

# 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

第三名

082921

快，又有酵－廚餘堆肥快速發酵機

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者：  小五 黃翊修  小五 林星語  小五 張瑄珉  小五 王苡安	指導老師：  王懋勳  戴郁奇
---	-----------------------------

關鍵詞：廚餘堆肥、快速發酵、米麴菌

## 摘要

本研究的目標是**改進廚餘堆肥的三大關鍵：微生物、溫度、翻動**，製作一台可以讓廚餘**快速**發酵、變成肥料的機器。

我們在廚餘中加入好氧發酵菌，**利用"溫度升高"來判斷是否成功發酵**。研究發現**加入「米麴菌」**可以加快升溫、發酵過程；**廚餘鹽分超過正常飲食 23 倍會阻礙升溫發酵**；**澱粉、蛋白質類的廚餘適合讓米麴菌好氧發酵**。

接著**根據米麴菌好氧、升溫的特性**，**打造了一台「廚餘堆肥快速發酵機」**，讓廚餘可以**定溫保溫、攪拌接觸空氣**，我們還**設計方法測量哪種攪拌爪最能均勻攪拌**。結果**3 天就能把廚餘變成乾燥的肥料**，而且**用活性碳粉解決了臭味問題**。

最後**用自製廚餘肥料種菜**，**結果葉寬葉高明顯增加、更快開花結果**。所以我們設計的機器真的是**快，又有效！**

## 壹、研究動機

學校後方有一片菜圃，讓我們在自然課的時候可以體驗種菜，但是我們和學弟妹種出來的菜又瘦又小，跟外面買的差很多。我們發現學校的土是砂質土，幾乎沒有養分需要施肥。

同學的阿公有自己做桶裝堆肥，說這樣環保天然又好用，而且學校每天午餐都有廚餘可以讓我們自己製作廚餘堆肥。但是正常的製作過程要花好幾個月太久了，所以我們想研究能快速製作廚餘堆肥的過程和機器。

研究到後來新聞剛好報導**因為豬瘟所以要禁止廚餘養豬**，**如果我們能成功把廚餘快速變成肥料**，**這樣就能一舉兩得，讓菜長的好和解決廚餘問題**。

★ 與課程相關單元：【微生物的作用】、【熱對物質的影響】、【簡單機械】

## 貳、研究目的

### 【研究一】廚餘堆肥發酵的研究

- 一、實驗前的準備
- 二、不同的**菌種**進行好氧發酵的情形
- 三、不同**鹽分**的廚餘進行好氧發酵的情形
- 四、不同的**廚餘種類**進行好氧發酵的情形

### 【研究二】廚餘堆肥**快速發酵機**的研究

- 一、定溫加熱器的設計
- 二、攪拌裝置的設計
- 三、最後成品：廚餘堆肥快速發酵機

### 【研究三】實際測試一**廚餘堆肥快速發酵機**的效果

- 一、用「**廚餘堆肥快速發酵機**」製作堆肥
- 二、解決「**快速發酵廚餘堆肥**」的臭味問題

### 【研究四】自製「**快速發酵廚餘堆肥**」實際種菜的情形

## 參、研究設備及器材

製作工具	電鑽、螺絲起子、線鋸機、熱熔槍、
定溫加熱器	溫控插座、電湯匙、沉水馬達、鍋子、五金配件
攪拌器	木料、強扭力馬達(7.7轉)、馬達轉接環、木料、五金配件、鱷魚夾、電源供應器
廚餘堆肥材料	廚餘、砂質土、木黴菌、豆麴菌、米麴菌、酵母菌、乳酸菌、納豆菌、澱粉類食物、蔬果類食物、蛋白質類食物

## 肆、研究過程與方法

### 一、資料查詢—廚餘堆肥發酵種類

#### 1、堆肥形成原理：

堆肥就是藉微生物的生化作用，在控制條件下將廢棄物中的有機質分解使其轉化為水、二氧化碳、氮、硝酸，再經過腐熟，成為安定的腐植土。

#### 2、好氧性方法：

用翻堆或強制送風、抽風，以好氧性菌種分解廢棄物的方式。

#### 3、厭氧性方法：

把廢棄物堆積減少與空氣之接觸以厭氧性菌種分解為主要反應。

### 二、資料查詢—目前大量廚餘堆肥方法：好氧性方法（高速堆肥法）



1、將廚餘和副資材（木屑、土）充分混合，可以吸收多餘的水分。然後搬至發酵區，堆置成150公分高的發酵堆。

2、發酵初期，60°C以上的高溫要維持7-14天，以殺滅病菌及蟲卵。接著每月1個月翻攪一次，讓氧氣能進入廚餘堆中，而且溫度介於40-60°C之間，以利微生物生長，

3、4-5個月發酵作用後，當溫度降到40°C以下，就算翻攪溫度也不會再上升，而且顏色變成黑色，沒有惡臭味，就已經接近成熟狀態。此時可攤開，讓水分蒸散，最後低溫發酵成完熟狀

### 三、資料查詢—好氧菌的查詢：

微生物依其對氧的需求與忍受度，可分為四大類：好氧菌、兼性厭氧菌、微好氧菌及絕對厭氧菌。前面兩者在有氧的環境下可以生存，但後兩者必須在非常小的氧氣量之下才能存活。因為我們想要快速完成廚餘堆肥，所以要找尋生活中常見的好氧菌和兼性厭氧菌，讓大家可以方便取得。

1、好氧菌：需要充分氧氣者

如結核桿菌屬、假單胞菌屬、細球菌屬、醋菌屬、真菌界等。我們生活經驗較常接觸的是真菌，查詢後發現有：木黴菌（堆肥）、豆麴菌（醬油）、米麴菌（味噌）。另外日本食物納豆，是利用納豆菌（枯草桿菌）進行發酵的，它也是屬於好氧菌。

2、兼性厭氧菌：可以進行有氧呼吸，也能夠進行無氧呼吸或發酵的微生物。

酵母菌、乳酸菌（益生菌）。

#### 四、研究架構

### 廚餘堆肥快速發酵機

#### 發酵過程的研究

1. 不同的菌種-----米麴菌升溫最快，可以加速發酵。
2. 不同鹽分的廚餘----鹽分高於正常食用量 15.3 倍仍可發酵，超過 23 倍會阻止發酵。
3. 不同種類的廚餘----澱粉、蛋白質類可以讓米麴菌正常發酵，蔬果類不行。

**想製作出幫麴菌加熱、保溫的機器，讓廚餘堆肥發酵的更快速**

#### 廚餘堆肥快速發酵機的研究

1. 定溫加熱器的設計：隔水加熱法：電湯匙+溫度控制插座+沉水馬達。

2. 攪拌裝置的設計：發現問題與解決方法

馬達力量太弱→強扭力馬達；馬達轉軸鬆掉→加裝轉軸連接器；

攪拌棒的設計→打蛋器、U 型、爪型；

攪拌均勻效果測試→土、BB 彈、自製分區隔板（結果爪型效果最好）

#### 實際測試 — 如何使用廚餘堆肥快速發酵機

1. 使用材料：混合類廚餘（學校午餐）、砂質土、米麴菌。
2. 溫度設定：米麴菌適合生長的溫度在 35°C~ 40°C 之間。
3. 攪拌多久：攪拌到廚餘堆肥變乾掉、鬆散就好。
4. 發現自己做的「快速發酵廚餘堆肥」有臭味：用活性碳粉解決了臭味問題。

快速發酵廚餘堆肥  
實際種菜測試



完成

未來再繼續改進

討論可以再改進的部分









## 伍、研究結果與討論

### 【研究一】廚餘堆肥發酵的研究

#### 一、實驗前的準備

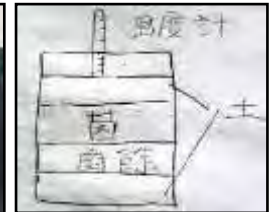
1. 挖取學校後方菜園貧瘠的砂質土，當作堆肥發酵時的副資材。
2. 購買生活中常見的菌種：木黴菌、米麴菌、豆麴菌、乳酸菌、酵母菌、納豆菌



		
木黴菌，依附在土、碎木屑上。	米麴菌，依附在米粒上。	豆麴菌，依附在黃豆上。
		
乳酸菌，乾燥細顆粒狀。	酵母菌，乾燥細顆粒狀。	納豆菌，納豆食品。

#### 3. 廚餘堆肥發酵容器和存放地點

- 我們用大開口罐子當作堆肥容器，因為好氧發酵。
- 我們用土、廚餘、菌交疊的方式裝進罐子裡。
- 微生物喜歡生長在陰暗、溫暖、潮濕的地方，可是又怕味道太重不敢放在教室，所以我們放在頂樓，用紙板遮住不要被太陽曬到。
- 每個發酵罐都要插上溫度計，因為好氧發酵的特色就是溫度會上升，所以用「**溫度是否上升**」來判斷發酵有沒有成功。



#### 二、不同的菌種進行好氧發酵的情形：

1. 發酵罐的製作。土：廚餘 = 2：1。



把廚餘用果汁機打成細碎狀。

用濾網把多的水分濾掉，留下細碎的廚餘。



先在塑膠罐底部鋪 200ml 的砂質土。



在砂質土上加入 200ml 的細碎廚餘。



分別在 4 個罐子的細碎廚餘上放入米麴菌、豆麴菌、木黴菌、納豆菌。



乳酸菌用 37°C 的水、酵母菌用 30°C 的水泡成水溶液，再倒入發酵罐中。



最後在最上層覆蓋一層 200ml 的砂質土。



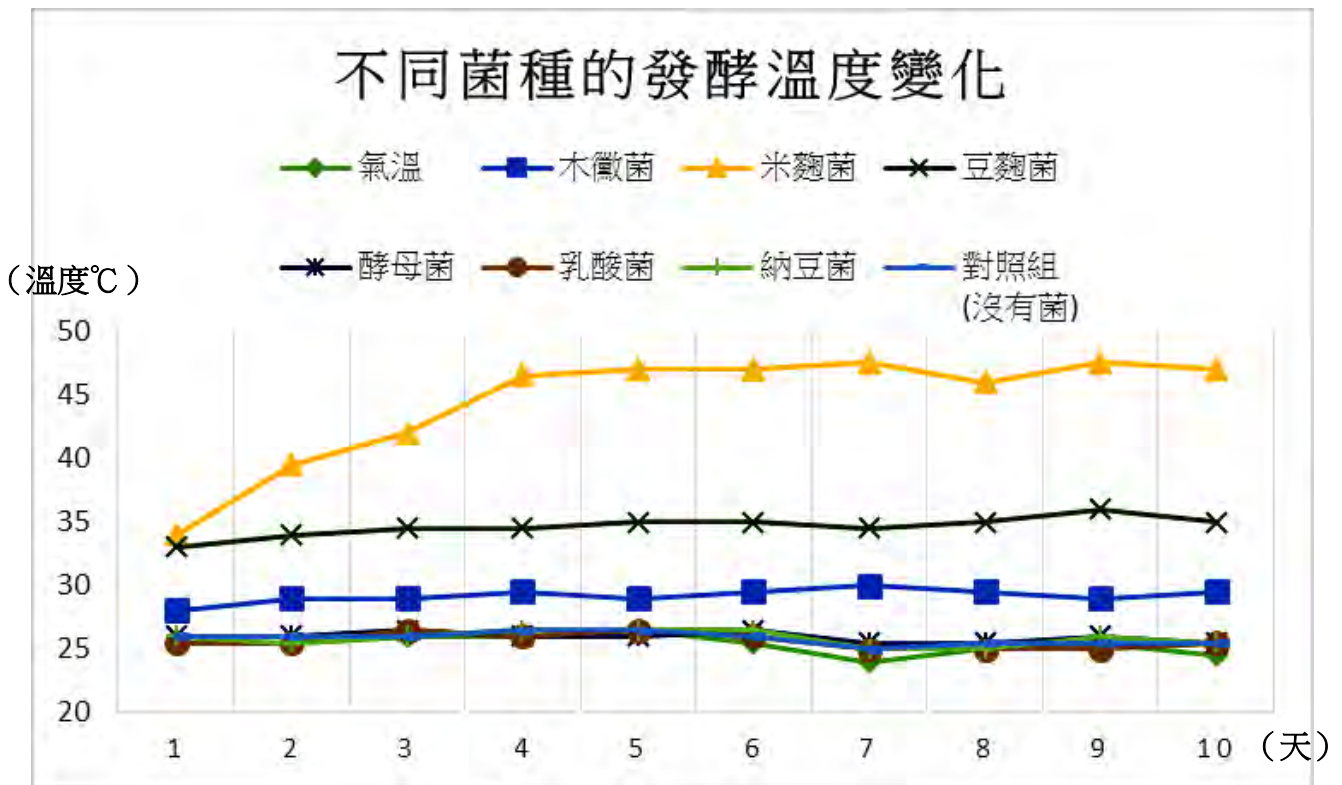
把發酵罐放在頂樓，用大紙板蓋住，讓它們不要曬到陽光。

我們也有製作一罐只有土和廚餘，沒有另外加其他菌的發酵罐，當做對照組。



## 2. 溫度變化和觀察情形

我們每天固定早上 9：30（下課時間）觀察溫度並記錄。



木黴菌	米麴菌	豆麴菌	酵母菌	乳酸菌	納豆菌	對照組 (沒有菌)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一開始沒有看到白色菌絲，第 7 天才看到。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一開始沒有看到白色菌絲，第 7 天才看到。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一開始沒有看到白色菌絲，第 8 天才看到。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一開始沒有看到白色菌絲，第 9 天才看到。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度會升的比氣溫高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度會升的比氣溫高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度會升的比氣溫高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度和氣溫沒有差很多。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度和氣溫沒有差很多。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度和氣溫沒有差很多。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度和氣溫沒有差很多。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有一些果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有 5 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有一些果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廚餘那一層有很多的蛆，超級噁心。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廚餘那一層有很多的蛆，超級噁心。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廚餘那一層有很多的蛆，超級噁心。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廚餘那一層有很多的蛆，超級噁心。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>

### 3. 觀察後討論

- (1). 米麴菌溫度最高，代表它好氧發酵的最好，所以我們後面都使用米麴菌進行廚餘堆肥實驗。
- (2). 溫度升高的發酵罐，可以讓果蠅比較不敢接近、產卵，也比較不會有蛆跑出來。
- (3). 有些菌種一開始沒有長菌絲，但是後來也出現白色菌絲，我們上網查詢資料後推測，應該是長了白黴。但是因為過程中溫度幾乎沒有升高，所以我們不考慮用它們來進行廚餘堆肥。
- (4). 自然堆肥會自己慢慢升高溫度，但米麴菌那罐很明顯溫度升高比較快，所以**證明了另外添加菌種（米麴菌）可以加快廚餘堆肥發酵的速度。**

### 三、不同鹽分的廚餘進行好氧發酵的情形：

有同學有聽家人說過，鹽巴可以殺菌。上網查資料後發現：「當鹽水的濃度達到一定的時候，的確是有消毒的作用，因為濃度較高的鹽水使細菌發生滲透作用而死亡」。我們就想，如果廚餘太鹹會不會害米麴菌死亡。

#### 1. 廚餘添加不同量的鹽巴。



把廚餘用果汁機加水打成細碎狀。



用自來水沖洗打碎的廚餘後，用濾網把多的水分濾掉，留下細碎的廚餘。



用電子秤量 200g 的廚餘 5 碗，分別加入 0~4 平匙不同的鹽巴量，攪拌均勻。

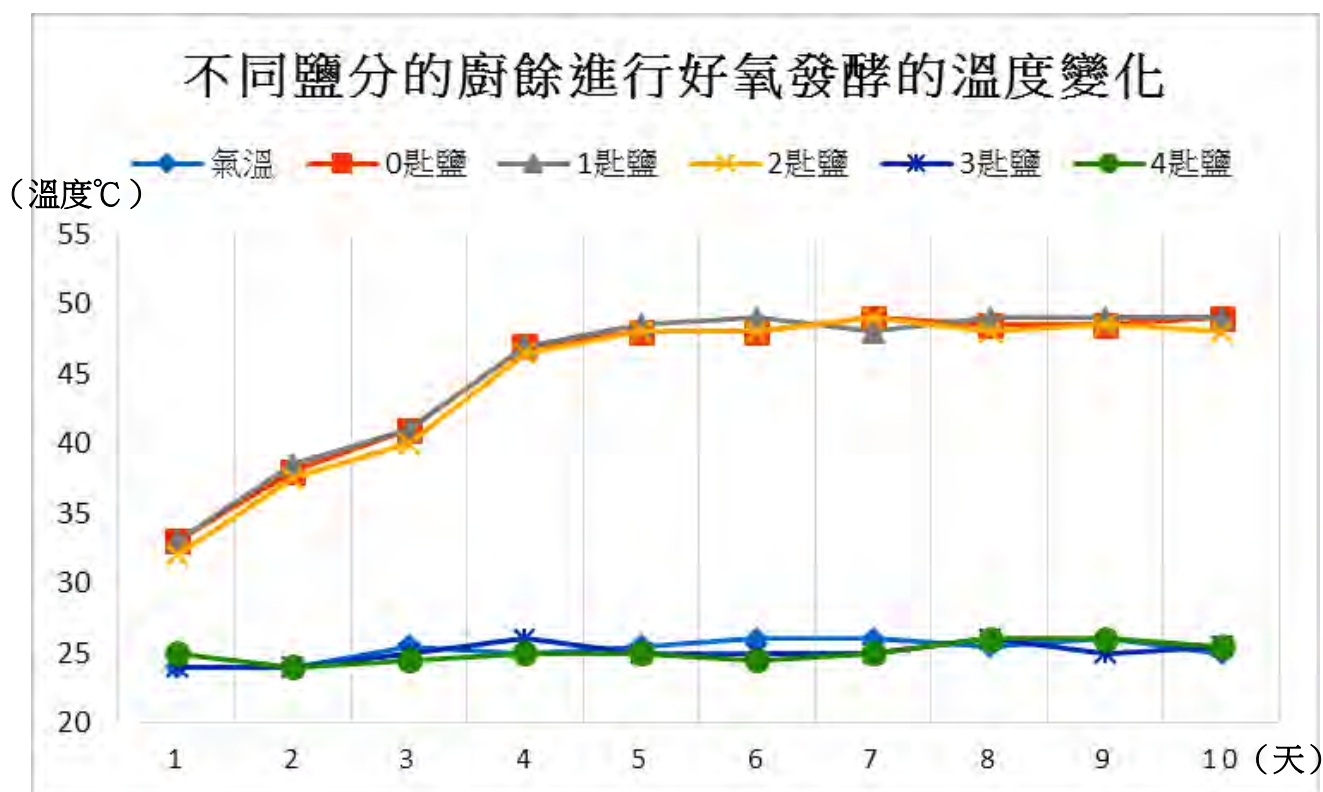


用土、廚餘、米麴菌、土一層一層堆起來，製作發酵罐。最後插上溫度計，放在頂樓用紙板遮住陽光。



## 2. 溫度變化和觀察情形

我們每天固定早上 9：30（下課時間）觀察溫度並記錄。



200g 廚餘	200g 廚餘+1 匙鹽	200g 廚餘+2 匙鹽	200g 廚餘+3 匙鹽	200g 廚餘+4 匙鹽
<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一開始沒有看到白色菌絲，第四天才看到。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一開始沒有看到白色菌絲，第四天才看到。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有水氣，代表溫度升高。</li> <li>溫度會升的比氣溫高，最高到 49°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有水氣，代表溫度升高。</li> <li>溫度會升的比氣溫高，最高到 49°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第一天就有水氣，代表溫度升高。</li> <li>溫度會升的比氣溫高，最高到 49°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溫度和氣溫差不多，沒有明顯升高，最高到 26°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溫度和氣溫差不多，沒有明顯升高，最高到 26°C。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>有 6 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有 7 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有 6 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有很多果蠅在罐內爬。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>後來廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廚餘那一層有一些蛆在爬。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭味很明顯，超級臭。</li> </ul>

### 3. 觀察後討論

(1). 0 ~ 2 匙鹽的發酵罐溫度上升到接近 50°C，代表**就算有鹽分，米麴菌還是能進行好氧發酵**。

(2). 但是 3、4 匙鹽的發酵罐溫度沒有明顯升高，代表鹽分太多會阻礙米麴菌的好氧發酵。

每日鈉、鉀建議攝取量	
世界衛生組織	台灣
● 從 2000 毫克下移至 2000 毫克以下	● 1-3 歲 1400 毫克，4 歲及以上 2400 毫克

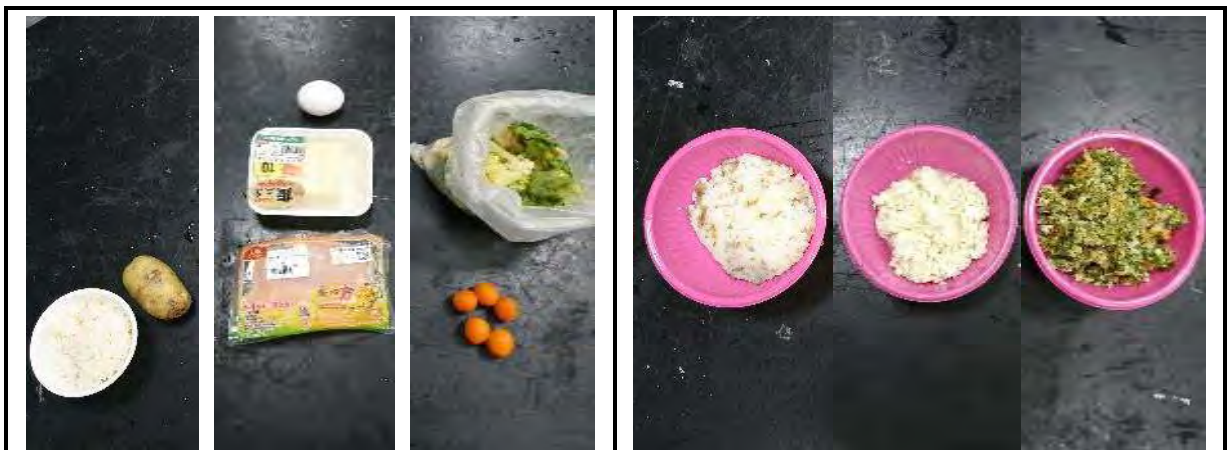
(3). 經過測量，一湯匙的鹽是 2.4g。鹽巴每日建議攝取量是 2400mg (2.4g)。

(4). 我們實驗發現，200g 廚餘 + 4.8g 鹽巴，米麴菌可以正常發酵。我們估算：

- 便當 1 個約 510g (7-11 真飽便當)，三餐進食 510g x 3 = 1530g。
- 200g 廚餘 + 4.8g 鹽巴 → 等比例放大 → 1530g 廚餘 + 36.72 鹽巴。
- 這樣的鹽巴量已經超過我們正常攝取量 15.3 倍。
- **這代表廚餘其實不用特別用水沖洗掉鹽分，也能讓米麴菌進行好氧發酵。**

### 四、不同的廚餘種類進行好氧發酵的情形

1. 用不同種類的廚餘製作發酵罐：澱粉類、蛋白質類、蔬果類。



準備三種類的食材：白飯、馬鈴薯（澱粉類）；雞肉、蛋、豆腐（蛋白質）；花椰菜、萵苣葉、番茄（蔬果類）

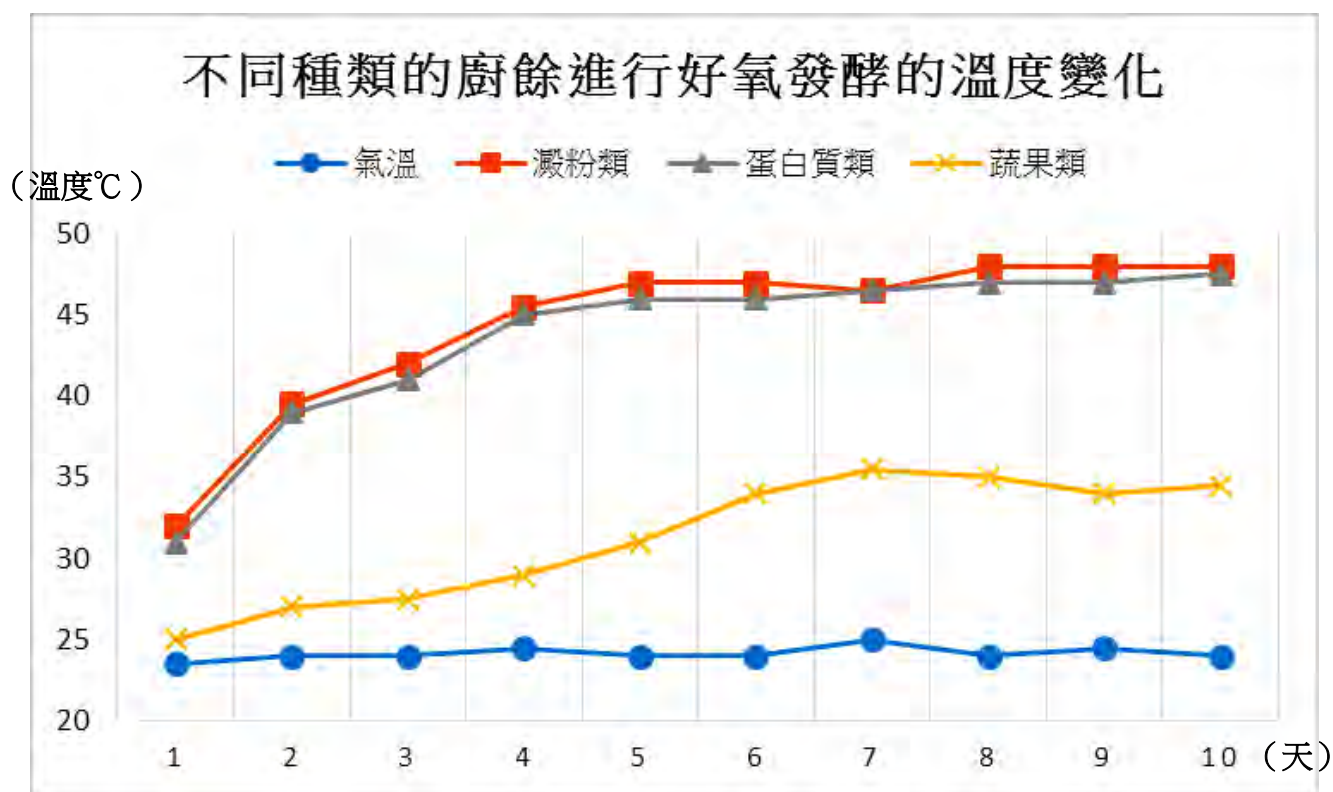
把食材分類煮熟後，分別用果汁機打成細碎狀。






用大湯匙量取一平匙的廚餘，用土：廚餘 = 2：1 的量，並加入等量米麴菌，分別製作三罐不同廚餘種類的發酵罐。最後插上溫度計，放在頂樓用紙板遮住陽光。

## 2. 溫度變化和觀察情形

我們每天固定早上 9：30（下課時間）觀察溫度並記錄。



澱粉類	蛋白質類	蔬果類
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有明顯的白色菌絲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一開始沒有看到白色菌絲，第三天才看到。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有水氣，代表溫度升高。</li> <li>• 溫度會升的比氣溫高，最高到 48°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一天就有水氣，代表溫度升高。</li> <li>• 溫度會升的比氣溫高，最高到 47.5°C。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溫度上升的很緩慢，最高只有到 35.5°C。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有 1 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有 2 隻果蠅在罐內爬。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有一些果蠅在罐內爬。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沒有看到蛆。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沒有看到蛆。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沒有看到蛆。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有臭味。</li> </ul>



### 3. 觀察後討論

- (1). 澱粉類和蛋白質類的發酵罐溫度上升到接近 50°C，代表米麴菌能進行好氧發酵，效果很好。
- (2). 蔬果類的發酵罐溫度最高升到 35.5°C，代表米麴菌的好氧發酵效果沒有很好。
- (3). 所以**一般人飲食後的廚餘**，澱粉、蛋白質、蔬果類通通都有，所以**適合直接拿來加米麴菌製作廚餘堆肥**。
- (4). 如果是吃素的人，而且都是蔬果**沒有任何豆類或蛋白質的廚餘**，**就不適合拿來加米麴菌製作廚餘堆肥**。

## 【研究二】廚餘堆肥快速發酵機的研究

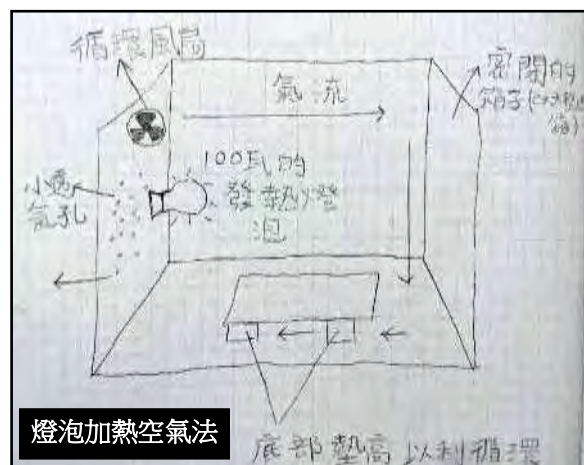
### 一、定溫加熱器的設計

我們觀察之前米麴菌發酵過程發現，發酵罐製作完成後大概第四天，溫度會上升到 45~50°C 之間。查詢資料也發現，適合麴菌生長的溫度在 35°C ~ 40°C 之間，也有研究資料發現氣溫越低，會影響麴菌的生長發酵。既然如此，我們就**想製作出幫麴菌加熱、保溫的機器，讓廚餘堆肥發酵的更快速**。

#### 1. 加熱方法的選擇

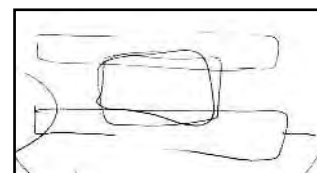
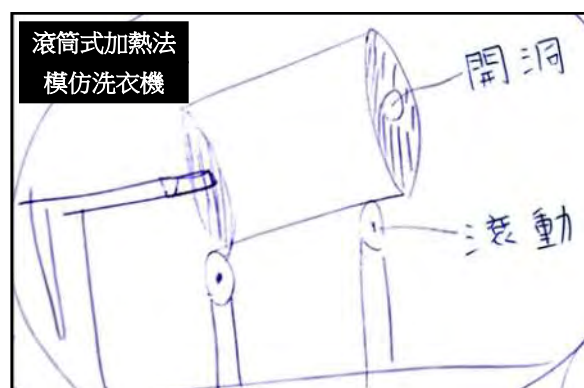
##### (1). 燈泡加熱空氣法

- 未來我們還要設計可以攪拌廚餘堆肥的裝置，這樣密閉箱就要變得很大，可能會超過規定的大小。
- 微生物喜歡生長的環境是陰暗，用燈泡加熱可能會太亮。
- 我們選擇的米麴菌是好氧發酵，用密閉的箱子可能會氧氣不夠。
- 所以最後我們決定**不用這種方法**。



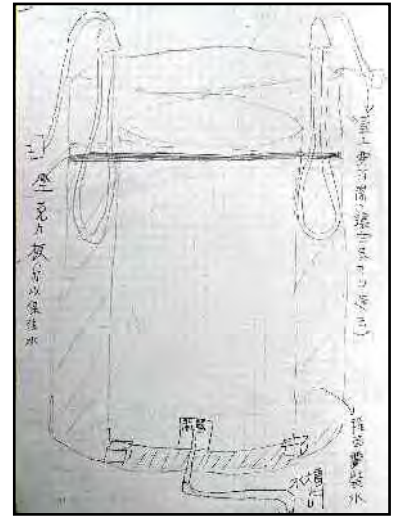
##### (2). 滾筒式加熱法

- 罐子底部打洞，插入旋轉軸。下方用棍子加輪子支撐，輪子加馬達，可以帶動罐子轉動，這樣可以邊加熱邊攪拌。
- 罐子下方用火源加熱，可能會燒焦，而且沒辦法準確的控制我們想要的溫度。
- 罐子底部打洞廚餘可能會漏出來。
- 罐子傾斜，裡面能裝的容量變少。尤其是「便利商店烤熱狗滾筒」，罐子整個平躺，能裝的量有限而且廚餘容易跑出來。
- 所以最後我們決定**不用這種方法**。



### (3). 隔水加熱法

- 外面是一個大桶子，用來裝熱水。裡面再裝一個小桶子，裝要發酵的廚餘。
- 上方再製作一個可以攪拌的機器。
- 這種方式可以裝比較多的廚餘量，也不容易漏出來。
- 所以最後我們決定**用這種方法**。



## 2. 加熱器的選擇與控制溫度的方法

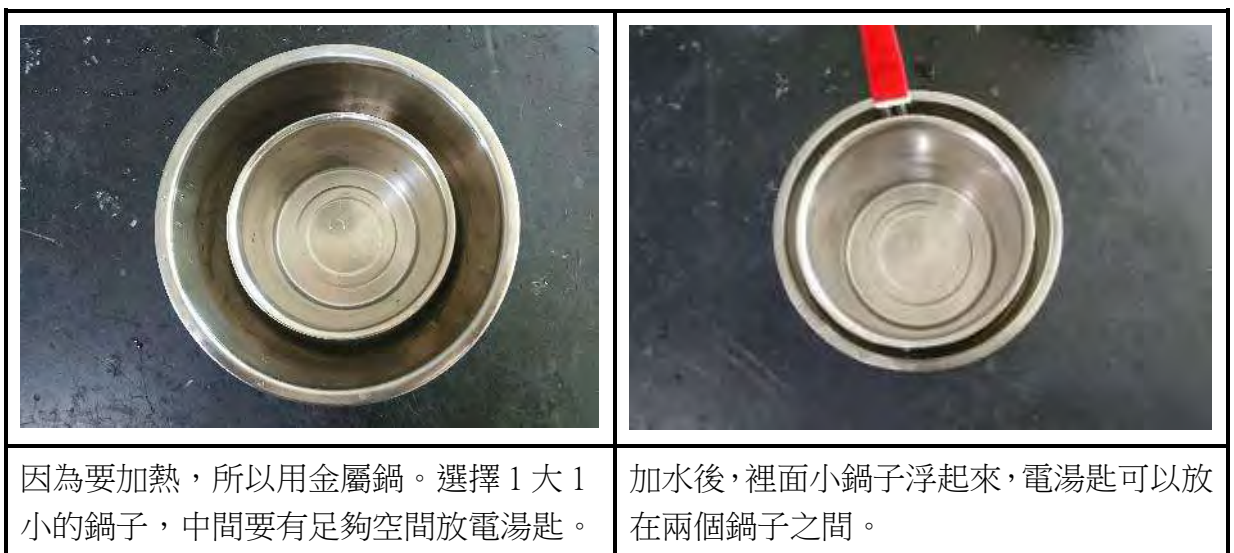
(1). 我們希望把溫度控制在一個範圍之間，所以**太冷要能自動加熱，太熱要停止加熱**。

(2). 這樣的話，不能用瓦斯爐加熱，因為無法控制溫度。電磁爐雖然可以設定溫度，但是只有 70°C、120°C、160°C、180°C、200°C 可以選擇，而且我們實際測過，**電磁爐的定溫很不準（設定 70°C，但是量出來卻是 54.9°C）**。

(3). 最後我們選用這兩樣東西：電湯匙、溫度控制插座。



## 3. 隔水加熱裝置的製作





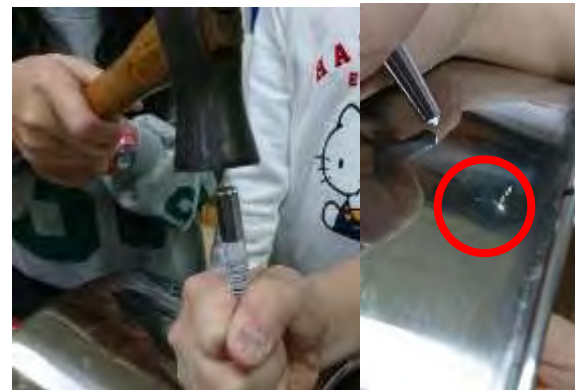
**測試後發現問題：**

- (1). 裡面小鍋放重物後，會因為重心不穩會歪斜。
- (2). 以後如果還要攪拌，小鍋子可能會亂移動、翻倒，廚餘就會漏出來。

**解決方法：**把內、外鍋子固定在一起，讓裡面小鍋子維持在中間的位置，而且不會傾斜。



把鍋子圓周平均分 4 等份，距離鍋面 1 公分的地方做記號，準備鑽洞。



鍋子表面是圓弧狀，所以先用「中心衝」在鐵鍋上打一個小凹槽，電鑽才不會亂跑。



大鍋、小鍋分別在 4 個做記號的地方鑽洞



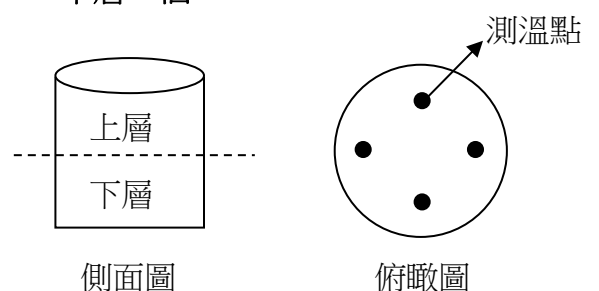
大鍋、小鍋用鑰匙圈、扣環連接。



大鍋裝水後，小鍋會浮起來，但是四個扣環把小鍋拉住，所以不會亂飄、傾斜。

**測試後發現問題：**

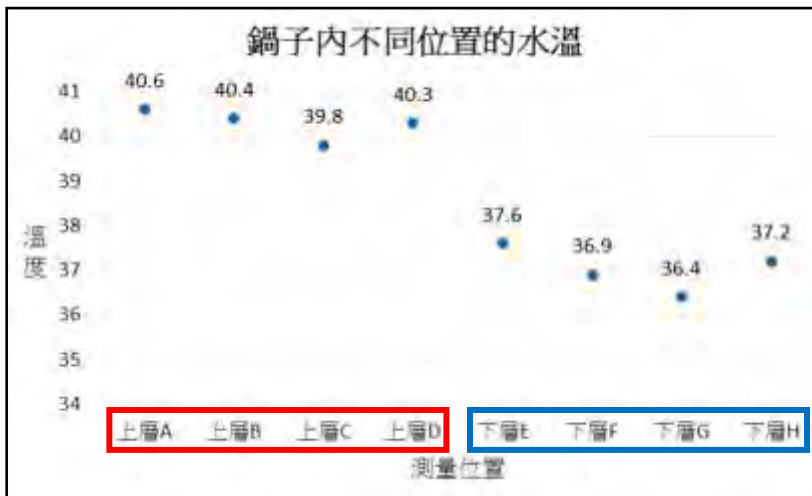
- (1). 為了確認加熱是否均勻，我們進行溫度的測量。
- (2). 溫度測量共分 8 個位置，上層 4 個，下層 4 個。





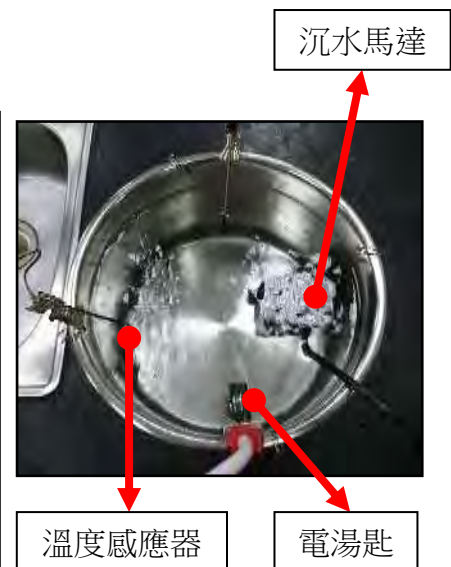
**解決方法**：在水中加裝養魚用的沉水小馬達，讓水流動。

【加沉水馬達前 8 個位置的溫度比較】



- 上層和下層的溫度有差，最多相差 4.2°C，和我們上自然課學的一樣，**熱水上升 冷水下降**。
- 離電湯匙最遠的地方溫度比較低。我們推測是因為溫度感應器沒有放在最遠的地方，當它感應到溫度到達 40°C 後，就不再加熱，所以最遠的水沒有被加熱到。
- 因為溫度感應器是放在下層，當它感應到 40°C 時，上層的水已經超過 40°C 了，所以要加裝沉水馬達讓水混合均勻。

【加沉水馬達後 8 個位置的溫度比較】



- 8 個位置的溫度幾乎一樣 (差 0.1°C)，沉水馬達讓水混合的效果很好。
- 設定 39.5~40°C，**測量出平均溫度為 39.12**。



## 二、攪拌裝置的設計

米麴菌在進行好氧發酵時，需要氧氣，而且溫度會上升，但是溫度如果高於 45°C 就會影響發酵，所以攪拌堆肥是很重要的。**攪拌可以讓底層的米麴菌獲得氧氣，持續發酵，也可以適時讓它降溫。**所以我們想要研究出可以**自動攪拌的機器**。

要做可拆式  
不然鍋子放不進去



### 1. 第一次的設計製作



先測量鍋子的高度、攪拌棒的高度，決定外面框架要多高。



因為攪拌需要花很大的力量，所以木條三面都要用螺絲釘固定好。



因為攪拌需要很大的力量，書局的高速小馬達手指頭一捏就停下來了，力量很弱，所以**我們用強扭力馬達**。剛好下面有螺絲孔，所以我們用螺絲釘鎖在鐵片上，再用螺絲釘鎖在木條上，這樣才夠堅固。



把剛剛的馬達木條鑽洞，固定在剛剛的木架上。要做成可拆式，不然加上攪拌棒後鍋子會進不去。我們掛了一條鉛錘線，確定馬達轉軸是垂直的。





在木條上鑽適合大小的洞，大馬達轉軸塞進去，再用熱熔膠黏起來。

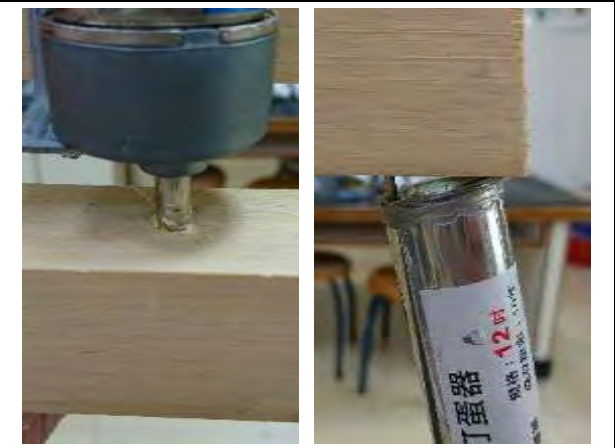


旁邊切一條小縫，把打蛋器卡進去，用熱熔膠黏起來。

### 測試後發現問題：



打蛋器攪拌棒會把土卡在中間一坨，而且只會在中間轉圈，旁邊的土根本攪拌不到。



攪拌土的力量太大，打蛋器先歪掉，後來馬達轉軸也鬆掉，自己在那邊轉而木頭不轉。

**解決方法：**改造馬達轉軸連接處讓它更緊、重新設計攪拌棒。

## 2. 馬達轉軸連接處的改造

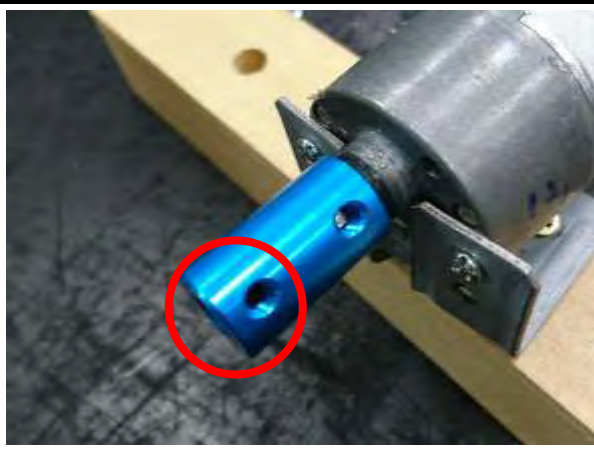


馬達的轉軸不是整支都是圓的，有一個面是一個平面。



我們買到一個轉軸連接器，它有螺絲可以鎖在這個平面上。





轉軸連接器還有另外一個洞，我們要用它來固定連接攪拌棒的木條。

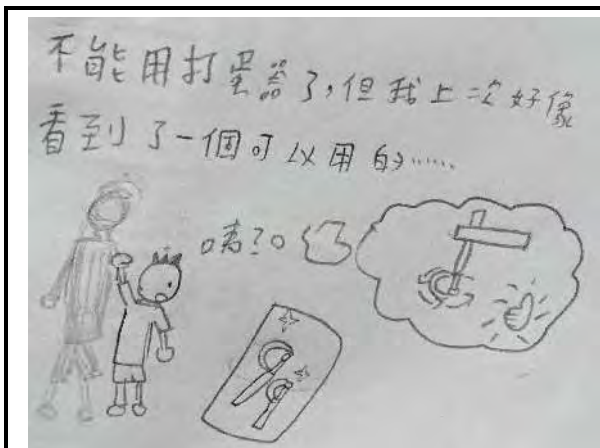


轉軸連接器放進木條的洞後，再垂直的鑽一個小洞，讓小螺絲釘可以把木條、轉軸連接器一起穿過去、鎖緊。

測試過後，木條和馬達轉軸接觸非常緊，不會有鬆掉馬達自己轉的情形了。

### 3. 攪拌棒的改造

#### (1). U 形攪拌棒



有同學曾經看過有攪拌機器裡面放的是 U 形攪拌棒。



我們討論後決定，用 2 個 U 形，增加攪拌的範圍。



用螺帽和熱熔膠把 U 形棒固定在木條上。

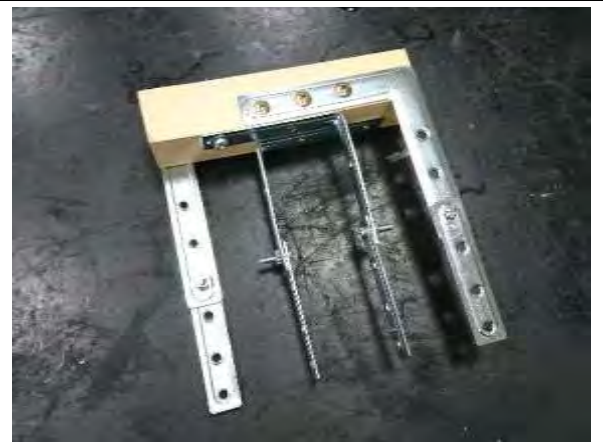


一樣用螺絲釘把轉軸跟攪拌棒木條固定。

(2). 爪形攪拌棒



有同學想到農夫翻土會用的爪耙子。



把木工用的鐵片用螺絲釘固定鎖緊，模仿爪子的樣子。



測量馬達木條到爪子攪拌器的高度，製作連接用的木條。



最後完成品：爪形攪拌棒

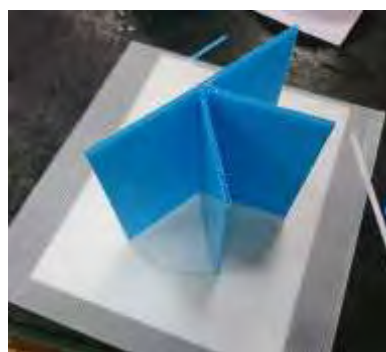
為了要確定哪種攪拌棒的效果最好，我們進行了「攪拌均勻效果」測試。。

4. 攪拌均勻效果的測試：我們把 100 顆白色 BB 槍子彈倒進土中，攪拌後看看鍋子裡不同位置的 BB 彈數量的分布。**我們用分區隔板把鍋子裡的土分成六區。**

(1). 分區隔板製作



照鍋子開口的大小平均分成六等份。



用熱熔膠黏上分區的隔板，隔板高度和鍋子深度要一樣



把前端切的尖尖的，像刀子一樣，比較好壓進土中。

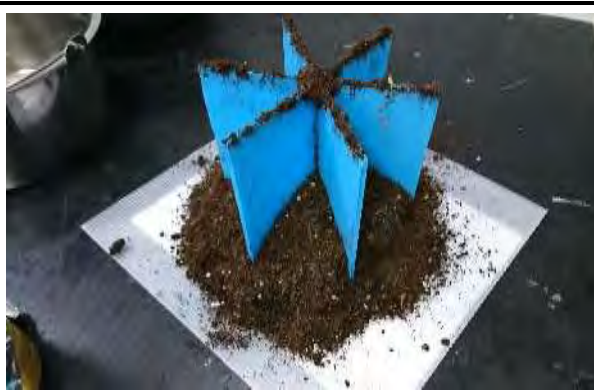




把分區隔板壓進鍋子裡，把土分成六區。



倒過來之後，把鍋子拿開，開始算各區土裡面有幾顆 BB 彈。



測試後發現問題：土會散開來超過隔板，各區的土會混在一起。



解決方法：外面再增加隔板。因為有鍋子邊緣，所以要留縫隙。

測試成功，各區的土被區分開來。

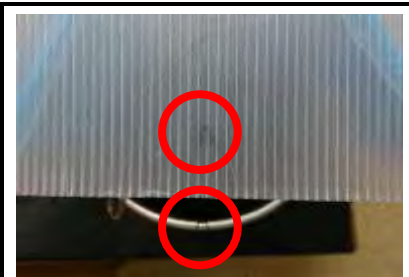
## (2). 測試流程



1. 分別在攪拌機上裝 3 種不同的攪拌棒。



2. 每種攪拌棒要測 3 次，所以裝完土後，**每次都要在固定位置倒入 BB 彈。**



3. **分隔板每次把土分區的位置也要固定。**



4. 把分隔板壓進鍋子裡。



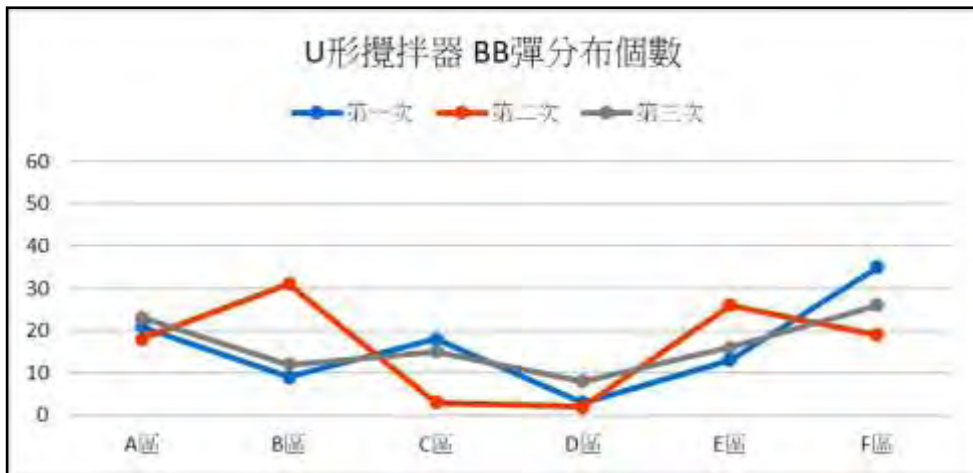
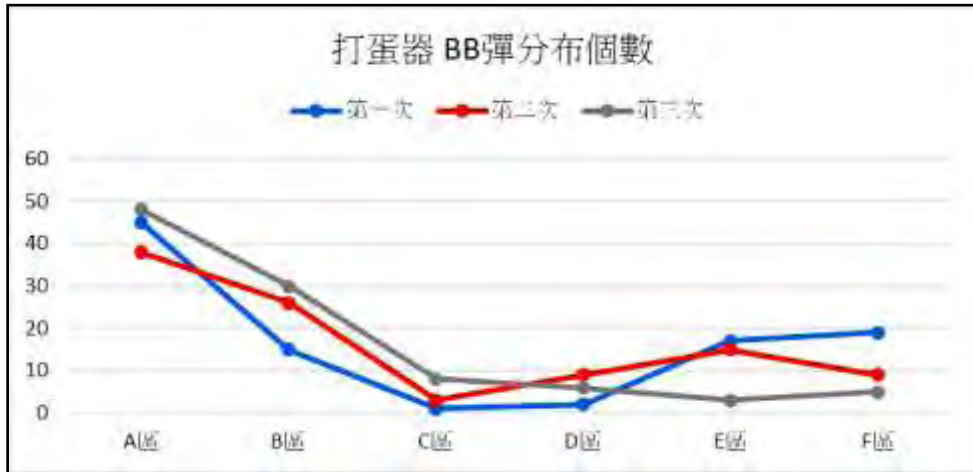
5. 把鍋子輕輕的拿起來



6. 把各區的土撥進濾網，過濾土留下 BB 彈算數量。



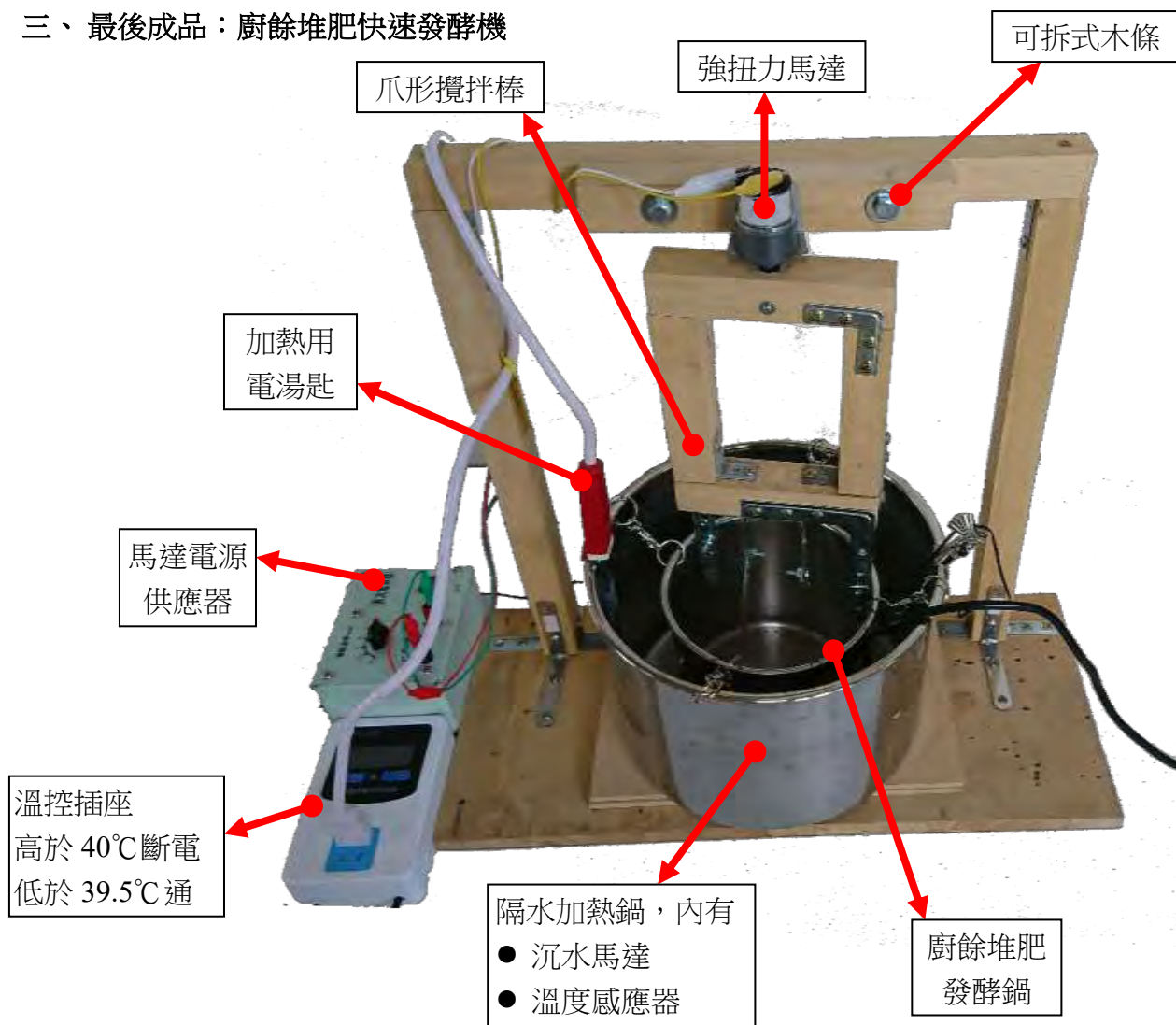
(3). 測試結果：曲線起伏越少，各區 BB 彈個數越平均，攪拌越均勻。



(4). 實驗討論：

- **打蛋器**攪拌時土會卡在中間，而且打蛋器只會在中間轉動，旁邊得土根本翻不到。BB 彈各區相差最大數量是 44 顆，**線段起伏很大，攪拌效果最差**。
- **U 形攪拌器**可以順利翻動土，但是 U 形環沒辦法刮到最邊邊的土，而且土會從 U 形環中穿過去。BB 彈各區相差最大數量是 18 顆，**但是線段有起伏不平穩，攪拌效果不穩定**。
- **爪行攪拌器**可以順利翻動土，而且可以刮到最邊邊的土。BB 彈各區相差最大數量是 18 顆，**但是線段起伏比較沒那麼大，效果最好，所以我們選用它**。

### 三、最後成品：廚餘堆肥快速發酵機



## 【研究三】實際測試 — 廚餘堆肥快速發酵機的效果

### 一、用「廚餘堆肥快速發酵機」製作堆肥

1. 使用材料：混合類廚餘（學校午餐）、砂質土、米麴菌。  
製作環境：使用隔水加熱，水溫控制在 39.5°C ~ 40°C。

### 2. 製作過程：




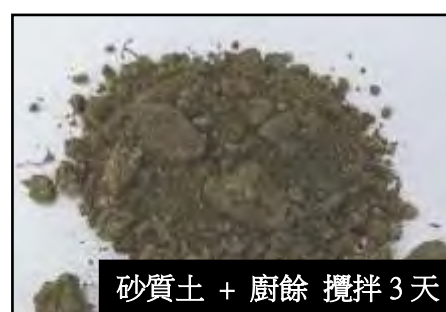
廚餘打碎，砂質土和廚餘的量是 2：1，再加入米麴菌。



用廚餘堆肥快速發酵機進行發酵，每天記錄變化。

### 3. 觀察紀錄：觀察外觀、聞氣味、攪拌情形

一天後	二天後	三天後
		
深灰色，代表還有水分。	灰色有變淺，代表水份有蒸發。	顏色變更淺了。
有一些味噌、醬油的味道。	味噌醬油味更重了，聞久了有不喜歡的感覺。	聞起來有養雞場的味道，遠遠聞還好，靠近聞覺得很臭。
攪拌的時候，看起來有濕黏的感覺，攪拌得很吃力。	有一些小結塊，但是看起來比較鬆散，沒有濕黏的感覺。	更鬆散了，看起來像小沙粒，但還是有一些小結塊。



### 4. 實驗討論

(1). 廚餘堆肥發酵時要加熱到幾度？溫度越高越好嗎？

我們本來想做不同溫度發酵的比較，但是米麴菌適合生長的溫度在 35°C ~ 40°C 之間，太高溫會殺死它，所以我們就不再升高溫度了。

(2). 要攪拌多久才算發酵完成？

- 原本正常的廚餘堆肥發酵是等 4~5 個月後，溫度不再上升就代表發酵完成。但是我們直接幫米麴菌升到適合它的溫度，所以不能用溫度判斷。
- 我們曾經試過攪拌一天後就停，結果第二天，整鍋廚餘堆肥表面長出白色菌絲。
- 所以我們決定至少要攪拌到廚餘堆肥變乾掉、鬆散就好。這樣裝進罐子裡放了 1 個禮拜，也沒有看到再長白色菌絲。





(3). 攪拌過程中沒有看到白色菌絲，米麴菌還活著嗎？

我們有把攪拌 2 天後的小結塊拿出來觀察，用湯匙切開後發現裡面有白色菌絲，代表它還活著。

(4). 這樣製作出來的堆肥有用嗎？

我們決定用**自己做的「快速發酵廚餘堆肥」來種菜**，而且要跟沒有用廚餘堆肥的菜做比較，看看我們的廚餘堆肥是不是真的有用。

(5). 我們用機器做的「快速廚餘堆肥」真的很快，但是還是有臭味，怎麼辦？

查詢資料後發現，小蘇打粉、醋、檸檬汁、碳，生活中常用來除臭。但是前三種有酸鹼性，可能對植物會有影響，所以**我們想在「快速發酵廚餘堆肥」裡面加碳，看看能不能解決臭味的問題。**



## 二、解決「快速發酵廚餘堆肥」的臭味問題

1. 使用材料：自製快速發酵廚餘堆肥、實驗室用活性碳粉末、五金行木碳粉末、備長碳粉末。

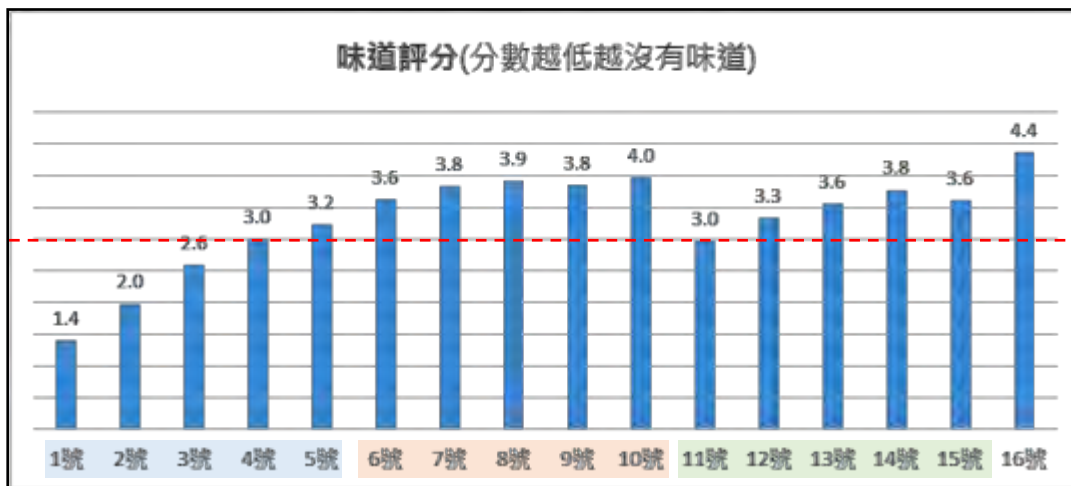
2. 實驗過程：

(1). 添加不同比例的碳， $\text{廚餘堆肥}:\text{碳} = 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1$ ，然後碳又有 3 種，再加上 1 杯沒有加碳的對照組，這樣總共製作 16 杯。

(2). 這 16 杯放置 1 天，請 100 位同學來聞聞看味道。

(3). 因為每個人對香、臭的感覺不同，所以我們只感覺有沒有味道。評分為 1~5 分，覺得沒有味道的給 1 分，味道越重給越多分，最重味道的給 5 分。

3. 實驗結果（100 份問卷數據取平均）：



編號	廚餘:碳粉
1號	1:1
2號	2:1
3號	3:1
4號	4:1
5號	5:1
6號	1:1
7號	2:1
8號	3:1
9號	4:1
10號	5:1
11號	1:1
12號	2:1
13號	3:1
14號	4:1
15號	5:1
16號	不加碳粉

4. 實驗討論：

(1). 我們把中間值 3 分當標準，低於 3 分的代表有除臭效果，高於 3 分的沒有。

(2). 從 6~15 號知道，普通木碳粉和備長碳粉的效果都沒有很好，沒有低於 3 分的。

(3). 從 1~5 號知道，**活性碳粉除臭力較好，但是廚餘堆肥的量不能超過活性碳粉的 3 倍**。查詢資料知道因為活性碳有更多的孔洞可以吸附臭味。

(4). 所以如果**需要把「快速發酵廚餘堆肥」除臭，加活性碳粉是有效的方法。**

## 【研究四】 自製「快速發酵廚餘堆肥」實際種菜的情形

### 一、自製「快速發酵廚餘堆肥」對植物的生長是否有影響

1. 使用材料：自製快速發酵廚餘堆肥、砂質土、萵苣菜苗。實驗組是 100g 自製快速發酵廚餘堆肥+100g 砂質土；對照組是 200g 砂質土。

2. 實驗過程：



對照組使用 200g 砂質土來種植，共種 5 盆。



實驗組用 1:1 的比例混合自製快速發酵廚餘堆肥和砂質土，一樣量取 200g 來種 5 盆。



每盆植物選取 2 片葉子（怕葉子枯掉）點上 2 點，每周記錄 2 次葉子的寬度。



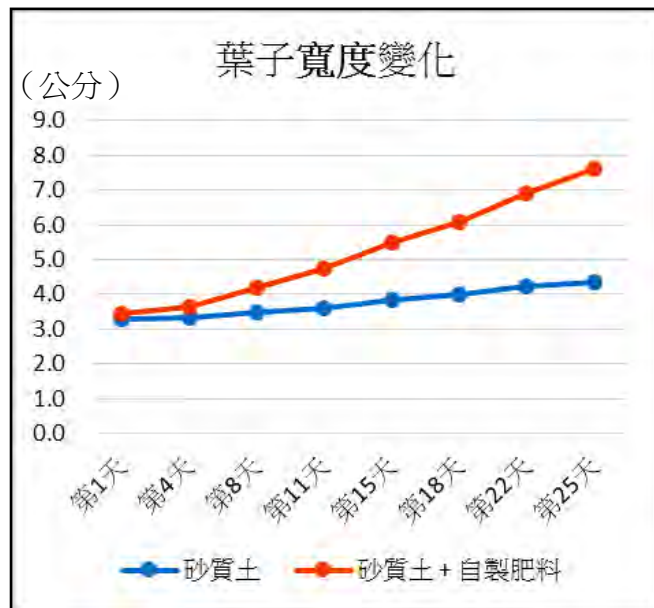
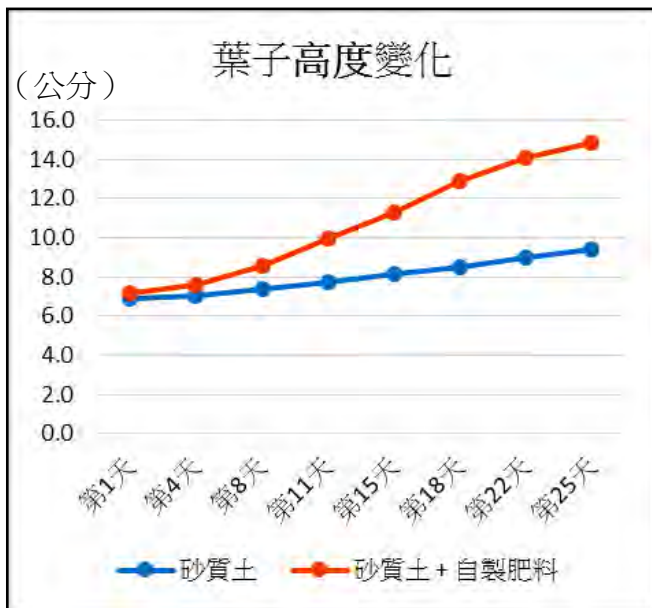
每盆植物選取 2 片葉子（怕葉子枯掉），從葉柄底部量到葉頂，每周記錄 2 次葉子的高度。



每周幫這 10 盆植物照相 1 次，用木棍標記好每盆盆栽的位置和手機照相的位置，這樣每次照相的位置才會一樣，比較容易比較出植物的生長情形。



### 3. 實驗結果



第一周



第二周



第三周



第四周



砂質土

砂質土  
+

自製快速發酵廚餘堆肥



#### 4. 實驗討論：

- (1). 加了我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」的萵苣，四周後葉片長得比較寬，葉子也長得比較高。
- (2). 從每周照片也可以明顯看出有加「快速發酵廚餘堆肥」的萵苣長得比較大。
- (3). 最後看到這樣的結果真的超開心，我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」真的有效。

#### 二、「快速發酵廚餘堆肥」加活性碳粉後，種植蔥和果實類植物辣椒

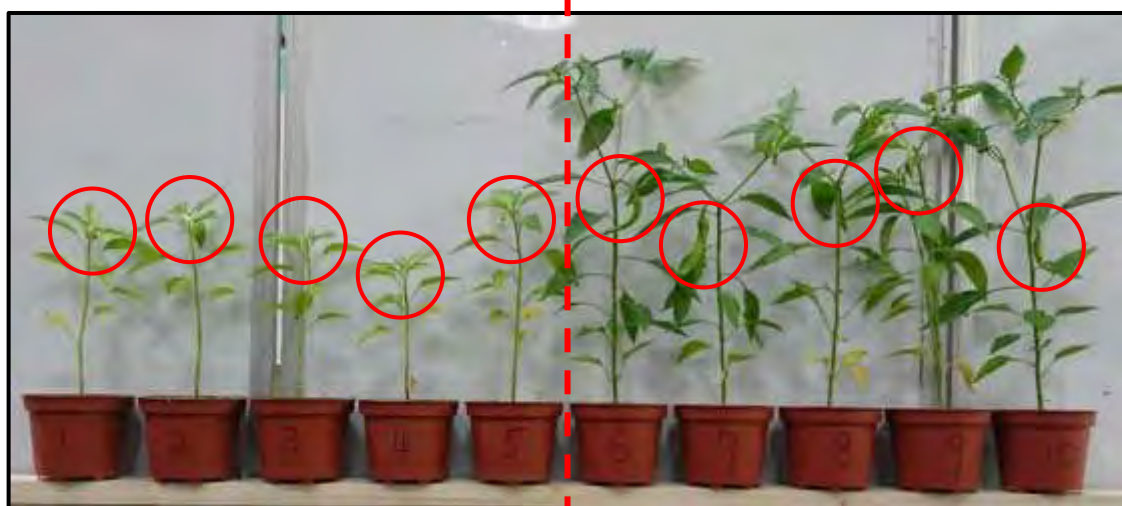
1. 使用材料：自製快速發酵廚餘堆肥、活性碳粉、砂質土、萵苣菜苗。

實驗組：100g 自製快速發酵廚餘堆肥 + 33g 活性碳粉 + 100g 砂質土

對照組：200g 砂質土。

#### 2. 實驗結果

- (1). 第四周 青龍辣椒的比較：



砂質土

砂質土  
+  
自製快速發酵廚餘堆肥  
+  
活性碳粉

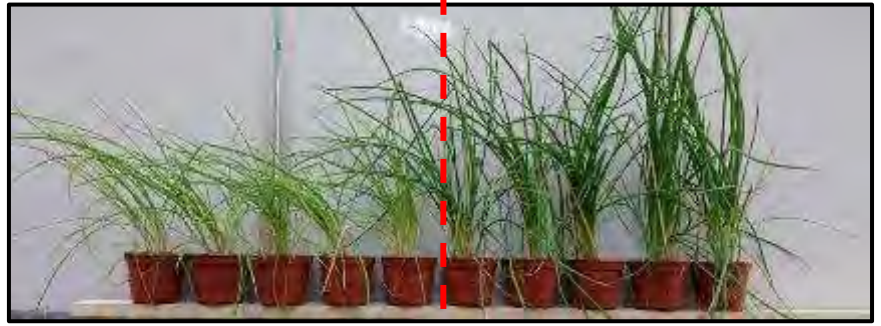


第四周：開花 3 朵，結果 0 顆



第四周：開花 17 朵，結果 5 顆

(2). 第四周 蔥的比較：



砂質土

砂質土 + 活性碳粉  
+ 自製快速發酵廚餘堆肥

3. 實驗討論：

- (1). 「快速發酵廚餘堆肥+活性碳」種植的青龍辣椒，四周後花開得更多，更早結果。
- (2). 「快速發酵廚餘堆肥+活性碳」種植的蔥，四周後長得更粗、更高。

### 三、未來需要再研究、改進的地方

1. 我們還有幾個實驗想要用我們自己設計的機器測試：
  - (1). 廚餘不要打碎直接拿來用，會不會影響製作肥料的效果？
  - (2). 廚餘和土的比例如果改變，會不會影響製作肥料的效果？
2. 學校的廚餘量很多，我們的機器無法負擔，要設計大容量和更方便的加熱方式。

## 陸、結論

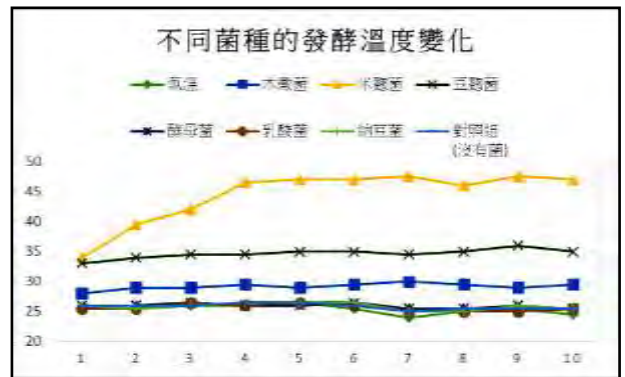
### 一、關於廚餘堆肥發酵的研究

1. 好氧發酵的特色就是溫度會上升，所以用「溫度是否上升」來判斷發酵有沒有成功。
2. 不同的菌種進行好氧發酵的情形：

(1). 自然堆肥會自己慢慢升高溫度，但米麴菌那罐很明顯溫度升高比較快，所以證明另外添加菌種（米麴菌）可以加快廚餘堆肥發酵的速度。

(2). 米麴菌溫度最高，代表它好氧發酵的最好，所以我們後面都使用米麴菌進行廚餘堆肥實驗。

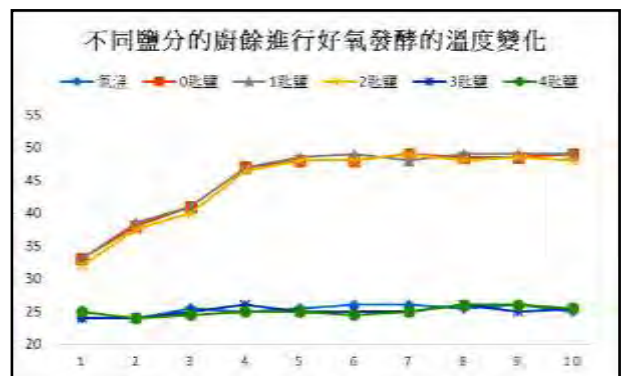
(3). 溫度升高的發酵罐，可以讓果蠅比較不敢接近、產卵，也比較不會有蛆跑出來。



3. 不同鹽分的廚餘進行好氧發酵的情形：

(1). 就算有鹽分，米麴菌還是能進行好氧發酵。但是如果鹽分太多會阻礙米麴菌的好氧發酵。

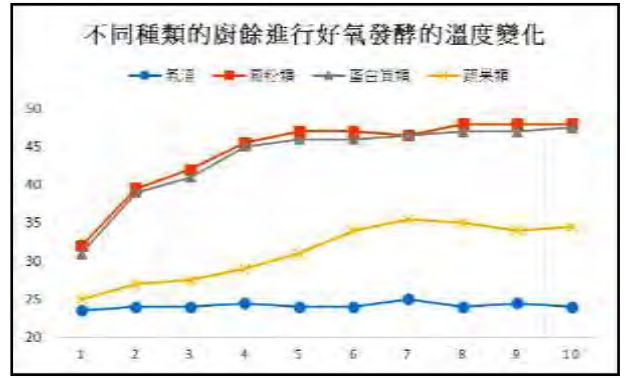
(2). 經過計算我們發現，鹽巴量就算是我們正常攝取量的 15.3 倍，也能讓米麴菌進行好氧發酵，這代表廚餘其實不用特別用水沖洗掉鹽分。





4. 不同的廚餘種類進行好氧發酵的情形

- (1). 米麴菌能對澱粉類和蛋白質類進行好氧發酵，發酵罐溫度上升到接近 50°C。
- (2). 蔬果類的發酵罐溫度最高升到 35.5°C，代表米麴菌的好氧發酵效果沒有很好。
- (3). 所以一般人飲食後的廚餘，澱粉、蛋白質、蔬果類通通都有，所以適合直接拿來加米麴菌製作廚餘堆肥。



二、廚餘堆肥快速發酵機的研究

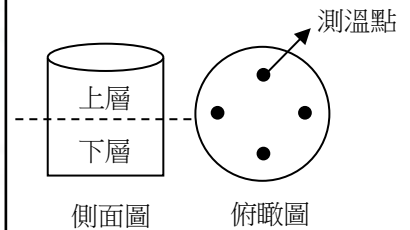
1. 定溫加熱器的設計：米麴菌發酵過程溫度會慢慢上升，而且要保持一定溫度，所以我們想製作出幫麴菌加熱、保溫的機器，讓廚餘堆肥發酵的更快速。

- (1). 我們希望把溫度控制在一個範圍之間，所以太冷要能自動加熱，太熱要停止加熱。
- (2). 我們選用這兩樣東西：電湯匙、溫度控制插座。
- (3). 另外我們加裝了沉水馬達，讓鍋子內上下層 4 個方位，8 個位置的溫度幾乎一樣。

溫度感應器

溫度設定  
高於 40°C 插頭斷電，低於 39.5°C 插頭通電。

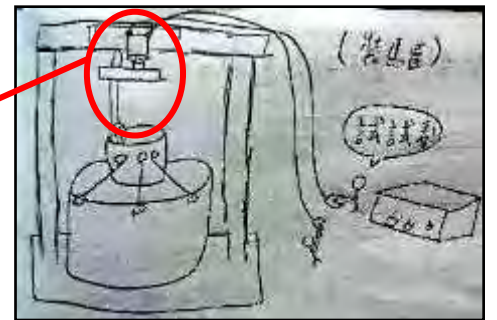
電湯匙  
沒有開關，直接用插頭來決定是否通電加熱。



2. 攪拌裝置的設計：攪拌可以讓底層的米麴菌獲得氧氣，持續發酵，也可以適時讓它降溫。所以我們想要研究出可以自動攪拌的機器。

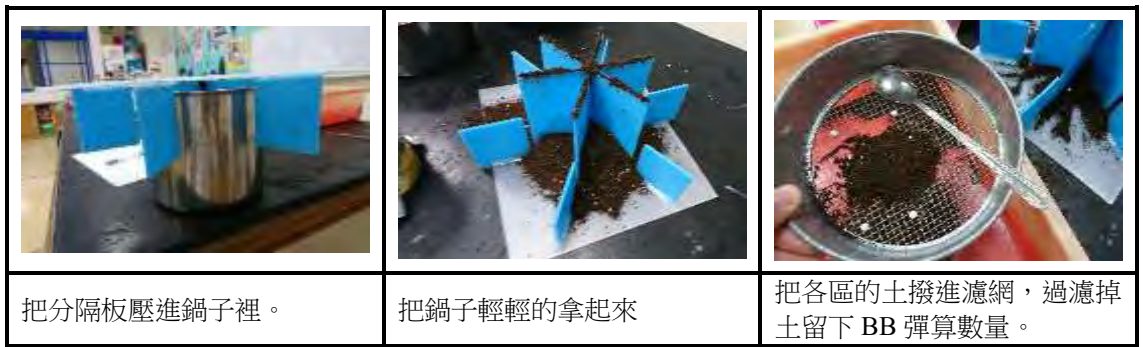
- (1). 製作攪拌支架。
- (2). 使用強扭力馬達，才有足夠的力量攪拌。
- (3). 解決馬達轉軸鬆掉的問題-使用轉軸連接器。
- (4). 設計 3 種攪拌棒-打蛋器、U 形攪拌器、爪形攪拌器。

要做可拆式  
不然鍋子放不進去



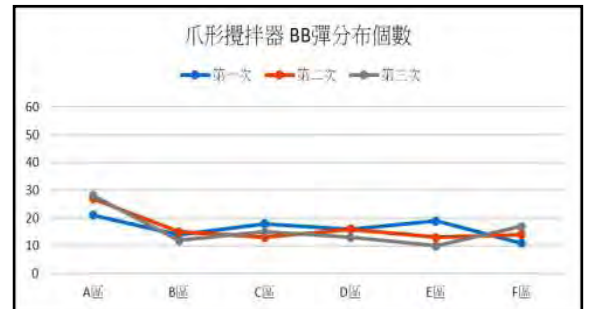


- (5). 攪拌均勻效果的測試：我們把 100 顆白色 BB 槍子彈倒進土中，攪拌後看看鍋子裡不同位置的 BB 彈數量的分布。**我們用自製分區隔板把鍋子裡的土分成六區。**

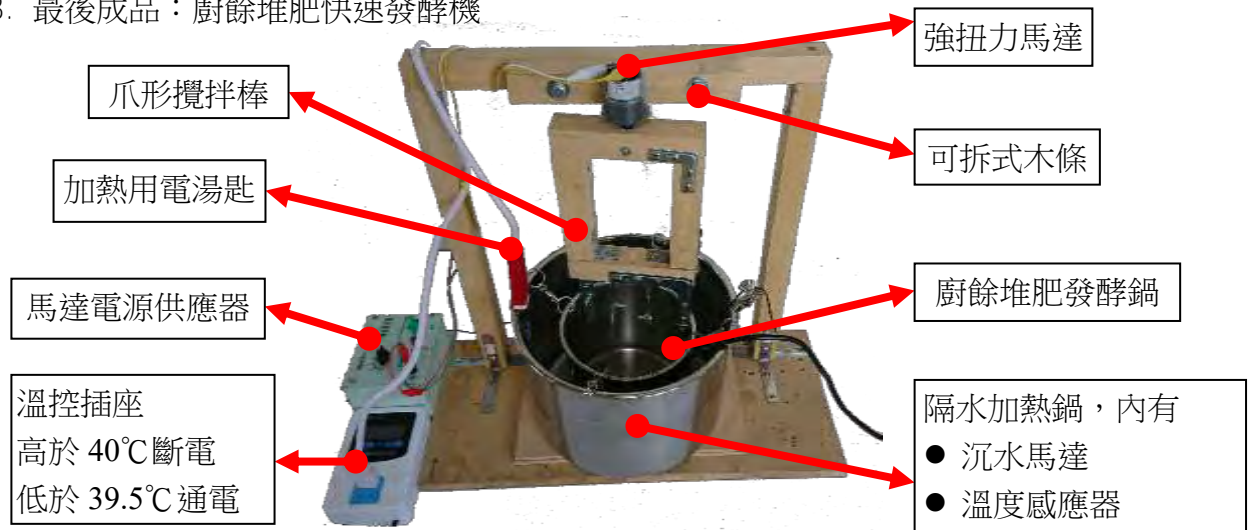


測試結果：**曲線起伏越少，各區 BB 彈個數越平均，攪拌越均勻。**

**爪行攪拌器**可以順利翻動土，而且可以刮到最邊邊的土。BB 彈各區相差最大數量是 18 顆，但是**線段起伏比較沒那麼大，效果最好，所以我們選用它。**



### 3. 最後成品：廚餘堆肥快速發酵機



### 三、實際測試 — 廚餘堆肥快速發酵機的效果

1. 使用材料：混合類廚餘（學校午餐）、砂質土、米麴菌。



2. 製作環境：使用隔水加熱**控制在 39.5°C ~ 40°C**

3. 攪拌時間：因為我們直接幫米麴菌升到適合它的溫度，所以**不能用溫度判斷**是否發酵完成。**我們決定至少要攪拌到廚餘堆肥變乾掉、鬆散就好（約 3 天）。**

4. 發現用機器做的「快速廚餘堆肥」有臭味，分別加入活性碳粉、普通木碳粉、倍長碳粉後，請 100 位同學聞味道調查，結果**活性碳粉可以降低「快速廚餘堆肥」的臭味，但是廚餘堆肥的量不能超過活性碳粉的 3 倍。**

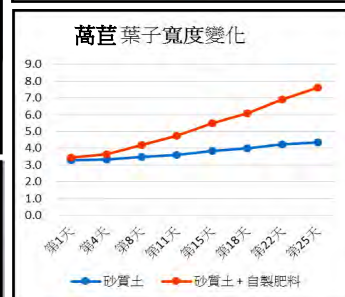
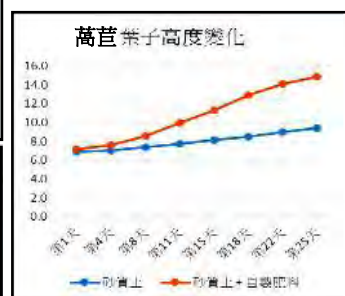
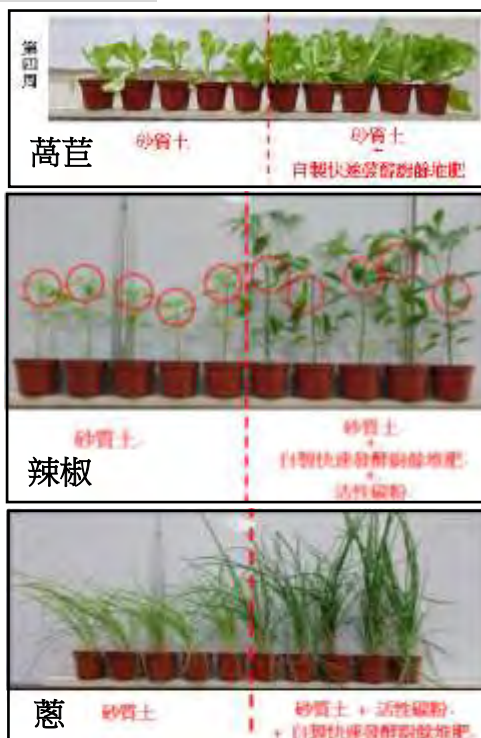
#### 四、自製「快速發酵廚餘堆肥」實際種菜的情形

##### 1. 實驗材料：

- (1). 實驗組 1：100g 自製快速發酵廚餘堆肥+100g 砂質土；
- (2). 實驗組 2：100g 自製快速發酵廚餘堆肥 + 33g 活性碳粉 + 100g 砂質土；
- (3). 對照組：200g 砂質土。

##### 2. 實驗結果：

- (1). 「快速發酵廚餘堆肥」種植的**萵苣**，四周後葉寬較大、葉高較高。
- (2). 「快速發酵廚餘堆肥+活性碳」種植的**青龍辣椒**，四周後花開得更多，更早結果。



- (3). 「快速發酵廚餘堆肥+活性碳」種植的**蔥**，四周後長得更粗、更高。

##### 3. 未來需要再研究、改進的地方

- (1). 廚餘不要打碎直接拿來用，會不會影響製作肥料的效果？
- (2). 廚餘和土的比例如果改變，會不會影響製作肥料的效果？
- (3). 學校的廚餘量很多，我們的機器無法負擔，要設計大容量和更方便的加熱方式。

### 柒、參考資料

#### 一、堆肥化過程技術分析探討

<http://www.twce.org.tw/info/%E6%8A%80%E5%B8%AB%E5%A0%B1/417-3-1.htm>

#### 二、這就是正確的有機肥製作 這才是節能減碳愛地球

<https://www.youtube.com/watch?v=cRez5CK7fpl&list=PLv8Ly6bH0WqxNINigOWjveEsapH16XczZ>

#### 三、溫度對發酵過程的影響及其控制-最適合溫度的選擇

<https://kknews.cc/news/96p22qq.html>

#### 四、蕭崇浩、薛承祐（2017）。醬油麴生長條件之探討。中學生網站-小論文專區。

#### 五、菇娘兒（2013）。絕對成功的發酵聖經。如何出版社。

#### 六、黃翊庭、陳淑德（2017）。探討溫度對鹽麴酵素之影響。2017 年台灣食品科技學會第 47 次年會壁報。

#### 七、大安酒莊。米麴發酵過程。

<http://librarywork.taiwanschoolnet.org/cyberfair2014/p20100802/3-3.htm>

#### 八、綠圃食品公司。米麴製作流程。

[https://www.riceflower.com.tw/news\\_view-6](https://www.riceflower.com.tw/news_view-6)

#### 九、蘇忠楨（2019）。廚餘何處去？發電、養豬、養蟲、堆肥。2019-01-29 聯合報 民意論壇。<https://udn.com/news/story/7339/3619947>

#### 十、留言追追追（2009）。第 8 集 廚餘、廚餘、何處去！



## 【評語】 082921

實驗架構完整，所製作的廚餘堆肥快速發酵機具有創意與快速發酵的效果，台風穩健。廚餘堆肥快速發酵機雖能於較短時間內達到廚餘堆肥的分解，但耗能情形應納入考量。



# 摘要

這次研究的目標是製作一台可以讓廚餘快速發酵、變成肥料的機器。

我們在廚餘堆肥中加入生活常見的好氧發酵菌，利用「溫度升高」來判斷是否成功發酵。研究發現加入「米麴菌」可以加快升溫、發酵過程；廚餘鹽分超過正常飲食23倍會阻礙升溫發酵；澱粉、蛋白質類的廚餘適合讓米麴菌好氧發酵。

接著根據米麴菌好氧、升溫的特性，設計打造了一台「廚餘堆肥快速發酵機」，讓廚餘可以定溫保溫、攪拌接觸空氣，我們還想辦法測量哪種攪拌爪最能均勻攪拌 (p.21)。結果3天就能把廚餘變成乾燥的肥料，而且用活性碳粉解決了臭味問題。

最後用自製廚餘肥料來種菜，結果超棒 (p.26)，有加肥料的菜長得好太多了。這樣能解決廚餘，又能讓菜長的好，我們真的覺得太好了！

# 壹、研究動機

學校後方有一片菜園，讓我們在自然課的時候可以體驗種菜，但是我們和學弟妹種出來的菜又瘦又小，跟外面買的差很多。我們發現學校的土是砂質土，幾乎沒有養分需要施肥。

同學的阿公有自己做桶裝堆肥，說這樣環保天然又好用，而且學校每天午餐都有廚餘可以讓我們自己製作廚餘堆肥。但是正常的製作過程要花好幾個月太久了，所以我們想研究能快速製作廚餘堆肥的過程和機器。

研究到後來新聞剛好報導因為豬瘟所以要禁止廚餘養豬，如果我們能成功把廚餘快速變成肥料，這樣就能一舉兩得，讓菜長的好和解決廚餘問題。

★與課程相關單元：【微生物的作用】、【熱對物質的影響】、【簡單機械】

# 貳、研究目的

- 【研究一】廚餘堆肥發酵的研究
  - 一、實驗前的準備
  - 二、不同的菌種進行好氧發酵的情形
  - 三、不同鹽分的廚餘進行好氧發酵的情形
  - 四、不同的廚餘種類進行好氧發酵的情形
- 【研究二】廚餘堆肥快速發酵機的研究
  - 一、定溫加熱器的設計
  - 二、攪拌裝置的設計
  - 三、最後成品：廚餘堆肥快速發酵機
- 【研究三】實際測試—廚餘堆肥快速發酵機的效果
  - 一、用「廚餘堆肥快速發酵機」製作堆肥
  - 二、解決「快速發酵廚餘堆肥」的臭味問題
- 【研究四】自製「快速發酵廚餘堆肥」實際種菜的情形

# 參、研究設備及器材

製作工具	電鑽、螺絲起子、線鋸機、熱熔槍、
定溫加熱器	溫控插座、電湯匙、沉水馬達、鍋子、五金配件
攪拌器	木料、強扭力馬達 (7.7轉)、馬達轉接環木料、五金配件、鱈魚夾、電源供應器
廚餘堆肥材料	廚餘、砂質土、木黴菌、豆麴菌、米麴菌、酵母菌、乳酸菌、納豆菌、澱粉類食物、蔬果類食物、蛋白質類食物

# 肆、研究過程與方法

- ### 一、資料查詢—廚餘堆肥發酵種類
- 1、堆肥形成原理：堆肥就是藉微生物的生化作用，在控制條件下將廢棄物中的有機質分解使其轉化為水、二氧化碳、氮、硝酸，再經過腐熟，成為安定的腐植土。
  - 2、好氧性方法：用翻堆或強制送風、抽風，以好氧性菌種分解廢棄物的方式。
  - 3、厭氧性方法：把廢棄物堆積減少與空氣之接觸以厭氧性菌種分解為主要反應。
- ### 二、資料查詢—目前大量廚餘堆肥方法：好氧性方法 (高速堆肥法)
- 1、將廚餘和副資材 (木屑、土) 充分混合，可以吸收多餘的水分。然後搬至發酵區，堆置成150公分高的發酵堆。
  - 2、發酵初期，60°C以上的高溫要維持7-14天，以殺滅病菌及蟲卵。接著用1個月翻攪一次，讓氧氣能進入廚餘堆中，而且溫度介於40-60°C之間，以利微生物生長，促進發酵。
  - 3、4-5個月發酵作用後，當溫度降到40°C以下，就算翻攪溫度也不會再上升，而且顏色變成黑色，沒有惡臭味，就已經接近成熟狀態。此時可攤開，讓水分蒸散，最後低溫發酵成完熟狀態。

- ### 三、資料查詢—好氧菌的查詢：
- 微生物依其對氧的需求與忍受度，可分為四大類：好氧菌、兼性厭氧菌、微好氧菌及絕對厭氧菌。前面兩者在有氧的環境下可以生存，但後兩者必須在非常小的氧氣量之下才能存活。因為我們想要快速完成廚餘堆肥，所以要找尋生活中常見的好氧菌和兼性厭氧菌，讓大家可以用方便取得。
- 1、好氧菌：需要充分氧氣者  
如結核桿菌屬、假單胞菌屬、細球菌屬、醋菌屬、真菌界等。我們生活經驗較常接觸的是真菌，查詢後發現有：木黴菌 (堆肥)、豆麴菌 (醬油)、米麴菌 (味噌)。另外日本食物納豆，是利用納豆菌 (枯草桿菌) 進行發酵的，它也是屬於好氧菌。
  - 2、兼性厭氧菌：可以進行有氧呼吸，也能夠進行無氧呼吸或發酵的微生物。酵母菌、乳酸菌 (益生菌)。

### 四、研究架構



# 伍、研究結果與討論

## 【研究一】廚餘堆肥發酵的研究

- ### 一、實驗前的準備
- 1、挖取學校後方菜園貧瘠的砂質土，當作堆肥發酵時的副資材。
  - 2、購買生活中常見的菌種：木黴菌、米麴菌、豆麴菌、乳酸菌、酵母菌、納豆菌
  - 3、廚餘堆肥發酵容器和存放地點
    - 我們用大開口塑膠罐當作堆肥容器，因為是好氧發酵。
    - 我們用土、廚餘、菌交疊的方式裝進罐子裡。
    - 學校上課時有教過，微生物喜歡生長在陰暗、溫暖、潮濕的地方，可是又怕味道太重不敢放在教室，所以我們放在頂樓，用紙板遮住不要被太陽曬到。
    - 每個發酵罐都要插上溫度計，因為好氧發酵的特色就是溫度會上升，所以用「溫度是否上升」來判斷發酵有沒有成功。
- ### 二、不同的菌種進行好氧發酵的情形：
- 1、發酵罐的製作。土：廚餘 = 2：1。
- 
- 2、溫度變化和觀察情形我們每天固定早上9：30 (下課時間) 觀察溫度並記錄。
  - 3、觀察後討論
    - (1). 米麴菌溫度最高，代表它好氧發酵的最好，所以我們後面都使用米麴菌進行廚餘堆肥實驗。
    - (2). 溫度升高的發酵罐，可以讓果蠅比較不敢接近、產卵，也比較不會有蛆跑出來。
    - (3). 有些菌種一開始沒有長菌絲，但是後來也出現白色菌絲，我們上網查詢資料後推測，應該是長了白黴。但是因為過程中溫度幾乎沒有升高，所以我們不考慮用它們來進行廚餘堆肥。
    - (4). 自然堆肥會自己慢慢升高溫度，但米麴菌那罐很明顯溫度升高比較快，所以證明了另外添加菌種 (米麴菌) 可以加快廚餘堆肥發酵的速度。
- 

- ### 三、不同鹽分的廚餘進行好氧發酵的情形
- 有同學有聽家人說過，鹽巴可以殺菌。上網查資料後發現：「當鹽水的濃度達到一定的時候，的確是有消毒的作用，因為濃度較高的鹽水使細菌發生滲透作用而死亡」。我們就想，如果廚餘太鹹會不會害米麴菌死亡。
- 1、廚餘添加不同量的鹽巴
  - 2、溫度變化和觀察情形我們每天固定早上9：30 (下課時間) 觀察溫度並記錄
  - 3、觀察後討論
    - (1). 0~2匙鹽的發酵罐溫度上升到接近50°C，代表就算有鹽分，米麴菌還是能進行好氧發酵。
    - (2). 但是3、4匙鹽的發酵罐溫度沒有明顯升高，代表鹽分太多會阻礙米麴菌的好氧發酵。
    - (3). 經過測量，一湯匙的鹽是2.4g。鹽巴每日建議攝取量是2400mg (2.4g)。
    - (4). 我們實驗發現，200g廚餘 + 4.8g鹽巴，米麴菌可以正常發酵。我們估算：
      - 便當1個約510g (7-11真飽便當)，三餐進食510g x 3 = 1530g。
      - 200g廚餘 + 4.8g鹽巴 等比例放大 1530g廚餘 + 36.72鹽巴。
      - 這樣的鹽巴量已經超過我們正常攝取量15.3倍。
      - 這代表廚餘其實不用特別用水沖洗掉鹽分，也能讓米麴菌進行好氧發酵。
- 

- ### 四、不同的廚餘種類進行好氧發酵的情形
- 1、用不同種類的廚餘製作發酵罐：澱粉類、蛋白質類、蔬果類。
  - 2、溫度變化和觀察情形我們每天固定早上9：30 (下課時間) 觀察溫度並記錄。
  - 3、觀察後討論
    - (1). 澱粉類和蛋白質類的發酵罐溫度上升到接近50°C，代表米麴菌能進行好氧發酵，效果很好。
    - (2). 蔬果類的發酵罐溫度最高升到35.5°C，代表米麴菌的好氧發酵效果沒有很好。
    - (3). 所以一般人飲食後的廚餘，澱粉、蛋白質、蔬果類通通都有，所以適合直接拿來加米麴菌製作廚餘堆肥。
    - (4). 如果是吃素的人，而且都是蔬果沒有任何豆類或蛋白質的廚餘，就不適合拿來加米麴菌製作廚餘堆肥。
-



## 【研究二】廚餘堆肥快速發酵機的研究

### 一、定溫加熱器的設計

我們觀察之前米麴菌發酵過程發現，發酵罐製作完成後大概第四天，溫度會上升到45~50°C之間。查詢資料也發現，適合麴菌生長的溫度在35°C~40°C之間，也有研究資料發現氣溫越低，會影響麴菌的生長發酵。既然如此，我們就想製作出**幫麴菌加熱、保溫的機器，讓廚餘堆肥發酵的更快。**

#### 1、隔水加熱法

- 外面是一個大桶子，用來裝熱水。裡面再裝一個小桶子，裝要發酵的廚餘。
- 上方再製作一個可以攪拌的機器。
- 這種方式可以裝比較多的廚餘量，也不容易漏出來。
- 所以最後我們決定用這種方法。

#### 2、加熱器的選擇與控制溫度的方法

- 我們希望把溫度控制在一個範圍之間，所以太冷要能自動加熱，太熱要停止加熱。
- 這樣的話，不能用瓦斯爐加熱，因為無法控制溫度。電磁爐雖然可以設定溫度，但是只有70°C、120°C、160°C、180°C、200°C可以選擇，而且我們實際測過，電磁爐的定溫很不準（設定70°C，但是量出來卻是54.9°C）。
- 最後我們選用這兩樣東西：電湯匙、溫度控制插座。

#### 3、隔水加熱裝置的製作



因為要加熱，所以用金屬鍋。選擇1大1小的鍋子，中間要有足夠空間放電湯匙。

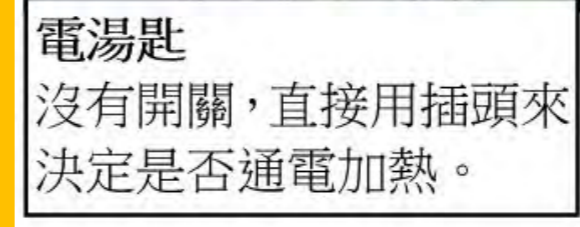


加水後，裡面小鍋子浮起來，電湯匙可以放在兩個鍋子之間。

測試後發現問題：

- 裡面小鍋放重物後，會因為重心不穩會歪斜。
- 以後如果還要攪拌，小鍋子可能會亂移動、翻倒，廚餘就會漏出來。

解決方法：把內、外鍋子固定在一起，讓裡面小鍋子維持在中間的位置，而且不會傾斜。



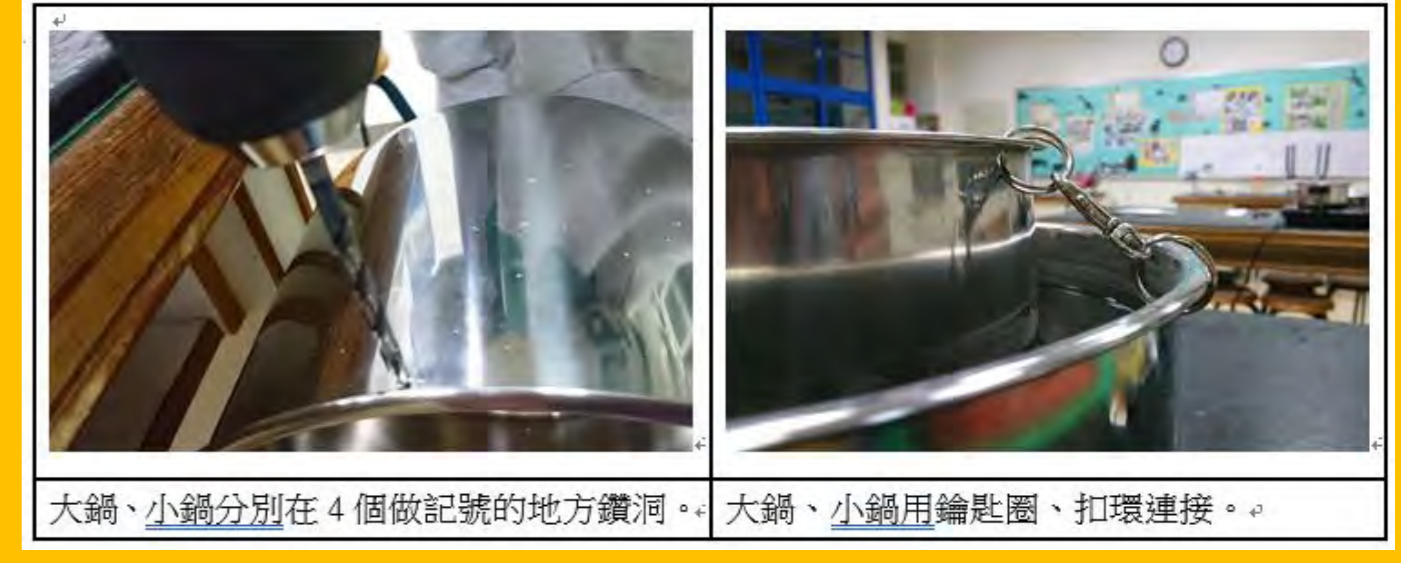
電湯匙沒有開關，直接用插頭來決定是否通電加熱。



溫度設定高於40°C插頭斷電，低於39.5°C插頭通電。



把鍋子圓周平均分成4等份，距離鍋面1公分的地方做記號，準備鑽洞。



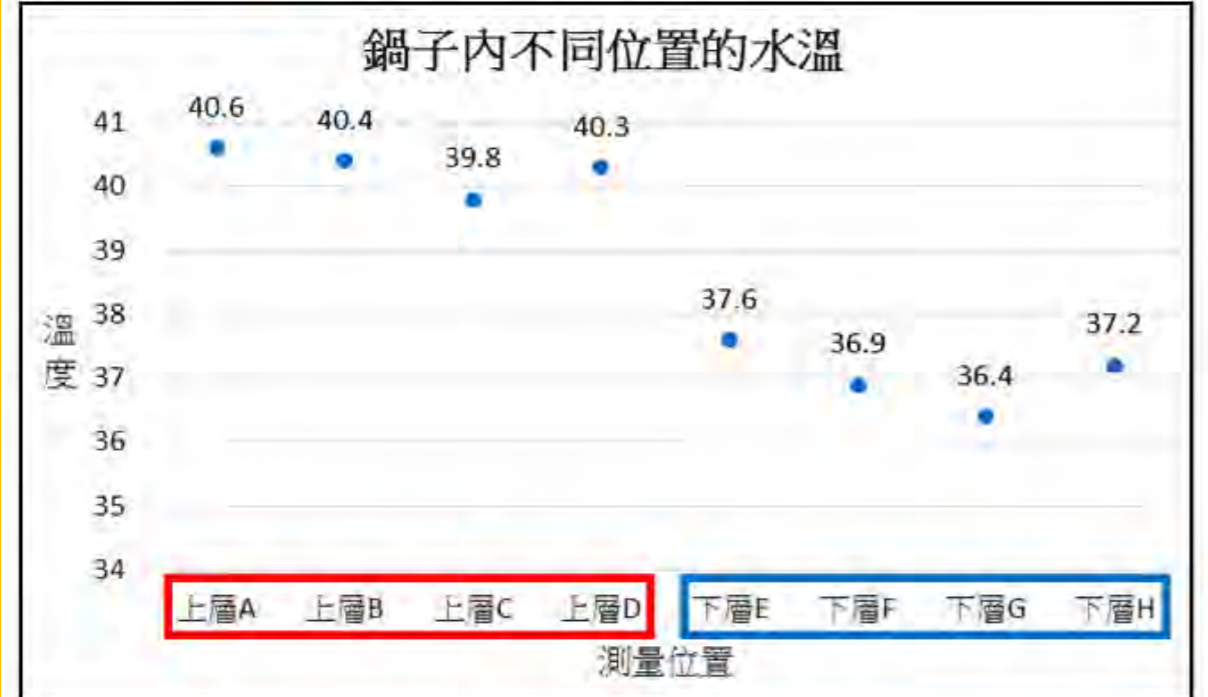
大鍋、小鍋分別在4個做記號的地方鑽洞。大鍋、小鍋用鑰匙圈、扣環連接。

測試後發現問題：

- 為了確認加熱是否均勻，我們進行溫度的測量。
- 溫度測量共分8個位置，上層4個，下層4個。

解決方法：在水中加裝養魚用的沉水馬達，讓水流動。

【加水馬達前8個位置的溫度比較】

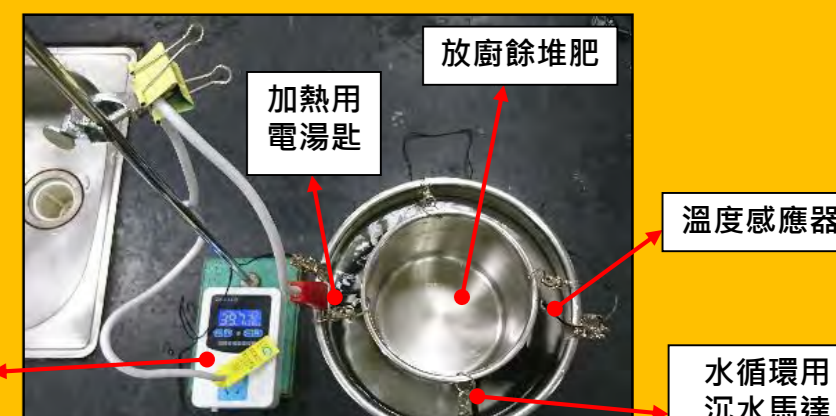


- 上層和下層的溫度有差，最多相差4.2°C，和我們上自然課學的一樣，熱水上升冷水下降。
- 離電湯匙最遠的地方溫度比較低。我們推測是因為溫度感應器沒有放在最遠的地方，當它感應到溫度到達40°C後，就不再加熱，所以最遠的水沒有被加熱到。
- 因為溫度感應器是放在下層，當它感應到40°C時，上層的水已經超過40°C了，所以要加裝沉水馬達讓水混合均勻。

【加水馬達後8個位置的溫度比較】



- 8個位置的溫度幾乎一樣（差0.1°C），沉水馬達讓水混合的效果很好。
- 設定39.5~40°C，測量出平均溫度為39.12。



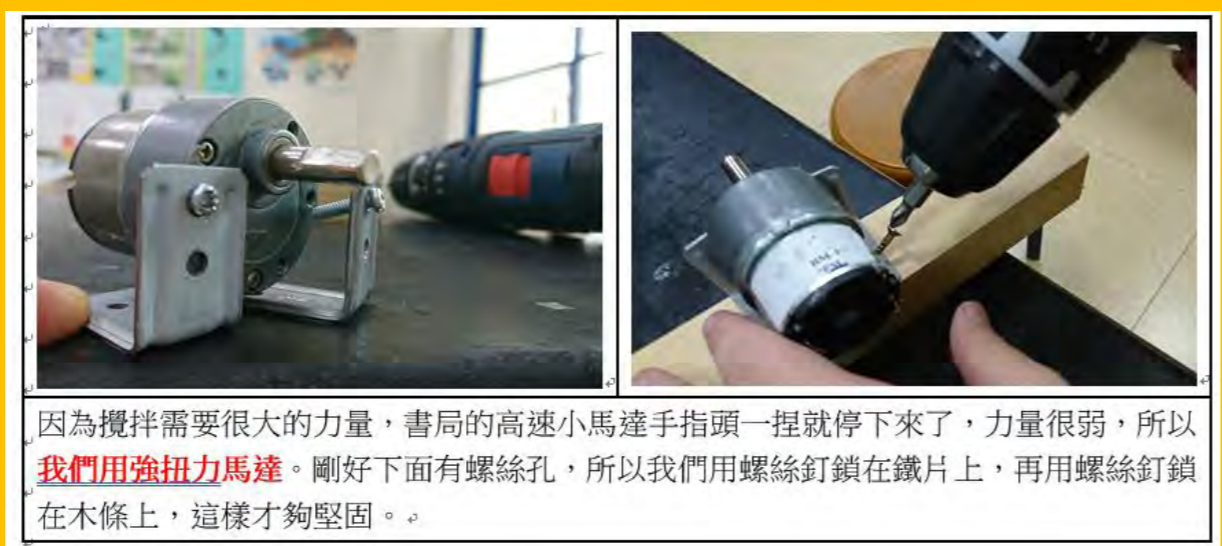
自動通電溫度控制插座

### 二、攪拌裝置的設計

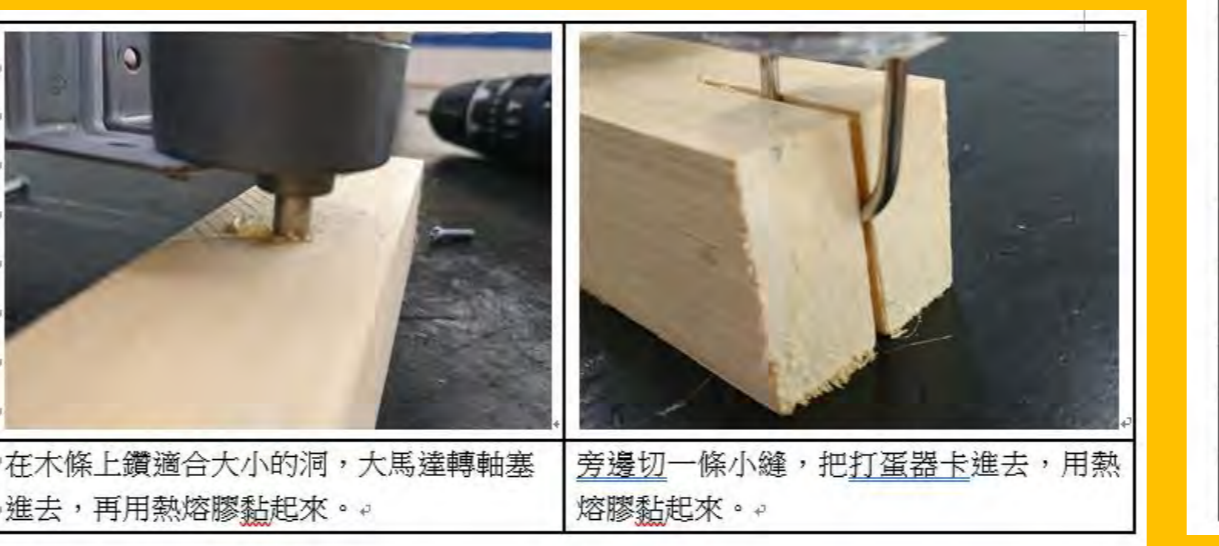
米麴菌在進行好氧發酵時，需要氧氣，而且溫度會上升，但是溫度如果高於45°C就會影響發酵，所以攪拌堆肥是很重要的。攪拌可以讓底層的米麴菌獲得氧氣，持續發酵，也可以適時讓它降溫。所以我們想要研究出可以自動攪拌的機器。



先測量鍋子的高度、攪拌棒的高度，決定外面框架要多高。



因為攪拌需要很大的力量，書局的高速小馬達手指一捏就停下來了，力量很弱，所以我們用強力馬達。剛好下面有螺絲孔，所以我們用螺絲釘鎖在鐵片上，再用螺絲釘鎖在木條上，這樣才夠堅固。



在木條上鑽適合大小的洞，大馬達轉軸塞旁邊切一條小縫，把打蛋器塞進去，用熱膠黏起來。

測試後發現問題：

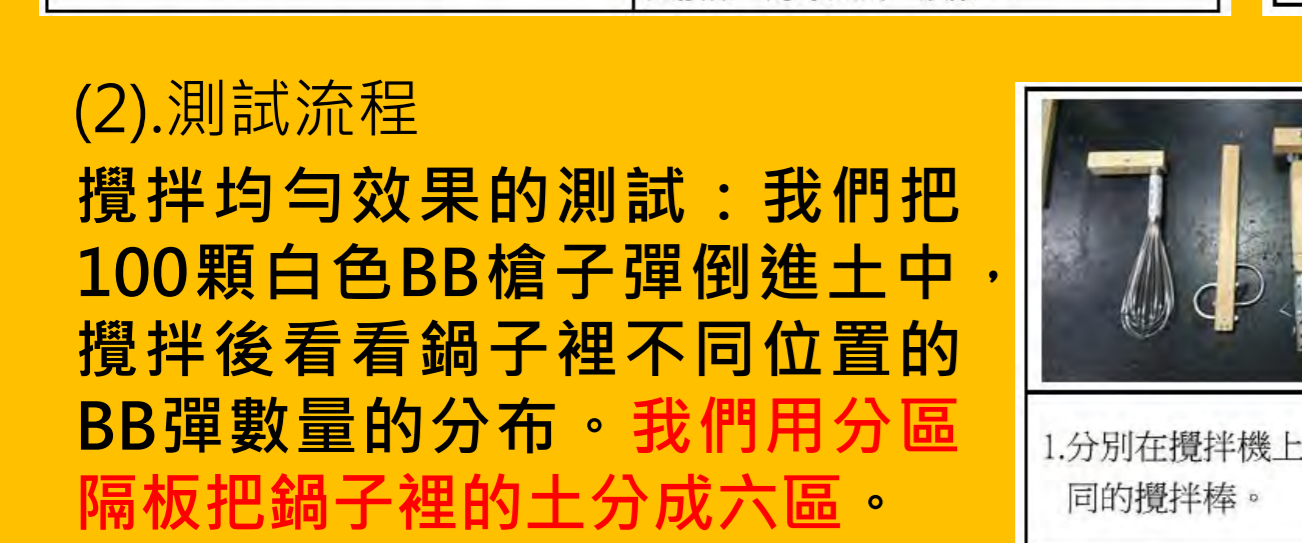


打蛋器攪拌棒會把土卡在中間一坨，而且攪拌土的力量太大，打蛋器先歪掉，後來馬達轉軸也鬆掉，自己在那邊轉而木頭不轉。

#### 馬達轉軸連接處的改造

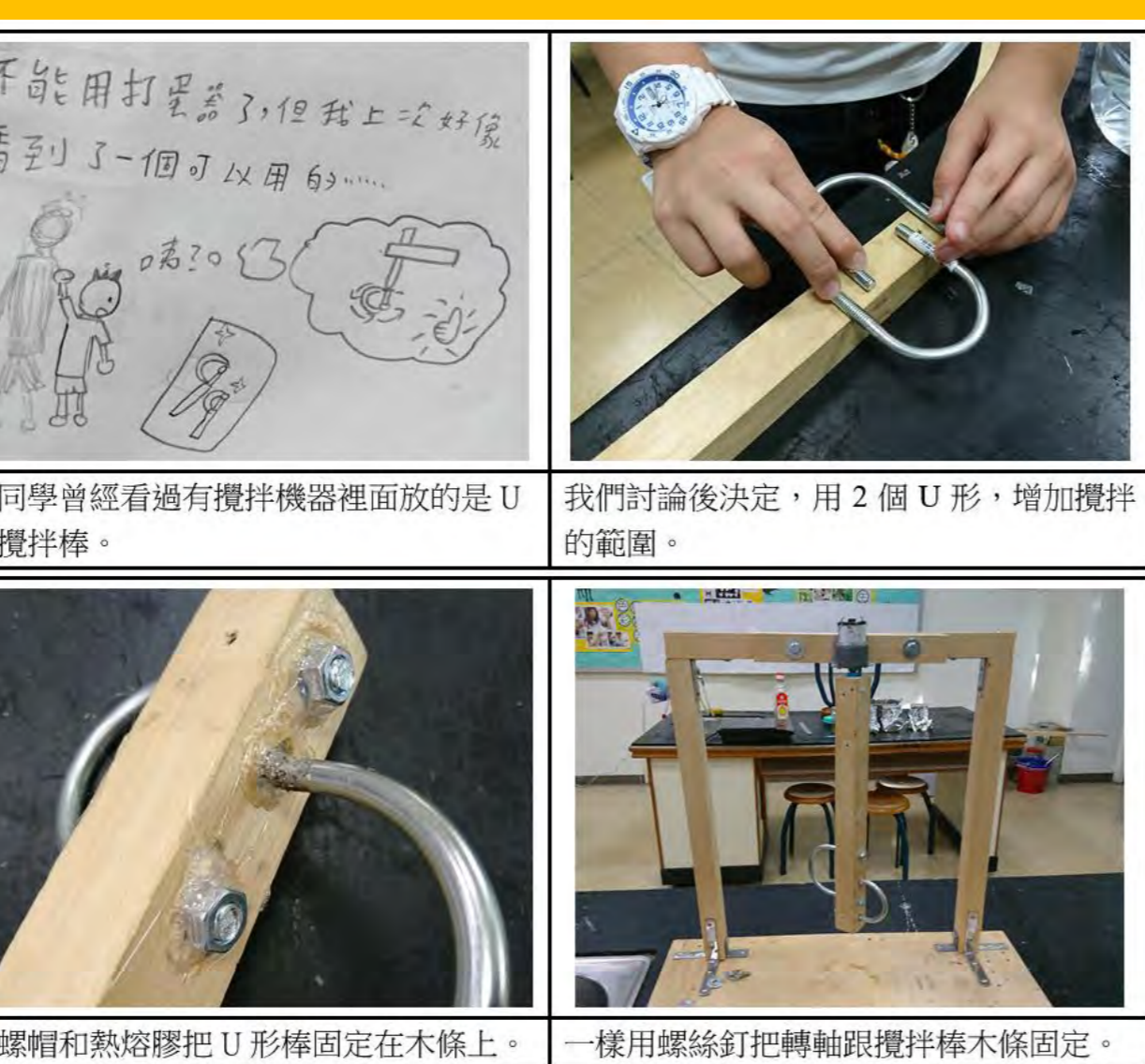


馬達的轉軸不是整支都是圓的，有一個面是一個平面。我們買了一個轉軸連接器，它有螺絲可以鎖在這個平面上。



轉軸連接器還有另外一個洞，我們要用它來固定連接攪拌棒的木條。

#### 攪拌棒的改造

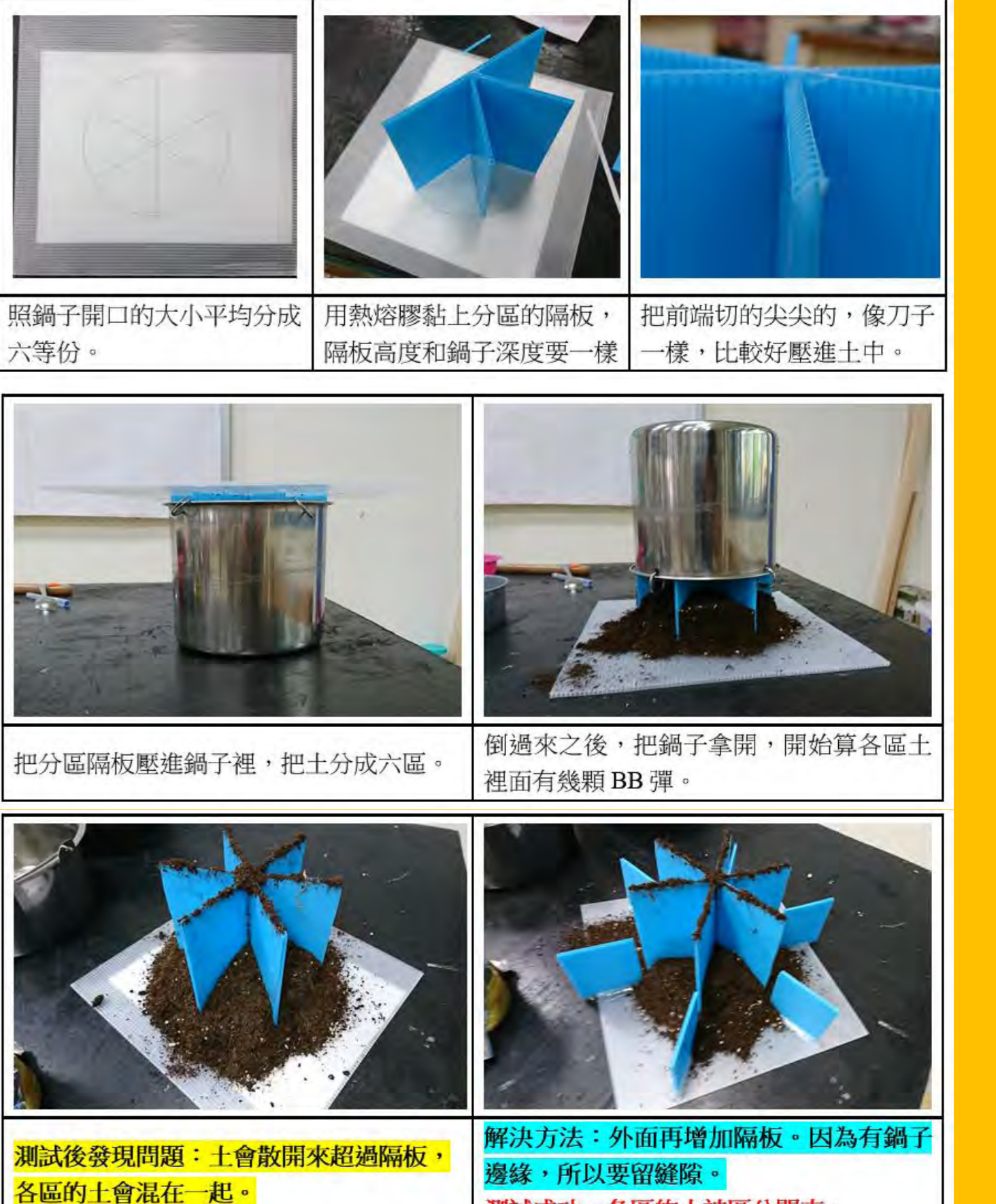


有同學曾經看過攪拌機器裡面用的是U形攪拌棒。我們討論後決定，用2個U形，增加攪拌的範圍。



用硬膠和熱熔膠把U形棒固定在木條上。一樣用螺絲釘把轉軸跟攪拌棒木條固定。

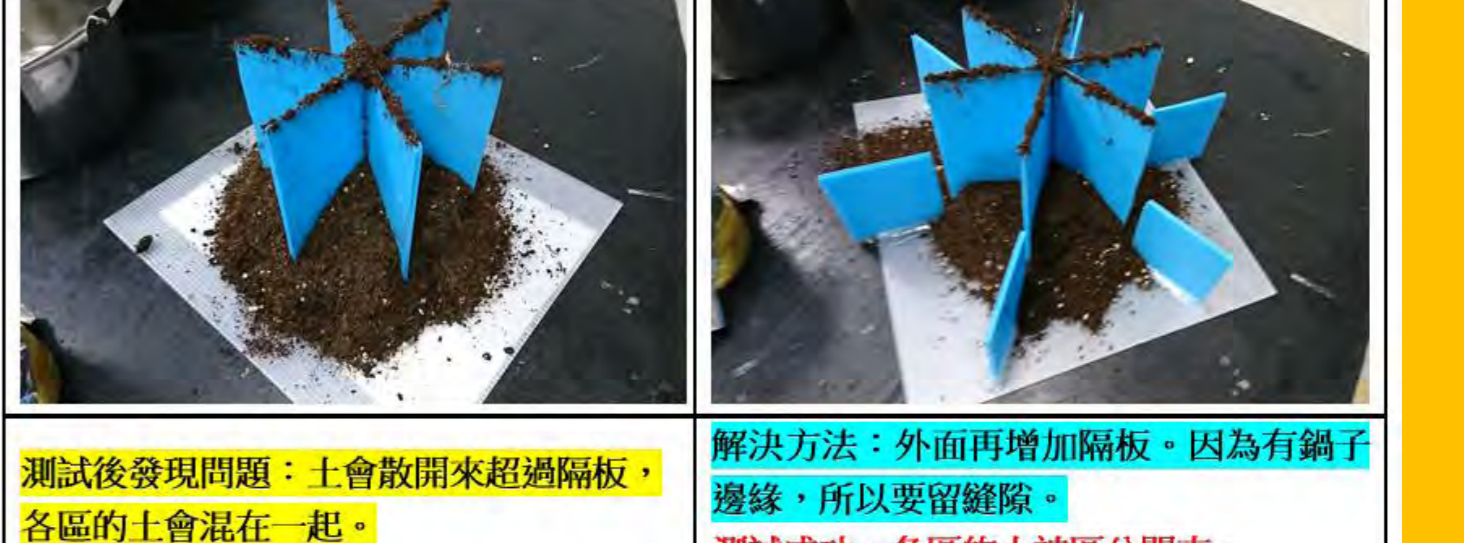
#### (1).分區隔板製作



照鍋子開口的大小平均分成六等份。用熱熔膠黏上分區的隔板，隔板高度和鍋子深度要一樣，比較好壓進土中。



把分區隔板壓進鍋子裡，把土分成六區。

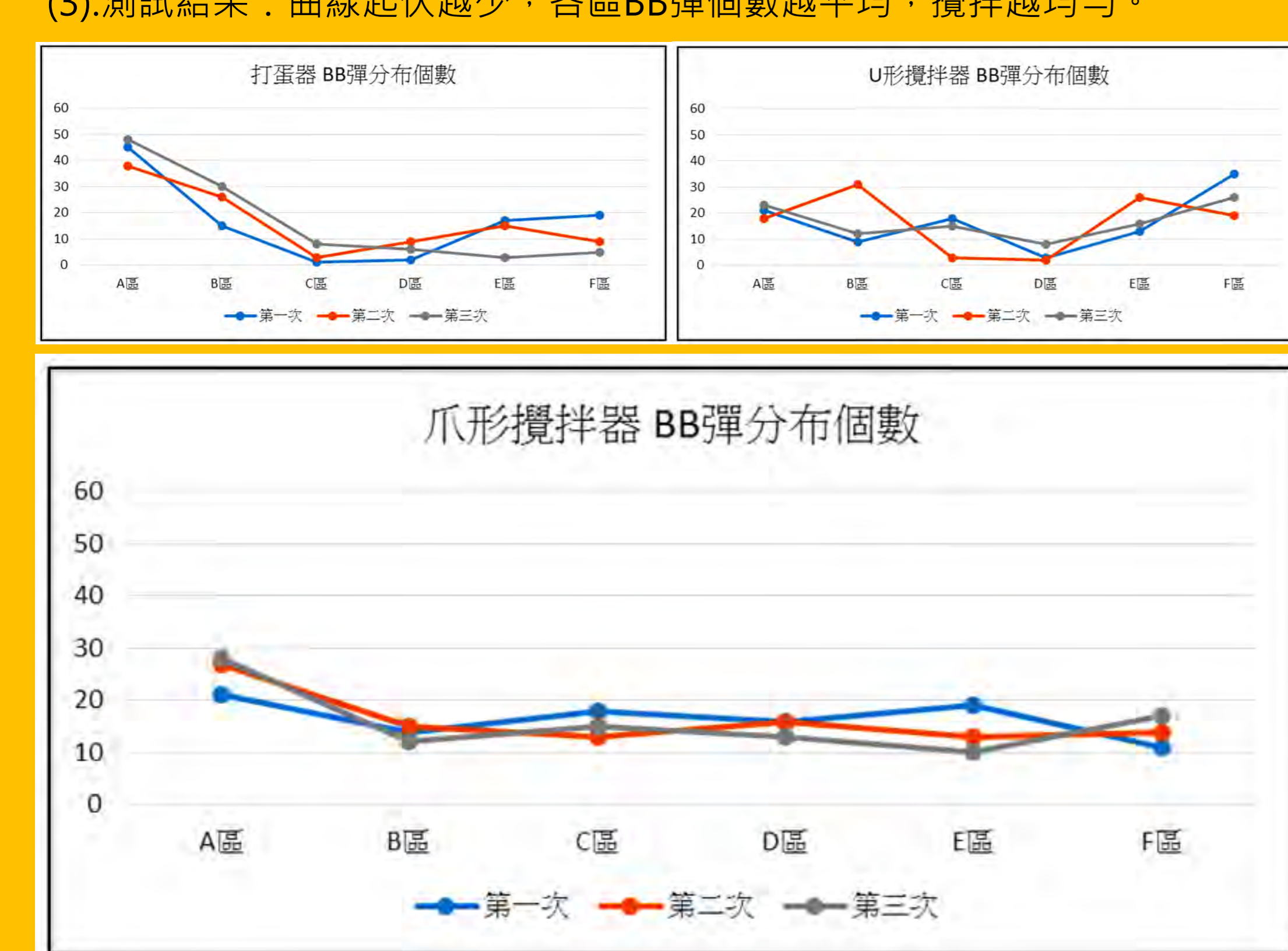


傾過來之後，把鍋子拿開，開始算各區土裡面有幾顆BB彈。

#### (2).測試流程

攪拌均勻效果的測試：我們把100顆白色BB槍子彈倒進土中，攪拌後看看鍋子裡不同位置的BB彈數量的分布。我們用分區隔板把鍋子裡的土分成六區。

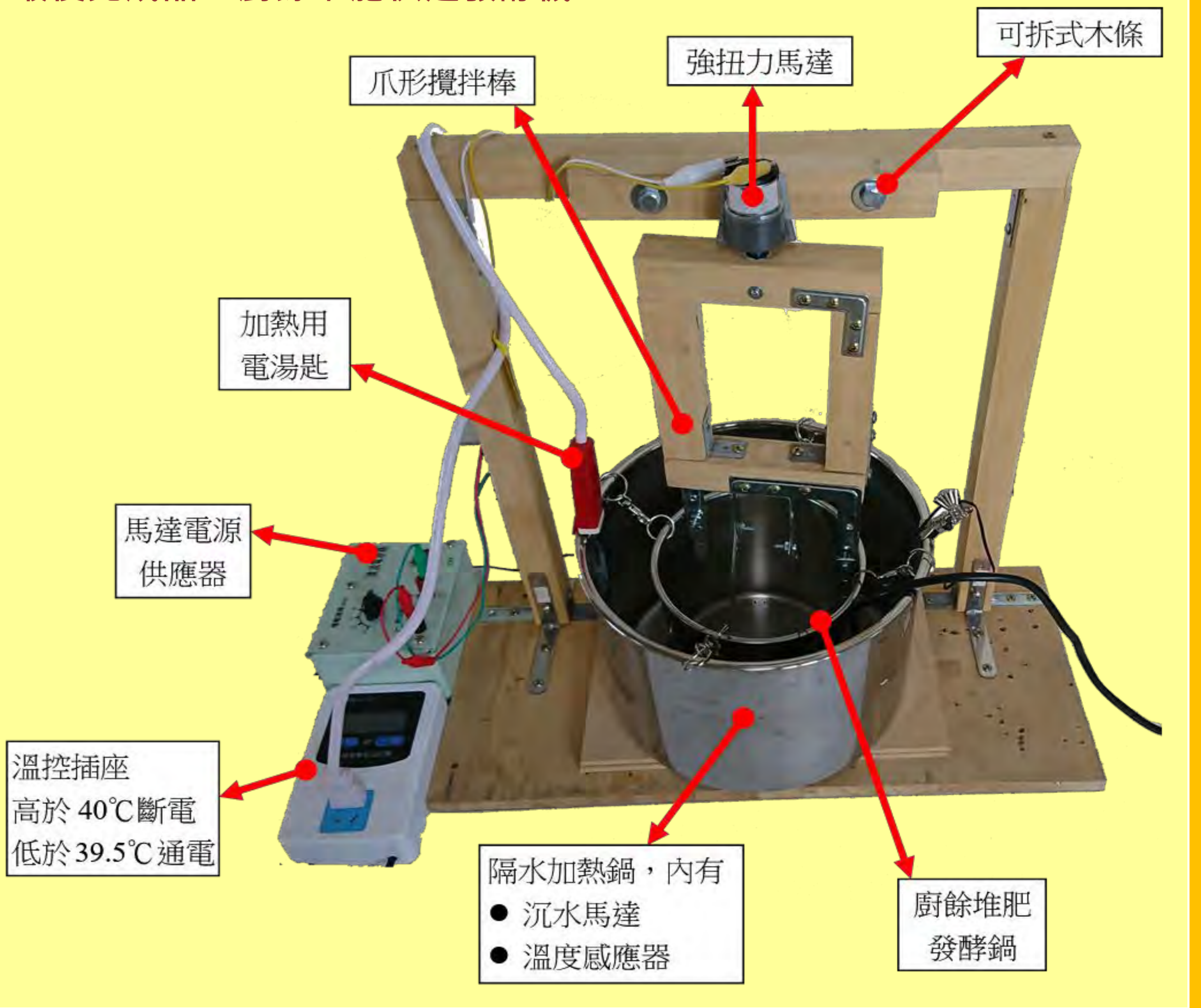
#### (3).測試結果：曲線起伏越少，各區BB彈個數越平均，攪拌越均勻。



#### (4).實驗討論：

- 打蛋器攪拌時土會卡在中間，而且打蛋器只會在中間轉動，旁邊得土根本翻不到。BB彈各區相差最大數量是44顆，線段起伏很大，攪拌效果最差。
- U形攪拌器可以順利翻動土，但是U形環沒辦法刮到最邊邊的土，而且土會從U形環中穿過去。BB彈各區相差最大數量是18顆，但是線段有起伏不平穩，攪拌效果不穩定。
- 爪形攪拌器可以順利翻動土，而且可以刮到最邊邊的土。BB彈各區相差最大數量是18顆，但是線段起伏比較沒那麼大，效果最好，所以我們選用它。

### 最後完成品：廚餘堆肥快速發酵機



可拆式木條、強扭力馬達、爪形攪拌棒、加熱用電湯匙、馬達電源供應器、溫控插座（高於40°C斷電，低於39.5°C通電）、隔水加熱鍋（內有沉水馬達、溫度感應器）、廚餘堆肥發酵鍋。



## 【研究三】實際測試－廚餘堆肥快速發酵機的效果

### 一、用「廚餘堆肥快速發酵機」製作堆肥

1. 使用材料：混合類廚餘（學校午餐）、砂質土、米麴菌。製作環境：使用隔水加熱，水溫控制在39.5°C~40°C。
2. 製作過程：



- (5) 我們用機器做的「快速廚餘堆肥」真的很快，但是還是有臭味，怎麼辦？查詢資料後發現，小蘇打粉、醋、檸檬汁、碳，生活中常用來除臭。但是前三種有酸性，可能對植物會有影響，所以我們在「快速發酵廚餘堆肥」裡面加碳，看看能不能解決臭味的問題。

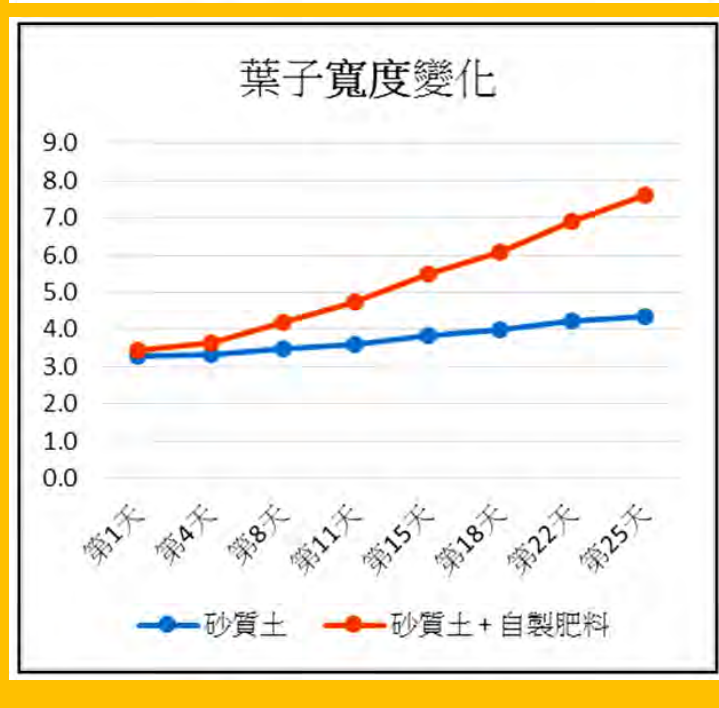
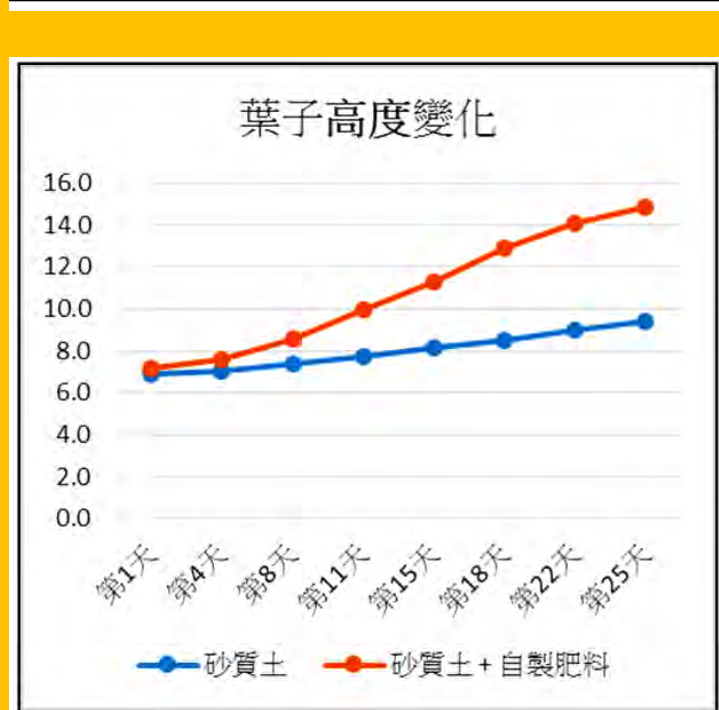
### 二、解決「快速發酵廚餘堆肥」的臭味問題

1. 使用材料：自製快速發酵廚餘堆肥、實驗室用活性碳粉末、五金行木炭粉末、備長碳粉末。
2. 實驗過程：
  - (1) 添加不同比例的碳，廚餘堆肥：碳 = 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1，然後碳又有3種，再加上1杯沒有加碳的對照組，這樣總共製作16杯。
  - (2) 這16杯放置1天，請100位同學來聞聞看味道。
  - (3) 因為每個人對香、臭的感覺不同，所以我們只感覺有沒有味道。評分為1~5分，覺得沒有味道的給1分，味道越重給越多分，最重味道的給5分。
3. 實驗討論：
  - (1) 我們把中間值3分當標準，低於3分的代表有除臭效果，高於3分的沒有。
  - (2) 從6~15號知道，普通木炭粉和備長碳粉的效果都沒有很好，沒有低於3分的。
  - (3) 從1~5號知道，**活性碳粉除臭力較好，但是廚餘堆肥的量不能超過活性碳粉的3倍**。查詢資料知道因為活性碳有更多的孔洞可以吸附臭味。
  - (4) 所以如果**需要把「快速發酵廚餘堆肥」除臭，加活性碳粉是有效的方法**。

## 【研究四】自製「快速發酵廚餘堆肥」實際種菜的情形

### 一、自製「快速發酵廚餘堆肥」對植物的生長是否有影響

1. 使用材料：自製快速發酵廚餘堆肥、砂質土、高苣菜苗。實驗組是100g自製快速發酵廚餘堆肥+100g砂質土；對照組是200g砂質土。
2. 實驗過程：



4. 實驗討論：
  - (1) 加了我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」的高苣，四周後葉片長得比較寬，葉子也長得比較高。
  - (2) 從每周照片也可以明顯看出有加「快速發酵廚餘堆肥」的高苣長得比較大。
  - (3) 最後看到這樣的結果真的超開心，我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」真的有效。

### 二、未來需要再研究、改進的地方

1. 我們還有幾個實驗想要用我們自己設計的機器測試：
  - (1) 廚餘不要打碎直接拿來用，會不會影響製作肥料的效果？
  - (2) 廚餘和土的比例如果改變，會不會影響製作肥料的效果？
  - (3) 把我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」拿來種其他種類的植物，例如果實類。
2. 用混有活性碳粉的「快速發酵廚餘堆肥」來種菜是否對植物有影響。
3. 學校的廚餘量很多，我們的機器無法負擔。
4. 用隔水加熱的方式要隨時補水有點麻煩，要找其他較方便的方式。

## 柒、參考資料

- 一、堆肥化過程技術分析探討  
<http://www.twce.org.tw/info/%E6%8A%80%E5%B8%AB%E5%A0%B1/417-3-1.htm>
- 二、這就是正確的有機肥製作 這才是節能減碳愛地球  
<https://www.youtube.com/watch?v=cRez5CK7fpl&list=PLv8Ly6bH0WqxNI NigOWjveEsapH16XczZ>

### 4. 實驗討論：

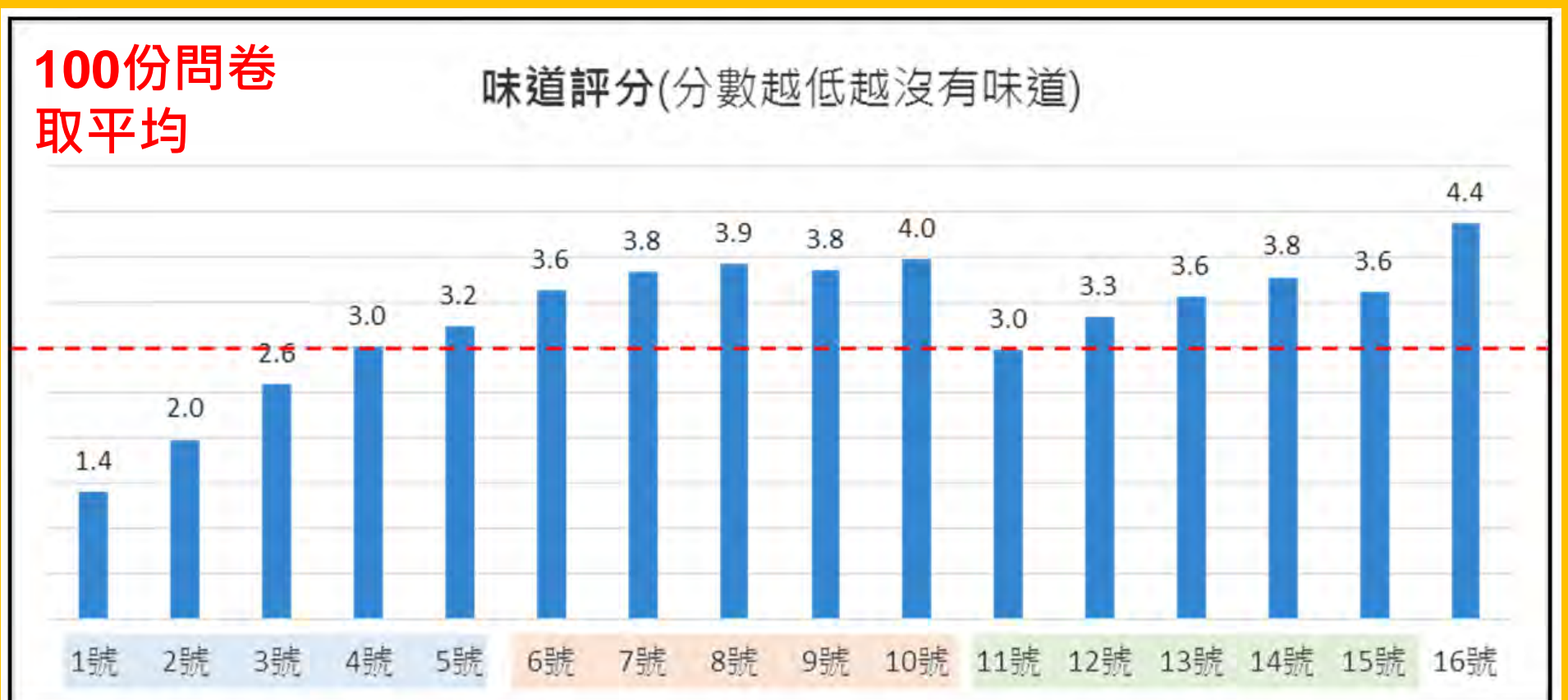
- (1) 廚餘堆肥發酵時要加熱到幾度？溫度越高越好嗎？  
我們本來想做不同溫度發酵的比較，但是米麴菌適合生長的溫度在35°C~40°C之間，太高溫會殺死它，所以我們就不再升高溫度了。
- (2) 要攪拌多久才算發酵完成？
  - 原本正常的廚餘堆肥發酵是等4~5個月後，溫度不再上升就代表發酵完成。但是我們直接幫米麴菌升到適合它的溫度，所以**不能用溫度判斷**。
  - 我們曾經試過攪拌一天後就停，結果第二天，整鍋廚餘堆肥表面長出白色菌絲。
  - 所以我們決定要攪拌到廚餘堆肥變乾掉、鬆軟就好。這樣裝進罐子裡放了1個禮拜，也沒有看到再長白色菌絲。

### 3. 觀察紀錄：觀察外觀、聞氣味、攪拌情形

一天後	二天後	三天後
深灰色，代表還有水分。	灰色有變淺，代表水份有蒸發。	顏色變更淺了。
有一些味噌、醬油的味道。	味噌醬油味更重了，聞久了有不喜歡的感覺。	聞起來有養雞場的味道，遠遠聞還好，靠近聞覺得很臭。
攪拌的時候，看起來有濕黏的感覺，攪拌得很吃力。	有一些小結塊，但是看起來比較鬆散，沒有濕黏的感覺。	更鬆散了，看起來像小沙粒，但還是有一些小結塊。

- (3) 攪拌過程中沒有看到白色菌絲，米麴菌還活著嗎？  
我們有把攪拌2天後的小結塊拿出來觀察，用湯匙切開後發現裡面有白色菌絲，代表它還活著。

- (4) 這樣製作出來的堆肥有用嗎？  
我們決定用自己做的「快速發酵廚餘堆肥」來種菜，而且要跟沒有用廚餘堆肥的菜做比較，看看我們的廚餘堆肥是不是真的有用。



編號	廚餘：碳粉
1號	1:1
2號	2:1
3號	3:1
4號	4:1
5號	5:1
6號	1:1
7號	2:1
8號	3:1
9號	4:1
10號	5:1
11號	1:1
12號	2:1
13號	3:1
14號	4:1
15號	5:1
16號	不加碳粉

## 陸、結論

### 一、關於廚餘堆肥發酵的研究

1. 好氧發酵的特色就是溫度會上升，所以用「溫度是否上升」來判斷發酵有沒有成功。
2. 不同的菌種進行好氧發酵的情形：
  - (1) 自然堆肥會自己慢慢升高溫度，但米麴菌那罐很明顯溫度升高比較快，所以證明了另外添加菌種（米麴菌）可以加快廚餘堆肥發酵的速度。
  - (2) 米麴菌溫度最高，代表它好氧發酵的最好，所以我們後面都使用米麴菌進行廚餘堆肥實驗。
  - (3) 溫度升高的發酵罐，可以讓果蠅比較不敢接近、產卵，也比較不會有蛆跑出來。
3. 不同鹽分的廚餘進行好氧發酵的情形：
  - (1) 就算有鹽分，米麴菌還是能進行好氧發酵。但是如果鹽分太多會阻礙米麴菌的好氧發酵。
  - (2) 經過計算我們發現，鹽分量就算是我們正常攝取量的15.3倍，也能讓米麴菌進行好氧發酵，這代表廚餘其實不用特別用水沖洗掉鹽分。
4. 不同的廚餘種類進行好氧發酵的情形
  - (1) 米麴菌能對澱粉類和蛋白質類進行好氧發酵，發酵罐溫度上升到接近50°C。
  - (2) 蔬果類的發酵罐溫度最高升到35.5°C，代表米麴菌的好氧發酵效果沒有很好。
  - (3) 所以一般人飲食後的廚餘，澱粉、蛋白質、蔬果類通通都有，所以適合直接拿來加米麴菌製作廚餘堆肥。

### 二、廚餘堆肥快速發酵機的研究

1. 定溫加熱器的設計：米麴菌發酵過程溫度會慢慢上升，而且要保持一定溫度，所以我們想製作幫米麴菌加熱、保溫的機器，讓廚餘堆肥發酵的更快速。
  - (1) 我們希望把溫度控制在一個範圍之間，所以太冷要能自動加熱，太熱要停止加熱。
  - (2) 我們選用這兩樣東西：電湯匙、溫度控制插座。
  - (3) 另外我們加裝了沉水馬達，讓鍋子內上下層4個方位，8個位置的溫度幾乎一樣。
2. 攪拌裝置的設計：攪拌可以讓底層的米麴菌獲得氧氣，持續發酵，也可以適時讓它降溫。所以我們想要研究出可以自動攪拌的機器。
  - (1) 製作攪拌支架。
  - (2) 使用強扭力馬達，才有足夠的力量攪拌。
  - (3) 解決馬達轉軸鬆掉的問題-使用轉軸連接器。
  - (4) 設計3種攪拌棒-打蛋器、U形攪拌器、爪形攪拌器。
  - (5) 攪拌均勻效果的測試：我們把100顆白色BB彈彈進土中，攪拌後看看鍋子裡不同位置的BB彈數量的分布。我們用自製分區隔板把鍋子裡的土分成六區。
  - (6) 測試結果：曲線起伏越少，各區BB彈個數越平均，攪拌越均勻。  
爪形攪拌器可以順利翻動土，而且可以刮到最邊邊的土。BB彈各區相差最大數量是18顆，但是線段起伏比較沒那麼大，效果最好，所以我們選用它。

### 三、實際測試－廚餘堆肥快速發酵機的效果

1. 使用材料：混合類廚餘（學校午餐）、砂質土、米麴菌。
2. 製作環境：使用隔水加熱控制在39.5°C~40°C
3. 攪拌時間：因為我們直接幫米麴菌升到適合它的溫度，所以**不能用溫度判斷**是否發酵完成。我們決定至少要攪拌到廚餘堆肥變乾掉、鬆軟就好（約3天）。
4. 發現用機器做的「快速廚餘堆肥」有臭味，分別加入活性碳粉、普通木炭粉、倍長碳粉後，請100位同學聞味道調查，結果**活性碳粉可以降低「快速廚餘堆肥」的臭味，但是廚餘堆肥的量不能超過活性碳粉的3倍**。

### 四、自製「快速發酵廚餘堆肥」實際種菜的情形

1. 使用材料：快速發酵廚餘堆肥、砂質土、高苣菜苗。實驗組是100g自製快速發酵廚餘堆肥+100g砂質土；對照組是200g砂質土。
2. 實驗記錄：每盆植物選2片葉子（怕葉子枯掉），每周記錄葉子的高度和寬度。
3. 實驗結果：從每周照片數據可以發現有加「快速發酵廚餘堆肥」的高苣長得比較大，我們機器做的「快速發酵廚餘堆肥」真的有用。
4. 未來需要再研究、改進的地方
  - (1) 廚餘不要打碎直接拿來用，會不會影響製作肥料的效果？
  - (2) 廚餘和土的比例如果改變，會不會影響製作肥料的效果？
  - (3) 把我們自製的「快速發酵廚餘堆肥」拿來種其他種類的植物，例如果實類。
  - (4) 用混有活性碳粉的「快速發酵廚餘堆肥」來種菜是否對植物有影響。
  - (5) 學校的廚餘量很多，我們的機器無法負擔。
  - (6) 用隔水加熱的方式要隨時補水有點麻煩，要找其他較方便的方式。

### 三、溫度對發酵過程的影響及其控制-最適合溫度的選擇

- https://kknews.cc/news/96p22qq.html
- 四、蕭崇浩、薛承祐（2017）。醬油麴生長條件之探討。中學生網站-小論文專區。
- 五、姑娘兒（2013）。絕對成功的發酵聖經。如何出版社。
- 六、黃翊庭、陳淑德（2017）。探討溫度對鹽麴酵素之影響。2017年台灣食品科技學會第47次年會壁報。
- 七、大安酒莊。米麴發酵過程。  
<http://librarywork.taiwanschoolnet.org/cyberfair2014/p20100802/3-3.htm>
- 八、綠園食品公司。米麴製作流程。  
[https://www.riceflower.com.tw/news\\_view-6](https://www.riceflower.com.tw/news_view-6)
- 九、蘇志楨（2019）。廚餘何處去？發電、養豬、養蟲、堆肥。2019-01-29 聯合報 民意論壇。  
<https://udn.com/news/story/7339/3619947>
- 十、留言追追追（2009）。第8集 廚餘、廚餘、何處去！