

## 肆、 結論

本研究將奈米碳管添加於 1%  $[\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{PVP}_2](\text{ClO}_4)_2$  的乙醇溶液中，並塗覆在電極表面製作成修飾電極。實驗以添加 0.5 與 2 mg/mL MWCNT 的 1%  $[\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{PVP}_2](\text{ClO}_4)_2$  修飾電極，分別探討奈米碳管對  $\text{Ru}^{3+}/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  系統下產生的 ECL 與氧化電流之催化效應。

實驗結果顯示，奈米碳管的添加可提高薄膜內  $\text{Ru}^{2+}/\text{Ru}^{3+}$  的氧化還原速率，添加 2 mg/mL MWCNT 於  $[\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{PVP}_2]^{2+}$  修飾薄膜中相較於未添加 MWCNT 之修飾電極，於 CV 掃描下得到的氧化電流值增加約 99%，說明添加奈米碳管在修飾薄膜中的電催化效應。藉由氧化還原速率的提高，使添加 0.5 mg/mL MWCNT 之修飾 ITO 電極在進行循環伏安掃描偵測草酸時氧化電流的訊號增加約 23%，而同步紀錄到 ECL 訊號強度增加了 20%。添加 MWCNT 後的修飾薄膜在電子顯微鏡下觀察到，MWCNT 使修飾薄膜形成許多孔隙，因此在偵測草酸時能使草酸擴散進入薄膜的速率更快。在旋轉盤電極系統中以線性掃描伏安法得到的極限電流，利用 Koutecky–Levich 公式估算出添加 0.5 mg/mL MWCNT 修飾薄膜的  $K'_{\text{ME}}$  為 0.00300 (cm/s)，而添加 2 mg/mL MWCNT 後的修飾薄膜之  $K'_{\text{ME}}$  為 0.00976 (cm/s)，相較於未添加奈米碳管前之修飾薄膜  $K'_{\text{ME}}$  為 0.00194 (cm/s) 皆明顯增加，證實添加 MWCNT 後的修飾薄膜使草酸進入膜中與  $\text{Ru}^{3+}$  反應之速率明顯增大。此結果也說明了在  $\text{Ru}^{3+}/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  系統中產生的 ECL 訊號，因  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  進入薄膜內的速率快且與薄膜內  $\text{Ru}^{3+}$  反應的速率變快，導致 ECL 訊號強度增加。以 FIA 在流動系統中偵測草酸，由於 MWCNT 修飾薄膜結構孔隙多，流體通過時易使薄膜結構損害，長時間的偵測可能使  $\text{MWCNT}/[\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{PVP}_2]^{2+}$  因為溶液不斷沖提受到破壞，並未達到降低偵測極限的目的。對此可以藉由降低流速或改變反應槽的設計，改善修飾電極在流動系統中偵測時的穩定性，往後亦

可搭配液相層析管分離，用來偵測草酸、抗壞血酸、三丙基胺等可與  $[\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{PVP}_2]^{2+}$  反應產生 ECL 之物質，進行定量分析。