗莖小顆粒白膠>**K** 粗莖大小顆粒混合白膠>**N** 市售密集板。

(2)由硬度與回彈高度關係圖 6-2-1 可知，大致上不同配方玉米密集板的硬度愈高，其回彈高度也越大，表示硬度越大，韌度越小

表九 不同配方玉米密集板「回彈高度」比較表

試片 配方	A 粗莖 小顆粒 白飯膠	B 粗莖 小顆粒 太白粉 膠	C 粗莖 小顆粒 膠水	D 粗莖 小顆粒 糰糊	E 粗莖 小顆粒 白膠	F 葉子 小顆粒 白膠	G 葉子 大顆粒 白膠	H 玉米穗 小顆粒 白膠	I 玉米穗 大顆粒 白膠'	J 粗莖 大顆粒 白膠	K 粗莖 大小顆 粒混合 白膠	L 中莖 小顆粒 白膠	M 細莖 小顆粒 白膠	N 市售 密集板
回彈高度 組 1	5.1	7.3	7.6	7	9.2	7.9	7.6	7.1	7.2	6.4	7.7	8.2	8.1	11.7
回彈高度 組 2	5.3	6.9	7.2	6.4	9.3	7.5	7.8	7.6	7.6	6.5	7.8	8.3	8.5	12.5
回彈高度 組 3	4.8	7.2	7.3	7.2	8.7	7.4	7.5	8	7.7	6.3	8.1	8.6	9	12.8
回彈高度 組 4	5.2	7	7.5	6.8	8.5	7.5	7.7	7.2	8	6.1	8.8	7.9	8.6	11.5
回彈高度 組 5	4.9	6.5	6.9	6.2	9	8.3	7.2	7.4	7.8	5.9	8.6	8.5	8.2	12.2
算數平均	5.06	6.98	7.3	6.72	8.94	7.72	7.56	7.46	7.66	6.24	8.2	8.3	8.48	12.14

回彈高度單位cm

表十 「硬度指標」與「韌度指標」比較表

試片 配方	A 粗莖 小顆粒 白飯膠	B 粗莖 小顆粒 太白粉 膠	C 粗莖 小顆粒 膠水	D 粗莖 小顆粒 糰糊	E 粗莖 小顆粒 白膠	F 葉子 小顆粒 白膠	G 葉子 大顆粒 白膠	H 玉米穗 小顆粒 白膠	I 玉米穗 大顆粒 白膠'	J 粗莖 大顆粒 白膠	K 粗莖 大小顆 粒混合 白膠	L 中莖 小顆粒 白膠	M 細莖 小顆粒 白膠	N 市售 密集板
平均回彈高度	5.06	6.98	7.3	6.72	8.94	7.72	7.56	7.46	7.66	6.24	9.06	8.3	8.48	12.14
韌度指標(1/cm)	0.19763	0.14327	0.13699	0.14881	0.11186	0.12953	0.13228	0.13405	0.13055	0.16026	0.11038	0.12048	0.11793	0.08237
硬度指標(1/mm <sup>2</sup> )	0.00129	0.00148	0.00118	0.00161	0.00232	0.00231	0.00158	0.00215	0.00114	0.00199	0.00227	0.00204	0.00198	0.00455

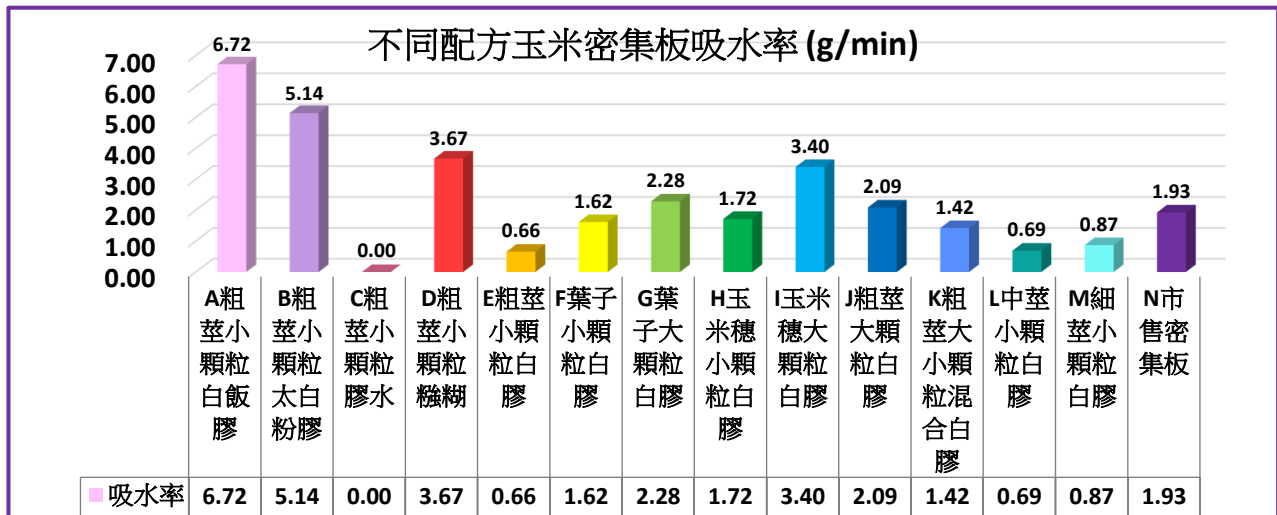


### 3. 實驗討論

- (1)各種配方製作出來的玉米板其韌度指標均較市售密集板大，但白飯膠、太白粉膠、膠水、糝糊黏膠性差，玉米板的硬度不佳，且易碎裂，而白膠配方玉米板的硬度指標雖然小於市售密集板，但韌度反而比市售密集板佳。
- (2)不同部位玉米植株中以白膠為黏膠製成的「大顆粒」玉米密集板韌度均比「小顆粒」有較好的韌度。
- (3)與市售密集板做比較「粗莖大小顆粒混合的白膠配方」與「粗莖小顆粒白膠」配方一樣，也有較大的韌度指標。韌度指標越大表示，減震性能好，**可嘗試用來做物品的包裝加工材料。**

### (三)探討不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「吸水率」

1. 實驗記錄：如下頁表十一所示



2. 實驗結果：

- (1)粗莖小顆粒膠水配方三分鐘後皆成破碎狀無法測量泡水後水重及吸水率（圖 6-3-1）。

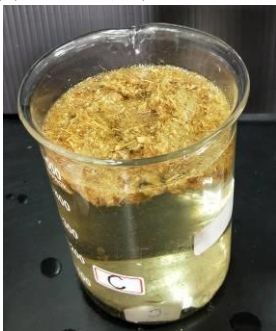


圖 6-3-1



圖 6-3-2

- (2)由表十一可知，不同配方其玉米密集板「吸水率」大小比較，依序為 A 粗莖小顆粒白飯膠 > B 粗莖小顆粒太白粉膠 > D 粗莖小顆粒糝糊 > I 玉米穗大顆粒白膠 > G 葉子大顆粒白膠 > J 粗莖大顆粒白膠 > N 市售密集板 > H 玉米穗小顆粒白膠 > F 葉子小顆粒白膠 > K 粗莖大小顆粒混合白膠 > M 細莖小顆粒白膠 > L 中莖小顆粒白膠 > 粗莖小顆粒白膠。
- (3)白膠配方的玉米密集板的吸水率均比市售密集板低，**其防水效果勝過市售密集板。**

表十一 不同配方其玉米密集板「吸水率」比較表

配 方 試 片	A 粗莖 小顆粒 白飯膠		B 粗莖 小顆粒 太白粉 膠		C 粗莖 小顆粒 膠水		D 粗莖 小顆粒 糝糊		E 粗莖 小顆粒 白膠 		F 葉子 小顆粒 白膠		G 葉子 大顆粒 白膠		H 玉米穗 小顆粒 白膠		I 玉米穗 大顆粒 白膠'		J 粗莖 大顆粒 白膠		K 粗莖 大小顆 粒混合 白膠		L 中莖 小顆粒 白膠		M 細莖 小顆粒 白膠		N 市售 密集板	
	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後	泡 水 前	泡 水 後
組 1	10.86	30.93	6.29	21.54	7.95	×	8.62	19.45	11.68	13.35	11.53	15.09	10.44	17.35	13.12	18.68	9.45	19.61	11.48	17.31	13.54	18.08	9.23	11.10	11.99	14.86	22.08	27.20
組 2	11.05	31.25	7.33	22.69	7.99	×	9.08	19.82	12.45	14.68	12.96	17.63	12.40	19.26	12.45	17.49	10.89	21.23	12.15	18.92	12.58	17.19	10.62	12.72	12.78	15.26	22.10	27.26
組 3	12.63	33.85	6.36	22.87	8.01	×	7.91	19.28	12.36	14.52	11.61	16.21	10.37	17.15	12.63	17.61	9.42	19.56	10.52	17.03	14.66	18.46	9.75	11.97	11.82	14.37	23.13	29.33
組 4	11.78	31.99	7.05	23.18	8.93	×	8.86	20.29	13.05	14.96	12.67	18.39	11.48	18.77	13.94	19.00	11.08	21.15	11.82	17.89	13.78	17.69	9.91	12.15	12.08	15.02	21.16	27.46
組 5	9.82	28.92	6.90	20.76	7.89	×	8.51	19.21	11.72	13.58	11.70	17.42	11.59	17.98	14.12	19.22	9.50	19.74	12.58	18.69	13.49	17.95	12.60	14.51	11.68	13.87	22.09	28.23
平均 吸水 量	20.16		15.42		×		11.01		1.97		4.85		6.85		5.15		10.19		6.26		4.26		2.07		2.61		5.78	
吸水 率	6.72		5.14		×		3.67		0.66		1.62		2.28		1.72		3.40		2.09		1.42		0.69		0.87		1.93	

吸水率單位：公克/分鐘 (g/min)，吸水量=泡水後重量-泡水前重量，吸水率=平均吸水量 / 時間

### 3. 實驗討論：

- (1) 白飯膠、太白粉膠、糝糊黏配方製作出來的玉米板其吸水率均大於白膠配方，因此證明白膠防水效果較佳。
- (2) 不同部位玉米植株中，「大顆粒白膠」玉米密集板吸水率均大於「小顆粒白膠」。
- (3) 以「粗莖大小顆粒混合的白膠配方」玉米密集板吸水率介於「粗莖大顆粒」和「粗莖小顆粒」之間，因此顆粒大小會影響吸水性，顆粒越大吸水率越大。

## 七、探討不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「荷重」

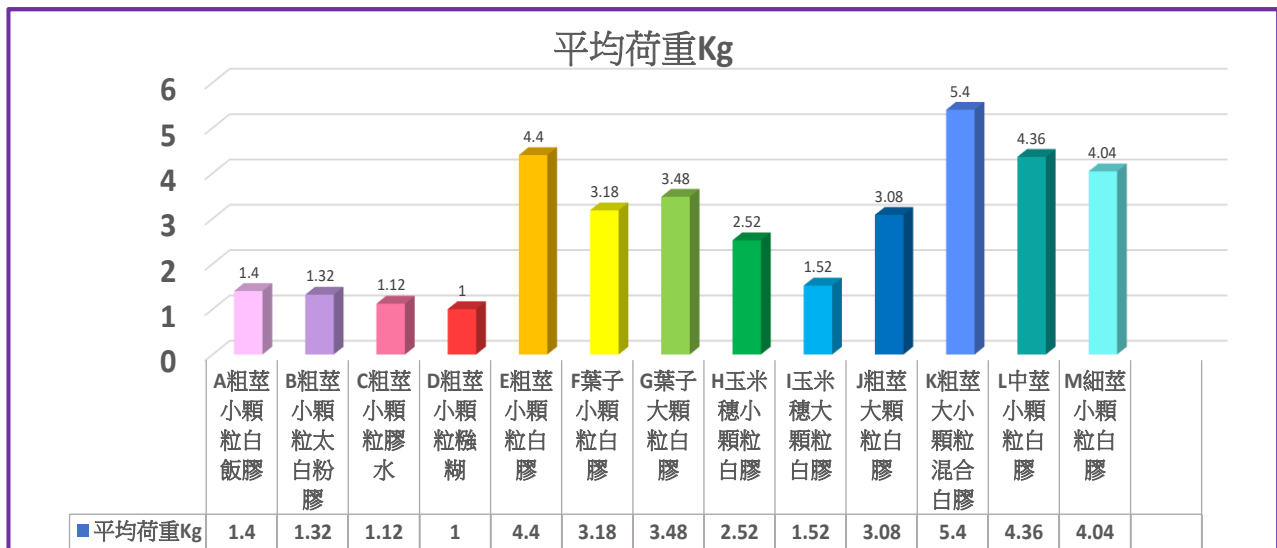
(一)實驗記錄如表十二所示。



表十二 不同配方其玉米密集板「荷重測量」比較表

配方 試片	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M	
	粗莖 小顆粒 白飯膠	粗莖 小顆粒太 白粉膠	粗莖 小顆粒膠 水	粗莖 小顆粒糝 糊	粗莖 小顆粒白 膠	葉子 小顆粒白 膠	葉子 大顆粒白 膠	玉米穗小 顆粒白膠	玉米穗大 顆粒白膠	粗莖 大顆粒白 膠	粗莖 大小顆粒 混合白膠	中莖 小顆粒白 膠	細莖 小顆粒白 膠													
	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間	添 加 水 重	支 撐 時 間
組 1	1.2	37	1.2	1	1.2	21	1	0.63	3.2	30	3.3	1	3.8	4	2.2	12	1.2	12	3.1	11	5.5	21	4.8	4	4.2	57
組 2	1.2	5	1.3	2	1.1	47	1	0.87	3.5	51	2.9	20	3.3	41	2.5	19	1.8	8	3.5	8	5.3	47	4.6	23	3.9	56
組 3	1.3	11	1.4	39	1.2	11	1	0.72	3.9	31	3.5	31	3.6	11	2.8	47	1.5	36	3.1	26	5.7	10	4.3	37	3.8	45
組 4	1.8	1	1.2	45	1.1	23	1	3	4.2	11	3.2	22	3.5	23	2.7	43	1.4	52	2.9	8	4.9	55	4.2	11	4.1	30
組 5	1.5	22	1.5	6	1	22	1	2	4.1	47	3	23	3.2	15	2.4	23	1.7	7	2.8	44	5.6	12	3.9	55	4.2	43
算數 平均	1.4	15.2	1.3	18.6	1.1	24.8	1	1.4	3.8	34.0	3.2	19.4	3.5	18.8	2.5	28.8	1.5	23.0	3.1	19.4	5.4	29.0	4.4	26.0	4.0	46.2

水重單位；Kg 、時間單位；秒



## (二)實驗結果

1.荷重實驗檢測試片如(圖6-4-1)。



圖6-4-1

2.由表十一可知，不同配方其玉米密集板「荷重」大小比較，依序為 K 粗莖大小顆粒混合白膠>E 粗莖小顆粒白膠>L 中莖小顆粒白膠>M 細莖小顆粒白膠>G 葉子大顆粒白膠>F 葉子小顆粒白膠>J 粗莖大顆粒白膠>H 玉米穗小顆粒白膠>I 玉米穗大顆粒白膠>A 粗莖小顆粒白飯膠>B 粗莖小顆粒太白粉膠>D 粗莖小顆粒糝糊。

## (三)實驗討論：

- 1.白飯膠、太白粉膠、膠水、糝糊黏配方製作出來的玉米板其荷重均小於白膠配方，不適合當黏膠劑。
- 2.「粗莖大小顆粒混合白膠」配方有較好的荷重能力。
- 3.不同部位玉米植株中，莖的部位小顆粒白膠做出來的玉米密集板有較好的荷重能力。且 E 粗莖小顆粒白膠>L 中莖小顆粒>M 細莖小顆粒。

## 八、研發玉米密集板的用途：

### (一)實驗記錄與結果



具可切割性



加工前環保迷你置物櫃



加工後環保迷你置物櫃及環保藝術隔熱墊

### (二)實驗討論

上圖是我們利用「粗莖小顆粒白膠」配方和「粗莖大小顆粒白膠」配方製作出來的環保迷你置物櫃和環保藝術隔熱墊。期望未來能製做出大片的密集板，因為我們製作迷你置物櫃時有用線鋸機進行切割性測試，發現白膠玉米密集板具有可切割性，故推測未來製作大片白膠玉米密集板，再製成大型置物櫃是可行的。

## 陸、結論與建議

- 一、經過硬度測試結果是:白膠為本研究種最環保與最適合的黏膠劑，而白膠是一種水性環保膠，具有良好的成模性、黏結强度高、固化速度有較其他膠來的快。
- 二、「莖」是玉米植株中最適合做玉米板的部位，其他部位顆粒大小比較方面，均以小顆粒的處理方式製成的玉米板硬度最大，小顆粒與黏膠的接觸面積較大，膠合過程中比較緊密紮實。
- 三、「粗莖」是玉米莖中最適合做玉米板的部位，硬度最大，實驗發現中莖和粗莖的硬度差不多，故粗莖和中莖都是適合做玉米板的材料，而細莖硬度較差，故建議剪除不用或做成有機肥料。
- 四、由實驗結果顯示各部位「大顆粒」配方的硬度最低，推測可能在攪拌的時候不易攪拌均勻，造成膠合能力降低，而且我們也觀察到乾燥後的粗莖大顆粒玉米板容易有碎片掉落，再加上大顆粒，中間的空隙太大，影響白膠的固化成模。
- 五、不同玉米植株部位製作出來的硬度不同，但是不同厚度玉米板其硬度值差不多，因此厚度不會影響硬度，不同黏著劑和玉米材料會影響其硬度指標。
- 六、由硬度與衝擊耐久度測試實驗可知，大致上不同配方的玉米密集板硬度愈高，其衝擊耐久度會越大，與市售密集板大致相同。
- 七、由硬度與韌度測試實驗可知，大致上不同配方的玉米密集板硬度愈高，其韌度越低。「粗莖大小顆粒混合的白膠配方」與「粗莖小顆粒白膠」均比市售密集板韌度大，韌度越大表示，減震性能好，建議玉米密集板可嘗試用來做物品的包裝加工材料。
- 八、雖然「粗莖小顆粒白膠」的配方有較高的「硬度」和「防水性」，但「粗莖大小顆粒混合白膠」有更好的「衝擊耐久度」和「荷重」，且兩者「硬度」和「防水性」也很接近，故製作玉米板時可以使用「大小顆粒混合白膠」的方式，並建議延伸此研究，找出最好的黃金比例。
- 九、化工甲醛黏膠劑是致癌物質，使用白膠當黏膠劑的好處是沒又刺鼻的甲醛味道，比較環保。
- 十、白膠玉米密集板具可切割性，製作迷你置物櫃、隔熱墊、筆筒是可行，未來可嘗試用來製作大型置物櫃、物品的包裝加工材料。

## 柒、參考資料及其他

- 曲全利，張鵬順（1999） 關於落球回彈彈流理論的研究。哈爾濱工業大學學報,04-031。
- 康軒出版社（2020）：國民小學數學教學指引，六上，圓面積，台北：南一。

南一書局（2020）：國民小學自然與生活科技教學指引，五上(植物世界)及六下(巧妙的施力工具、珍愛家園)，台北：南一。

蘇美惠(2018)。區域型生質資源綠色循環利用之可行策略-以花蓮地區為例。台灣能資源永續與低碳經濟學會能源簡析報告。

文創、環保加持 農業廢棄物變黃金 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1196314>

低碳永續家園資訊網 <https://lcss.epa.gov.tw/default.aspx>

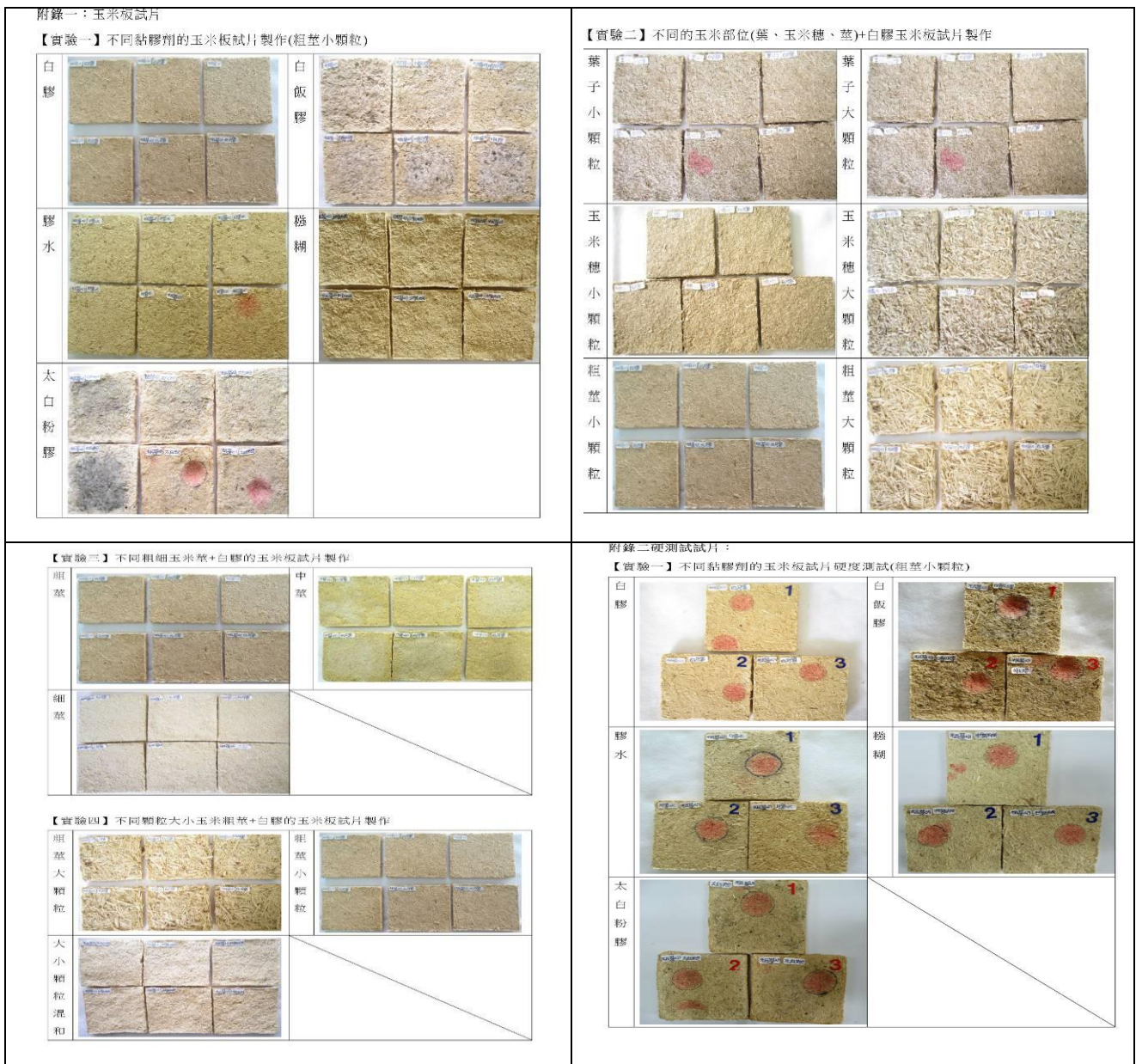
落球實驗 [https://www.youtube.com/watch?v=rW3mO\\_mjoQ&t=9s](https://www.youtube.com/watch?v=rW3mO_mjoQ&t=9s)

各種板材介紹資訊網 [https://red-dot.com.tw/panels\\_application](https://red-dot.com.tw/panels_application)

落球衝擊試驗機 <https://come-tech.com.tw/cometech/tw/Product/detail/machine/落球衝擊試驗機>

硬度 <https://baike.baidu.com/item/%E7%A1%AC%E5%BA%A6>

### 玉米密集板試片



## 【評語】 082908

本件作品出發點是利用採收後的玉米植株做成玉米密集板，再製作成有用的器物，為農業廢棄物尋找出路，主題相當符合環保與民生的範疇。自製硬度、韌度、撞擊耐久度檢測方法，以試驗板材的性質，製作出的成品之防水性甚至能勝過市售木密集板。作品主題立意良好，測試方法具科學性，可思考未來推廣應用的可能性。



# 摘要

利用玉米植株打碎與黏膠攪拌後製作環保玉米密集板，嘗試著找出最適合製作的條件，並探討其「硬度」、「衝擊耐久度」、「韌度」、「阻水性」、「荷重」。實驗結果以「粗莖小顆粒白膠」配方硬度最大，阻水性最佳，而「粗莖大小顆粒混合白膠」配方的「衝擊耐久度」、「荷重」效果最佳，兩者硬度指標和阻水性相近，均具有良好的切割性，可用來製作環保置物櫃、隔熱墊、筆筒。



# 研究動機

放假時，與同學們相約來阿嬤家的玉米田玩，我們發現果實採收完後，會將剩下的莖、葉及玉米穗...等部位丟棄在田裡，曬乾用火燒掉，讓我們感到浪費可惜。植物屬於再生能源，而農業廢棄物可再利用，是良好生質材料，於是決定利用玉米植株做成玉米密集板，再製成環保置物櫃或文創藝術作品，期望能達到環境友善，讓生質材料再利用。

# 研究目的

- 一、設計一套3D列印塑料模板
- 二、設計「2號積木落球實驗硬度及衝擊耐久度測試器」、「3號積木落球實驗韌度測試器」、「4號積木吸水率測量支撐器」。
- 三、探測玉米密集板的「硬度」、「衝擊耐久度」、「韌度」、「阻水性」及「荷重」能力。
- 四、研發玉米密集板的用途：自製環保迷你置物櫃、環保藝術隔熱墊、筆筒。

# 研究設備

- 一、設備：攪拌機、粉碎機、果汁機、電子磅秤、簡單機械教具、線鋸機、3D列印機、游標尺。
- 二、材料：玉米植株、白膠、白飯、太白粉、膠水、糰糊、複寫紙、透明片、保鮮膜、鐵球。



# 研究過程與方法

- 【預備實驗】
- 1.設計製作一套3D列印塑料模板來製作玉米密集板試片。P.8
  - 2.設計製作一組「2號積木落球實驗硬度及衝擊耐久度測量工具」。P.7~9
  - 3.設計製作一台「3號積木落球實驗韌度測量工具」。P.10
  - 4.設計製作一架「4號積木吸水率測量支撐工具」。P.11

參考相關文獻蒐集資料  
選定黏膠劑種類進行測試

【實驗一】比較不同黏膠劑對玉米密集板硬度的影響。P.11

【實驗二】比較不同部位的玉米植株(葉、玉米穗、莖)對玉米密集板硬度的影響。P.12

【實驗三】比較不同粗細的玉米莖對玉米密集板硬度的影響。P.13

【實驗四】比較不同顆粒大小對玉米密集板硬度的影響。P.13

【實驗五】測量不同配方玉米密集板的「衝擊耐久度」。P.13

【實驗六】測量不同配方玉米密集板的「韌度」。P.14

【實驗七】測量不同配方玉米密集板的「吸水率」。P.14

【實驗八】測量不同配方對玉米密集板的「荷重」。P.15

【實驗九】探討玉米密集板的用途：P.15  
自製環保迷你置物櫃、環保藝術隔熱墊、筆筒。

資料綜合分析 P.15~30

## (三) 大小顆粒處理方式



用固定孔洞的篩子過篩後分為大顆粒和小顆粒。

## (四) 選擇黏膠種類



- 1.選擇營養午餐剩下的白飯，放入電鍋繼續熬煮一小時，再放入果汁機打碎做成白飯膠。
- 2.將太白粉加水後加熱煮呈半透明黏稠狀。
- 3.另購美勞課常用的白膠，膠水，糰糊。

## (五) 玉米粉和黏膠混合比例探究

	莖葉穗 玉米粉	黏膠量	熱水
白飯	20g	80g	30g
太白粉	20g	100g	50g
膠水	20g	60g	30g
糰糊	20g	70g	40g
白膠	20g	60g	30g

## (六) 製作流程

1. 打碎
3. 塑模

2. 攪拌
4. 曬乾



## 一、玉米密集板製作方法

### (一) 玉米植株處理



- 1.收集廢棄的玉米植株，包含莖、葉、穗。
- 2.將玉米植株曬乾一個月。
- 3.把葉、莖、穗分離後，在打碎及過篩。

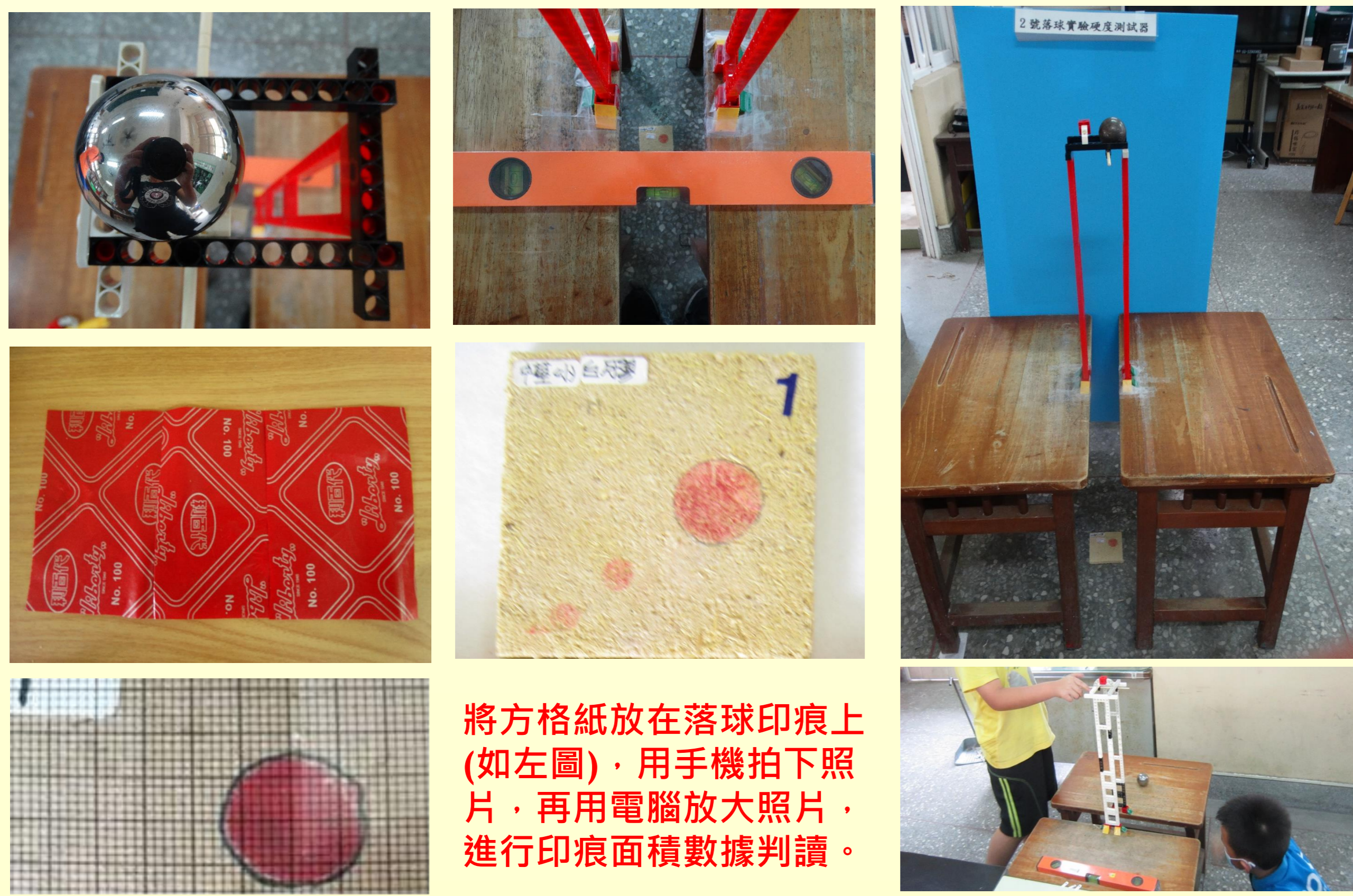
### (二) 粗莖、中莖、細莖的分類

隨機取粗莖、中莖、細莖各10個樣本後，再用游標尺測量其橫切面直徑，求得平均值，定義莖的粗細如下：



- 1.粗莖：直徑大於23mm。
- 2.中莖：直徑介於10mm~23mm。
- 3.細莖：直徑小於10mm。

## 二、2號積木落球實驗「硬度」測試器製作



將方格紙放在落球印痕上(如左圖)，用手機拍下照片，再用電腦放大照片，進行印痕面積數據判讀。

- (一)用筷子固定支撐板，將筷子抽離後，球便自動落下，排除人為控球的問題。
- (二)找兩張高度相同的書桌並排，中間留一道縫隙，再用教具箱積木組合落球架，固定於桌子，設計落球高度為100cm。
- (三)用水平尺檢測書桌和落球架的水平性。
- (四)判定球打中的落球壓痕，將複寫紙放在玉米板上，球落擊中複寫紙，即可將墨色印在玉米板上。
- (五)再用自製透明方格紙來計算落球的印痕面積，方格紙每一小格為 $0.01\text{cm}^2$ 。
- (六)進行「地板」和「地板+切割墊」的可信度評估良好，以水平尺檢測其穩定性也良好。

## 四、4號積木「吸水率」測量支撐器的製作：

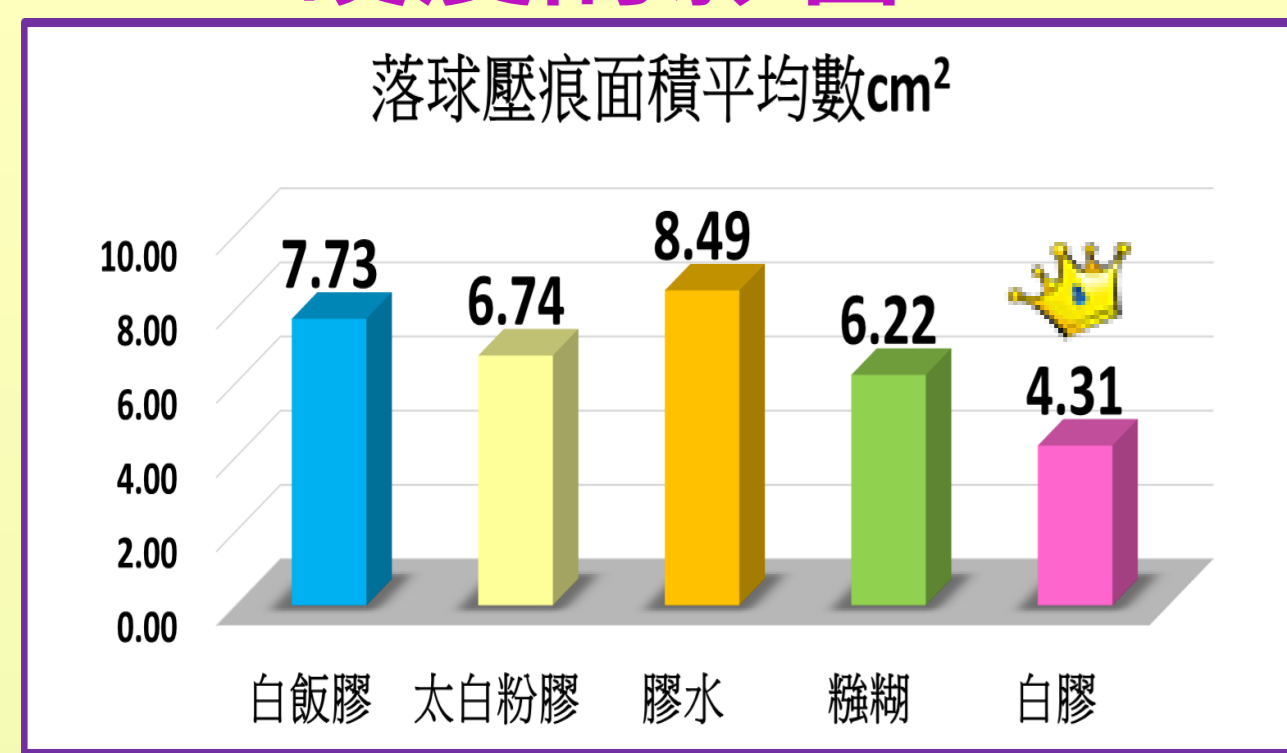


- (一)固定試片大小：10公分，寬3公分厚1公分(左圖)。
- (二)玉米板泡水時會浮出水面無法完全沒入水中，若用手拿竹筷壓住木板，會有人為施力不均的問題。
- (三)為排除人為施力不均問題，用「簡單機械教具組積木」製成竹筷支撐架，讓每一試片受力均勻，實驗更準確。



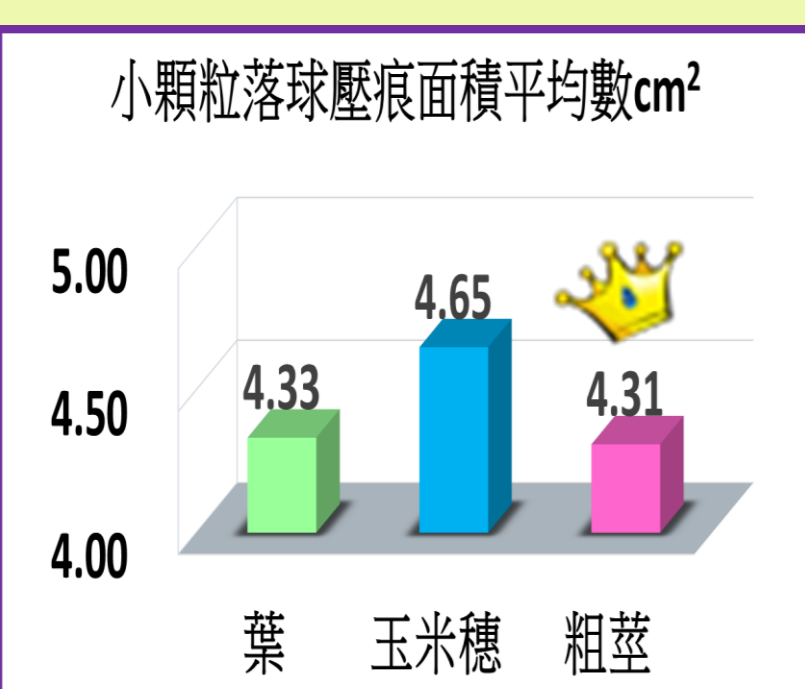
# 研 究 結 果 與 討 論

## 一、【實驗一】不同黏膠劑對玉米密集板硬度的影響



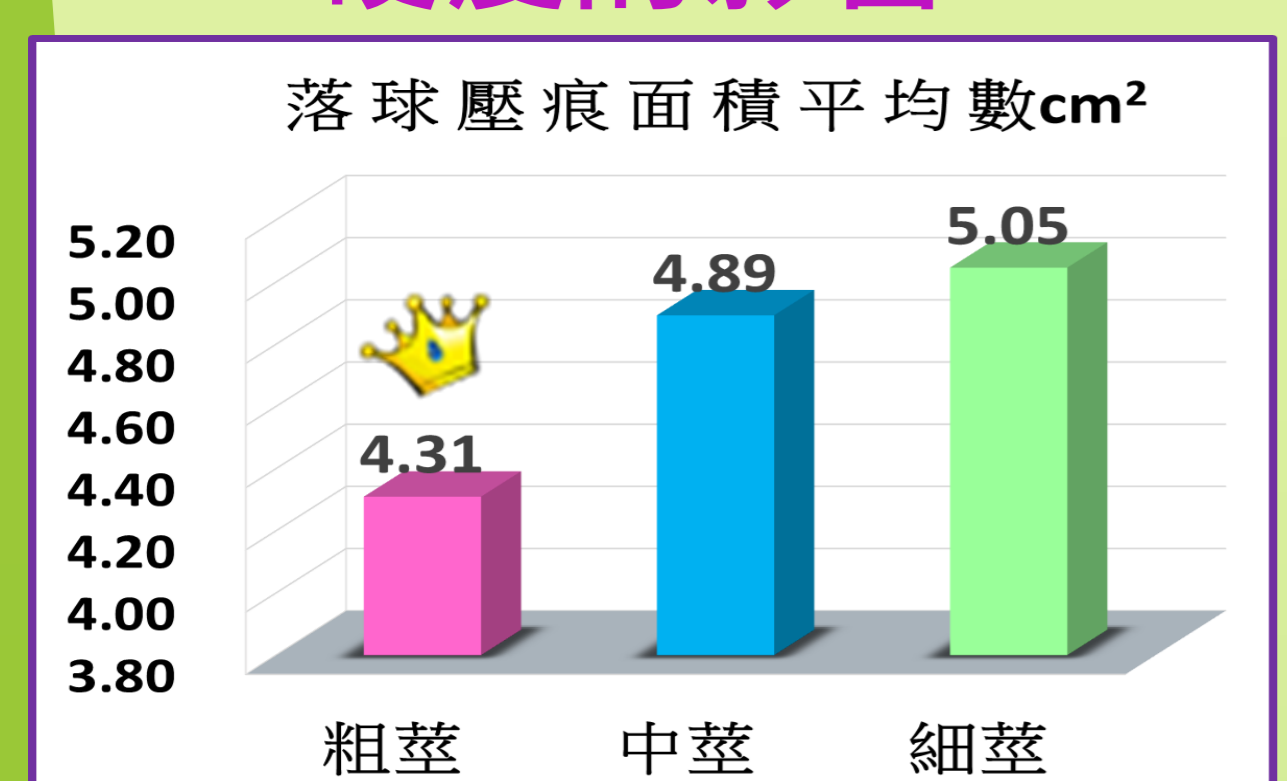
落球壓痕面積白膠 $4.31\text{cm}^2$  < 糝糊 $6.22\text{cm}^2$  < 太白粉膠 $6.74\text{cm}^2$  < 白飯膠 $7.73\text{cm}^2$  < 膠水 $8.49\text{cm}^2$ ，即表示白膠的硬度最大，故選擇「白膠」來進行【實驗二】。

## 二、【實驗二】不同部位的玉米植株對玉米密集板硬度的影響。



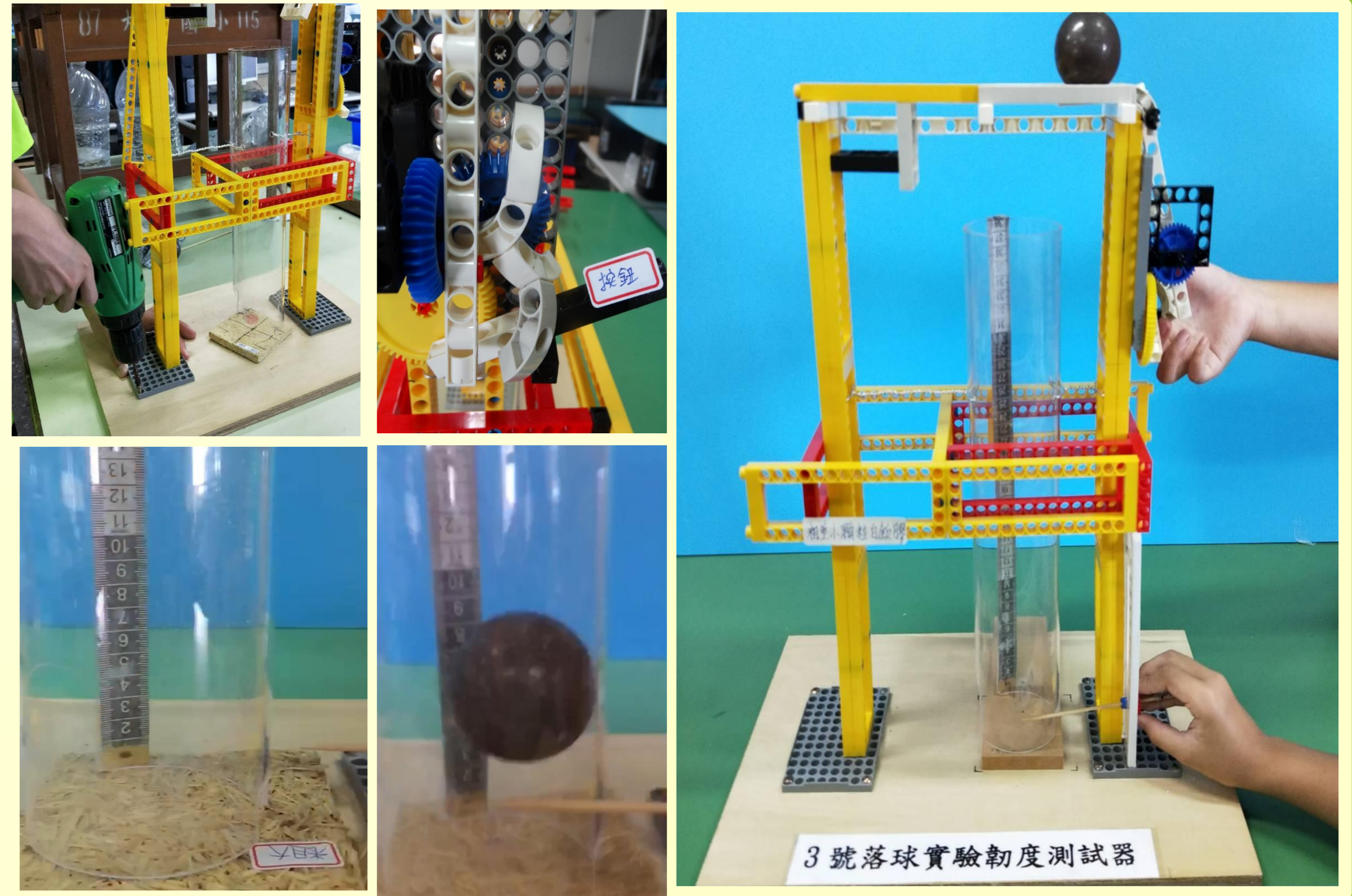
無論小顆粒或大顆粒材料，利用粗莖製成的玉米板硬度均最大，故選擇「莖」為做為主要材料來進行【實驗三】。

## 三、【實驗三】不同粗細的莖對玉米密集板硬度的影響



落球壓痕面積粗莖 $4.31\text{cm}^2$  < 中莖 $4.89\text{cm}^2$  < 細莖 $5.05\text{cm}^2$ ，即表示粗莖的硬度最大。故選擇「粗莖」來進行【實驗四】。

## 三、3號積木落球實驗「韌度」測試器製作



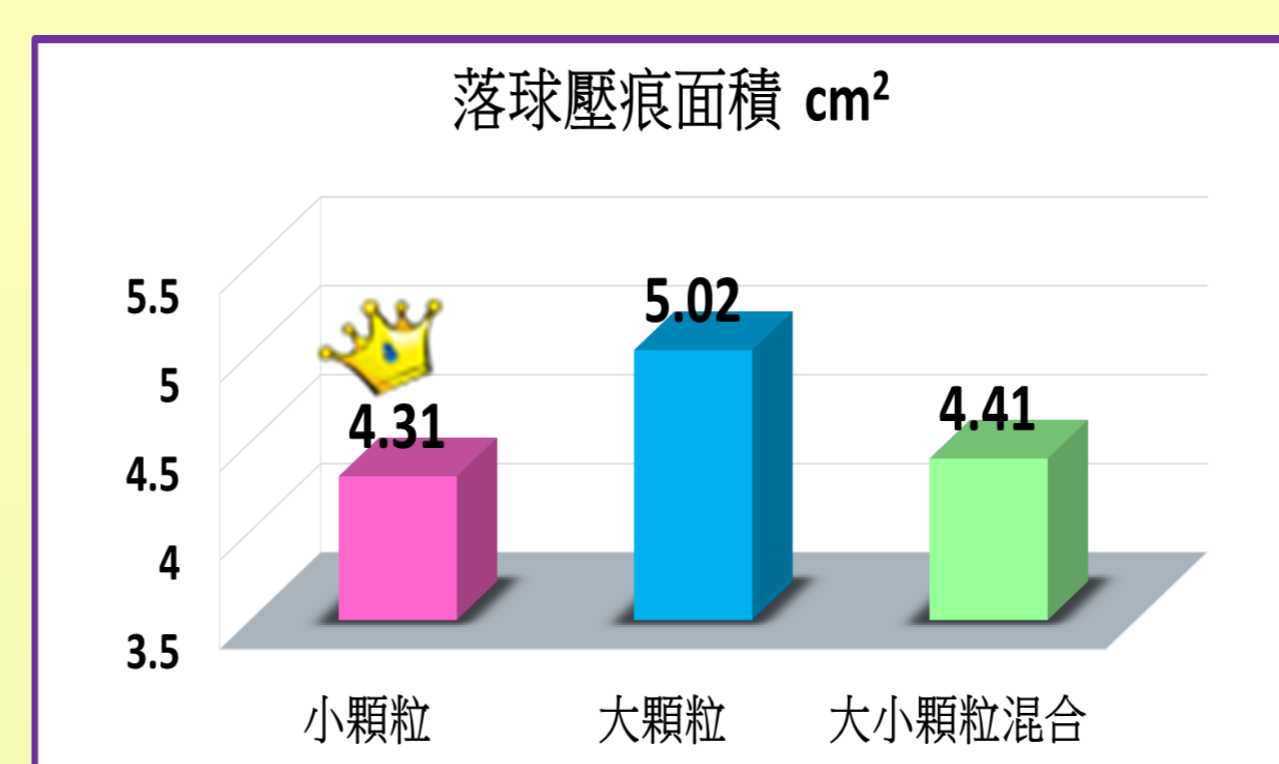
- (一)改良自2號落球架構想，在底部多加裝兩塊面板，並用螺絲固定在厚木板上。
- (二)將布尺黏貼透明塑膠管，當球通過塑膠管時可方便觀察及測量鐵球回彈高度。
- (三)改成用齒輪控制鐵球落下，並設計一個按壓器，用手按壓一下就能使鐵球落下，讓球落下時的位置更精準，提高可信度及穩定性。
- (四)進行「木板底座」和「木板底座+切割墊」的可信度評估良好，以水平尺測量其穩定性也良好。

## 五、「荷重」測試實驗裝置

- (一)固定試片大小：10公分，寬3公分厚1公分(如左圖)。
- (二)固定受力面積：用銅線吊掛6公升容量的寶特瓶，銅線與試片接觸的地方即為受力點。
- (三)預試荷重能力範圍，發現膠水和糝糊配方除外，其他配方皆能支撐1公斤水量10分鐘以上。
- (四)從1公斤水重開始測量，慢慢加水，每次加100克。計時1分鐘後試片未斷裂則繼續加水，直到試片斷裂。以試片「斷掉」為判斷標準，折彎不算，並記錄最後水重量，代表其荷重能力。

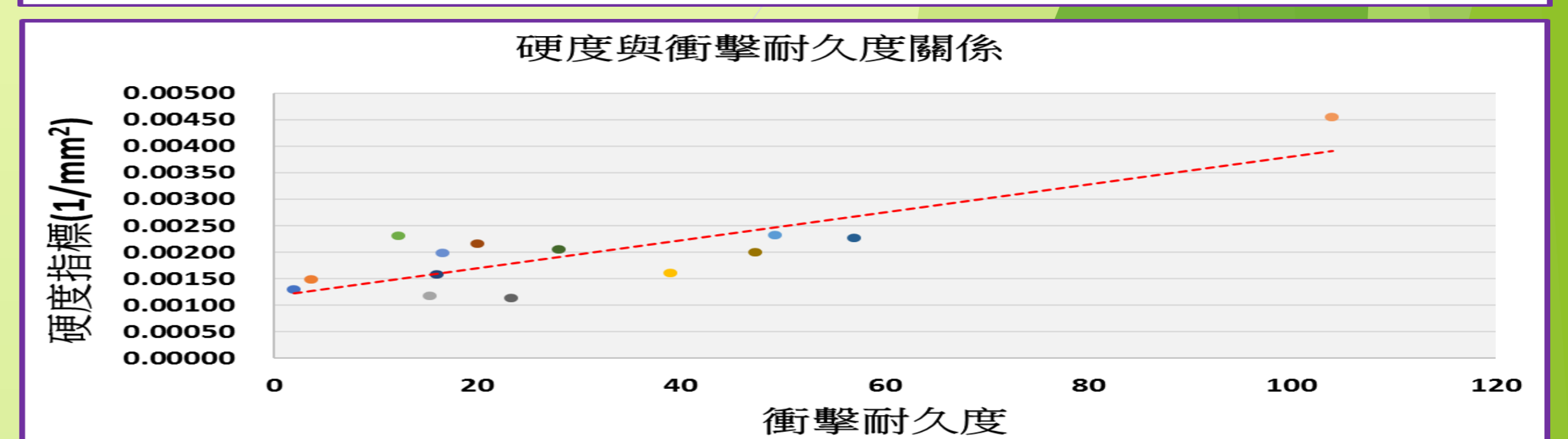
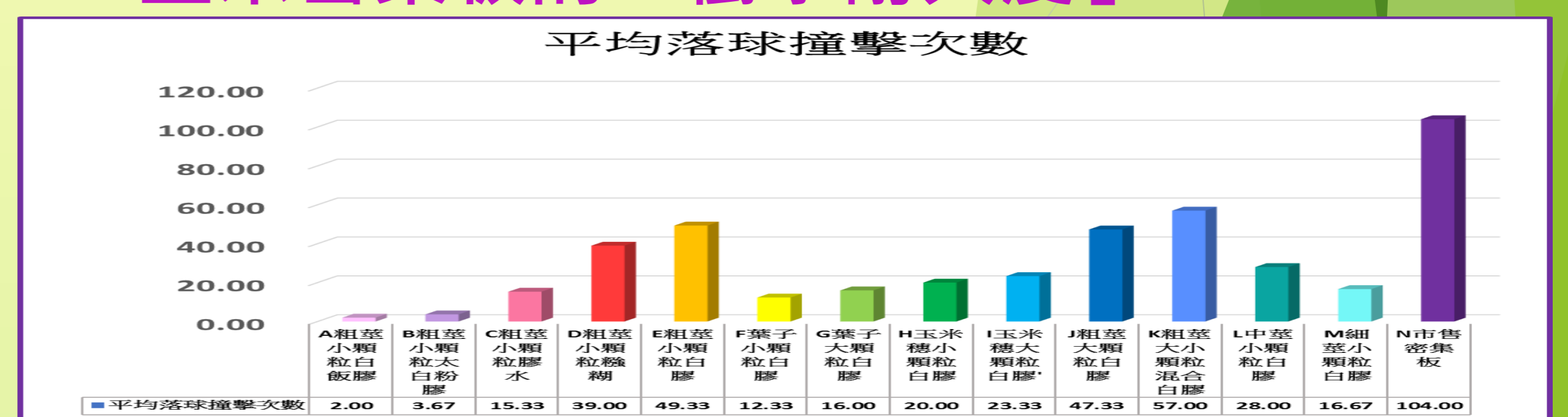


## 四、【實驗四】不同顆粒大小對玉米密集板硬度的影響



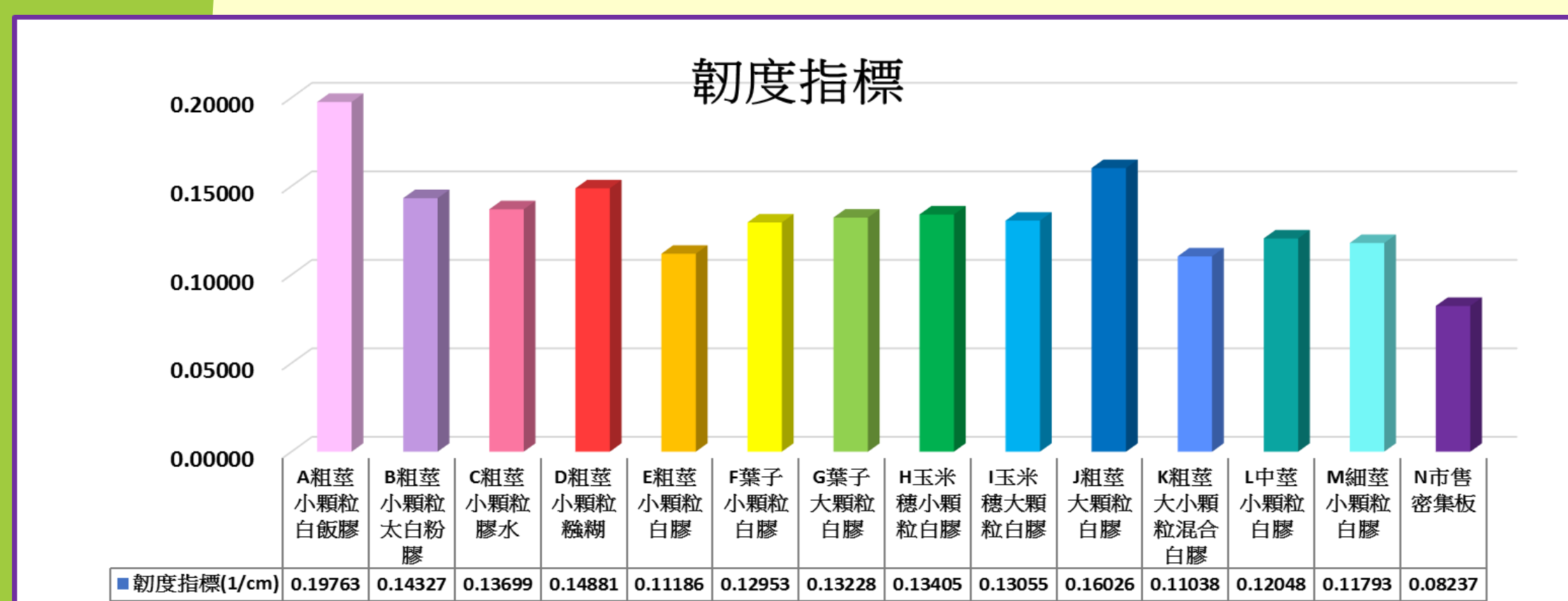
落球壓痕面積小顆粒 $4.31\text{cm}^2$  < 大小顆粒混合 $4.41\text{cm}^2$  < 大顆粒 $5.02\text{cm}^2$ ，即表示小顆粒的硬度最大。故選擇「小顆粒」材料來進行【實驗九】

## 五、【實驗五】不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「衝擊耐久度」

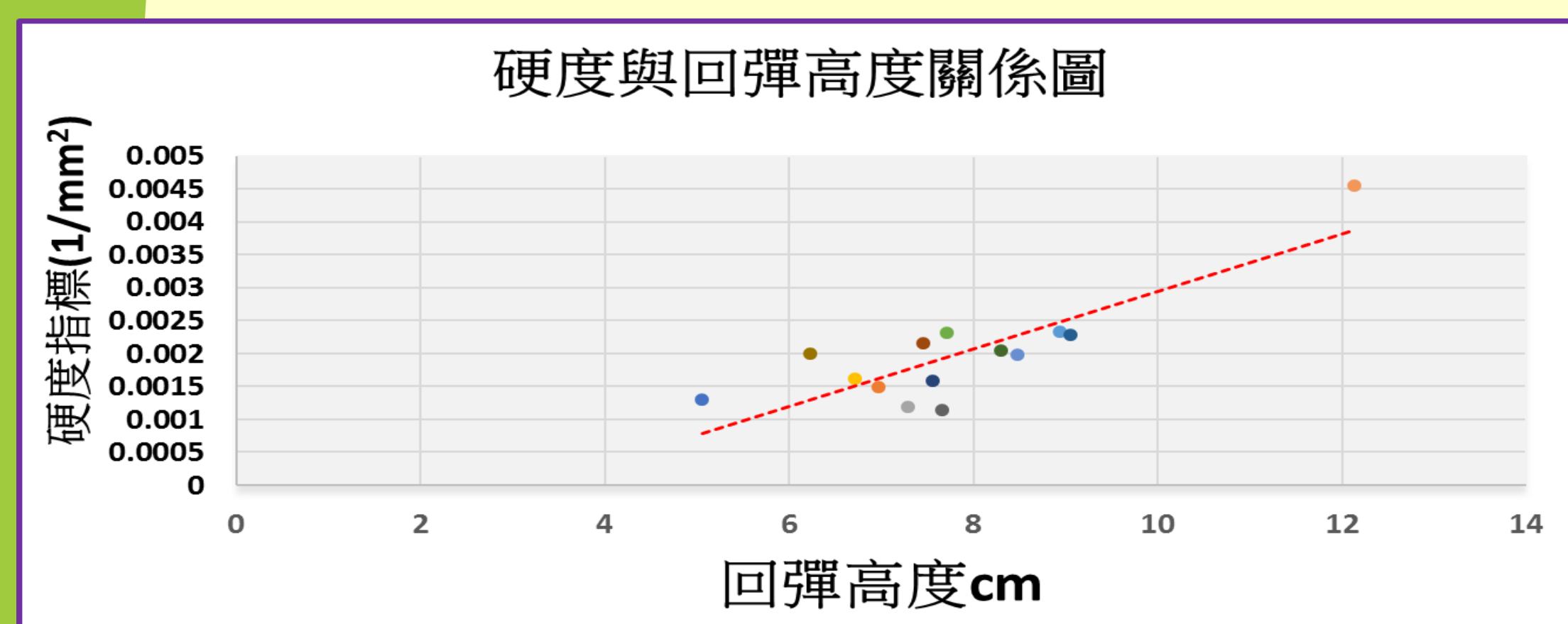


- (一)市售密集板除外，其中玉米密集板所能承受的落球撞擊次數以「K粗莖大小顆粒混合白膠」配方最大，「E粗莖小顆粒白膠」配方第二，A粗莖小顆粒白飯膠最差。
- (二)由硬度與衝擊耐久度關係圖可知，大致上不同配方玉米密集板的硬度愈高，其衝擊耐久度也越大。

## 六、【實驗六】不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「韌度」

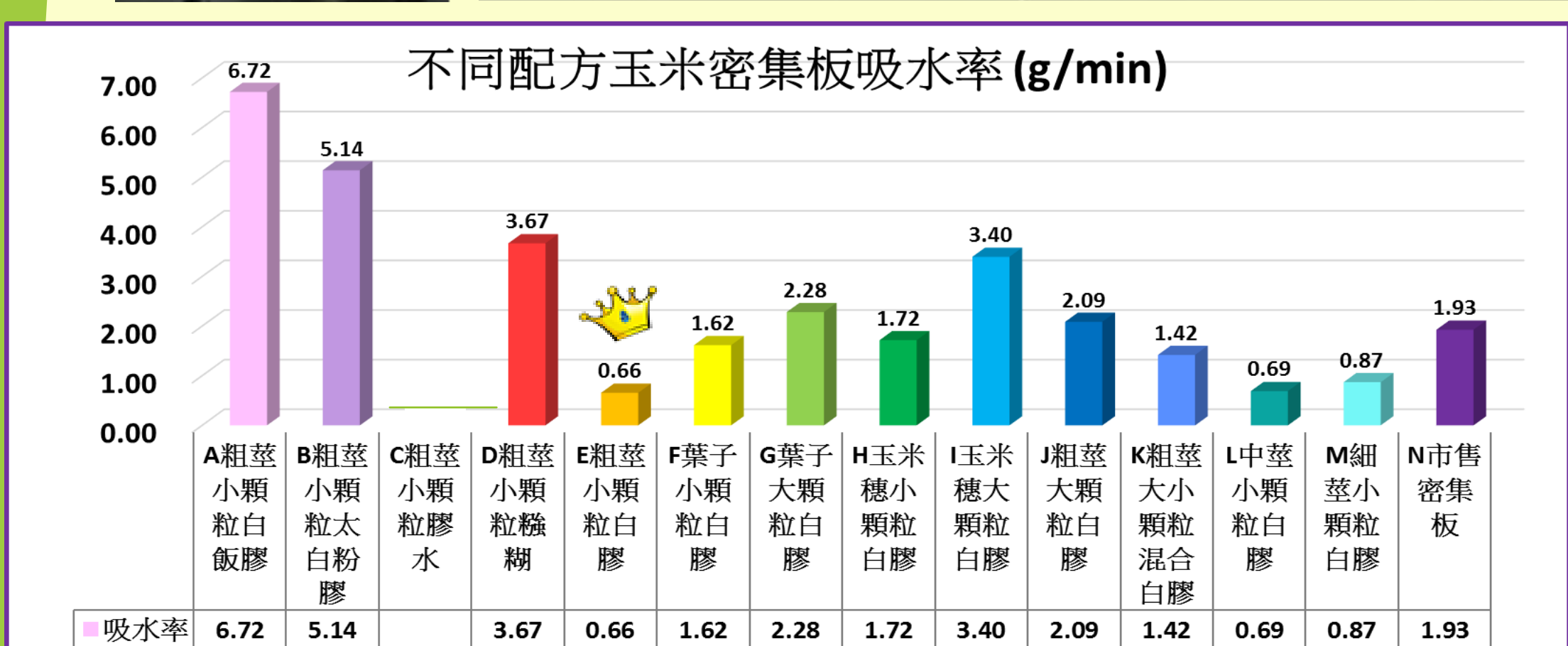


(一)E「粗莖小顆粒白膠」和K「粗莖大小顆粒混合白膠」配方的玉米密集板韌度指標差不多，我們也發現此兩者的硬度也很相近。



(二)由硬度與回彈高度關係圖可知，大致上呈現出玉米密集板的硬度愈高，回彈高度越高的趨勢，表示硬度越大，韌度越小。

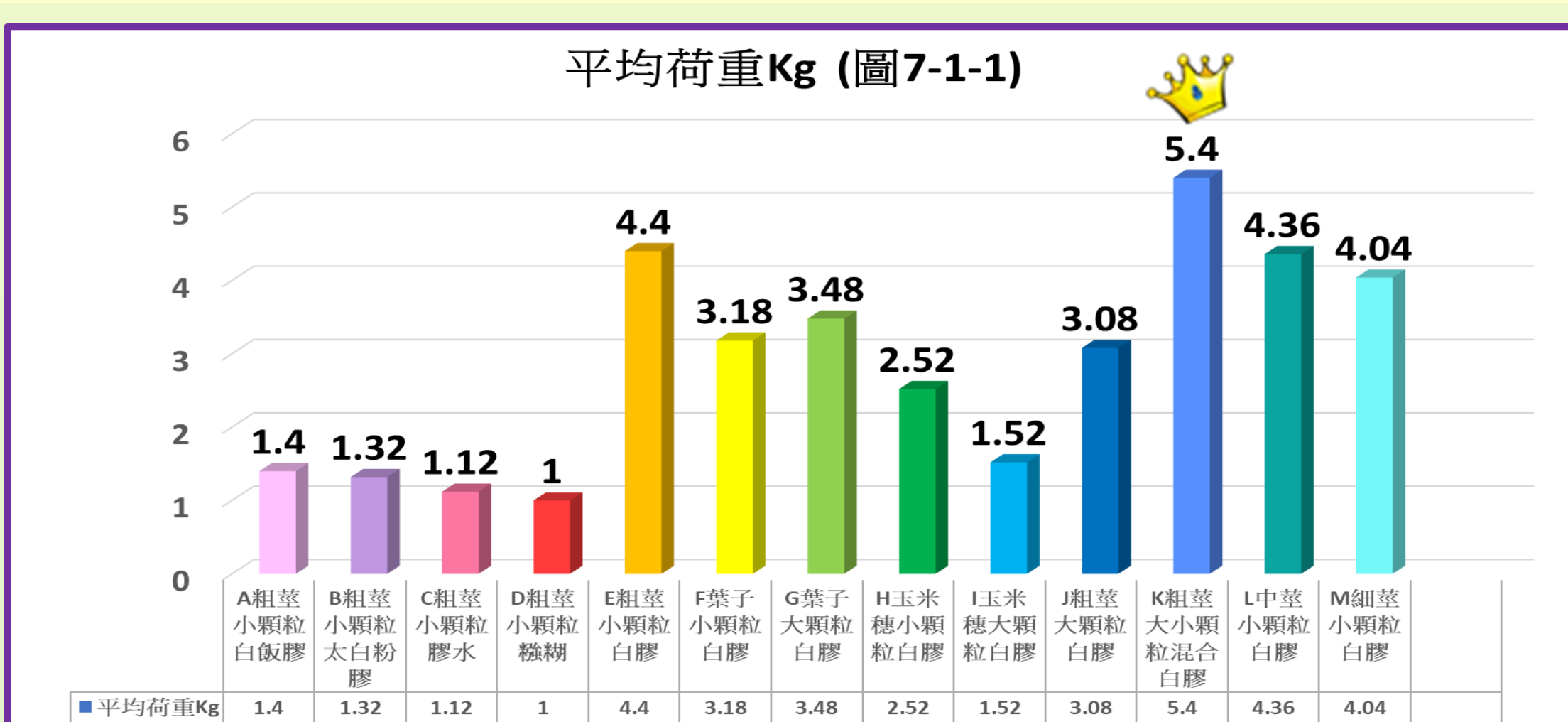
## 七、【實驗七】探討不同配方玉米密集板及市售玉米密集板的「吸水率」



(一)由圖可知，不同配方玉米密集板「吸水率」不同，其中「粗莖小顆粒白飯膠」最大，「粗莖小顆粒白膠」最小。表示粗莖小顆粒白膠阻水性最好。

(二)小顆粒白膠配方的玉米密集板(E、F、H、K、L、M)的吸水率均比市售密集板低，由此可證「阻水性」勝過市售密集板。

## 八、【實驗八】探討不同配方玉米密集板的「荷重」



(一)由圖可知，不同配方玉米密集板「荷重能力」不同，其中「粗莖大小顆粒混合白膠」最大，「粗莖小顆粒白膠」第二，而「粗莖小顆粒糝糊」最小。

(二)另外白飯膠、太白粉膠、膠水、糝糊配方製作出來的玉米密集板，荷重能力均很差，由此可證不適合用來做黏膠劑。

## 九、【實驗九】研發玉米密集板的用途



具可切割性



置物櫃和隔熱墊



吊籃



筆筒手機置物架



## 結論與建議

- 一、白膠為本研究中最適合的黏膠劑。
- 二、「莖」是玉米植株中最適合做玉米板的部位，而以小顆粒的處理方式硬度最大。
- 三、「粗莖」是最適合做玉米密集板的部位，中莖也可利用，而細莖玉米板硬度較差，故建議剪除不用或者做成有機肥料。
- 四、厚度並不會影響硬度，而不同黏膠劑和玉米材料會影響玉米板硬度。
- 五、在「硬度」、「衝擊耐久度」與「韌度」測試方面，硬度愈高，其衝擊耐久度會越大，但「韌度」反而越小，此兩者與市售密集板比較大致相同。
- 六、「粗莖大小顆粒混合白膠」的配方與「粗莖小顆粒白膠」均比市售密集板韌度大，韌度越大表示，減震性能好，建議玉米密集板可嘗試用來做物品的封箱包裝加工材料。
- 七、雖然「粗莖小顆粒白膠」的配方有較高的「硬度」和「阻水性」，但「粗莖大小顆粒混合白膠」有更好的「衝擊耐久度」、「韌度」和「荷重」，且兩者「硬度」和「阻水性」也很接近，故製作玉米板時可以使用「大小顆粒混合」的方式，並建議延伸此研究，找出最好的黃金比例。
- 八、白膠配方玉米密集板的「阻水性」和「韌度」均比市售密集板佳，而玉米密集板使用白膠為黏膠劑，較無毒性、且環保，符合我們的實驗目標及精神。
- 九、白膠玉米密集板具可切割性，嘗試用來製作大型置物櫃是可行的。

## 參考文獻資料

- 曲全利，張鵬順(1999) 關於落球回彈彈流理論的研究。哈爾濱工業大學學報,04-031。
- 祝裕(2018)。一書搞定機械力學(含應用力學及材料力學)。新北市：千華數位文化。
- 南一書局(2020)：國民小學自然與生活科技教學指引，五上(植物世界)及六下(巧妙的施力工具、珍愛家園)，台北：南一。
- 康軒出版社(2020)：國民小學數學教學指引，六上，圓面積，台北：南一。
- 蘇美惠(2018)。區域型生質資源綠色循環利用之可行策略-以花蓮地區為例。台灣能資源永續與低碳經濟學會能源簡析報告。
- 文創、環保加持 農業廢棄物變黃金
- 低碳永續家園資訊網。<https://lcss.epa.gov.tw/default.aspx>
- 落球實驗。[https://www.youtube.com/watch?v=pW3nd\\_mj0Xt](https://www.youtube.com/watch?v=pW3nd_mj0Xt)
- 各種板材介紹資訊網。<https://red-dot.com.tw/panel-appreciate/>
- 落球衝擊試驗機。<https://come-tech.com.tw/come-tech-2019-07-27-detail-mw-fun-落球衝擊試驗機>
- 硬度。百度百科。<https://baike.baidu.com/item/%E7%A7%B1%E7%BB%9C%E7%BB%A5>