

第四屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號： SA4-254

作品名稱： 「**酵**」一笑，農藥便知道

—利用微型裝置，配合酵素進行蔬菜中殘留農藥的檢測

姓名： 陳 孝 忻

關鍵字： 農藥、酵素、有機蔬菜

目錄

摘要.....	P . 02
壹、研究動機.....	P . 03
貳、研究目的.....	P . 03
參、研究設備及器材.....	P . 04
肆、研究過程及方法.....	P . 06
伍、研究結果.....	P . 21
陸、討論.....	P . 22
柒、結論.....	P . 23
捌、參考文獻.....	P . 24

摘要：

本研究是利用光敏電阻為偵測器，發光二極體為光源，組裝一個簡易且可靠的檢測器，並配合酵素來測量蔬菜中農藥的殘留量。此微型檢測器的反應槽容量約只有 1.4 毫升，只需微量的藥品就能檢測出蔬菜中的農藥殘留是否過量。另外，和一般常使用的分光光度計相比較，此檢測器的成本大幅降低了許多，因為所有的零件都是一般實驗室唾手可得的材料。

我們的檢測原理是利用乙醯膽鹼酶會分解乙醯膽鹼，當所產生的乙酸及膽鹼遇上呈色劑就會形成黃色溶液；而農藥會抑制乙醯膽鹼酶的作用，所以當蔬菜中農藥殘留量愈多，乙醯膽鹼的分解就愈少，所形成的黃色溶液顏色就愈淡，電阻值也就愈小。接著我們再利用公式將所讀取到的電阻值換算成抑制率，若抑制率大於 35%就表示此蔬菜的農藥殘留量過高。如此一來，我們就可輕鬆地檢測出日常所食用的蔬菜農藥殘留是否過量。

我們檢測了市面上所販售的十五種蔬菜中，氨基甲酸鹽類及有機磷類兩種不同種類農藥的殘留是否過量。同時選取其中農藥含量最多的六種蔬菜，比較以清水清洗一次、兩次、三次以及以鹽水清洗的效果，希望找出一種最能有效去除蔬菜中農藥的方法；另外我們也進一步探討有機蔬菜的栽培是否真的不使用農藥。

結果發現，各市場的蔬菜在未清洗之前農藥殘留量大都還很高，而且超市買到的蔬菜殘留量大都比傳統市場的高出一些。比較了不同的清洗方法後，發現還是以清水來洗最為有效，清洗的次數愈多，農藥殘留量就愈少，在清洗三次之後就能有效地去除蔬菜中大部分的農藥；而用鹽水清洗雖能去除一部份農藥，其效果卻遠不如以清水清洗。同時透過實驗，證實了我們買到的有機蔬菜，雖然農藥殘留量比一般蔬菜少很多，卻仍有部分殘留，所以還是以清水清洗後再食用較安全。

未來我們希望能更廣泛地應用此裝置，例如檢測水果及花卉中農藥的殘留，也希望能夠進一步將儀器連接到電腦，使數據的處理能夠更加方便。

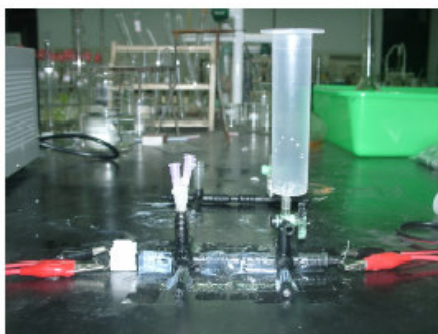
壹、研究動機

近年來，國人愈來愈重視飲食的健康，市面上號稱「有機」栽培的蔬果專賣店也如雨後春筍般地出現。然而資料^{文獻}顯示：台灣農藥平均年使用量為 3.8 萬噸且有逐年增高的趨勢；換言之，台灣人每人每年吃下約 1.65 公斤的農藥！

我們真的吃下那麼多農藥嗎？有機蔬菜真的不含農藥嗎？一般常用的清洗方法真的可以有效地去除農藥嗎？是否有較為簡便的方法能夠自行檢測農藥的殘留呢？於是我們展開了下列一連串的研究。

貳、研究目的

- 一、組裝一可檢測農藥的簡易儀器。
- 二、利用酵素並搭配自行組裝之微型儀器來檢測常被使用的農藥。
- 三、探討 15 種常食用的蔬菜中，是否有農藥的殘留？如果有，過量嗎？
- 四、比較葉菜類，根莖類和花果類的農藥殘留量。
- 五、找出去除殘留農藥最有效的方法。
- 六、瞭解市面上的有機蔬菜是否真「有機」。



※照片 1—微型裝置側面



※照片 2—萃取蔬菜過程

參、研究設備及器材

一、實驗所需之用品

(一)材料				
3ml 針筒	10ml 針筒	6cm 玻璃管	12cm 玻璃管	T 型管
三通閥	光敏電阻	細軟管	小玻璃蓋	膠帶
吸管	石膏	AB 膠	熱熔膠	黑色噴漆
(二)設備				
雷射筆	發光二極體	三用電錶	直流電供應器	分光光度計
鱷魚夾	電池	電池座	超音波震盪器	pH 計
(三)器材				
試管	滴管	容量瓶	電子天平	刮勺
秤量紙	吸量管	微量吸量管	洗滌瓶	試管架
燒杯	試管刷	玻璃棒	溫度計	漏斗
拭鏡紙	水果刀	刨刀	撮子	餅乾壓模器
精鹽	紙巾			
(四)藥品				
乙醇	溴水	緩衝溶液(NaH_2PO_4 、 Na_2HPO_4)		呈色劑(DTNB)
乙醯膽鹼(ACh)		乙醯膽鹼酶(AChE)		蒸餾水
硫酸銅	鉻酸鉀			
(五)蔬菜				
高麗菜	白菜	芹菜	蔥	白蘿蔔
馬鈴薯	洋蔥	山藥	薑	蒜
小黃瓜	苦瓜	白花椰菜	玉米	青椒



※照片 3—十五種蔬菜



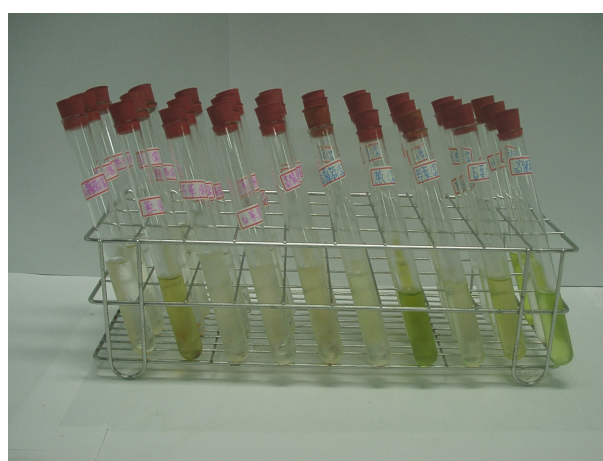
※照片 4—各種蔬菜萃取液

二、藥品的配製^{文獻二}

藥品名稱	配製方法
緩衝液 (pH=7.29)	分別取 17.9g 磷酸氫二鈉與 7.8g 磷酸二氫鈉， 配成 1 升的溶液
乙醯膽鹼酶 (AChE)	以 50 毫升蒸餾水溶解 1.5 毫克的酵素。 (置 4°C 冰箱中保存備用，保存期不超過四天)
乙醯膽鹼 (ACh)	以 18 毫升蒸餾水溶解 0.15 克的受質，再稀釋十六分之一倍。 (置 4°C 冰箱中保存備用，保存期不超過兩週)
呈色劑 (DTNB)	以 120 毫升緩衝溶液溶解 0.96 克的呈色劑 及 0.0936 克的碳酸氫鈉。
萃取液	含氨基甲酸鹽類農藥—利用 8ml 的乙醇來萃取。
	含有機磷類農藥—利用 8ml 的乙醇及 0.4ml 的溴水來萃取。



※照片 5—AChE、ACh、DTNB



※照片 6—蔬菜萃取液

肆、研究過程及方法

文獻探討：

由文獻資料，我們得知：

一、國內使用的農藥大致上可分為三大類^{文獻三}，分別是殺蟲劑、殺菌劑和除草劑。而殺蟲劑中又以有機磷類的種類最多，其次是氨基甲酸鹽類，殺菌劑則是以有機氮及雜環物最多，除草劑的種類比較少。

二、農藥殘留的檢驗方式大概分為三種^{文獻三}：生物檢驗法、化學法和生化法：

(一)生物檢驗法是以活的蒼蠅來測試農藥的多少，蒼蠅的死亡率愈高，表示農藥愈多。

這個方法很麻煩，必須自己養蒼蠅，而且很費時。

(二)化學法是利用萃取、淨化等步驟抽取出蔬果的農藥殘留成份，再以氣相層析儀測定農藥種類及濃度，這個方法精密準確，但是所需要的設備非常昂貴，而且整個實驗過程很困難。

(三)生化法是以乙醯膽鹼酶和蔬果反應，因為農藥毒性會抑制酵素的活性，然後再以分光比色儀測出酵素被抑制的程度來計算抑制率，抑制率愈高表示農藥殘留量愈多，這個方式快速簡便，但檢驗的藥劑種類有限。

三、去除蔬菜中殘留的農藥可分為三種方法^{文獻三}：

(一)以清水清洗蔬菜 15-20 分鐘即可。

(二)以鹽水浸泡 3 分鐘，可中和一部分的農藥，注意不可以浸泡太久，否則會造成營養流失。

(三)蔬果清潔劑對去除清潔脂溶性的農藥非常有效，但是洗完後，需要大量清水清除清潔劑，否則仍會吃下清潔劑的殘毒。

四、有機農業是不用農藥和化學肥料，而是施用有機肥來栽種農作物，因此有機蔬果具有安全無毒的特性^{文獻六}。

五、抑制率的計算公式^{文獻二}：

$$(一) 標準方法：抑制率(\%) = \frac{\Delta A_0 - \Delta A_t}{\Delta A_0} \times 100\%$$

其中 ΔA_0 為不含農藥之酵素吸光度 1 min 的變化值； ΔA_t 為各樣品與酵素反應後吸光度 1 min 的變化值。

$$(二) 我們的方法：抑制率(\%) = \frac{\Delta R_0 - \Delta R_t}{\Delta R_0} \times 100\%$$

其中 ΔR_0 為不含農藥之酵素電阻值 1 min 的變化值； ΔR_t 為各樣品與酵素反應後電阻值 1 min 的變化值。

實驗流程：

新聞常報導某某蔬果農藥含量太高，於是引起我們深入探討。
我們想要以微量的方法並結合酵素來檢測蔬菜中的農藥殘留。

因為農藥會抑制乙醯膽鹼酶的活性，我們利用呈色劑使之顯色。
同時我們想利用自行組裝並改良的儀器來檢測。

實驗一：利用電子元件—發光二極體、光敏電阻、三用電錶組裝一個
「微型」、「減量」的檢測濃度之儀器。

實驗二：配製不同濃度的 $\text{CuSO}_{4(aq)}$ (藍色) 及 $\text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$ (黃色)，並測量其電阻值，觀察其變化，找出是否有線性關係，目的在於證實此裝置的靈敏度及可信度。

實驗三：比較不同顏色的二極體，來量測相同濃度 $\text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$ 的電阻值，目的在於找出使用什麼顏色的光源來偵測效果最佳。實驗後發現使用藍色發光二極體為光源，電阻值變化較明顯且效果較佳。

蒐集學校附近的三個傳統市場及二個大賣場中的常見 15 種蔬菜，
取得樣品共 75 種。

實驗四：利用乙醇來萃取欲檢測的蔬菜（測氨基甲酸鹽類農藥）；
利用乙醇 + 溴水來萃取欲檢測的蔬菜（測有機磷類農藥）。

利用分光光度計($\lambda = 412\text{nm}$)及自行組裝之儀器來檢測農藥，並加以比較。

實驗五：選取六種檢測出農藥殘留最多的蔬菜，以不同清洗方法處理後再檢測，
並比較各個方法的清洗效果。

實驗六：買【實驗五】中的六種有機蔬菜來進行農藥的檢測，觀察是否真無農藥。

綜合以上結果，計算出各樣品中農藥對酵素的抑制率，
並整理出結果來進行討論，同時歸納出結論。

【實驗一】組裝「微型」、「減量」的檢測儀器

一、實驗設計：利用簡單便宜的零件及電子元件來組裝一檢測農藥的微型裝置。

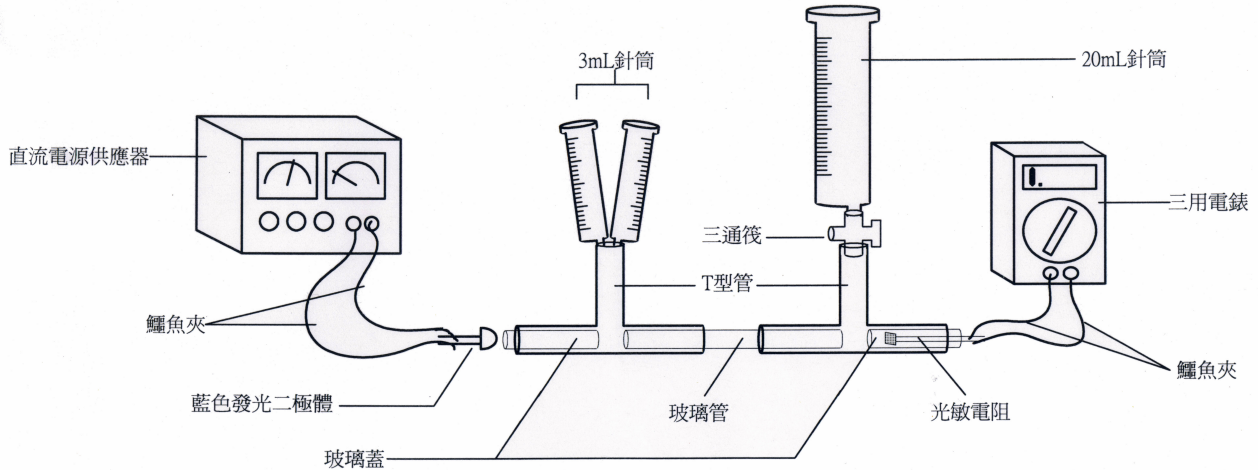
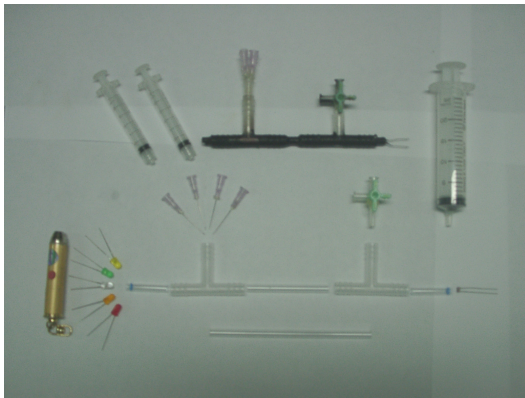


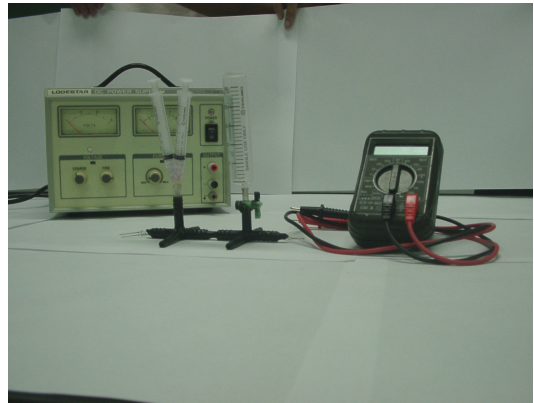
圖1—儀器透視圖

儀器的改良：

- (一)起初光敏電阻的位置無法固定，增加電阻值讀取的困難度，我們就用熱熔膠將其黏著在小玻璃蓋裡面，使光源能夠對準光敏電阻，以減少實驗誤差。
- (二)發光二極體容易在抽取廢液時移位，所以我們分別嘗試了用保麗龍、石膏、吸管等方法使其固定，最後發現用保麗龍固定雷射筆、吸管固定發光二極體的效果最好。
- (三)本實驗是藉光敏電阻來測量光強度的變化，但實驗過程中易受外界光線干擾，所以我們便將整組本來是透明的儀器漆成黑色。經過幾次實驗發現，用壓克力顏料容易掉漆，所以最後選擇使用噴漆。
- (四)由於儀器本身無法直立，所以我們用4個針頭蓋做為支架，再以膠帶將其固定於壓克力板上，效果非常好。
- (五)比較6cm與12cm玻璃管做為反應槽的效果，發現12cm之玻璃管因過長而導致電阻值不易測得，故我們選擇使用6cm的玻璃管。



※照片7—儀器零件



※照片8—實驗裝置

【實驗二】測試此儀器的可行性

一、實驗設計：配製不同濃度的 CuSO_4 溶液及 K_2CrO_4 溶液來測試此儀器。

二、實驗步驟：

(一)配製濃度為 0.1M、0.2M、0.4M、0.6M 的 CuSO_4 溶液及濃度 0.05M、0.1M、0.2M、0.4M、0.6M 的 K_2CrO_4 溶液各 100ml。

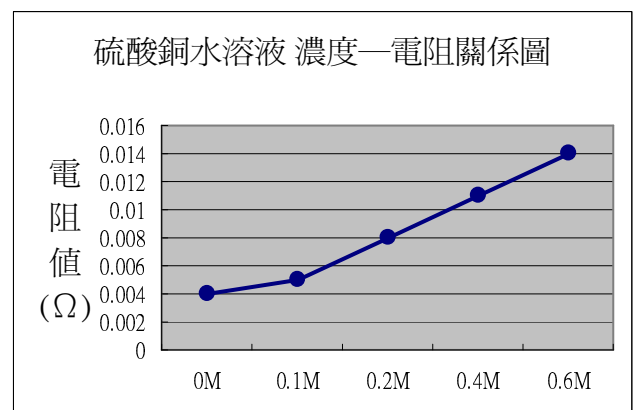
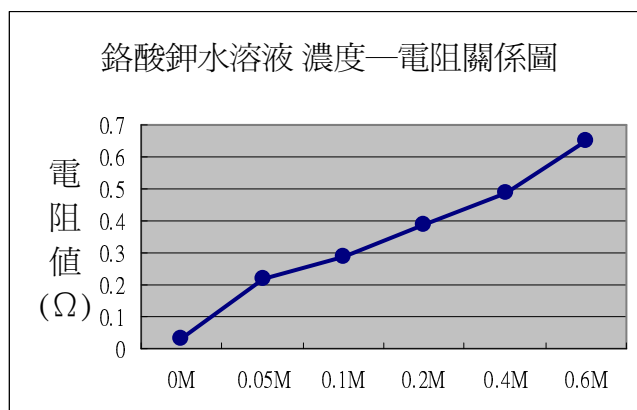
(二)以 5ml 注射針筒將不同濃度的兩種溶液，由低濃度至高濃度分別注入反應槽長度為 6 公分長之自組儀器裝置中，在光源（溶液為 K_2CrO_4 時使用藍色發光二極體，溶液為 CuSO_4 時使用雷射筆）的照射下，測試光敏阻組之電阻、電壓值，並觀察此兩溶液濃度與電阻值之關係。

(三)每種濃度實驗三次，再取平均值。

三、數據及關係圖：

鉻酸鉀溶液		
濃度(M)	電阻(Ω)	電壓(V)
0	0.029	6.2
0.05	0.220	6.2
0.1	0.287	6.2
0.2	0.389	6.2
0.4	0.489	6.2
0.6	0.648	6.2

硫酸銅溶液		
濃度(M)	電阻(Ω)	電壓(V)
0	0.004	6.3
0.1	0.005	6.3
0.2	0.008	6.3
0.4	0.011	6.3
0.6	0.014	6.3



四、結果及討論：

(一)由實驗結果發現，不管溶液的濃度為多少，電壓值恆不變，約等於所供應之電源的電壓。

(二) K_2CrO_4 溶液濃度愈大，顏色愈深，通過的光度愈小，偵測到的電阻值就會愈大，且兩者的關係在 0.05M—0.6M 的範圍間近乎斜直線。這顯示出，利用本儀器所測到的電阻值可以定量溶液的濃度。

(三)本實驗所觀察的酵素，反應後的溶液顏色呈黃色，與鉻酸鉀溶液顏色相似，故使用這套儀器，再配合酵素來檢測農藥殘留量是可行的。



※照片 9— CuSO_4 及 K_2CrO_4 溶液

【實驗三】找出用什麼顏色的二極體光源來偵測效果最佳

一、實驗設計：比較不同顏色的二極體來量測相同 K_2CrO_4 溶液的電阻值。

操縱變因	不同顏色的發光二極體(紅、黃、綠、藍、紫色)
控制變因	電壓、 K_2CrO_4 溶液、樣品體積

二、實驗步驟：

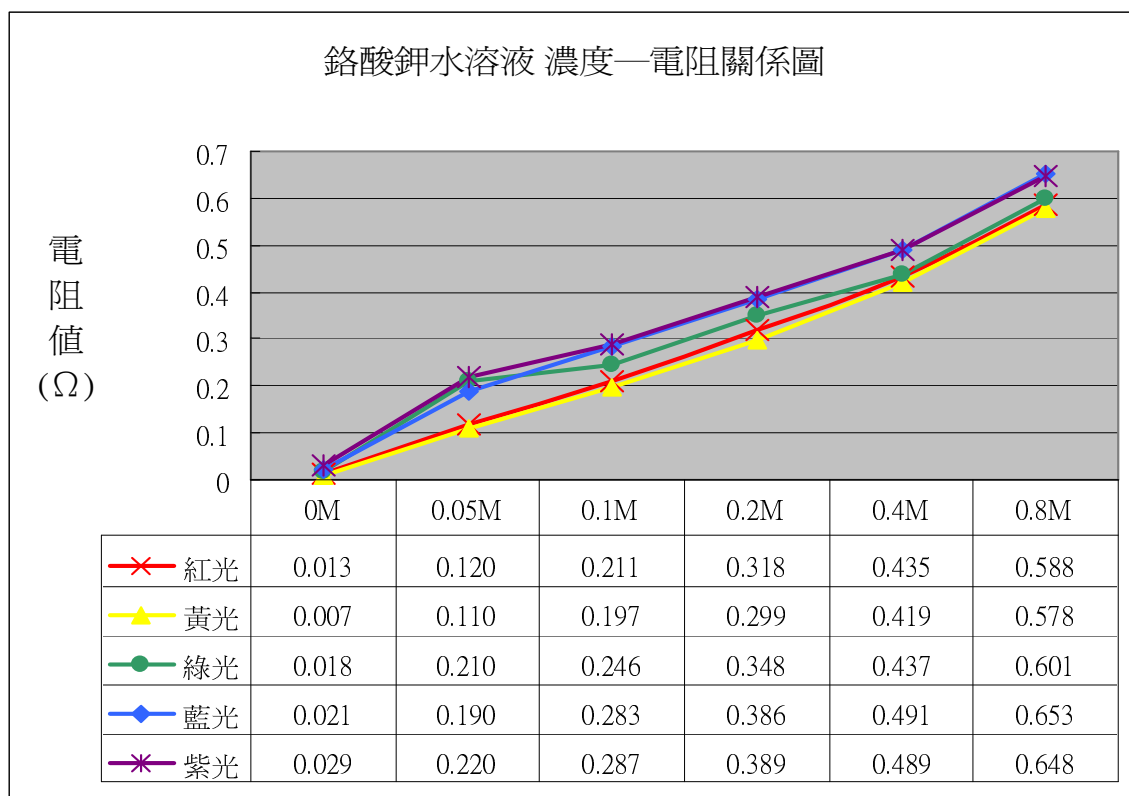
(一)配製 0.05M、0.1M、0.2M、0.4M、0.8M 的 K_2CrO_4 溶液各 100ml。

(二)以固定電壓的電源供應器分別連接紅色、黃色、綠色、藍色、紫色的發光二極體，來量測在不同顏色的光源下，不同濃度 K_2CrO_4 溶液之電阻值。

(三)以 5ml 注射針筒將不同濃度的各種溶液，由低濃度至高濃度分別注入反應槽中，觀察不同光源照射下電阻值與溶液濃度之關係。

(四)每種光源實驗三次，再取平均值。

三、數據比較關係圖：



四、結果及討論：

(一)結果顯示，藍光與紫光在各種濃度下的電阻值都比紅光、黃光、綠光的電阻值大。

(二)濃度大於0.4M以上，藍光的電阻值都較大；但濃度小於0.2M以下，紫光的電阻值會較大。

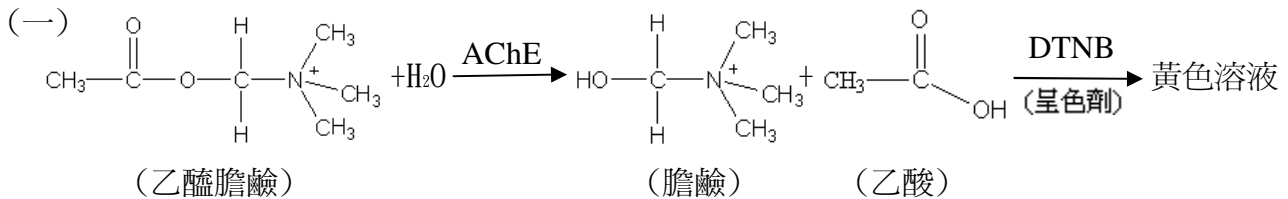
(三)本實驗是檢測蔬菜中農藥的殘留量，我們推測農藥的殘留量應該不高，所以打算用紫色發光二極體來當光源。但經過一連串的測試後發現，利用紫色發光二極體，所測得光敏電阻的電阻值會超出讀取範圍，所以改用藍色發光二極體來進行本研究。

【實驗四】蔬菜中的農藥如何測量？

一、實驗設計：我們決定利用酵素來測試平日我們常吃的蔬菜是否含有農藥，而測試的農藥種類為殺蟲劑，因為殺蟲劑的種類最多。我們測試的殺蟲劑包含最常被使用的氨基甲酸鹽類和有機磷類兩類。

操縱變因	蔬菜種類及來源
控制變因	蔬菜表面積、萃取方法、溫度、反應時間、電壓、分光光度計之波長、樣品及藥品劑量

二、實驗原理^{文獻七}：



(二)農藥會抑制酵素，所以當農藥愈多→乙醯膽鹼的分解愈少→黃色溶液顏色愈淡→吸光度及電阻值愈小。

三、實驗步驟：

(一)分光光度計偵測波長均設定為 $\lambda = 412\text{nm}$ ，直流電源供應器電壓均設定為 3V 。

(二)萃取方法

1. 用餅乾壓模器取各種未清洗之蔬菜各六片，以固定其表面積，再切成小片裝入試管。
2. 加入 8ml 乙醇以萃取氨基甲酸鹽類農藥；或加入 8ml 乙醇和 0.4ml 溴水以萃取有機磷類農藥。
3. 將試管置入超音波震盪器震盪 2 分鐘，取出後靜置 3 分鐘，再過濾萃取液。

(三)利用分光光度計來測量吸光度

1. 將 1ml 緩衝溶液、 0.1ml 萃取液、 0.1ml 乙醯膽鹼酶注入試樣槽，靜置一分鐘，讓酵素和農藥充分地作用。
2. 再注入 0.1ml 呈色劑、 0.1ml 乙醯膽鹼，攪拌 10 下使之均勻混合後置入分光光度計，讀取 10 秒及 1 分 10 秒時的吸光度。
3. 每個樣品實驗三次，再取平均值。

(四)利用自行組裝之儀器來測量電阻值

1. 將 1ml 緩衝溶液、 0.1ml 萃取液、 0.1ml 乙醯膽鹼酶注入 3ml 的針筒，靜置一分鐘，讓酵素和農藥充分地作用。
2. 再注入 0.1ml 呈色劑、 0.1ml 乙醯膽鹼，攪拌 10 下使均勻混合後一併打入反應槽，讀取 10 秒及 1 分 10 秒時的電阻值。
3. 每個樣品實驗三次，再取平均值。

註一：實驗時發現：溶液剛注入反應槽的前十秒內，數值起伏不定，但約十秒後則穩定增加，故我們皆從十秒後開始紀錄數值。

四、數據及分析 (A類為氨基甲酸鹽類農藥；B類為有機磷類農藥)：

※各市場吸光度及電阻的比較

圖1—三民市場 吸光度 抑制率

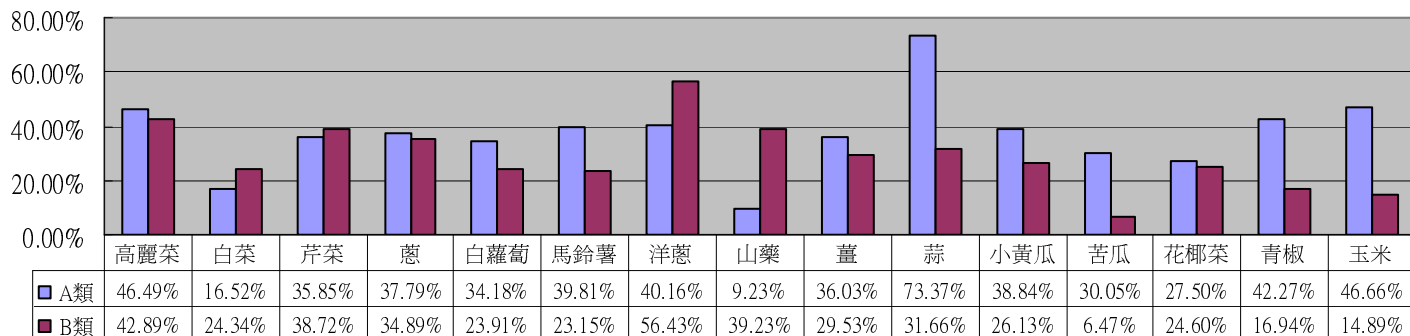


圖2—三民市場 電阻值 抑制率

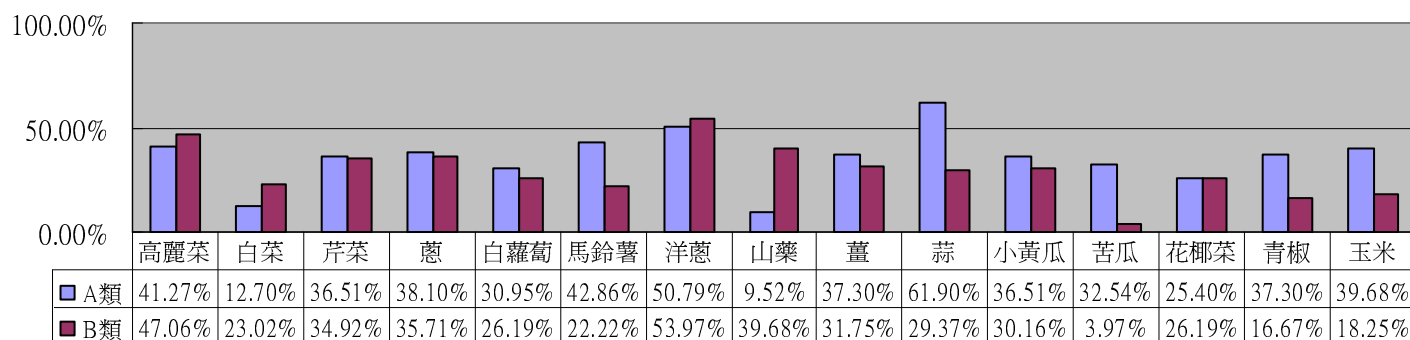


圖3—中安市場 吸光度 抑制率

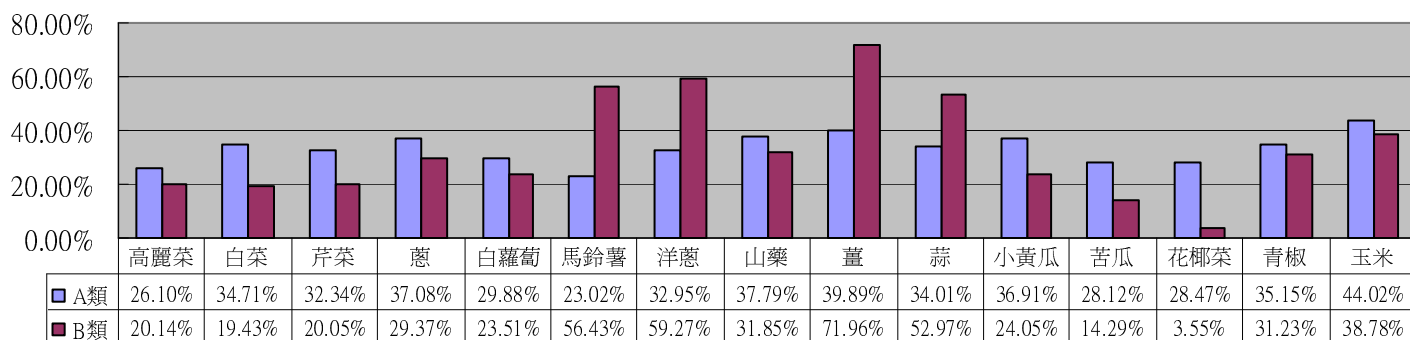


圖4—中安市場 電阻值 抑制率

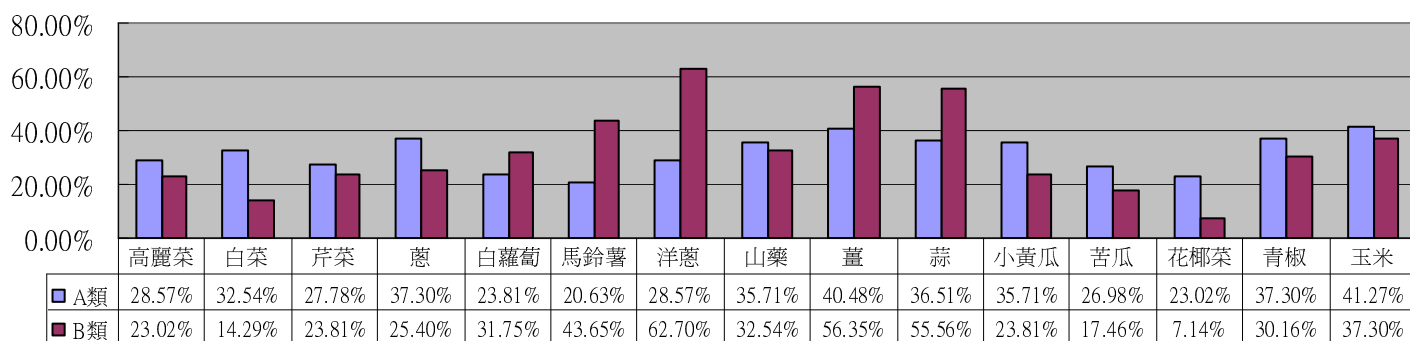


圖5—自強市場 吸光度 抑制率

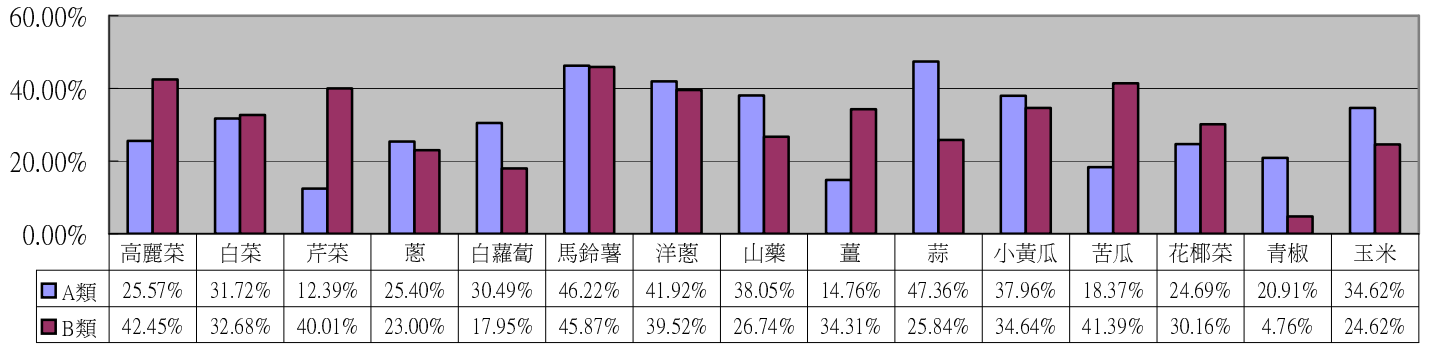


圖6—自強市場 電阻值 抑制率

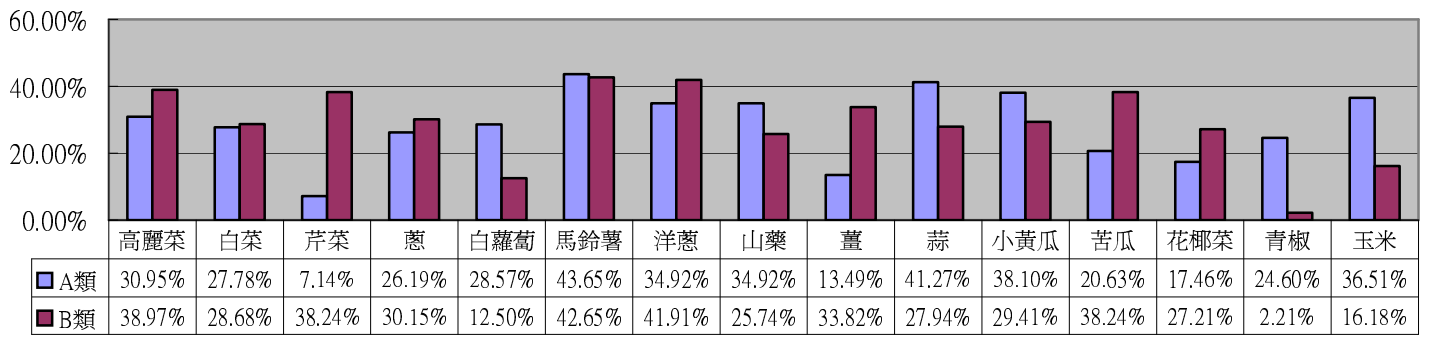


圖7—超市A 吸光度 抑制率

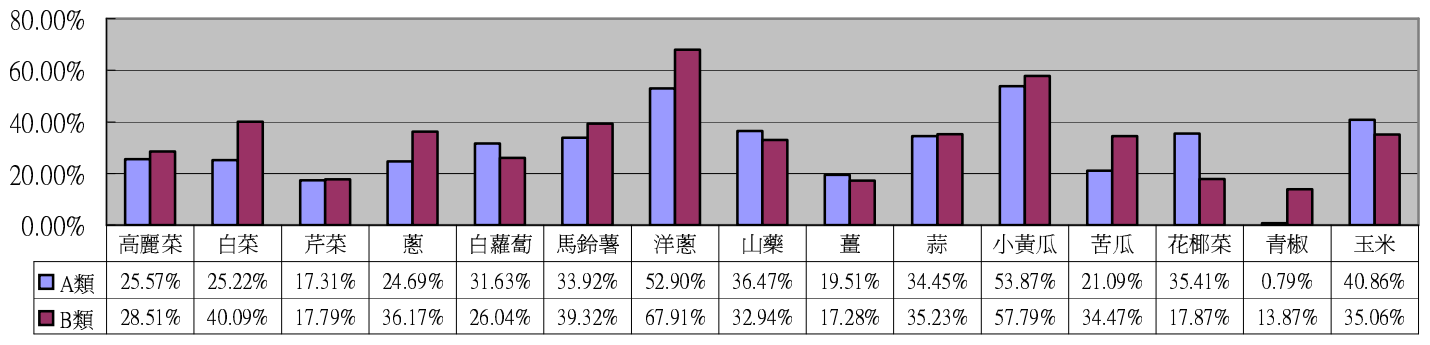


圖8—超市A 電阻值 抑制率

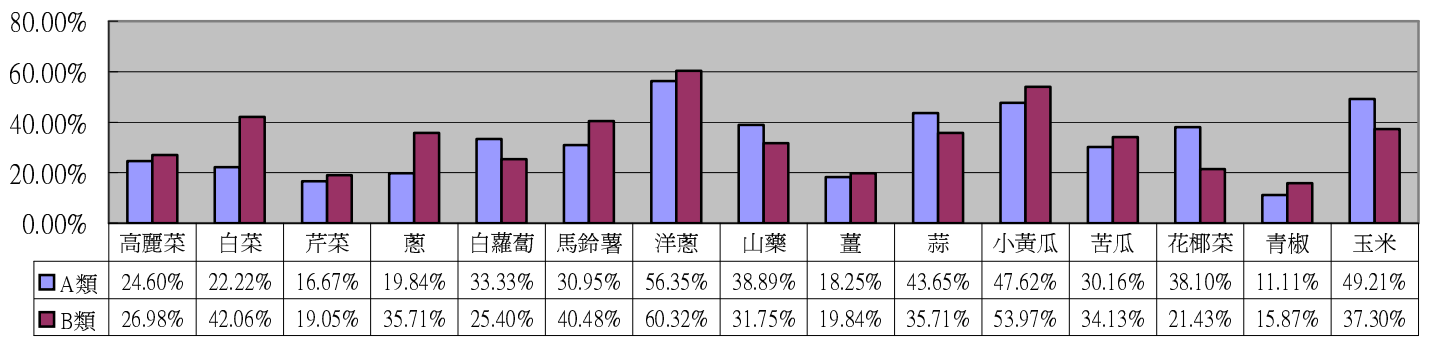


圖9—超市B 吸光度 抑制率

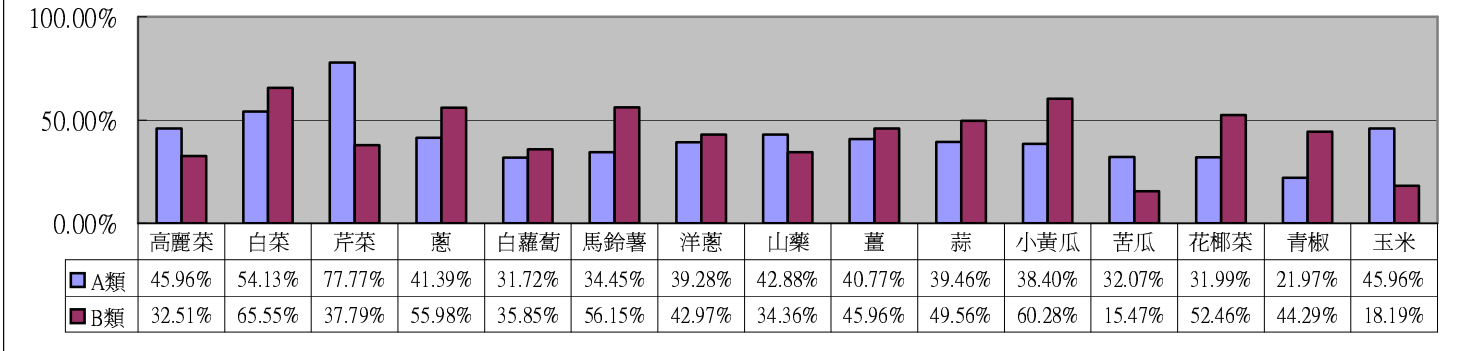
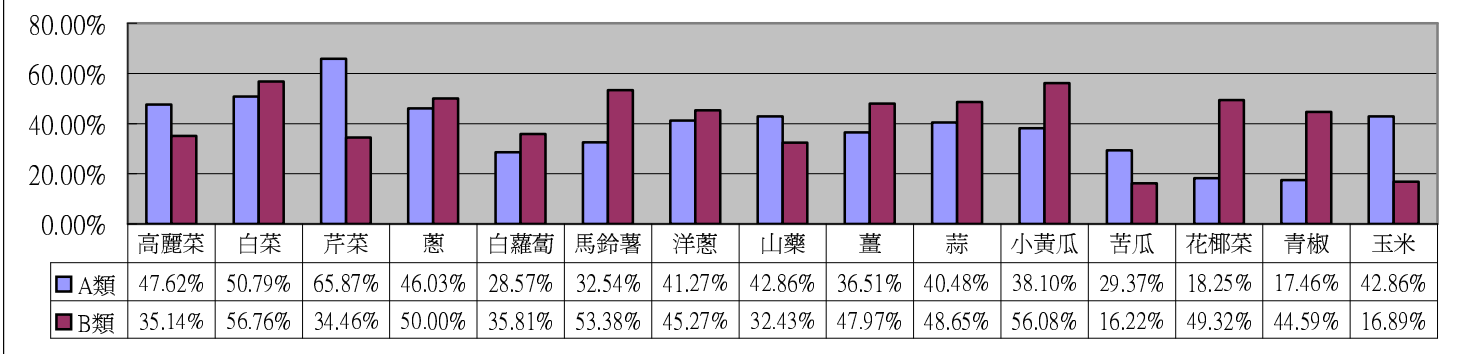


圖10—超市B 電阻值 抑制率



結果與討論：

- (一)由實驗結果顯示：各市場的氨基甲酸鹽類、有機磷類之吸光度與電阻值趨勢大致相同。所以用電阻值取代吸光度來計算抑制率是可行的。故以下實驗皆以電阻值取代吸光度。
- (二)依照台北農產運銷公司的標準^{文獻三}，若以吸光度換算之抑制率大於 35%，就是農藥殘留過高。由上列圖表可知各市場之未清洗的蔬菜農藥殘留量大部分都過高。
- (三)經過比對後發現：吸光度抑制率略大於 35%者，電阻值抑制率亦大於 35%。由此可知，若吸光度顯示農藥殘留過量，電阻值亦會顯示過量。因此我們就以 35%作為電阻值抑制率的標準。



※照片 10—萃取方法



※照片 11—萃取方法

※傳統市場及超市農藥殘留量的比較

圖11—傳統市場 電阻值 平均抑制率

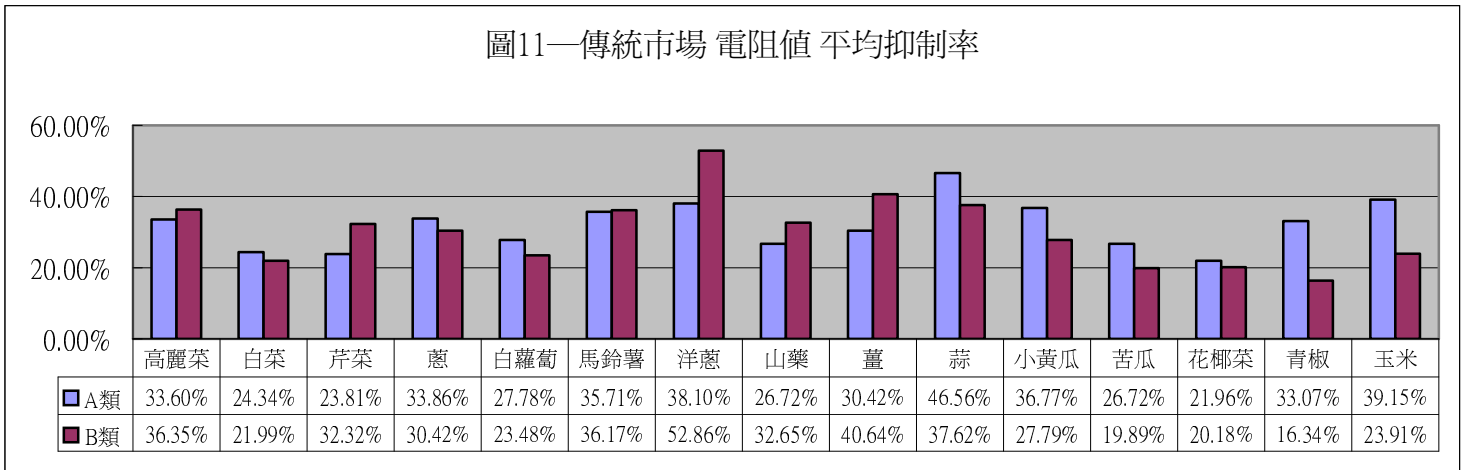
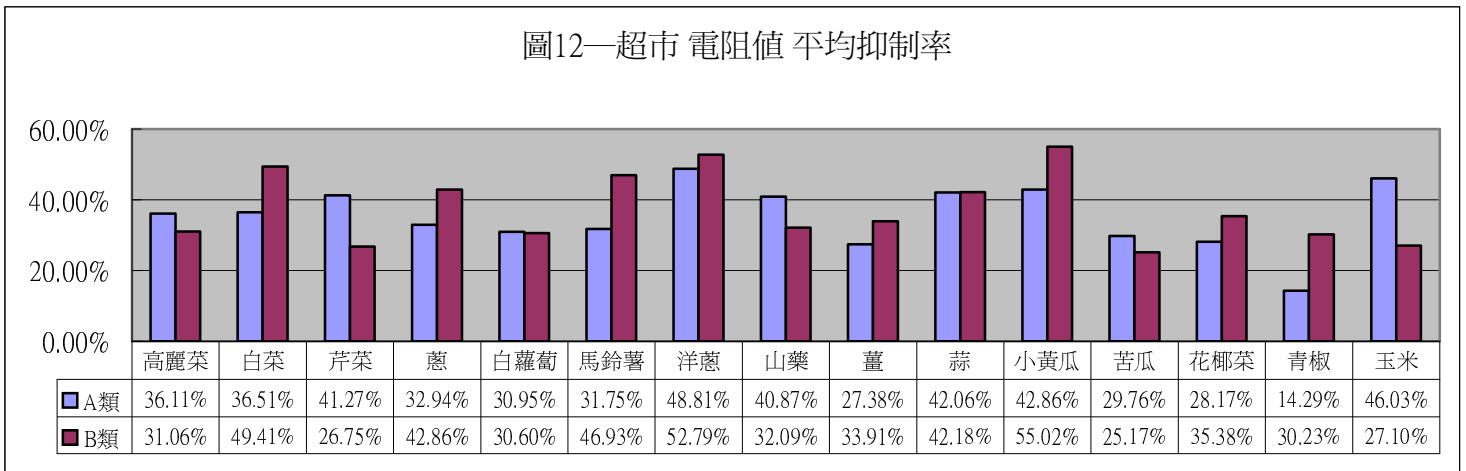


圖12—超市 電阻值 平均抑制率

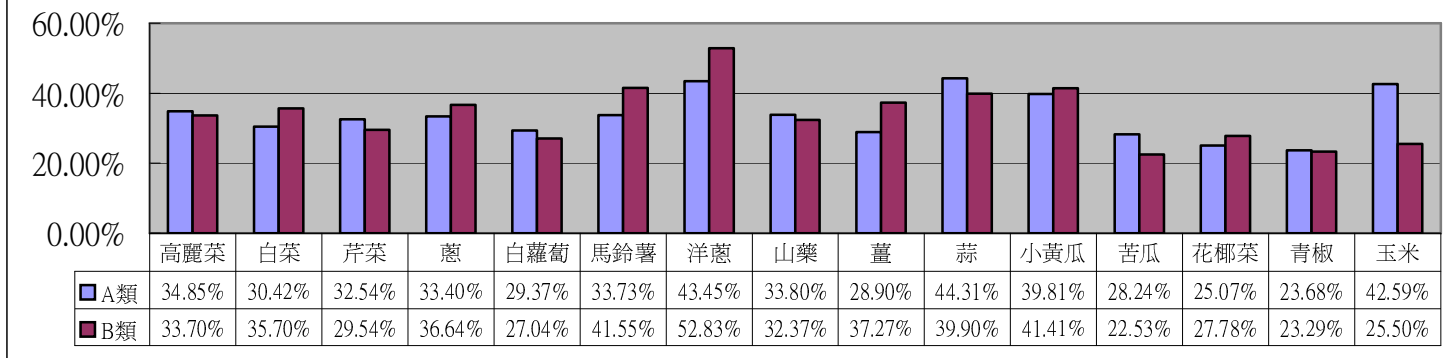


結果與討論：

就同一種蔬菜而言，超市蔬菜的農藥殘留量普遍高於傳統市場，但兩者之間看不出有任何的絕對關係。

※各種蔬菜的平均抑制率

圖13—電阻值 抑制率 總平均

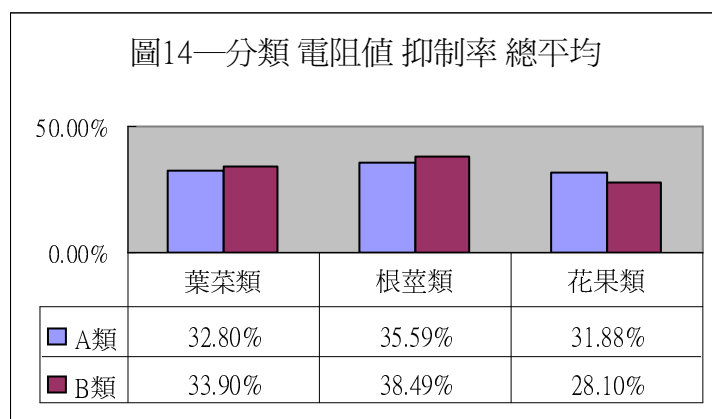


結果與討論：

- (一)氨基甲酸鹽類：殘留量過多的有四種，由多至少依序分別為蒜、洋蔥、玉米、小黃瓜。殘留量最多的蒜抑制率高達 44.31%；殘留量最少的青椒抑制率為 23.29%。
- (二)有機磷類：殘留量過多的有七種，由多至少依序分別為洋蔥、馬鈴薯、小黃瓜、蒜、薑、蔥、白菜。殘留量最多的洋蔥抑制率高達 52.83%；殘留量最少的苦瓜抑制率為 22.53%。
- (三)兩種農藥殘留量均過高的蔬菜有三種，分別為洋蔥、蒜、小黃瓜；均未過高的有七種，分別為高麗菜、芹菜、白蘿蔔、山藥、苦瓜、白花椰菜及青椒。

※分類總平均

圖14—分類 電阻值 抑制率 總平均



結果與討論：

- (一)我們將蔬菜分為三類：
- 葉菜類：高麗菜、白菜、芹菜、蔥。
- 根莖類：白蘿蔔、馬鈴薯、洋蔥、山藥、薑、蒜。
- 花果類：小黃瓜、苦瓜、花椰菜、青椒、玉米。
- (二)比較後發現無論是氨基甲酸鹽類或有機磷類殘留量，均以根莖類蔬菜居冠且皆過量，其次為葉菜類，而花果類最低。

【實驗五】比較各種常用的去除農藥方法

一、實驗設計：比較以不同方式處理過的蔬菜的抑制率，找出一般常用最能去除農藥的方法。

操縱變因	各處理方法(清水清洗一至三次、鹽水)
控制變因	蔬菜來源、蔬菜表面積、萃取方法、溫度、反應時間、電壓、波長、樣品及藥品劑量

二、實驗步驟：

- (一)從葉菜類、根莖類、花果類中各選擇兩種農藥殘留量最高的蔬菜共六種，分別為高麗菜、蔥、馬鈴薯、洋蔥、小黃瓜及玉米，分別萃取以清水清洗一次、清洗二次、清洗三次和以1%食鹽水浸泡10分鐘後的樣品。萃取方法同【實驗四】。
- (二)測量其電阻值，實驗步驟同【實驗四】之電阻測量。
- (三)每個樣品實驗三次，再取平均值。

三、數據及分析：

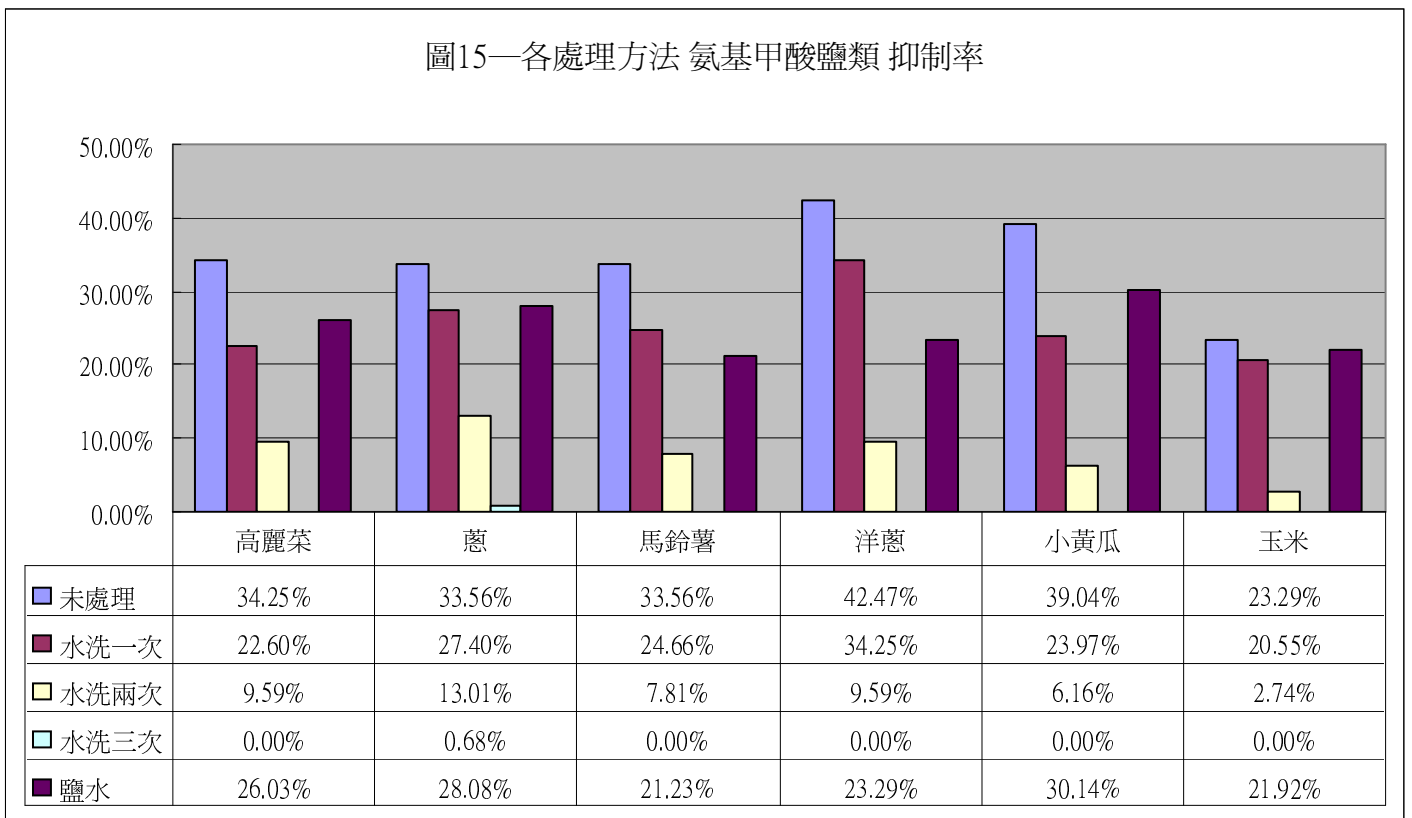
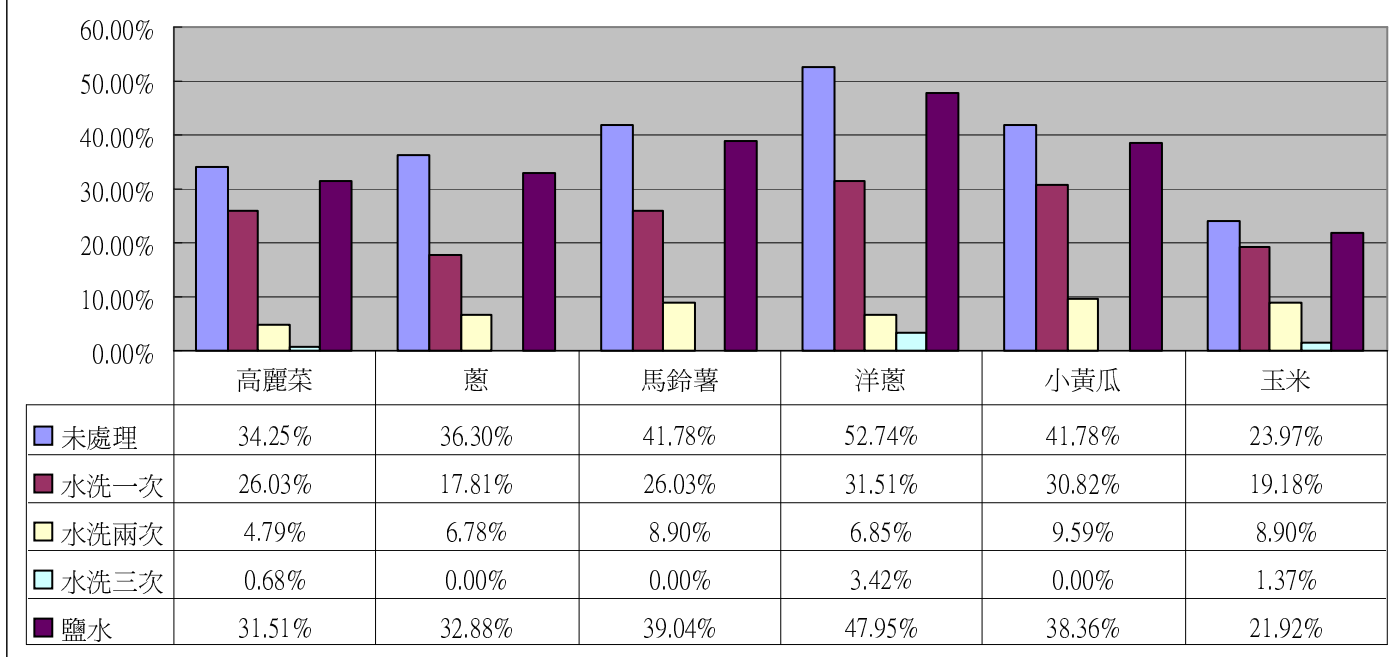


圖16—各處理方法 有機磷類 抑制率



四、結果及討論：

(一)比較用鹽水和清水清洗蔬菜，我們發現還是以清水來清洗最容易清除農藥，而且清洗愈多次，農藥的殘留量愈少。甚至清洗到三遍後，大部分的蔬菜抑制率都能降到 0%，表示農藥幾乎都被洗掉了。

(二)用鹽水清洗蔬菜是除了清水之外最常用的方法，但經過實驗後，發現雖然浸泡鹽水能去除一部分農藥，卻不能像用清水清洗一樣地徹底。

(三)玉米未處理及用清水清洗一次的差異不大，推斷應該是因為玉米具有顆粒狀凹凸不平的突起，使得農藥較易殘留於其中，故較無法徹底地清除。儘管如此，清洗二到三次後，農藥殘留量還是可以大大的降低。

(四)氨基甲酸鹽類：用清水清洗—除了蔥清洗三次後抑制率為 0.68%外，其餘皆降到零。

以鹽水清洗—減少最多的則是洋蔥，由 42.47%降到 23.29%。

(五)有機磷類：用清水清洗—清洗三次之後，其中高麗菜、洋蔥、玉米這三種蔬菜有農藥殘留，抑制率分別為 0.68%、3.42%、1.37%；其餘皆降至零。

以鹽水清洗—與未處理時相差無幾。

(六)葉菜類、根莖類及花果類經清洗後，以花果類的農藥殘留量最少，其次為葉菜類。

【實驗六】比較有機蔬菜和一般蔬菜的農藥殘留量

一、實驗設計：比較有機蔬菜和一般的蔬菜的抑制率。

操縱變因	蔬菜栽培方法(有機蔬菜、一般蔬菜)
控制變因	蔬菜來源、蔬菜表面積、萃取方法、溫度、反應時間、電壓、波長、樣品及藥品劑量

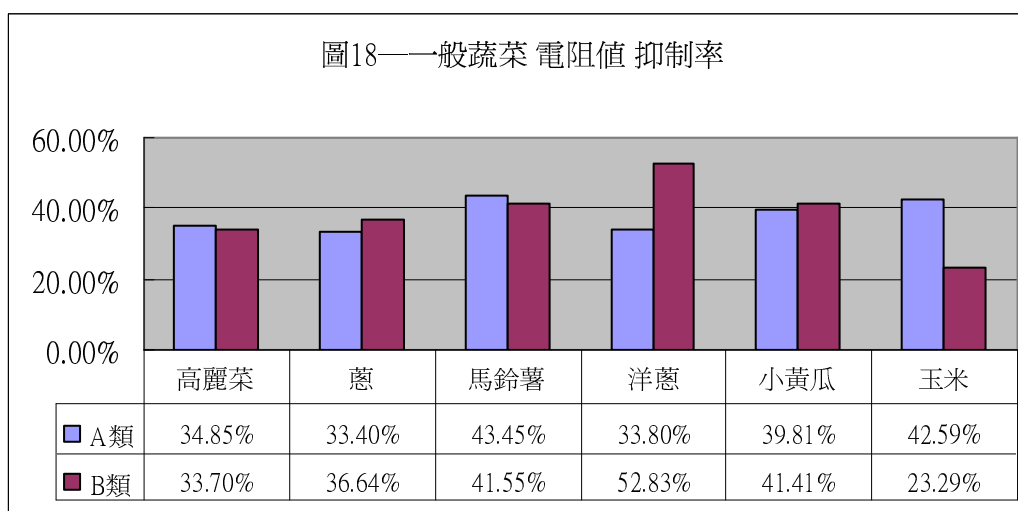
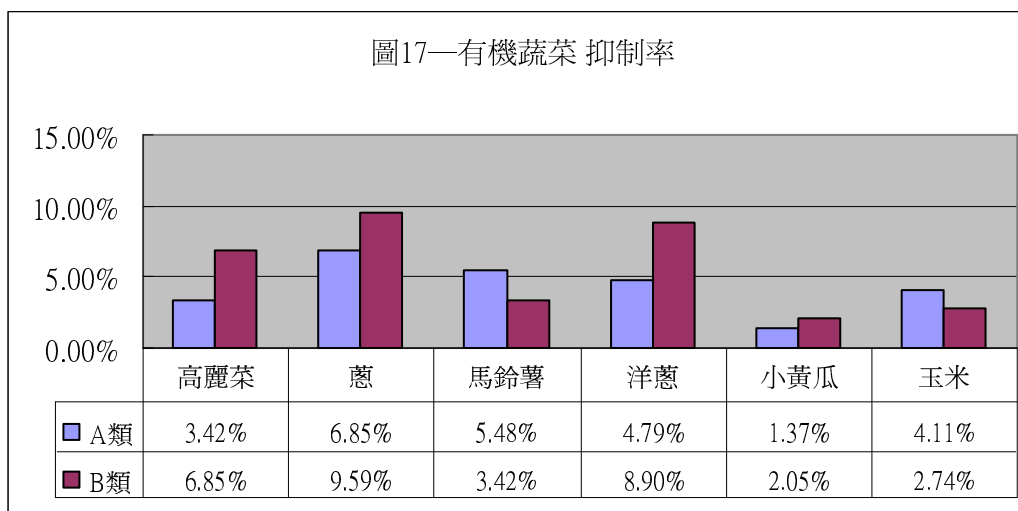
二、實驗步驟：

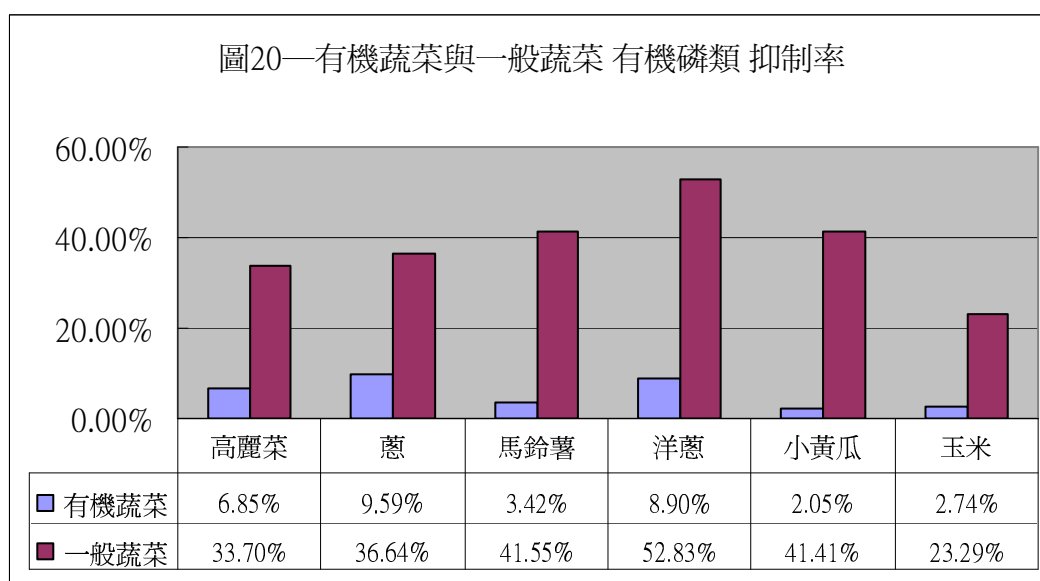
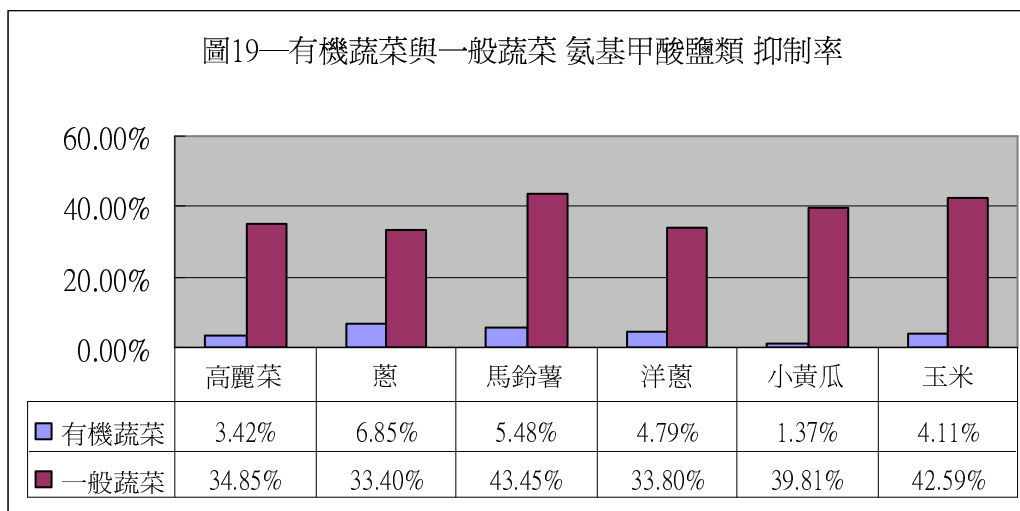
(一)從葉菜類、根莖類、花果類中各選擇兩種農藥殘留量最高的蔬菜共六種，分別為高麗菜及蔥、馬鈴薯及洋蔥、小黃瓜及玉米之有機蔬菜與一般蔬菜當作樣品。萃取方法同【實驗四】。

(二)測量其電阻值，實驗步驟同【實驗四】之電阻測量。

(三)每個樣品實驗三次，再取平均值。

三、數據及分析(A類為氨基甲酸鹽類農藥；B類為有機磷類農藥)：





四、結果及討論：

- (一)由實驗結果可得知，在有機蔬菜中仍可偵測出農藥殘留量，但除了蔥及洋蔥的抑制率較高，分別為 9.59%及 8.90%，其他都在 5%上下。
- (二)我們將一般蔬菜之抑制率平均起來與有機蔬菜比較，得知有機蔬菜的農藥殘留量確實比一般傳統市場或超市大賣場的蔬菜少很多。
- (三)氨基甲酸鹽類：一般蔬菜與有機蔬菜農藥相差最多的為小黃瓜，抑制率分別為 39.81%、1.37%；相差最少的是蔥，抑制率分別為 33.40%、13.70%。
- (四)有機磷類：一般蔬菜與有機蔬菜農藥相差最多的是洋蔥，抑制率分別為 52.83%、8.90%；相差最少的是玉米，抑制率分別為 23.29%、2.74%。
- (五)有機蔬菜及一般蔬菜的氨基甲酸鹽類農藥平均相差了 21.16%；有機磷類農藥平均則相差了 21.91%。

伍、研究結果

- 一、由【實驗二】可知：鉻酸鉀溶液濃度愈濃，透過的光度愈小，電阻值就愈大；本研究之酵素反應後的溶液呈黃色，與鉻酸鉀相似，故使用這套儀器配合酵素來檢測農藥殘留量是可行的。
- 二、由【實驗三】結果顯示：以紫色光的吸收度最高，所以本來打算用紫色發光二極體作為光源。但測試我們要研究的樣品後發現，利用紫色發光二極體時，測得光敏電阻的電阻值會超出讀取範圍，所以改用藍色發光二極體作為光源。
- 三、依照臺北農產運銷公司的標準，若吸光度之抑制率大於 35%，就是農藥殘留過高。由【實驗四】結果發現，各市場的蔬菜在未清洗之前農藥殘留量大都過高，其中以根莖類居冠，葉菜類居次，花果類則最少，而且超市的農藥殘留量大都比傳統市場為高。
- 四、由【實驗五】我們可發現，氨基甲酸鹽類以清水清洗一次平均能將抑制率降低 8.79%，以清水清洗三次平均能將抑制率降低 34.25%，以鹽水清洗平均能將抑制率降低 9.25%；有機磷類以清水清洗一次平均能將抑制率降低 13.24%，以清水清洗三次平均能將抑制率降低 37.56%，以鹽水清洗平均能將抑制率降低 3.19%。每種方法處理後結果的抑制率皆低於 35%，顯示清洗後農藥的殘留皆未過量，且清洗愈多次效果愈好。其中又以清水清洗最佳。且以花果類的蔬菜效果最好。
- 五、經【實驗六】比較之後發現，有機蔬菜的農藥殘留量相當低，與一般蔬菜的氨基甲酸鹽類平均相差了 21.16%；有機磷類則平均相差了 21.91%。

陸、討論

- 一、本裝置是利用對光敏感的光敏電阻來讀取電阻值，所以光源的穩定性非常重要，只要發光二極體的角度稍有偏折就會影響到電阻值，所以我們使用吸管來固定光源，除此之外，還使用了熱熔膠將光敏電阻黏著在玻璃蓋裡面，以減少實驗的誤差。
- 二、經過測試後我們發現：以6cm玻璃管作為反應槽效果比12cm好很多，因為若光行進的路徑愈長，所耗掉的能量就愈多，而光敏電阻若接收到較少的光，則呈現出來的電阻值就會提高，進而縮小本裝置可檢測的溶液濃度範圍，所以我們最後選擇使用6cm的玻璃管。
- 三、【實驗二】結果顯示，用本裝置來測量不同濃度 CuSO_4 溶液及 K_2CrO_4 溶液的電阻值，在 0.1M 至 0.6M 的範圍間，溶液濃度和電阻值的關係近乎斜直線，所以本裝置可以定量溶液的濃度。另外，本研究之酵素，在反應後的溶液呈黃色，與鉻酸鉀相似，故使用這套儀器配合酵素來檢測農藥殘留量是可行的。
- 四、從實驗所得的數據可以發現，利用我們自行組裝的儀器及分光光度計來測量農藥殘留量，所換算出的抑制率都很相近，兩者有相似的趨勢，所以本儀器適合用來檢測農藥殘留量。
- 五、由於我們要檢測的蔬菜試樣多，所以我們將實驗分成三次進行，第一次是在寒假，其餘兩次則是在開學後。開學後各樣品的數據都很接近，卻又與寒假時的實驗結果差距甚遠，我們推測是因為室內溫度升高而影響到酵素的反應，因此我們就用水浴法將所有反應物置於低溫的水中，溫度控制在與寒假相近的8~10°C，果然在重做之後，數據就恢復正常了，由此可知，溫度對酵素的影響相當大。
- 六、由【實驗四】可知，各市場的氨基甲酸鹽類、有機磷類之吸光度與電阻值趨勢大致相同，且吸光度抑制率略大於 35%者，電阻值抑制率亦會大於 35%，也就是說，若吸光度顯示農藥殘留過量，電阻值亦會顯示過量。因此我們就以 35%作為電阻值抑制率的標準。
- 七、在清洗之前，以根莖類的農藥殘留量最高，但大多數的根莖類蔬菜都是可以先去皮的，對人體的影響可能不會那麼大，而葉菜類及花果類的蔬菜的抑制率總平均雖低於 35%，但仍有部分蔬菜的農藥殘留量過多，若不經過清洗的話，將會對人體造成傷害。
- 八、經過比較後發現，超市蔬菜的農藥殘留量普遍高於傳統市場，但兩者間沒有絕對的關係。我們推測兩者間的差異源自於各廠商及攤販的貨源，所以未必每家超市的蔬菜的農藥殘留都會高於傳統市場。

- 九、比較以鹽水和清水來清洗蔬菜，我們發現：大致上是以清水來清洗這個方式最容易清除農藥，而根據資料^{文獻五}記載，也的確是以清水來清洗是最為有效的。另外，我們又比較了以清水清洗不同次數的效果，結果顯示，清洗次數愈多，農藥殘留量就愈少，例如氨基甲酸鹽類農藥，除了蔥清洗三次抑制率為 0.68%外，其餘皆降到零；有機磷類農藥殘留較多，高麗菜、洋蔥、玉米三種蔬菜都有農藥殘留。而以鹽水清洗時較易清除氨基甲酸鹽類的農藥，但仍比不上用清水清洗；以鹽水清洗對有機磷類農藥則無顯著效用。
- 十、【實驗六】發現有機蔬菜仍有農藥殘留，只是農藥殘留比一般蔬菜少很多，最低的是小黃瓜，抑制率為 1.37%，然而有機蔥的抑制率還是蠻高的，氨基甲酸鹽類及有機磷類的抑制率都超過 5%。比較有機蔬菜與一般蔬菜農藥殘留量的差值，發現相差最多的是玉米，蔥則最少。
- 十一、本研究是藉由實驗數據與標準值的表較來探討蔬菜中的農藥殘留是否過量，未來希望能夠更進一步地利用本儀器繪製出農藥殘留量與抑制率的檢量線，並且更廣泛地應用於其他各種溶液的定量。

柒、結論

- 一、透過自行組裝的微型儀器，我們成功地開發了另一種檢測農藥的方法。此裝置的零件皆為一般實驗室唾手可得的材料，使成本大幅降低，且測量效果不亞於一般常用的分光光度計。
- 二、我們的研究顯示，目前在市面上購買的蔬菜所含的農藥殘留量大都過量，但在清洗處理之後皆可有效地降低至安全的範圍之內，所以可安心食用。
- 三、以鹽水和清水來清洗蔬菜，我們發現大致上以清水來清洗最為乾淨，尤其洗三次之後大部分就都可以將抑制率降低到0%，這樣就不會對人體造成傷害。而結果顯示，鹽水處理只能去除一部分農藥，沒有特別明顯的效用，所以還是以清水多洗幾次較佳。
- 四、根莖類經清洗處理後，效果不如葉菜類及花果類，所以食用時最好先去皮，如此對人體的傷害才不會太大。
- 五、有機蔬菜的農藥殘留量確實低很多，但仍有農藥殘留，可能是因為即使是從有機商店買來的蔬菜也不一定是通過認證的商品。因此如果買有機蔬菜回家食用時，最好還是用水再洗過，才能確保安全。再者，如果只考慮農藥殘留量而沒有其他考量的話，我們只要買一般蔬菜，多清洗幾次後也可達到此效果。

捌、參考文獻

- 一、優活網「健康的黑洞—認識蔬果殘留農藥」
- 二、成都市公共衛生資訊網
- 三、網路資料關鍵字：農藥
- 四、網路資料關鍵字：有機蔬菜
- 五、2004/05/08 聯合晚報“洗蔬果水比鹽好” 陳家傑
- 六、行政院農業委員會 台南區農業改良場
- 七、國立東華大學化學研究所 民國八十八年碩士論文 研究生：林昇毅
- 八、光敏電阻：<http://www.phy.ncku.edu.tw/modphyslab/ggda/gds/photoresister.htm>
- 九、發光二極體：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1005031401339>
<http://www.ym.edu.tw/~ncyang1/combio6.pdf>