

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

題目名稱：香蕉假莖結構的探究及在生活應用上的創作

### 一、摘要：

本篇以模擬香蕉假莖（自然、生物）結構探究對於承重力的影響。利用三視圖（數學）概念透過 3D 繪圖軟體（科技）繪製物件，並由 3D 列印機印製模型，接著使用推拉力機進行耐重測試實驗，依各實驗探究目的比較其變形程度、承重力峰值（工程測試）。由實驗得知，模擬香蕉假莖之方形結構可得最佳的穩定承重力，且不會造成嚴重之變形，另外，香蕉假莖是由葉鞘層層包覆的特性，也用耐重測試加以驗證，多層包覆確實可提升耐重程度。最後，我們將實驗結果融入生活物件中，產出既省材又堅固的物件模型—滑板。

### 二、探究題目與動機

一年四季都處處可見香蕉的蹤跡，無論是從家裡到學校的路上，或是在我們的校園內，都有香蕉的身影，我們在想香蕉假莖除了用來做堆肥外，還能做些什麼？又想到「為什麼看似脆弱的香蕉的假莖，可以支撐起結實纍纍的香蕉全株呢？並且希望透過模仿這種香蕉假莖結構，應用到生活中需要強大承重力的物件上」。(心智圖以 Gitmind 製作)

### 三、探究目的與假設

香蕉是高雄盛產的水果之一，香蕉厚實飽滿的果實非常重，更將讓我們好奇「**為什麼看似脆弱的香蕉的假莖，可以支撐起結實纍纍的香蕉全株呢？**」，為了瞭解其原因，我們便**採集香蕉假莖進行觀察**，探究其內部結構究竟有何特別之處，並**將觀察結果以 3D 列印模擬其結構**，進行實驗探究，最後將研究結果，融入生活物件，打造省材且結構堅固的物品模型。

以下為我們所進行的探究目的與假設：

- 一、探討香蕉假莖之結構情形。
- 二、探討內部不同幾何圖形結構對於承重的影響為何？
- 三、探討環狀內部間隔個數對於耐重的影響為何？
- 四、探討環狀包覆層數對於耐重的影響為何？

( 實驗結果數據附件：

[https://drive.google.com/file/d/1XIA-waDamxT6hY-MINor\\_GeRaFYQtknZ/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1XIA-waDamxT6hY-MINor_GeRaFYQtknZ/view?usp=sharing) )



圖片來源：香蕉莖的生長習性！真、假莖的不同之處



圖片來源：自行拍攝

圖 1 香蕉的球莖

圖 2 香蕉的全株

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 實驗一、探討香蕉假莖之結構情形。

(一) 實驗目的：考量香蕉假莖（香蕉葉鞘）之結構與一般單子葉植物有何不同，推測其結構對於承重能力有主要的影響，且成因可能不僅只是一種。因此根據實驗結果，找出適合後續安排實驗內容之相關因素。採集新鮮的單子葉植物莖，以校園中最大量的芒草莖與香蕉假莖為實驗樣品主體，利用裁剪工具剪剖，以進行橫切面與縱切面的觀察，過程中搭配著過去所學的生物學科知識——植物的營養器官，來分析觀察的結果。在過程中記錄並繪製觀察所得的現象，透過與組員討論，分析比較出不同之結構差異。

(二) 使用器材：剪刀、美工刀、放大鏡、電子秤、實驗紀錄簿。

(三) 實驗流程：

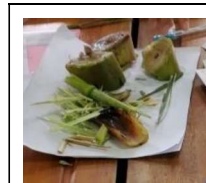
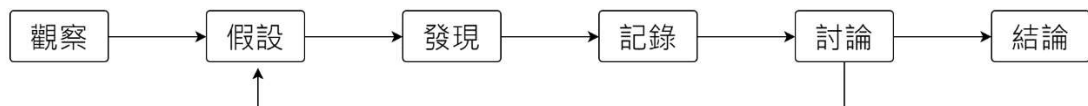


圖 4-1-1 觀察後的素材



圖 4-1-2 觀察與紀錄



圖 4-1-3 香蕉假莖橫切面

(四) 研究結果：

1. 經由實驗觀察後，我們發現香蕉假莖，確實不符合單子葉植物莖的定義，其本質上是由多層香蕉葉的葉鞘包覆而成，在橫切面或是縱切面觀察都可發現，由許多薄膜呈平行排列所構成的小格子，且這些富含液體的薄膜具備彈性，可以壓縮耐震，綜合考量後，該結構的特性是相較其他植物的莖擁有更大載重能力的主因（如圖 4-1-4、4-1-5）。

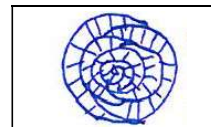


圖 4-1-4 香蕉假莖橫切面手繪記錄

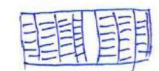


圖 4-1-5 香蕉假莖縱切面手繪記錄

2. 芒草莖的橫切面外緣內白，外圍部分較緊密，內部結構的基本組織較疏鬆，節的部分全部都很緊密，而葉子是交錯生長的（如圖 4-1-6、4-1-7）。

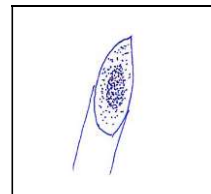


圖 4-1-6 芒草莖橫切面手繪記錄



圖 4-1-7 芒草莖縱切面手繪記錄

3. 在比較乾燥與新鮮假莖重量的實驗中實際測重後，乾燥香蕉假莖為 20 克重，新鮮香蕉假莖為 144 克重，可見其內部的水分佔有相當大的比例。

##### 實驗二、探討內部不同幾何圖形結構對於承重的影響為何？

(一) 實驗目的：由實驗一的結果與討論，我們以在芒草莖與香蕉假莖內部所發現到其中各具有不同幾何圖形結構為依據，探討結構對於承重力的影響。我們將承重力的觀念套用到日常生活中，常見的棧板上，進而在長方體內部融入不同幾何圖形結構的設計理念，我們首先以三視圖中上視圖、前視圖的方式手繪在紀錄簿（圖 3-2-5）

上，再使用電腦的 Tinkercad 3D 繪圖軟體 (圖 3-2-6)，建立立體模型，然後透過 XYZprinting 3D 列印機噴出模型 (圖 3-2-3)，分別設計出不同操作變因的棧板模型 (圖 3-2-4)。

(二) 使用器材：Tinkercad、3D 圖檔轉換程式、3D 列印機、數位式推拉力計組 (附電子尺標)。

(三) 實驗流程與說明：



我們以手繪方式繪製了定位板 (以紅、藍、黑、綠四色繪製方格)，並黏貼於實驗平台上 (圖 3-2-1) 以增加實驗公正性。

圖 3-2-1 手繪定位板	圖 3-2-2 設計初模繪製情形	圖 3-2-3 實驗初模列印情形	圖 3-2-4 實驗模型的初模	圖 3-2-5 棧板設計手繪草稿	圖 3-2-6 棧板設計軟體繪製

(四) 研究結果：

分組方式	平行圖形設計		方格設計	
設計緣由	源自芒草莖內部纖維呈絲狀平行長條型		想法源自香蕉假莖內部結構	
內部結構	垂直平行三角柱體	斜平行三角柱體	方形柱體 (3mm)	菱形柱體
軟體設計檔圖片				
測試模型照片				
耗材長度	2.398 m	3.031 m	3.443m	3.028 m
平均承重力 (kgw)	24.1	26.7	25.9225	28.66
平均變形程 (mm)	-1.432	-1.28	-0.5875	-0.427
備註	1. 黃色底色為「承重力峰值最大」或是「變形程度最大值」。 2. 表格中實驗數據前之符號「-」表示下降凹陷之方向，並非負的數值。 3. 詳細實驗數據內容，可見雲端附件第 1 頁、第 4 頁。			

1. 在本次實驗測試的結果中 (表 4-2)，可以發現到在垂直平行三角柱體或斜平行三角柱體的結構，雖然最高承重力峰值都很高 (40.21kgw、28.86kgw)，

但其最低承重力峰值也是相對較低的 ( 14.96kgw、22.68kgw )，其數值不穩定的表現，導致了其平均承重力峰值並非最為突出的，與圖形非對稱性有關。

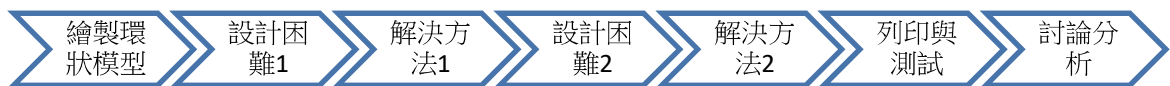
- 透過本次實驗結果，我們也發現到，在四種結構中，測試結果表現最為穩定的是模擬香蕉假莖的方形結構，最高承重力 ( 26.59kgw ) 與最低承重力 ( 25.6kgw ) 只相差不到 1kgw，這樣的結果也和我們所期待的相仿，讓我們對於本次實驗探究更加有自信心。

### 實驗三、探討環狀內部間隔個數對於耐重的影響為何？

(一) 實驗目的：為了驗證香蕉假莖內部方格結構有強大支撐力的特性，我們探討的是模擬香蕉假莖的圓柱狀，而在單一層環狀結構內，間隔個數對於耐重的影響。

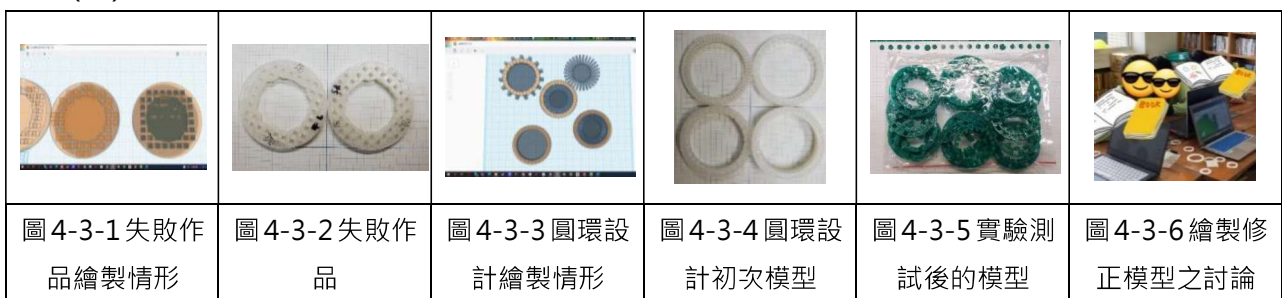
(二) 使用器材：Tinkercad、3D 圖檔轉換程式、3D 列印機、數位式推拉力計組 ( 附電子尺標 )。

(三) 實驗流程與說明：



- 設計困難 1：我們起初僅僅以為將第一階段棧板模型的方格融入圓環就好，但產出的結果非常不像香蕉假莖結構 ( 圖 4-3-1、圖 4-3-2 )，有失我們要模擬香蕉假莖的目的。解決方法 1：利用圓形都是 360° 的概念，在角度上做分配。
- 設計困難 2：就是要怎麼挖空才會呈現對稱呢？解決方法 2：經過大家測試了各種圖形後，我們發現用類似齒輪圖形的方式 ( 圖 4-3-3 )，在圓環上對其圓心，設定齒輪齒數，就可以解決此問題了。






(四) 實驗過程照片：



(五) 研究結果：

間隔數	8 (淺藍)	10 (紅)	12 (綠)	16 (深藍)	20 (黃)
間隔角度	45°	36°	30°	22.5°	18°
軟體設計檔圖片					
耗材長度	0.948m	0.915m	0.776m	0.768m	0.777m
平均承重力 ( kgw )	2.00	1.703	1.566	1.473	1.676



平均變形程度 ( mm )	-14.326	-15.336	-14.576	-16.81	-17.58
測試後模型照片					
備註	<p>4. 本表格之模型實體圖片為測試後所拍攝，故看起來不是完整的圓。</p> <p>5. 黃色底色為「承重力峰值最大」或是「變形程度最大值」。</p> <p>6. 表格中實驗數據前之符號「-」表示下降凹陷之方向，並非負的數值。</p> <p>7. 詳細實驗數據內容，可見雲端附件第 2 頁、第 4 頁。</p>				

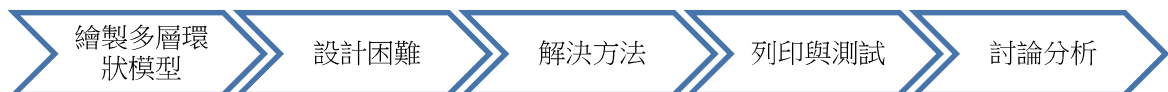
1. 透過實驗數據 ( 表 4-3 )，可以發現到不同間隔數的承重力峰值並不是按照間隔數比例而增減的，而且個別承重力無太大差異，均落在約 1.5 ~ 2(kgw)之間。
2. 從實驗獲得的數據來看，在單一層且無加蓋的五種間隔數中，當間隔數為 8 時，可以有最大的承重能力，若輔以變形程度來看的話，可推測其承重能力大，是因為其耐形變量較大，所以當間隔數較少時，不容易斷裂。

#### 實驗四、探討環狀包覆層數對於耐重的影響為何？

(一) 實驗目的：驗證實驗一觀察香蕉假莖時，從橫切面來看是由多片葉鞘所層層包覆而形成假莖，推測層層包覆可增加耐重程度，因此進行模擬測試。











(二) 使用器材：Tinkercad、3D 圖檔轉換程式、3D 列印機、數位式推拉力計組 ( 附電子尺標 )。

(三) 實驗流程與說明：



設計困難：3D 列印會有誤差。解決方法：預留 5% 的大小，以便做鑲嵌疊合的操作。

(四) 研究結果：

間隔數	8 ( 淺藍 )	10 ( 紅 )	12 ( 綠 )	16 ( 深藍 )	20 ( 黃 )	
間隔角度	45°	36°	30°	22.5°	18°	
軟體設計檔圖片						
單環	平均承重力 ( kgw )	2	1.703	1.566	1.473	1.676
單環	平均變形程度 ( mm )	-14.326	-15.336	-14.576	-16.81	-17.58
雙環	平均承重力 ( kgw )	4.593	4.57	3.31	3.583	3.083
雙環	平均變形程度 ( mm )	-11.32	-10.736	-11.87	-12.393	-11.283
三環	平均承重力 ( kgw )	9.4	19.3	6.316	4.073	9.713
三環	平均變形程度 ( mm )	-1.21	-3.766	-2.81	-2.28	-2.29
測試後模型照片						

備註	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本表格一層無蓋之實驗數據，取自實驗三不同間隔數之實驗數據。</li> <li>2. 黃色底色為「承重力峰值最大」或是「變形程度最大值」。</li> <li>3. 表格中實驗數據前之符號「-」表示下降凹陷之方向，並非負的數值。</li> <li>4. 詳細實驗數據內容，可見雲端附件第 3 頁、第 4 頁。</li> </ol>
----	---

1. 透過本次實驗數據（表 4-4），不同間隔數的承重力峰值跟實驗三結果一樣並不是按照間隔數比例而增減的；另外，可以發現到**無論間隔個數數量的耐重程度，均為「三環 > 雙環 > 單環」**，意即多層包覆可增加其承重力。
2. 二環時，**間隔數 8** 的承重力依然是最佳；而變形程度最高的是間隔 16。
3. 三環時，**間隔數 10** 的承重力與變形程度都是最大值。

## 五、結論與生活應用

透過觀察，我們發現香蕉假莖內部結構，與生物課本所學「單子葉植物莖的基本組織」相同，是由纖維所組合而成，呈現的是規律且平行排列的整齊方格。因此在整個探究後，我們得到以下結論（表 5-1），並將結果套用在生活之中有耐重能力需求的物件上一應用結果的模型滑板（圖 5-1）：

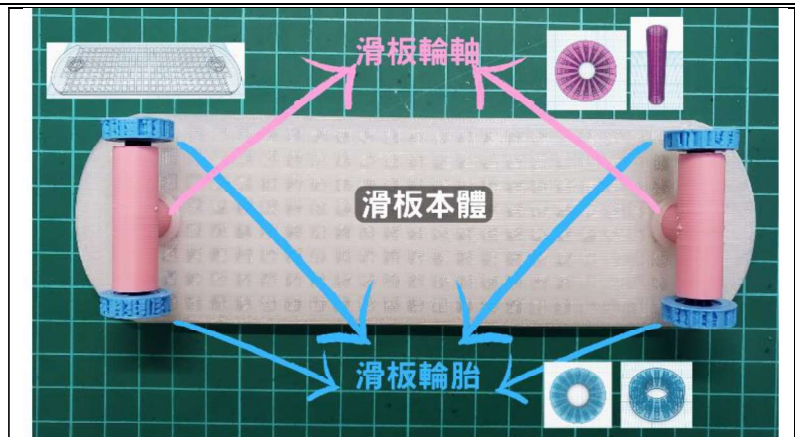


圖 5-1 香蕉假莖結構探究後的應用模型—滑板

表 5-1

編號	實驗結果	對應之模型部件
實驗一	觀察植物的橫切面或縱切面後發現，香蕉假莖 <b>承重力的強度與「內部結構」有關，而且結構輕量省材。</b>	設計理念
實驗二	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 方格結構實驗數據較穩定下，我們認為所需的堅固，應該要界定成「<b>具備穩定的承重能力且不易彎曲變形</b>」，正是香蕉假莖結構給予我們的啟示。</li> <li>2. 在設計模型時，<b>對稱性高的結構有助於提供穩定的承重力。</b></li> </ol>	滑板本體 (本模型與全實心相比可節省三分之一的耗材)
實驗三	在圓環設計時， <b>間隔數增加（挖空部分）可以節省材料成本，且承重能力相當，不會因為間隔數多而有上升或下降的趨勢。</b>	滑板輪軸 (多層堆疊)
實驗四	無論間隔個數數量，對於耐重程度，均為「三環 > 雙環 > 單環」，與我們預想香蕉假莖是由 <b>多層包覆而有強大支撐力</b> 的期待相同。	滑板輪胎 (多層包覆)

## 參考資料

- (一) 不是一般人 (2017 年 11 月 19 日)。農業種植技術之一香蕉。每日頭條。取自：  
<https://kknews.cc/agriculture/z2ka5za.html>
- (二) 三農星探 (2019 年 07 月 17 日)。香蕉莖的生長習性！真、假莖的不同之處。每日頭條。取自：  
<https://kknews.cc/news/y5qv2bj.html>
- (三) Zfang (2019 年 12 月 30 日)。香蕉樹與香蕉(下) 香蕉樹的斷面。精讚。取自：<http://n.sfs.tw/14259>