

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

第一名

080205

破除主婦的迷思~清洗蔬菜誰最行

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小六 林暉倫 | 陳佳宜   |
| 小六 謝岳廷 | 楊基宏   |
| 小六 許維銓 |       |
| 小六 劉樺明 |       |
| 小六 簡蓁  |       |
| 小五 陳怡萱 |       |

關鍵詞：光電池及太陽能板、農藥檢測、生化法

# 破除主婦的迷思~清洗蔬菜誰最行

## 摘要

本研究探討有效清洗蔬菜上農藥殘留量的方法，文獻中檢測農藥的方法有『生物法』、『化學法』及『生化法』三種，前兩種方法對我們來說都有不方便的地方，故選擇快速又能檢測出市面上大多數農藥殘留量的『生化法』。但『生化法』需配合昂貴的分光比色儀，因此我們利用計算機上的太陽能光電池、LED、三用電表及保特瓶，成功地設計出一台能『量化』水溶液顏色差異的裝置，我們稱它為『光電池比色儀』。利用『光電池比色儀』檢測樣品 1 分鐘，測出的數值我們稱它為  $V\_Lux$ (Volt Illumination)，當  $\Delta V\_Lux$  越小，抑制率越大，表示農藥殘留量越多；反之，越少。最後比較多種清洗小白菜的方法，結果發現『用流動的清水洗 3 分鐘』效果最好，破除了多數主婦的迷思。

## 壹、 研究動機

新聞上一直報導毒奶事件，讓大家恐慌不已，加上爸爸買了一台臭氧殺菌機，爸爸說：『老闆保證它能清除蔬果上的農藥，一點都不殘留，還在現場做了實驗，將二條魚分別放入二個污染的魚缸時，二條魚呈現奄奄一息的狀態，此時將臭氧殺菌機放入其中一個魚缸裡，沒想到這條魚竟然恢復活力，自由自在地游來游去』。媽媽和我心裡疑惑著，真的這麼神奇嗎？於是和同學們討論，決定進行相關研究。

相關教學單元：奇妙的光(四上)、通電玩具(四下)、水溶液(六上)

## 貳、 研究目的

- 一、自行研發一個能『量化』水溶液顏色差異的裝置，以配合『生化法』檢測農藥。  
(此裝置我們稱它為『光電池比色儀』)。
- 二、利用『光電池比色儀』，測量不同性質農藥的抑制率。
- 三、利用『光電池比色儀』，測量不同濃度農藥的抑制率。
- 四、問卷調查多數家庭最常使用清洗蔬菜的方法。
- 五、利用『光電池比色儀』，找出有效去除蔬菜上殘留農藥的方法。

## 參、文獻探討

一、什麼是農藥：農藥管理法，農藥係指用於防除農林作物或其產物之病蟲鼠害、雜草者，或用於調節農林作物生長或影響其生理作用者，或用於調節有益昆蟲生長者。

二、農藥的種類：

(一)、依其防治對象可分：

殺蟲劑、殺菌劑、除草劑、殺鼠劑、植物生長調節劑、除藻劑...等。

(二)、依其有效成分可分：『生物性農藥』及『傳統化學農藥』。

1. 生物性農藥：係指由天然物質如動物、植物、微生物及其所衍生之產品。生物性農藥較化學農藥對人畜安全無毒害。國內已登記生物性農藥約 15 種。
2. 化學農藥：目前仍屬農藥之大宗，可分為有機磷劑、有基氮及雜環化合物、氨基甲酸鹽劑、合成除蟲菊精類、尿素系...等。國內登記農藥中有機磷劑農藥種類仍屬最大宗，佔 63 種。

主要農藥成分類別表

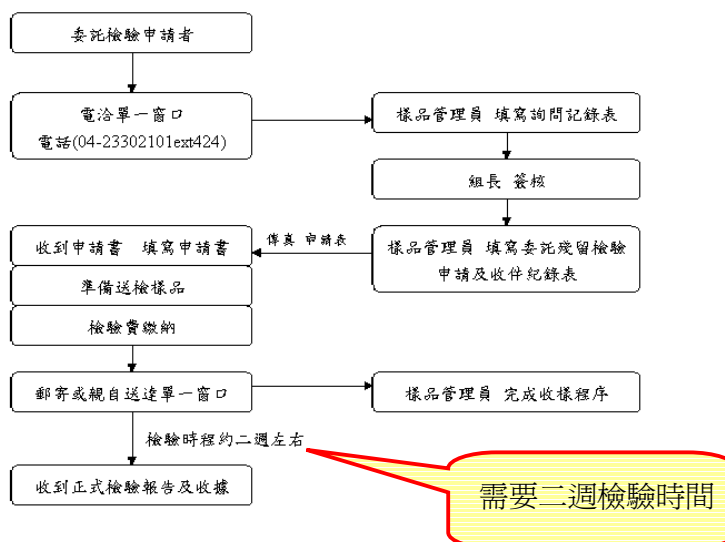
| 類別      | 農藥總數 | 殺蟲劑 | 殺菌劑 | 除草劑 |
|---------|------|-----|-----|-----|
| 有機磷劑    | 63   | 54  | 7   |     |
| 有基氮及雜環物 | 58   | 2   | 55  |     |
| 氨基甲酸鹽劑  | 31   | 22  | 3   | 5   |
| 合成除蟲菊精類 | 19   | 18  |     |     |
| 尿素系     | 15   | 6   |     | 8   |
| 銅劑      | 11   |     | 10  |     |
| 三唑系     | 9    |     | 7   | 1   |
| 苯氧酸系    | 9    |     |     | 9   |
| 三氮井系    | 7    | 1   |     | 6   |
| 有機硫磺殺菌劑 | 6    |     | 6   |     |
| 有機氯劑    | 3    | 1   |     |     |
| 生物性農藥   | 15   | 8   | 1   |     |

三、農藥對人體的影響及其原理：

1. 毒性之定義為凡物質過量即具有毒性，大部分農藥適量使用對人、畜及環境並不具毒性，亦不會造成不良影響。
2. 過多的農藥對人體有危害，一般農藥中毒的症狀包括：頭暈、想吐、腹瀉、眼花、呼吸困難、肚子痛以及嘴裡出現破皮...等。
3. 我們的肌肉運動基本上有兩個動作，收縮跟擴張，肌肉神經受器會因為『乙醯膽鹼』這個物質而收縮，同時又分泌適當的『乙醯膽鹼酯』破壞「乙醯膽鹼」讓肌肉擴張開來，所以就是這兩個物質在控制肌肉的擴張跟收縮。

市面上最常用的殺蟲劑『有機磷劑』及『氨基甲酸鹽劑』，它們的作用就是破壞「乙醯膽鹼酯」，這時候肌肉的平衡運動就會瓦解，只受到「乙醯膽鹼」的刺激而收縮，而無法擴張。這個作用會導致全身大部分的肌肉收縮，而產生劇痛。當然，也就是利用這個原理，達到殺蟲的效果。

四、農藥殘留委託檢驗申請程序：如下所示。



五、檢測農藥的方法：

台灣農藥殘留檢驗方法有『生物法』、『化學法』及『生化法』三種。三種檢驗方法的原理不同。

(一)、生物法：

利用蒼蠅來檢測農藥的含量，用蒼蠅的存活率來表示農藥殘留程度。

(二)、化學法：

利用萃取、淨化等步驟抽取出蔬果植體中的農藥殘留成分，再以氣相層析儀或高效能液相層析儀...等去測定農藥種類及濃度。

(三)、生化法：(生化法詳細檢驗流程見次頁)

以乙醯膽鹼酯（AchE）與蔬果樣品反應，因農藥的毒性成分會抑制酵素活性，再以『分光比色儀』測定酵素被抑制程度換算殘留程度。

六、文獻整理後我們的討論：

1. 農藥殘留委託檢驗至少需等待二週以上，結果出來往往蔬果已經吃下肚了。
2. 檢測農藥的方法有三種，我們認為：
  - (1).生物法利用生物的存活率來表示農藥的殘留程度，我們認為不夠精準。
  - (2).化學法的原理實在是看不懂加上儀器非常貴，一台要三四十萬。
  - (3).國內大多數的農藥為殺蟲劑，殺蟲劑中又以有機磷劑、氨基甲酸鹽劑含量最多，生化法是利用乙醯膽鹼酯來檢測有機磷劑及氨基甲酸鹽的含量。

綜合以上原因，我們決定利用『生化法』來檢驗農藥殘留量，但是我們沒有『分光比色儀』，經尋問之後，發現最便宜的一台也要八萬元，讓我們驚訝不已，最後我們決定自己研發一個能『量化』水溶液顏色差異的裝置。(研究架構見 P.7)

# 生化法檢驗流程：



1. 田間採樣：於田地四角落 進行樣品採樣。



2. 樣品採樣：將葉片採樣切碎放入試管中。

3. 萃取：

方法 A：試管中加入 1ml 酒精振盪 20 秒靜置 3 分鐘後把萃取液倒出。

方法 B：試管中加入 2ml 酒精及 100ul 溴水振盪 20 秒靜置 3 分鐘把萃取液倒出，並靜置 20 分。



4.

## 4.1 製作對照組

於比色管內加入 3ml 緩衝液，20ul 酵素及 20ul 酒精混合均勻後，靜置 2 分半後再加入 100ul 的呈色劑，30 秒後再加入 20ul 的受質混合均勻。

## 4.2 製作樣品組：

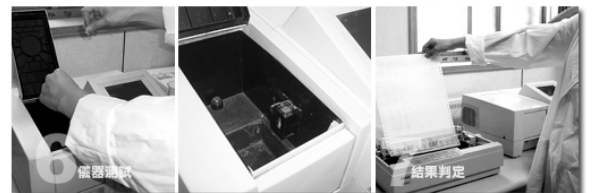
於比色管內加入 3ml 緩衝液，20ul 酵素及 20ul 萃取液混合均勻後，靜置 2 分半後再加入 100ul 的呈色劑，30 秒後再加入 20ul 的受質混合均勻。



5. 出現呈色反應

6. 儀器測試：

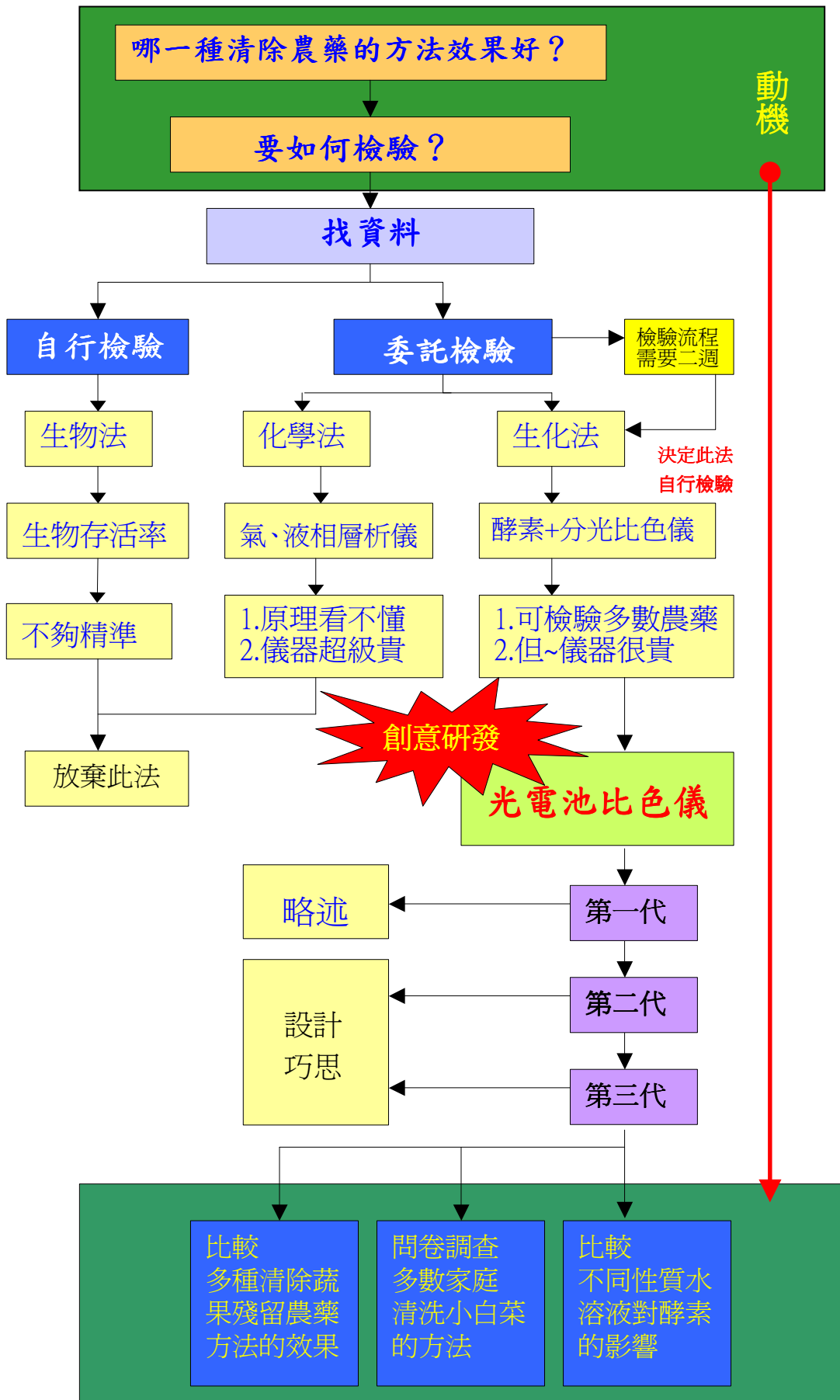
先將對照組比色管放入儀器，完成測試後，再測試樣品組。



7. 結果判定：

由機器計算吸光值變化速率與對照組之差異抑制率。超過 35%之樣品，為不合格樣品。

# 研究架構



## 肆、 研究設備及器材

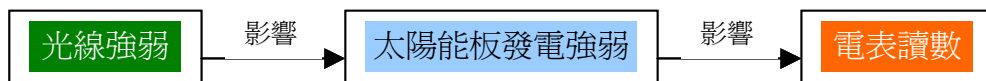
三用電表、太陽能板、LED、木板、螺絲起子、螺絲釘、鉸槍、熱熔槍、鑽孔機、黑布、魔鬼沾。

檢測農藥試驗組(緩衝液、酵素 AchE、呈色劑、受質 Ach)、比色管、石臘膜、試管、試管架、自動吸管 20ul、燒杯、量杯、蔬菜、酒精、蒸餾水、打洞器、手套、口罩、臭氧機、計時器。

## 伍、 研究過程及方法

### 一、 實驗一：自製『光電池比色儀』

我們一直在思考，如何比較不同顏色的水，眼睛看，不精準，怎麼樣才能『量化』呢？水中顏色深淺不同…水的顏色越深…眼睛就看不透，有什麼東西能幫我們衡量光線穿過多少呢？想了很久之後，有一天突然想到，計算機上的數字顯示來自於太陽能板，然而若將手遮住太陽能板，數字就不見了，所以，光線的強弱與計算機上數字的顯示有關係。數字顯示的電是太陽能光電池提供的，也就是說，光線的強弱與太陽能光電池提供的電力大小有關係，而且光線越強，電力越大。所以，我們想只要能找出測量電力大小的儀器，就能測量光線的強弱。但是，有沒有那種儀器呢？於是我們跑去問老師，老師告訴我們有一種儀器叫「三用電表」，它能測量電壓的大小。



#### 1. 第一代『光電池比色儀』：

我們的想法是讓光線通過待測量的水，在下端放一塊太陽能光電池，當水很清澈時，光線通過多，太陽能光電池產生較大的電，反之則產生比較少，電的多與少可用三用電表測量出來，而不是依賴眼睛。於是我們開始研發設計製作。



簡述『第一代』研發過程：

|   |   |  |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 圖 4 廢棄計算機上的太陽能板   | 圖 5 接上三用電表真能讀出電壓值   | 圖 6 光源選用 LED   |
|  |  |  |
| 圖 7 製作過程  | 圖 8 製作過程  | 圖 9 製作過程   |

經過一個多月研發及實驗測量，我們終於製作出能『量化』水溶液深淺顏色的裝置，而這個裝置是利用太陽能光電池發電的原理，所以我們叫它做『光電池比色儀』，實在是太高興了。其中值得一提的是，**經實驗發現，『熱』會影響太陽能板的發電效果，所以在光源部份我們決定選用冷發光的 LED。**在此期間，我們也一面收集生化法的相關資訊，實驗時需要的酵素(乙醯膽鹼酯)、受質(乙醯膽鹼)、呈色劑…等化學藥劑上哪買，原以為在化工店就買得到，沒想到找了很久才在網路上一間公司詢問到，結果 1c.c.的酵素就要 1 千多，加上受質、呈色劑竟要五千多元，我們哪有那麼多錢？

大夥不氣餒，繼續找資料，皇天不負苦心人，一位在台中市行政院農業委員會農業試驗所裡工作的佳玲姐姐，她能提供我們檢驗的試劑，一組試劑可以檢驗 500 個樣本，只要學校行文過去就可以，對我們來說這可是天大的好消息，並且佳玲姐姐還告訴我們，北市有些農會有進行蔬果殘留農藥的檢驗，我們可以去參觀，討論結果我們選定去板橋市農會。

在學校老師的幫忙下(行文至農會)，我們帶著自行研發的『光電池比色儀』來到了板橋市農會，林組長及吳老師告訴我們很多專業的知識，解決了我們心中許多的疑問，接著示範檢驗蔬果殘留農藥的過程，最後還帶我們去參觀農會有機超市，收穫良多，我們的來訪還被刊登在『板橋農訊』裡喔~

但是當我們看完檢驗蔬果殘留農藥的流程後，才發現是有特定的容器來裝與酵素反應後的溶液，它稱為「比色管」，是一個底面積為 1(cm)\*1(cm)、高為 5cm 的透明長方柱，和我們原以為用燒杯裝的空間設計差太多，比色管底面積只有 1cm<sup>2</sup>，也就是說太陽能板接受光源的面積只有 1cm<sup>2</sup>，另外我們設計擺放比色管位置的空間太大，若不小心會使比色管裡的液體打翻。

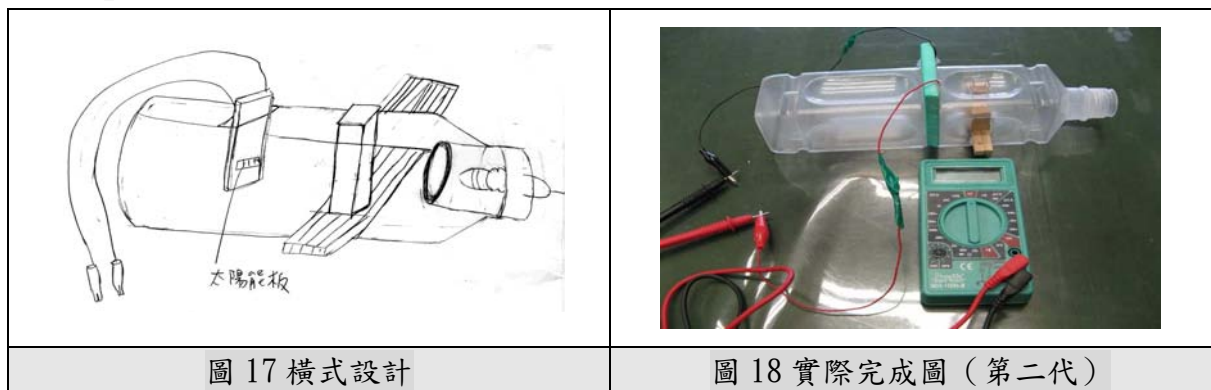




## 2. 第二代『光電池比色儀』:

回到學校，大家討論結果決定捨棄，雖然不捨，但也沒辦法。這並沒有打擊我們研究的念頭，大家又努力思考，之前的設計測量原理 ok，只是要改良空間比例，另外還要增加太陽能板接觸光的面積，改成橫式是不是會比較好呢？廢話不多說，馬上畫設計圖，下圖 17 就是我們畫的橫式設計圖，而且主架構改用要丟棄的保特瓶，省去鋸木板的時間。

『第二代』研發過程：



### 3. 第三代『光電池比色儀』：

第二代完成後，經實驗測量後還是發現有些問題，問題如下：

**問題一：**利用瓶蓋做成的光源座，每次接上時，都要旋轉很多圈，瓶蓋才穩固，幾次之後，電線竟然斷掉了。

**解決方法：**觀察保特瓶瓶蓋螺紋，螺紋越少的越好。

**問題二：**光源透過比色管照射在太陽能板的面積很小，三用電表的輸出電壓值很小。

**解決方法：**將太陽能板改成直立式，且直接放置在比色管後面，增加太陽能板發電效果。

**問題三：**電表輸出數值為二位數，擔心檢測時因差距不大無法比較差異。

**解決方法：**找資料後才知道三用電表分很多種，有3位半、4位半、3又3/4位，本以為又要花錢去買，搞了半天才發現我們原本的電表就可以測出三位數，只是要把刻度轉到2000mv。

『第三代』研發過程：

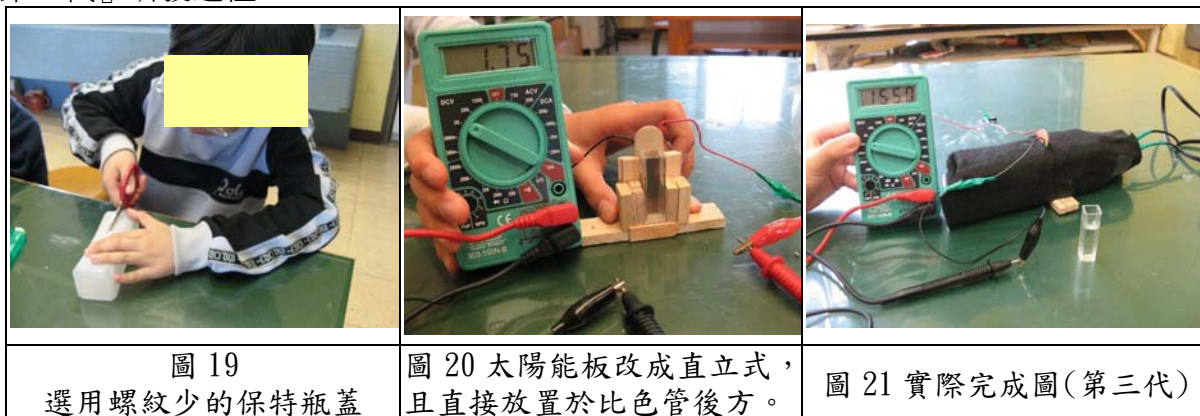


圖 21 就是我們最後的實際完成圖，改良後第三代『光電池比色儀』，可以成功地『量化』出溶液的顏色差異。

■『光電池比色儀』設計上的特點！

使用**調光器**，可控制光線強弱，並利用它進行『歸零』步驟。



圖 22

**燈泡可以拆換**，如果燈泡壞了，可以馬上更換，亦可比較不同的光

**瓶蓋螺紋**，選用螺紋少的瓶蓋，避色電線因旋轉而斷線。

實驗發現『溫度』會影響太陽能板發電效果故**光源選用「LED」**。

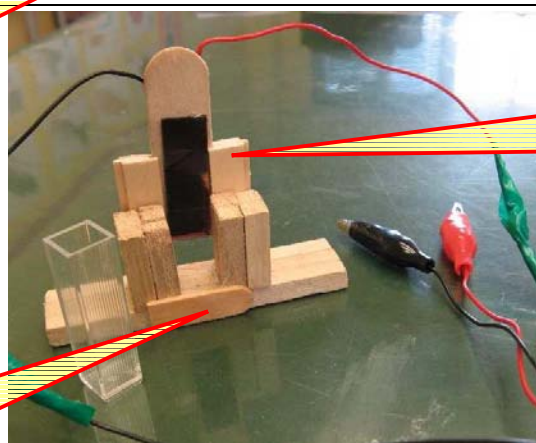


圖 23

太陽能板接在木板上，使用『**滑軌**』的觀念，可以很快裝入和取下。

**擋板設計**，比色管放入時，更穩固。

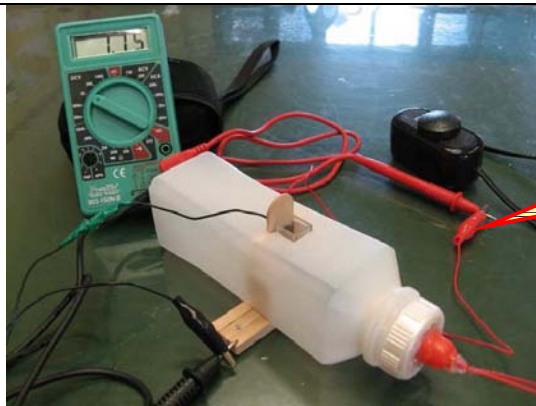


圖 24

**鱷魚夾設計**，連接三用電表更方便。

**黑色不織布開關設計**，比色管可自由放入。

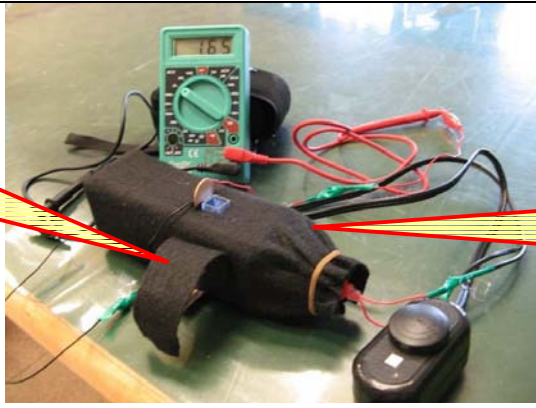


圖 25

用魔鬼沾固定**活動式不織布**，必要時也可拆下更換。

■ 『光電池比色儀』測量時**注意事項**。



圖 26

**歸 零：**(這是我們很重要的設計)

為避免插座上的電強弱不等影響實驗結果，我們使用調光器，每次要開始測量前都先進行『歸零』步驟，也就是在比色管內裝入 3.16ml 水量，以調光器控制光線的強弱，使電表上的數值一定要顯示 1.550V。這點非常重要，因為後來我們發現每次把電源接上，電表上出現的數值時高時低，有了這個做法之後可以把這項變因控制住。

**蓋黑布：**

『光電池比色儀』是利用太陽能光電池對光線的反應來比較溶液顏色差異，我們使用活動式黑棉布把整個裝置包住，避免環境光線對數據造成影響。

**讀數值：**

酵素會隨時間變化而反應，使得數值一直改變，因此每隔 **10 秒**紀錄一次，紀錄 1 分鐘電表上的數值變化。

**電表的電壓值即代表太陽能板上的照光度，討論結果我們稱它為 V\_Lux (Volt Illumination)。**

**確認酵素活性：**(很重要的確認)

為確保酵素的活性不致影響實驗結果，每次進行實驗時，連續比較二次對照組(酒精)的 **V\_Lux**，呈現線性變化才使用此組酵素，否則需選用另一支試管裡的酵素。

**計算抑制率：**(原理解說見 P.15)

$$\text{抑制率 (\%)} = \frac{(\Delta V_{0\_Lux} - \Delta V_{Lux})}{\Delta V_{0\_Lux}} \times 100 \%$$

抑制率越『大』，農藥殘留量越『多』；  
抑制率越『小』，農藥殘留量越『少』。

我們實驗裡使用『生化法』檢測農藥的步驟：

一、『生化法』檢驗事前準備：

|  |   |
|--|---|
|  <p>圖 27</p>  |  <p>圖 28</p>  |
| <p>調配試劑：(行政院農業試驗所提供)<br/>                 1 號：酵素(乙醯膽鹼酯)+10c.c.蒸餾水<br/>                 2 號：呈色劑+50c.c.蒸餾水<br/>                 3 號：受質(乙醯膽鹼)+10c.c.蒸餾水</p> | <p>分裝至試管，貼上標籤後放入冷凍室保存<br/>                 1 號：每支試管 1c.c.<br/>                 2 號：每支試管 5c.c.<br/>                 3 號：每支試管 1c.c.</p> |

二、『生化法』取樣及萃取步驟：

1. 取樣：我們沒有內徑 1 英吋的不銹鋼管，大家討論的結果，使用『打洞機』來取樣，利用打洞機取每種蔬菜樣品 15 片，這樣一來每種蔬菜樣品取的量就一樣了。
2. 萃取：P.6 A、B 方法分別在萃取農藥裡氨基甲酸鹽及有機磷，B 方法需使用溴水，因其揮發性高，要在有抽風設備的地方，加上我們實驗四小白菜浸泡的溶液屬氨基甲酸鹽類，故只需使用 A 方法乙醇來萃取。



圖 29 使用『打洞機』取樣



圖 30 取樣後放入試管

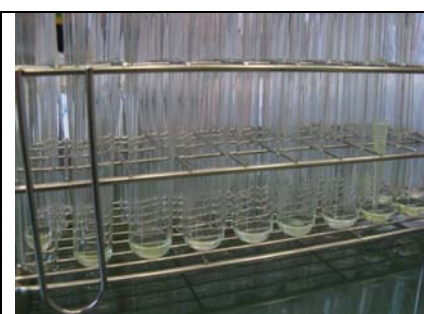


圖 31 萃取後靜置

三、『生化法』開始檢測：因為檢測步驟很多，我們討論採用生產線方式，每人負責一個步驟。



圖 32-  
 實驗時我們都穿著實驗衣，戴口罩及手套，並在通風良好的地方進行實驗。

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>第一步</b>圖 33</p>  | <p><b>第二步</b>圖 34 (萃取步驟如上頁)</p>  | <p><b>第三步</b>圖 35</p>  |
| <p>比色管內加入3ml 緩衝液及20ul 的酵素</p>   | <p>對照組：加入 20ul 酒精<br/>樣品組：加入 20ul 萃取液</p>   | <p>2.5 分鐘後<br/>加入 100ul 呈色劑</p>  |
| <p><b>第四步</b>圖 36</p>   | <p><b>第五步</b>圖 37</p>   | <p><b>第六步</b>圖 38</p>  |
|                        |                                  |                        |
| <p>30 秒內<br/>加入 20ul 受質及振盪</p>  | <p>比色管放入『光電池比色儀』讀取數值</p>  | <p>紀錄每隔 10 秒的 V_Lux 值</p>  |

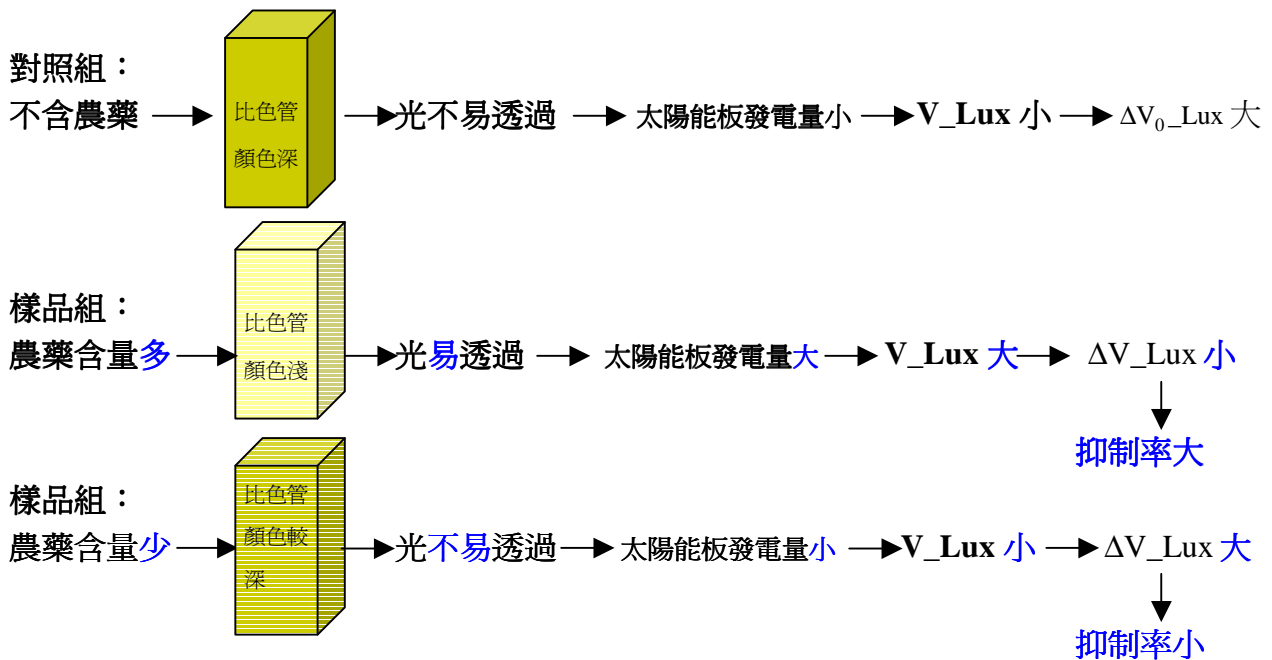
四、『生化法』計算抑制率：

$$\text{抑制率 (\%)} = \frac{(\Delta V_{0\_Lux} - \Delta V_{Lux})}{\Delta V_{0\_Lux}} \times 100 \%$$

**原理分析：**

$\Delta V_{0\_Lux}$  = 對照組(酒精) 1 分鐘 V\_Lux 變化  
 $\Delta V_{Lux}$  = 樣品組(萃取液) 1 分鐘 V\_Lux 變化

農藥會抑制酵素，農藥越多受質不易被分解，加入呈色劑後，比色管內顏色淡，光易透過比色管照在太陽能板上，太陽能板發電量大，V\_Lux 高，且  $\Delta V_{Lux}$  小，抑制率大。



代入抑制率公式，抑制率越『大』，農藥含量越『多』，抑制率越『小』，農藥含量越『少』。

## 實驗二：測量不同性質、不同濃度的溶液對酵素的抑制率。

步驟：(選用的藥劑為老師與專業人員討論後決定，所有實驗使用的溶液皆由老師調配)

1. 調配不同濃度的馬拉松(有機磷劑)及加保利(氨基甲酸鹽劑)水溶液。(調配方法如右表)
2. 依『生化法』檢驗步驟，進行檢驗三次，再計算平均抑制率。

| 欲泡製稀釋濃度 | 馬拉松加保利 (ul) | 加水 (cc) |
|---------|-------------|---------|
| 500 倍   | 20          | 10      |
| 750 倍   | 20          | 15      |
| 1000 倍  | 20          | 20      |
| 1250 倍  | 20          | 25      |
| 1500 倍  | 20          | 30      |
| 1750 倍  | 20          | 35      |
| 2000 倍  | 20          | 40      |

## 實驗三：問卷調查--家中常用清洗蔬果的方式。

步驟：

1. 設計問卷題目。
2. 問卷對象為本校五、六年級學生家人及本校教師。
3. 統計及分析問卷結果。

## 實驗四：比較各種清除農藥方法的效果。(16 種方法)

步驟：

1. 自行種植小白菜，確保小白菜完全沒有含農藥。
2. 將小白菜浸泡於稀釋 1000 倍加保利水溶液 10 分鐘。
3. 取出小白菜並放置陰涼處自然風乾。
4. 調配各種清洗液：分別在 1000c.c.清水中加入 1 平匙的添加物(如：鹽、醋、洗滌粉、蔬果沙拉脫.....)。
5. a.浸泡沖洗法：分別將風乾後的小白菜放入各清洗液內，浸泡 15 分鐘。  
b.直接沖洗法：直接將小白菜拿在水龍頭下沖洗。  
c.機器沖洗法：將小白菜放入 1000c.c.清水中以機器清洗 15 分鐘。
6. 取出後的小白菜，再放入 1000c.c.的清水中清洗一次。
7. 依『生化法』檢驗步驟，進行檢驗三次，再計算平均抑制率。



圖 39 自行種植小白菜

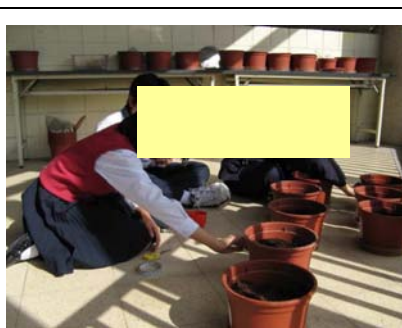
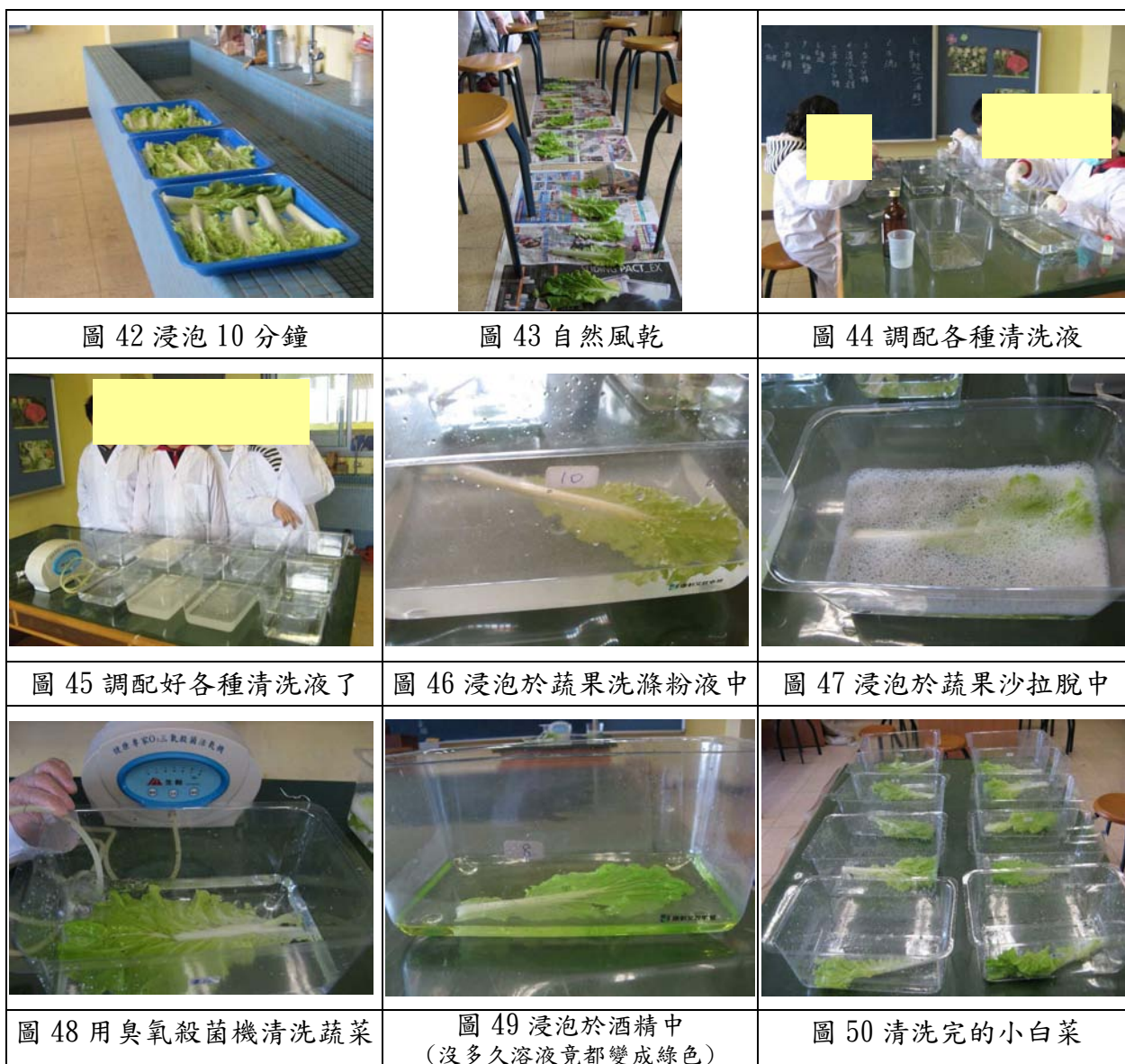


圖 40 自行種植小白菜



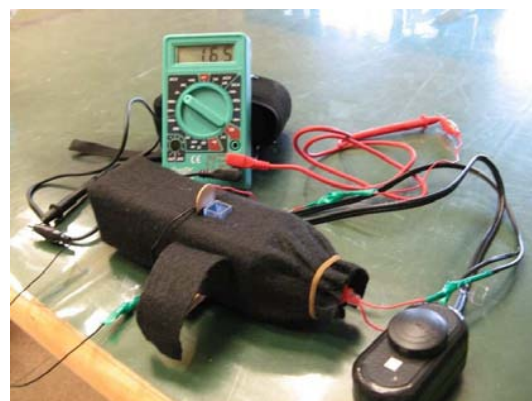
圖 41 小白菜~保證有機



## 陸、 研究結果

### 實驗一：自製『分光比色儀』

1. 利用計算機上的太陽能光電池、LED、三用電表及保特瓶，我們成功地設計出一台可以『量化』水溶液顏色差異的『光電池比色儀』，再利用『生化法』來檢測蔬果上殘留的農藥，儀器測量的步驟為：
  - (一) 歸 零：避免光源不一。
  - (二) 蓋黑布：避免環境光線對數據造成影響。
  - (三) 讀數值：每隔 10 秒紀錄電壓值。
  - (四) 確認酵素活性：確保實驗準確性。
  - (五) 重覆上述步驟(一)~(三)，反覆三次，取其平均值，即為  $V_{Lux}$  值。
  - (六) 利用  $V_{Lux}$ ，計算農藥的抑制率。





實驗二：測量不同性質、不同濃度的溶液對酵素的抑制率。

(因版面限制，只呈現馬拉松每隔 10 秒 V\_Lux 變化，其它直接呈現其抑制率)

| 馬拉松<br>V_Lux | 對照組   | 500 倍 | 750 倍 | 1000 倍 | 1250 倍 | 1500 倍 | 1750 倍 | 2000 倍 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10s          | 1.525 | 1.559 | 1.557 | 1.556  | 1.555  | 1.552  | 1.548  | 1.544  |
| 20s          | 1.519 | 1.558 | 1.555 | 1.553  | 1.553  | 1.548  | 1.544  | 1.539  |
| 30s          | 1.513 | 1.557 | 1.554 | 1.551  | 1.551  | 1.545  | 1.540  | 1.535  |
| 40s          | 1.507 | 1.556 | 1.553 | 1.549  | 1.549  | 1.543  | 1.537  | 1.532  |
| 50s          | 1.501 | 1.555 | 1.552 | 1.548  | 1.547  | 1.541  | 1.535  | 1.529  |
| 60s          | 1.495 | 1.554 | 1.551 | 1.547  | 1.545  | 1.539  | 1.533  | 1.526  |
| 70s          | 1.489 | 1.554 | 1.550 | 1.546  | 1.543  | 1.537  | 1.531  | 1.524  |
| 80s          | 1.485 | 1.554 | 1.55  | 1.544  | 1.541  | 1.535  | 1.529  | 1.521  |
| 90s          | 1.481 | 1.554 | 1.549 | 1.543  | 1.539  | 1.533  | 1.526  | 1.519  |
| 100s         | 1.477 | 1.553 | 1.548 | 1.542  | 1.537  | 1.531  | 1.524  | 1.516  |
| 110s         | 1.474 | 1.553 | 1.547 | 1.540  | 1.536  | 1.528  | 1.522  | 1.513  |
| 120s         | 1.471 | 1.552 | 1.546 | 1.539  | 1.534  | 1.526  | 1.52   | 1.510  |
| 130s         | 1.468 | 1.552 | 1.545 | 1.538  | 1.533  | 1.524  | 1.518  | 1.508  |
| 140s         | 1.463 | 1.552 | 1.544 | 1.536  | 1.531  | 1.522  | 1.515  | 1.505  |
| 150s         | 1.460 | 1.552 | 1.544 | 1.535  | 1.529  | 1.52   | 1.513  | 1.502  |
| 160s         | 1.459 | 1.551 | 1.543 | 1.534  | 1.528  | 1.518  | 1.511  | 1.500  |
| 170s         | 1.456 | 1.551 | 1.543 | 1.533  | 1.527  | 1.517  | 1.509  | 1.498  |
| 180s         | 1.454 | 1.550 | 1.542 | 1.532  | 1.526  | 1.516  | 1.508  | 1.496  |
| 190s         | 1.452 | 1.550 | 1.541 | 1.531  | 1.525  | 1.515  | 1.507  | 1.494  |

| 馬拉松         | 對照組   | 500 倍 | 750 倍 | 1000 倍 | 1250 倍 | 1500 倍 | 1750 倍 | 2000 倍 |
|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΔV_Lux 1 分鐘 | 0.036 | 0.005 | 0.007 | 0.010  | 0.012  | 0.015  | 0.017  | 0.020  |
| ΔV_Lux 2 分鐘 | 0.057 | 0.007 | 0.012 | 0.018  | 0.022  | 0.028  | 0.030  | 0.036  |
| ΔV_Lux 3 分鐘 | 0.073 | 0.009 | 0.016 | 0.025  | 0.030  | 0.037  | 0.041  | 0.050  |

$$\Delta V_{\text{Lux}}(1 \text{ 分鐘}) = V_{\text{Lux}}(10\text{s}) - V_{\text{Lux}}(70\text{s}) \quad \Delta V_{\text{Lux}}(2 \text{ 分鐘}) = V_{\text{Lux}}(10\text{s}) - V_{\text{Lux}}(130\text{s})$$

| 馬拉松     | 500 倍 | 750 倍 | 1000 倍 | 1250 倍 | 1500 倍 | 1750 倍 | 2000 倍 |
|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 分抑制率% | 86.11 | 80.56 | 72.22  | 66.67  | 58.33  | 52.78  | 44.44  |
| 2 分抑制率% | 87.72 | 78.95 | 68.42  | 61.40  | 50.88  | 47.37  | 36.84  |
| 3 分抑制率% | 87.67 | 78.08 | 65.75  | 58.90  | 49.32  | 43.84  | 31.51  |

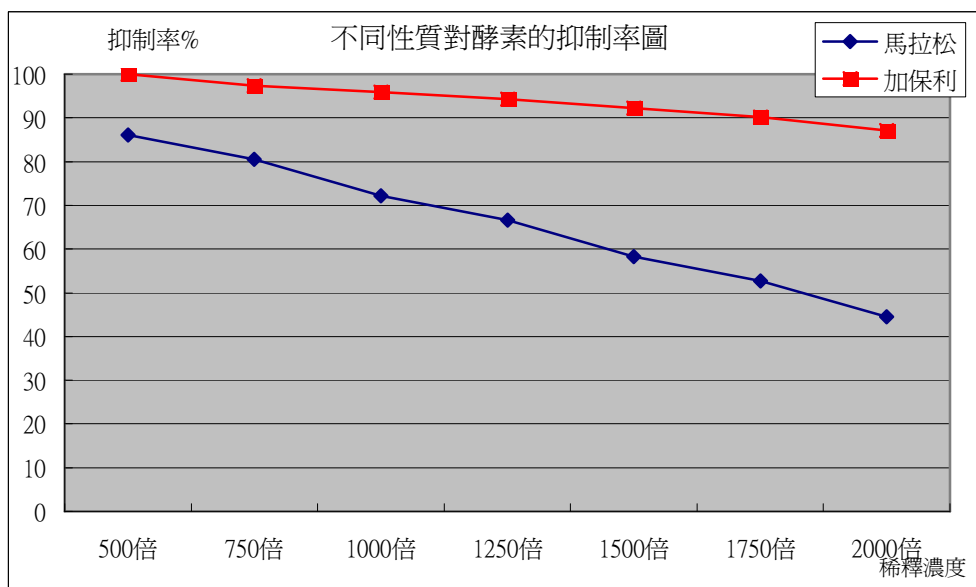
抑制率算法： 例如：馬拉松 1 分鐘 稀釋 500 倍

$$\text{抑制率} = \frac{(\text{對照組} \Delta V_{0(1\text{min})} - \text{Lux} - 500\text{倍} \Delta V_{(1\text{min})} - \text{Lux})}{\text{對照組} \Delta V_{0(1\text{min})} - \text{Lux}} * 100\% = \left( \frac{0.036 - 0.005}{0.036} \right) * 100\% = 86.11\%$$

發現：

1. 馬拉松相同濃度的抑制率會隨時間而降低，除稀釋 500 倍外，其它濃度 2 分鐘及 3 分鐘抑制率都明顯下降。
2. 為明顯比較出抑制率的差異，我們實驗四都計算『1 分鐘』的抑制率。

| 稀釋倍數                   | 500 倍  | 750 倍 | 1000 倍 | 1250 倍 | 1500 倍 | 1750 倍 | 2000 倍 |
|------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 馬拉松<br>(有機磷劑)<br>抑制率%  | 86.11  | 80.56 | 72.22  | 66.67  | 58.33  | 52.78  | 44.44  |
| 加保利<br>(氨基酸鹽劑)<br>抑制率% | 100.00 | 97.44 | 95.87  | 94.27  | 92.31  | 90.21  | 87.18  |



發現：

1. 相同濃度不同性質的溶液，對酵素的抑制率不同，對酵素的抑制率：加保利>馬拉松，且加保利對酵素的抑制率都很大。
2. 相同性質不同濃度的溶液，對酵素的抑制率不同，濃度越高，抑制率越大。

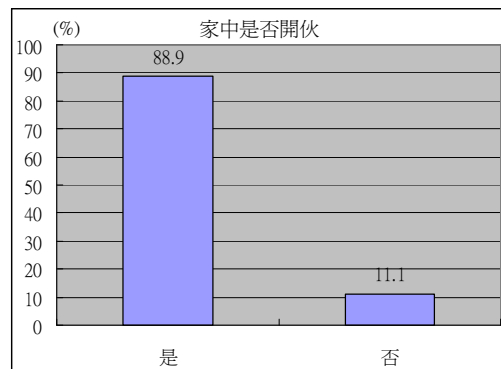
### 實驗三：問卷調查~一般家中常用清洗蔬菜的方式-

本研究問卷發放對象為本校五、六年級學生家長及全校教師，共發放 400 份問卷，剔除填回答不完整者，有效回收 342 份問卷，回收率為 85.5%

問題 1：您家中是否開伙 (1)  是 (繼續問卷) (2)  否 (結束問卷)。

結果：

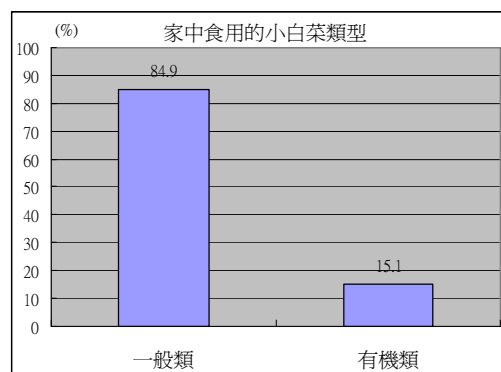
| 項目  | (1)是 | (2)否 | 總合  |
|-----|------|------|-----|
| 次數  | 304  | 38   | 342 |
| 百分比 | 88.9 | 11.1 | 100 |



問題 2：您家中食用的小白菜類型大多為 (1)  一般類 (繼續問卷) (2)  有機類 (結束問卷)。

結果：

| 項目  | (1)一般類 | (2)有機類 | 總合  |
|-----|--------|--------|-----|
| 次數  | 258    | 46     | 304 |
| 百分比 | 84.9   | 15.1   | 100 |

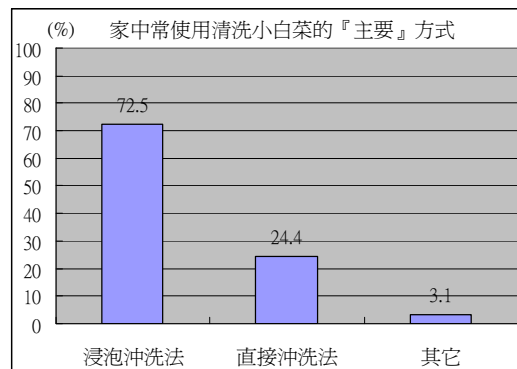


問題 3：您家中常使用清洗小白菜的『主要』方式為

- (1)  浸泡沖洗法
- (2)  直接沖洗法 (不浸泡) (請跳至第 7 題)
- (3)  其它(如機器沖洗...等) (請跳至第 8 題)

結果：

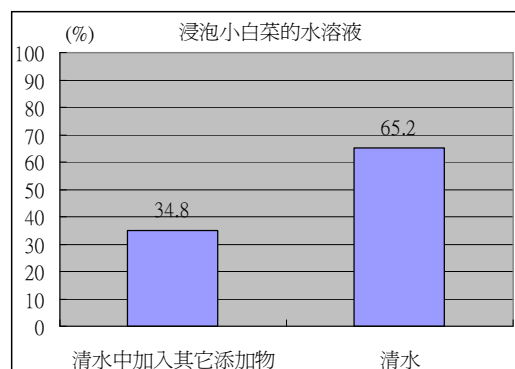
| 項目  | (1)浸泡沖洗法 | (2)直接沖洗法 | (3)其它 | 總合  |
|-----|----------|----------|-------|-----|
| 次數  | 187      | 63       | 8     | 258 |
| 百分比 | 72.5     | 24.4     | 3.1   | 100 |



問題 4：您浸泡小白菜的水溶液為 (1)  清水中加入其它添加物。(2)  清水(請跳至第 6 題)。

結果：

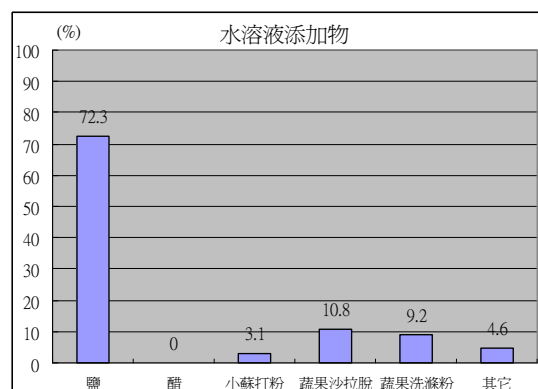
| 項目  | (1) 清水中加入其它添加物 | (2) 清水 | 總合  |
|-----|----------------|--------|-----|
| 次數  | 65             | 122    | 187 |
| 百分比 | 34.8           | 65.2   | 100 |



問題 5：主要的水溶液添加物為 (1)  鹽 (2)  醋 (3)  小蘇打粉 (4)  蔬果沙拉脫 (5)  蔬果洗滌粉 (6)  其它\_\_\_\_\_。

結果：此部份(6)其它佔的比例為 4.6% ，共有 3 位回答者，使用的水溶液添加物為蔬果洗滌液的有 2 位；使用鹼性水的有一位。

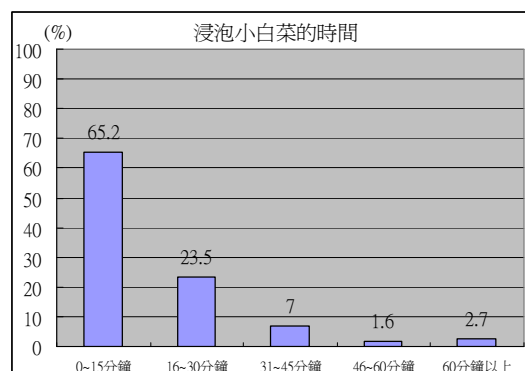
| 項目  | (1) 鹽 | (2) 醋 | (3) 小蘇打粉 | (4) 蔬果沙拉脫 | (5) 蔬果洗滌粉 | (6) 其它 | 總合  |
|-----|-------|-------|----------|-----------|-----------|--------|-----|
| 次數  | 47    | 無     | 2        | 7         | 6         | 3      | 65  |
| 百分比 | 72.3  | 0     | 3.1      | 10.8      | 9.2       | 4.6    | 100 |



問題 6：您浸泡小白菜的時間約為 (1)  0~15 分鐘 (2)  16~30 分鐘 (3)  31~45 分鐘 (4)  46~60 分鐘 (5)  60 分鐘以上。(請跳至第 9 題)。

結果：

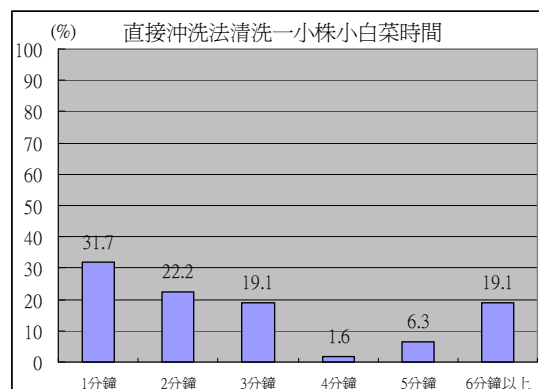
| 項目  | (1) 0~15 分鐘 | (2) 16~30 分鐘 | (3) 31~45 分鐘 | (4) 46~60 分鐘 | (5) 60 分鐘以上 | 總合  |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----|
| 次數  | 122         | 44           | 13           | 3            | 5           | 187 |
| 百分比 | 65.2        | 23.5         | 7.0          | 1.6          | 2.7         | 100 |



問題 7：您使用直接沖洗法清洗一小株小白菜的時間約為(1) 1 分鐘 (2) 2 分鐘 (3) 3 分鐘 (4) 4 分鐘 (5) 5 分鐘 (6) 6 分鐘以上。(請跳至第 9 題)。

結果：

| 項目  | (1)1 分鐘 | (2)2 分鐘 | (3)3 分鐘 | (4)4 分鐘 | (5)5 分鐘 | (6)6 分鐘以上 | 總合  |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----|
| 次數  | 20      | 14      | 12      | 1       | 4       | 12        | 63  |
| 百分比 | 31.7    | 22.2    | 19.1    | 1.6     | 6.3     | 19.1      | 100 |



問題 8：請簡述您家中常使用清洗小白菜的主要方式及其時間為：\_\_\_\_\_。

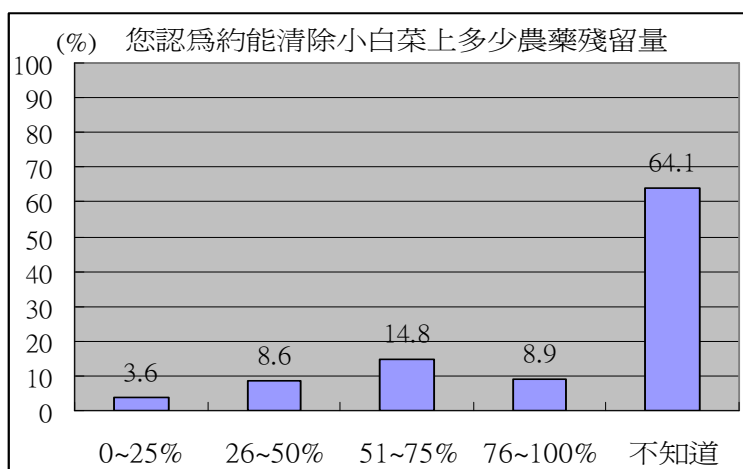
結果：此結果佔第三題「家中常使用清洗蔬果的主要方式」的比例為 3.1%，共有 8 位回答者，使用方式有三種，其填答為使用臭氧清洗機清洗蔬果的有 6 位，使用時間約 10~30 分鐘；使用淨水器清洗蔬果的有 1 位，使用時間約 3 分鐘；使用有機氧化物浸泡器的有 1 位，使用時間約 10 分鐘。

問題 9：您認為您常用的清洗小白菜方法，約能清除蔬果上多少農藥殘留量：

(1) 0~25% (2) 26~50% (3) 51~75% (4) 76~100% (5) 不知道。

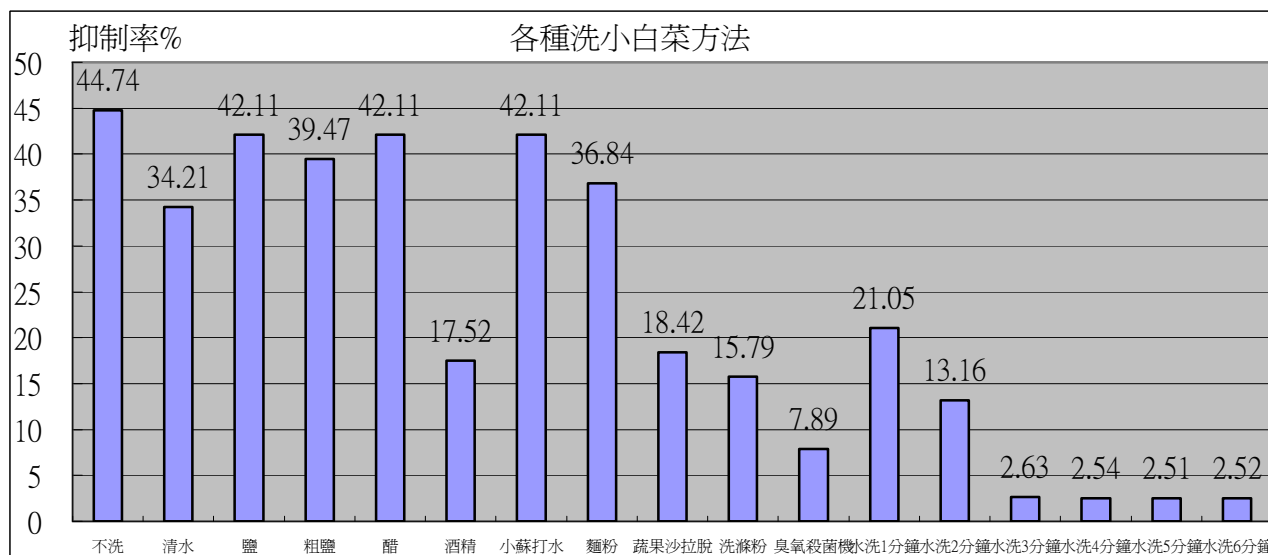
結果：

| 項目  | (1)0~25% | (2)26~50% | (3)51~75% | (4)76~100% | (5)不知道 | 總合  |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|--------|-----|
| 次數  | 11       | 26        | 45        | 27         | 195    | 304 |
| 百分比 | 3.6      | 8.6       | 14.8      | 8.9        | 64.1   | 100 |



## 實驗四：比較不同清洗小白菜農藥殘留量方法的效果

| 方法    | 對照組   | 實驗組   |       |             |             |             |             |             |             |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|       | 不洗    | 浸泡沖洗法 |       |             |             |             |             |             |             |
| 抑制率 % | 44.74 | 清水    | 鹽     | 粗鹽          | 醋           | 酒精          | 小蘇打粉        | 低筋麵粉        | 36.84       |
| 方法    | 實驗組   |       |       |             |             |             |             |             |             |
|       | 浸泡沖洗法 |       | 機器沖洗法 | 直接沖洗法       |             |             |             |             |             |
|       | 蔬果沙拉脫 | 蔬果洗滌粉 | 臭氧殺菌機 | 清水沖洗<br>1分鐘 | 清水沖洗<br>2分鐘 | 清水沖洗<br>3分鐘 | 清水沖洗<br>4分鐘 | 清水沖洗<br>5分鐘 | 清水沖洗<br>6分鐘 |
| 抑制率 % | 18.42 | 15.79 | 7.89  | 21.05       | 13.16       | 2.63        | 2.54        | 2.51        | 2.52        |



發現：

1. 使用 16 種清洗小白菜的方法，相較對照組不洗，抑制率都有下降。
2. 清洗後的小白菜抑制率大約：『直接沖洗法』< 『機器沖洗法』< 『浸泡沖洗法』，表示用流動水清洗小白菜上殘留農藥量的效果比將小白菜浸泡在盆子裡好。
3. 浸泡沖洗法中，以清水中添加蔬果沙拉脫、洗滌粉和酒精抑制比較低，但浸泡於酒精中的小白菜，放入約 2 分鐘，整個溶液變成綠色，小白菜明顯脫水，浸泡於蔬果沙拉脫溶液中的小白菜取出時有很多泡沫。
4. 直接沖洗法抑制率：洗 1 分鐘>洗 2 分鐘>洗 3 分鐘≡洗 4、5、6 分鐘。

# 柒、討論

## 一、『光電池比色儀』：

太陽能光電池是一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，它祇要一照到光，瞬間就可輸出電壓及電流。而這種太陽能光電池(Solar cell)簡稱為太陽能電池或太陽電池，我們就是利用太陽能電池需要光來輸出電壓的原理，當實驗反應後比色管裡的溶液顏色較深時，照射到太陽能光電池的光源就相對變小，輸出的電壓值也就較小，反之，則較大。

## 二、影響酵素抑制率的因素：

**性質**：實驗二中發現，相同濃度的溶液，對酵素的抑制率：『加保利』>『馬拉松』。

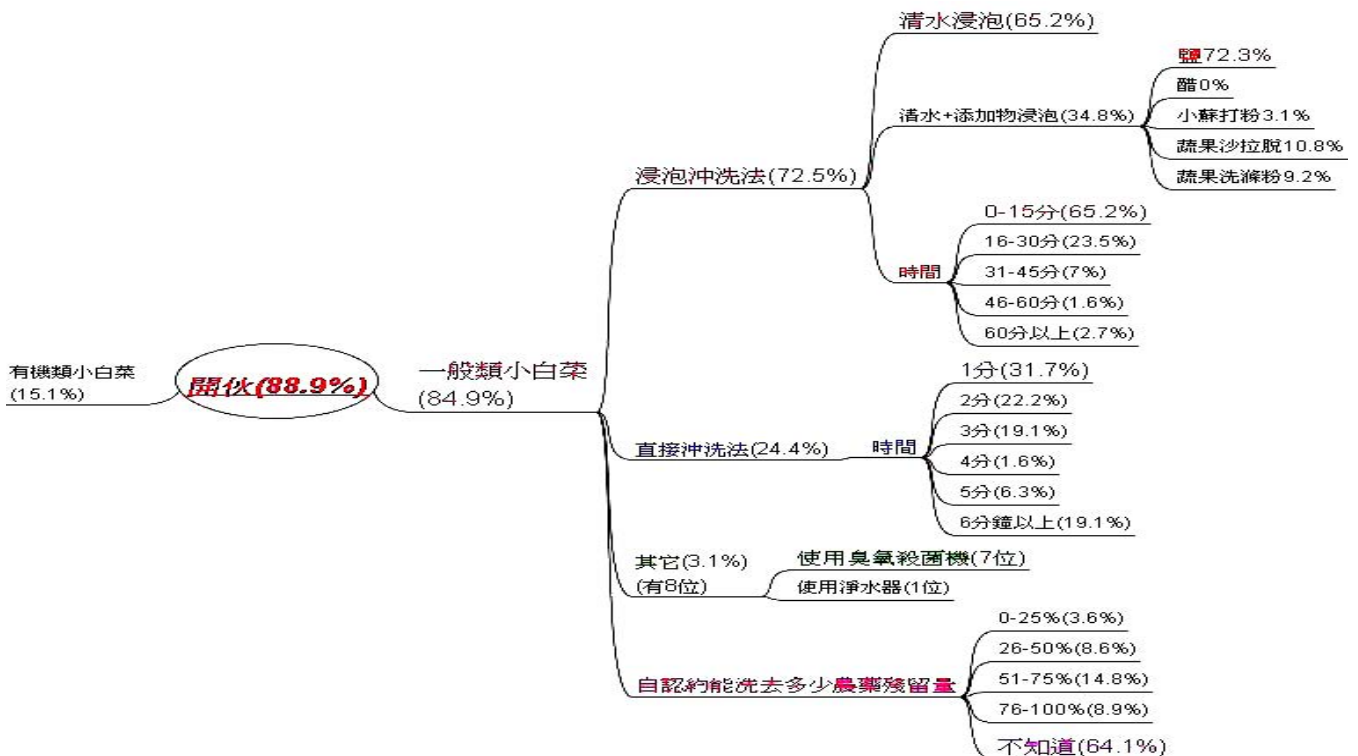
**濃度**：實驗二中發現，同種類的溶液，對酵素的抑制率：『濃度大』>『濃度小』。

**時間**：實驗二中發現，相同種類及濃度的溶液，計算越長時間的酵素變化，抑制率會降低。

**環境溫度**：曾經實驗時發現相同樣品的抑制率竟有較大的差距，經請教板橋市農會後才知，環境溫度會影響酵素的活性，因此每次我們實驗都會在室溫為 26-28<sup>0</sup>C 時才進行。

## 三、問卷調查多數家庭清洗小白菜的的方法：

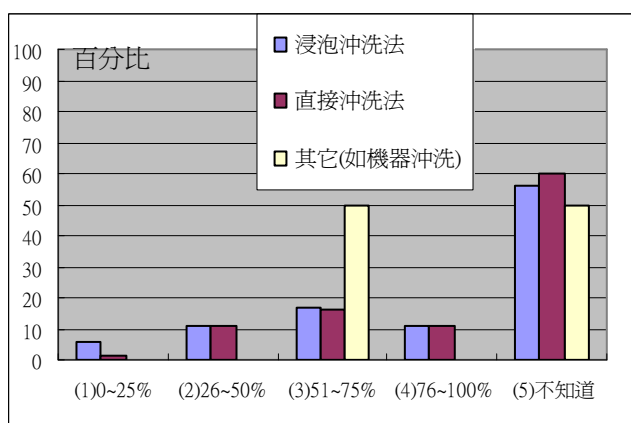
- 問卷統計結果整理如下圖，多數家庭都會開伙，而只有少數家庭會購買有機類小白菜，因此如何清洗小白菜上的農藥殘留量很重要，而問卷結果發現，72.5%的家庭採浸泡沖洗法，其中以清水浸泡 0-15 分鐘佔多數比率，但是從問卷第 9 題問題中發現，不管使用什麼方法，64.1%的受訪者都不知道其使用的方法到底能洗去多少農藥殘留量。（雖然我們也不知道有機類是不是一定保證完全不含農藥，因時間因素我們並無進行相關實驗，所以希望明年繼續探討這個部份）



2. 我們還去細分析了使用不同清洗小白菜方式之家長及教師，認為約能清除多少農藥殘留量之比例，結果如下：

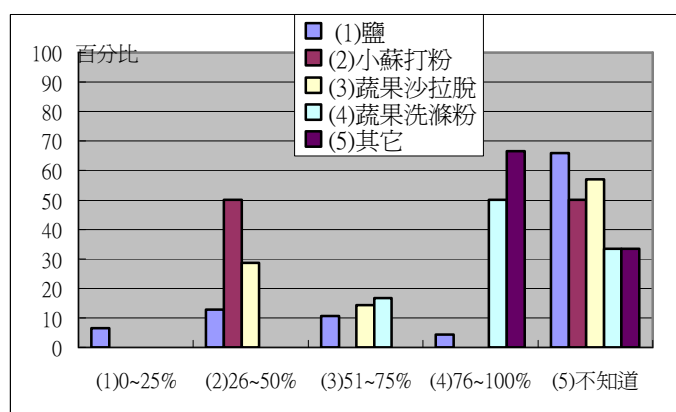
表一：

| 項目(百分比) | (1)0~25% | (2)26~50% | (3)51~75% | (4)76~100% | (5)不知道 |
|---------|----------|-----------|-----------|------------|--------|
| 浸泡沖洗法   | 5.9      | 10.7      | 16.6      | 10.7       | 56.1   |
| 直接沖洗法   | 1.6      | 11.1      | 15.9      | 11.1       | 60.3   |
| 其它(如機器) | 0        | 0         | 50        | 0          | 50     |



表二：

| 項目(百分比) | (1)0~25% | (2)26~50% | (3)51~75% | (4)76~100% | (5)不知道 |
|---------|----------|-----------|-----------|------------|--------|
| 鹽       | 6.4      | 12.8      | 10.6      | 4.3        | 65.9   |
| 小蘇打粉    | 0        | 50        | 0         | 0          | 50     |
| 蔬果沙拉脫   | 0        | 28.6      | 14.3      | 0          | 57.1   |
| 蔬果洗滌粉   | 0        | 0         | 16.7      | 50         | 33.3   |
| 其它      | 0        | 0         | 0         | 66.7       | 33.3   |



從上表一及表二可知，大多數使用浸泡和直接沖洗法都不知道能清除掉多少農藥殘留量，而其它方法及使用浸泡法並於水中添加物為蔬果洗滌粉及其它物質者，較多人覺得能洗去農藥殘留量，但因問卷回答這部份的人數並不多，我們覺得真的是使用此法確能洗掉農藥殘留量還是因為樣品數不夠，故提高百分比差距呢？有待更進一步探討。



#### 四、影響有效清洗小白菜方法的因素：

1. 方法：實驗四發現，不同方法清洗小白菜對酵素的抑制率：『直接沖洗法』<『機器沖洗時』<『浸泡沖洗法』，表示直接沖洗法清洗小白菜效果較好，機器沖洗法比浸泡法好，但一台機器需花費幾千元且機器也有可能壞掉。
2. 時間：實驗四發現，直接沖洗法時間越長能洗去越多的農藥殘留量，不過清洗時間為4、5、6分鐘和清洗3分鐘的抑制率2.63%相差並不大了，因此我們認為使用清水直接沖洗3分已能清洗大部份的農藥殘留，再花更多時間，是浪費多餘的水。
3. 浸泡液添加物：實驗發現多數浸泡沖洗法效果都比直接沖洗法不好，若只比較浸泡沖洗法發現，浸泡液中加入蔬果沙拉脫及蔬果洗滌粉比起其它添加物效果好些，但浸泡於蔬果沙拉脫及洗滌粉後，需再使用更多的清水將泡沫洗淨，否則是否造成另一種傷害，就不得而知了。另外將小白菜浸泡於酒精中的想法來自於檢測時可以利用酒精萃取農藥，那把蔬菜浸泡於酒精，不就可以把農藥都萃取出來了嗎？但實驗結果發現，盆子裡的酒精沒多久都變成綠色的，且小白菜明顯嚴重脫水，根本不能食用了。
4. 我們大家心裡疑惑為什麼浸泡法的效果都不好，查了資料發現農藥的性質有接觸性和移行性，接觸性中的水溶性農藥大都殘留在施藥時接觸到的部位，容易被剝除或清洗掉，如果用浸泡法豈不是稀釋後又再被蔬菜吸收還原了。像問卷中，有媽媽回答洗小白菜的方法是切除根部後再放入水中浸泡，如此一來，這些農藥便一點一滴的又流入蔬菜中了！我們知道後馬上告訴她這樣的方法是很不好的。但若是移行性農藥，它就會進入植物層或經由植物輸送到整個植體，是很難清洗去除的。
5. 農藥和所有化學品一樣，毒或不毒，取決於「量」，故農藥不一定就是毒藥。農藥的毒性以對防治對象效果為主，效果好的對人的毒性不一定高。大部份的農藥噴灑後，在一定期限內已被作物本身及大自然環境分解消失。像實驗調配的溶液，試驗所裡的佳玲姐姐告訴我們可以稀釋澆在學校植物上，有殺蟲的效果，或放在屋頂自然蒸發，透過大自然環境分解消失。因此農友們建立正確安全用藥之觀念並遵照「安全採收期」，加上消費者正確清洗方法，我想就能吃的健康了。

## 捌、 結論

- 一、 利用 LED、回收保特瓶及要淘汰的計算機光電池，成功地製作出『光電池比色儀』，它『量化』了水溶液的顏色差異，也許測量結果不如昂貴的分光比色儀精準，但比起肉眼判斷來得客觀許多，另外最主要是它花費少。
- 二、 利用『生化法』配合『光電池比色儀』檢測農藥殘留量，紀錄 1 分鐘內 V\_Lux 的變化，再計算抑制率，當抑制率越小，表農藥殘留量越少，反之；抑制率越大，表農藥殘留量越多。
- 三、 『性質』、『濃度』、『時間』、『環境溫度』都會影響酵素的抑制率。
- 四、 實驗發現『用流動的水，直接沖洗 3 分鐘的直接沖洗法』是最有效清除一小株小白菜農藥殘留量的方法，竟顛覆了問卷中多數人使用『將小白菜浸泡於清水 0~15 分鐘的浸泡沖洗法』。

## 玖、 參考資料及其它

1. 感謝行政院農業試驗委員會農業試驗所曾佳玲小姐給予協助指導並提供檢測試劑組進行實驗。
2. 感謝板橋市農會林組長及吳老師給予協助指導相關知識及技術。
3. 矽新科技股份有限公司 <http://www.suntex.com.tw/product/>。
4. 漢光果菜生產合作社。農藥殘留檢驗。取自 <http://www.hankuan.org.tw/1-1.htm>。
5. 如何安全使用農藥 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405120105089>。
6. 行政院農業委員會 農藥資訊服務網 [http://pesticide.baphiq.gov.tw/index.aspx?time="](http://pesticide.baphiq.gov.tw/index.aspx?time=)

# 家中常用清洗蔬果方式調查表

問卷編號：\_\_\_\_\_ (免填)

大家好：

我們是一群正在進行科展研究的學生，想知道哪種方式較能有效地清洗掉蔬果上的殘留農藥，希望透過調查了解大多數家庭清洗蔬果的方法，來進行實驗研究。

本問卷調查的蔬果請一律以小白菜回答，感謝您的幫忙。

1. 您家中是否開伙：  
(1) 是 (繼續問卷) (2) 否 (結束問卷)。
2. 您家中食用的小白菜類型大多為：  
(1) 一般類 (繼續問卷) (2) 有機類 (結束問卷)。
3. 您家中常使用清洗小白菜的『主要』方式為：  
(1) 浸泡沖洗法 (2) 直接沖洗法 (不浸泡) (請跳至第 7 題)  
(3) 其它(如機器沖洗...等) (請跳至第 8 題)
4. 您浸泡小白菜的水溶液為：  
(1) 清水中加入其它添加物。  
(2) 清水 (請跳至第 6 題)。
5. 請依順序 (1、2、3...) 填寫水溶液的添加物為：  
鹽 醋 小蘇打粉 蔬果沙拉脫 蔬果洗滌粉  
其它\_\_\_\_\_。(僅使用一種方法，填 1 即可)
6. 您浸泡小白菜的時間約為：  
(1) 0~15 分鐘 (2) 16~30 分鐘 (3) 31~45 分鐘 (4) 46~60 分鐘 (5) 60 分鐘以上。  
(請跳至第 9 題)
7. 您使用直接沖洗法清洗一小株小白菜的時間約為：  
(1) 1 分鐘 (2) 2 分鐘 (3) 3 分鐘 (4) 4 分鐘 (5) 5 分鐘 (6) 6 分鐘以上。  
(請跳至第 9 題)
8. 請簡述您家中常使用清洗小白菜的主要方式及其時間為：  
\_\_\_\_\_。
9. 您覺得您常用清洗小白菜的方法，約能清除蔬果上多少農藥殘留量：  
(1) 0~25% (2) 26~50% (3) 51~75% (4) 76~100% (5) 不知道。

## **【評語】 080205**

本項作品探討生活中清洗蔬菜的最佳方法，但使用酵素以及光電池比色儀等裝置，實已超過國小程度之範圍，且又能到各機構尋求資源來協助實驗之進行，亦具實際施行之可行性，因此最佳作品當之無愧。