

第六章、結論與建議

6.1 結論

經過本研究實驗結果與分析得到以下幾點結論：

1. 光照前之實驗中以五環之 B[b]C 毒性最強，兩環 Nap 之毒性最弱，結果亦顯示出 PAHs 之毒性會隨苯環數增加而有毒性增強的趨勢；而在光照後的實驗部份則發現本研究之 11 種 PAHs 其中有六組會產生光誘導毒性造成其光照後毒性明顯增強的現象，分別為 Ben, Flu, Ant, B[a]A, Acr, Per 六種；而本研究敏感度最高之試驗終點為最終產量，就三種試驗終點進行迴歸亦發現其彼此間具有極佳之相關性。
2. 比較光照前後之 HPLC 分析圖譜可明顯看出 PAHs 光解產物及原化合物之波峰變化情形，而將光照前後之劑量反應曲線圖相疊並以三種試驗終點分別比較時，可發現有光毒的六種 PAHs 其光照後曲線明顯左移而說明其毒性增強之現象。
3. QSAR 預測光毒之部分，本研究依 HOMO-LUMO gap 與光照前後之 EC_{50} 比值迴歸所建立之光毒窗預測範圍，在以溶氧量為試驗終點時， Δ GAP 值分佈在 6.7~8.1 eV 具光毒性；而以最終產量時， Δ GAP 值分佈在 6.8~8 eV 具光毒性；以生長率時， Δ GAP 值分佈在 6.7~7.9 eV 具光毒性；由以上三種不同試驗終點所預測之光毒 Δ GAP 範圍可發現結果十分接近，並可做為預測 PAHs 光毒性之參考。

4. 透過G Test最佳化模式計算出之 EC_{10} 值及Dunnett's Test計算出之NOEC值進行比較與討論，以中斷值 (cut-off value) 分析結果發現無論光照前後在三種不同的試驗終點下平均中斷值皆小於 10%，顯示本研究之PAHs無論光照前後皆以NOEC值能提供比 EC_{10} 更好的保護標準。
5. 在QSAR的分析中，PAHs與水及辛醇係數有良好之相關性，在去除outlier後三種試驗終點與LogP迴歸其 R^2 分別為 0.83(on DO)、0.88(on FY)、0.81(on GR)之高相關性，顯示其毒性與分子疏水性有相當程度的關連性，若將PAHs非極性麻醉有機物之毒性相比，可發現PAHs對藻類造成之毒性比非極性麻醉有機物所建立之baseline toxicity預估模式高出許多。
6. 關於物種比較方面，本研究PAHs未照光之結果與鯉魚(*Fathead minnow*)進行比較時，則是發現以最終產量與生長率為試驗終點時其物種迴歸相關係數可高達 0.89 與 0.81，證明兩物種間具極高之相關性；而敏感度的比較部份則發現本研究所用之月芽藻其敏感度皆較柵狀藻(*S.subspicatus*)、鯉魚(*Fathead minnow*)、鱒魚(*Rainbow trout*)要高，而與水蚤(*Daphnia magna*)比較時則敏感度無明顯差異。
7. 經過上述討論後可得知 BOD 瓶進行密閉式藻類毒性試驗配合連續式母槽培養，可得到敏感性、再現性及可信度佳之毒性數值，而利用本實驗所建立之 QSAR 預估模式也因其良好之相關性而能作為 PAHs 毒性預測之參考。此外整個試驗方法之量測簡單且成本低，與其它試驗時間過長且程序繁雜之生物毒性試驗方法相比，本研究提供了一個較理想之試驗方法。

6.2 建議

1. 連續式母槽培養過程因為許多因素如營養基質配製過程不確實或放置時間過長造成其濃度改變或是溢流率之變化皆會對藻類生長產生影響進而造成實驗之誤差，需特別注意。
2. UV 光照之強弱及時間與光解程度有極大之關連性，亦會對毒性試驗結果產生影響，本研究建議未來可利用不同之光照強度及時間來評估其光解情形及毒性強弱。
3. 本研究僅對 11 種 PAHs 進行光照前後毒性試驗，未探討其混合毒性效應，未來可加以研究以了解其交互作用之毒性影響。
4. 本研究有一些 PAHs 由於濃度設定不盡理想造成分析 NOEC 值時有高估的情況，因此在濃度的選擇上必須更加小心謹慎。