

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080206

喔喔！豆豆先生中毒了？！

—塑膠水對豆類發芽的影響

學校名稱：屏東縣屏東市仁愛國民小學

作者：	指導老師：
小五 何觀亘	莊蕉華
小五 林久淳	許惠華
小五 汪哲宇	
小五 陳則瑋	
小五 趙靖瑄	
小六 蕭寓名	

關鍵詞：豆類發芽、塑化劑、環境荷爾蒙

喔喔! 豆豆先生中毒了?!

---塑膠水對豆類發芽的影響

摘要

本研究旨在瞭解塑膠製品製成的水溶液對豆類發芽的影響，透過問卷調查與三個批次實驗實際栽種，獲得結果如下：

1. 環境荷爾蒙對植物生長的影響和動物一樣，都是緩慢而長期，由內而外改變生物的生長情況，而非立即性的造成死亡。
2. 由塑膠水的製程到水質檢測，確定塑膠製品部分成分會溶於水中；使用塑膠水種植的豆類，其發芽情況不同於使用常溫水種植的豆類。
3. 小學生對環境荷爾蒙認知有嚴重偏差，應讓其有正確的認知與行為。

研究發現塑膠製品容易因高溫水而溶出物質，其水溶液確實會影響種子發芽，藉此希望人們減少塑膠製品的使用頻率，以降低環境荷爾蒙的吸收。

關鍵字：豆類發芽、環境荷爾蒙、塑化劑

壹、研究動機

寒假時，我們在新聞媒體中，不斷閱聽到各種宣傳報導，知道了環境荷爾蒙會影響動物的性別及外觀長相，例如長毛的魚、女性化的男嬰都讓我們非常震驚，尤其成功大學有一份研究，台灣懷孕婦女體內環境荷爾蒙是國外的 12 倍。

有一個特別冷的早上，同學拿著塑膠杯裝的熱玉米濃湯，打開後喝了一口覺得太燙就先去打掃工作，十五分鐘後回來一看，店家附的塑膠湯匙竟然彎了，怎麼扭也扭不直，玉米濃湯也多了一股怪味，他嚇得都不敢喝趕緊丟了。

因此我們想知道可能原因，是什麼東西造成的，所以就先請教老師與查圖書資料。

最後意外發現，大部份環境荷爾蒙的資料都提到含有塑化劑的塑膠製品。

這些生活中大量使用的塑膠製品會影響動物，資料皆未提到會不會影響植物，所以我們很好奇環境荷爾蒙對植物有甚麼影響？

如果環境荷爾蒙對植物有影響的話，那是有哪些東西含有塑化劑？以及它們是透過何種管道如何影響生物呢？

貳、研究目的與研究問題

- 一、 探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類存活與發芽率的影響
 - (一) 探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類存活率有何異同?
 - (二) 探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類發芽率有何影響?

- 二、 不同種類的塑膠水對豆類發芽過程有何影響?
 - (一) 比較不同種類塑膠水對不同豆類吸水時間有何差異?
 - (二) 比較不同種類塑膠水對不同豆類種皮破裂時間有何差異?
 - (三) 比較不同種類塑膠水對不同豆類的長胚根時間有何差異?
 - (四) 比較不同種類塑膠水對不同豆類的長胚莖與子葉的時間有何差異?

- 三、 不同種類的塑膠水對豆類發芽過程有何影響?
 - (一) 瞭解不同種類塑膠水對紅豆發芽過程有何影響?
 - (二) 瞭解不同種類塑膠水對綠豆發芽過程有何影響?
 - (三) 瞭解不同種類塑膠水對黑豆發芽過程有何影響?
 - (四) 瞭解不同種類塑膠水對黃豆發芽過程有何影響?

- 四、 瞭解小學生對環境荷爾蒙的認知情形與實際行為
 - (一) 小學生對環境荷爾蒙認知程度?
 - (二) 小學生常用塑膠食器的種類與次數為何?

參、名詞解釋

一、 環境荷爾蒙

又稱為「內分泌干擾素(Endocrine disrupter substance 簡稱 EDS)」，根據美國環保署報告中所下之定義，「環境荷爾蒙」是指「干擾負責維持生物體內恆定、生殖、發育或行為的內生荷爾蒙之外來物質，影響荷爾蒙的合成、分泌、傳輸、結合、作用及排除」。

在本研究中，我們單純探討塑化劑所產生的環境荷爾蒙對豆類的影響。

二、 塑化劑

塑膠的添加物。在塑膠原料加工時，添加塑化劑可以使其物理性質變為較為柔軟，易於加工。為環境荷爾蒙的一種。在本研究中，以「磷苯二甲酸酯」的量為主要影響變項。

三、 種子發芽

種子發芽有四個階段，分別是吸水期、種皮破裂期、長胚根期、長胚莖及子葉期。當一棵沒有動靜種子開始吸水時，就表示該種子已開始發芽。當一棵沒有動靜的種子開始吸水時，就表示該種子已開始發芽。

在本研究中，30 顆種子觀察的時候，達到以下標準者，依觀察所得區分為：

吸水期：種皮破裂未超過 7 顆者。

種皮破裂期：種皮破裂超過 7 顆者。

長胚根期：種皮破裂長出胚根超過 7 顆者。

長胚莖及子葉期：長出胚莖及子葉超過 7 顆者。

四、 塑膠水

取自於常見常用的塑膠容器，如：保鮮膜、塑膠湯匙、塑膠碗、塑膠袋，再分別投入 80 度的熱水中，悶煮半小時，冷卻回氧後再使用的水。

肆、 研究限制

本研究受限於設備及安全的考量，有下列三個限制：

一、 加熱方法與溫度：

以電磁爐為加熱工具，由於水的沸點只到一百度，所以本研究中，環境荷爾蒙只能從塑膠容器中溶出磷苯二甲酸酯，無法溶出雙酚 A。

二、 塑化劑來源與濃度選擇：

基於安全考量，我們不使用純塑化劑，只從塑膠容器中定量溶出。

三、 觀察豆類生長的時間：

為了控制變因，實驗裝置位於某生家中，所以全員共同生活五天四夜；為了顧及小學生的健康成長，所以無法進行夜間觀察。

伍、研究方法與過程

為瞭解塑膠水對豆類發芽的影響，我們採用「實驗法」來蒐集相關的數據與資料。以下針對文獻探討、研究架構、研究進度、實驗工具與實驗步驟逐項說明。

一、文獻探討

關於植物與環境荷爾蒙相關研究非常稀少，因此針對本研究目的，我們閱讀了「環境荷爾蒙的定義與影響」、「常見的塑化劑定義、種類與影響」、「塑膠容器」與「植物與環境荷爾蒙的文獻整理」等主題，並整理如下：

(一) 環境荷爾蒙的定義與影響

1. 環境荷爾蒙的定義

1996 年美國政府提出，會干擾生物體分泌系統的化學物質，必須加以管制。同年，Colborn 發表《失竊的未來》，舉證可能具有干擾生物體分泌嫌疑的 74 種化學物質，將此類物質定名為「外因性內分泌干擾物」(endocrine disrupter substance 簡稱 EDS)。

1997 年日本探討「外因性內分泌干擾物質」時，參與探討人員認為此名詞太長，不易為一般人所瞭解，因此將其通俗化，命名「環境荷爾蒙」(Environmental Hormones, EHs) (王正雄，2000)。

國內對於環境荷爾蒙的定義大多採取日本環境廳檢討會(1997)所定義，所謂外因性內分泌攪亂化學物質。當此化學物質被攝入動物體內時，對體內原有正常荷爾蒙的作用產生影響。

2. 環境荷爾蒙的影響

環境荷爾蒙進入生物體，藉由模擬天然荷爾蒙，而與荷爾蒙受體結合，造成體內荷爾蒙恆定性失調。此外，環境荷爾蒙也會刺激或抑制內分泌系統，干擾體內荷爾蒙之合成、代謝。如果環境中的污染物和生物體的荷爾蒙有相同機制，則會對生物體產生很大的影響 (陳永仁，2001)

因此，當生物體接觸這些物質後，可能會阻礙生物體恆定的生長、發育或生殖等機能，造成生長遲緩、性別演化異常、永久性繁殖功能喪失、癌症機率大增等 (林文雄等，2000；Colborn and Clement, 1992；Guillette et al., 1994)；Arnold (1997) 研究指出不同環境荷爾蒙化學物質間亦可能產生增效 (Synergistic manner) 等作用。

目前各國研究指出，可觀察到的內分泌干擾素，大多為環境污染物，嚴重的影響受污染野生動物的生殖、發育、成長和行為。影響程度從輕微的影響到永久改變生理特性，包含性別的變異、性行為的改變、免疫系統

(二) 常見的塑化劑定義、種類與影響

定義：塑化劑(Plasticizer)顧名思義就是塑膠的添加物。在塑膠原料加工

時，添加塑化劑可以使其物理性質變為較為柔軟，易於加工。依據使用的功能、環境不同，製造成擁有各種韌性的軟硬度、光澤的成品，其中愈軟的塑膠成品所需添加的塑化劑愈多。塑化劑種類多達百餘種，但使用的最普遍的即是一群稱為鄰苯二甲酸酯類的化合物；例如 DBP、DEHP、DINP、DIDP、BBP 及 DNOP。

判斷依據:世界衛生組織(WHO)-癌症研究中心(IARC), 2011 年五月最新資料；
 歐盟 2008 年 DEHP 等塑化劑之風險評估報告；
 歐洲食品安全局；
 美國環保署危害物整合性風險資料庫；
 *日本東京都立研究所「內分泌干擾物質(67 種)彙編」

表 1 常見的塑化劑毒性

名稱	用途	致癌性	非致癌性 (生殖毒性)	*內分泌干擾 物質 (環境荷爾蒙)
DEHP Di-(2-ethylhexyl) phthalate 鄰苯二甲酸 二(2-乙基己基)酯	食品包裝 兒童玩具 醫療器材 建築材料 香水 塑化劑	對動物有 WHO-IARC: 2B	動物：有 人類：研究 中	是
BBP Butyl benzyl phthalate 鄰苯二甲酸 丁基苯酯	建築材料(含 PVC) 人造皮革 汽車內飾 塑化劑	對動物有 WHO-IARC: 3	動物：有 人類：研究中	是
DBP Di-n-butyl phthalate 鄰苯二甲酸 二丁酯	食品包裝 乳膠黏合劑 溶劑 指甲油	無足夠科學證 據證明 WHO-IARC: 無	動物：有 人類：研究 中	是
DINP Diisononyl phthalate 鄰苯二甲酸 二異壬酯	鞋底 兒童玩具 建築材料 塑化劑	對動物有 WHO-IARC: 無	動物：不明 顯 人類：研究中	不是
DIDP Diisodecyl phthalate 鄰苯二甲酸 二異癸酯	電纜線 膠鞋 地毯黏膠 橡膠襯墊	無足夠科學證 據證明 WHO-IARC: 無	動物：不明 顯 人類：研究中	不是
DnOP Dioctyl phthalate 鄰苯二甲酸	地板膠 聚乙烯磁磚 帆布 塑化劑	無足夠科學 證據證明 WHO-IARC: 無	動物：不明 顯 人類：研究中	不是

二辛酯				
DIBP Di-isobutyl phthalate 鄰苯二甲酸 二異丁酯	油漆 紙漿 紙板 接著劑 塑化劑 黏度調整劑	無足夠科學 證據證明 WHO-IARC: 無	動物：不明 顯 人類：研究中	不是
DEP Diethyl Phthalate 鄰苯二甲酸 二乙酯	溶劑 護理用品 油墨 香水 化妝品	無足夠科學證 據證明 WHO-IARC: 無	動物：有 人類：研究中	是
DMP Dimethyl phthalate 鄰苯二甲酸 二甲酯	溶劑 個人衛生用品 護理用品 油墨	無足夠科學 證據證明 WHO-IARC: 無	動物：不明 顯 人類：研究 中	不是

環保署之毒物類別級數並非完全與毒性強弱相關；DnOP 歸屬於第一類，其特性為難分解物質。DEHP、DBP 及 DMP 為第四類，其特性為疑似毒化物。

表 2 毒性化學物質是如何分類

毒化 物類 別	第一類 (難分解物質)	第二類 (慢毒性物質)	第三類 (急毒性物質)	第四類 (疑似毒化物)
特 性	在環境中不易分解或因生物蓄積、生物濃縮、生物轉化等作用，致污染環境或危害人體健康者。	有致腫瘤、生育能力受損、畸胎、遺傳因子突變或其他慢性疾病等作用者。	化學物質經暴露，將立即危害人體健康或生物生命者。	非前三類而有污染環境或危害人體健康之虞者。

資料來源：http://www.fda.gov.tw/content.aspx?site_content_sn=2481#1_3 100/06/05

行政院衛生署食品藥物管理局

(三)塑膠容器的分類

表 3 常見塑膠材質特性產品及耐熱溫度表

塑膠分類代碼	材質	特性	常見產品
1	聚乙烯對苯二甲酸酯 (PET)	硬度韌性佳、質輕、不揮發、耐酸鹼	寶特瓶、市售飲料瓶、食用油瓶等
2	高密度聚乙烯 (HDPE)	耐腐蝕、耐酸鹼	塑膠袋、半透明或不透明的塑膠瓶等
3	聚氯乙烯 (PVC)	可塑性高	保鮮膜、雞蛋盒、調味罐等
4	低密度聚乙烯 (LDPE)	耐腐蝕、耐酸鹼	塑膠袋、半透明或不透明的塑膠瓶等
5	聚丙烯 (PP)	耐酸鹼、耐化學物質、耐碰撞、耐高溫	水杯、布丁盒、豆漿瓶等
6	聚苯乙烯 (PS)	吸水性低、安定性佳	養樂多瓶、冰淇淋盒、泡麵碗等
7	其他 (例如：聚碳酸酯 (PC)、聚乳酸 (PLA))	PC：質輕、透明、機械強度高、耐高溫 PLA：質輕、透明	PC：嬰兒奶瓶、運動水壺、水杯等 PLA：餐飲店的冷飲杯、冰品杯、沙拉盒等

(四)植物與環境荷爾蒙的文獻整理

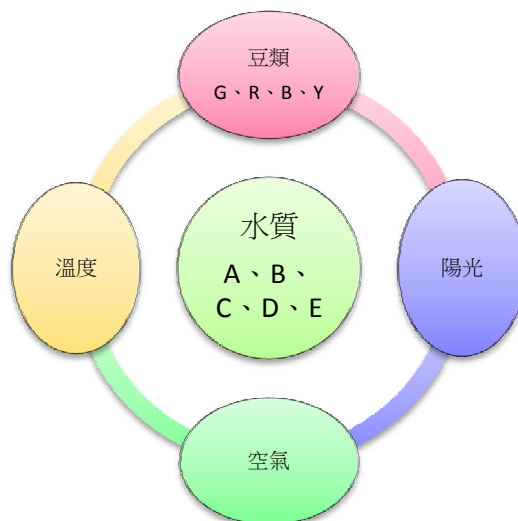
廖健森、顏瑞泓、王一雄(2006)。環境荷爾蒙-鄰苯二甲酸二丁酯對高等植物生理之影響。取自 <http://erm.chna.edu.tw/>

DBP 對小白菜葉片會造成白化作用，且 DBP 會累積在植體之根莖葉等部位，小白菜細胞內葉綠體結構的改變；對青江菜的影響，則是會造成植體葉片的黃化。DBP 處理後之青江菜生長受阻，乾物重降低等現象。

二、研究架構圖

- 水質：
A：常溫水
B：保鮮膜水
C：塑膠袋水
D：塑膠湯匙水
E：塑膠碗水
- 豆類：
G：綠豆
R：紅豆
B：黑豆
Y：黃豆

圖 1 研究架構圖



三、實驗工具

實驗工具分成自編問卷兩份、製作塑膠水、種植三大類工具，整理如下：

(一) 問卷調查：環境荷爾蒙認知程度問卷、接觸程度問卷

(二) 種植：盤子、脫脂棉、鑷子、滴管、量筒、注射筒、相機、立牌、噴槍、玻棒、燒杯

(三) 製作塑膠水的工具：保鮮膜、塑膠湯匙、塑膠袋、塑膠碗、玻璃容器、電磁爐、廣口瓶

四、實驗步驟

(一) 問卷調查

針對本校國小三至六年級學生進行問卷調查後，進行統計分析。

(二) 製作塑膠水

表 4 塑膠水製作表

	常溫水	保鮮膜水	塑膠湯匙水	塑膠袋水	塑膠碗水
照片					
製作說明	取學校水龍頭的水	1. 將熱水煮，倒入玻璃容器，加熱到沸騰後熄火。 2. 分別將保鮮膜、塑膠碗、塑膠袋、塑膠湯匙置入，浸泡 30 分鐘。 3. 取出塑膠製品，放入玻璃廣口瓶，冷卻 3 天後取用 4. 濃度採重量濃度計算，塑膠容器與水重量為 1：100			

(三)水質檢測結果

表 5 水質檢測結果表

	保鮮膜水	塑膠湯匙水	塑膠袋水	塑膠碗水	常溫水
PH 值	7.8	7.5	7.4	7.4	7.5
氮〔%〕	0.542	0.204	0.081*	0.462	0.514
磷〔ppm〕	428.9	429.4	410.8	406	414.7
鉀〔ppm〕	小於 25	小於 25	小於 25	小於 25	小於 24
磷苯二甲酸酯總量(ppb)	18.2	14	11.3	18.1	17

為求嚴謹，我們將我們所製作的塑膠水皆由台南成功大學永續科技環境研究中心檢驗（檢測證明見附件），上表檢測結果分析如下：

1、五種水的 PH 值都是中性且差異不大。

2、關於可能會影響植物發芽的氮、磷與鉀的濃度，我們請教了相關領域的專家台灣大學園藝學系郭華仁教授及成功大學李俊璋教授皆表示這些濃度並不會造成逆滲透，因此可以排除他們影響發芽的可能性。

3、關鍵的磷苯二甲酸的總量差異並不明顯，所以塑膠水與常溫水的差異並不明顯。

(四)測驗豆類的發芽的穩定性

每次每種水質都種植 30 顆，連續三個批次。共計種植每種豆子 450 顆。目的是比較同種類豆子發芽情況是否穩定。

(五)豆類發芽實驗

表 6 豆類發芽實驗步驟表

1. 數豆子，放入瓷盤中	2. 煮塑膠水，冷卻備用
	
3. 加 40cc 的水	4. 定時觀察，記錄數與量
	

陸、研究結果與討論

依研究目的的順序，將研究結果呈現如下：

一、 探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類存活與發芽率的影響

(一) 討不同種類塑膠水對不同種類的豆類存活率有何異同？

【研究發現】

本研究中連續三個批次，每批次 150 顆，共計種植每種豆子 450 顆，僅有塑膠湯匙水黑豆死亡 1 顆，保鮮膜水黑豆死亡 3 顆，因此存活率幾近百分之百。

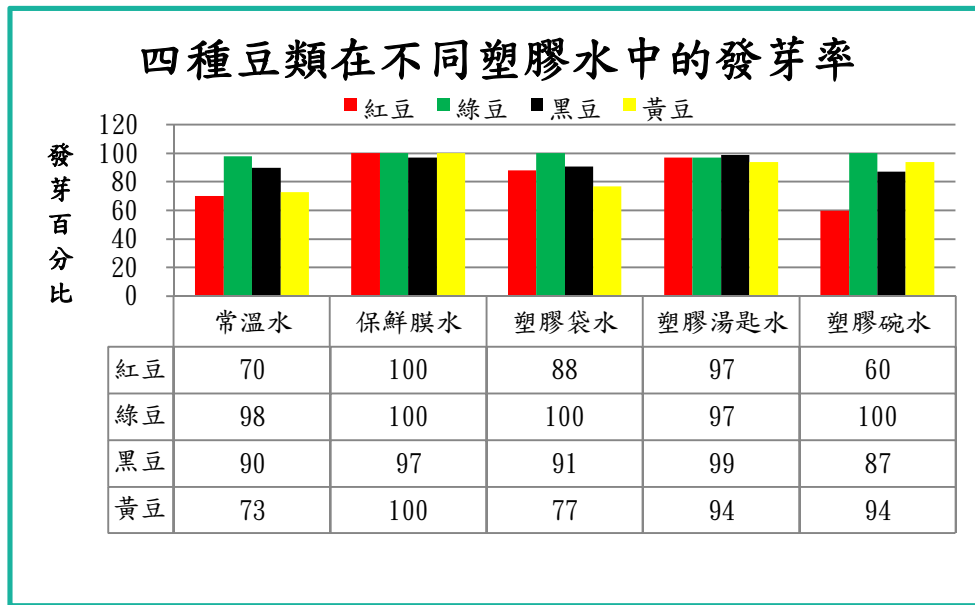
【結果與討論】

雖然環境荷爾蒙在報導上相當有震撼性，包括嚴重的影響受污染野生動物的生殖、發育、成長和行為。影響程度從輕微的影響到永久改變生理特性，包含性別的變異、性行為的改變、免疫系統的破壞、性器官的雌(雄)性化等，嚴重影響自然界之生態。

在本研究中也發現：即豆類在不同種類塑膠水中死亡率幾近於零，說明環境荷爾蒙的影響是緩慢而持續的。另外在觀察結束後縱向切開植物的莖，可聞到不同的塑膠味，唯有常溫水具有豆香。

(二)探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類發芽率有何影響?

表 7 豆類發芽率統計表



【研究發現】

在觀察結束時（58hr），我們以此一時間點為基準點計算發芽率，得到以下結果：

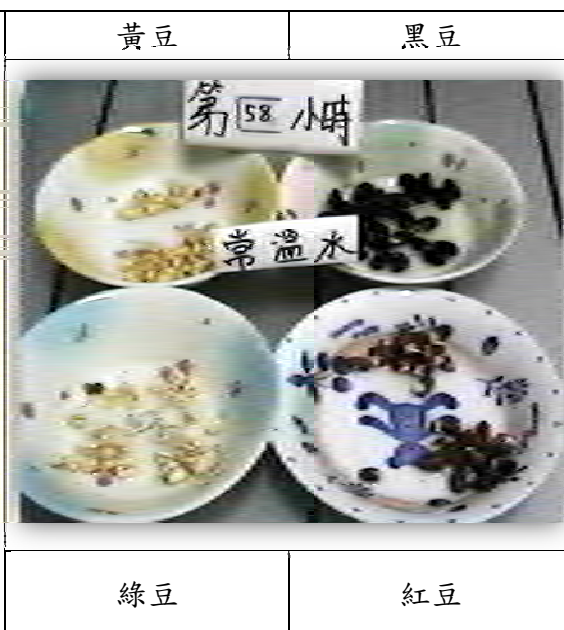
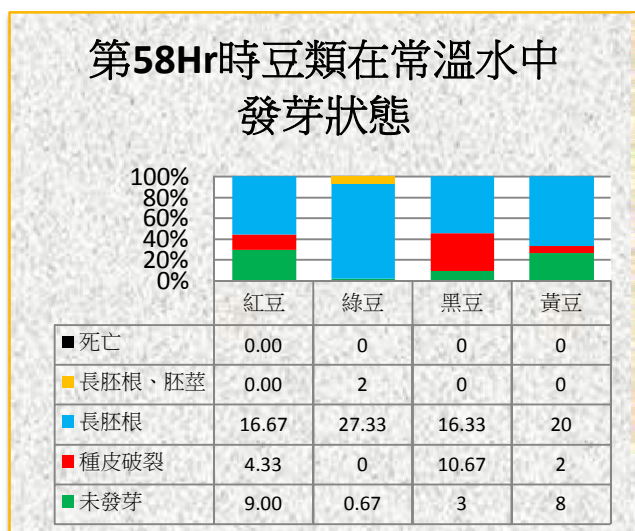
1. 紅豆發芽率在各組中（除塑膠水）都最低，綠豆皆最高（除湯匙水）達百分之百。
2. 黃豆與黑豆互有消長，但以黑豆略高，皆達七成以上都有發芽。
3. 依水質而言以保鮮膜水跟塑膠湯匙水發芽率最高，塑膠碗水與常溫水最低。
4. 本研究中連續三個批次，每批次 150 顆，共計種植每種豆子 450 顆，僅有塑膠湯匙水黑豆死亡 1 顆，保鮮膜水黑豆死亡 3 顆，因此存活率幾近百分之百。

【結果與討論】

雖然環境荷爾蒙在報導上相當有震撼性，包括嚴重的影響受污染野生動物的生殖、發育、成長和行為。影響程度從輕微的影響到永久改變生理特性，包含性別的變異、性行為的改變、免疫系統的破壞、性器官的雌（雄）性化等，嚴重影響自然界之生態。

在本研究中也發現：即豆類在不同種類塑膠水中死亡率幾近於零，說明環境荷爾蒙的影響是緩慢而持續的。另外在觀察結束後縱向切開植物的莖，可聞到不同的塑膠味，唯有常溫水具有豆香。

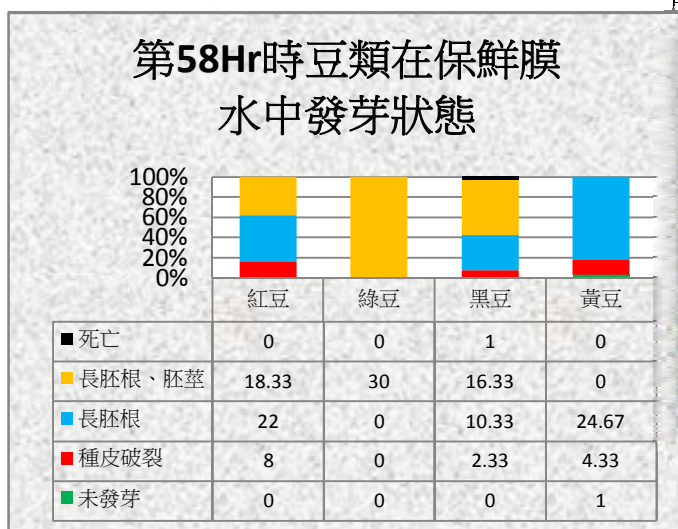
表 8-1 常溫水中的豆類發芽狀態表



【研究發現】

1. 紅豆大部份都發芽了，沒有死亡。綠豆幾乎都長胚莖了，沒有死亡。綠豆長最快。黑豆平均都發芽了。黃豆有 8 顆未發芽，22 顆發芽。
2. 除了綠豆外，其他的都未長胚根及胚莖
3. 各種豆類已發芽數量，綠豆 > 黑豆 > 黃豆 > 紅豆。
4. 各種未發芽的豆類中，其數量的多寡排序分別為紅豆、黃豆、黑豆、綠豆。
5. 綠豆在常溫水中的發芽情形最良好，發芽數量最多，未發芽的數量最少。

表 8-2 保鮮膜水中的豆類發芽狀態表

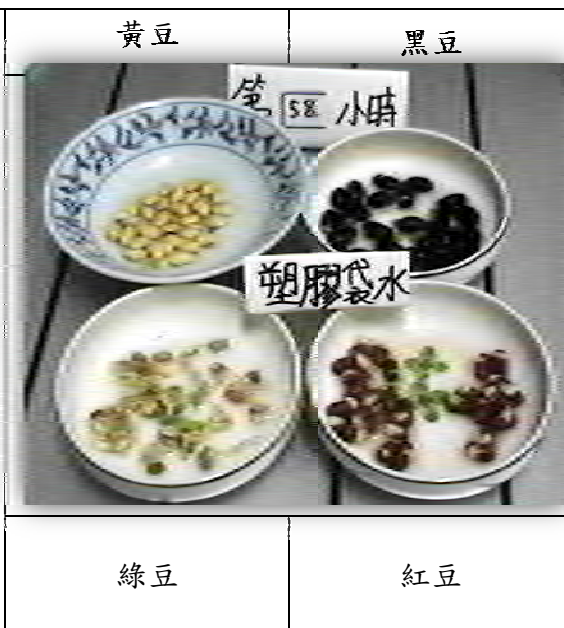
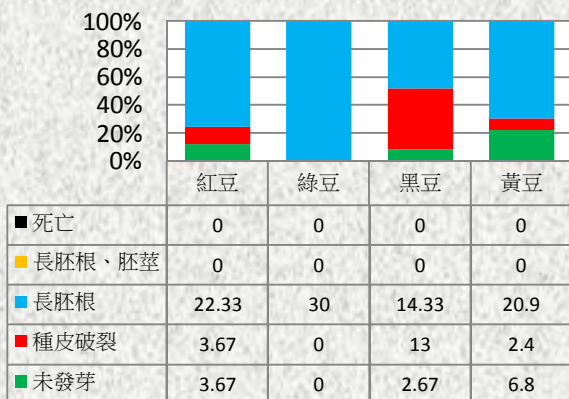


【研究發現】

1. 紅豆平均全部都發芽了，沒有死亡。綠豆平均全部都長胚莖了，沒有死亡。綠豆長最快。黑豆平均都發芽了，有一顆死亡。黃豆平均有一顆未發芽，29 顆發芽。
2. 除了綠豆，其他都沒有長出了胚莖和子葉。
3. 各種豆類中，黑豆的發芽情形最差，綠豆的發芽情形最良好，全數都長出胚莖了。

表 8-3 塑膠袋水中的豆類發芽狀態表

第58Hr時豆類在塑膠袋
水中發芽狀態

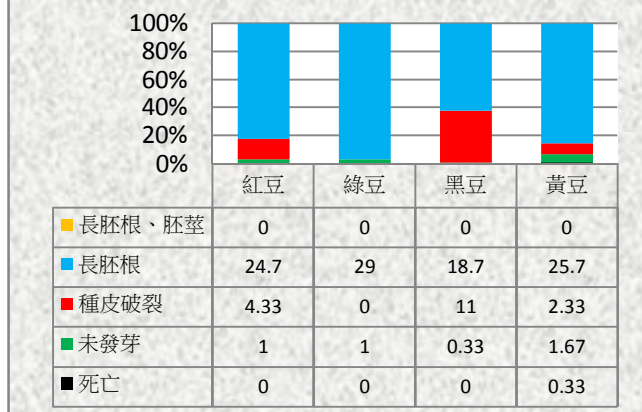


【研究發現】

1. 紅豆平均有 3.67 顆未發芽，26.33 顆發芽，沒有死亡。
2. 綠豆平均有 0 顆未發芽，30 顆發芽，沒有死亡。綠豆長最快。
3. 黑豆平均有 2.67 顆未發芽，27.33 顆發芽，沒有死亡。
4. 黃豆平均有 6.8 顆未發芽，23.2 顆發芽，沒有死亡。
5. 一直到 58hr 都沒有長出胚莖和子葉。

表 8-4 塑膠湯匙水中的豆類發芽狀態表

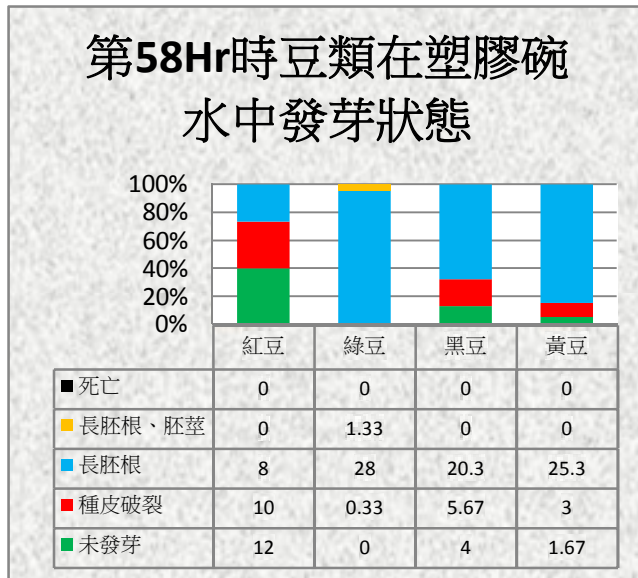
第58Hr時豆類在塑膠湯
匙水中發芽狀態



【研究發現】

1. 紅豆平均有 1 顆未發芽，29 顆發芽，沒有死亡。綠豆平均有 1 顆未發芽，29 顆發芽，沒有死亡。綠豆長最快。黃豆平均有 1.67 顆未發芽，28.33 顆發芽，有 0.33 顆死亡。黑豆平均有 0.33 顆未發芽，29.67 顆發芽，沒有死亡。
2. 一直到 58hr 都沒有長出胚莖和子葉。

表 8-5 塑膠碗水中的豆類發芽狀態表



【研究發現】

1. 紅豆平均有 12 顆未發芽，18 發芽，沒有死亡。
2. 綠豆平均都發芽了，沒有死亡。
3. 黃豆平均有 1.67 顆未發芽，28.33 顆發芽，沒有死亡。
4. 黑豆平均有 4 顆未發芽，26 顆發芽，沒有死亡。
5. 綠豆長最快。

【研究發現】

1. 就發芽率而言:保鮮膜水> 湯匙水> 塑膠袋水> 碗水> 常溫水，因此含塑膠的水發芽率優於常溫水
2. 就死亡率而言：含塑膠的水> 常溫水，因此含塑膠的水發芽率雖優於常溫水，但死亡率也大於常溫水。
3. 就常溫水的發芽數量而言：綠豆>黑豆>黃豆>紅豆。綠豆在常溫水的發芽情形最好，發芽數量最多，未發芽的數量最少。
4. 綠豆的發芽率除了匙水外都是最高的。
5. 全部的豆子都有一半發芽了。

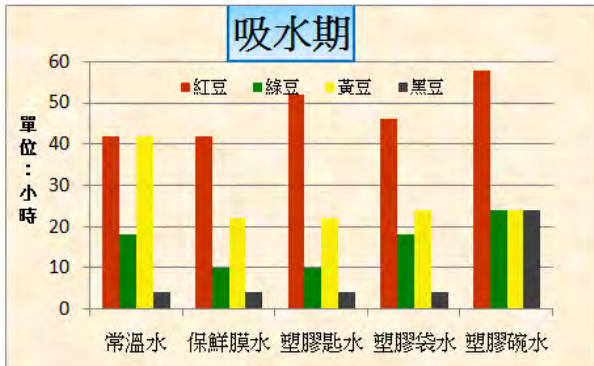
【結果與討論】

1. 磷苯二甲酸酯濃度不高，所以無法使豆類在短時間內死亡。
2. 雖然磷苯二甲酸酯的量很少，但是還是有差異，所以造成塑膠水長得比常溫水還快。
3. 我們猜想塑膠水中，可能有一些可以使豆類生長變快的物質，所以造成塑膠水長得比常溫水還要快。

不同種類的塑膠水對豆類發芽過程有何影響？

(一)比較不同種類塑膠水對不同豆類的吸水時間有何差異？






表 9-1 不同豆類的吸水時間



【研究發現】

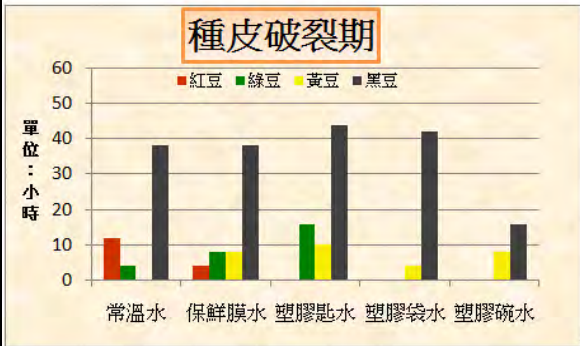
以時間而言，紅豆吸水期最久、平均超過 40 小時才有 7 顆種皮破裂。

1. 黑豆平均吸水期最短平均超過 3 小時。
2. 黃豆在塑膠碗水、塑膠袋水和常溫水都不明顯。
3. 綠豆在塑膠碗水、塑膠袋水都不明顯。
- 4 不同豆類吸水期長短都不一樣，但是在不同水當中，即紅豆最長黑豆最短。

常溫水	保鮮膜水	塑膠袋水
		
塑膠湯匙水	塑膠碗水	
		

(二)比較不同種類塑膠水對不同豆類種皮破裂時間有何差異?

表 9-2 不同豆類的種皮破裂時間



【研究發現】

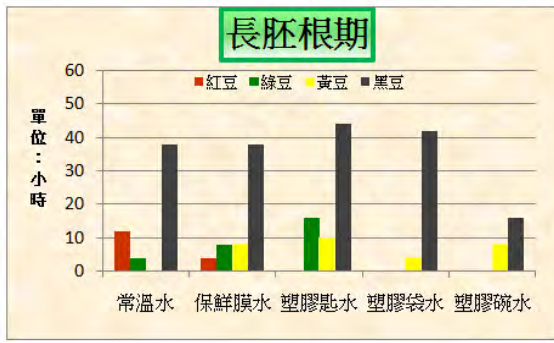
以時間而言，黑豆種皮破裂時間最早也最久，紅豆最晚，超過 18 小時甚至到 40 時種皮才破裂。

1. 綠豆黑豆種皮破裂時間持續最短，黃豆最長最不明顯。
2. 黃豆在各種塑膠水中種皮破裂情形都差不多、在常溫水則不明顯。
3. 綠豆在各種塑膠水中都不明顯。

常溫水	保鮮膜水	塑膠袋水
		
塑膠湯匙水	塑膠碗水	
		

(三)比較不同種類塑膠水對不同豆類的長胚根時間有何差異?

表 9-3 不同豆類的長胚根時間



【研究發現】

以時間而言，綠豆長胚根時間最早持續最久，其次接著是黃豆和黑豆，最後是紅豆。以數量而言，紅豆長胚根個數最少，綠豆最多，黃豆跟黑豆居中。以型態而言，保鮮膜水較一致，常溫水落差最大。

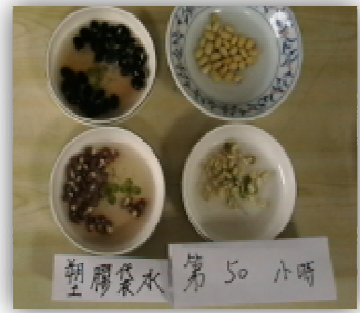
常溫水



保鮮膜水



塑膠袋水



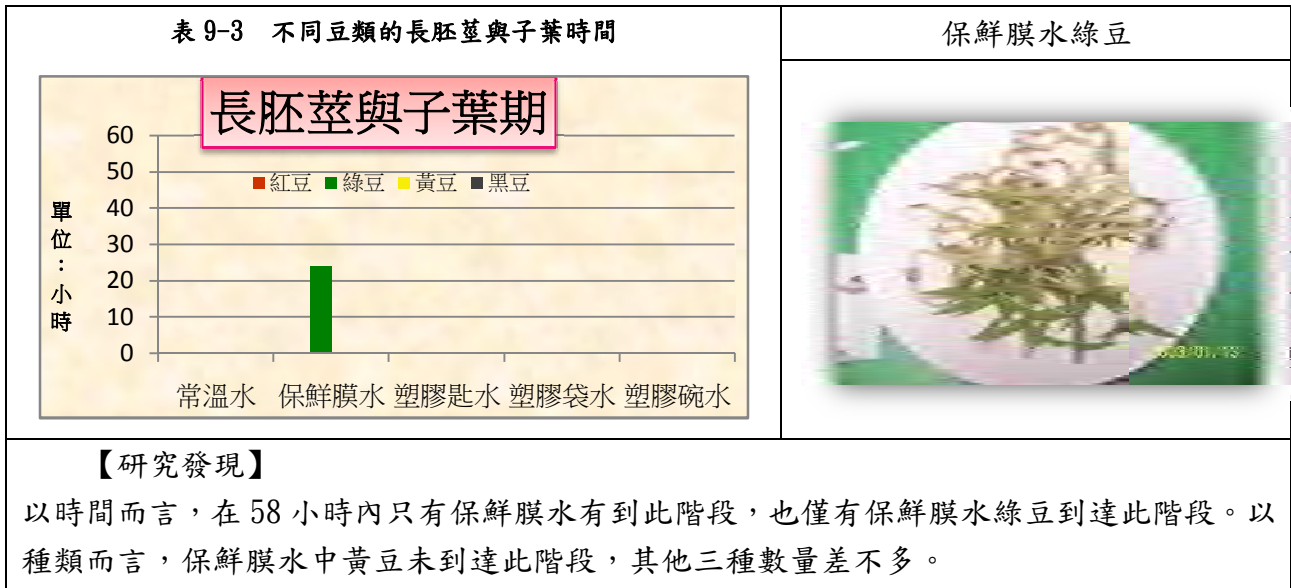
塑膠湯匙水



塑膠碗水



(四)、比較不同種類塑膠水對不同豆類的長胚莖與子葉的時間有何差異?



【討論與小結】

1. 各種豆類吸水時間都不同，以黑豆最早持續最久，紅豆最晚，綠豆最為集中，黃豆最不明顯。以水質而言，保鮮膜水時間最短，塑膠碗水最久也最不明顯。以吸水型態而言沒有太多差異。
2. 種皮破裂的型態也不相同，黃豆和黑豆沒有明顯的破裂期，綠豆趨向早期集中破裂，紅豆則在 40 小時以後集中破裂，以水質而言，僅有保鮮膜水有明顯的集中期，可能因為跟成分與其他水不同有關。
3. 各種豆類長胚根的時間都不同，以綠豆最快，紅豆最晚，黃豆與綠豆皆在觀察前半段長胚根。以水質而言，保鮮膜水的豆類長胚根比較集中，其他水質互有消長。
4. 在觀察時間內僅有保鮮膜水的紅豆及綠豆有長出胚莖和子葉，其他水都沒有。
5. 黑豆顆粒最大，反而吸水期較短，可見顆粒大小並不會影響種子的吸水能力。

二、不同種類的塑膠水對豆類發芽過程有何影響?

















(一) 比較不同種類塑膠水對紅豆的發芽過程有何影響?

表 10 紅豆在常溫水和塑膠水中發芽情形比較表

		種皮破裂期	長胚根期	長胚莖期	長子葉期	實驗結束時
常溫水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	紅豆的水會色比保水的顏色清澈聞起來較香，胚根不會扭曲，生長速度緩慢，不能立起來。				
保鮮膜水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	有一些豆子的種皮是從豆子的後端破裂。有五根胚根沒變褐色的地方變成紫色。水是紅色渾濁，大小比未泡水的黑豆大 2 倍。				
塑膠袋水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水味有點變臭，是發芽最慢的，水色漸漸變紅。				
塑膠湯匙水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水變紅了，因為泡水而變大了，有一個顏色淺，有黑黑的東西，是從底下開始裂開的，在肚臍的地方有黑黑的東西，有一個發霉。				
塑膠碗水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水的顏色是咖啡色的會有惡臭，生長緩慢。				
















(二) 比較不同種類塑膠水對綠豆的發芽過程有何影響?

表 11 綠豆在常溫水和塑膠水中發芽情形比較表

		種皮破裂期	長胚根期	長胚莖期	長子葉期	實驗結束時
常溫水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	綠豆的大小和小拇指差不多大，味道香香的。只剩下幾顆綠豆有皮。				
保鮮膜水	圖片記錄					
	文字記錄	根的末端顏色變成黃褐色，聞起來沒有特別的味道，是清澈的綠色水，有四顆顏色發紫。				
塑膠袋水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	綠豆的顏色比未泡水前淺，大部份的種皮破裂位置大多都在底部。				
塑膠湯匙水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	很少發芽，有一個顏色很深，水變米色了。胚根是從肚臍的地方長出來的。				
塑膠碗水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水的顏色有點綠色，豆子也變很大，有些種皮皺皺的，味道像藥涼涼的				
















(三) 比較不同種類塑膠水對黃豆的發芽過程有何影響?

表 12 黃豆在常溫水和塑膠水中發芽情形比較表

		種皮破裂期	長胚根期	長胚莖期	長子葉期	實驗結束時
常溫水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	黃豆的皮沒有皺皺的了。黃豆的水，沒變色也沒變混濁。根很脆弱，用一下就斷了。水的顏色變淺，幾乎都從中間的裂痕長出胚根，比未泡水的種子大兩倍。				
保鮮膜水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	黃豆的大小約是一元錢幣的一半。一顆豆子的胚根末端是褐色，種皮是黃白。				
塑膠袋水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水的味道有點臭，有點難聞，形狀從圓形變成橢圓形。				
塑膠湯匙水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	有很多個種皮破裂了，有豆漿的味道，水變米色了				
塑膠碗水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水的顏色是透明的，有些豆子的種皮變大很多，都沒有變色，水是透明的，不過豆子有些裂痕，有些豆子的胚根長 1 公分以上				

(四) 比較不同種類塑膠水對黑豆的發芽過程有何影響?

表 13 黑豆在常溫水和塑膠水中發芽情形比較表

		種皮破裂期	長胚根期	長胚莖期	長子葉期	實驗結束時
常溫水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	黑豆的發芽是很快的，馬上就有種皮破裂了。 黑豆的水變色了。是紫色的。但是我發現水變的比之前混濁。 黑豆的大小和大拇指的指甲差不多大，水的顏色發仔偏黑，聞起來臭臭的。				
保鮮膜水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	全部的豆子都有種皮破裂或長出胚根了。 水底有一些粉粉的沉積物，水混濁且有些豆子破裂開來。				
塑膠袋水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	水有點黑，水味臭，大部分都有種皮破裂				
塑膠湯匙水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	有一些種皮破裂了，因為泡水而變大了，水變紫了，種皮有一個綠綠的，是最先有動靜的。 有一個自殺，有一個根怪怪的，胚乳有咖啡色的斑點，水很臭。				
塑膠碗水	圖片記錄			X	X	
	文字記錄	豆子的顏色變淡很多，水的顏色不變，有些豆子吸很多水就變大了 有 2 顆豆子的種皮變深綠色，水的顏色是土黃色，				

【討論與小結】

1. 黃豆可能由於顏色和胚乳的顏色相近，所以不容易判斷是否已破裂。
2. 以胚乳變化而言：紅豆與綠豆的種皮大多是從下面裂開的，但綠豆的胚根是從肚臍長出來的，而黃豆的胚根通常從豆子表皮上的裂痕冒出。黑豆約在 8hr 有一到二顆種皮變古銅色，常溫和塑膠袋水沒有
3. 以種豆的水質而言：紅豆的水質大多是紅色而黑豆大多是紫色，兩者皆很濃稠。綠豆和塑膠湯匙水黃豆是米色。黃豆大多是透明。保鮮膜水摸起來滑滑的。
4. 以種豆水的味道而言：紅豆只有常溫水是香的，其他都很臭。綠豆無特別味道。
5. 塑膠袋水的黃豆會發臭，其餘會有豆漿的味道。黑豆會發出惡臭。
6. 其他：紅豆都從後面長出胚根，並同時長出胚莖。黃豆胚根很脆弱，容易斷掉，生長速度普通。塑膠湯匙水有一顆黑豆死亡〈胚根繞一圈後轉回來刺破自己的胚乳〉。

四、小學生對環境荷爾蒙的認知情形與實際行為

我們自訂題目對全校三~六年級，每班選號抽樣六人做問卷施與調查，總共發了 210 份，收回 189 份。其中有效的有 187 份，占了全部的 89%。

以下為各題題目與結果分析：

表 14 環境荷爾蒙認知程度問卷分析表

題目	百分比圖	分析
1、對「環境荷爾蒙」的認知？ (1)沒聽過或不知道 (2)有聽過但不比較 (3)不十分比較 (4)非常比較 (5)未作答		沒聽過或不知道的小學生將近一半，非常比較的也只占了4%，有聽過但不比較的也有35%。
2、請選出下列不含有環境荷爾蒙的物品？ (1)保鮮膜 (2)塑膠袋、碗、湯匙、罐 (3)竹製免洗筷 (4)美耐皿製品 (5)寶特瓶(6)傳真感熱紙 (7)速食雞肉品(8)未作答		有33%的小學生選速食雞肉製品，但答案應該是竹製免洗筷，比例顯示83%的小學生認為竹製免洗筷含有環境荷爾蒙。
3、哪些方法或行為會產生環境荷爾蒙？ (1)多吃塑膠包裝微波食品 (2)多用塑膠製品 (3)塑膠製品裝高溫食物 (4)長時間在密閉空間用電腦 (5)以上皆是(6)未作答		有2%的小學生選多用塑膠製品，有8%的小學生選多吃塑膠包裝微波食品，有12%認為長時間在密閉空間使用電腦，有13%的小學生認為塑膠品裝高溫食物，有63%答案正確。

<p>4、對環境荷爾蒙的描述何者正確?(可複選)</p> <p>(1)影響人體內分泌，導致短時間死亡(2)增加動植物的死亡率(3)加速動、植物的生長(4)會殘留在空氣中影響水源及土壤(5)不會影響胎兒發育(6)未作答</p>		<p>65%的小學生認為環境賀爾蒙會影響人體內分泌，導致短時間死亡和增加動植物的死亡率；但也有 13%的小學生認為環境賀爾蒙會加速動植物的生長。</p>
<p>5、何者會影響塑膠製品產生塑化劑而使人體造成影響?</p> <p>(1)酸鹼強弱(2)溫度高低(3)形狀大小(4)以上皆是(5)未作答</p>		<p>40%的小學生認為，酸鹼強弱、溫度高低、形狀大小會影響塑膠製品產生塑化劑而使人體造成影響 僅有 3%的小學生認為形狀大小會影響塑膠製品產生塑化劑而使人體造成影響。</p>

由以上資料顯示，得到以下小結：

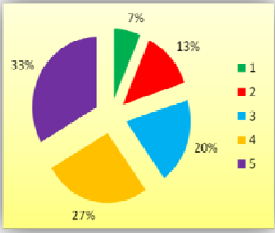
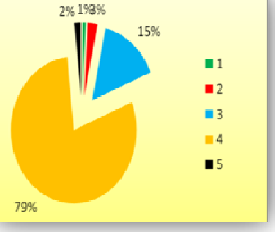
1. 環境荷爾蒙對小學生是一個很陌生的名詞。小學生大部分不知何謂環境荷爾蒙，有 83%的小學生不太比較環境荷爾蒙從哪裡來。
2. 不知道自己日常生活中常用的免洗筷並不具備環境荷爾蒙。
3. 將近九成的小學生知道塑膠製品是環境荷爾蒙的元兇。
4. 但是小學生對環境荷爾蒙傷害性的影響有非常嚴重的錯誤認知，以為它的毒性是立即的，會讓生物有立即危險。
5. 超過一半以上的小學生知道酸鹼強弱與溫度高低會影響塑化劑的溶出而危害人體。

(二)小學生常用塑膠食器的種類與次數為何？

表 15 環境荷爾蒙問卷圖表

圖例說明 1:每天 2:常常 3:偶爾 4:沒有 5:未作答

<p>1. 用塑膠袋裝熱食</p>	<p>2. 吃炸雞或雞塊</p>	<p>3. 在便利商店買微波食品</p>
<p>有 40%的小學生會用塑膠袋裝熱食，而有 7%會每天使用，而沒有使用只有 20%。</p>	<p>有 11%的小學生會每天吃炸雞或雞塊，常吃雞塊或炸雞的也有 72%。</p>	<p>會在便利商店買微波食品的就占了 56%，但是常常使用及每天使用卻只占了 10%。</p>

<p>4. 用寶特瓶裝熱水</p> 	<p>5. 用塑膠杯裝熱飲料</p> 	<p>6. 用塑膠湯匙喝熱湯</p> 
<p>會瓶裝熱水的小學生占了 40%，而會每天或常常使用保特瓶裝熱水的就占了一半。</p>	<p>用塑膠杯裝熱飲料的小學生，有 41%，而每天或常常使用的人只佔 6%。</p>	<p>有百分之 64% 會用塑膠湯匙喝熱湯，而每天或常常用塑膠湯匙喝熱湯的就占了 11%。</p>
<p>7. 在密閉空間使用電腦</p> 	<p>8. 使用化學清潔劑</p> 	<p>9. 聞燒塑膠的味道</p> 
<p>會在密閉空間使用電腦有 31%。</p>	<p>會用化學清潔劑的小學生有 48%，</p>	<p>會聞燒塑膠味的小學生只占了 18%。</p>
<p>10. 用化學清潔劑洗東西</p> 	<p>會用化學清潔劑洗東西的小學生接近一半，而常常或每天使用化學藥劑洗東西的小學生就接近四分之一。</p>	

由以上資料顯示，小結如下：

1. 接近半數的小學生平時會使用塑膠袋裝熱食，不會用塑膠袋盛裝熱食的小學生不到一半。
2. 將近八成小學生常常吃雞塊或炸雞，顯示小學生會直接從食物中接觸到環境荷爾蒙。
3. 小學生不常從微波容器裡接觸環境荷爾蒙。大部分的小學生會藉由飲水容器接觸塑化劑而吸收環境荷爾蒙。
4. 常在密閉空間使用電腦的小學生會從生活環境接觸到更多環境荷爾蒙；但大多數的小學生不會在密閉空間用電腦，比較不易從空氣中接觸。
5. 使用化學清潔劑而接觸到環境荷爾蒙的小學生佔極少數。

柒、結論與建議

本研究主要目的在為了解可能含有塑化劑的塑膠製品所製成的水溶液，對豆類發芽有何影響，其針對研究目的的結果進行討論，並提出相關結論與建議如下：

一、結論

本研究最重要的發現是報告中已得到相對異常的數值,或許PPB值相對於人類是非常低,但是長久且數量多的吸收入體內(尤其是細胞分裂時期或許造成不可知的影響),故本次實驗有其可參考性。

(一) 探討不同種類塑膠水對不同種類的豆類存活與發芽率的影響

1.存活率接近百分之百:

本研究中連續三個批次，每批次 150 顆，共計種植每種豆子 450 顆，僅有塑膠湯匙水黑豆死亡 1 顆，保鮮膜水黑豆死亡 3 顆。

2.發芽率高達八成以上:

由於磷苯二甲酸酯濃度不高，所以無法使豆類在短時間內死亡。加上即使磷苯二甲酸酯的量很少，各組還是有差異。因此我們初步推論塑膠水中，可能有一些可以使豆類生長變快的物質，所以造成塑膠水組長得比常溫水還要快。

(二) 不同種類的塑膠水對豆類發芽時間有何影響?

1.各種豆類的發芽階段時間均不相同。

整體而言，黑豆種皮破裂時間最早也持續最久；

紅豆吸水時間最久，速度最慢；

黃豆種皮破裂不明顯速度居中；

綠豆成長速度最快，種皮破裂時間最為集中。

2.以水質而言，保鮮膜水組各種豆類發芽時間平均最短，常溫水組最久，其餘三組則居中。

(三) 不同種類的塑膠水對豆類發芽過程有何影響?

1.種皮破裂的位置，紅豆綠豆雷同，大多是從下面裂開。

2.胚乳顏色有變化：

紅豆沒變。綠豆在各種水質都有變成紫色，只有常溫水組沒變。

黃豆與黑在照到陽光後，各種水質都有變成綠色。

另外黑豆在塑膠碗水、保鮮膜水、塑膠湯匙水組有一到二顆種皮變古銅色。

3.以水質而言:各組水質的顏色都有變化，紅豆的水質是紅色，黑豆是紫色，兩者皆很濃稠。各組的綠豆和塑膠湯匙水組黃豆是米色。其他各組黃豆大多是透明。

4.以種豆水的味道而言:紅豆只有常溫水是香的，其他都很臭。各組的綠豆無特別味道。各組的黃豆初期有豆漿的味道，後期都轉成臭味。各組的黑豆會發出惡臭。

(四) 瞭解小學生對環境荷爾蒙的認知情形與實際行為

環境荷爾蒙對小朋友而言是很陌生的名詞，小朋友大部分不知道何謂環境荷爾蒙，但經過報章媒體的報導，將近九成的小朋友知道塑膠製品是環境元兇。

小朋友對環境荷爾蒙傷害性的影響有非常嚴重的錯誤認知。不知道荷爾蒙的影響是長期、緩慢而是會殘留的，由內而外改變生物的性別與外觀特徵。

二、 建議

(一) 實驗設計方面

基於安全考量，及設備不足，我們無法使用純度高的塑化劑來種豆子；因此我們建議後續研究者可以調配不同濃度的含塑化劑的水來種豆子。

因為時間不足，研究者能力有限，本實驗僅做到豆子的發芽階段，建議後續研究者可拉長實驗時間，到豆子完成生長循環為止。以收集環境荷爾蒙生物蓄積的證據。

(二) 工具設備方面

由於經費短絀，研究者花費太多時間在解決相關問題，導致若干研究目的無法搜集到更詳實的資料，因此深切感受到「工欲善其事、必先利其器」，以免因小問題而無法獲得重大發現，如培養皿缺乏、溫控箱……等等，皆是影響結果的變項。

(三) 觀察項目方面

由於人力不足、時間不夠，學生科學素養有待加強，因此若干重要觀察項目無法從一而終搜集齊全，致使研究結論的深度與廣度略受影響。如：豆子的吸水量、光線的控制、水耕種植技術……皆是本次研究未能如意的項目，期待後繼研究繼續探討。

(四) 結果與發現方面

本研究最重要發現，值得披露給社會大眾知道，生活中經常使用的塑膠用品也含有環境荷爾蒙(塑化劑)，如果使用不當就容易釋放出來，對人和環境有害無益；環境荷爾蒙的真面貌是隱形的基因改造者，若能讓大家都知道此結果，就能減少塑膠製品的使用頻率，以減少環境荷爾蒙的吸收。

綜上所述，本實驗主要是希望能找出環境荷爾蒙是如何具體的影響到豆類的發芽，並透過各個實驗過程了解豆類發芽過程中，確實涵蓋了許多科學原理；以達到『知其然，更要知其所以然』的科學實證精神的培養。其次透過長期分工合作，親自體認如何與別人合作完成一件任務的團隊精神的重要性。最後，仔細觀察、大膽假設、小心求證與合理推論的科學態度的培養，更是本研究的重要收穫喔！

捌、參考文獻

一、報紙期刊部分：

- 1.沈能元、王玉樹(2011年2月13日)。**吸機車廢氣恐損男性生殖力**。蘋果日報, 5版。
- 2.刁曼蓬和李宜蓁(2003)。**台灣健康大危機環境荷爾蒙**。康健雜誌, 106-110。
- 3.吳東傑(2003)。**誰偷了我們的未來環境荷爾蒙**。少年台灣, 11, 14-17。
- 4.林天送(2003)。**環境賀爾蒙從限用塑膠袋說起**。科學發展, 10, 54—P58。
- 5.黃王瑰, 2002 **環境荷爾蒙—雙酚 A**。環境檢驗雙月刊, 43。
- 6.廖健森、張碧芳、袁紹英(2001)。**環境荷爾蒙—塑膠添加劑(磷苯二甲酸酯類)之環境流布**。環境檢驗雙月刊, 38。

二、中文書籍

- 1.丁旺賢、吳建誼、周瓊瑤、王正雄(2000)。**環境荷爾蒙壬基苯酚及其相關化學物質在台灣水環境中之分析與調查**。第一屆環境荷爾蒙與持久性有機污染物研討會論文集, pp3-11。環境品質文教基金會、嘉南藥理學院。
- 2.王正雄(2000)。**環境荷爾蒙-地球村二十一世紀之熱門課題**。科學知識, 51, 18-23。
- 3.王正雄(2000b)。**台灣地區擬似環境荷爾蒙物質管理及環境流布調查**。中華民國微生物學會論文集。國科會生命推動中心。
- 4.余靜雯(2008)。**環境荷爾蒙議題融入自然領域對國小五年級學童環境知識、態度與行為之研究—以「動物的生活」單元為例**。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文, 未出版。
- 5.林仍麒(2003)。**可怕的环境荷爾蒙**。台北市: 安立。
- 6.林能傑(2007)。**環境荷爾蒙**。醫學廣場, 10, 27-28。
- 7.陳永仁(2001)。**環境荷爾蒙管制**。台北市: 財團法人孫運璿學術基金會。
- 8.陳福安(2004)。**行政院環保署研究計畫: 環境荷爾蒙調查研究(3/3)**。大仁技術學院。
- 9.陳煥堂、林世煜(2006)。**台灣蔬果生活歷(P22、P92、P100、P101)**。臺北市: 遠見文化。
- 10.郭育良, 李美慧(2000)。**長久性有機污染物對人類與動物之內分泌影響**。
- 11.第46屆中小學科學展覽會國小組「**水質監測-水生生物與眾金屬之分析研究**」。
- 12.第46屆中小學科學展覽會國小組科「**你吃盡了多少毒素?免洗筷二氧化硫殘留量測定**」。
- 13.溫永福、鄭湧涇、郭麗香、周美雲(1991)。**生物學實驗-實驗 27**。載於植物生長與發育(P185-P189)。臺北市: 藝軒。
- 14.蘇卡奇著, 蔡信行譯(2006)。**觀念化學 III (P190—P229)**。臺北市: 天下文化。

三、網路資料

- 1.凌永健(2000)。**環境荷爾蒙**。2008年9月19日取自 <http://eec.kta.kh.edu.tw/incinerator/diox103.htm>。
- 2.王正雄、張小萍、李宜樺、黃任瑰、陳佩珊、洪文宗(2000)。**台灣地區擬似環境荷爾蒙物質管理及環境流佈調查**。微生物與環境荷爾蒙研討會論文集, 1-25。日本環境廳檢討會(1997)。**環境荷爾蒙**。2008年09月26日取自 <http://www.env.go.jp/>。
- 4.王利蕎。**環境荷爾蒙-壬基苯酚和壬基苯酚聚乙氧基醇類化合物**。2011年2月20日, 取自: www.shs.edu.tw/works/essay/2006/10/2006103123501856.pdf
- 5.歐洲委員會研討會(1996)。**環境荷爾蒙**。2008年8月10日取自 http://www.farseeing.com.tw/2005/club/club_issue_content.php?sno=26
- 6.**環境荷爾蒙的危害**(無日期)。台南市: 成功大學。取自 <http://ortho.clmed.mcku.edu.tw/-/8902/890213/htm>

【評語】 080206

1. 缺少豆豆先生中毒的證據。
2. 變曲變形不一定塑化劑不良之影響。
3. 如果能用單種豆受不同塑化劑的影響，目的會比較明確。
4. 能利用此研究了解塑化劑之毒害，有其應用性和即時性。