

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

第三名

030820

塑膠袋，行不行？

學校名稱：臺南市立後甲國民中學

作者： 國二 李沂臻	指導老師： 蔡宜興
---------------	--------------

關鍵詞：塑膠袋、線蟲、親子代

# 塑膠袋，行不行？

## 摘要

本研究目的在探討不同材質之塑膠袋在不同使用條件下對秀麗隱桿線蟲的繁殖與生長的影響，研究方法是探討市售三種塑膠袋（低密度聚乙烯 LDPE、高密度聚乙烯 HDPE 及聚丙烯 PP）是否會對線蟲造成影響，針對母代、子代第一代及子代第二代進行實驗。研究結果發現：(1) 不同塑膠袋材質會影響線蟲之總存活率及不同時期產卵率；(2) 塑膠袋裝取熱水時間的長短差異，也會影響線蟲之總存活率及不同時期產卵率；(3) 實驗進行至子代第二代後，發現塑膠袋對線蟲的影響益形顯著。以上實驗結果告訴我們，日常生活中正確的挑選及使用塑膠材質的製品是非常重要的，期待未來能進一步觀察塑膠袋對後續子代的影響，以追蹤塑膠袋將對生物所可能造成的更長遠影響。

## 壹、研究動機

有天媽媽去買熱的湯麵和東北酸菜鍋帶回來的塑膠袋不一樣，我就問媽媽為什麼塑膠袋的顏色不一樣，媽媽要我去問爸爸，誰知老爸說了一大堆我聽不懂的話，最恐怖的是，他問我除了吃麵以外，有沒有可能還吃了其他東西進肚子裡？於是我就想了解目前市面上使用的塑膠袋是否安全？不同顏色的塑膠袋因為不同的使用條件是否對生物的生長會有影響？

經過與師長討論的結果發現，線蟲是個好材料，因為秀麗隱桿線蟲體積小、數量多、全身透明，其壽命很短，很容易觀察其生長情形，目前科學界對線蟲的研究已相當成熟，培養線蟲成本低，在實驗室中容易掌控，最重要的是線蟲對生活的環境很敏感，適合用來當作週遭環境的評估平台，所以我們在實驗中利用不同種類的市售塑膠袋，探討塑膠袋經不同使用條件後對線蟲繁殖與生長的影響。

## 貳、研究目的

- 一、了解目前市售塑膠袋的種類及線蟲的介紹。
- 二、探討使用不同材質的塑膠袋對線蟲的繁殖與生長的影響。
- 三、探討不同使用條件下塑膠袋對線蟲的繁殖與生長的影響。
- 四、探討使用不同材質與條件的塑膠袋對不同世代線蟲的繁殖與生長的影響。

## 參、研究設備及器材

### 一、研究材料


(一) 塑膠袋：塑膠是一種經過聚合反應而得到的高分子材料，廣泛應用在食物包裝材料中，在臺灣日常生活中最常使用的是塑膠袋，目前在市面上可買到不同材質的塑膠袋，其中包含有聚乙烯對苯二甲酸 (PET)、聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE)、聚氯乙烯 (PVC) 與聚苯乙烯 (PS) 等；而最常使用來裝熱湯的種類，則以 PP 和 PE 為最多；其中 PE 又可以分成高密度聚乙烯 (HDPE) 與低密度聚乙烯 (LDPE)。實驗中從坊間攤販分別搜集到了 PP、HDPE 與 LDPE 三種塑膠袋 (圖一)，作為本次實驗裝熱水的塑膠袋研究對象：

1. 低密度聚乙烯 (Low-density Polyethylene, LDPE)：耐熱至 70-90°C，製作過程中，在分子鏈上生出許多支鏈，這些支鏈妨礙了分子鏈的整齊排列，因此密度較低，


塑膠材質回收辨識碼 4。 LDPE

2. 高密度聚乙烯 (High-density Polyethylene, HDPE)：耐熱至 90-110°C，製作過程

中，分子鏈上沒有支鏈，因此分子鏈排列規整，具有較高的密度，塑膠材質回收

辨識碼 2。  HDPE

3. 聚丙烯 (Polypropylene, PP)：耐熱至 100-140°C，是相對穩定的材質。聚丙烯的重複單元由三個碳原子組成，其中兩個碳原子在主鏈上，一個碳原子以支鏈的形式存在，塑膠材質回收辨識碼 5。

 PP



圖一 市售塑膠袋，材質為低密度聚乙烯（左）、高密度聚乙烯（中）、聚丙烯（右）

## (二) 實驗生物

1. N2 野生株秀麗隱桿線蟲 (*Caenorhabditis elegans*)：

線蟲是一種常見在生活環境的環形動物，他在生物學的分類地位所代表的線蟲動物門是動物界中最大的一門，涵蓋動物包羅萬象，像我們熟知的寄生蟲，如鈎蟲、蟯蟲，植物中有松材線蟲，都是大眾耳熟能詳的線蟲生物；然而，線蟲並不只有可怕的寄生種類。在 1970 年代，科學家雪梨•布倫納 (Sydney Brenner) 從土壤中找到了一種以細菌為食、非寄生性、非侵犯性、非致病性，而且對人類與其他哺乳類生物無害的線蟲，命名為秀麗隱桿線蟲(*Caenorhabditis elegans*)，屬於 Bio-Safety level 1 (BSL-1)生物材料。

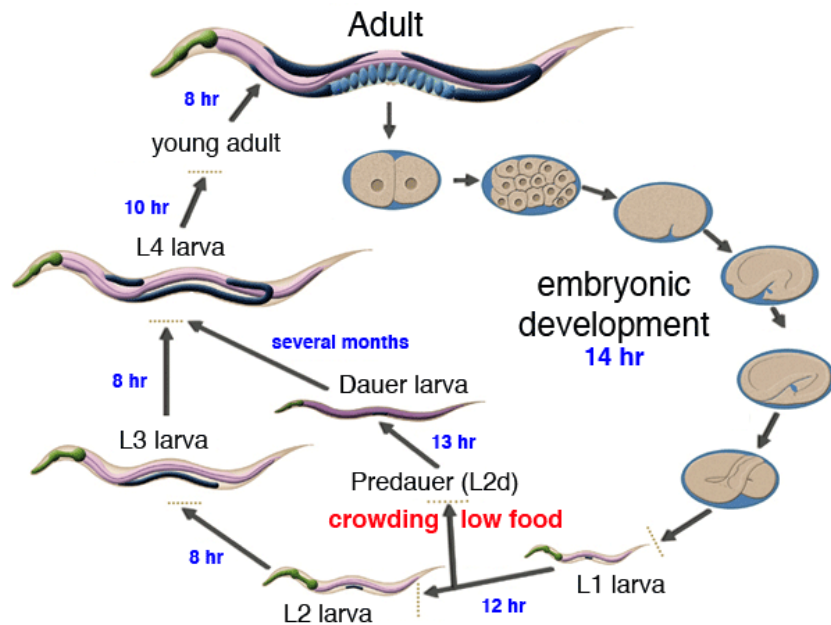
秀麗隱桿線蟲體積小方便培養，完整的生命週期只有二到三週的時間，很方便觀察。同時，因為實驗設計想法與塑膠有關，記得之前有很多關於塑膠的負面新聞都與生長或是生殖有相關。因此這次實驗選擇使用秀麗隱桿線蟲來進行實驗，想要藉由生長生殖快速而且好計算的線蟲，來研究塑膠袋對線蟲的影響。

2. 線蟲生活史：

本實驗設計以秀麗隱桿線蟲 (圖二，以下簡稱線蟲) 為研究對象，線蟲成蟲長約 1.2 毫米，線蟲的生命週期很短，從出生到性成熟大約為三天半，以大腸桿菌為食，在 22-25°C 的環境下，大概在孵化後的 45-50 小時就會變成成熟的雌雄間性並產下他的第一個卵，成體雌雄間性大約可以產生四天的卵細胞，在這段具

有生殖力期間後的 3-4 天，成體會另外再存活 10-15 天，自體受精的雌雄間性在生命週期裡可產生約 300 個後代，適合做遺傳學研究。在 2002 年，諾貝爾生理醫學獎頒發給澳洲三位學者雪梨•布倫納 (Sydney Brenner)、羅伯特•霍維茨 (H. Robert Horvitz) 和約翰•蘇爾斯頓 (John E. Sulston) 以表揚他們對了解線蟲細胞死亡程序及器官發育遺傳學的貢獻。

線蟲生命開始時只有單一細胞，受精後不斷增殖至多達 959 個細胞，擁有複雜的器官和組織，有神經、消化和生殖系統，會老化及死亡。線蟲一生大約可以分為：卵、幼蟲第一期 (L1)、幼蟲第二期 (L2)、幼蟲第三期 (L3)、幼蟲第四期 (L4) 以及成蟲期 (adult)。在食物缺乏的惡劣情形下，線蟲會進入 dauer 時期，以延長其壽命。此時線蟲不吃東西，會封住口及生殖管。從研究的角度來看，秀丽隱桿線蟲的優勢在於為一種多細胞真核生物，又夠簡單到可以被詳細研究，適合進行生物生理研究。





圖二 線蟲的生長週期

3. 大腸桿菌減毒菌株 (*Escherichia coli* OP50; *E. coli*):

本實驗中以大腸桿菌 OP50 菌株作為秀丽隱桿線蟲的食物。OP50 大腸桿菌株是一個沒有致病性的細菌株，對於包含人類在內的哺乳類生物皆沒有致病力，不會造成腸道疾病或是腹瀉等症狀。此大腸桿菌是從生物資源保存及研究中心 (BCRC, Bioresource Collection and Research Center, Taiwan) 購買而來，是廣泛使用於餵食線蟲的菌株。依照規定，OP50 大腸桿菌株雖然不具致病力，但仍然列入 RG1 (Risk group 1) 分類之微生物組別中。

## 二、研究設備：

設備名稱	作用/功能	照片
加熱器	將純水加熱至 100°C	
溫度計	確認反應進行時的溫度	
水浴槽	維持溫度	
線蟲基礎生長培養基 NGP (Nematode Growth Plate)	維持線蟲生長的環境與營養 (製作實驗組培養基時，純水的部分用接觸過塑膠袋的水代替)	
無菌操作台	製作無菌培養基	
解剖顯微鏡	觀察線蟲 (最大倍率為 4.5 倍)	
挑蟲器	移動線蟲的工具 (以白金絲和玻璃管製成)	
酒精燈	將器具過火消毒	
計數器	計算線蟲與蟲卵數量	

## 肆、研究過程

### 一、塑膠袋裝熱水實驗

- (一) 利用加熱器將 500 毫升純水加熱至 100°C，倒入已預先放置在燒杯之塑膠袋內。
- (二) 放入水浴槽，不同時間將水浴槽打開，待接觸塑膠袋水冷卻後製作 NGP 培養基。

### 二、線蟲基礎生長培養基 NGP (Nematode Growth Plate) 的製作

- (一) 量取下列藥品：氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2$ )、硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4$ )、磷酸氫二鉀 ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )、磷酸

二氫鉀 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )，分別調配成 1M 水溶液 (pH 6.0)。

(二) 量取膽固醇 0.5 克 (線蟲不具備膽固醇的生物合成途徑，然而線蟲的存活需攝入外源膽固醇)，溶於 0.1 公升的無水酒精中。

(三) 量取下列藥品：洋菜 10 克，細菌蛋白胨 (Bacto pepton) 1.25 克，氯化鈉 ( $\text{NaCl}$ ) 1.5 克，依實驗組別分以純水 (對照組) 或塑膠袋處理後水 (實驗組) 加到 500 毫升。

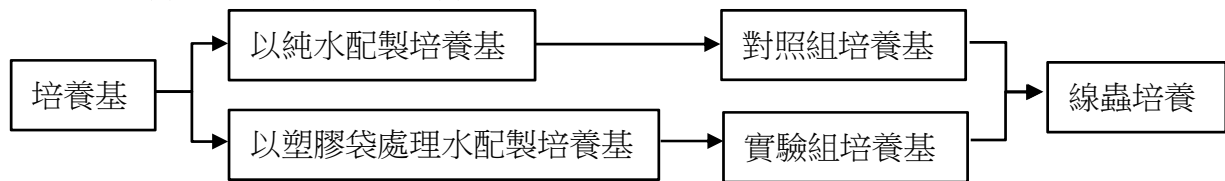
(四) 將步驟(一)、(三)中配置完成的藥品放入高壓滅菌器滅菌 40 分鐘。

(五) 等待經過滅菌的步驟三液體培養基溶液冷卻至  $55^\circ\text{C}$  時，依順序加入 1M 氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2$ )、1M 硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4$ )、膽固醇酒精溶各 0.5 毫升及 1M 磷酸氫二鉀 ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )、1M 磷酸二氫鉀 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 各 12.5 毫升。

(六) 攪拌均勻後分裝至 3.5 cm 的拋棄式培養皿，凝固後即為 NGP 標準培養基。

(七) 使用前將 NGP 標準培養基表面滴上適量的 OP50 菌液，均勻塗開。

### 三、一般培養基／塑膠袋處理培養基的製作



### 四、線蟲培養技術

(一) 先將挑蟲器的白金絲透過酒精燈的火焰進行消毒 (白金絲易與傳熱散熱，火焰殺菌後冷卻速度快)。

(二) 待白金絲燒紅後冷卻。

(三) 顯微鏡觀察線蟲到達 L4 階段，將目標線蟲用挑蟲器輕輕挑至新的培養基中。

(四) 再次將挑蟲器過火消毒 (避免遺留線蟲殘留物及過程中有其他細菌或真菌的污染)。

### 五、線蟲繁殖與生長能力 (圖三、圖四)

(一) 線蟲繁殖能力：顯微鏡下，計算分別記錄產卵數 (包括已孵化成小蟲) 與未孵化死卵數。分別計算總產卵數 (為平均一隻的總產卵數)、總死卵數 (為平均一隻的總死卵數)、總卵存活率與時間產卵率。計算方式如下：

總產卵數 = 不同時期的產卵數總和

總死卵數 = 不同時期的死卵數總和

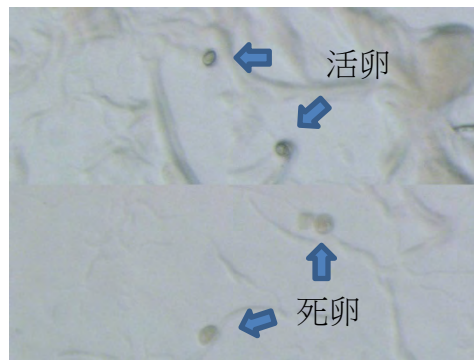
總卵存活率 = (總產卵數 - 總死卵數) / 總產卵數

時間產卵率 = 該時期產卵數 / 總產卵數

(二) 線蟲生長能力：顯微鏡下照相後，利用影像分析軟體 (Image-Pro Plus image analysis software, Media Cybernetics, USA)，分別計算線蟲長度與增長率。計算方式如下：

線蟲長度= 分析後資料與標準比較後，計算出實際長度

長度增長率= 該時期長度／第 0 天長度



圖三 線蟲所產的卵



圖四 線蟲影像與影像分析

## 六、實驗分組

對照組：利用純水製作培養基，進行線蟲培養實驗

實驗組（1）：低密度聚乙烯塑膠袋浸泡熱水，等待水冷卻後製作培養基，進行實驗。

實驗組（2）：高密度聚乙烯塑膠袋浸泡熱水，等待水冷卻後製作培養基，進行實驗。

實驗組（3）：聚丙烯塑膠袋浸泡熱水，等待水冷卻後製作培養基，進行實驗。

## 七、實驗設計與規劃

（一）實驗一：三種塑膠袋經裝 100°C 熱水 1 小時後，分別製作培養基，每一個培養基放入 5 隻線蟲，紀錄不同時間線蟲產卵與長度。此實驗主要為探討「不同材質的塑膠袋對線蟲的繁殖與生長的影響」。

（二）實驗二：三種塑膠袋經裝 100°C 熱水，分別浸泡 1 小時、2 小時與 4 小時後，分別製作培養基，每一個培養基放入 15 隻線蟲，紀錄不同時間線蟲產卵與長度。此實驗主要為探討「探討不同使用條件下塑膠袋對線蟲的繁殖與生長的影響」。

（三）實驗三：三種塑膠袋經裝 100°C 熱水，分別浸泡 1 小時、2 小時與 4 小時後，分別製作培養基，每一個培養基放入實驗二繁殖出新生線蟲 15 隻，紀錄不同時間線蟲產卵與長度。此實驗主要為探討「探討使用不同材質與條件的塑膠袋對不同世代（第一子代）線蟲的繁殖與生長的影響」。

（四）實驗四：三種塑膠袋裝 100°C 熱水，經過 1 小時、2 小時與 4 小時後，分別製作培養基，每一個培養基放入實驗三繁殖出新生線蟲 15 隻，紀錄不同時間線蟲產卵與長度。此實驗主要為探討「探討使用不同材質與條件的塑膠袋對不同世代（第二子代）線蟲的繁殖與生長的影響」。

## 八、實驗廢棄物處理

實驗都是在可操作 RG1 微生物與線蟲的實驗室環境中所進行，因此可進行線蟲及



大腸桿菌之操作。實驗進行完畢後，會使用滅菌釜（圖五）進行 121°C 高溫高壓滅菌處理 20 分鐘，使得線蟲與大腸桿菌皆死亡，之後再交由專門清運實驗廢棄物的環保公司集中收集處理，以確保實驗使用的生物物材料不會對環境產生危害。



圖五 高溫高壓滅菌釜

## 伍、研究結果

本實驗共進行四組實驗：

- 一、實驗一：使用三種不同市售塑膠袋置入培養基中，分四組進行實驗，每組選 5 隻線蟲為代表，將此培養基塗上線蟲的食物－細菌（大腸桿菌減毒菌株 OP50，此乃是線蟲正常食用之食物），經過一天成長後，餵食給線蟲吃，第 2 天、第 3 天及第 4 天計算線蟲產卵數、死卵數及卵存活率以觀察塑膠袋對線蟲繁殖的影響。至於線蟲的生長情形則以線蟲的身體長度表示。

表一 線蟲在不同時間產卵數

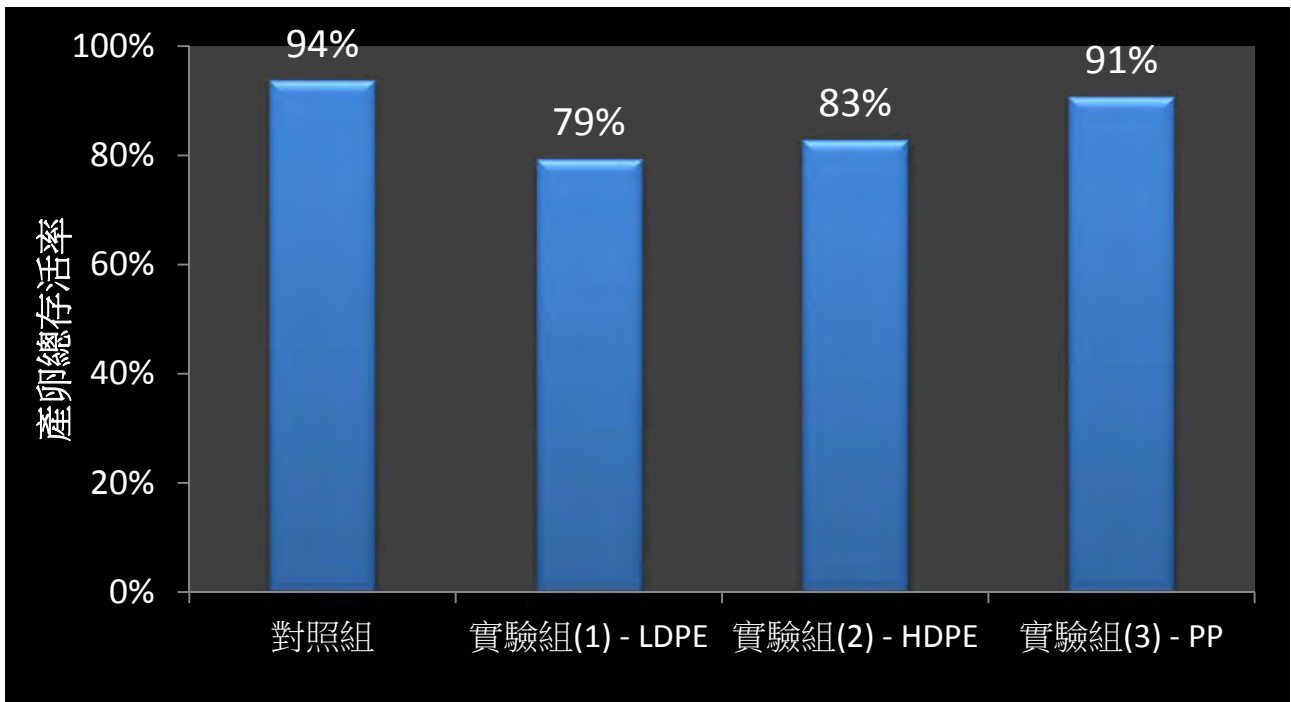
	第 2 天	第 3 天	第 4 天	總產卵數
對照組	156	20	2	178
實驗組(1) – LDPE	122	18	27	167
實驗組(2) – HDPE	135	19	16	170
實驗組(3) – PP	158	24	10	192

表二 線蟲在不同時間死卵數

	第 3 天	第 4 天	總死卵數
對照組	11	0	11
實驗組(1) – LDPE	9	26	35
實驗組(2) – HDPE	14	15	29
實驗組(3) – PP	8	9	18

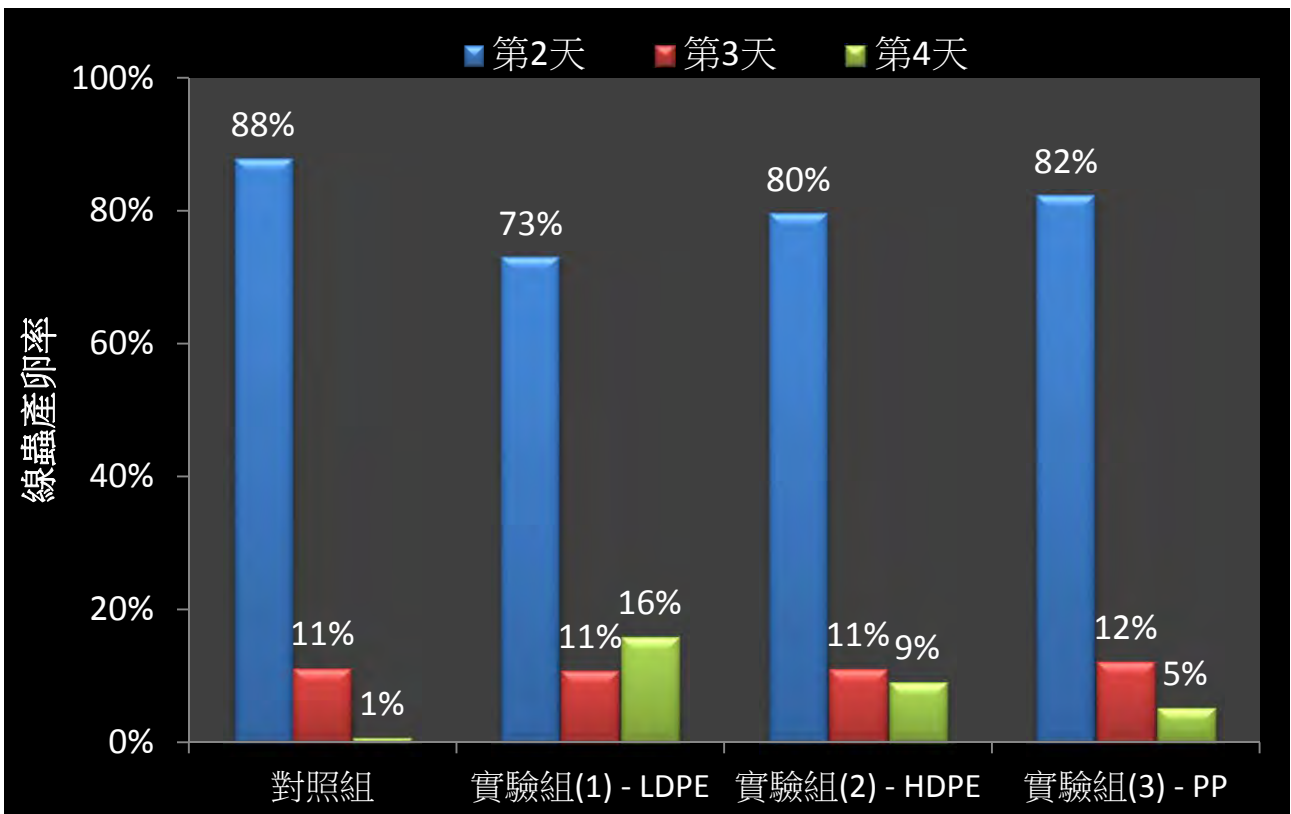
【結果分析】由表一與表二得知：

- (一) 對照組：第 2 天大量產卵 156 個，第 3 天產卵 20 個，第 4 天產卵 2 個，顯示隨時間增加而產卵數下降。總死亡數 11 個最少。
- (二) 實驗組(1)：第 4 天產卵數較第 3 天高，總產卵數是四組中最低。第 3 天死亡數 9 隻，第 4 天死亡數達 26 隻，總死卵數是四組中最高。
- (三) 實驗組(2)：產卵數隨時間增加而產卵數下降，總死卵數 29 個。
- (四) 實驗組(3)：在表一中產卵數隨時間增加而產卵數下降。
- (五) 整體結果顯示 **實驗組(1)產卵最少、死亡最多表現最差；產卵數除實驗組(1)外，其他組別皆隨時間增加而產卵數下降。**



圖六 線蟲產卵總存活率

【結果分析】圖六中計算出每一組線蟲產卵數的總存活率，結果顯示實驗組(1)及(2)的總存活率偏低，分別是 79% 及 83%，對照組及實驗組(3)的存活率接近，分別為 94% 及 91%；**整體而言，不使用塑膠袋及使用 PP 塑膠袋的組別，線蟲的存活率較佳；而使用 PE 塑膠袋的組別將造成線蟲蟲卵的存活率較差。**



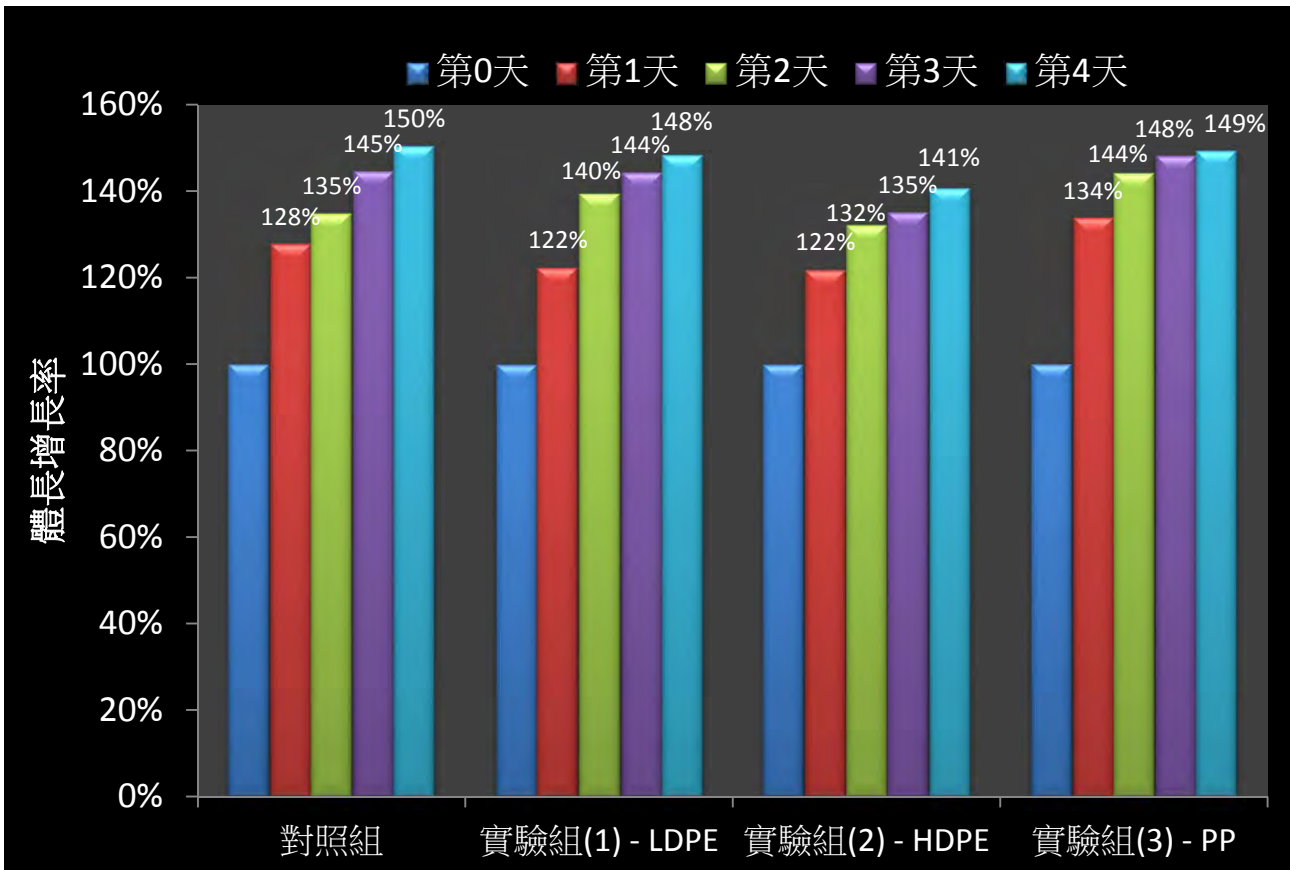
圖七 線蟲在不同時期產卵率

【結果分析】由圖七各組每天產卵率之比較如下：

- (一) 第 2 天產卵率：對照組>實驗組(3)>實驗組(2)>實驗組(1)。
- (二) 第 3 天產卵率各組相近。
- (三) 第 4 天產卵率實驗組(1)>實驗組(2)>實驗組(3)>對照組。
- (四) 整體而言實驗組(1)產卵較慢，顯示而使用 PE 塑膠袋的組別，將影響線蟲的產卵速度。

表三 線蟲在不同時間的身體長度(微米)

	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天
對照組	821	1048	1108	1197	1236
實驗組(1) – LDPE	836	1022	1163	1205	1241
實驗組(2) – HDPE	857	1044	1135	1159	1206
實驗組(3) – PP	807	1076	1159	1192	1205



圖八 線蟲在不同時間體長增長率

【結果分析】表三及圖八：觀察從第 0 天至第 4 天的增長長度，發現各組線蟲皆隨時間增加而增長，各組長到第 4 天時長度約為第 0 天的 1.5 倍長。實驗組每天增長率之比較如下：

- (一) 第 1 天增長率實驗組(3)>對照組 >實驗組(1)=實驗組(2)；
- (二) 第 2 天增長率實驗組(3)>實驗組(1)>對照組 >實驗組(2)；

- (三) 第 3 天增長率實驗組(3) > 對照組 > 實驗組(1) > 實驗組(2) ;  
 (四) 第 4 天增長率對照組 > 實驗組(3) > 實驗組(1) > 實驗組(2) 。  
 (五) 整體言之，*長度增長率以實驗組(2)表現較差，但數據指出各組差異不大。*

二、 實驗二：實驗一做完後，發現塑膠袋對線蟲的繁殖有影響，可是對線蟲的體長長度影響較小。因此繼續針對母代及子代進行實驗，實驗設計分別將塑膠袋裝 100°C 熱水 1 小時、2 小時及 4 小時後，分別製作培養基提供線蟲生長。實驗二為母代，實驗三為子代第一代，實驗四為子代第二代。實驗二結果如下：

表四 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲在不同時間產卵數

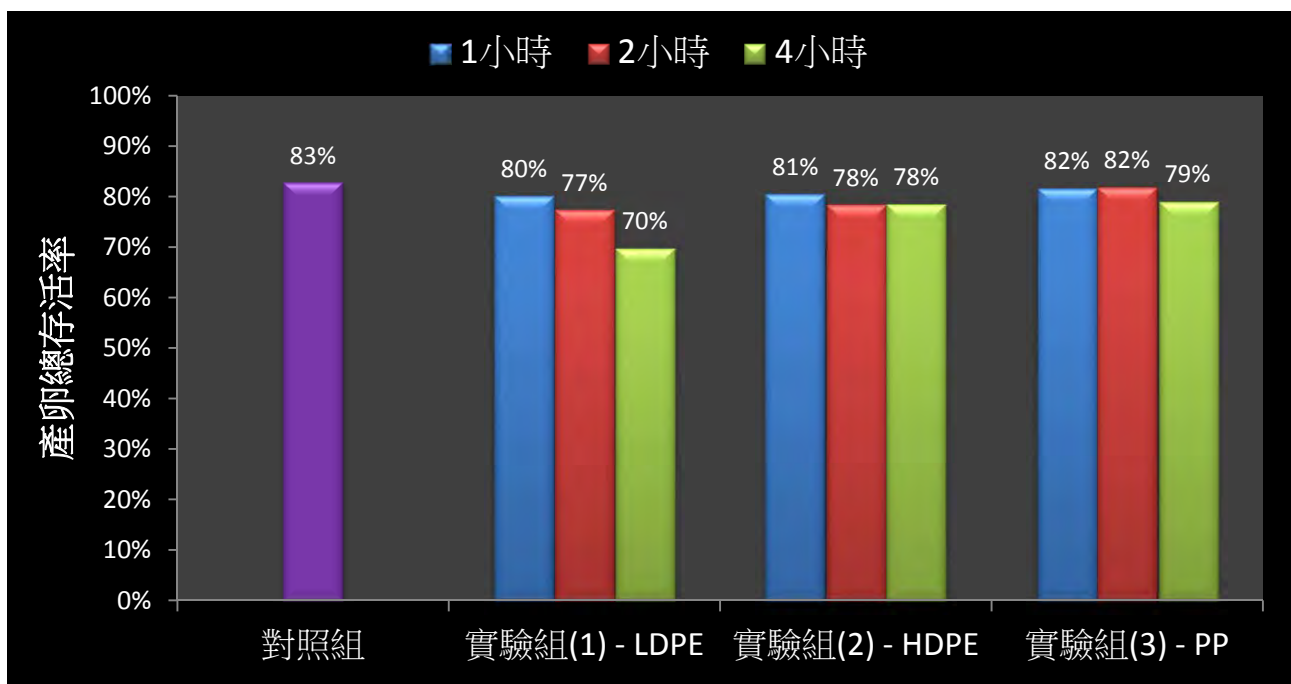
實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總產卵數
對照組		92	55	31	27	204
實驗組(1) – LDPE	1 小時	80	64	38	26	207
	2 小時	59	82	35	28	203
	4 小時	59	81	34	48	222
實驗組(2) – HDPE	1 小時	92	83	36	44	256
	2 小時	64	108	29	28	229
	4 小時	52	86	25	23	184
實驗組(3) – PP	1 小時	80	66	27	21	194
	2 小時	95	75	26	26	222
	4 小時	88	67	25	31	210

表五 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲在不同時間死卵數

實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總死卵數
對照組		0	2	13	20	35
實驗組(1) – LDPE	1 小時	0	2	16	23	41
	2 小時	1	3	18	25	46
	4 小時	2	5	17	43	67
實驗組(2) – HDPE	1 小時	1	2	13	25	41
	2 小時	1	2	20	26	49
	4 小時	2	3	15	20	40
實驗組(3) – PP	1 小時	1	4	14	16	36
	2 小時	2	5	14	20	40
	4 小時	1	7	13	23	44

【結果分析】從表四及表五數據發現：對照組及實驗組(3)母代線蟲的產卵數第 2 天最多，然後隨天數增加產卵數下降；可是實驗組(2)及(3)，則無此規律性。各組詳細分析如下：

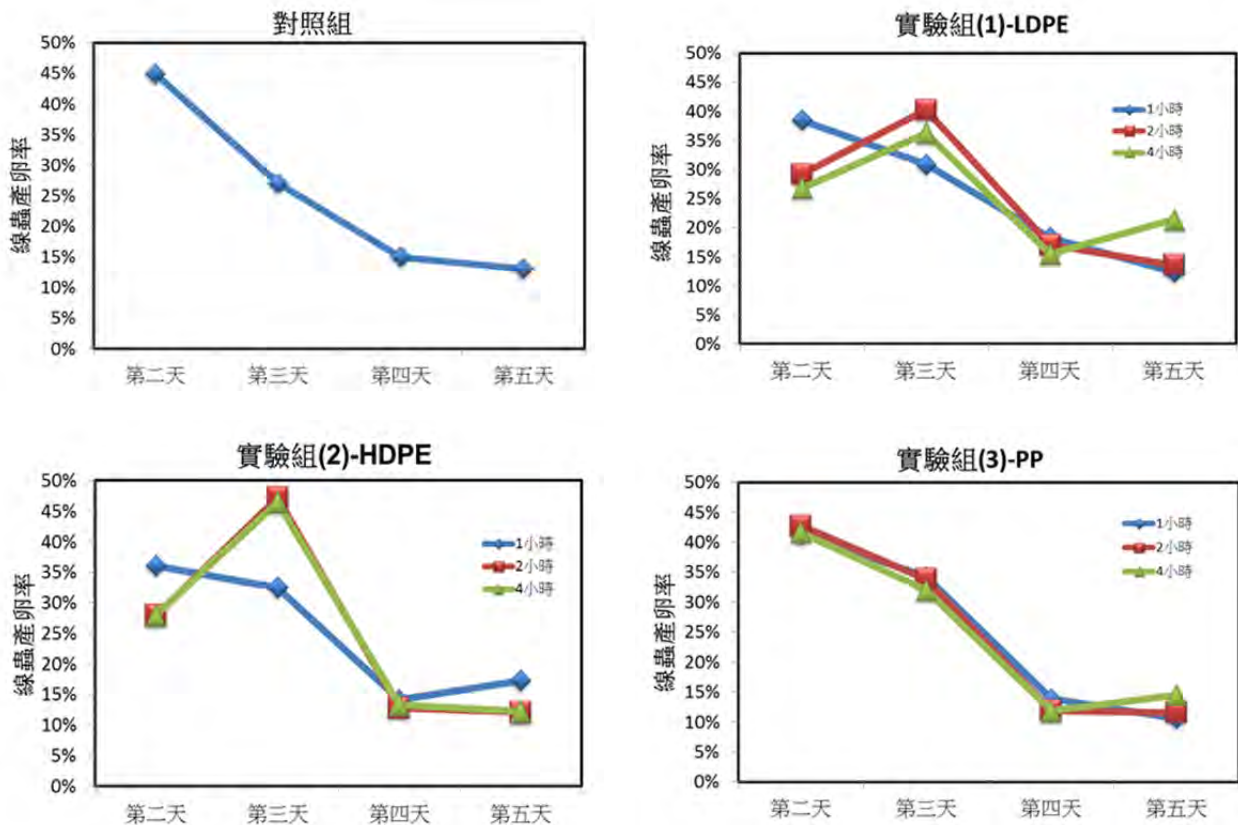
- (一) 對照組：顯示隨時間增加而產卵數下降。第 2 天沒有死卵，第 3 天後隨時間增加而死卵數增加，總死卵數在各組中最少(35 個)。
- (二) 實驗組(1)：1 小時之產卵數隨時間增加而增加，2 及 4 小時則第 3 天較第 2 天為高；死卵數隨時間增加而增加，總死卵數隨裝熱水時間增加而增加，以實驗組(1) 4 小時之死卵數最高(67 個)，為各組之最。
- (三) 實驗組(2)：2 及 4 小時則第 3 天產卵數較第 2 天為高；死卵數則差異不大。
- (四) 實驗組(3)：顯示隨時間增加而產卵數下降。死卵數則差異不大。
- (五) 整體而言，我們觀察到**實驗組(1)4 小時之死卵數目最多，且會有延後生卵高峰期的現象產生，顯示使用 LDPE 塑膠袋之組別將對線蟲產卵的行為造成影響。**



圖九 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲產卵總存活率

【結果分析】圖九：母代產卵總存活率以對照組最佳，其餘三組實驗組，總存活率隨裝熱水時間增加而降低。母代產卵總存活率以實驗組別相比：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)。裝熱水時間實驗組之比較如下：

- (一) 裝熱水 1 小時的母代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)；
- (二) 裝熱水 2 小時的母代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)；
- (三) 裝熱水 4 小時的母代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)；
- (四) 整體而言，**實驗組(1)母代產卵總存活率最差，尤以實驗組(1) 4 小時最低(70%)，結果顯示使用 LDPE 塑膠袋的組別將影響母代產卵後的總存活率，且此現象隨著塑膠袋與熱水接觸時間越長，越為明顯。**



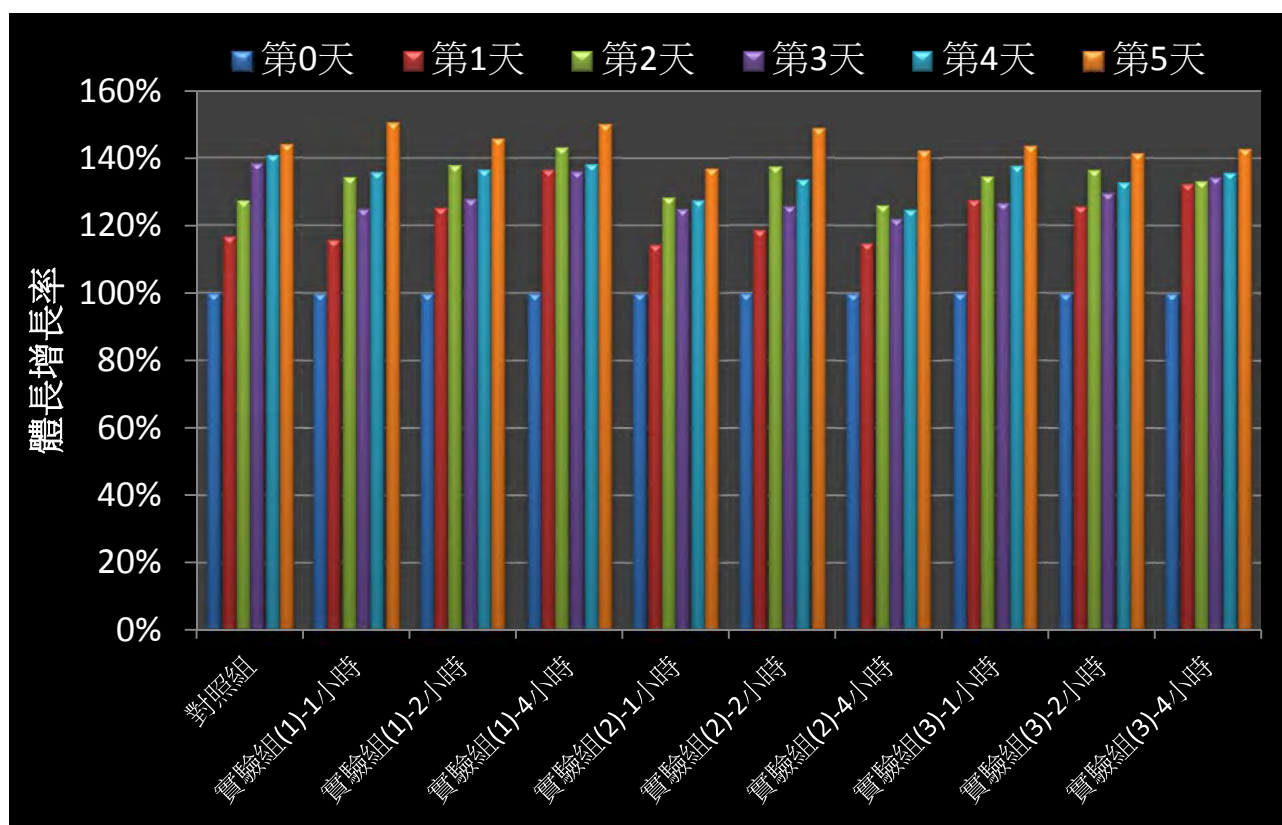
圖十 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲不同時期產卵率

【結果分析】根據圖十比較各個天數中不同組別之間產卵率，發現對照組與實驗組(3)所呈現出的線形相似，即第2天最高，然後依次遞減。但實驗組(1)及(2)中在第3天時2小時及4小時的產卵率都高於第2天。各組差別分析如下：

- (一) 對照組：顯示隨時間增加而產卵數下降。
- (二) 實驗組(1)：1小時之產卵數隨時間增加而下降；2及4小時產卵數則第3天較第2天為高；4小時產卵數第5天較第4天高。
- (三) 實驗組(2)：1小時之產卵數隨時間增加而下降，唯第5天產卵數高於第4天；2及4小時則第3天產卵數較第2天為高。
- (四) 實驗組(3)：顯示隨時間增加而產卵數下降；4小時產卵數第5天高於第4天。
- (五) 總而言之，**實驗組(1)及(2)組別中出現了產卵延後的現象。**

表六 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲在不同時間長度(微米)

實驗組別	處理時間	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天
對照組		818	956	1043	1133	1153	1179
實驗組(1) – LDPE	1 小時	812	941	1092	1016	1105	1224
	2 小時	803	1007	1109	1028	1098	1172
	4 小時	780	1067	1119	1063	1080	1172
實驗組(2) – HDPE	1 小時	836	957	1074	1046	1067	1145
	2 小時	825	980	1135	1038	1104	1229
	4 小時	870	1000	1099	1064	1088	1240
實驗組(3) – PP	1 小時	816	1041	1098	1034	1124	1172
	2 小時	819	1030	1119	1063	1089	1159
	4 小時	795	1054	1061	1070	1081	1137



圖十一 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，母代線蟲在不同時間增長率

【結果分析】表六及圖十一：四組母代線蟲長度皆隨著時間增加而增長，增長至第 5 天時各組差異不大。進一步分析增長率，對照組為時間愈久增長率愈高；其餘三組實驗組前二天隨時間增加而增長率增加，然在第 3 天時各組增長率下降，然而整體而言，各組織間的增長率相互比較後，並沒有發現顯著的差異，顯示不同種類的塑膠袋不會造成母代線蟲體長長度產生明顯的變化。



三、實驗三：此實驗為子代第一代，其實驗步驟如實驗二。結果如下：

表七 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲在不同時間產卵數

實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總產卵數
對照組		117	61	29	24	230
實驗組(1) – LDPE	1 小時	53	80	37	22	192
	2 小時	65	95	41	24	225
	4 小時	62	98	36	20	216
實驗組(2) – HDPE	1 小時	106	84	33	27	251
	2 小時	70	91	25	6	191
	4 小時	63	91	37	21	212
實驗組(3) – PP	1 小時	108	74	39	15	236
	2 小時	109	79	32	22	243
	4 小時	105	98	31	21	255

表八 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲在不同時間死卵數

實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總死卵數
對照組		0	3	15	19	38
實驗組(1) – LDPE	1 小時	0	8	25	21	54
	2 小時	0	12	31	23	67
	4 小時	0	16	32	19	68
實驗組(2) – HDPE	1 小時	1	7	25	26	58
	2 小時	0	21	24	5	50
	4 小時	0	12	28	21	61
實驗組(3) – PP	1 小時	0	3	25	14	43
	2 小時	0	3	28	22	53
	4 小時	0	16	23	20	60

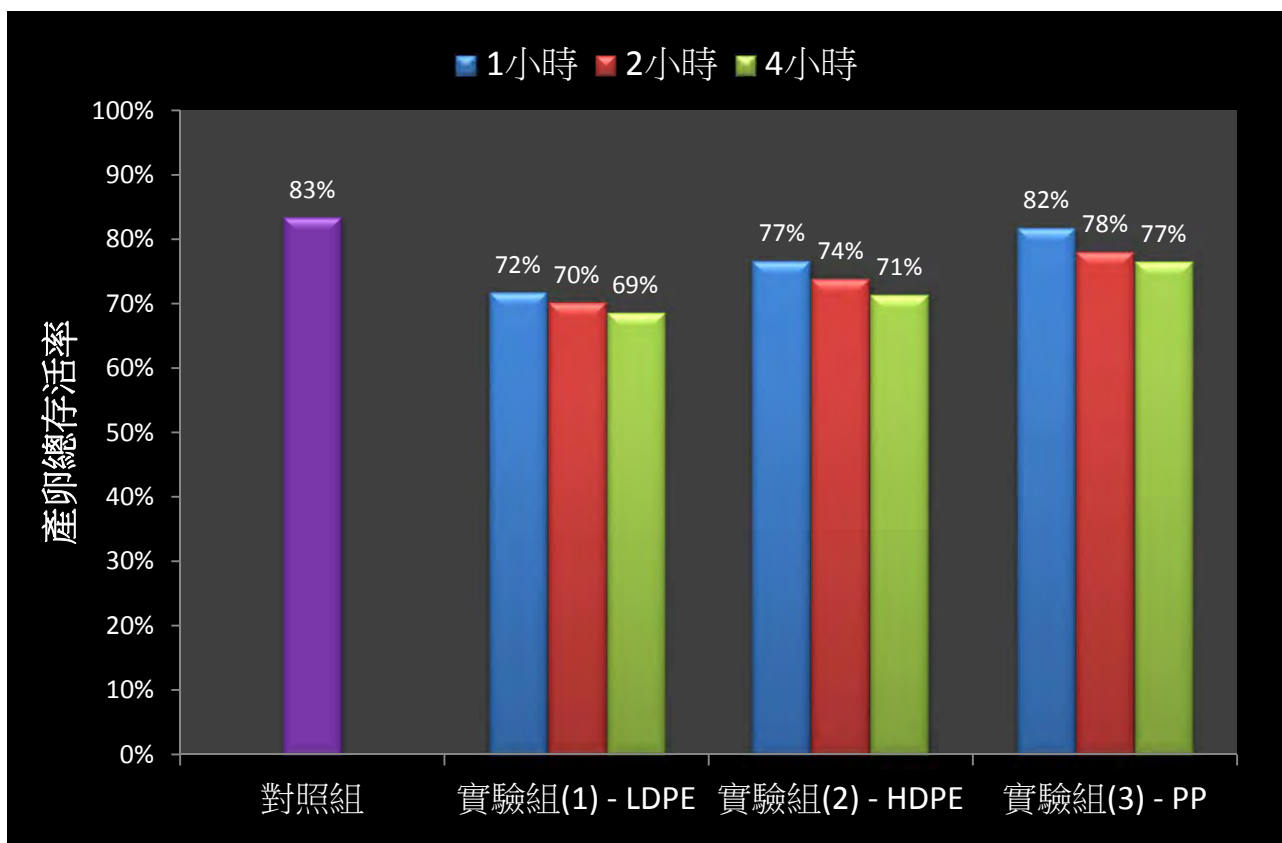
【結果分析】表四/表五(母代)及表七/表八(子代第一代)中可知：產卵數在對照組與實驗組(3)第 2 天就大量產卵，然後天數愈多，產卵數愈少。各組差別分析如下：

(一) 對照組：顯示隨時間增加而產卵數下降。第 2 天沒有死卵，第 3 天後隨時間增加而死卵數增加，總死卵數在各組中最少(38 個)，死卵與母代表現一致。

(二) 實驗組(1)：產卵數第 3 天皆較第 2 天為高；總死卵數隨裝熱水時間增加而增加，總

死卵數以實驗組(1) 4 小時之死卵數最高(68 個)，為各組之最，而 1 與 2 小時的總死卵數與母代比大幅提高。

- (三) 實驗組(2)：1 小時之產卵數隨時間增加而下降；2 及 4 小時則第 3 天產卵數較第 2 天為高；死卵數則差異不大。
- (四) 實驗組(3)：顯示隨時間增加而產卵數下降；總死卵數隨裝熱水時間增加而增加。
- (五) 整體而言，**實驗組(1)子代第一代已與母代有顯著差異，實驗組(2)有產卵延後現象。**



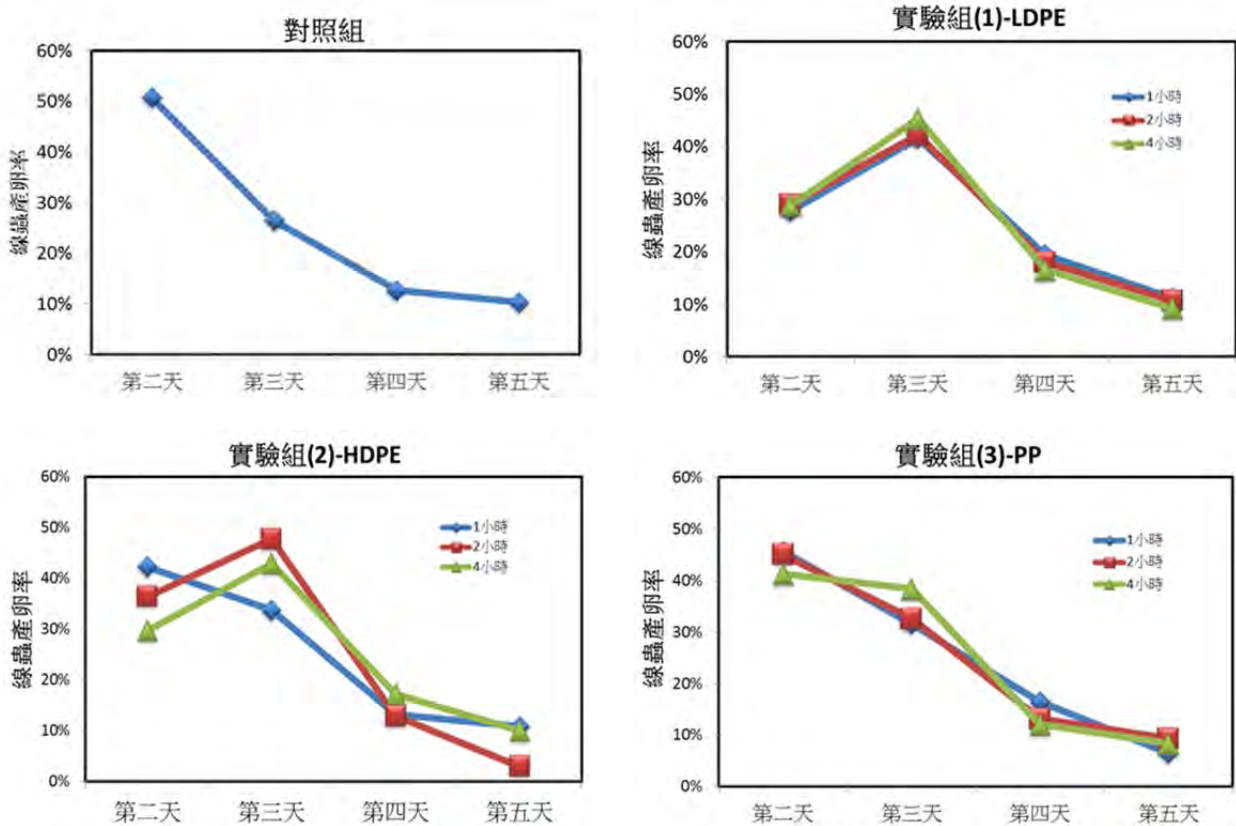
圖十二 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲產卵總存活率

【結果分析】圖九（母代）與圖十二（子代第一代）：子代產卵總存活率以對照組最佳，其餘三組實驗組，總存活率皆隨裝熱水時間增加而降低，實驗組別相比：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)。

- (一) 裝熱水 1 小時的子代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)。
- (二) 裝熱水 2 小時的子代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)。
- (三) 裝熱水 4 小時的子代產卵總存活率：實驗組(3) > 實驗組(2) > 實驗組(1)。
- (四) 對照組產卵總存活率子代與母代皆為 83%；子代實驗組產卵總存活率與母代相比：
  1. 實驗組(1)產卵總存活率明顯降低(1 小時由 80% 降至 72%；2 小時由 77%降至 70%；4 小時由 70%降至 69%)。
  2. 實驗組(2)產卵總存活率有降低(1 小時由 81% 降至 77%；2 小時由 78%降至 74%；4 小時由 78%降至 71%)。
  3. 實驗組(3)產卵總存活率降低較不明顯(1 小時仍為 82%；2 小時由 82%降至 78%；4 小時由 79%降至 77%)。

4. 子代與母代產卵總存活率表現：實驗組(3)>實驗組(2)>實驗組(1)

(五) 綜合圖九及圖十二的結果發現，實驗組(1)子代產卵總存活率最差，同時與母代(圖九)相互比較後發現，實驗組(1)在第一子代的產卵總存活率將更為降低。



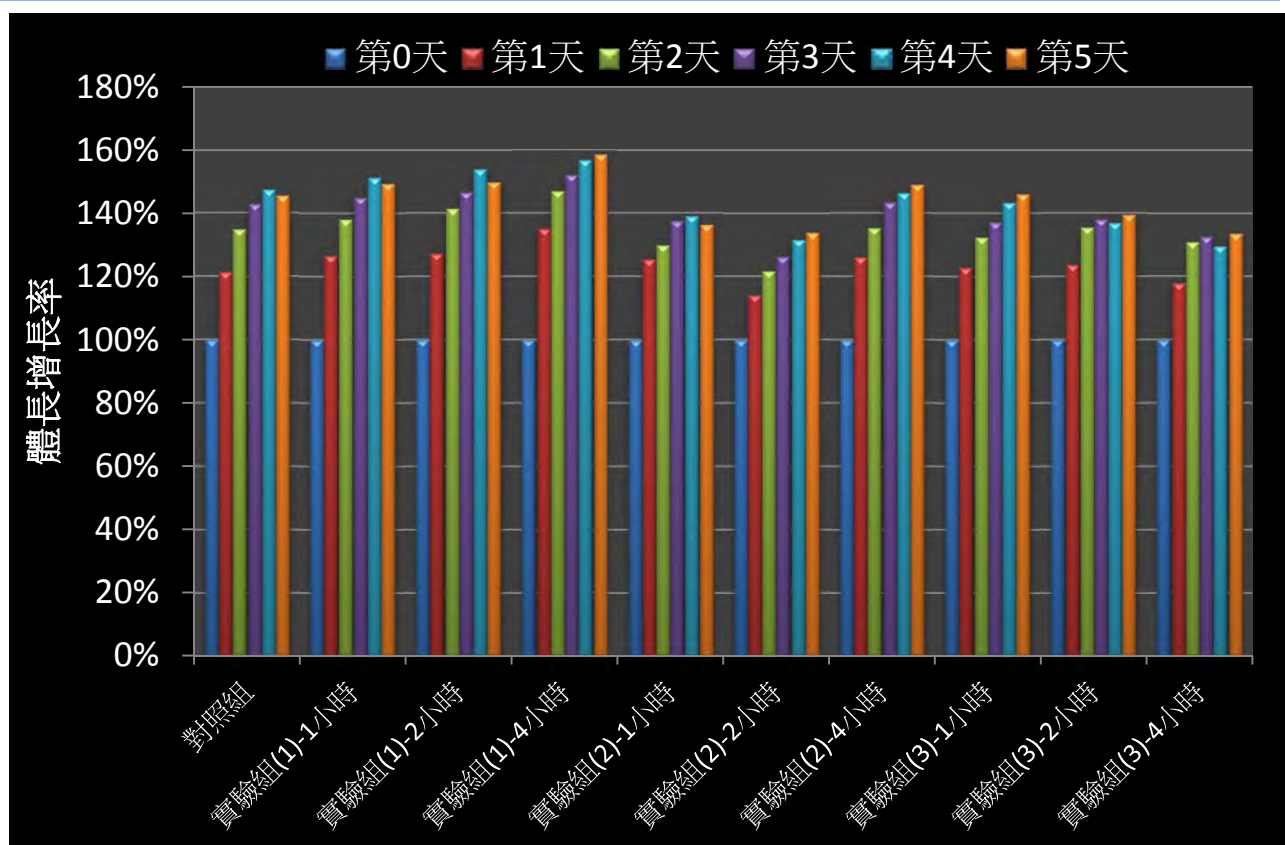
圖十三 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲不同時期產卵率

【結果分析】圖十(母代)與圖十三(子代第一代)：發現子代與母代之對照組與實驗組(3)線形差不多，即第2天最高，然後依次遞減。但實驗組(1)及(2)不同，與母代之比較分析於下：

- (一) 對照組：與母代相同皆隨時間增加而產卵數下降。
- (二) 實驗組(1)：母代產卵數1小時隨時間增加而下降；2及4小時產卵數為第3天較第2天為高；4小時產卵數第5天較第4天高。子代產卵數1、2及4小時皆為第3天較第2天為高，然後依次遞減；
- (三) 實驗組(2)：母代與子代相似：產卵數1小時皆隨時間增加而下降；2及4小時則第3天產卵數較第2天為高。
- (四) 實驗組(3)：母代與子代相似皆隨時間增加而產卵數下降。
- (五) 比較圖十與圖十三後發現，子代實驗組(1)在1小時即表現產卵延後現象，這個現象在母代線蟲上並未被觀察到。

表九 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲在不同時間長度(微米)

實驗組別	處理時間	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天
對照組		827	1004	1116	1182	1220	1204
實驗組(1) – LDPE	1 小時	807	1023	1116	1172	1222	1207
	2 小時	773	983	1093	1133	1189	1157
	4 小時	750	1014	1103	1141	1176	1190
實驗組(2) – HDPE	1 小時	833	1045	1083	1147	1160	1137
	2 小時	929	1060	1130	1173	1222	1243
	4 小時	805	1016	1090	1155	1179	1200
實驗組(3) – PP	1 小時	860	1057	1139	1180	1234	1257
	2 小時	846	1047	1147	1168	1159	1180
	4 小時	880	1037	1152	1166	1140	1175



圖十四 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第一代線蟲在不同時間增長率

【結果分析】表六/圖十一及表九/圖十四：四組母代與子代線蟲長度皆隨著時間增加而增長，增長至第 5 天時各組差異不大。再從增長率來看，對照組母代與子代皆為時間愈久增長率愈高；其餘三組實驗組，在母代時發現的第 3 天時各組增長率下降，在子代時並無此現象，母代與子代各組增長率相比時其差異並不明顯。

四、實驗四：此實驗為子代第二代，實驗步驟如實驗二與三。結果如下：

表十 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲在不同時間產卵數

實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總產卵數
對照組		96	62	34	25	217
實驗組(1) – LDPE	1 小時	56	71	58	20	205
	2 小時	70	76	51	20	216
	4 小時	62	65	63	28	218
實驗組(2) – HDPE	1 小時	66	79	38	17	200
	2 小時	64	86	40	22	212
	4 小時	62	68	39	20	188
實驗組(3) – PP	1 小時	85	68	43	19	215
	2 小時	85	69	53	27	235
	4 小時	70	59	42	24	195

表十一 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲在不同時間死卵數

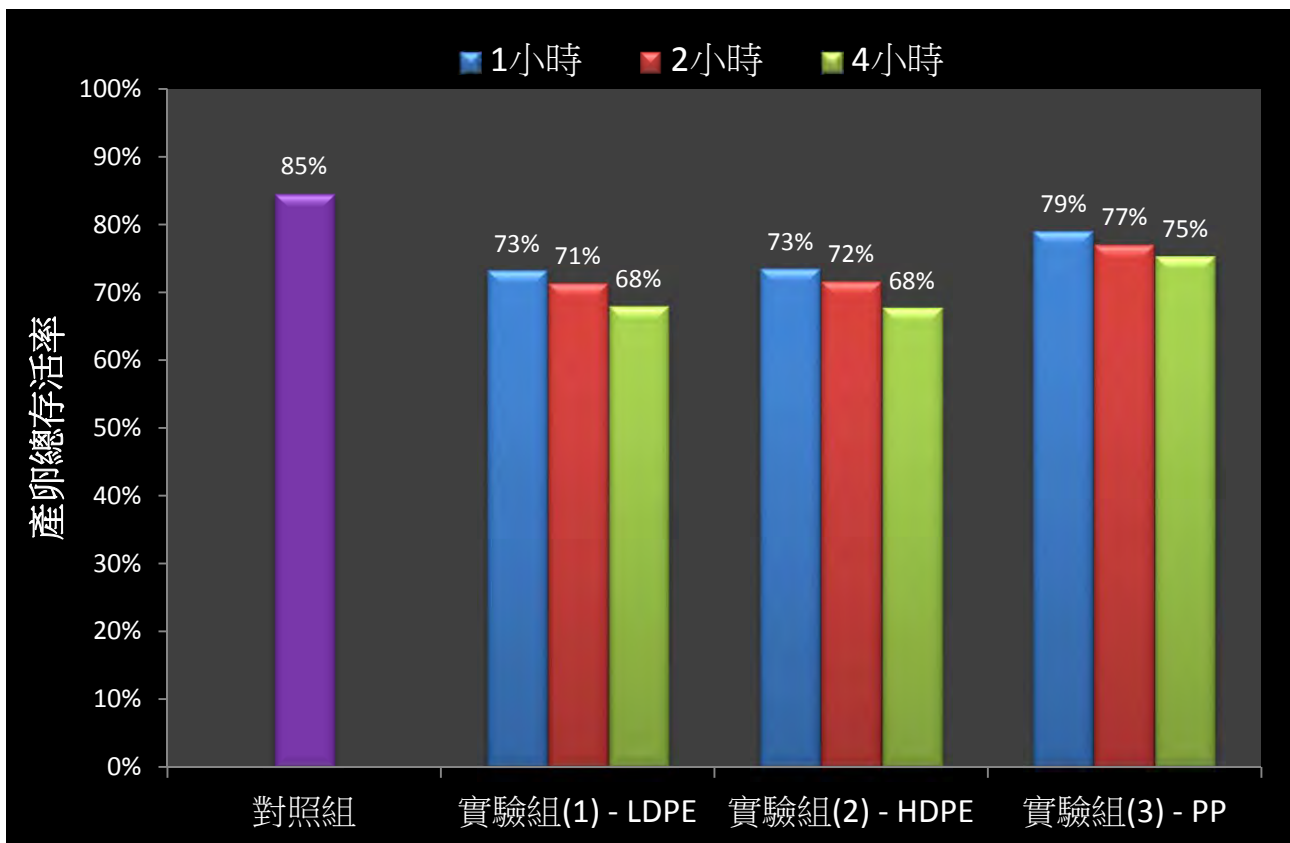
實驗組別	處理時間	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	總死卵數
對照組		1	1	12	19	33
實驗組(1) – LDPE	1 小時	0	2	35	18	55
	2 小時	0	6	37	18	62
	4 小時	0	5	42	22	70
實驗組(2) – HDPE	1 小時	0	10	27	16	53
	2 小時	1	5	36	19	60
	4 小時	0	13	30	18	61
實驗組(3) – PP	1 小時	0	16	13	16	45
	2 小時	1	2	29	22	54
	4 小時	0	1	27	20	48

【結果分析】表四/表五（母代）、表七/表八（子代第一代）及表十/表十一（子代第二代）中可知：母代、子代及子代第二代產卵數在對照組與實驗組(3)第 2 天皆大量產卵，然後依次遞減。各組差別分析如下：

(一) 對照組：顯示隨時間增加而產卵數下降。總死卵數在各組中仍是最少(33 個)，死卵

情形與母代/子代表現一致。

- (二) 實驗組(1)：產卵數第 3 天較第 2 天為高，第 4 天與第 1 天產卵數相近，在總產卵數無明顯差異的前提下，可看出與母代相比產卵延後情形益形嚴重；總死卵數以實驗組(1) 4 小時之死卵數最高(70 個)，為各組之最。
- (三) 實驗組(2)：產卵數在子代時 1 小時仍是隨時間增加而產卵數下降的情形不再，而與 2 及 4 小時一樣第 3 天產卵數較第 2 天為高；總死卵數則大幅增加。
- (四) 實驗組(3)：顯示仍與母代及子代一樣是隨時間增加而產卵數下降，然其第 2 天的產卵數大幅下降，第 4 天的產卵數則大幅增加，即雖然產卵數隨時間而下降，卻有延後產卵的現象；總死卵數隨裝熱水時間增加而增加。
- (五) 整體而言，子代第二代實驗組(1) 4 小時產卵情形在第 2、3 及第 4 天一致，產卵延後情形嚴重；實驗組(2)產卵高峰期全延後至第 3 天。實驗結果顯示，實驗組對線蟲所造成的產卵延後情形，在子代第二代的情況將更為顯著。

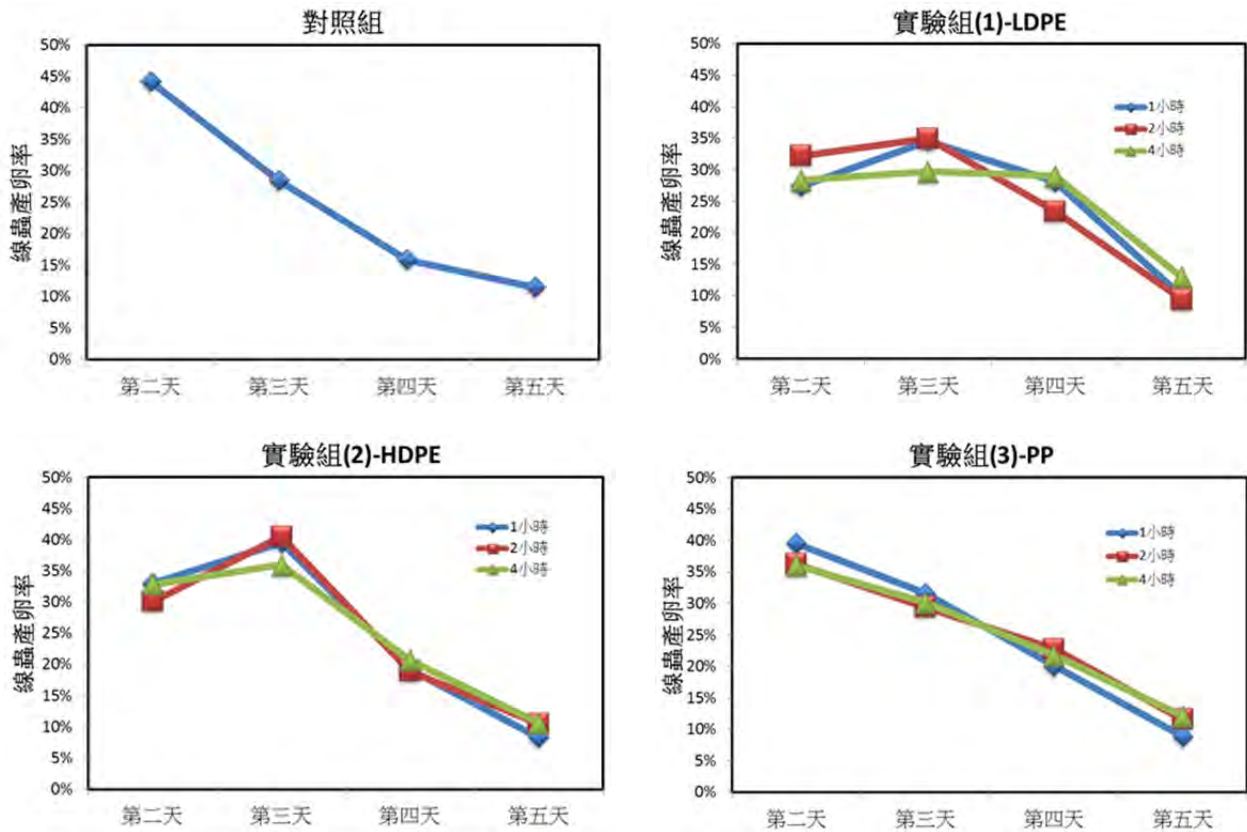


圖十五 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲產卵總存活率

【結果分析】圖九（母代）、圖十二（子代）及圖十五（子代第二代）：母代、子代第一代及子代第二代產卵總存活率在對照組與實驗組(3)第 2 天皆大量產卵，然後依次遞減。各組差別分析如下：

- (一) 實驗組(1)：在子代第一代時即大幅降低，到子代第二代時沒有顯著差異。
- (二) 實驗組(2)：在子代第一代時小幅下降，到子代第二代時大幅下降。
- (三) 實驗組(3)：在子代第一代時些微降低，到子代第二代時也些微降低。
- (四) 整體而言，除對照組外，其餘各組，繁殖代數愈多，對存活率影響愈大，結果顯示，

塑膠袋對線蟲的影響，將隨著繁殖代數增加而加劇。



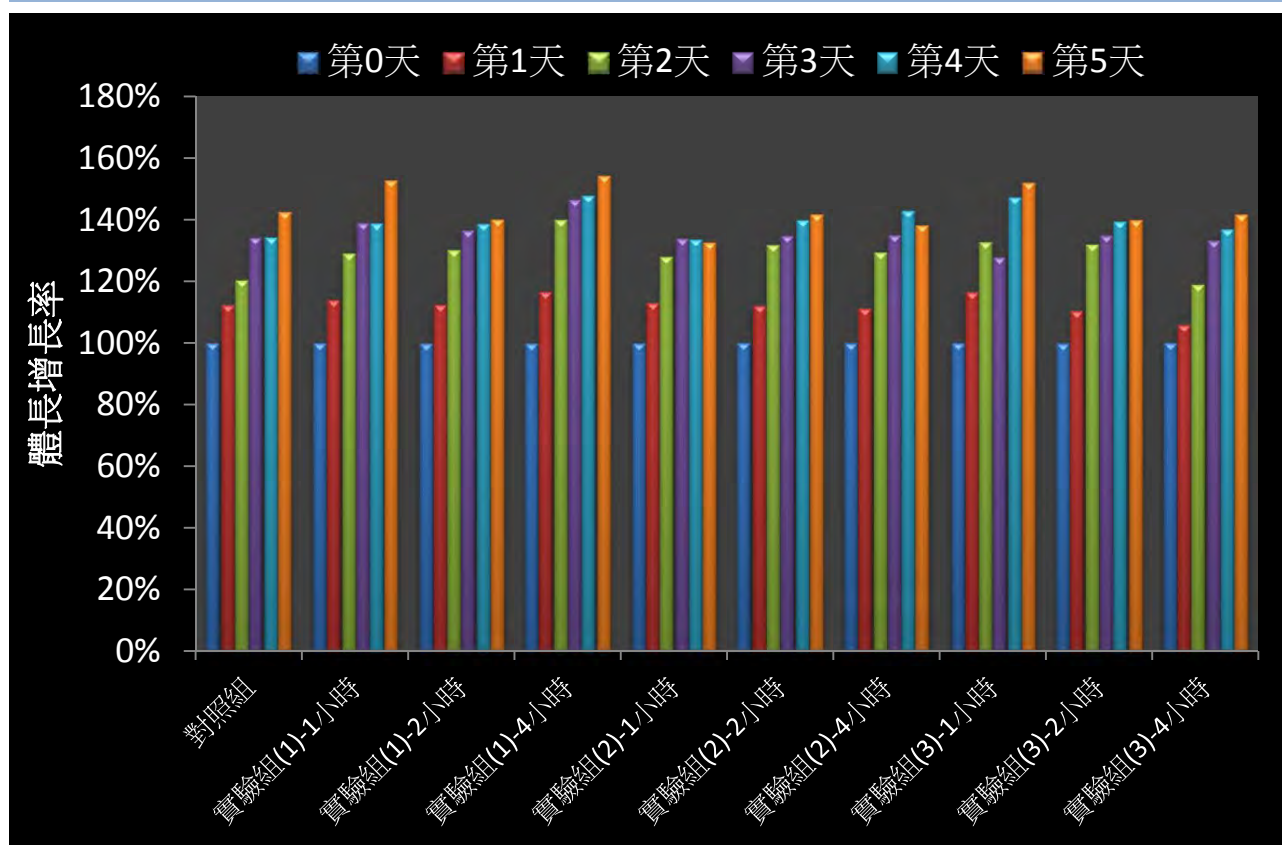
圖十六 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲不同時期產卵率

【結果分析】圖十（母代）、圖十三（子代第一代）及圖十六（子代第二代）：對照組皆沒有變化，其他各組不同時期產卵率與母代／子代第一代各代間比較差別如下：

- (一) 實驗組(1)：在子代第一代時產卵高峰期在第 3 天，到子代第二代時產卵嚴重延後。
- (二) 實驗組(2)：在子代第一代時 1 小時尚無產卵延後，到子代第二代時產卵高峰期全延到第 3 天。
- (三) 實驗組(3)：在子代第一代時 4 小時有產卵延遲現象，到子代第二代時連浸泡 1 小時延遲。
- (四) 比較母代線蟲與其兩個子代後發現，子代第二代實驗組(1)4 小時產卵情形第 2、3 及第 4 天一致，產卵延後情形嚴重；實驗組(2)產卵高峰期全延後至第 3 天。

表十二 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲在不同時間長度(微米)

實驗組別	處理時間	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天
對照組		809	908	973	1085	1085	1152
實驗組(1) – LDPE	1 小時	779	888	1006	1083	1082	1190
	2 小時	841	946	1095	1149	1167	1178
	4 小時	777	907	1089	1139	1149	1199
實驗組(2) – HDPE	1 小時	886	1002	1134	1186	1184	1175
	2 小時	886	992	1167	1194	1238	1255
	4 小時	862	959	1115	1163	1231	1190
實驗組(3) – PP	1 小時	758	882	1005	968	1115	1151
	2 小時	843	932	1113	1138	1176	1180
	4 小時	797	843	948	1061	1090	1128



圖十七 培養在塑膠袋不同處理條件溶液，子代第二代線蟲在不同時間增長率

【結果分析】表六/圖十一（母代）、表九/圖十四（子代第一代）及表十二/圖十七（子代第二代），整體而言，母代、子代第一代及子代第二代間各組增長情形差異並不明顯，結果顯示塑膠袋對於線蟲的生長長度上不會直接造成明顯的影響。



## 陸、討論

- 一、本實驗的結果發現，使用不同材質塑膠袋對線蟲總存活率之影響為：實驗組(3) PP 材質>實驗組(2) HDPE 材質>實驗組(1) LDPE 材質（圖六），如果考慮其對親子代的影響顯示：繁殖代數愈多對線蟲影響愈大（圖九、圖十二及圖十五）。雖然專家提出任何塑膠食物容器除塑膠材質回收辨識碼 5 號 PP 外，都不適合再加熱或裝滾燙熱食，塑膠材質回收辨識碼 5 號 PP 食用容器的選擇，也應選擇知名廠商出品，標示有可微波者，才可用來加熱，最好能選擇無色且較有厚度者。從文獻查詢，推論可能原因是塑膠袋製造廠商不是使用高純度原料，含有其他物質（例如像正己烷及二甲苯等，這些物質的毒性主要為神經病變，症狀有呼吸、口腔、眼睛刺激症狀、呼氣有汽油味、虛弱無力、肌肉痙攣、麻木、感覺異常、頭暈、嘔吐等，並有漸近性四肢麻木、無力等現象）。再者一般民眾對塑膠分類不了解，廠商塑料的再回收使用不夠嚴謹導致。
- 二、進行實驗一完畢後，得知塑膠袋對於線蟲的影響程度為：LDPE 材質>HDPE 材質>PP 材質之塑膠袋，此與文獻中所知相同。因為想對塑膠袋有更多的了解，於是想到不同材質塑膠袋是否會因不同裝熱水的時間而改變，又聯想在遺傳上，塑膠袋對親代及子代有什麼不同的影響，因此進一步設計實驗二、實驗三及實驗四，以進一步探討。實驗的結果得知不同材質塑膠袋會因裝熱水時間不同而有影響，即裝熱水時間愈久影響愈大，且其改變趨勢與材質有重要相關。再者就同一種塑膠袋來看，母代到子代第一代的影響，到子代第二代時其影響加劇，三種塑膠袋皆如此，即繁殖代數愈多，對線蟲所累積的影響愈大。
- 三、圖十一、圖十四及圖十七是不同塑膠袋裝熱水 1 小時、2 小時及 4 小時後，對母代、子代第一代及子代第二代線蟲不同時期產卵率的影響，其中不使用塑膠袋及 PP 材質塑膠袋的產卵率隨時間的增加而產卵率降低，而 LDPE 材質及 HDPE 材質的產卵高峰期第 3 天產卵率>第 2 天產卵率，顯示二者皆有產卵率延後現象，尤其到子代第二代，LDPE 材質塑膠袋浸泡 4 小時後，其第 2 天、第 3 天及第 4 天產卵數一致，即產卵延後現象益發嚴重。甚而 PP 材質塑膠袋組產卵數亦發生變化。因此顯示隨繁殖代數愈多，對線蟲所累積的影響將愈大。
- 四、為探討使用不同材質塑膠袋對線蟲生長之影響，每日觀察計算線蟲長度（表三、表六、表九及表十二）及不同時間增長率（圖八、圖十一、圖十四及圖十七），結果顯示差異並不顯著，所以在本實驗中塑膠袋對線蟲的增長較無明顯而直接的影響。
- 五、從實驗得知如果不使用塑膠袋，親代、子代第一代及子代第二代都不會有不良影響，因此有效阻止塑膠袋的危害很重要，做法就是：最好能儘量減少使用塑膠相關製品；注意食物、化妝品及藥品等的使用；養成多洗手、吃蔬果、多喝開水、多運動的習慣。
- 六、為何本實驗中連 PP 塑膠袋，都對線蟲有影響？與師長討論結果，可能是為因應各式不同的塑膠加工製造流程要求，各家原料廠商會加入少量不同的其他物質，同時塑膠成品在

到消費者使用前，會放置於倉庫一段時間，原料中有可能會添加安定劑（像抗紫外光、抗氧化或抗劣化等），但打電話去問廠商是否有其他物質，所得回答皆是此乃商業機密。

## 柒、結論

- 一、不同塑膠材質不僅影響線蟲總存活率，且對線蟲不同時期產卵率亦受到影響。
- 二、不同塑膠材質會影響線蟲產卵高峰期，造成產卵時間延後，其影響情形在 PE 塑膠袋組別中更為明顯。
- 三、隨著使用塑膠袋裝熱水時間愈久，對線蟲總存活率影響也隨之增加，對線蟲不同時期產卵率影響亦愈大。
- 四、使用塑膠袋對線蟲繁殖代數的研究結果顯示，隨著繁殖代數愈多，對線蟲所造成的影響將愈大，其產卵高峰期延後的情形在子代第二代的表現上最為明顯。
- 五、使用塑膠袋對線蟲的體長長度變化無明顯而直接的影響產生。

## 捌、參考資料及其他

- 一、課程相關：
  - (一) 自然與生活科技（一）第二章生物體的構造（24-45 頁）。新北市：康軒文教。
  - (二) 自然與生活科技（二）第一章生殖／第二章遺傳（4-51 頁）。新北市：康軒文教。
  - (三) 自然與生活科技（三）第一章實驗的基本操作與測量／第七章製造科技（8-37 頁，190-226 頁）。台南市：南一書局。
  - (四) 自然與生活科技（四）第五章有機化合物（116-147 頁）塑膠分類代碼（133 頁，表 5-1）。台南市：南一書局。
- 二、巫珮奇、黃鈞暘，中華民國第五十屆中小學科學展覽會，國中組生物科第三名：無線寬頻 WiMAX 2.4GHz 電磁波對線蟲老化的影響。
- 三、姚柔安、張純髣、陳奕璇、胡旻聿，中華民國第四十七屆中小學科學展覽會，高中組生物科第一名：線蟲老化之研究。
- 四、蘇珊·弗蘭克（Susan Freinkel）作；達娃，謝維玲譯（2011）。**塑膠：有毒的愛情故事**。新北市：遠足文化。
- 五、David H. Hall and Zeynep F. Altun (2007). *C. elegans Atlas*. New York, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- 六、Thomas Blumenthal, Barbara J. Meyer, Donald L. Riddle, James R. Priess (1997). *C. elegans*

II. New York, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

七、Sihui Zhang and Jeffrey R. Kuhn (2012), Cell isolation and culture, WormBook. 2013 年 3 月 10 日，取自：<http://www.wormbook.org/>

八、Biological Use Authorization, Lawrence Berkeley National Laboratory. 2013 年 3 月 10 日，取自：<http://www.lbl.gov>.

九、PP 單聚物雙軸延伸 SGS 測試報告 (2012 年 5 月 2 日)。台北市：台灣化學纖維股份有限公司。2012 年 12 月 26 日 取自：<http://www.fcfc.com.tw/plastic/tw/default.htm>

## 玖、附錄

### 實驗操作



## 【評語】 030820

此研究以生活中常用之塑膠材料用於承載食物後之線蟲繁殖與生長影響，該成果可提供民眾使用塑膠袋承載食物時之使用方式。唯此實驗應可多考慮實際可能衍生之菌種(如葡萄球菌、大腸桿菌等)討論。