

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

最佳團隊合作獎

030323

「蛆」之若悟－探討蠅蛆對於豬糞之除臭作用

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者：  國二 賴一宏  國二 潘承旻  國二 洪瑞澤	指導老師：  蔡名峯  陳信穎
---	-----------------------------

關鍵詞：揮發性有機化合物 (VOCs)、豬糞堆肥、蠅  
蛆

## 摘要

隨著人類農牧環境的演變，目前的畜牧業大都採取高密度養殖，雖然高密度養殖帶來更高的經濟效益，但卻是製造更多的環境汙染，例如：豬糞帶來的空氣與水的汙染。本研究中，研究者設計以自製之蒼蠅養殖器具培養蒼蠅，從蒼蠅的蛆、蛹、羽化、卵，又循環至蛆，尋找出最適宜培養蠅蛆的方式。本組接著嘗試以蠅蛆分解豬糞中的揮發性有機化合物分子（VOCs）。研究結果指出：蠅蛆可以有效降低豬糞中 VOCs 的濃度，能比對照組大幅降低 3 倍的 VOCs 分子，而分解能力也隨著加入的蠅蛆數量增加而提高。此外蠅蛆也能夠縮短豬糞腐熟的時間，使用蠅蛆替豬糞除臭是件可行的模式，而分解過後的殘餘物質，可再做為肥料，真是一舉數得。

## 壹、研究動機

偶然之際遇下，本組來到了某位組員位於雲林的親戚家中。當車輛行駛於省道大馬路上，兩旁綠油油的稻田伴隨著徐徐的微風，遠處四周矗立著一幢一幢的圈舍，於夕陽之餘暉下分外悠閒。但是美中不足的，空氣中也飄散著陣陣的豬糞及雞糞味，頓時令人掩鼻，卻也引起了本組的興趣，是否有什麼方式可以讓豬糞的臭味得以降低？而剛好此親戚家即為豬農，於是趁著天時地利人和之便，組員便就近觀察豬舍的周圍，發現豬舍四周常見到飛蠅的身影，並於母豬生產籠之糞便中發現白色蠅蛆，雖然感覺到有些噁心，但是讓我們聯想到或許蠅蛆是以豬糞為食，若我們能夠利用蠅蛆加速豬糞的分解，那麼豬糞所引起的惡臭就可以降低，達到讓空氣清新的效果。

此外在國中生物課本中有提到，自然界中具有清除者，清除者主要的功能為：以動植物的遺體或是土壤中的有機物為食。因此我們認為蠅蛆或許可以做為清除豬糞的角色，所以我們組成科展的研究小組，探討蠅蛆對於分解豬糞除臭的影響，並且找出最適宜飼養蠅蛆的方式、探討豬糞腐熟之情形。

根據行政院農委會（2011）與許桂森（2011）的資料統計，台灣一年飼養豬隻產生的豬糞約有 43 萬噸，雖然目前具有可以減少豬糞污染的方式。例如：固液分離槽、厭氧處理槽以及好氧處理槽等方式，但是受限於裝置設備的金額以及畜牧業者便宜行事的心態，豬糞還是常常造成環境污染，令人憂心。




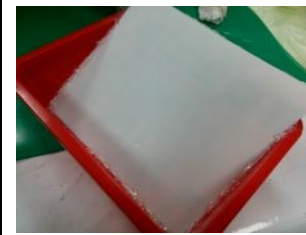








此外自古以來之農業社會即有著使用動物糞便為堆肥之概念，由此可見其所含成分之肥沃。因此，以動物糞便來養殖昆蟲之概念，於理論上確實可行。更可以藉由此綠色環保方式，以處理動物糞便進而達到另類附加價值之效果。為了達到驗證所設之理論，其方法唯有透過身體力行之實際操作。經過文獻考察及討論，本組確認了方向為：

- （一）研究主軸：如何降低豬糞產生的惡臭。
- （二）研究主角為蒼蠅（家蠅、**housefly**）。
- （三）環境保護之污染處理為主軸，研究臭味之發生及防治，進而追求其產生之附加價值。
- （四）研究方法簡便、低成本、便於推廣之自製器具。

## 貳、研究目的

- 一、 蠅蛆生活史之觀察與飼養環境之探討。
- 二、 探討不同質量的蠅蛆清除豬糞臭氣（VOCs）能力之差異
- 三、 探討不同質量的蠅蛆對於豬糞堆肥腐熟之影響。

## 參、研究設備與器材

			
圖 3-1 成蟲蛹化箱	圖 3-2 蒼蠅飼養箱正面	圖 3-3 熱熔膠槍瓦楞板	圖 3-4 蟲飼養盒
			
圖 3-4 紅外線溫度計	圖 3-5 餵食及產卵盒	圖 3-6 筆式溫度計	圖 3-7 電子秤
			
圖 3-8 揮發性有機物 (VOCs)氣體偵測器	圖 3-9 相機	圖 3-10 USB 顯微鏡	圖 3-12 烘箱

## 肆、研究過程與方法

### 一、 原理介紹：

#### (一)：揮發性有機化合物 (Volatile Organic Compounds)

VOCs 的定義為沸點低於 100°C，且於 25°C 下之蒸氣壓大於 0.1mmHg 之有機化合物成分之總稱。其排放來源相當龐雜，本研究探討以排放特性區分中之生物作用類為主。其對環境的影響，因多數 VOCs 均具化學活性，在強烈日照及氮氧化物存在下，將進行一連串光化反應而產生二次污染物，且大部分其臭味閾值較低，少量之 VOCs 就會產生臭味，所以會造成臭味之問題。

綜合豬隻糞便可能產生之空氣污染物，大致有二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、硫化氫(H<sub>2</sub>S)、氨氣 (NH<sub>3</sub>) 及臭氣(Odor)等問題。而二氧化碳及硫化氫為糞便發酵分解所產生；氨氣之來源多為糞便中未消化蛋白質中之含氮物分解。臭氣則由許多氣體及上述揮發性物質所組成，其中以硫化氫、氨、揮發性脂肪酸、酚類等為最。是故有機物的腐敗臭味來源即多為糞便中之有機物質發酵所致，這也是導致豬糞產生惡臭的原因。

因此本研究中，藉著檢驗豬糞中的 VOCs 的變化，做為檢驗是否蠅蛆能有效解除豬糞臭味的依據。

#### (二) VOCs 檢測儀的原理：

VOCs 氣體檢測器材，所謂氣體檢測器，就是將氣體（一般指空氣）中含有之特定氣體（即待測氣體）以適當的電子訊號（電壓、電流、電阻）轉換成可以監測或計量之元件。相當於動物的嗅覺，俗稱“電子鼻”。

本次採用之檢測器為美國 RAE Systems 公司之 MiniRAE 3000，此為電化學氣體檢測器 (Liquid Electrolyte Gas Sensor)。其原理是利用成分上有些可燃性、有毒有害氣體都有電化學活性，可以被電化學氧化或者還原。利用這些反應，可以分辨氣體成分、檢測氣體濃度。此種恆定電位電解池型氣體檢測器用於還原性氣體非常有效，其電化學反應是在電流強制下發生。

此種檢測器成功被用於：一氧化碳、氫氣、**氨氣**、**硫化氫**等氣體檢測，是目前有毒有害氣體檢測的主流檢測器。優點是檢測氣體靈敏度高、線性好較不受其他氣體影響。其檢測方式係由前方之細管以電動幫浦定量吸入檢體（500cc/min，適用濕度 0%~95%，適用溫度-20~50℃），測量範圍於 0-999.9 ppm，測量最小單位為 0.1 ppm。



**圖 4-1 VOCs 檢測儀**

VOCs 檢定儀可以測量空氣中的 VOCs 濃度，儀器本身具有電動幫浦，每分鐘吸取 500 c.c 的空氣進行分析，並利用電化學的原理，將空氣中的 VOCs 濃度以數值呈現出來。

## 二、 家蠅 (*Musca domestica*) 的介紹：

本研究使用家蠅做為實驗蒼蠅的類型，其學名為 *Musca domestica*，由於家蠅是常見的家蠅，常常出現在我們的生活之中，因此選擇家蠅進行實驗是最好的方式。其來源的第一代是向釣魚店購買，隨後進行飼養，以便於生活史的觀察。



**圖 4-2 家蠅(*Musca domestica*)**

正在交配的家蠅，照片來源：研究者自行拍攝



**圖 4-3 家蠅(*Musca domestica*)**

照片來源：“*Musca domestica* Portrait” 由 JJ Harrison 拍攝

### 三、 蒼蠅之飼養與觀察：

#### 飼養環境的建立

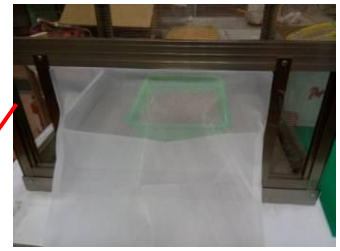
##### 1.飼養空間

- ① 成蟲蛹化箱。使用一個 60×60×30 cm 之紙箱，將其上部內摺部分對向豎起相靠，使其製造出空隙以為通風，加以紙箱冬暖夏涼兼吸收水份之特性，以增加乾燥蛹化過程中因蟲體聚集所產生之濕熱。
- ② 蒼蠅飼養箱。設計以 60cm 立方體之鋁窗組裝網箱(內表面積為  $60\text{cm}\times 60\text{cm}\times 6=21600\text{cm}^2$ ，每隻蒼蠅預估佔用  $4\text{cm}^2$ ，約可飼養五千多隻蒼蠅)，於箱子側邊留置一個 25cm 之操作口，開口處加裝洗衣袋，利用洗衣袋拉鍊開關，以方便東西進出管理。

##### 2.飼養環境

- ① 產卵盒。15×10×5 cm 之產卵盒，設置產床(以隔日之米麩或加糖麵粉)。產床之內餡外平均包覆布塊，以方便蒼蠅產卵於布上並便於採收。
- ② 幼蛆培養盒。250cc 之不透光免洗碗，內置米糠加豆渣，加以牛奶拌勻。將採收之蠅卵放入等待孵化為幼蛆，器皿上面加蓋子密合以防爬出，蓋子中間開孔以透氣防豆渣等蛋白質發酵之悶熱。
- ③ 蟲飼養及測試箱。以 30×20×20 cm 之紙箱為測試箱，並將蟲飼養盒置於測試箱之內。蟲於成長之過程，因其有避光之特性，故外部需有容器予以遮掩。考慮紙箱之冬暖夏涼兼吸收水份(因密閉且豬糞之高溫發酵，易產生水氣)之優點且隨手可得，於箱子邊緣之接縫處貼上膠布，以避免實驗測量之氣體逸散影響實驗。
- ④ 蟲飼養盒。20×15×10 cm 之實驗盒，內置實驗用之豬隻糞便與培養之幼蛆。利用蠅蛆長成後有往上爬出成蛹之特性(認為高處及趨光多為乾燥之生物本能)，盒內置斜板以利爬出，斜板上設計溝道以方便蠅蛆魚貫爬出。

### 3. 飼養示意說明圖



**拉鍊式洗衣袋操作**

口：方便開關管理。

**蒼蠅羽化盒：**將待羽化之**乾燥蠅蛹**置於盒內。放入蒼蠅飼養箱

**餵食盒：**利用**虹吸原理**將布浸濕以方便蒼蠅進食。



**產卵盒：**產床之內餡外平均包覆布塊。利用**發酵原理**誘致其產卵。

**水盒：**利用**虹吸原理**將面紙浸濕以方便蒼蠅飲水。



#### 四、 豬糞的處理：

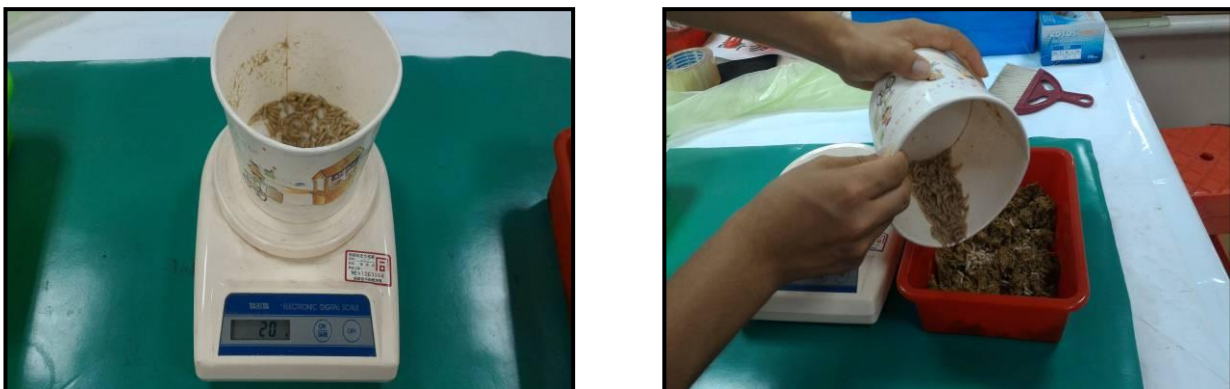
本研究所需的豬糞是由雲林豬農所提供，新鮮的豬糞需要與米糠一同進行攪拌，以降低豬糞的相對濕度，以免蠅蛆溺死於豬糞中，隨後利用電子秤稱重，使每個實驗組的豬糞量相同。



**圖 4-4 豬糞的處理**

豬糞先加入米糠後，進行攪拌，讓米糠可以吸收豬糞的水分。並以電子秤稱量豬糞的質量，使得每個盒子中豬糞的質量一致。

隨後利用電子天平稱量蠅蛆的質量，依實驗設計稱量20、40、60、80以及100公克的蠅蛆，隨後將蠅蛆倒入豬糞中，讓蠅蛆在豬糞中生存，並分解豬糞中的有機物質。



**圖 4-5 蠅蛆的秤量**

將孵化的蒼蠅蠅蛆進行收集，並依照實驗的設計分別稱量 20、40、60、80 以及 100 公克的蠅蛆，隨後並加入豬糞中，使其分解有機物質。

## 五、揮發性有機化合物 (VOCs) 的測量：

本研究探討蠅蛆對於豬糞除臭的功能，對於豬糞中產生臭氣的揮發性有機化合物分子 (VOCs) 濃度，必須有精準地檢驗。因此我們在裝滿蠅蛆與豬糞的盒上，再覆蓋密封的紙盒，使用紙盒是因為豬糞發酵會產生大量的水氣，若使用塑膠盒將會使水氣凝結，反而造成蠅蛆生存不易，於是研究者選用紙盒做為 VOCs 檢驗箱，紙盒上方，研究者先開立一個小孔，方便 VOCs 檢驗儀可以插入檢測當時的 VOCs 濃度。

本研究測量的 VOCs 濃度是收集 24 小時氣體的數值，前一日先打開檢驗箱 10 分鐘，使其內部氣體逸散，隨後再緊閉檢驗盒，讓氣體重新聚集 24 小時。每次測量即即開啟旁邊的小孔，並將 VOCs 檢測儀放入，待測量數值穩定不再變化時，即記錄為當日的 VOCs 濃度。



**圖 4-6 VOCs 測量的方式**

先將裝滿豬糞與蠅蛆的塑膠盒置入密封的紙盒中，紙盒可以吸收豬糞發酵產生水氣，以免水氣凝結，造成蠅蛆死亡。測量 VOCs 時，即打開旁邊的小孔，伸入 VOCs 檢測儀，待測量數值穩定不變後，記錄該數值。

## 六、堆肥腐熟濾紙擴散顯圖檢驗法：

本實驗利用蠅蛆分解豬糞有機物質減少臭氣的產生，使得豬糞堆肥得以腐熟，並可做為天然農業堆肥。因此觀察豬糞腐熟的程度，是本研究一個重要的變項。雖然檢驗堆肥腐熟情形的方式有許多種，但受限於國中實驗室的儀器與設備，我們採用簡宣裕、張明暉、劉禎祺（2005）所提出的濾紙擴散顯圖檢驗法。其做法為：（1）將濾紙先以0.5%硝酸銀溶液浸泡，並以烘箱以40℃烘乾待用。（2）隨後秤量5公克的豬糞堆肥，並加入50毫升的1%氫氧化鈉，隨後震盪5小時後，使用離心機以3000rpm轉速離心。（3）用棉花棒沾取上清液，並滴點於濾紙中央，即可從濾紙上圖形分布，判斷堆肥腐熟的情形。判斷的依據為下：

	新鮮堆肥	腐熟堆肥
擴散圖正中央	顏色為白色至粉紅色	顏色為紅色至紫色
擴散圖中間帶	形狀為環狀	形狀為不規則狀
擴散圖邊緣	邊緣為非鋸齒狀	邊緣為鋸齒狀



**圖 4-7 堆肥腐熟濾紙擴散圖檢驗法**

（1）將沾滿硝酸銀的濾紙置於烘箱中以 40℃ 烘乾備用。（2）將浸泡 1% 氫氧化鈉的豬糞進行離心。（3）利用棉花棒將上清液滴入濾紙中央。



**圖 4-7 堆肥腐熟濾紙擴散圖檢驗法**

- (1) 左圖：未腐熟的濾紙圖示。最外圍為非鋸齒狀，中間為環狀圖形。
- (2) 右圖：腐熟的濾紙圖示，最外圍為鋸齒狀，但中間為非環狀圖形。

## 伍、研究結果與討論

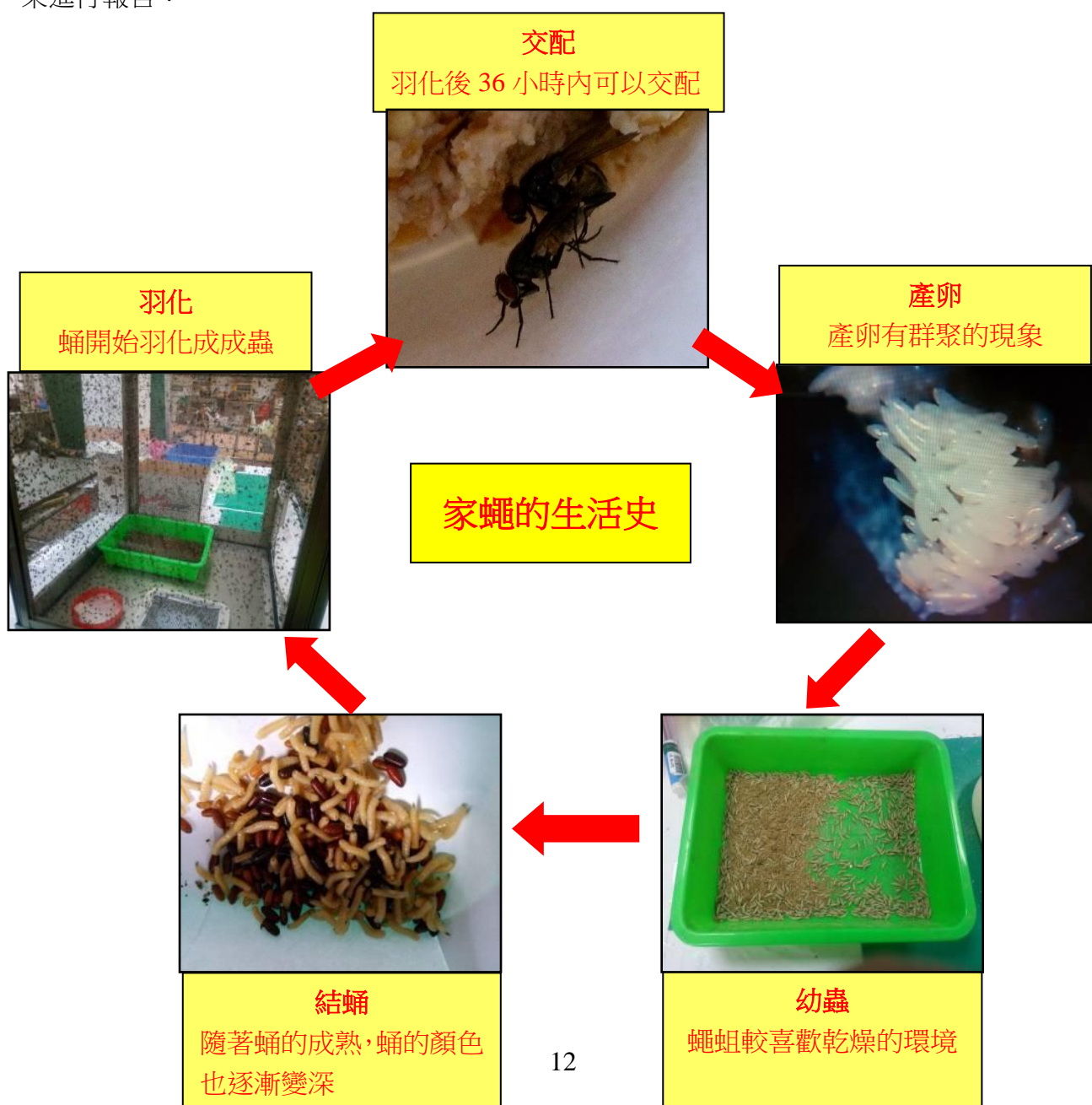
### 實驗一 蠅蛆生活史之觀察與飼養環境之探討

#### 一、 實驗目的：

本研究是探討蠅蛆對於豬糞除臭之影響，因此如何有效飼養蠅蛆是研究的關鍵，本部分的研究是觀察蠅蛆的生活史並且改良飼育環境，期盼找出最佳的蠅蛆生存率。

#### 二、 觀察結果：

蠅蛆的生活史大約分為幼蟲、結蛹、羽化、交配以及產卵五大部分，以下就本組觀察結果進行報告：



### (1) 幼蟲：

根據本組觀察發現當幼蟲孵化後約 6-10 天，幼蟲即開始準備結蛹，幼蟲主要喜歡較為乾燥的環境，若在潮濕的環境中，幼蟲會有團聚黏滯的現象，造成幼蟲死亡。因此在本組進行實驗時，在幼蟲居住的空間，加入米糠，使幼蟲能在乾燥環境生長，提高存活率。

幼蟲在成長時期，若能給予較高的蛋白質，幼蟲的生長情形會較佳，如圖 5-2 所示。因此建議應先將豬糞中拌入豆渣等蛋白質物質，可以刺激幼蟲的生長，提供幼蟲所需的養分。



**圖 5-1 加入米糠後的幼蟲飼養**

幼蟲在潮濕的環境中容易團聚黏滯，造成幼蟲死亡，因此加入米糠可以使得環境較為乾燥，提高幼蟲的存活率。



**圖 5-2 不同豬糞添加物所飼養的蠅蛆**

左圖為蠅蛆的食物為添加豆渣的豬糞，其生長情形較佳；右圖為單純以豬糞做為食物的蠅蛆，其生長情形較差。

### (2) 結蛹：

蒼蠅的蛹期約 3-5 天，可能會受到當時溫度影響，根據研究者的觀察，蛹在逐漸孵化過程中，會具有顏色的變化，初期為乳白色，隨著時間變化顏色逐漸由淺轉深。



**圖 5-3 蠅蛆結蛹後的變化**

圖 (1) 為蠅蛆結蛹後，逐漸成熟的變化情形；圖 (2) 將不同時期的蛹進行顏色比較，蛹的表面顏色越深，代表越接近羽化階段。

### (3) 羽化：

研究者將收集來的蠅蛹移至蒼蠅飼養箱中，等待大量羽化發生。而在飼養箱中，為了讓羽化的蒼蠅有足夠的食物，研究者設計餵食盒，底部鋪上沾滿牛奶與蔗糖溶液的布，其上再覆蓋網狀構造，可以避免蒼蠅黏在盒上或是溺死，底部的養分則藉由虹吸作用，吸至表面讓蒼蠅獲得足夠的養分。



**圖 5-4 蠅蛆的羽化與飼養環境**

圖（1）為蒼蠅由蛹羽化而出。

圖（2）當蒼蠅結蛹後，即先移到飼養箱中待其羽化。

圖（3）餵食盒底部具有沾滿牛奶與蔗糖的布，利用虹吸作用將溶液吸起，上具有網子，避免蒼蠅溺死或黏附在布上。

### (4) 交配：

當蒼蠅羽化約 24—36 小時內，蒼蠅就可以開始交配。其中雌蠅一輩子只能交配一次，但是一次交配可終身產卵的生理特點。



**圖 5-5 蒼蠅的交配**

左圖：正在交配的蒼蠅。

右圖：可以見到交配後的雌蠅已經大腹便便，準備產卵。

### (5) 產卵：

一隻雌蠅一生可產卵 5-6 次，每次產卵數 100-150 顆，最多可達 300 顆左右。為了順利實驗，我們設計了幼蟲孵化盒的概念。原因為：將蠅卵直接放置於實驗豬糞上，有可能因為外在之環境，影響卵的孵化率。為方便收取蠅卵，於產卵盒外層覆以布以讓蒼蠅產於其上，並且在布的上部以手指按壓製造高低凹陷，以模倣物體腐爛不平的傷口，並且也加入豆渣的富有酸臭味的物質，其目的為讓蒼蠅產卵其中（蒼蠅有群聚團抱產卵之特性）。



圖 5-5 蒼蠅的產卵

圖（1）產卵盒內裝有可以產生酸臭味的物質，吸引蒼蠅過來產卵，其上覆蓋一層布，方便收集蟲卵。。

圖（2）當蒼蠅的群聚團抱產卵的現象。

圖（3）剛產下的蠅蛆卵。

### 三、 討論：

根據觀察蠅蛆的生活史與飼養環境的調整，我們認為在培養蠅蛆時必須注意幾項重點：

（1）豬糞可以事先與豆渣等高蛋白物質混合，提高蠅蛆的營養，如此有助於蠅蛆的生長。（2）蠅蛆的蛹期約 3—5 天，蛹的顏色會由淡轉深。（3）當蠅蛆羽化後，可藉著具有隔網的飼養盒餵養蒼蠅，以免黏著或是溺死於其中。（4）蒼蠅具有群聚團抱產卵的特性，容易集體於具有強烈酸臭味介質上產卵，因此我們建議可先在產卵盒上使蒼蠅產卵，再將孵化的蠅蛆移至豬糞上分解豬糞有機質，藉以提高孵化的成功率。



## 實驗二 探討蠅蛆清除豬糞揮發性有機化合物（VOCs）能力之差異

### 一、 實驗目的：

根據實驗一的觀察結果與研究，我們建立一個良好培育蠅蛆的方式，可以培育出許多的蠅蛆，本研究將著重在蠅蛆清除豬糞中揮發性有機化合物（VOCs）能力之差異？並且研究不同的質量的蠅蛆是否對於分解豬糞揮發性有機化合物（VOCs）也會有所差異？

### 二、 實驗設計：

為了讓實驗變因可以達到更好的控制，以下列出本實驗的研究控制，如下表 5-1 所示。

表 5-1 蠅蛆清除豬糞 VOCs 能力之差異研究變因表

自變項	依變項	控制變項
不同質量的蠅蛆	VOCs 濃度	相同時間測量 皆為 250 公克的豬糞 皆加入米糠攪拌 接收集 24 小時的氣體

### 三、 實驗結果：

根據實驗結果，具有兩個重要的發現：

#### 1. 蠅蛆可以促進豬糞中 VOCs 的分解：

比較不加入蠅蛆的對照組與加入 100g 蠅蛆處理的實驗組，可以發現在實驗的第二天，對照組的 VOCs 濃度仍有 68.7 ppm，VOCs 依然剩下 98.70%；而 100 g 蠅蛆組就只剩下 44.7 ppm，VOCs 僅剩下 64.22%。到了第 10 天，對照組依然有 48.1 ppm，VOCs 依然剩下 69.10%；而 100 g 蠅蛆組就只剩下 3 ppm，VOCs 僅剩下原來濃度的 4.31%。

比較兩組可以發現在實驗第 10 天時，100g 蠅蛆組清除 VOCs 的能力為對照組的 3.09 倍，證明使用蠅蛆分解 VOCs 是個可行的策略。

#### 2. 蠅蛆的數量越多，VOCs 分解速率越快：

而比較加入不同質量（20g、40g、60g、80g、100g）蠅蛆的實驗組，我們也可以發現隨著加入蠅蛆的增加，箱內的 VOCs 濃度下降的幅度也越快。

表 5-2 不同實驗操作箱中 VOCs 濃度量測數據

	每個測量箱中的揮發性有機化合物濃度(單位：ppm)									
	第1天	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第8天	第9天	第10天
對照組	69.6	68.7	66.2	62.4	60.7	59.7	58.4	52.3	49.7	48.1
20g 蠅蛆	69.6	58.2	52.4	49.5	46.2	43.1	40.4	38.4	35.1	33.7
40g 蠅蛆	69.6	57.1	49.1	46.2	42.1	39.4	36.4	31.4	29.1	25.4
60g 蠅蛆	69.6	55.4	45.7	35.1	31.4	28.4	24.7	19.4	16.7	12.4
80g 蠅蛆	69.6	45.4	32.4	25.4	19.6	16.4	11.3	8.4	5.4	2.7
100g 蠅蛆	69.6	44.7	30.4	12	10	8.1	4.2	3.1	2.9	2

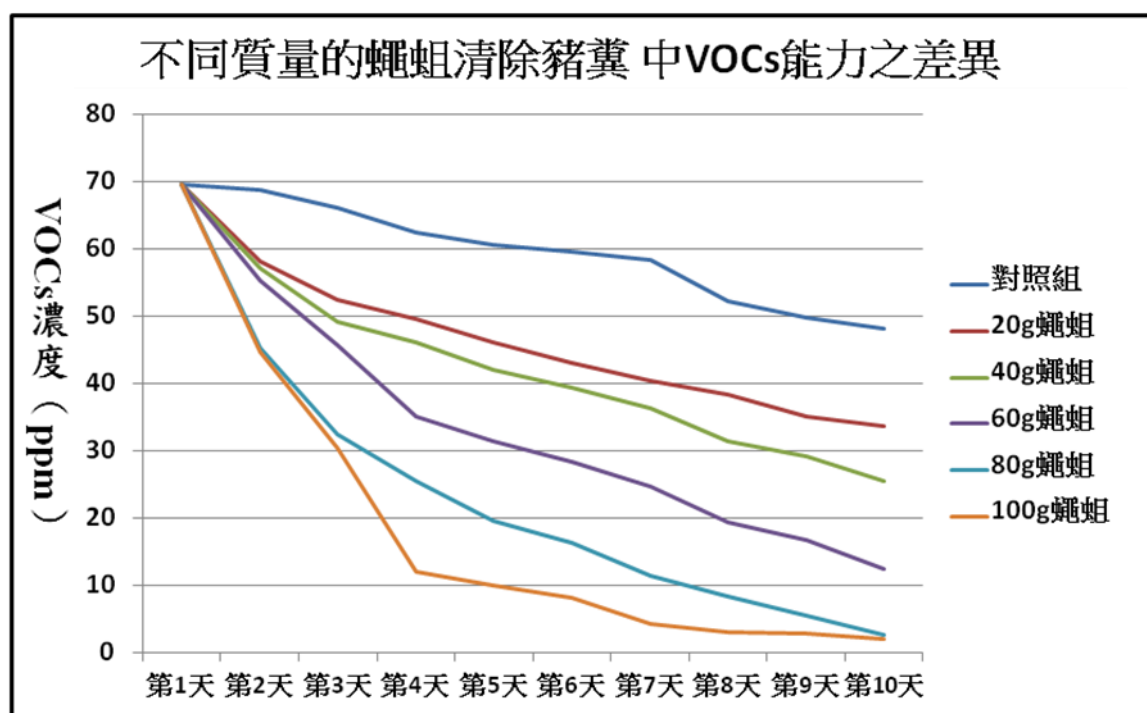


圖 5-6 不同質量的蠅蛆清除豬糞中 VOCs 能力之差異

由圖 5-6 可以有兩項發現：(1) 蠅蛆可以促進豬糞中 VOCs 的分解，例如：100g 蠅蛆組清除 VOCs 的能力為對照組的 3.09 倍。(2) 蠅蛆的數量越多，VOCs 分解速率越快。

#### 四、 討論：

由實驗結果，可以得知蠅蛆可以有效降低豬糞中的 VOCs 濃度，隨著加入蠅蛆的數量越多，豬糞中 VOCs 下降的速度越快。我們認為當蠅蛆可以有效降低 VOCs 的濃度，是因為蠅蛆可以以豬糞中的有機物為食，因此可以讓有機物的量快速減少，也降低其揮發的可能。此外當蠅蛆在豬糞中生活時，蠅蛆會有鑽入豬糞，使得豬糞能夠與空氣充分接觸，達到翻動的效果，因此更可以加速豬糞中有機物的分解。

### 實驗三 探討不同質量的蠅蛆對於豬糞堆肥腐熟之影響

#### 一、 實驗目的：

本研究探討在不同質量的蠅蛆對於豬糞堆肥腐熟之影響，觀察蠅蛆除了可以降低 VOCs 的濃度外，對於豬糞堆肥的腐熟是否有幫助？

#### 二、 實驗設計：

為了讓實驗變因可以達到更好的控制，以下列出本實驗的研究控制，如下表 5-3 所示。

表 5-3 不同質量的蠅蛆對於豬糞堆肥腐熟之影響研究變因表

自變項	依變項	控制變項
不同質量的蠅蛆	豬糞堆肥腐熟程度	相同時間測量 皆取 5 公克的豬糞 皆加入 50 毫升的氫氧化鈉 靜置時間皆為 5 小時

#### 三、 實驗結果：

對於豬糞堆肥是否腐熟的判斷依據，是採用簡宣裕、張明暉、劉禎祺（2005）所提出的濾紙擴散顯圖檢驗法。研究者每天固定時間取樣，並進行一連串的濾紙分析，記錄該實驗組堆肥腐熟所需的時間。

研究結果顯示：隨著蠅蛆的增加，堆肥腐熟所需天數從 12 天至 4 天不等，隨著所加入蠅蛆的增加，所需天數也隨之降低，；而沒有添加蠅蛆的豬糞，達到腐熟階段則需要 25 天左右，並會持續發出惡臭。

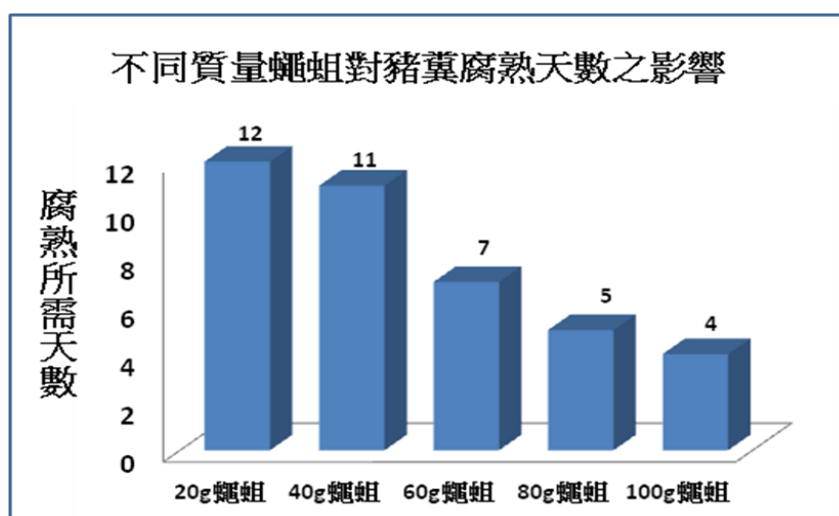







圖 5-7 不同質量的蠅蛆對豬糞腐熟所需天數之影響

表 5-4 不同質量的蠅蛆對於豬糞腐熟天數之影響

組別	20g 蠅蛆	40g 蠅蛆	60g 蠅蛆
腐熟所需時間	12 天	11 天	7 天
圖示			
組別	80g 蠅蛆	100g 蠅蛆	
腐熟所需時間	5 天	4 天	
圖示			

#### 四、 討論：

由此實驗可以得知：加入蠅蛆可以縮短豬糞腐熟所需的時間，若不加入蠅蛆，則自然腐熟需要 25 天左右，而加入蠅蛆最多可以縮短至 4 天就達到腐熟。蠅蛆可以縮短腐熟時間，主要原因為：蠅蛆以豬糞中的有機物為食，經過蠅蛆的大量消耗，將發出惡臭的有機物分解成無味道的蠅蛆糞便；此外經過蠅蛆在豬糞中的鑽移，也可以使得豬糞產生攪動的效果，使得空氣接觸的面積大幅增加，提高微生物進一步分解豬糞的能力，因此可以縮短豬糞腐熟所需的時間。

## 陸、結論與未來展望

### 一、結論：

#### (一) 蠅蛆生活史之觀察與飼養環境之探討

根據本組的研究結果，針對蠅蛆生活史的觀察，研究者針對不同階段的蠅蛆，提出飼養上的建議與設備的改良。

##### 1.幼蟲：

幼蟲具有團聚黏附的現象，因此幼蟲的居住空間，適宜加入米糠，使幼蟲能在乾燥環境生長，提高存活率。此外在豬糞中可以拌入豆渣等高蛋白物質，可以提高幼蟲的存活率。

##### 2.結蛹：

蒼蠅的蛹隨著天數增加，顏色也逐漸加深，因此可做為判斷何時羽化的依據。

##### 3.羽化：

當蒼蠅羽化後，研究者特別設計餵食盒，底部鋪上沾滿牛奶與蔗糖溶液的布，其上再覆蓋網狀構造，可以避免蒼蠅黏在盒上或是溺死，底部的養分則藉由虹吸作用，吸至表面讓蒼蠅獲得足夠的養分。

##### 4.交配：

當蒼蠅羽化約 24—36 小時內，蒼蠅就可以開始交配。其中雌蠅一輩子只能交配一次，但是一次交配可終身產卵的生理特點。

##### 5.產卵：

為了獲取較高的孵化率，研究者設計產卵盒的構造，提高卵的孵化率。主要原因為：將蠅卵直接放置於實驗豬糞上，有可能因為**外在之環境，影響卵的孵化率**。為方便收取蠅卵，此外產卵盒外層覆以布以讓蒼蠅產於其上，並且在布的上部以手指按壓製造**高低凹陷**，以模倣物體腐爛不平的傷口，並且也加入豆渣的富有酸臭味的物質，其目的為讓蒼蠅產卵其中（蒼蠅有**群聚團抱**產卵之特性）。

## （二）探討蠅蛆清除豬糞揮發性有機化合物（VOCs）能力之差異

蠅蛆可以有效降低豬糞中的 VOCs 濃度，隨著加入蠅蛆的數量越多，豬糞中 VOCs 下降的速度越快。主要因為蠅蛆以豬糞中的有機物為食，因此讓有機物的量快速減少，也降低其揮發的可能。此外當蠅蛆在豬糞中生活時，蠅蛆會有鑽入豬糞，使得豬糞能夠與空氣充分接觸，達到翻動的效果，因此更可以加速豬糞中有機物的分解。

## （三）探討不同質量的蠅蛆對於豬糞堆肥腐熟之影響

加入蠅蛆可以縮短豬糞腐熟所需的時間，若不加入蠅蛆，則自然腐熟需要 25 天左右，而加入蠅蛆最多可以縮短至 4 天就達到腐熟。蠅蛆以豬糞中的有機物為食，經過蠅蛆的大量消耗，將發出惡臭的有機物分解成無味道的蠅蛆糞便；此外經過蠅蛆在豬糞中的鑽移，也可以使得豬糞產生攪動的效果，使得空氣接觸的面積大幅增加，提高微生物進一步分解豬糞的能力，因此可以縮短豬糞腐熟所需的意見。

## 二、未來展望：

人類以其智慧利用堆肥原理尚要數十日之時間，其間需要翻堆助其熟成，並要忍受長時間的臭味。而蠅蛆的力量卻可輕易地將人們厭惡的垃圾，轉變為成為果實稻米香的資源，使其成為良好的綠能肥料。

實驗其間收集到之蠅蛆，可以直接餵食**成為雞、鴨等家禽之飼料**。或是經過水煮、脫水及烘烤之步驟，保存**成為魚類之飼料**。皆可以使蠅蛆成為高蛋白質飼料來源之選項，達到循環生生不息，真正實現綠能的定義。

近年來隨著地球資源之枯竭，及人類發展之需求，**綠能環保**的概念越來越受到提倡及重視。「**生生不息，永續經營**」正是其所追求。對此，對於人類現存的地球，除了追求動物糞便處理上減少其污染，追求其附加價值使其變為黃金外，有朝一日，當人類之太空計劃，或許以蒼蠅的力量將糞便化為蠅蛆及肥料，再轉變為人類之食物，如此或將可以解決未來太空人長時間旅途時關於食物之困擾。

## 柒、參考資料及其他

- 1.生物學（鍾楊聰等譯）（2005）。臺北市：偉明圖書。（原著出版年：2001年）
- 2.行政院農委會（2011）。農業廢棄物排放量。
- 3.許桂森（2011）畜禽產業現況與轉型之策略。
- 4.簡宣裕、張明暉、劉禎祺（2005）推肥品質之判斷。行政院農業委員會農業試驗所。
- 5.行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所 <http://cancer.tlri.gov.tw/hengchun/>
- 6.台灣環境有害生物管理協會 病媒及有害生物簡介 <http://www.tepma.org.tw>
- 7.台灣生物多樣性資訊網 <http://taibnet.sinica.edu.tw>
- 8.家蠅-維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AE%B6%E8%A0%85>
- 9.家蠅-百度百科 <http://baike.baidu.com/view/175046.htm>
- 10.范滋德等編著。1992。中國常見蠅類檢索表。科學出版社。
- 11.洪資兆。1995。大頭金蠅的生命表與大量飼料。國立台灣大學昆蟲學研究所碩士論文。
- 12.中文百科在線 <http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?zh=zh-tw&lid=105169>
- 13.葉之晴等，2013，“「蛹」恆的約定” 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會國中組生物科，  
國立臺灣科學教育館，台北。
- 14.徐靖婷等，2014，“大力士挖糞圖強” 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國中組生物科，  
國立臺灣科學教育館，台北。

## 【評語】 030323

1. 自製蠅蛆的飼養觀察箱(豬糞發酵箱)，很有創意也很符合實驗的設計。
2. 研究團隊表達流暢。研究過程中能夠長期忍受難聞的氣味，不斷探究降低豬糞分解過程中產生 VOCs 的量，研究精神值得鼓勵。
3. 建議未來應思考雖然蠅蛆可協助快速分解豬糞，降低總體 VOCs 的產生量，但是否會產生更多家蠅，帶來另一波的問題。雖然研究者表示可將長大的蠅蛆挑出烘乾，做為高蛋白質飼料的來源，可是應同時考量挑出蠅蛆的人力成本之經濟效應議題。