

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組化學科

040207

國立臺中女子高級中學

指導老師姓名

徐孟君

作者姓名

葉又菁

劉依函

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：化學科

組別：高中組

作品名稱：綠色感測器 巴拉刈無所遁形

關鍵字：巴拉刈、植物修飾電極

編號：

目錄

壹、摘要	P . 2
貳、研究動機	P . 3
參、研究目的	P . 4
肆、研究設備及器材	P . 6
伍、研究過程或方法	P . 7
陸、研究結果	P . 9
柒、討論	P . 2 3
捌、結論	P . 2 5
玖、參考資料及其他	P . 2 6
拾、附圖	P . 2 7

壹、摘要

本研究探討以植物作為電極修飾層，對電化學偵測巴拉刈濃度的影響。首先，比較背景電解質溶液對偵測巴拉刈的影響，在氯化鈉溶液中可得到較穩定的巴拉刈訊號。再將植物修飾電極取代原本的工作電極使用，經植物萃取液修飾的電極所偵測的氧化還原波峰電流值均增大，故得知植物修飾層有助於增加偵測巴拉刈濃度的靈敏度。另外，透過經修飾不同層數的菠菜電極偵測，發現修飾二層時偵測訊號有最大值。而且，當預濃縮時間增長時，氧化還原波峰電流也隨之增大。最後，我們將此種植物修飾電極拿來偵測水源、蔬菜液等，並利用標準添加法計算其中巴拉刈濃度。透過實驗，證實了未來將植物作為天然感測器，偵測微量除草劑濃度的無限可能。

貳、研究動機

蔬果上殘留農藥的新聞在電視上層出不窮，農藥對於土壤、水源的污染也在課本中屢次強調。過度使用農藥不但污染了土壤，污染物的移動對地下水及食物鏈的污染也頗具危險性，間接影響了糧食品質及危害人體健康。隨著人們健康意識的抬頭，對蔬果的品質要求也與日俱增，因此聲稱絕不施加農藥的有機蔬果雖然價錢高，卻在市場上大受歡迎。

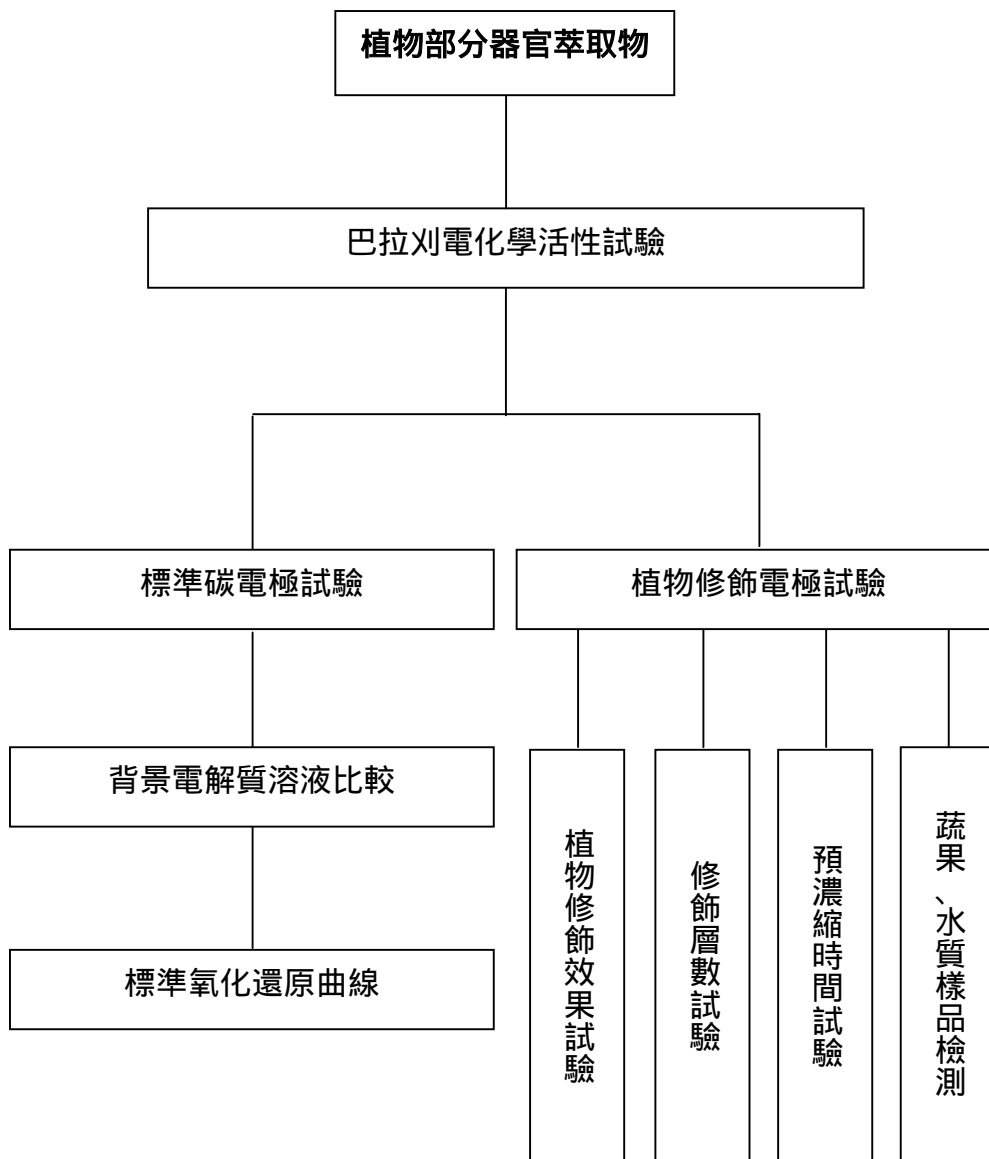
在除草劑中，巴拉刈(Paraquat, N,N'-dimethy-4,4'-bipyridylium dichloride)是化學結構相當穩定之雙吡啶類(附圖一)，且為台灣農民廣為使用的除草劑。台灣醫學界一些毒理學家指出，巴拉刈對人類及其他哺乳類動物具有高毒性，會造成其肺、肝與腎臟等嚴重的傷害，巴拉刈中毒患者常因肺水腫及肺纖維化而導致死亡；研究亦指出，巴拉刈可導致人體黑質細胞退化，可能與巴金森氏症(Parkinson's disease)有關(Lee 等, 1990; Liou 等, 1996; Liou 等, 2001)。因此，巴拉刈的偵測與控制顯得特別重要。

前不久一則全家因蔬果殘留農藥的集體中毒的事件，深深地引起我們的注意，因為他們吃的蔬果來自於自家耕種。這戶鄉下人家自己種了一些蔬果，在對柳丁樹噴灑農藥的同時，農藥飄向一旁的蔬菜園卻不自覺，因此吃了自家種的蔬菜卻仍躲不過農藥中毒的厄運。

如何利用簡單的方法偵測農藥的殘留量，讓大家能避免同樣的悲劇？我們聯想到了植物體本身含有許多的電解質，是否可在經過適當的處理之後，充分發揮其導電性，直接作為工作電極用來偵測農藥殘留量。為了瞭解以植物體作為電極的可行性，首先我們擬定由生活週遭各式蔬果著手，透過簡單的處理修飾在網版印刷碳電極上(鐘協訓等, 2000)，並選定巴拉刈此種常見且毒性劇烈的除草劑作為偵測物，與標準碳電極進行評估比較，觀察巴拉刈吸附於植物修飾層的效果。希望研究結果可提供大眾準確而簡易的方法，用來檢驗蔬果殘留農藥量或監控水源保護區的水質。此外，經由研究結果，希望能提供發展綠色電極的參考，讓唾手可得的植物葉片都成為環保而靈敏的綠色感測器。

參、研究目的

本研究之目的在探討各式的植物部分器官如葉片、根莖等，應用於修飾網版印刷碳電極以偵測水中巴拉刈(Paraquat)含量時，對於氧化波峰電流(anodic peak current, i_{pa})、還原波峰電流(cathodic peak current, i_{pc})等訊號的影響。希望能捨棄使用會導致污染的重金屬作為電極修飾層，而改以利用天然的植物當作修飾層，增加巴拉刈在工作電極上的靈敏度。實驗構想為：在日常生活中，取農作物將之搗碎、取汁液，或者是湖水、水庫水等欲檢測物，藉由簡易的儀器與方法，更精確檢驗出農藥巴拉刈的殘留量。希望研究結果亦可進一步提供直接以葉片改良作為環保工作電極的參考。



實驗架構

肆、研究設備及器材

一、實驗藥品：

- (一) Paraquat 巴拉刈 (Aldrich)
- (二) Sodium chloride 氯化鈉 (Tedia)
- (三) Disodium hydrogenphosphate 磷酸氫二鈉 (Showa)
- (四) Sodium duhydrogenphosphate anhydrous 磷酸二氫鈉 (Showa)

二、實驗器材：

- (一) 燒杯(10 mL)
- (二) 體積瓶(10 mL、 500 mL)
- (三) 微量吸管(20 μ L、 200 μ L、 1 mL、 10 mL)
- (四) 研鉢及杵
- (五) 果汁機
- (六) 離心機(Hettich ,ROTOFIX 32)
- (七) pH meter
- (八) 電子天秤
- (九) 超音波洗淨器(Ultrasons-H)
- (十) 電化學電解液槽
- (十一) 電化學分析儀(CHI 832)
- (十二) 電化學設置：工作電極：網版印刷電極(screen printed electrode, SPE)

參考電極：Ag/AgCl (3 M KCl)

輔助電極：白金絲(Pt wire)

伍、研究過程與方法

一、配製藥品：

(一) 0.1 mM Paraquat 溶液：取 0.257 g Paraquat 加 0.1 M NaCl 溶液稀釋至 100 mL。

(二) 0.1 M NaCl 溶液：取 2.925 g NaCl 加水稀釋至 500 mL。

(三) 0.1 M PBS (pH 8)：取 0.1 M Na_2HPO_4 水溶液，置入 pH meter，慢慢滴入 0.1 M NaH_2PO_4 水溶液直到 pH 值為 8。

* 所有藥品皆以超純水(電阻值達 $17 \text{ M } \Omega/\text{cm}$ 以上)配製

二、修飾用植物懸浮液的製備：

取數種蔬果之葉片、根莖等部分器官洗淨瀝乾，撕成小碎片，加入適量超純水。以研鉢及杵或是果汁機充分攪碎均勻，並以離心機(4000 rpm；轉動時間：3 min)離心後取澄清液備用。

三、巴拉刈在背景電解質溶液中的電化學活性試驗：

取 0.1 mM 巴拉刈溶液 2 mL 分別以 0.1 M NaCl 溶液或 0.1 M PBS(pH 8)作為背景電解質溶液稀釋至 10 mL。以標準碳印刷電極當工作電極，以 Ag/AgCl(3 M KCl)當參考電極，白金絲當輔助電極，然後將三電極系統放入巴拉刈溶液中，在電化學分析儀(CHI 832)中分別以不同掃描速率(20、40、60 mV/s)、在-0.3 到-0.9 V 的掃描範圍下進行偵測，測出其循環伏安圖與氧化波峰電流(i_{pa})、還原波峰電流(i_{pc})。比較巴拉刈在兩種背景電解質溶液中的氧化還原訊號大小及穩定性。

四、巴拉刈在植物修飾電極上的電化學活性試驗：

取數種修飾用植物懸浮液各 20 μL 覆蓋於標準印刷碳電極表面，在烘箱約 60 $^{\circ}\text{C}$ 下靜置烘乾約 20 分鐘，製作成試驗用植物修飾電極。將其取代作為工作電極，放入 0.02 mM 巴拉刈溶液中，以 Ag/AgCl(3 M KCl)當參考電極、白金絲當輔助電極，然後在電化學分析儀(CHI 832)中，先以預濃縮電位-0.4 V，預濃縮時間 120 s 做預濃縮之動作。再分別在掃描速率 20 mV/s、-0.3 到-0.9 V 的掃描範圍下進行偵測，測出其循環伏安圖、氧化波峰電流(i_{pa})及還原波峰電流(i_{pc})。

五、植物修飾電極層數量對電化學偵測巴拉刈的影響：

取菠菜懸浮液 20 μL 分別滴在標準印刷碳電極表面，在烘箱約 60 $^{\circ}\text{C}$ 下靜置烘乾約 20 分鐘，將修飾電極的步驟分別重複 1 到 5 次，製成修飾不同層數的工作電極備用。將其放入 0.02 mM 巴拉刈溶液中，以 Ag/AgCl 當參考電極、白金絲當輔助電極，然後在電化學分析儀(CHI 832)中，先以預濃縮電位-0.4 V，預濃縮時間 120 s 做預濃縮之動作。再分別在掃描速率 20 mV/s、-0.3 到-0.9 V 的掃描範圍下進行偵測，利用所測得的循環伏安圖，量取氧化波峰電流(i_{pa})、還原波峰電流(i_{pc})，用以比較修飾層重疊的多寡(即修飾薄膜厚度)對偵測巴拉刈溶液靈敏度的影響。

六、預濃縮時間對植物修飾電極用於電化學偵測巴拉刈的影響：

取菠菜懸浮液 20 μL 覆蓋在標準印刷碳電極表面，在烘箱約 60 $^{\circ}\text{C}$ 下靜置烘乾約 20 分鐘，重複修飾電極的動作一次，製作成靈敏度高的菠菜二層修飾電極。將其放入 0.02 mM 巴拉刈溶液中，以 Ag/AgCl 當參考電極、白金絲當輔助電極，然後在電化學分析儀(CHI 832)中，以預濃縮電位-0.4 V，分別在預濃縮時間為 2、5、10、20、30 min 下做預濃縮之動作。在掃描速率 20 mV/s、-0.3 到-0.9 V 的掃描範圍下進行偵測，利用所測得的循環伏安圖，量取氧化波峰電流(i_{pa})、還原波峰電流(i_{pc})，用以比較預濃縮時間長短對植物修飾電極偵測巴拉刈溶液靈敏度的影響。

七、蔬果及水質樣品中巴拉刈含量偵測：

取菠菜懸浮液 20 μL 覆蓋在標準印刷碳電極表面，在烘箱約 60 $^{\circ}\text{C}$ 下靜置烘乾約 20 分鐘，重複修飾電極的動作一次，製作成靈敏度高的菠菜二層修飾電極。取一些蔬果打成蔬果汁以及從池塘中舀取少許水，將以上樣品液 0.8 mL 混合 0.1 M NaCl 背景電解質溶液成 8 mL 作為待測溶液。將植物修飾電極作為工作電極，放入待測液中，以 Ag/AgCl(3 M KCl)當參考電極、白金絲當輔助電極，然後在電化學分析儀(CHI 832)中先以預濃縮電位-0.4 V，預濃縮時間 120 s 作濃縮之動作。再分別在掃描速率 20 mV/s -0.3 到-0.9 V 的掃描範圍下進行偵測，測出其循環伏安圖以及讀取氧化波峰電流(i_{pa})、還原波峰電流(i_{pc})。接著逐次添加 0.1 M 巴拉刈溶液 0.5 mL(以樣品液配製而成)至測定溶液中，以同樣的裝置測出循環伏安圖，共添加 4 次。

陸、研究結果

一、巴拉刈在背景電解質溶液中的電化學活性試驗：

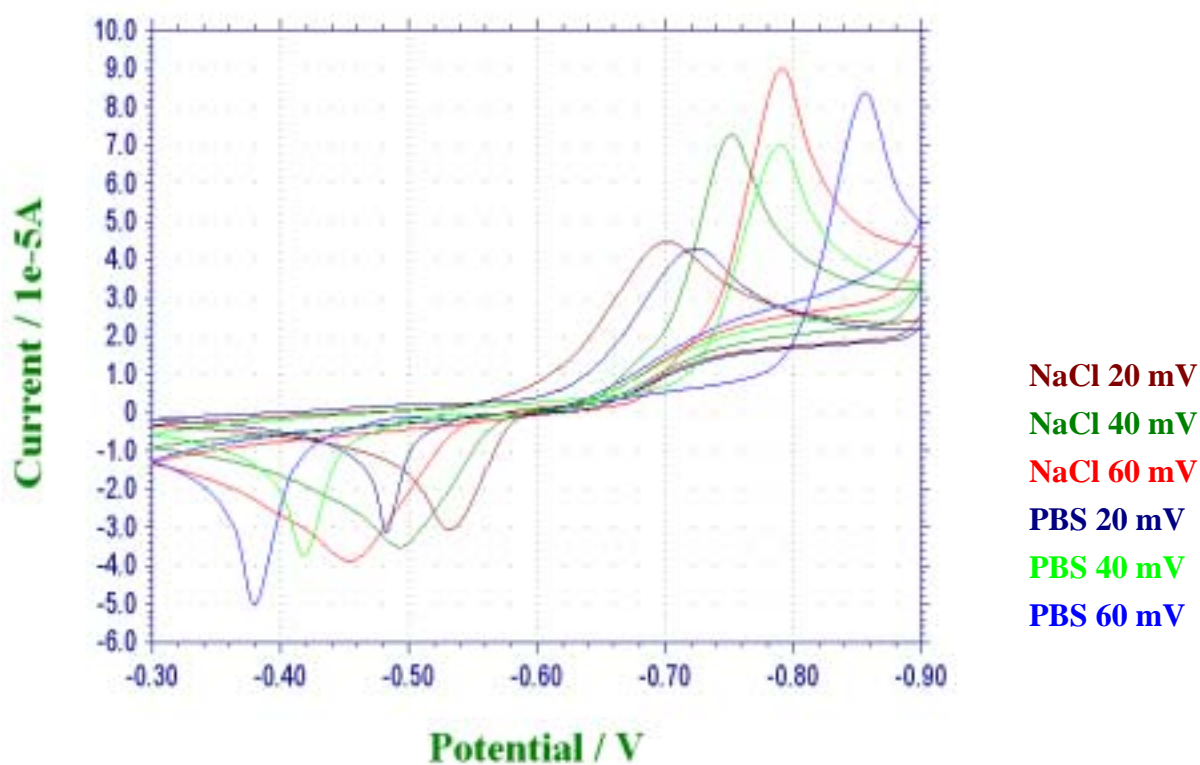
在不同背景電解質溶液中，循環伏安圖如圖一所示。表一為其氧化波峰電流(i_{pa})以及還原波峰電流(i_{pc})。在 0.1 M NaCl 溶液中和在 PBS(pH 8)中的波峰電流值差異不大，但以 0.1 M NaCl 溶液為背景電解質溶液時，其循環伏安圖具較大穩定性，掃了 10 圈以後顯示出重疊性較高，故往後實驗皆採用 0.1 M NaCl 溶液作為背景電解質溶液。

圖二與圖三分別為 0.1 M NaCl 水溶液及 0.1 M PBS 作為背景電解質溶液之循環伏安圖。

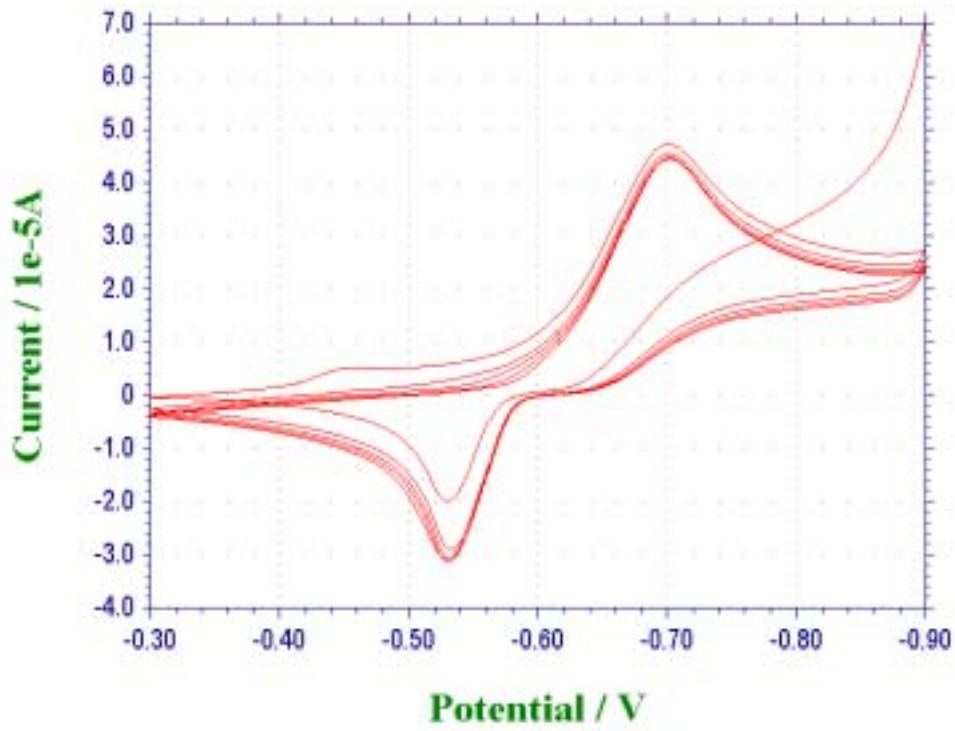
表一 不同背景電解質溶液中氧化波峰電流(i_{pa})以及還原波峰電流(i_{pc})

掃描速率 (mV/s)	背景電解質溶液	$i_{pc}/\mu A$	$i_{pa}/\mu A$
20	0.1 M NaCl	41.15	28.84
	0.1 M PBS(pH 8)	39.06	29.86
40	0.1 M NaCl	68.17	32.99
	0.1 M PBS(pH 8)	63.72	35.52
60	0.1 M NaCl	84.36	35.52
	0.1 M PBS(pH 8)	72.91	47.84

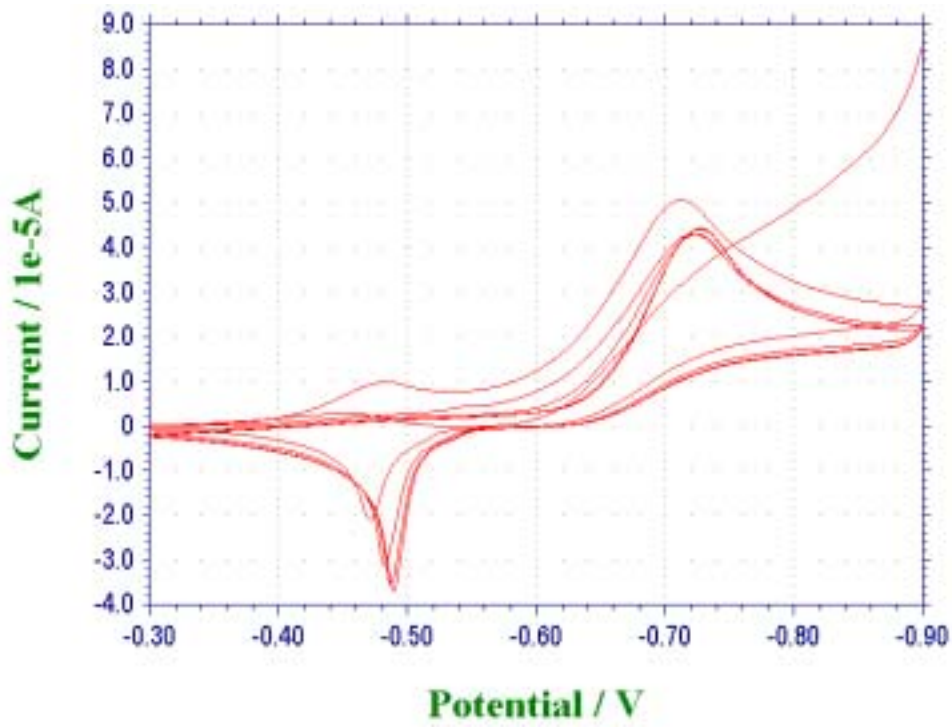
圖一 不同背景電解質溶液中循環伏安圖比較



圖二 背景電解質溶液為 0.1 M NaCl 水溶液之循環伏安圖(掃描速率 20 mV/s)



圖三 背景電解質溶液為 0.1 M PBS 之循環伏安圖(掃描速率 20 mV/s)



二、巴拉刈在植物修飾電極上的電化學活性試驗：

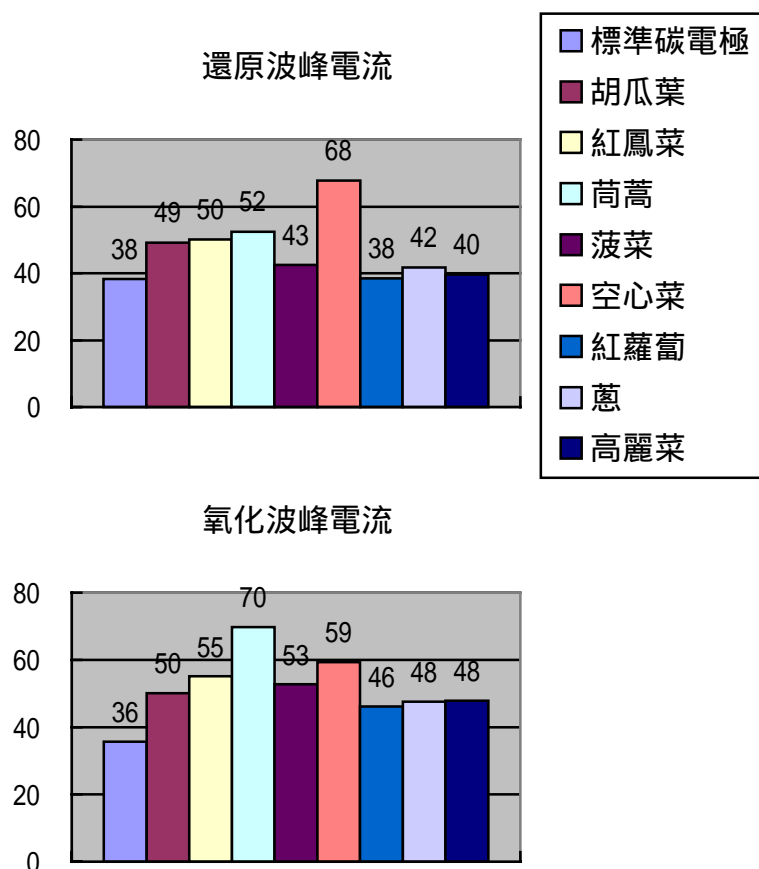
分別取胡瓜葉、紅鳳菜、茼蒿、菠菜、空心菜、紅蘿蔔、蔥、高麗菜等蔬果，經過萃取、離心、滴覆、乾燥，做成修飾電極以後，用來偵測巴拉刈溶液的氧化還原訊號。所有的植物修飾電極所偵測出的氧化還原波峰訊號皆明顯比標準碳電極所偵測出的訊號大，如表二。但其中紅蘿蔔、蔥、高麗菜作為修飾層時極易溶解於溶液中，故波峰電流訊號接近於標準碳電極。

圖四為標準碳電極與植物修飾電極偵測巴拉刈溶液之氧化還原波峰電流。

圖五至圖十二為各式植物修飾電極作為工作電極偵測巴拉刈溶液之循環伏安圖。

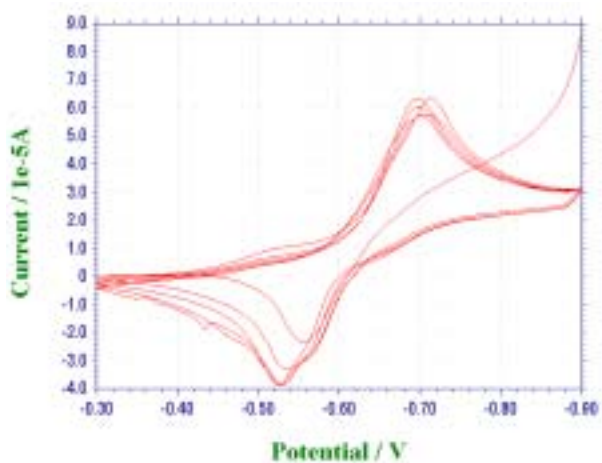
表二 標準碳電極與植物修飾電極氧化還原電流比較

修飾電極層	$i_{pc} / \mu A$	$i_{pa} / \mu A$
標準碳電極	38.31	35.67
胡瓜葉	49.20	50.06
紅鳳菜	50.14	55.16
茼蒿	52.38	69.75
菠菜	42.50	52.72
空心菜	67.66	59.31
紅蘿蔔	38.45	46.11
蔥	41.75	47.55
高麗菜	39.54	47.83

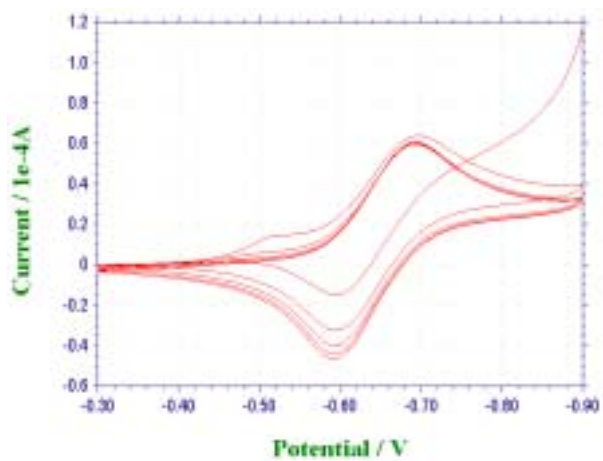


圖四 植物修飾電極氧化還原波峰電流比較

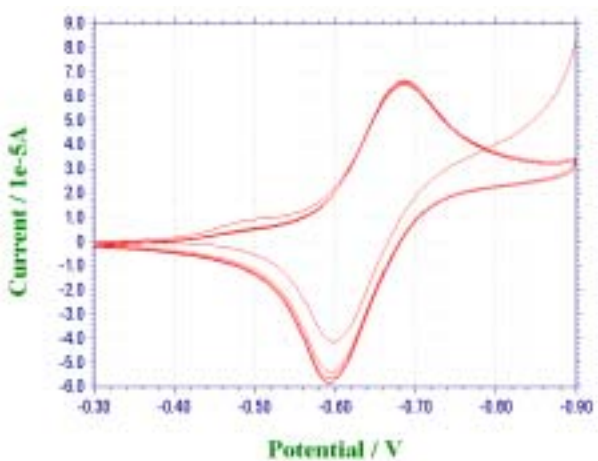
圖五 胡瓜葉修飾電極之循環伏安圖



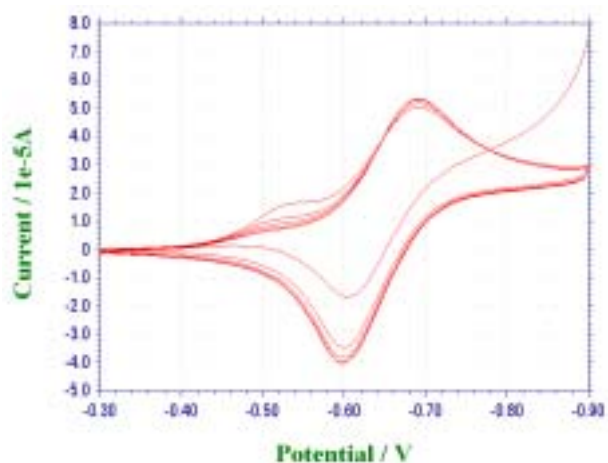
圖六 紅鳳菜修飾電極之循環伏安圖



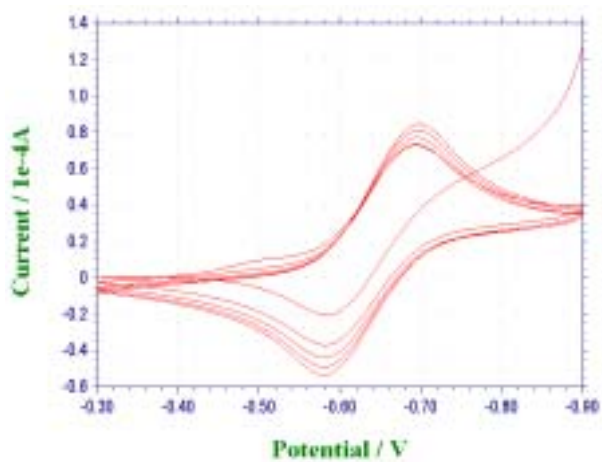
圖七 茼蒿修飾電極之循環伏安圖



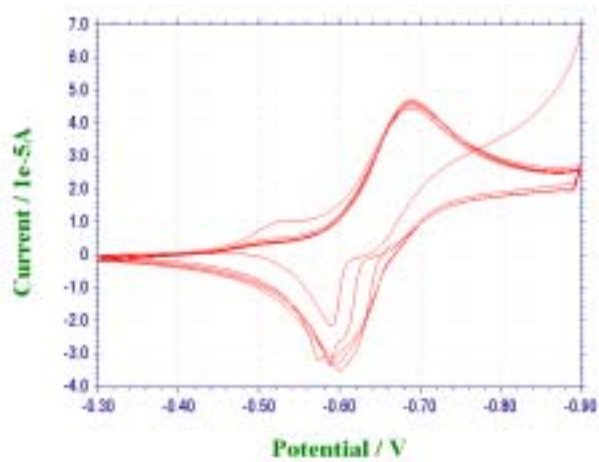
圖八 菠菜修飾電極之循環伏安圖



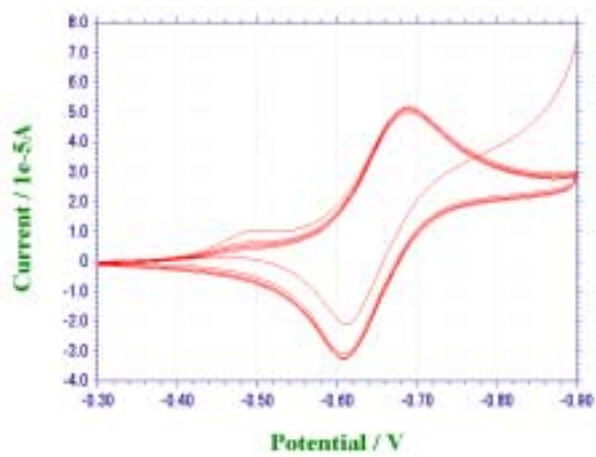
圖九 空心菜修飾電極之循環伏安圖



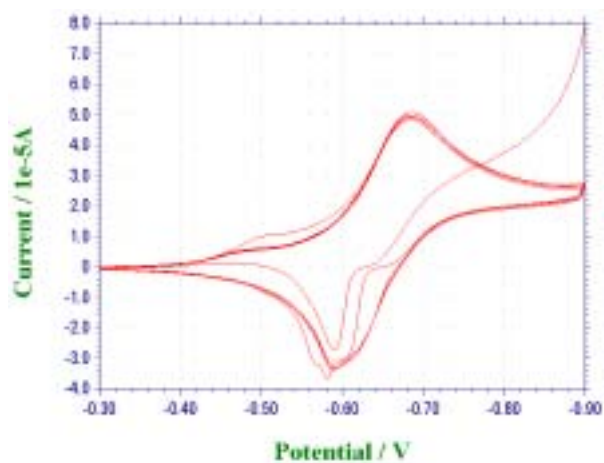
圖十 紅蘿蔔修飾電極之循環伏安圖



圖十一 蔥修飾電極之循環伏安圖



圖十二 高麗菜修飾電極之循環伏安圖

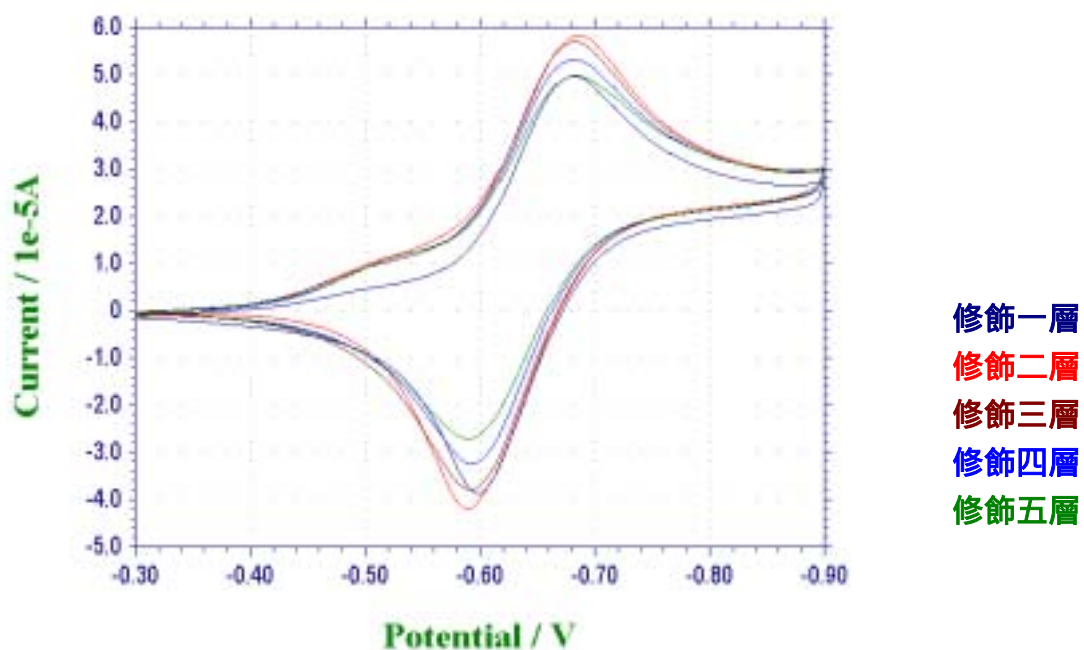


三、植物修飾電極層數量對電化學偵測巴拉刈的影響：

由上實驗結果選定穩定性較佳的菠菜萃取液修飾電極，進一步探討修飾層數對氧化還原波峰電流值的影響。

表三為菠菜萃取液修飾電極在不同修飾層數時的氧化還原電流。在修飾二層時，氧化、還原波峰電流均有最大值。

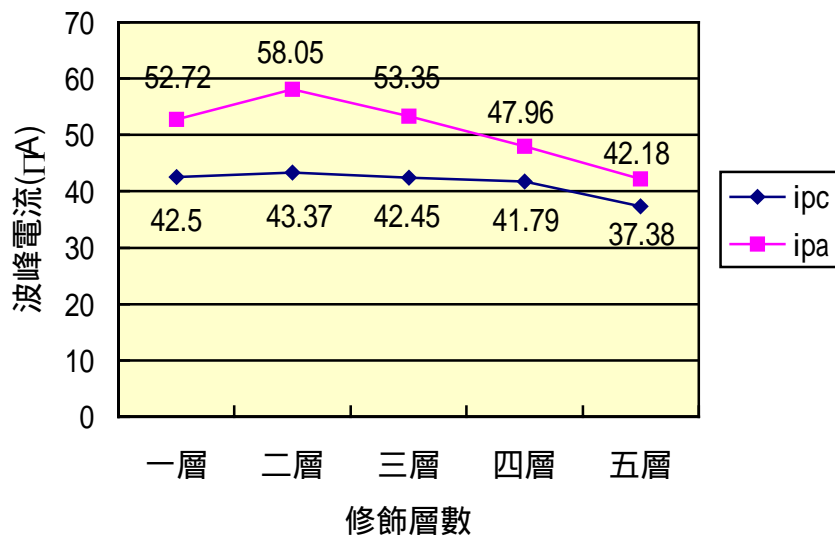
圖十三 菠菜修飾電極不同修飾層數之循環伏安圖



表三 菠菜修飾不同層數電極之氧化還原電流

修飾層數	$i_{pc} / \mu A$	$i_{pa} / \mu A$
1	42.50	52.72
2	43.37	58.05
3	42.45	53.35
4	41.79	47.96
5	37.38	42.18

圖十四 菠菜修飾不同層數電極之氧化還原波峰電流比較

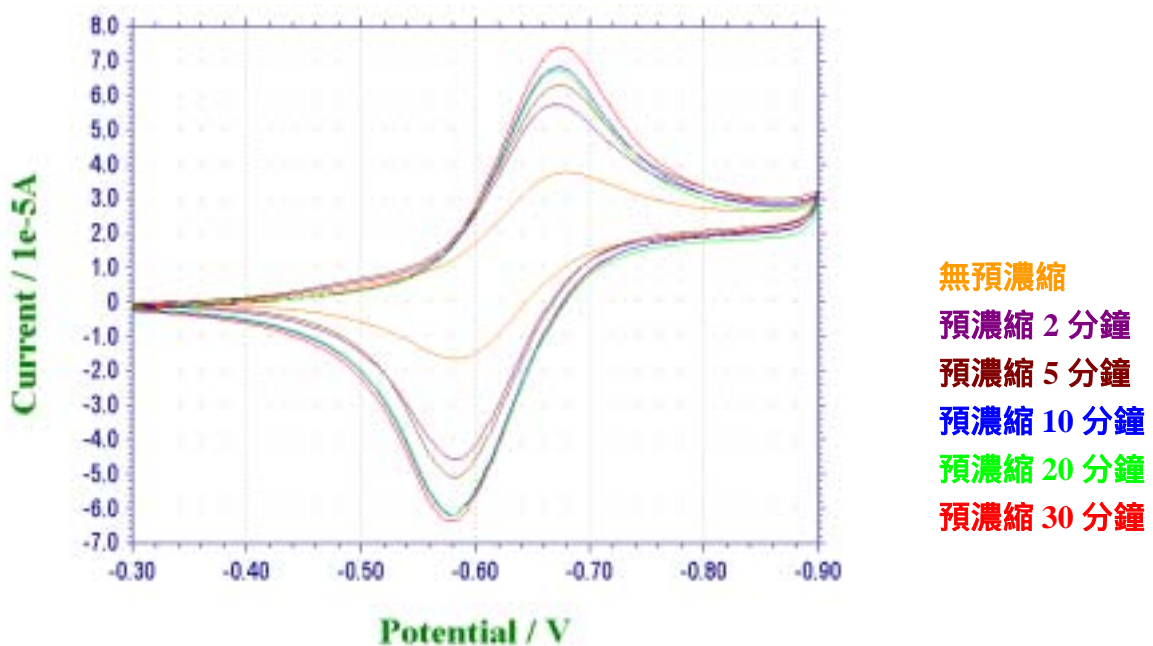


四、預濃縮時間對植物修飾電極用於電化學偵測巴拉刈的影響：

由上實驗結果選定以菠菜萃取液修飾二層的電極，進一步探討預濃縮時間對氧化還原波峰電流值的影響。

表四為以菠菜萃取液修飾電極作為工作電極，在不同預濃縮時間下的氧化還原波峰電流值。隨著預濃縮時間的增加，電流值也逐漸增大。

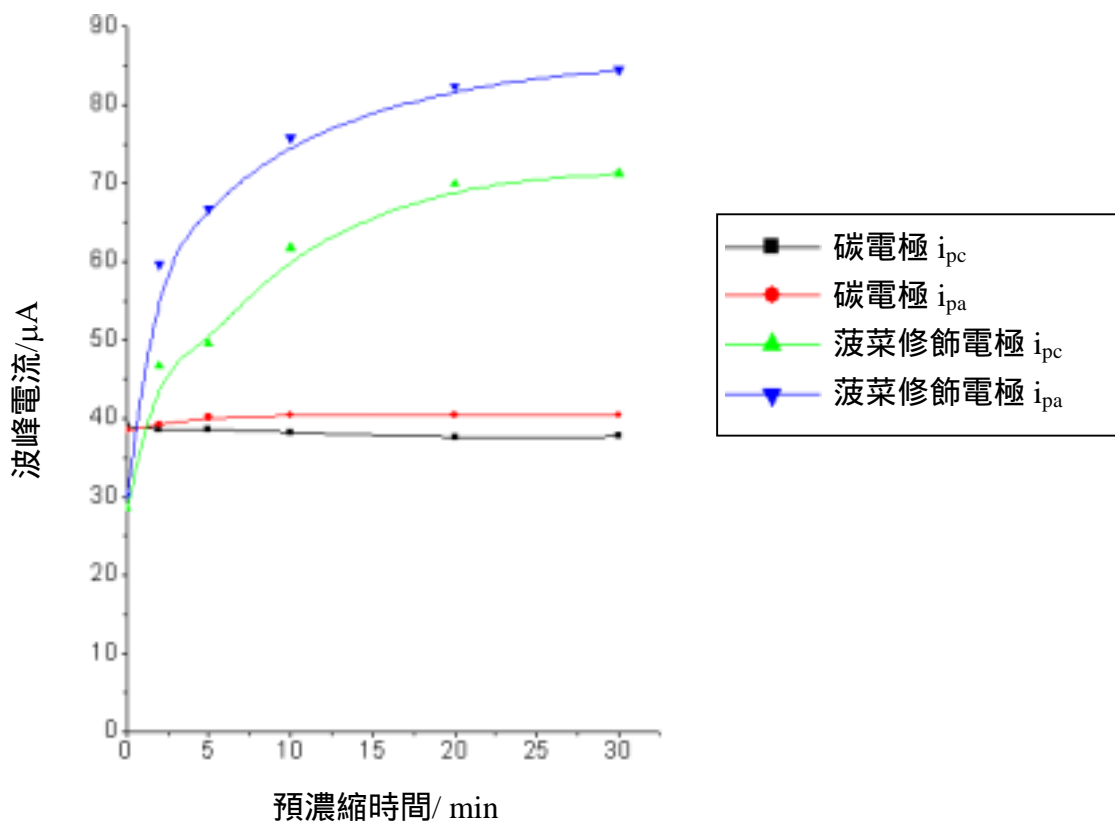
圖十五 菠菜修飾電極預濃縮時間之循環伏安圖



表四 菠菜修飾電極不同預濃縮時間之氧化還原波峰電流

預濃縮時間/min	碳印刷電極		菠菜修飾電極	
	$i_{pc}/\mu A$	$i_{pa}/\mu A$	$i_{pc}/\mu A$	$i_{pa}/\mu A$
0	38.92	38.43	28.56	30.27
2	38.56	39.24	46.73	59.59
5	38.6	40.07	49.51	66.75
10	38.24	40.37	61.73	75.74
20	37.47	40.42	69.9	82.34
30	37.68	40.44	71.2	84.42

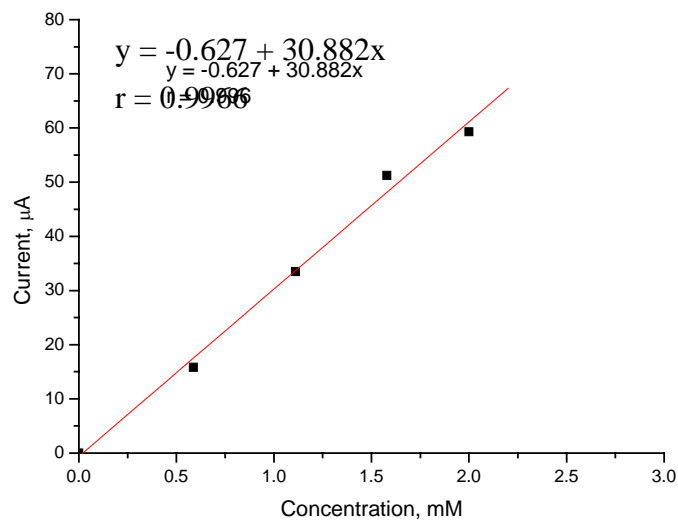
圖十六 菠菜修飾電極不同預濃縮時間之氧化還原波峰電流比較



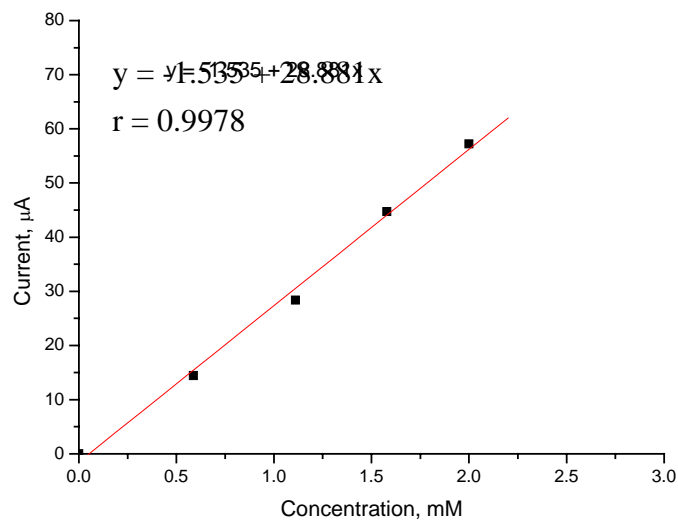
五、蔬果及水質樣品中巴拉刈含量偵測：

由以上實驗選擇菠菜修飾電極中，其氧化還原波峰電流值較大的二層修飾電極，作為蔬果及水質檢測的工作電極，透過標準添加法計算其中巴拉刈濃度。發現在取樣液中巴拉刈含量近於零，故無巴拉刈氧化還原訊息。

圖十七 中興湖湖水取樣之添加巴拉刈溶液濃度對氧化波峰電流值作圖



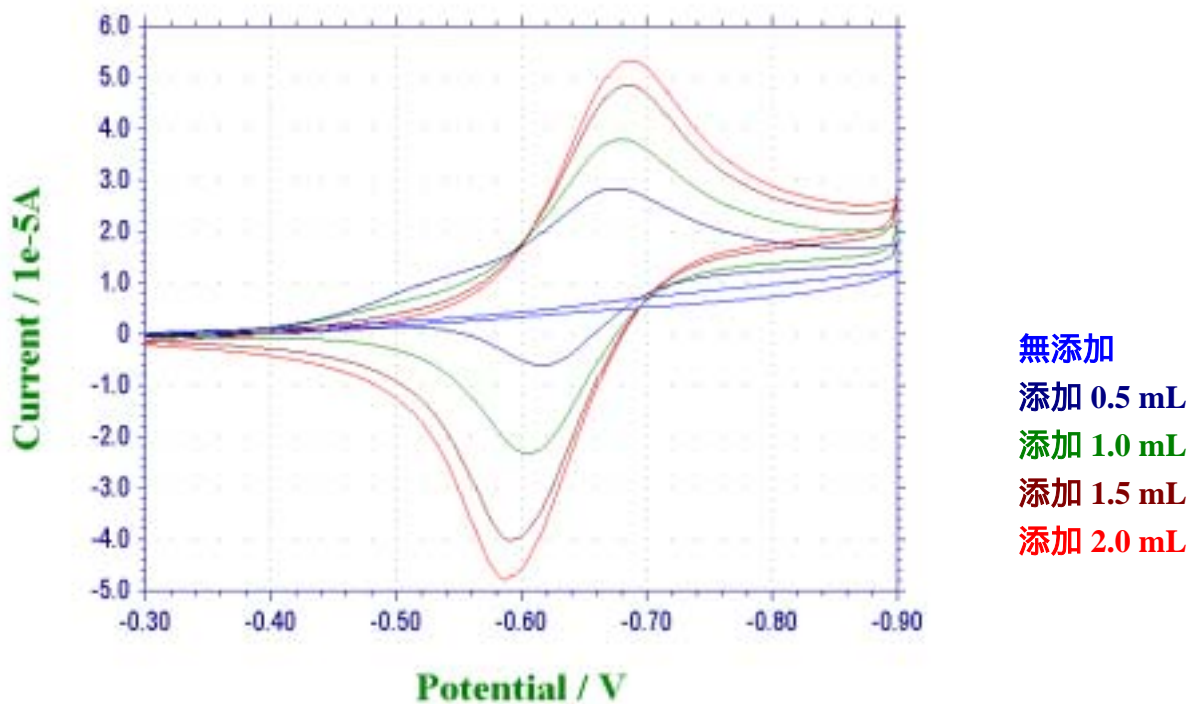
圖十八 空心菜液取樣之添加巴拉刈溶液濃度對氧化波峰電流值作圖



表五 中興湖湖水取樣之氧化還原波峰電流

添加 0.1 M 巴拉刈 溶液容量/mL	添加巴拉刈濃度 /mM	$i_{pc} / \mu A$	$i_{pa} / \mu A$
0	0	0	0
0.5	0.588	14.90	15.84
1.0	1.111	24.99	33.48
1.5	1.579	39.69	51.26
2.0	2.000	46.55	59.28

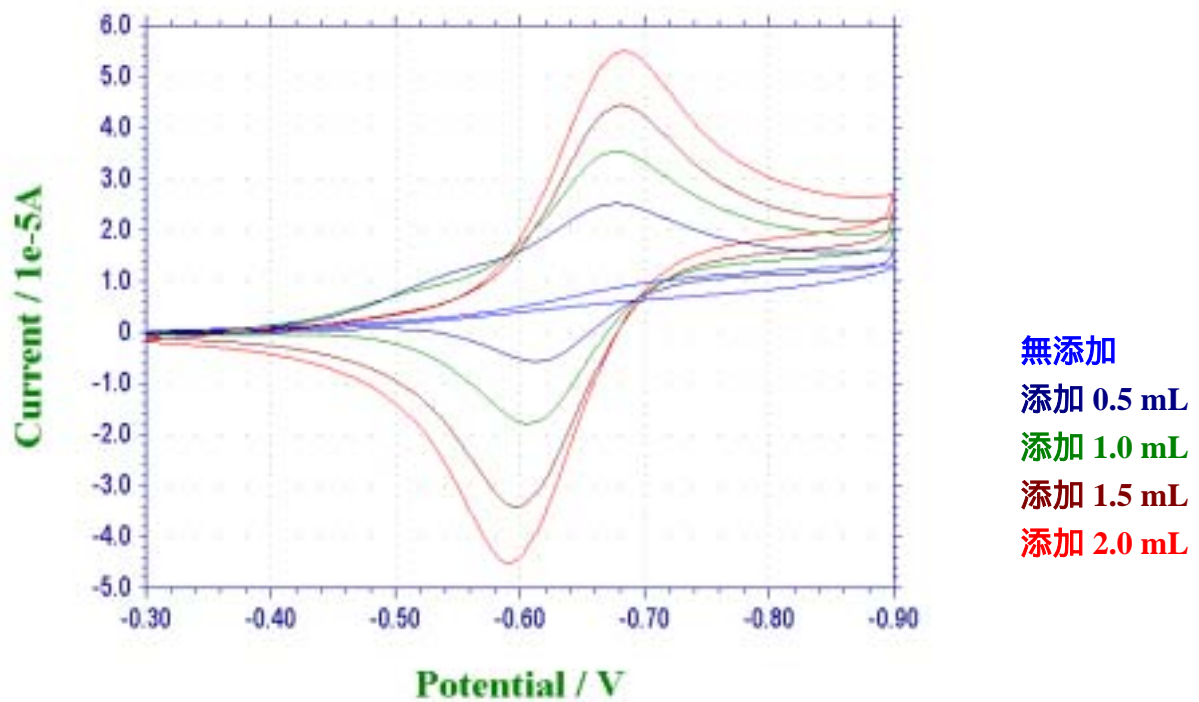
圖十九 中興湖湖水取樣之循環伏安圖



表六 空心菜液取樣之氧化還原波峰電流

添加 0.1 M 巴拉刈 溶液容量/mL	添加巴拉刈濃度 /mM	$i_{pc} / \mu A$	$i_{pa} / \mu A$
0	0	0	0
0.5	0.588	12.90	14.44
1.0	1.111	21.12	28.39
1.5	1.579	36.69	44.72
2.0	2.000	46.70	57.21

圖二十 空心菜液取樣之循環伏安圖



柒、討論

一、巴拉刈在背景電解質溶液中電化學活性試驗：

在 NaCl 與 PBS 電解質溶液中，巴拉刈的氧化還原波峰電流值差異性不大。在掃描速率為 20 mV/s 時穩定性較大，且檢測時間也不算太長。在循環伏安圖掃 10 圈時，明顯可見 NaCl 具較大重疊性，顯示其穩定性較高，容易達到平衡，故往後實驗皆採用 0.1 M NaCl 溶液作為背景電解質溶液，掃描速率定為 20 mV/s。

二、巴拉刈在植物修飾電極上的電化學活性試驗：

以植物作為電極修飾層，首先要克服的便是修飾層乾裂剝落的問題，高溫烘乾也有可能破壞其化學組成成分，因此必須注意烘乾的溫度與時間，且將製作完成的電極置於陰涼處，不宜擱置太長的時間。其次則要注意電極泡在溶液中，修飾層溶解的問題。根據實驗顯示，紅蘿蔔、蔥、高麗菜的電極修飾層不易烘乾，極易溶解在溶液中，所以氧化還原波峰電流值與標準碳電極相近。

不同植物修飾出來的電極，幫助巴拉刈吸附於電極表面的能力相異，但大部分的植物，包括日常生活中食用的蔬果皆能在修飾後增大電極的靈敏度。因為萃取液的成分不同，氧化還原電位可能有些許改變，但都不影響偵測溶液中巴拉刈的濃度。植物修飾層的確可導電，對於巴拉刈也無排斥現象，有些氧化還原波峰電流更會隨掃描圈數逐漸增大，可見巴拉刈能在電極表面逐漸累積，更加助於巴拉刈的偵測。

試驗品中的菠菜及茼蒿修飾電極，雖然氧化還原波峰電流的增大不是所有試驗樣品中最明顯的，但是其氧化還原訊號穩定。兩者之中，雖然菠菜修飾電極的氧化還原波峰電流值不如茼蒿修飾電極大，但菠菜為一年四季皆易取得的蔬菜，而茼蒿只有在冬季盛產。此外，菠菜修飾層亦具有烘乾容易，修飾層也不易在溶液中溶解掉等優點。重要的是，電極經菠菜萃取液修飾後，明顯可看出溶液中巴拉刈氧化還原波峰電流值的增大，因此我們選擇菠菜修飾電極，進一步探討修飾層數對偵測氧化還原波峰電流值的影響。

三、植物修飾電極層數量對電化學偵測巴拉刈的影響：

由實驗結果可知，隨著植物修飾層數量的增加，氧化、還原波峰電流不會隨之無限制的增大。由菠菜萃取液修飾電極來看，在修飾 2 層時，氧化、還原波峰電流皆有最大值，修飾 3 層以後，隨修飾層數的增加，氧化、還原波峰電流又逐漸減小。由此現象可知，每種植物都能找到其最適合的修飾層數，使用於偵測巴拉刈溶液時，氧化還原波峰電流有最大值。而超過此範圍以後，隨修飾層數增加，氧化還原波峰電流逐漸減小。在實驗中也發現當修飾的層數愈多，修飾層也愈容易溶解脫落於溶液中。除此之外，推測當修飾層數增多時氧化還原波峰電流值減小的現象，可能與修飾層增厚而使電阻增大、導電度降低有關。

四、預濃縮時間對植物修飾電極用於電化學偵測巴拉刈的影響：

因為想要提高偵測時的氧化還原波峰電流，於是延長預濃縮時間，藉此觀察預濃縮時間對碳電極與植物修飾電極偵測靈敏度的影響。實驗結果顯示，以標準印刷碳電極偵測巴拉刈時，當預濃縮時間增長，其氧化還原波峰電流值幾乎不會改變。但是，用植物修飾電極偵測時，當預濃縮時間增長，其氧化還原波峰電流值會隨之增加，而增加的趨勢在預濃縮時間較長時逐漸趨緩。

五、蔬果及水質樣品中巴拉刈含量偵測：

將修飾電極應用於生活中，我們取用中興湖的湖水，還有打成蔬菜汁並離心後的澄清空心菜液作為樣品液。在取用的樣品液中，因不含有巴拉刈或巴拉刈濃度極微小，利用循環伏安法偵測時，無巴拉刈的氧化還原訊號。經過逐次添加少量巴拉刈以後，發現巴拉刈的氧化還原波峰電流值也逐次增加，透過添加濃度與氧化波峰電流值的作圖，發現有不錯的線性關係，驗證了經過修飾的電極，除了具有較大的靈敏度以外，在穩定度及準確度方面也有極佳的表現。因此，將植物修飾電極應用於日常生活中具有無窮潛力。

捌、結論

綜合本研究結果，植物部分器官如葉片、根莖等，的確具有導電性可作為電極修飾層。且巴拉刈對於經過植物萃取液修飾的電極比原網版印刷碳電極具有較大的電化學活性，顯示植物修飾層能幫助電極表面對溶液中待測物的吸附，且預濃縮時間增長時，吸附效果更加顯著。但氧化還原電流不會隨植物修飾層的增加而增加，而是在修飾特定層數時有最大電流值。透過常見蔬菜中的菠菜汁液作為電極修飾層，再將此電極拿來偵測週遭的湖水與蔬菜，進一步驗證了植物修飾電極的穩定與實用性。

現今農藥問題受到重視，根據實驗結果，印證了原本追求環保以及利用自然資源的想法，未來發展希望可以摘取農作物的葉片或根莖切片，經簡單處理如去除蠟質層等，即可作為工作電極，利用循環伏安法簡便的測得農作物上的農藥殘留量。此種簡易而準確的快速偵測農藥法，可以避免誤食殘留農藥的蔬果而中毒的事件再度發生。此偵測方法亦可使用於監控水庫或是水源保護區內的水質，減少因農藥滲入水循環系統中，對人體健康造成影響。隨手摘下葉片，經去除蠟質等步驟，即可當作一片工作電極使用，成為敏銳的天然感測器，是我們的願景，也對綠色化學的發展提供更多的機會。

玖、參考資料及其他

林敬二、林宗義審譯，儀器分析(下)，第四版，美亞書版股份有限公司，535-564，1994。

楊寶旺，高中物質科學化學篇(下)，龍騰文化事業股份有限公司，49-72，2003。

楊寶旺，高中化學(下)，龍騰文化事業股份有限公司，1-32，2003。

陳鴻基、曾志明，2003，銅錳離子的吸附對巴拉刈在黏粒膜層中電化學活性的影響，中華農學會報，4(5)。

陳鴻基、曾志明，2003，銅錳離子的競爭吸附對巴拉刈在黏粒膜層中移動性的影響，農林學報，第52(3):1-20。

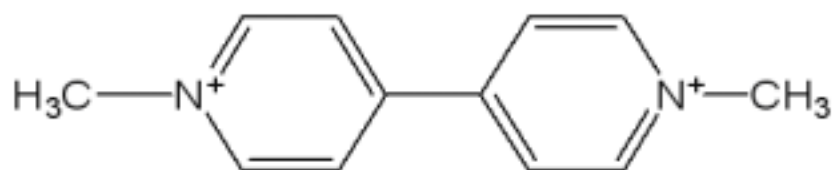
鐘協訓、曾志明，2000，網版印刷電極在分析化學上的製作與應用，科儀新知，22(3):72-82。

Lee,T.C.,F.M. Lin,I.C. Ho,T.Y. Liu,T.C. Wang,Y.I. Chu,and H.Y. Chang.1990.Paraquat-resistant cell lines derived from Chinese hamster ovary cells.Cell Biol.Internat.Rep.14:235-246.

Liou, H.H.,R.C. Chen,T.H. Chen,Y.F. Tsai,W.P. Chen,Y.C. Chang,and M.C. Tsia.1996.Effects of paraquat on the substantia nigra of the Wister rats:neurochemical,histological and behavioral studies.Toxicol.Appl.Pharmacol.137:34-41.

Liou, H.H.,R.C. Chen,T.H. Chen,Y.F. Tsai,and M.C. Tsia.2001.Attenuation of paraquat-induced dopaminergic toxicity on the substantia nigra by -deprenyl in vivo. Toxicol.Appl.Pharmacol. 172:37-43.

拾、附圖



附圖一、巴拉刈結構



照片一、經離心後的蔬果懸浮液



照片二、胡瓜葉萃取液修飾電極



照片三、電化學分析儀裝置



照片四、三電極系統

評語

040207 高中組化學科 第三名

綠色感測器—巴拉刈無所遁形

取材很好，有實用價值，若能更進一步說明將會更好。