

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

第二名

080815

”豆”志昂揚

～探討豆芽甜、脆因素及銀芽得來速方法

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者：	指導老師：
小六 甘杰生	張 慎
小六 黃暉哲	陳佳宜
小六 王穎蓁	
小六 黃允彤	
小六 戴紹穎	

關鍵詞：豆芽、銀芽、育芽切割

# “豆”志昂揚 ~

## 探討豆芽甜、脆因素及銀芽得來速方法

### 摘要

豆芽的生長週期短、營養價值高、不受天災影響，很適合成為現代人的桌上佳餚。市場的豆芽很便宜，但是餐廳的銀芽很昂貴，豆芽達人說：豆芽人人會種，但是有機的好豆芽卻是一門大學問，餐廳廚師說：銀芽只能慢慢摘，貴在費時的功夫上。豆芽和銀芽充滿秘密，所以我們決定做研究：一、市售豆芽的甜、脆度；二、探討豆芽生長的變化；三、影響豆芽甜、脆度的因素；四、研究製作“豆芽溫箱”；五、研究快速取得銀芽的方法和器材。研究得知：一、選豆是種出好豆芽的第一步；二、環境溫度、注水溫度和光照狀態會影響豆芽的甜度；三、環境溫度、注水溫度、加壓重量和浸泡時間會影響豆芽的脆度；四、自製的“超級讚豆營”可以得到香甜、爽脆、得來速的銀芽。

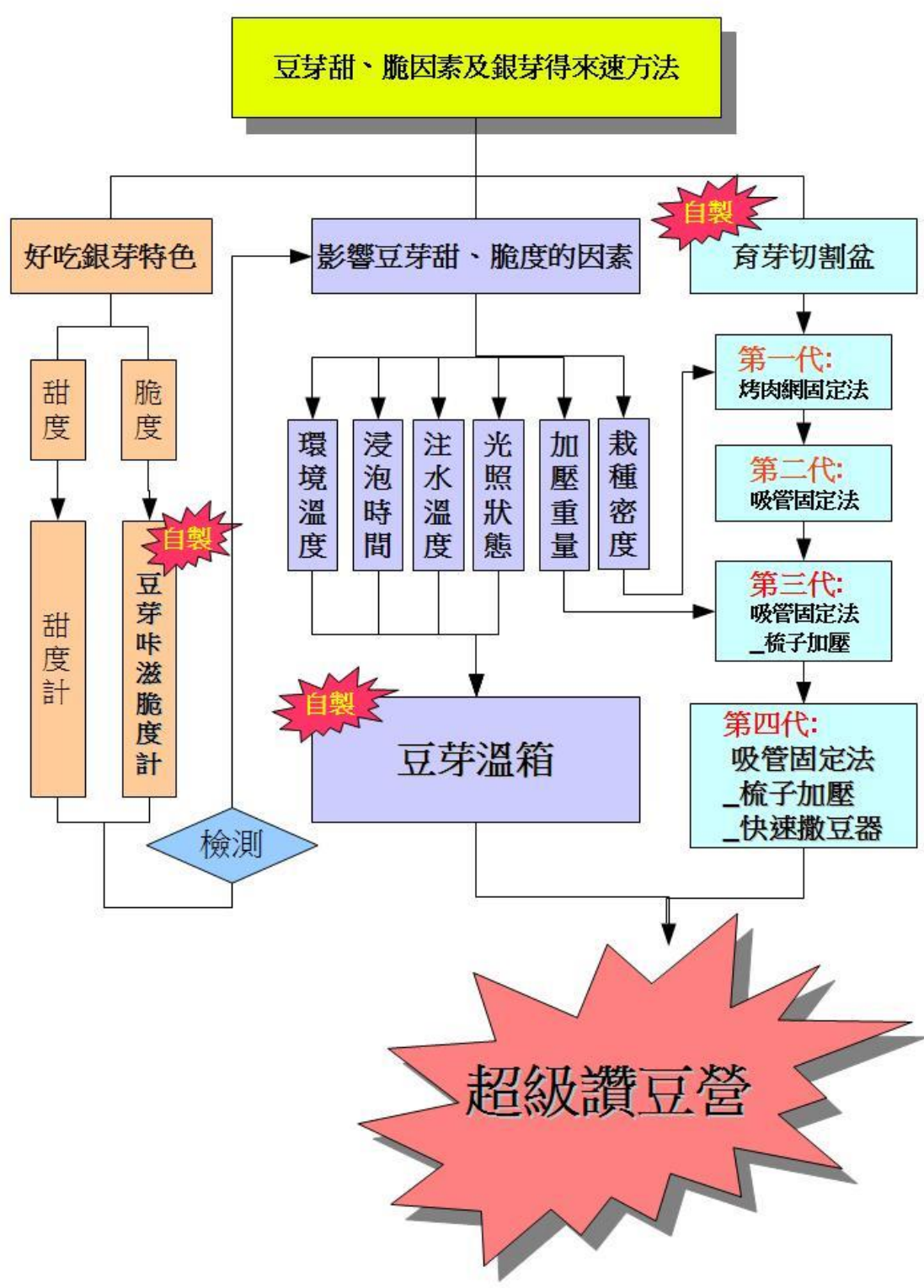
### 壹、研究動機

有一次跟媽媽去餐廳吃飯，點了一道清炒銀芽，感覺脆脆的超好吃，但是發現價格的確比單純炒豆芽菜貴很多！我提議下次可以請媽媽在家做做看，於是媽媽買回來一大包豆芽，要我幫忙摘成銀芽。我驚訝地發現豆芽的長短不一，不但東倒西歪，而且亂七八糟！必須先找出完整的豆芽，然後再一根根地摘掉子葉和根，才能變成銀芽，浪費好多好多的時間！我也發現有的豆芽吃起來特別甜脆，有的就很普通，到底香甜清脆的豆芽是怎麼種出來的？有沒有把豆芽快速變成銀芽的好方法？我們想利用這次研究來尋找問題的答案。

### 貳、研究目的


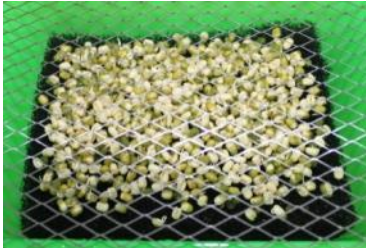


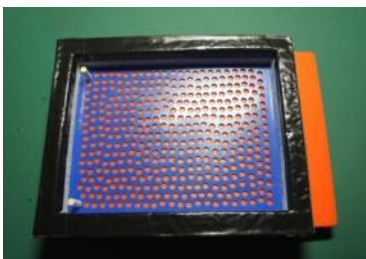

- 一、探討市售豆芽與自己栽種豆芽的甜、脆度
- 二、探討豆芽生長變化與可能影響豆芽甜、脆度的因素
- 三、研究製作“豆芽溫箱”
- 四、研究製作銀芽“育芽切割盆”
- 五、完成“超級讚豆營”

# 參、研究流程圖





## 肆、研究設備及器材







### 一、自製器材

		
<p>豆芽呷滋脆度計</p>	<p>烤肉網切割器</p>	<p>吸管育芽切割器</p>
		
<p>梳子加壓器</p>	<p>快速撒豆器</p>	<p>豆芽溫箱</p>

### 二、電子器材

		
<p>精密電子秤</p>	<p>電子照度計</p>	<p>電子加溫組</p>
		
<p>電子秤</p>	<p>溫、濕度計</p>	<p>寵物電毯</p>

### 三、其他器材

		
水耕盆(22cmx14cmx9cm)	育芽盆(22cmx14cmx9cm)	塑膠盤蓋
		
生化棉	收納箱	測量尺

熱熔膠、強力膠、黑塑膠袋、泡棉、吸管、塑膠條尺、直尺、鐵尺、量杯、美工刀、剪刀、燒杯、鑷子、刀子、鋼釘、珠子、竹籤、矽利康、木板、水管彎頭、黑色強力膠帶、雙面膠帶、烤肉網、綠豆、豆芽、氣泡水、自來水、計時器、甜度計、電子溫度計

### 伍、研究過程或方法

#### 一、研究一 探討市售豆芽的甜、脆度與豆芽、銀芽的介紹

為了增加對豆芽培育狀況的了解，我們參訪苗栗地區專門栽種豆芽的農場。經過農場主人的解說，我們了解豆芽品質的認定，是以香甜及清脆作為標準。因此我們在這次實驗中，主要以豆芽的“甜度”及“脆度”來進行觀察分析。



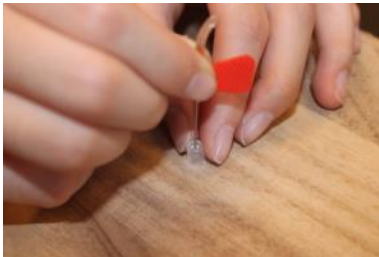
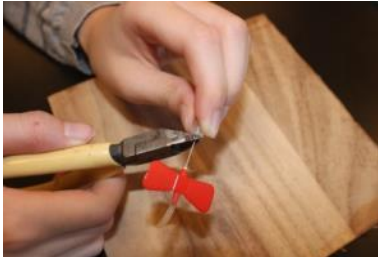

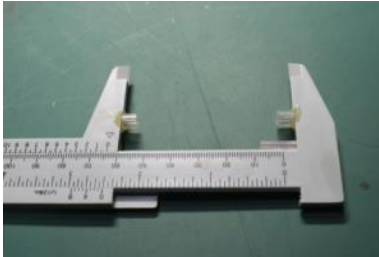
		
豆芽品質在於甜、脆度	解說育芽用綠豆的挑選	分享多年培育豆芽經驗

測量豆芽甜度，我們利用市售的甜度計來量化測量。但是豆芽脆度的測量，卻找不到這樣的工具，實在很苦惱。最後我們自行設計製作“豆芽咔滋脆度計”。

## (一) 豆芽咔滋脆度計

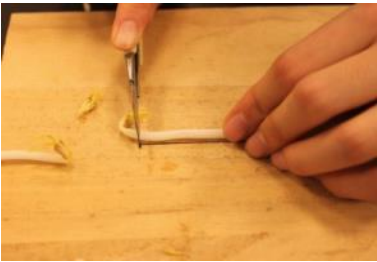

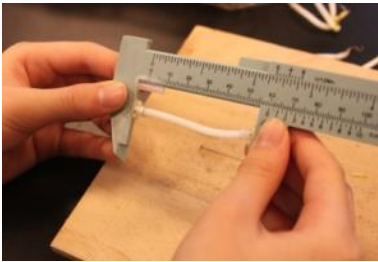
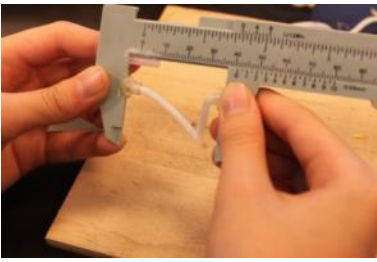
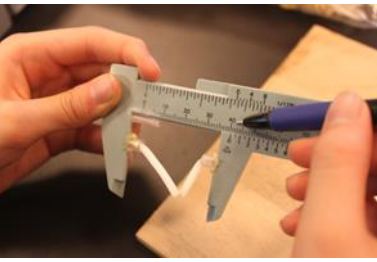

### 1. 製作方式

- (1) 準備二種不同的全新針頭。
- (2) 切下針頭保護蓋的前端，做為固定豆芽的套筒。
- (3) 將點滴的針頭由上方刺入豆芽套筒內，以加強固定豆芽。
- (4) 剪掉豆芽套筒外多餘的針。
- (5) 分別將二個豆芽套筒黏在測量尺的兩端，完成“豆芽咔滋脆度計”。

		
準備兩種全新的針頭	切下針頭蓋的前端	針頭插入切下的針頭蓋
		
剪掉豆芽套筒外的針	將豆芽套筒黏在測量尺上	豆芽咔滋脆度計

### 2. 操作方式

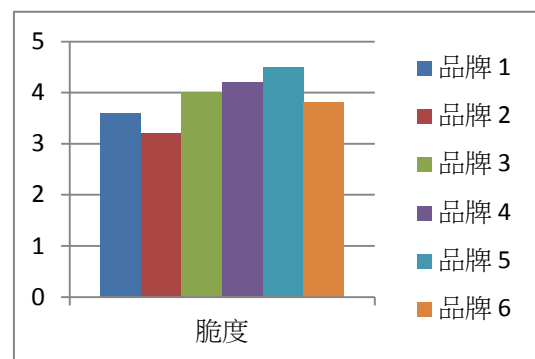
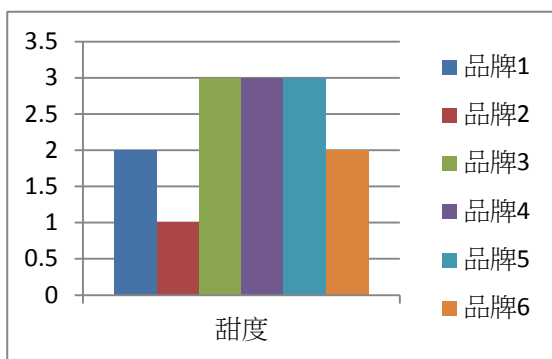
- (1) 將準備要測量的豆芽切除子葉和根，保留 6cm 的莖（銀芽）。
- (2) 打開“豆芽咔滋脆度計”將豆芽的兩端分別插入固定豆芽的套筒內。
- (3) 以固定的速度將測量尺向內推。
- (4) 聽到豆芽“咔滋”聲響時停止動作，並讀取測量尺上的數值。
- (5) 數值代表測量豆芽的脆度，**數值愈大**，代表測量的**豆芽愈脆**。

		
將豆芽切成 6cm 長	將豆芽兩端固定在套筒內	以固定速度推動測量尺
		
聽到“咔滋”聲響時停止	讀取尺上的數字	記錄讀取到的數字

為了解市售豆芽品質，我們到不同地點，購買不同來源的豆芽共 6 包，每包取 10 株，分別測量甜度與脆度，測量後取平均值並記錄結果。

### 3.研究結果

	品牌一	品牌二	品牌三	品牌四	品牌五	品牌六	平均
脆度	3.6	3.5	4.0	4.2	4.5	3.8	3.8
甜度	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.3



### (二) 豆芽與銀芽的差別

豆芽：豆芽為含有完整根、莖及子葉的完整培育植物。

銀芽：銀芽是指摘除豆芽的根與子葉，獨留莖的部分，為炒菜專用成品。



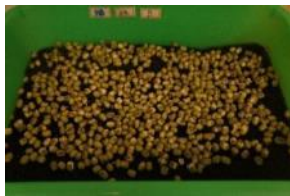

		
豆芽的外觀	摘除豆芽的根	銀芽的外觀

## 二、研究二 探討豆芽生長變化與可能影響豆芽甜、脆度的因素

### (一)選豆、浸種、催芽及育芽步驟

本實驗以下所提選豆、浸種、催芽及育芽的步驟如下：

- 1.選豆：先利用篩網挑選出大小相似，再選出顏色相近的綠豆。
- 2.浸種：將 600 顆綠豆均勻平鋪於水耕盆中，加入 15~20°C 自來水(pH=7)1000 毫升，並浸泡在水中連續 6 小時。
- 3.催芽：將浸種後的綠豆平均放入鋪有生化棉的育芽盆中，連續 6 小時。
- 4.育芽：每 6 小時將育芽盆內的自來水加至豆芽高度以上，靜置 5 分鐘後將水倒掉加蓋育芽，連續 5 日。

			
選豆	浸種	催芽	育芽





### (二)探討綠豆浸種的面積變化

- 1.取 100 顆綠豆，排成 10×10 的緊密方形，測量其面積。
- 2.將此 100 顆綠豆，浸泡 6 小後，再次排成 10×10 的緊密方形，測量浸泡後的面積。

### (三)研究結果

- 1.浸泡前 100 顆綠豆，總長度為 5.5cm，總寬度為 4cm，面積為 22cm<sup>2</sup>。
- 2.浸泡後 100 顆綠豆，總長度為 8cm，總寬度為 6cm，面積為 48cm<sup>2</sup>。
- 3.浸泡前 1 顆綠豆平均長度為 0.55cm (5.5/10)，浸泡後一顆綠豆後平均長度為 0.8cm(8/10)
- 4.浸泡後的綠豆長寬面積比浸泡前的綠豆增加 2.2 倍(48cm<sup>2</sup>/22cm<sup>2</sup>)。



	
浸泡前/長 5.5 cm	浸泡前/寬 4 cm
	
浸泡後/長 8 cm	浸泡後/寬 6 cm

#### (四)影響豆芽甜、脆度的因素

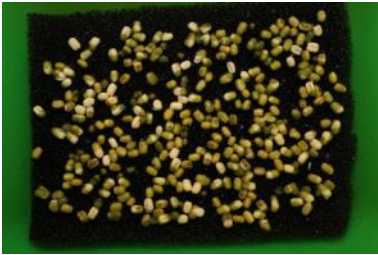
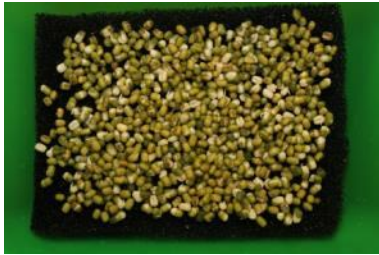
- 1.依上述方式選豆、浸種、催芽。
- 2.將育芽盆用 PP 板區分成 12 區。
- 3.依據各環境數據與條件育芽。
- 4.於第 5 日，由各區隨機取一個樣本，分別測量：
  - (1) 先以棉線測量莖長並比對直尺上數值，再以測量尺量出最粗部分的莖徑。
  - (2) 分別以甜度計與“豆芽呷滋脆度計”測量樣本的甜度與脆度。
  - (3) 上述的數值皆去掉最大值與最小值，留中間 10 個數值求得平均值後確實記錄。
- 5.在影響甜度及脆度的原因中，我們設定了六項可能因素。每單項實驗僅針對特定想觀察的因素作變數設定，其他因素的設定則根據以下原則：
  - (1) 已檢測的因素：依據先前實驗的最佳數據與條件結果設定。
  - (2) 未檢測的因素：依據對照組的數據設定。
- 6.在前實驗中選出其中豆芽長度足夠且甜度、脆度表現最佳的一組命名為“前組勝出組”，並依據該勝出組數據為準，成為下一組實驗的對照組。

		
每區隨機取一株豆芽	測量莖徑	記錄測量後的數字



各單項因素的變數設定如下：

因素	對照組	實驗組
栽種密度	600 顆 / 22cmx14cm	低密度組：綠豆 300 顆 / 22cmx14cm
		高密度組：綠豆 900 顆 / 22cmx14cm
環境溫度	室溫 (約 25°C)	低溫組：水耕盆加蓋後，放置冰箱冷藏室 (約 7°C)
		高溫組：水耕盆加蓋後，放置鋪有寵物保暖電毯的紙箱內，並蓋上紙箱 (約 35°C)
浸泡時間	5 分鐘/每 6 小時	中時間組：15 分鐘/每 6 小時
		長時間組：25 分鐘/每 6 小時
注水溫度	15°C	冰水組：5°C
		溫水組：30°C
光照狀態	加蓋 半透光 水耕盆上加蓋 (12Lux)	不加蓋 室內光線組(33Lux)
		加蓋 不透光組：育芽盆外貼黑色膠帶，上方黏貼黑色垃圾袋，內部以黑色 PP 板隔絕光線(0Lux)
加壓重量	不加壓	輕加壓組：3kg
		中加壓組：6kg
		重加壓組：9 kg



### 栽種密度

	
低密度組 (300 顆)	高密度組 (900 顆)



### 環境溫度

	
低溫組 (約 7°C)	高溫組 (約 35°C)




## 浸泡時間

	
中時間組 (15 分鐘/每 6 小時)	長時間組 (25 分鐘/每 6 小時)



## 注水溫度

	
冰水組 (5°C)	溫水組 (30°C)

## 加壓重量

		
輕加壓組 (3kg)	中加壓組 (6kg)	重加壓組 (9kg)

## 光照狀態

	
不加蓋_室內光線組 (33Lux)	加蓋_不透光組 (0Lux)

### 三、研究三 研究製作“豆芽溫箱”

我們由研究二得知豆芽育芽過程的理想條件，是不是能以這些數據及條件為標準，設計出一個育芽專屬的“豆芽溫箱”，得到最理想的莖長、莖徑、甜度與脆度？




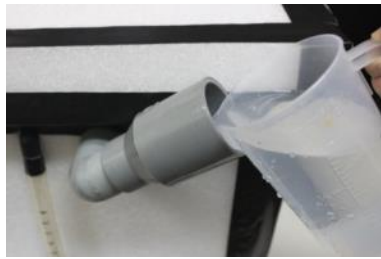
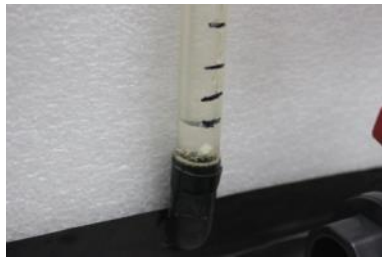
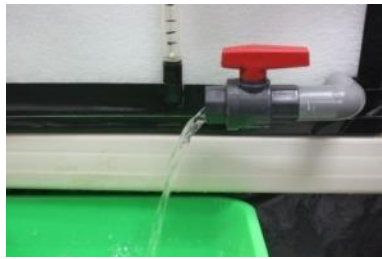
#### (一)製作方式

- 1.在收納箱上鑽出 7 個不同管線的圓孔。
- 2.分別安裝冷水進出、溫度控制電線、進水、排水與水位高度計的 S 形水管。
- 3.安裝水位高度計。
- 4.以矽利康固定 S 形水管。
- 5.在收納箱外黏貼黑色強力膠帶，以隔絕光線。
- 6.外面加上泡棉，避免內部溫度散失，減少加溫棒及冷水機的工作時間。
- 7.設置箱內電子溫度計，以了解箱內的實際溫度。
- 8.安裝電子恆溫加溫系統。

		
收納箱上鑽孔	黏貼固定水管彎頭	安裝水位高度計
		
矽利康固定 S 形水管	箱外黏貼黑色強力膠帶	完成收納箱的遮光
		
加上泡棉保溫防撞	安裝電子溫度計	組裝電子恆溫加溫系統

## (二)操作步驟

- 1.在溫控區內加入自來水。
- 2.利用溫度控制器維持箱內溫度為 25°C。
- 3.將催芽後的綠豆放入育芽盆後，放入箱內的育芽區中，加蓋進行育芽。
- 4.每 6 小時由進水孔加入 5°C 的冷水，水量依水位高度計上刻度添加，15 分鐘後排水。每天 4 次，連續 5 天。

		
溫控區內加入自來水	設定溫度控制器	將催芽後的育芽盆放入
		
每 6 小時加入 5°C 的冷水	依水位高度計刻度注水	15 分鐘後排出育芽區的水

## (三)實驗發現

本實驗發現豆芽溫箱中培育的豆芽生長情況良好，能夠有效增加豆芽的甜度與脆度，水位高度計能夠有效地掌握每次的注水量，溫度控制器也能夠有效地維持豆芽溫箱內 25°C 的箱內溫度，接著該如何快速取得銀芽呢？

## 四、研究四 探討豆芽育芽及銀芽得來速的方法

先前媽媽請我幫忙把豆芽摘成銀芽時，我發現豆芽頭尾散亂，所以摘的速度很慢。我想如果有一種液體，它的密度剛好比子葉重，比豆芽輕，這樣就算原本的豆芽排列混亂，一旦丟入液體內由於浮力與重力作用，自然會變成子葉下根上的垂直整齊排列，或許有助於方便集中切割豆芽子葉與根。因此設計下面的實驗：

### (一)比重浮沉法

#### 1.步驟

- (1) 準備豆芽、氣泡水和 1000cc 量杯。
- (2) 將氣泡水與自來水依下表比例混合備用。
- (3) 分別將 5 根豆芽放入 5 種不同濃度的氣泡液中，觀察豆芽在量杯中的排列方式。

	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組
氣泡水	100 cc	200 cc	300 cc	400 cc	500 cc
自來水	900cc	800cc	700cc	600cc	500cc



## 2.實驗發現

- (1) 在下列各不同濃度的氣泡液中，豆芽均以漂浮橫躺方式不規則排列。
- (2) 嘗試利用加入氣泡水讓液體密度降低，調整到子葉比重大於液體，達到子葉下根上的垂直排列目的，以方便集中整理並切割豆芽子葉與根的計畫沒有成功。

	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組
直立	0 根	0 根	0 根	0 根	0 根
非直立	5 根	5 根	5 根	5 根	5 根

初步的構想無法達成，因此我們想直接從培育著手。

## (二)育芽切割法

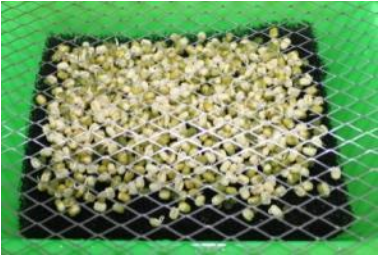

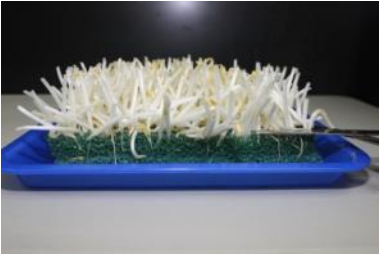
### 1.第一代育芽切割盆：烤肉網固定法

豆芽無法快速切割往往是因為沒有辦法固定住豆芽，由於豆芽下方已經有生化棉可以幫助固定根，所以只需要固定豆芽的上部，就可以順利切除根及子葉，我們想到利用烤肉網上的孔來協助固定豆芽的子葉，等到豆芽的莖和子葉生長穿過烤肉網，就可以沿著烤肉網順利切除子葉，再沿著生化棉切除根，就可以快速變成銀芽。

#### (1)操作步驟


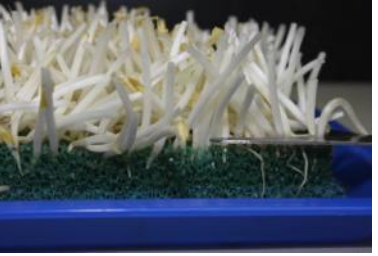

- ①依研究二的方式選豆、浸種及催芽。
- ②育芽方式是在育芽盆上放置一片烤肉網後，放入研究三的自製“豆芽溫箱”內。

- ③5 天後，將育芽盆從 “豆芽溫箱” 內取出。用剪刀剪掉烤肉網上的豆芽子葉。  
 ④將生化棉從育芽盆中取出，使用剪刀沿生化棉上方橫剪就可以快速取得銀芽。

		
育芽盆上放置一塊烤肉網	將露出烤肉網孔的子葉剪除	將生化棉內的豆芽根剪除

## (2)實驗發現

- ①有些豆芽可能是由於育芽體積膨脹後被擠到上方，導致根無法鑽入生化棉內，所以豆芽長歪。
- ②部分豆芽的根呈現不規則的生長方向，並未全部向下生長，所以無法順利地一次剪除全部豆芽的根。
- ③有些豆芽會橫向或斜著生長，所以沒有穿過烤肉網，以致無法切除到豆芽子葉。
- ④豆芽子葉穿過上方烤肉網的快慢不一，會影響切割的時機。

		
子葉穿過烤肉網的時間不一	豆芽的根並未全部向下生長	有些豆芽子葉沒能一次切除





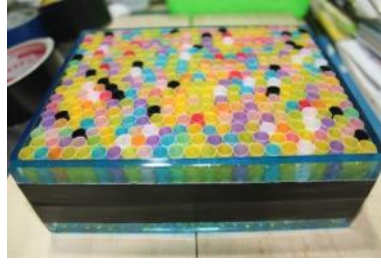
有鑑於此，我們想到種植山藥的水管，或許吸管對豆芽的垂直生長會有幫助。

## 2.第二代育芽切割盆：吸管固定法

由於豆芽每天需要浸泡四次，此時會造成綠豆漂移，影響豆芽根固定往生化棉下方生長，導致豆芽側生而無法順利切除。我們利用吸管給每顆綠豆一個家，讓豆芽的莖和根順著吸管生長，5 天後就可以沿著吸管育芽切割器順利切除子葉及根，變成銀芽。






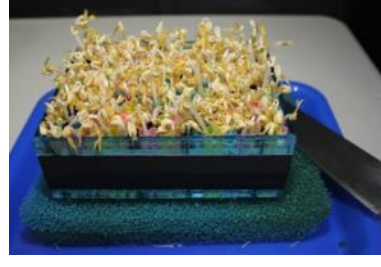
### (1)製作步驟

- ①依實驗結果購買直徑 8mm 的吸管，並根據實驗所得豆芽莖生長 5 天的平均尺寸，將吸管全部裁切為 6cm 的長度。
- ②利用雙面膠帶及壓克力膠黏貼組成 23 排乘以 17 列的吸管（ $23 \times 17 = 391$ ）。
- ③將塑膠條尺分別裁切成適當的長度後，以雙面膠帶與壓克力膠黏貼固定在吸管方陣的外側，加強固定吸管。
- ④用黑色強力膠帶加強固定塑膠條尺。

		
使用直徑 8mm 的吸管	將吸管裁切成 6cm 的長度	用雙面膠帶固定成排
		
以壓克力膠黏貼各排吸管	黏貼塑膠條尺	用黑色強力膠帶加強固定

## (2)操作步驟

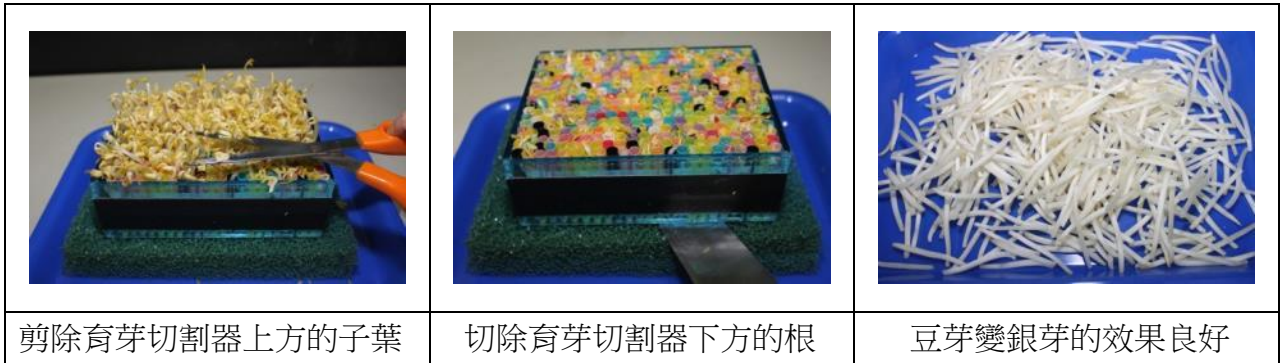
- ①器材組裝：將生化棉放置在育芽盆內，再將吸管育芽切割器放置在生化棉上，組成吸管固定法的育芽切割盆。
- ②浸種催芽育芽：放入“豆芽溫箱”進行浸種、催芽與育芽。
- ③切成銀芽：5 天後取出育芽切割盆，先將吸管育芽切割器與生化棉一起取出育芽盆，再以剪刀沿吸管育芽切割器上方剪掉豆芽子葉，最後用刀子沿吸管育芽切割器下方切掉豆芽的根。

		
生化棉放在育芽盆裡	育芽切割器放在生化棉上	依序將綠豆放入吸管中
		
取出育芽切割器與生化棉	沿育芽切割器上方剪掉子葉	沿育芽切割器下方切掉根



### (3)實驗發現

- ①能夠解決豆芽生長方向問題。
- ②能夠有效快速的切除吸管育芽切割器上方的豆芽子葉與根，得到銀芽。
- ③豆芽的生長的長短不一，有些生長速度較快的豆芽露出吸管外的莖比較長，如果被切掉不使用，感覺有點浪費。



因為我們不想浪費，所以我們想進一步控制豆芽的生長速度，讓豆芽的生長長度接近。

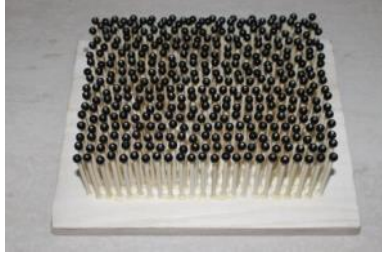
### 3.第三代育芽切割盆：吸管固定法\_梳子加壓器

由於吸管育芽切割器內的豆芽生長速度快慢不一，除了會影響豆芽莖的粗細，也會浪費切除掉生長過長的豆芽，我們決定利用加壓的方式，得到生長長度較一致的豆芽。原本想利用鋼珠放入吸管内加壓，但是放與收都很費時。我們從梳子的造型中得到靈感，於是將鋼釘固定在一塊木板上，然後插入吸管育芽切割器的吸管内，可惜鋼釘的接觸面較大，所以不容易放進吸管内，只好再研發利用珠子與竹籤結合的第二代竹籤梳子加壓器。

#### (1)製作步驟





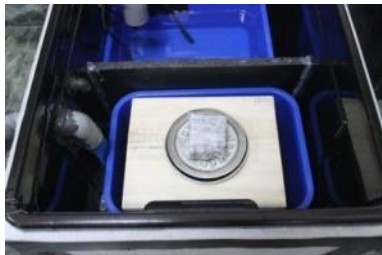

- ①將竹籤剪成 6cm 及 5.5cm 兩種長度。
- ②在竹籤的尖頭沾上強力膠，並將直徑 6mm 的黑色珠子插入。
- ③在木板上以鐵釘標示吸管位置，以電鑽垂直鑽出 0.5cm 深，直徑 3.2mm 圓孔。
- ④將竹籤尾端沾上強力膠，然後依 6cm 及 5.5cm 交錯方式插入木板的圓孔內。



		
在木板上標示吸管位置	將竹籤沾膠插入鑽孔內	第二代竹籤梳子加壓器

## (2)操作步驟

- ①選豆、浸種、催芽與育芽和第二代育芽切割盆相同。
- ②把竹籤梳子加壓器插入吸管育芽切割器中，成為第三代育芽切割盆。
- ③將第三代育芽切割盆放入“豆芽溫箱”內的育芽區。
- ④放置 1955g 的重量在梳子加壓器上，然後進行育芽 5 天。
- ⑤取出加壓重量、竹籤梳子加壓器及育芽盆，剪掉吸管育芽切割器上方豆芽的子葉。
- ⑥用刀子沿吸管育芽切割器下方切掉豆芽的根。

		
依序將綠豆放入吸管中上	育芽切割器放在生化棉上	將梳子加壓器插入吸管
		
放入豆芽溫箱內的育芽區	在梳子加壓器上加重	進行 5 天的育芽

## (3)實驗發現

- ①能夠有效快速的切除吸管育芽切割器的豆芽子葉與根，得到銀芽。
- ②能夠方便切割又能控制豆芽生長長度，切割時比較不浪費。

		
用梳子加壓器種出的豆芽	順利切除切割器上方子葉	銀芽的粗細和長短相近



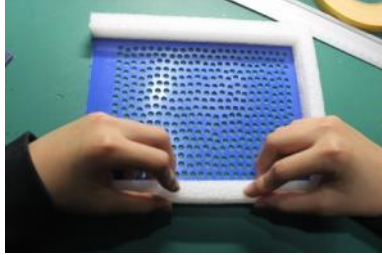

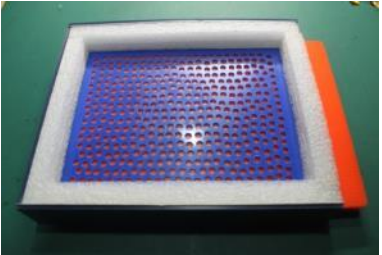
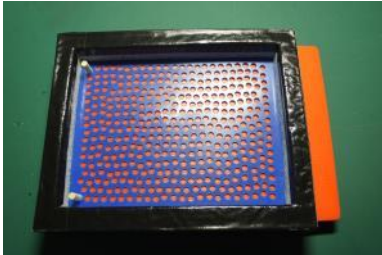
雖然這個方法可以快速取得理想的銀芽，但是要把綠豆一顆顆放入吸管内，還是很費時，於是我們思考是不是應該設計一種快速放綠豆的器材？

#### 4.第四代育芽切割盆：吸管固定法\_梳子加壓器及快速撒豆器

我們從彈珠檯的構造得到製作快速撒豆器的靈感。先利用 4mm 厚度的塑膠板，在上面依照吸管位置鑽出 391 個直徑 5.5mm 的圓孔，然後在塑膠板下放置阻隔板，先讓綠豆以一孔一豆的方式鋪滿圓孔，然後抽掉阻隔板，讓綠豆順利掉入下面的吸管内。


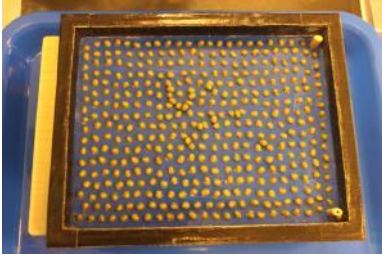

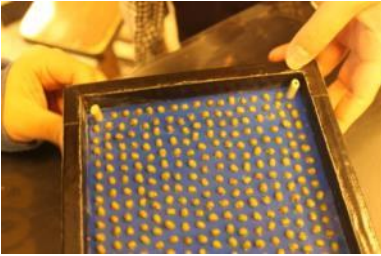
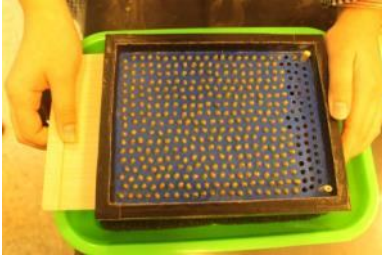

##### (1)製作步驟

- ①裁切一塊面積比吸管育芽切割器大一點的 4mm 厚塑膠板。
- ②在塑膠板上標示相對應吸管的位置。
- ③利用電鑽垂直鑽出 391 個直徑 5.5mm 的圓孔。
- ④將塑膠板四周以泡棉固定，並在下方做一個可以抽取的阻隔板。
- ⑤把竹筷剪短，插入一邊的上、下兩孔作為固定。

		
塑膠板上標示鑽孔位置	鑽出直徑 5.5mm 的圓孔	將塑膠板四周固定
		
製作底部的阻隔板	PP 板固定快速撒豆器四周	完成快速撒豆器

## (2)操作步驟

- ①將適量綠豆放入快速撒豆器內。
- ②輕輕搖晃快速撒豆器，把綠豆分別滾入圓孔中。
- ③取出快速撒豆器內多餘的綠豆。
- ④將固定筷對齊插入吸管育芽切割器一邊上、下的吸管内。
- ⑤抽出下方的阻隔板，並且補放吸管育芽切割器固定筷的 2 顆綠豆。
- ⑥將“第四代育芽切割盆”放入“豆芽溫箱”中培育。

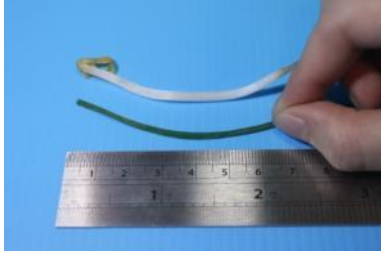


		
將綠豆放入快速撒豆器內	將綠豆分別滾入圓孔中	取出撒豆器內多餘的綠豆
		
將固定筷插入吸管	抽出下方的阻隔板	補放固定筷的綠豆

## 陸、研究結果

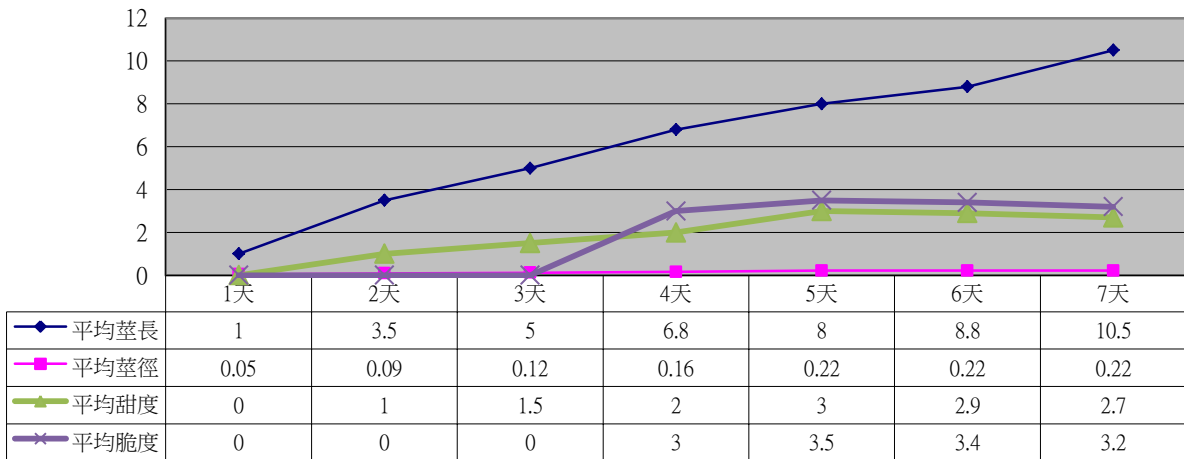
### 一、影響豆芽甜、脆度的因素

#### (一)對照組

(第五天數據)	最大值	最小值	中間 10 根平均值
莖長	12.5cm	6.6cm	8.0cm
莖徑	0.27cm	0.15cm	0.22cm
甜度	3	2.5	3
脆度	4.1	3.2	3.5

		
莖長平均為8cm	莖徑平均為0.22cm	脆度平均3.5

綠豆生長曲線表(cm)



- 莖長：隨著生長天數持續增高。
- 莖徑：第 0 天至第 5 天持續增粗，第 5 天後尺寸增加趨緩，甚至到第 7 天有稍微下降。
- 甜度：緩慢增加，到第 5 天可到達 3，但是隨後又微量下降。
- 脆度：脆度數值由於需要莖長 $\geq 6\text{mm}$  才能測量，前面 3 天莖長不足，所以數據為 0。  
 豆芽脆度在第 5 天達最高點，隨後微量下降。

因此觀察對照組生長曲線，發現在第 5 天左右可以達到豆芽最佳甜度與脆度

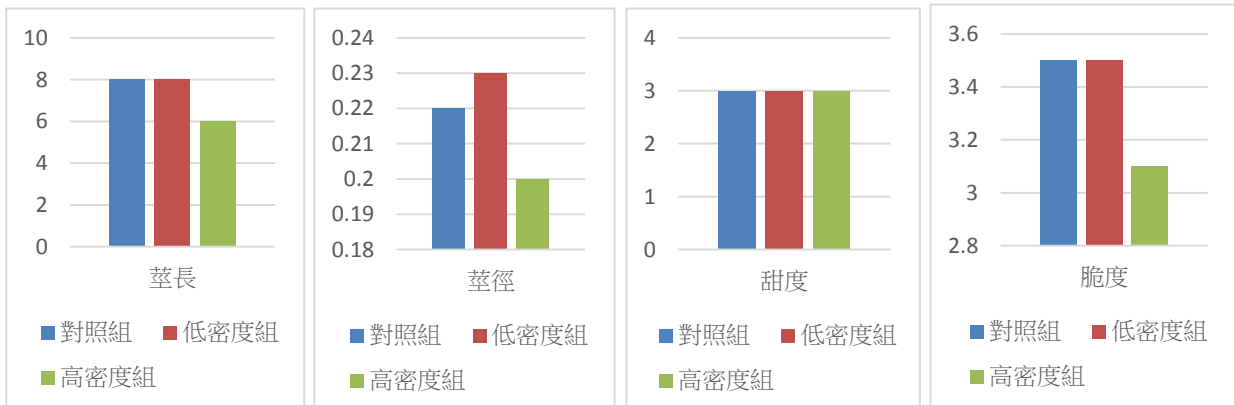
## (二)實驗組

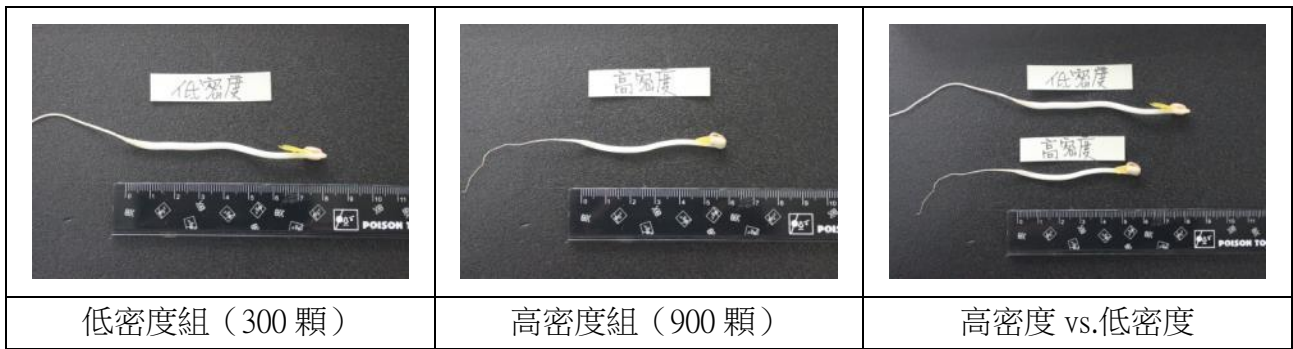
### 1.栽種密度

勝出

(第 5 天數據)	對照組(600 顆)	低密度組 (300 顆)	高密度組 (900 顆)
莖長	8.0cm	8.0cm	6.0cm
莖徑	0.22cm	0.23cm	0.2cm
甜度	3	3	3
脆度	3.5	3.5	3.1
平均密度*	0.5 cm <sup>2</sup> /每株	1.0cm <sup>2</sup> /每株	0.3cm <sup>2</sup> /每株

\* 註：平均密度 = (22 cm x 14 cm) / 豆芽株數



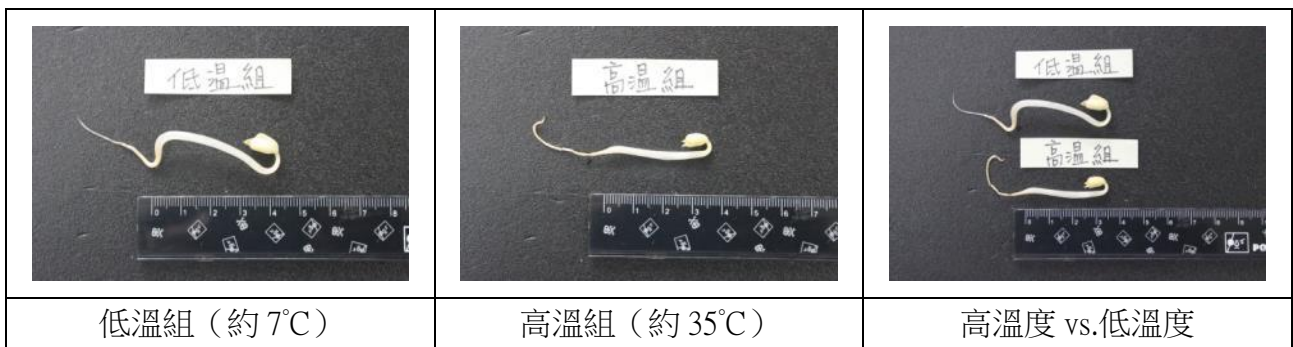
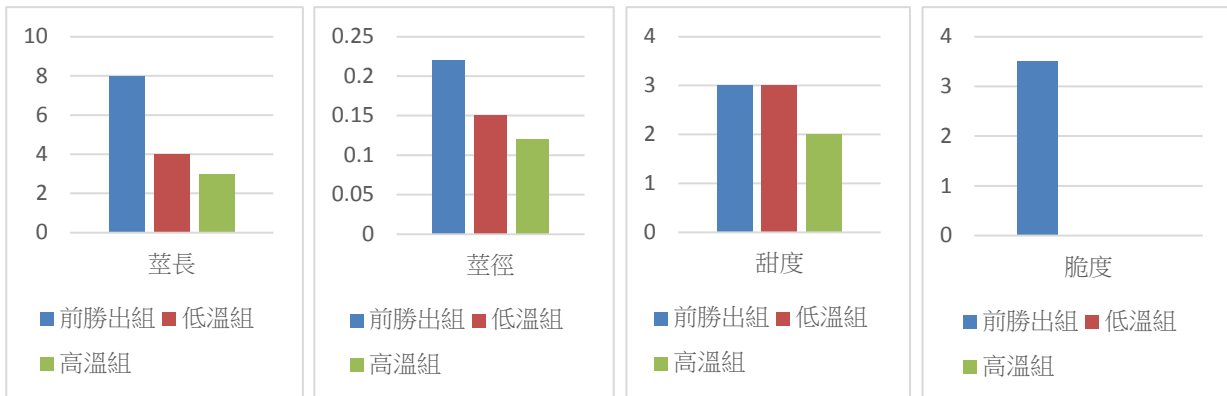


## 2. 環境溫度

勝出

(第 5 天數據)	前組勝出組 (25°C)	低溫組 (7°C)	高溫組 (35°C)*
莖長	8.0cm	4.0cm	3.0cm
莖徑	0.22cm	0.15cm	0.12cm
甜度	3	3.0	2.0
脆度	3.5	無	無

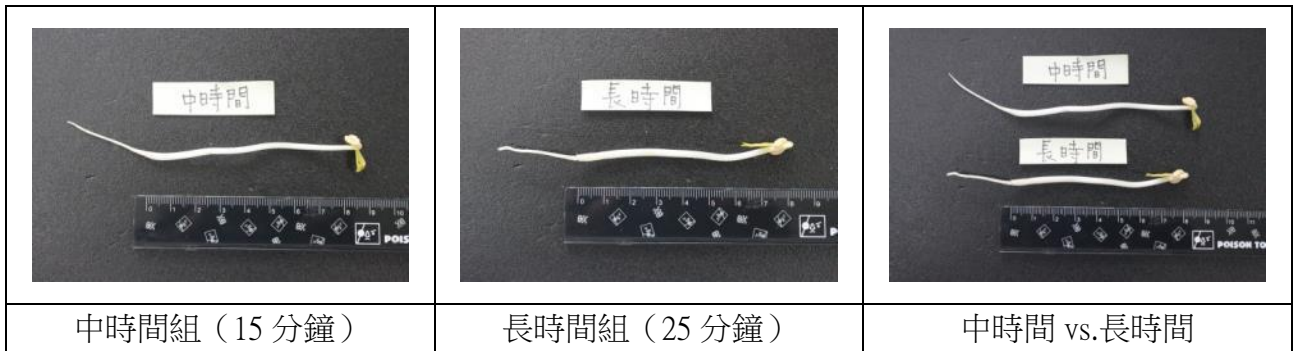
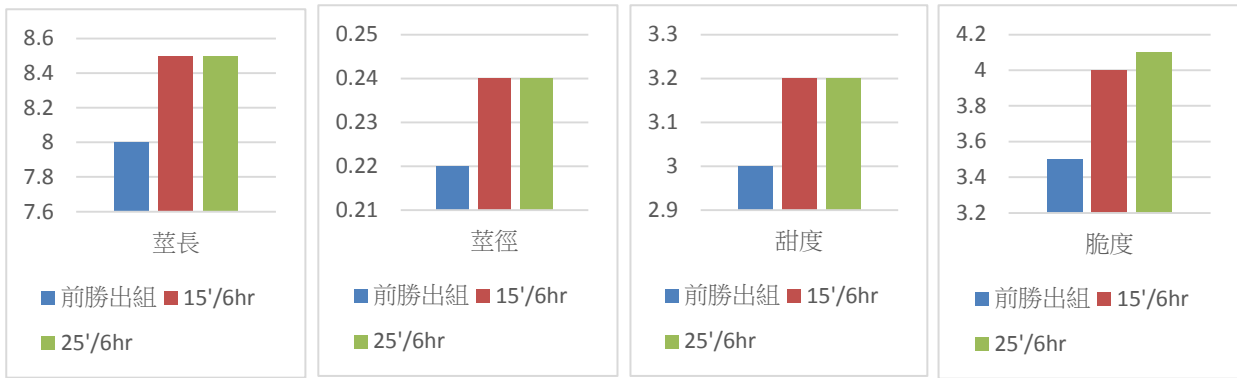
\* 註：豆芽出現局部腐爛現象



## 3. 浸泡時間

勝出

(第 5 天數據)	前組勝出組 5 分鐘/每 6 小時	15 分鐘/每 6 小時	25 分鐘/每 6 小時
莖長	8.0cm	8.5cm	8.5cm
莖徑	0.22cm	0.24cm	0.24cm
甜度	3	3.2	3.2
脆度	3.5	4.0	4.1

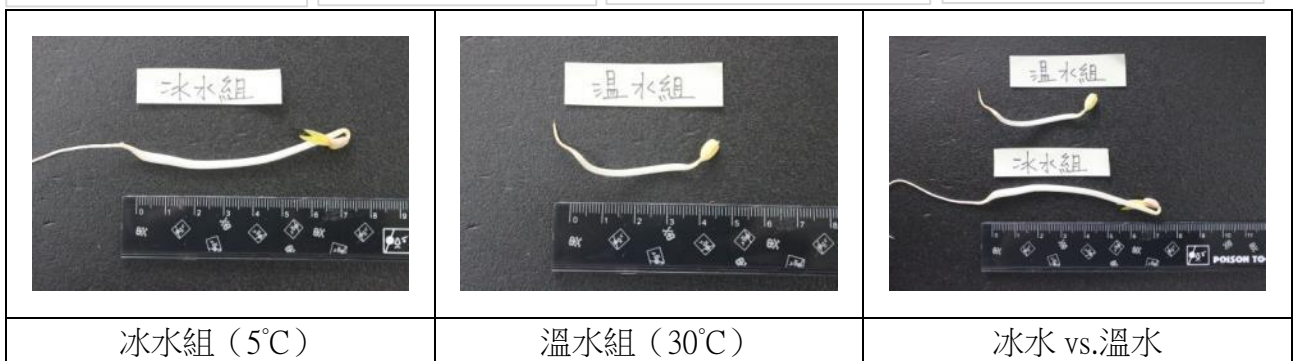
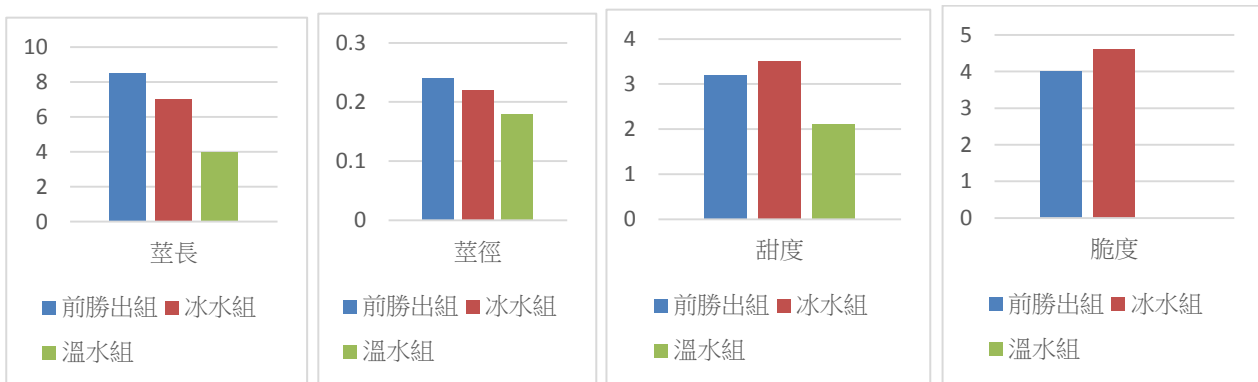


#### 4.注水溫度

勝出

(第 5 天數據)	前組勝出組(15°C)	冰水組(5°C)	溫水組(30°C)*
莖長	8.5cm	7.0cm	4.0cm
莖徑	0.24cm	0.22cm	0.18cm
甜度	3.2	3.5	2.1
脆度	4.0	4.6	無

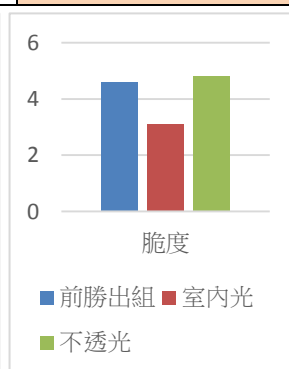
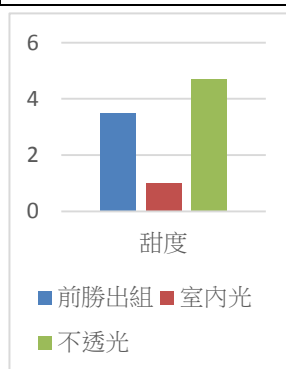
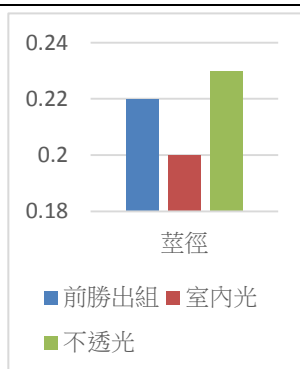
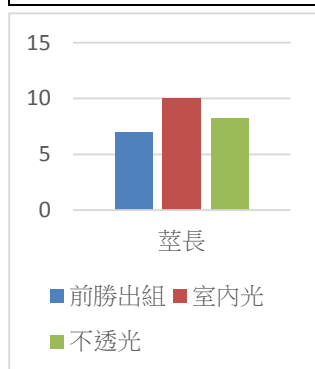
\*註：豆芽出現局部腐爛現象



## 5.光照狀態

勝出

(第 5 天數據)	前組勝出組 (對照組加蓋半透光)	不加蓋室內光	加蓋不透光
莖長	7.0cm	10.0cm	8.2cm
莖徑	0.22cm	0.2cm	0.23cm
甜度	3.5	1.0	4.7
脆度	4.6	3.1	4.8



不加蓋\_室內光線組



加蓋\_不透光組



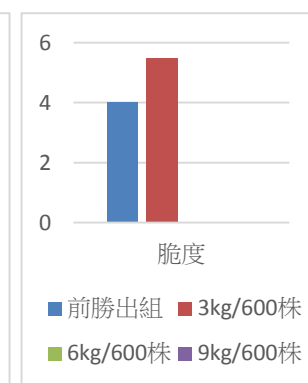
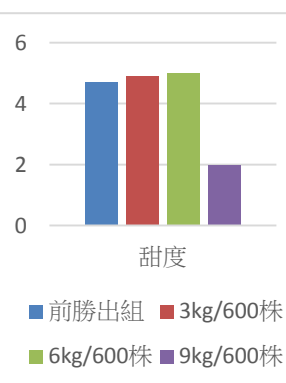
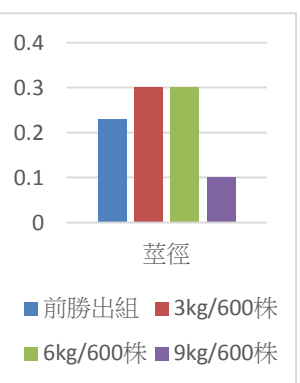
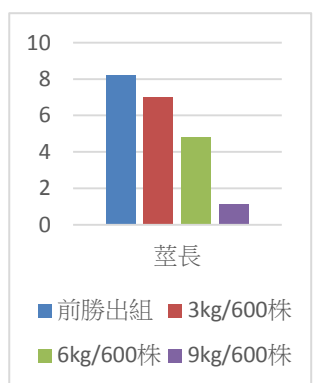
室內光 vs. 不透光

## 6.加壓重量

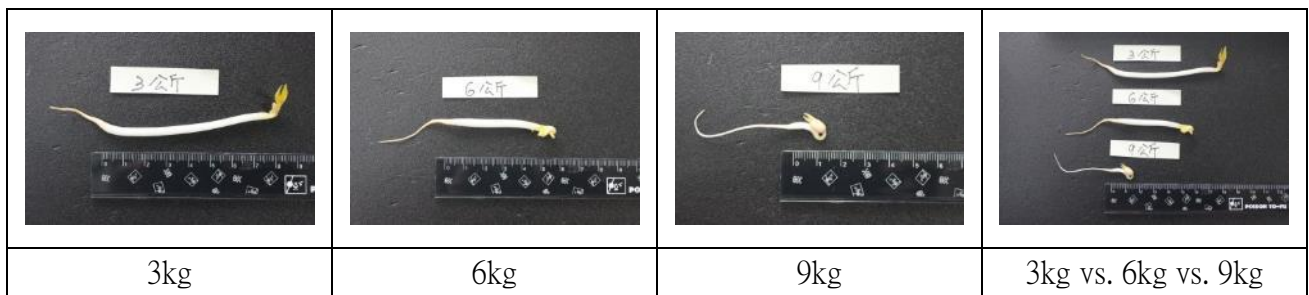
勝出

(第 5 天數據)	勝出組(不加壓)	3kg/600 株	6kg/600 株	9kg/600 株 *
莖長	8.2cm	7.0cm	4.8	1.1cm
莖徑	0.23cm	0.3cm	0.3cm	0.1cm
甜度	4.7	4.9	5.0	2.0
脆度	4.0	5.5	無	無

“\*” 註：豆芽生長明顯遲緩



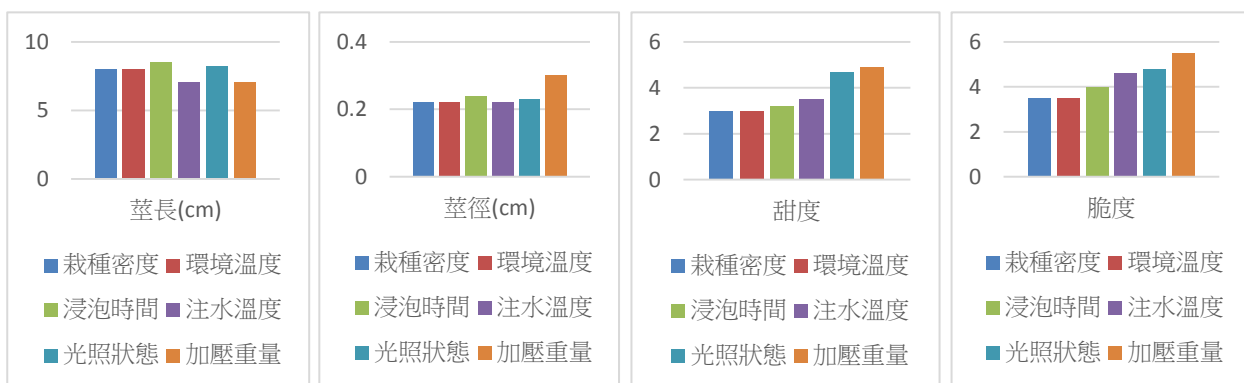




計算結果：平均每顆豆芽最適宜的承受壓力為  $3\text{Kg}=3000\text{g}/600\text{株}=5\text{g}/\text{每株}$

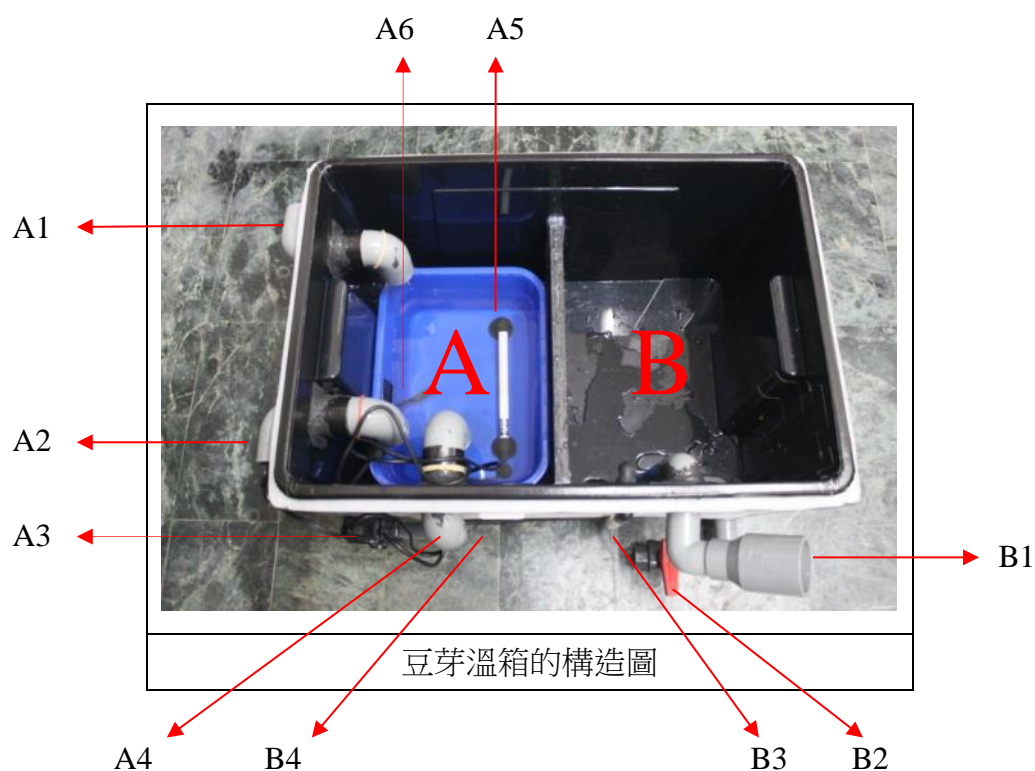
### (三) 各因素的勝出組數據比較

(第5天數據)	莖長(cm)	莖徑(cm)	甜度	脆度
<b>栽種密度</b> 600 顆/22cmx14cm	8	0.22	3	3.5
<b>環境溫度</b> 25°C	8	0.22	3	3.5
<b>浸泡時間</b> 15 分鐘/每 6 小時	8.5	0.24	3.2	4
<b>注水溫度</b> 5°C	7	0.22	3.5	4.6
<b>光照狀態</b> 0Lux	8.2	0.23	4.7	4.8
<b>加壓重量</b> 3kg/600 株	7	0.3	4.9	5.5



- 1.莖長：勝出組的莖長變化稍有起伏，約在 7 至 8.5cm。浸泡時間在 15 分鐘/每 6 小時的莖長最長（8.5cm），5°C 的注水溫度與 3kg/600 株的加壓重量的莖長最短（7cm）。
- 2.莖徑：勝出組的莖徑變化不明顯，其中以 3kg/600 株的加壓重量最粗（0.3cm），其次是浸泡時間在 15 分鐘/每 6 小時（0.24cm）。
- 3.甜度：勝出組的甜度不斷增加，其中以 0Lux 的加蓋不透光甜度增加最多（3.5 增加到 4.7），3kg/600 株的加壓重量得到最高的甜度（4.9）。
- 4.脆度：勝出組的脆度持續攀高，其中以 3kg/600 株的加壓重量增加最多（4.8 增加到 5.5），其次是 5°C 的注水溫度（4 增加到 4.6）。

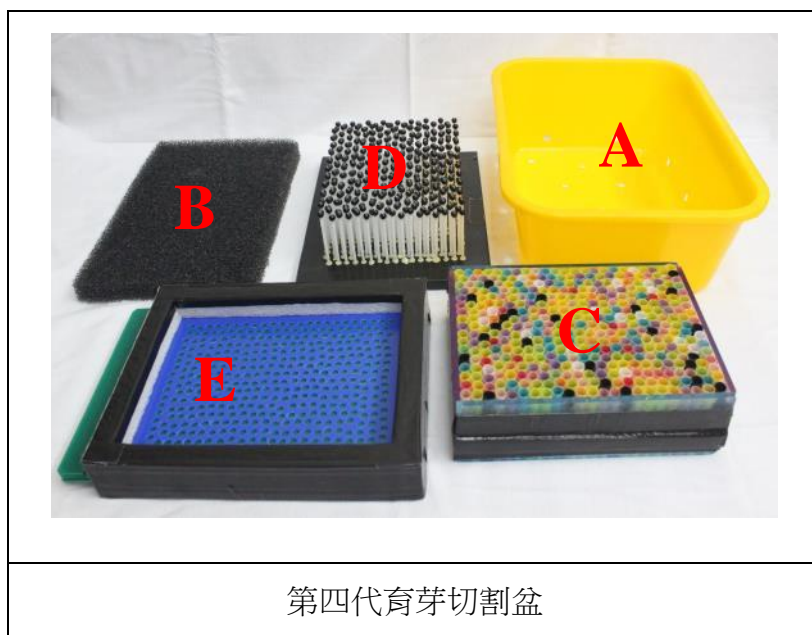
## 二、研究製作“豆芽溫箱”



區別	名稱	說明
A 溫控區	A1.S 形冷水進水管	讓冷水的管子進入溫控區
	A2.S 形冷水出水管	讓冷水的管子流出溫控區
	A3.溫度控制器	控制加溫棒
	A4.S 形電線進出管	進出加溫棒、感溫棒、電子溫度計的電線
	A5.加溫棒	增加溫控區的水溫
	A6.感溫棒	感應溫控區的水溫
B 育芽區	B1.S 形注水管	注入浸泡豆芽的水
	B2.S 形排水管	排放浸泡豆芽後的水
	B3.水位高度計	觀察育芽區的水位高低，控制注水的水量
	B4.電子溫度計	觀察豆芽溫箱裡面的溫度

### 三、研究製作“育芽切割盆”

	第一代	第二代	第三代	第四代
烤肉網	●			
育芽盆	●	●	●	●
生化棉	●	●	●	●
吸管育芽切割器		●	●	●
梳子加壓器			●	●
快速撒豆器				●



第四代育芽切割盆	名稱	說明
	A 育芽盆	盛裝生化棉、吸管育芽切割器與梳子加壓器
	B 生化棉	協助豆芽根的生長與固定
	C 吸管育芽切割器	控制豆芽的生長方向與銀芽的切割長度
	D 梳子加壓器	增加豆芽粗壯與控制豆芽生長高度
E 快速撒豆器	節省將綠豆放入吸管育芽切割器的時間	

## 柒、討論

### 一、測量方式相關

- (一) **甜度**：由於豆芽的甜度數值約介於 1 至 6 之間，因此我們所選的甜度計測量範圍不用太大，以可精確判讀 30 以內數字的為佳。
- (二) **脆度**：我們設計豆芽咋滋脆度計時，為了固定豆芽以避免在測量過程中彈脫，因此在測量尺的兩端各黏上底座及固定針。一開始底座的厚度讓測量尺關到最小時無法歸零，後來我們把底座磨薄，再用測量尺中間凹槽的空間，順利解決加入底座無法歸零問題。
- (三) **莖長**：在測量莖長時，遇到莖呈現彎曲的豆芽時，用直尺量會有很大的誤差，因此我們轉而利用棉線模擬豆芽弧度後拉直來測量。
- (四) **莖徑**：豆芽的莖受壓會變形，所以測量莖徑時只能以測量尺垂直輕碰最粗部分。
- (五) **測量數據的方式**：先把育芽盆內豆芽分成 12 區，各區隨機取 1 株豆芽測量後，去掉最大與最小的數值後求平均值，目的是避免數值受到豆芽樣本在育芽盆的位置，或是極端發育不正常豆芽影響實驗數據。

### 二、影響豆芽甜度脆度因素相關

#### (一) 對照組：

1. 莖長雖然隨著生長天數持續增高，豆芽脆度卻沒有跟著增加，而是在第 5 天後趨緩。推測原因可能是豆芽莖長增長速度比莖徑明顯很多，使得第 5 天以後豆芽雖然長更高，但變成比較軟。
2. 豆芽甜度到第 5 天可到達 3，但是隨後卻反而微量下降。討論原因，推測是第 5 天後有些豆芽的養分提供後續子葉生長所需能量，糖分被分解，甜度降低。

#### (二) 栽種密度：

1. 綠豆浸種後體積膨脹變大，所以綠豆催芽與育芽的設計容器必須以膨脹後的體積為依據，而不是綠豆的原始體積。
2. 低密度組與對照組豆芽生長狀況類似，而高密度組則出現豆芽尺寸粗細良莠不齊的明顯差距。觀察到高密度組的綠豆在未浸種前，雖然平鋪在育芽盆內的生化棉上，但是浸種膨脹後，有些綠豆被擠到上層，以致無法吸到充足水分，生長不良。低密度組與對照組的結果類似，考慮經濟效益，因此我們以對照組作為後續實驗適合條件的密度依據。

#### (三) 環境溫度：

1. 長期低溫讓豆芽脆度增加，但產生類似冬眠般的生長遲緩現象，因此不適合。
2. 長期高溫會讓部分豆芽腐爛，再加上豆芽發育過程會產生放熱現象，因此長期高溫環境不適合豆芽的生長。

#### (四) 注水溫度：

1. 注水造成的短暫低溫，並沒有發現生長遲緩的現象，反而甜度與脆度有增加。
2. 注水溫度高時，可能破壞豆芽細胞而產生腐爛現象。
3. 環境溫度 25°C 加上偏冷的注水溫度，會讓豆芽生長良好且甜度與脆度增加。這讓

我們想到高山地區日夜溫差大，種植的蔬果也特別甜脆。溫差變化會讓豆芽的甜度與脆度增加。

(五) 光照狀態：不透光能產生高甜度的豆芽。探討原因是豆芽接觸光照之後，會產生光合作用，消耗掉原本儲存的糖分，因此甜度降低。

(六) 加壓重量：重加壓組雖然也會讓豆芽變粗，但是會讓豆芽成長遲緩。而我們希望在 5 天內取得莖長至少 6cm 以上的豆芽，但是中加壓組與重加壓組的莖長都不到 6cm，所以不能符合吸管育芽切割器的切割長度，也不能達到脆度量測的標準，因此以輕加壓組作為實驗適合條件的加壓依據，適度但不過重的加壓可以增加豆芽脆度。

### 三、自製設備相關

#### (一) 豆芽溫箱：

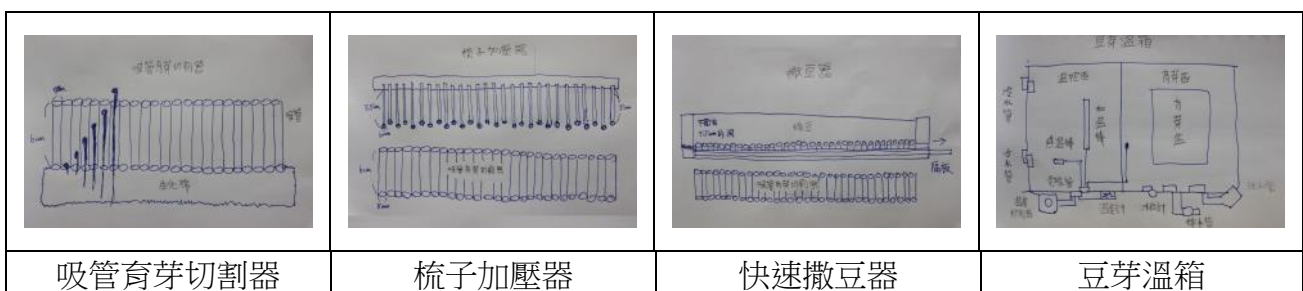
- 1.這次實驗中，我們所有進出溫箱的水管都設計成 S 形，是為了避免光線透過管子直射進入豆芽溫箱內，影響豆芽甜度。
- 2.因為我們必須在不打開豆芽溫箱的前提下育芽，又要清楚了解育芽區內的水位高度，以便知道需要注入的水量，因此我們利用了連通管原理，在豆芽溫箱外設計了一個水位高度計。

#### (二) 育芽切割盆：

- 1.吸管育芽切割器方面，一開始我們希望多種些豆芽，所以選擇一般尺寸的吸管，結果造成綠豆吸水膨脹後比吸管直徑大，造成豆芽生長問題。後來經由實驗發現一顆綠豆膨脹後平均至少需要  $0.48\text{ cm}^2$ ，因此找到小珍珠奶茶專用的直徑 8mm 吸管，管徑面積為  $(0.4 \times 0.4 \times 3.14 = 0.5\text{ cm}^2)$ ，終於解決問題。
- 2.豆芽加壓方面，起先我們想使用小鋼珠加壓，但是收放鋼珠很費時，再加上被頂出吸管外的鋼珠也有可能掉入其他吸管内，造成加壓重量的改變，所以我們設計了梳子加壓器，能夠成功幫豆芽加壓且成長一致。
- 3.綠豆撒豆方面，為節省把綠豆一顆顆放進吸管的時間，我們從彈珠檯面的構造中得到靈感，先讓綠豆以一孔一豆的方式鋪滿圓孔，然後抽掉阻隔板，讓綠豆順利掉進吸管内，終於製作出快速撒豆器。
- 4.從豆芽切割下來的子葉與根方面，我們將子葉與豆乾丁、肉末拌炒，可以成為炒銀芽之外的另一道營養小菜；根則倒入廚餘桶內處理。

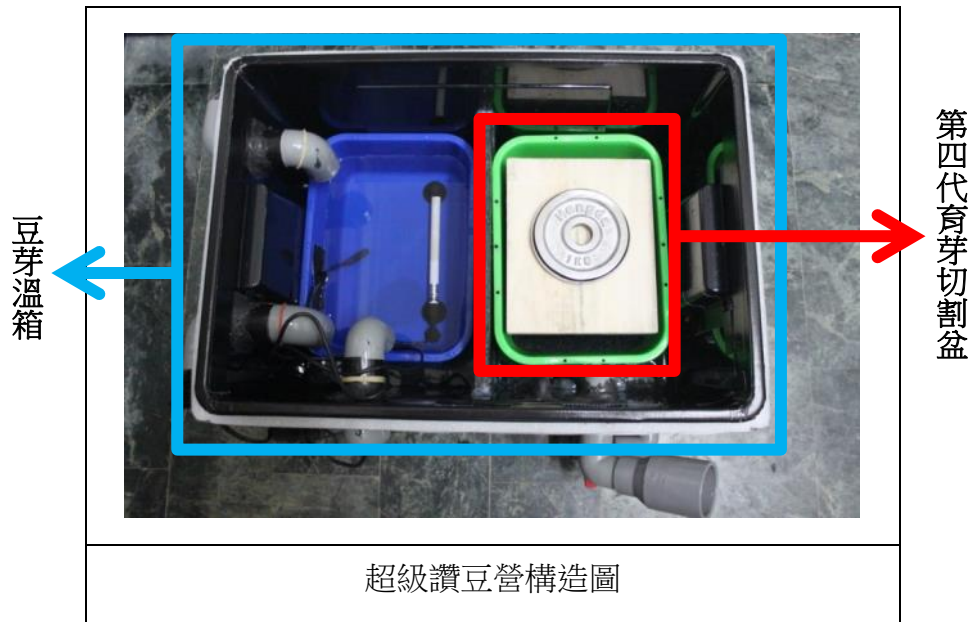
### 四、其他發現與設計圖

我們培育出的豆芽，經過長期放置後並沒有大量出水的現象。但是有些市售的豆芽在同樣的時間會大量出水，也許是添加了生長賀爾蒙的結果，有待繼續研究觀察。



## 捌、結論

### 一、“豆芽溫箱” + “第四代育芽切割盆” = “超級讚豆營”



組合	分解設備	細部組合	影響因素	設定條件	莖長增加	莖徑增粗	甜度增加	脆度增加
超級讚豆營	第四代育芽切割盆	快速撒豆器	撒豆方便	快速撒豆至吸管中				
		吸管直徑 8mm	栽種密度	0.5cm <sup>2</sup> /每株	●			
		梳子加壓器加重量	加壓重量	5g/每株		●		●
	豆芽溫箱	加溫棒加溫	環境溫度	25°C			●	●
		定時器	浸泡時間	15 分鐘/6 小時		●		●
		冰水加溫水調整	注水溫度	5°C			●	●
		加蓋遮蔽	光照狀態	加蓋_不透光			●	

### 二、市售豆芽 vs.本實驗豆芽

勝出

類別	市售的豆芽	本實驗豆芽
甜度	2.3	4.9
脆度	3.8	5.5

在本實驗最後成品“超級鑽豆營”中，我們使用：

1. 快速撒豆器：達到有效率的撒豆目的。
2. 吸管育芽切割器：利用適合尺寸的吸管，讓豆芽保有適當栽種密度空間，及方便切出銀芽。
3. 梳子加壓器：利用上述組合成功種植出粗壯直挺且長度相近的豆芽。
4. 溫控區：以各項器材創造最佳育芽環境。
  - 甲、環境溫度。
  - 乙、浸泡時間。
  - 丙、注水溫度的掌控，使得豆芽的甜度與脆度大增。

我們終於得到香甜、爽脆、得來速的銀芽！

## 玖、延伸改良與未來展望

1. 每天固定時間澆水實在很辛苦，特別是深夜的那一次，所以決定改進第一代的豆芽溫箱，我們利用定時器和抽水馬達增加定時澆水的功能，並在豆芽溫箱上增加一個溢流水孔，防止注水過多而溢出豆芽溫箱外。
2. 第二代竹籤梳子加壓器在連續的使用後出現黑色的斑點，推測是發霉，所以我們只好改用塑膠棒代替竹籤、塑膠板取代木板，製作出第三代的塑膠梳子加壓器。另外，我們上網查詢並向豆芽農場主人證實，可以使用二氧化氯來消毒培育豆芽用的器材，真是不經一事，不長一智。
3. 冷水機的費用昂貴，未來我們希望能夠製作便宜又實用的冷水器材。

## 拾、參考資料

- 一、張美玉 (2011)。國民小學自然和生活科技三年級。台南市：翰林。
- 二、張美玉 (2012)。國民小學自然和生活科技五年級。台南市：翰林。
- 三、陳郁涵、蔡雨萱、郭怡君(2012)。我要長大一綠豆芽承載能力探討，中華民國第52屆中小學科學展覽會作品。
- 四、蔡尚光 (1988)。室內陽台的水耕綠化。臺北市：淑馨。
- 五、方新政 (2001)。芽苗菜培育及食譜利用。臺南市：台南區農業改良場技術專刊。
- 六、伊藤龍三 (2013)。澆澆水就豐收！水耕菜園懶人DIY。新北市：三悅。

## 【評語】 080815

本件作品主題發想是從生活中的觀察而得，研究動機頗令人讚賞，透過各種栽培因素的探究後，發揮創意設計出控制最佳條件的培養箱，作者清楚表達研究過程及成果，對內容的熟悉度高。