

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

常見農藥在人工溼地系統中之處理效能(I)-人工溼地處理
草脫淨之效能

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-041-007-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學藥學系

計畫主持人：王姿文

共同主持人：荊樹人，林瑩峰

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國93年11月2日

研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 92-2211-E-041-007

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：王姿文 嘉南藥理科技大學生物科技系

共同主持人：荊樹人、林瑩峰, 嘉南藥理科技大學環工系

常見農藥在人工溼地系統中之處理效能(I)-人工溼地處理草脫淨之效能

摘要

本研究利用人工溼地系統，於系統中種植不同種類的水生植物，來探討施以農藥 Atrazine 之不同溼地系統、水生植物與懸浮固體物等相關性，及 Atrazine 對溼地系統之影響。整個人工溼地系統由進流儲存桶以並聯方式分別連接三個表面下流動式(subsurface flow, SSF)及三個自由表面流動式(free water surface, FWS)溼地，每個溼地系統規格為長 0.67m、寬 0.48m、深 0.32m。SSF 溼地填滿礫石，孔隙率約為 45% 分別種植香蒲、蘆葦及不種植植物的對照組；FWS 溼地則底部覆土約 18cm，亦分別種植香蒲、蘆葦及不種植植物的對照組。

結果顯示在懸浮固體物的處理效能上，SSF 溼地系統較 FWS 系統佳，受溫度與天氣變化影響較小。同時觀察 SSF 與 FWS 系統中，有種植水生植物的處理效能也較對照組來的高，顯示水生植物有助於系統對懸浮固體的處理能力。在去除硝酸鹽的效能上，結果顯示 SSF 平均有 86.65~99.97%，FWS 去除效能平均 91.99~99.76%，另外觀察溫度對系統的影響，顯示出當溫度明顯下降時溼地系統的 NO₃ 立刻明顯上升。在溼地系統的菌相上，結果顯示 FWS 及 SSF 系統中的菌相不同，其中土壤之含菌量較高，以淡黃色之大腸菌類為優勢菌種，將進一步鑑定菌種及分析抗農藥之機制及可能參與的基因。

關鍵詞：人工溼地，Atrazine，懸浮固體物，硝酸鹽，菌相

前言

一般溼地系統可分為自然溼地 (natural wetland) 與人工溼地，自然溼地包括沼澤、草澤、淺灘、潟湖等，具有淨水、造地、提供多種生物棲息地、教育文化等功用，通常規劃為生態保育區，例如，國內的一些高山湖泊、屏東墾丁的龍鑾潭溼地、台南的四草溼地、澎湖的青螺溼地、以及台北關渡的紅樹林等，雖具有淨水功能，但不能無限度的引入污染水源，以免破壞生態平衡。而人工溼地則可依據實際需求設立，除了具有與自然溼地一樣的淨水及生態保育功能外，亦可根據所應處理的污染水之水質來設立其所需要之人工溼地型式或種植之水生植物種類，設立的大小亦可根據實際處理效能來規劃，已達到最佳

整體效益。影響人工溼地操作的因素相當多，在地點選擇時需考量氣候、水力、地質、環保法規等，而實際上操作時亦需考量進流水質、濃度、水生植物種類、數量、微生物、底棲生物、溼地種類、環境狀況等【1】。目前設計的人工溼地系統有兩種類型【2】，一為自由水層系統(FWS, free water surface system)，模擬自然溼地之環境，底部的不透水土壤層約 20 - 30 cm，種植高密度的挺水性植物(emergent plants)，表面積覆蓋度約佔 50%，水深約 20 - 30 cm，進流水於濕地表面開放性流動，當水流經植物的莖與根部時可行淨化作用，美國大多採用此系統。第二種系統為表層下流動系統(SSF, subsurface flow system)，為一窪地槽體，底部填充約 40 - 60 cm 的可透水性砂土或碎石，以支持挺水性植物之生長，進流水於表層下的砂土中流動，藉植物根部之吸收、微生物之

作用或附著、沉澱等，達淨化水質的效果，此系統在歐洲、澳洲及南非較為普遍。

國際間對於人工溼地應用在廢污水的淨化，不論在研究或實際應用上都已經有相當的成果，例如都市污水之處理【3,4】、農業或工業廢水之處理【5,6,7,8】、垃圾掩埋場或礦場滲出水【9,10】之處理等，人工溼地對於其中的污染物質如懸浮固體【11,12】、有機物質【12,13,14】、重金屬【15,16】及微生物【17】等，都有良好的去除效果。而國內對於人工溼地的研究與應用也由於環保生態工法的推行，數年來已有相當的研究進展，包括二仁溪河水的處理【18, 19】、養魚蝦廢水的淨化與再利用【20, 21】、及農地排放逕流水的處理【22】等，都有良好的效果。本計畫即為探討連續入流之含 Atrazine 人工廢水，在人工溼地系統中處理 Atrazine 之效能，並探討溼地系統對硝酸鹽，懸浮固體物，菌相等的變化。

實驗步驟與方法

1. 人工溼地系統

本研究共分甲、乙兩組溼地系統（如圖 1 所示），甲系統為自由表面流動式人工溼地（free water surface system, FWS）；乙系統為表面下流動式人工溼地（subsurface flow system, SSF），以抽水幫浦分別進流含步同濃度的 Atrazine 之進流水於兩種不同類型的濕地系統中，水力停留時間 HRT 控制為 4-5 天。甲、乙系統中，甲一及乙一種植蘆葦為系統中的水生植物，甲二及乙二則種植香蒲，甲三及乙三為對照組，不種植水生植物。系統並以壓克力板作為水道隔版，一方面方便 HRT 的控制；另一方面，也可減少短流現象，使得整個系統操作更接近柱塞型的模式，系統運作後則定期於進流口及出流口採樣分析。

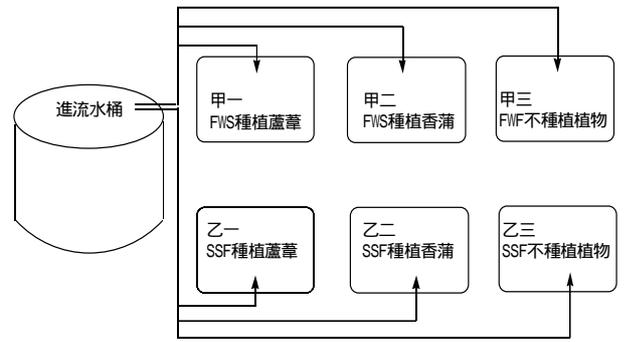


圖 1.人工溼地系統圖

2. 採樣與分析

採樣時間為每星期一次，分別採集進流水及各系統之出流水。水樣的各項水質分析包括水樣中 Atrazine 的濃度、pH、DO、SS、COD、TOC 等水質項目；分析方法參照“水與廢水的標準測試法”【23】，而 Atrazine 以 HPLC 測定含量。

結果與討論

1. SSF 溼地系統的 NO₃ 去除效能

SSF 溼地系統中，包括種植蘆葦(S1)以及種植香蒲(S2)的實驗組，與不種植水生植物的對照組(S3)。如圖 2 所示，系統自 92 年 8 月設計規劃完成後，種植蘆葦以及香蒲並經過兩個月的穩定期，11 月開始檢測水質與採樣，可明顯看出其 NO₃ 為 0.005~1.413 mgN/L，去除率為 92.73~99.97%，1 月至 2 月份氣溫持續偏低，使植物及微生物生長受到限制；且日照時間減少，NO₃ 於 2 月底明顯上升為 0.17~2.597 mgN/L，去除率降為 86.65~99.13%，之後氣溫慢慢回昇，系統的 NO₃ 快速下降至 0.046~0.727 mgN/L，去除率上升為 96.26~99.76%。

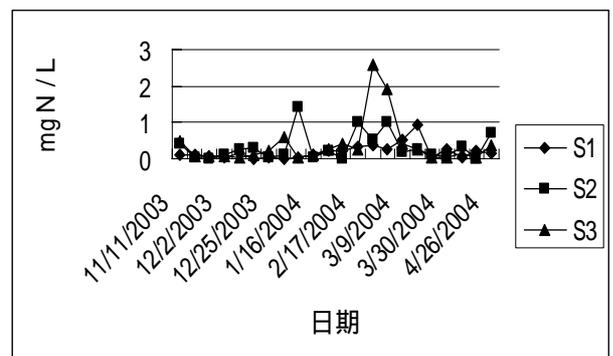


圖 2 SSF 系統中 NO₃ 之變化圖

2. FWS 溼地系統的 NO₃ 去除效能

FWS 溼地系統中，包括種植蘆葦(W1)以及種植香蒲(W2)的實驗組，與不種植水生植物的對照組(W3)。經過兩個月的穩定期，11 月開始檢測水質與採樣，可明顯看出其 NO₃ 為 0.06~0.482 mgN/L，去除率為 97.52~99.69%，1 月至 2 月份氣溫持續偏低，使植物生長受到限制，且日照時間減少，NO₃ 立刻明顯上升為 0.111~1.556 mg N/L，去除率下降為 91.99~99.43%，之後氣溫慢慢回昇，系統的 NO₃ 下降至 0.041~0.198mg N/L，去除率上升為 96.26~99.76%。

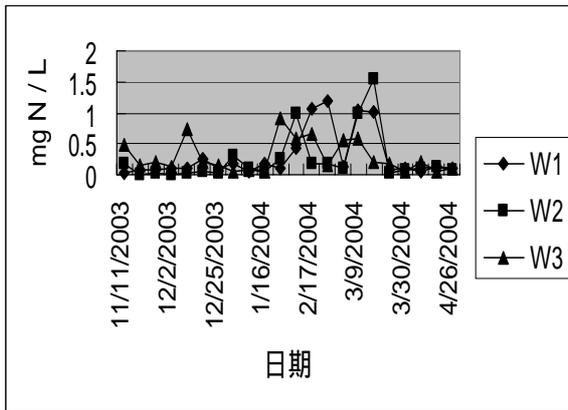


圖 3 FWS 系統中 NO₃ 之變化圖

3. SSF 溼地系統的 SS 去除效能

SSF 溼地系統中，包括種植蘆葦(S1)以及種植香蒲(S2)的實驗組，與不種植水生植物的對照組(S3)。如圖 4 所示系統自 92 年 8 月設計規劃完成後，種植蘆葦以及香蒲並經過兩個月的穩定期，11 月開始檢測水質與採樣，可明顯看出其 SS 為 0.2~1.1 mg/dL，至 1 月-2 月份氣溫持續偏低，使植物及微生物生長受到限制，且日照時間減少，SS 明顯上升為 2.9~16.9mg/dL，3 月份後氣溫慢慢回昇，系統的 SS 則快速下降至 0.3~1.9mg/dL。顯示氣候影響植物及微生物之生長，而植物及微生物之生長又影響系統中 SS 的量。

另外系統中 SS 的產生有部份為藻類生長所造成，包括一些單細胞綠藻及矽藻等。

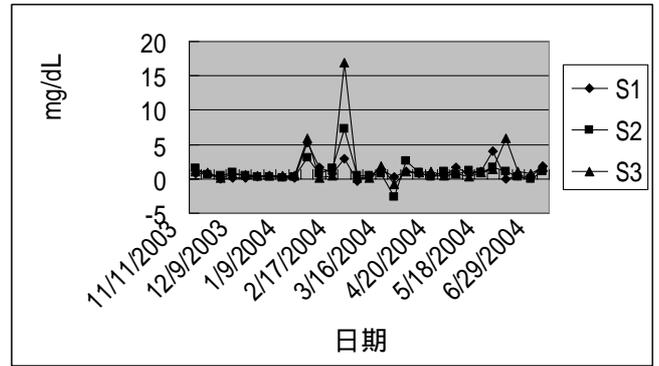


圖 4 SSF 系統中 SS 之變化圖

4. FWS 溼地系統的 SS 去除效能

FWS 溼地系統，包括種植蘆葦(W1)以及種植香蒲(W2)的實驗組，與不種植水生植物的對照組(W3)。經過兩個月的穩定期後，11 月開始檢測水質與採樣，可明顯看出 SS 在 11 月份時偏高，平均為 1.4~9.9mg/dL，12 月份後降至 0.2~1.4mg/dL，1 至 2 月份氣溫持續偏低，使植物及微生物生長受到限制，且日照時間減少，故 SS 上升為 1.8~5.5mg/dL，4 月份後氣溫慢慢回昇，植物及微生物開始生長，系統的 SS 則降至 0.3~3.2mg/dL。同樣的，植物及微生物之生長影響 SS 的量。

在 FWS 系統中，除了植物與微生物的生長會影響 SS 的去除外，水面上亦生長許多絲狀藻類，故會增加 SS 的量，但藻類的生長亦可協助氨氮及磷酸鹽的去除，對整個溼地而言，亦有其優點。

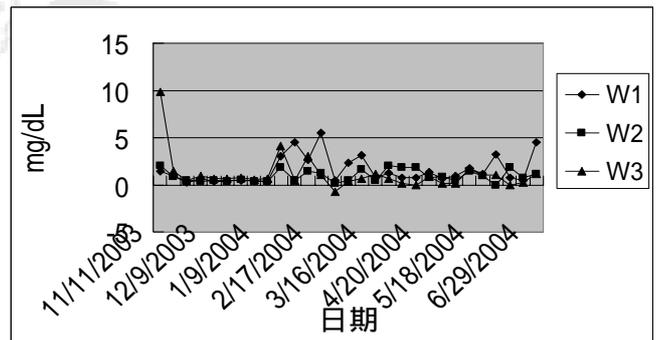


圖 5 FWS 系統中 SS 之變化圖

5. 菌相

人工溼地能有效的處理農藥，在處理的過程中，能生長於系統中菌多為抗農藥之菌種，本研究顯示在不同的溼地系統中有許多不同的菌種均具抗農藥之能力，種植植物之系統對微生物的生長亦有幫助，除了提供溫度之緩衝外，也可提供微生物之附著，或其他生長因子。本溼地系統大

多細菌的適應溫度為 21.8 33.3 之間。

6. 草脫淨的影響

在所有的溼地系統中,加入 1-20ppm 的草脫淨尚未能對溼地植物造成影響,但對一般雜草則有去除效果,對系統內菌相亦有影響,由目前的結果顯示,溼地系統對於草脫淨有去除的效果,更進一步的研究則陸續進行中。

誌謝

本研究計劃承國科會 NSC92-2211-E-041-013 贊助經費,使計劃工作得以順利完成,特此致謝。另於研究期間承嘉南藥理科技大學環工系溼地研究小組與生科系師生的參與及幫忙,與此一併致謝。

參考文獻

1. Hammer, D.A., Edito "Constructed wetland for wastewater treatment-municipal, industrial and agricultural", Lewis Publishers, inc., Michigantr (1989).
2. Metcalf & Eddy, Ch13 Natural treatment system. In Wastewater Engineering(3ed)pp. 927-1061. McGraw-Hill, Inc. New York (1991).
3. Thomas, P. R., Glover, P. and Kalaroopan, T. "An evaluation of pollutant removal from secondary treated sewage effluent using a constructed wetland", *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), pp. 87-93 (1995).
4. Juwarkar, S., Oke, B., Juwarkar, A. and Patnaik, S. M. "Domestic wastewater treatment through constructed wetland in India", *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), pp. 291-294 (1995).
5. Vrhovsek, D., Kukanja, V. and Bulk, T. "Constructed wetland for industrial waste water treatment". *Wat. Res.* 30(10), pp. 2287-2292(1996).
6. Yin, H. and Shen, W. "Using reed beds for witer operation of wetland treatment system for wastewater", *Wat. Sci. Tech.* 32(3), pp. 111-118 (1995).
7. Comin, F.A., Romero, J.A., Astorga, V. and Garcia, C. "Nitrogen removal and cycling in restored wetlands used as filters of nutrients for agricultural runoff" *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 255-261 (1997).
8. Kadlec, R.H., Burgoon, P.S. and Henderson, M.E. "Integrated natural systems for treating potato processing wastewater", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 263-270 (1997).
9. De Maeseneer, J.L. "Constructed wetlands for sludge dewatering", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 279-285 (1997).
10. Bulc, T., Vrhovsek, D. and Kukanja, V. "The use of constructed wetland for landfill leachate treatment", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 301-306 (1997).
11. Worall, P., Peberdy, K.J. and Millett, M.C. "Constructed wetlands and natural conservation", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 205-213 (1997).
12. Green, M.B., Griffin, P., Seabridge, J.K. and Dhobie, D. "Removal of bacteria in subsurface flow wetlands", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 109-116 (1997).
13. :aber, J., Perfler, R. and Haberl, R. "Two strategies for advanced nitrogen elimination in vertical flow constructed wetlands", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 71-77 (1997).
14. von Felde, K. and Kunst, S. "N-and COD-removal in vertical-flow systems", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 79-85 (1997).
15. Mungur, A.S., Shutes, R.B.E., Revitt, D.M. and House, M.A. "An assessment of metal removal by a laboratory scale wetlands", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 125-133 (1997).
16. Lakatos, G., Kiss, M.K., Kiss, M. and Juhasz, P. "Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Hungary", *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 331-336 (1997).
17. Ottova, V., Balcarova, J. and Vymazal, J. "Microbial characteristics of constructed wetlands" *Wat. Sci. Tech.* 35(5), pp. 117-123 (1997).
18. Jing, Shuh-Ren, Yin-Feng Lin, Der-Yuan Lee, and Tze-Wen Wang "Nutrient removal from polluted river water by using constructed wetlands", *Bioresource Technology*, 76(2), pp. 131-135 (2000).
19. S.R. Jing, Y.F. Lin, D.Y. Lee, and T.W. Wang "Using constructed wetland systems to remove solids from highly polluted river water" *Water Science Technology: Water Supply*, 1(1), pp. 89-90(2001).
20. 林瑩峰、荊樹人、李得元、王姿文、陳益民、王世榮 "利用人工溼地處理水產養殖廢水之研究", 第 24 屆廢水處理技術研討會(1999)。
21. 林瑩峰、荊樹人、李得元、王姿文、陳益銘、顏文尚、陳韋志、吳民貴、郭俊緯 "人工溼地在循環養殖系統中之淨水功能", 第六屆水再生及再利用研討會, pp.170-175, 台南(2001)。
22. 王姿文、荊樹人、林瑩峰、李得元、黃獻文 "人工濕地處理農藥-達有龍之效能評估", *Chia-Nan Annual Bulletin.*, 28, pp. 96-103 (2002)。
23. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th Ed., American Public Health Association, Inc., New York, (1985).