

麵包蟲垃圾處理廠 環保尖兵?飼養寵物?

國中組應用科學科第二名

台北縣立溪崑國民中學

作者：陳宏儒、曾俊融、梁麗君、莊育琦
指導教師：費珮玲、王進展

一、研究動機

爸爸喜愛飼養觀賞魚，常至水族館購買麵包蟲餵養魚兒，回家後發現裝蟲體的塑膠袋被蟲啃破好幾個洞，爸爸便將多餘的蟲體放置在工業用保麗龍盒內，並未特意去餵養，但在無意中發現盒子已被饑餓的蟲體啃食，此一重大發現引起我的聯想，因本學期學校家庭聯絡簿內容與環保有關，曾提過塑膠製品對地球的危害，如能藉用自然界的昆蟲為人類解決千年不壞的垃圾，那這發現就太值得了。此項剛好與生物下冊第十二章人類與環境中的實驗12-1「廢物的腐敗」，有些地方類似，基於以上幾點，才有此實驗的研究動機。

二、研究目的

(一)我們的實驗與傳統保麗龍、塑膠袋回收方法之比較：

傳統回收：清洗→回收→再製品→再回收困難→形成萬年垃圾→焚化形成高
蛋白蟲體→餵食動物（形成生態系
中的食物鏈一環提供能量流動中的
囓食流動）

本實驗目的：不必清洗→麵包蟲啃食
（節省水資源）

↗

↘

糞便→形成有機物資（提供能量流
動中的有機腐植質流動，為真菌及
細菌所分解）

(二)探討麵包蟲生活史。

(三)探討麵包蟲與保麗龍、塑膠袋之基本生態關係。

(四)設立麵包蟲垃圾處理工廠模型。

(五)希藉此項研究，讓人類處理環境污染問題，能有多一項選擇，並讓生態系內物資之循環，能完全轉移生生不息，為地球環保盡一份力量。

三、研究設備器材

材料：麥麩、塑膠袋、工業用保麗龍、免洗餐具、麵包蟲、95%工業用酒精。

器材： 1.鑷子 4支 2.螺旋測量器 4支 3.試管 8支
4.細網目篩子4支 5.刮勺 4支 6.恆溫培養箱 一台
7.電子秤 一台 8.燒杯200ml 一批 9.試管架 1個
10.量筒10ml 4支 11.培養皿 一批
12.近距離MICRO照相機 13.我們的垃圾處理廠

四、研究過程

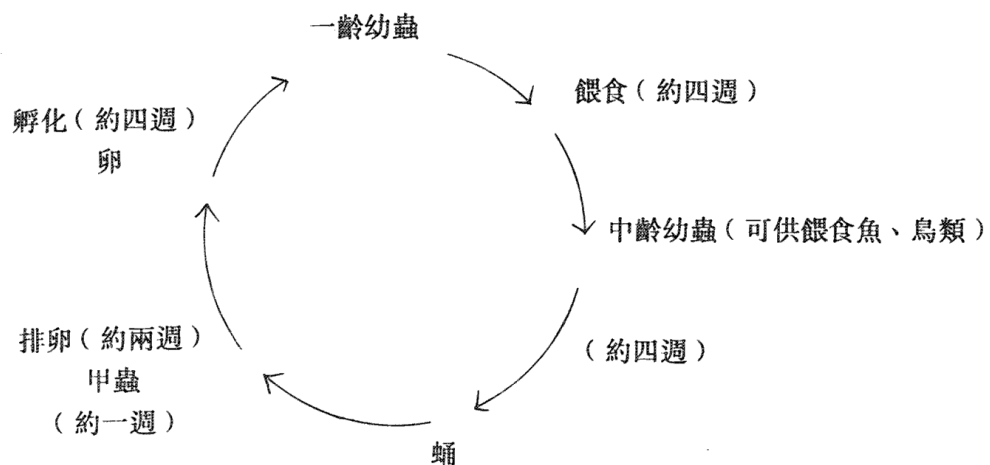
控制變因：

- 1.取生長期接近且同時期孵化的蟲體。
- 2.每組蟲體數量固定皆為10隻。
- 3.每週餵食的食物重量固定為0.1克。
- 4.各組實驗均控制在相同溫度、濕度、光線、壓力。

操作變因：

所餵食飼料的種類：1.FS保麗龍2.FS保麗龍及麥麩3.PSP保麗龍4.PSP保麗龍及麥麩5.塑膠袋6.塑膠袋及麥麩7.麥麩。

實驗所得麵包蟲的生活史：



過程(一)：一齡幼蟲的產生

步驟1：將市售麵包蟲一斤（約一萬隻同期出生之中齡幼蟲），用麥麩飼養。
 步驟2：蟲體置於保溫箱中，溫度30℃~33℃，濕度70%~85%。光線、壓力以生物實驗室為準。

步驟3：使其成蛹，再成為甲蟲產卵，成一齡幼蟲再長為三齡幼蟲。

過程(二)：決定餵食保麗龍及塑膠袋體積大小

步驟：將保麗龍、塑膠袋分成粗、中、細不同的餵養過程(一)中培養的三齡幼蟲，探討蟲體對食物體積嗜食情形來決定保麗龍、塑膠袋是否該事先裁大小。

餵食FS保麗龍的食量 (單位：面積×高度)	餵食塑膠袋的重量 (單位：面積)
粗 100cm ² ×1cm	粗 100cm ²
中 9cm ² ×1cm	中 9cm ²
細 1cm ² ×1cm	細 1cm ²

過程(三)：幼蟲的觀察

步驟1：取過程(一)培養的三齡幼蟲，分成7組，每組10隻，含1組對照組（餵食麥麩），及7組預備組。

吃保麗龍（不含油的FS）	吃保麗龍及麥麩（不含油的FS）	餵食塑膠袋
吃保麗龍（含油的PSP）	吃保麗龍及麥麩（含油的PSP）	餵食塑膠袋及麥麩
餵食麥麩（對照組）		

步驟2：每7天一階段測量一次蟲體身長、體重、糞便量及食量，並加以紀錄。

步驟3：仔細觀察、紀錄蟲體攝食、成長情形。

步驟4：觀察七種飼養方式的幼蟲化為蛹所須時間長短。

過程(四)：蛹的觀察

步驟1：待其化蛹時，觀察七種飼養方式的蛹孵化為甲蟲所需時間。

步驟2：測量蛹重量，比較七種飼養方式所生的蛹何者較為碩大。

步驟3：比較七種飼養方式所生的蛹死亡率。

過程(五)：甲蟲的觀察

步驟1：以七種飼養方式繼續餵養甲蟲，觀察甲蟲吃食情形。

步驟2：每週測量甲蟲重量。

步驟3：測量甲蟲產卵所需時間。

過程(六)：簡易糞便定性分析

步驟1：各取餵養FS及PSP保麗龍之蟲體糞便1克加入試管中。

步驟2：將濃度95%工業用酒精10ml，倒入步驟1中。

步驟3：觀察糞便在酒精中的溶解情形。

步驟4：觀察溶液中是否含有保麗龍。

步驟5：取一對照組純保麗龍放入濃度95%工業用酒精10ml中，觀察保麗龍在酒精中的比重。

五、研究結果

(一)麵包蟲的生活史因餵養的食物不同，其長短不一。

1. 餵養麥麩成長較快，生活史約須14~15週完成。

2. 餵養保麗龍稍長，生活史約須14~16週完成。

3. 餵養塑膠袋最長，因無法獲得充份食物，導致營養不足，生活史約須16~17週完成（文獻中記載證實塑膠袋可被啃食，為其食物之一）

(二)由下列數據得知保麗龍及塑膠袋不必事先裁成細碎，可任意將廢棄保麗龍及塑膠袋拿來餵養，節省人力。

吃FS保麗龍的食量		餵食塑膠袋的食量	
粗	0.0020g	粗	0.0010g
中	0.0012g	中	0.0010g
細	0.0017g	細	0.0010g

註：食量為每日每隻蟲食量

(三)所取得的第一代三齡幼蟲，分成7部份，餵養不同食物，做比較記下結果。

【重複四次實驗結果】計算平均值

(四)針對子一代分7種不同餵養方式，將麵包蟲吃保麗龍、塑膠袋的結果作成關係曲線圖(一)、(二)、(三)、(四)、(五)、(六)、(七)、(八)。

六、討論

(一)麵包蟲 (*Tenebrio molitor*) 簡介

分類：鞘翅目、擬步行蟲科

特性：麵包蟲是雜食性的倉庫害蟲，繁殖能力強，飼養容易，含有豐富的蛋白質、礦物質及維他命，自然被選為食蟲動物之餌。

(二)塑膠製品與麵包蟲的基本關係

本實驗中發現麵包蟲不喜吃塑膠袋，但當無任何食物供應下，仍會吃塑膠袋

，且啃食量有限此易造成蟲體營養不良影響其發育。

(三)保麗龍製品與麵包蟲的基本關係

由實驗數據知保麗龍不必裁成細碎，可任意將廢棄保麗龍餵養蟲體，節省人力。麵包蟲喜啃食含油的保麗龍，不必將保麗龍用水沖洗，可節省水源，實為最佳環保尖兵。

(四)實驗期間所觀察到的現象

1.幼蟲時期

- (1)成長過程中的快慢，取決於周遭的溫度。若溫度控制在30~33℃將可大幅加速生長。夏季時啃食量較多，活動力強。冬季時食量小活動力弱。
- (2)絕對濕度高低十分重要，濕度在70%最適中，低於13%即使食物充足，也不易繁殖生長。
- (3)三齡幼蟲可用保麗龍、塑膠袋當飼料。蟲數少吃食量少，群體數越多，生命力越強，啃食保麗龍、塑膠袋能力旺盛，具有繁殖能力，和親代相似，並沒有發現任何變異。
- (4)市售麵包蟲用麥麩餵食，其幼蟲生活史較短約為8週。
- (5)餵食保麗龍，幼蟲生活史會延長（約9週），可消化較多物質。
- (6)餵食塑膠袋，幼蟲生活史更長（約11週），但大多營養不良。
- (7)餵養保麗龍蟲體發育較好，可能保麗龍中含有部份營養提供給幼蟲，否則會與吃塑膠袋的幼蟲一樣瘦小。
- (8)當麥麩量供應充足時，麵包蟲不易啃食保麗龍、塑膠袋。
- (9)當麥麩量供應不足時，麵包蟲便會啃食保麗龍、塑膠袋充饑。
- (10)當食物量供應不足時，會有吞食同類的現象。
- (11)麵包蟲喜愛食物優先次序為：麥麩>保麗龍>塑膠袋。
- (12)餵食各項食物蟲體活動力大小：麥麩>保麗龍>塑膠袋，但蟲體在蛻變前活動力弱，蛻變後蟲體呈白色，重量減輕。
- (13)餵食各項食物蛹化時間，其速率快慢：麥麩>保麗龍>塑膠袋。

2.蛹的時期

- (1)餵食各項食物成甲蟲，其速率快慢相當，約7~8天，餵食塑膠袋稍慢1~2天。
- (2)由於蛹的大小決定於幼蟲時期營養好壞，所以餵養保麗龍對其影響有一些，但如在保麗龍上添加有機物質，會加速成長，使蛹重量增加，易長成健康的甲蟲。

3.甲蟲時期

- (1)甲蟲不喜吃保麗龍及塑膠袋，但會將保麗龍啃得細碎，故在成蟲階段，可餵麥麩，使其存活產卵。
- (2)餵食各項食物甲蟲活動力大小：麥麩>保麗龍>塑膠袋。
- (3)甲蟲壽命有限，產卵有一定量，大部份在4週後即陸續死亡。
- (4)甲蟲餵食麥麩，產卵量較多，故成蟲期間最好餵食麥麩，以降低死亡率，且能增加產卵量。

4.簡易的糞便定性分析結果

- (1)由實驗觀察出保麗龍比重較酒精輕會浮在酒精上。一般糞便比重較重，會沈於試管底部。
- (2)麵包蟲糞便所含漂浮保麗龍屑量非常少，可見保麗龍大部份已消化。
- (3)由於懸浮在酒精之上的保麗龍量非常少，無法做定量分析。

由於工業用保麗龍幾乎沒有有機物質，為何能使蟲體繼續成長，不像餵食塑膠袋蟲體那麼瘦小，若能有生物化學的研究將更深入的了解蟲體如何將保麗龍分子分解及產生能量供自身存活，為今後的主要工作。

七、結 論

由環保手冊得知，台灣目前工商業發達，人們外出飲食習慣普遍，其產生的保麗龍飯盒及塑膠袋，依據環保署81年度統計資料，國內每年的保麗龍餐具約11,000噸，但工業用保麗龍製品隨工業發展，更飛快增加。塑膠袋用量佔全部垃圾量的1/5。課堂上老師曾提過保麗龍及塑膠袋由於質輕（保麗龍總體積龐大）且屬高分子材料在垃圾掩埋場覆土處理後不易腐化分解，影響掩埋場使用期限。但使用後遭棄置，易造成環境髒亂及阻礙排水溝暢通，是海洋生物的致命殺手。焚燒若處理不當，會產生刺激性、腐蝕性有害氣體，所以廢棄保麗龍處理不得不慎，現階段回收保麗龍塑膠袋數量有限且困難重重，可運用簡單的生物模式處理此高分子材料，加速分解成有機物質，可為人類解決棘手環境問題。

處理方法	利	害
1.垃圾掩埋	最方便	1.不腐化分解，造成地表污染 2.體積大，四處可見 3.引爆環保危機
2.回收焚化	產生能源	1.費人力 2.空氣污染
3.回收再生	1.資源再生利用 2.節省資源 3.廣增用途	1.再生製品如再生，無人處理 2.再生製品分類不易、費人力 3.回收不易.
4.麵包蟲的飼養	1.蟲體可飼養動物 2.將體積消失於無形 3.不污染空氣 4.糞便可做有機肥料 5.節省水資源	1.生物化學部分未定，待深入探討 2.麵包蟲遇水易死 3.蟲體培養時間長

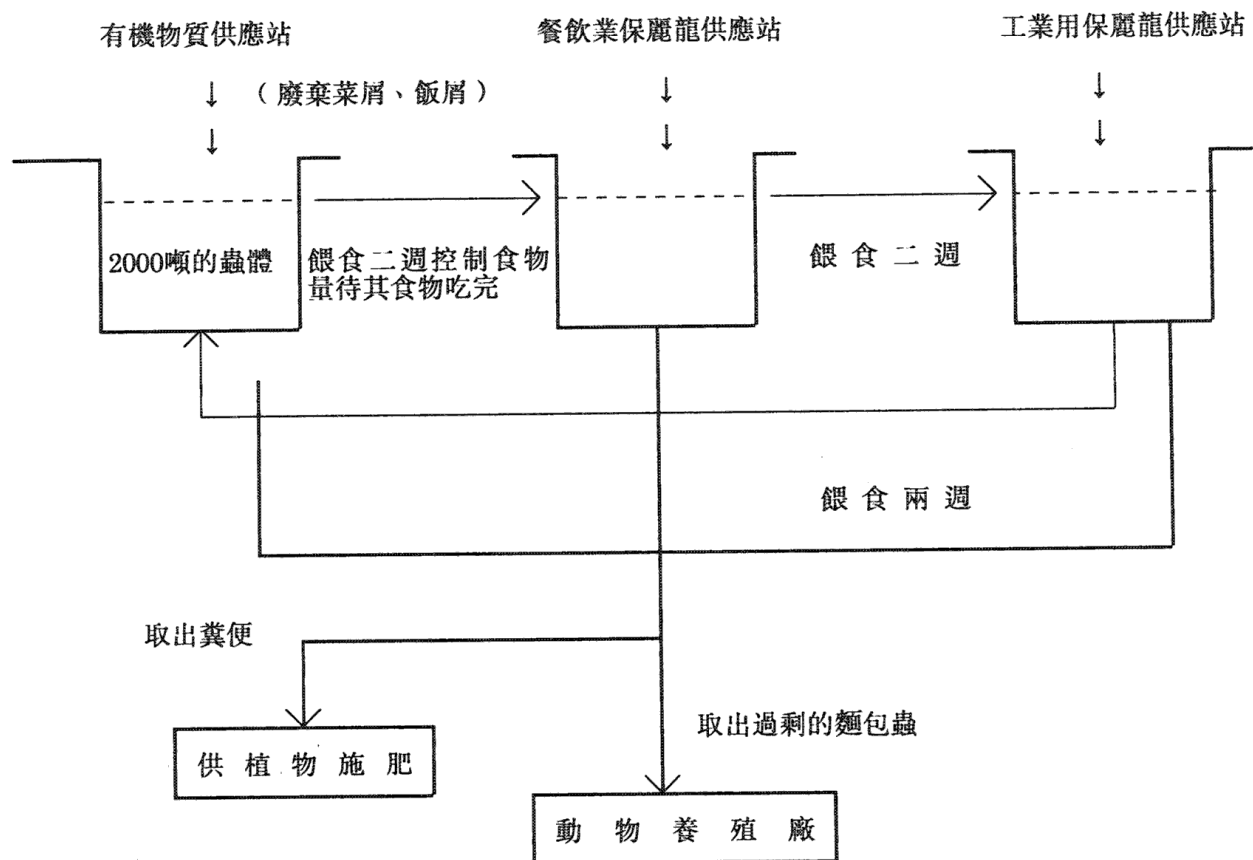
(一)我們的實驗與傳統保麗龍—塑膠袋垃圾處理法的比較：

(二)麵包蟲的主要貢獻在於保麗龍分解

- 1.設全省每年產生FS及PSP保麗龍共15000噸，則垃圾處理廠只須養2000噸的幼蟲，便可解決全省的保麗龍垃圾。
- 2.麵包蟲除了當飼料外，糞便可拿來當植物肥料，非常有經濟價值。
- 3.我們從實驗中發現，大量麵包蟲分解保麗龍速度較快，可將大體積的保麗龍消失，蟲體生命幾乎不受影響，蟲體利用價值仍存在。保麗龍不需要最好不要清洗，讓保麗龍上的有機物質形成蟲體之高蛋白。
- 4.麵包蟲對塑膠袋較不易啃食，嚴重阻礙其生長，使其蛹化時間拉長。
- 5.能讓能量循環利用。

(三)我們對未來的期待與理想

麵包蟲生態垃圾處理工廠示意圖



註：此圖上半部具有環保作用，下半部乃有經濟價值

評語

利用麵包蟲解決使用量大且不易處理的保麗龍的確有其創新之處，由一齡幼蟲的產生、保麗龍或塑膠袋大小，幼蟲的觀察、蛹的觀察及簡易的糞便定性分析，顯示研究態度的嚴謹性。此外，本研究針對麵包蟲處理保麗龍和傳統處理方法之比較，亦充份表示從事研究同學對環保問題了解之深入。而蟲體內是否含有保麗龍、塑膠分子、蟲體是否會變種等問題，雖未深入探討，但這些問題的思考，的確符合科學研究之精神。