

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

2-4-D 之效能

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號： NSC91-2211-E-041-013-

執行期間： 91 年 08 月 01 日至 92 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

報告類型： 精簡報告

處理方式： 本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 9 月 29 日

研究計畫成果報告

計畫編號：NSC91--91-2211-E-041-013

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：王姿文 嘉南藥理科技大學藥學系

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 2,4-D 之效能

摘要

本研究主要探討不同類型之人工溼地系統種植不同種類的水生植物對除草劑 2,4-D((2,4-dichlorophenoxy) acetic acid)的處理效能。整個人工溼地系統由進流水儲存桶以並聯方式分別連接三個表面自由流動式(free water surface, FWS)及三個表面下流動式(subsurface flow, SSF)溼地，每個溼地系統規格長 0.67m、寬 0.48m、深 0.32m。FWS 溼地底部覆土 18cm，分別種植香蒲、蘆葦及不種植任何植物的空白對照組；SSF 溼地則填滿礫石，孔隙率約為 45%，分別種植香蒲、蘆葦及不種植任何植物的空白對照組。進流水由自來水中調配 1~2 mg/L 的 2,4-D 及磷酸鹽 3 mg/L 以模擬含除草劑的農地逕流水。

系統自民國 91 年 12 月初以水力負荷 0.03m/d 的方式進流各溼地操作，結果顯示：SSF 溼地系統的處理效能較佳，具有 79.12~86.48% 的去除效率，而 FWS 溼地系統僅 56.88~76.44%。透過系統內 DO 的分析，SSF 溼地的 DO 值較 FWS 低。另外，在比較不同種類水生植物的去除效能方面發現 SSF 及 FWS 溼地中香蒲的生長狀況均優於蘆葦，且其系統的去除效能也較佳，顯示香蒲較蘆葦能夠耐抗 2,4-D。同時由 SSF 及 FWS 型系統中，有種植植物的溼地系統其 2,4-D 的去除效率均高於無種植植物的對照組系統來的高，顯示水生植物的存在有助於 2,4-D 的降解。由水質分析結果顯示溼地中的 Cl⁻有增加的情形，因此顯示含氯的 2,4-D 有被分解的現象。未來將採取植物體，分析植物體內 2,4-D 的量。

關鍵詞：人工溼地，2,4-D

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

¹ 嘉南藥理科技大學藥學系 四技學生

² 嘉南藥理科技大學生物科技系 副教授

³ 嘉南藥理科技大學環境工程科學系 教授

⁴ 嘉南藥理科技大學環境資源管理系 副教授

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 2-4-D 在人工溼地中的去除效能，以及對溼地生態的影響。

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 1-2 ppm 的 2-4-D 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 2 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。

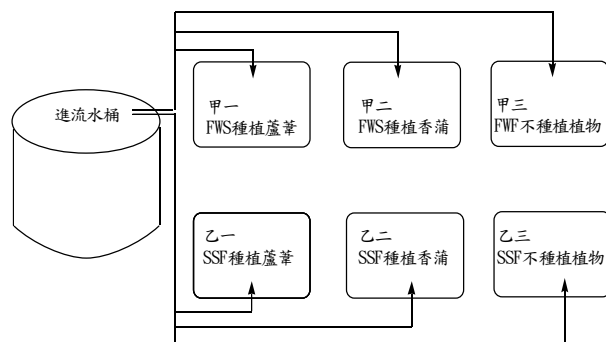


圖 1. 人工溼地系統圖

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 2,4-D 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 2,4-D 以 HPLC 測定含量。

結果與討論

1. FWS 溼地系統的 2-4-D 去除率

FWS 溼地系統中，包括種植蘆葦（甲一）以及種植香蒲（甲二）的實驗組，與不種植水生植物的對照組（甲三）。如圖 2 所示，系統對於 2-4-D 的去除在進流後的 2 星期達到最低，僅約 13.01-35.02%，可能由於溼地剛開始適應 2-4-D 的存在，包括水生植物及系統內的微生物，隨後去除率即開始上升，植物生長也趨於穩定。然而在一月初由於寒流來襲(參考圖 3 的月平均溫度變化圖)，使植物受創，且因溫度低使微生物生長代謝變慢，故去除率又下降至 14.14-62.99%，其中以種植香蒲的溼地系統恢復較快，故其去除率也最快上升，隨著季節溫度的變化，我們發現系統在溫度 20-25℃ 時去除率最好，這個溫度範圍也是環境微生物生長的最佳溫度，故系統內微生物參與 2,4-D 的去除應佔有相當的角色。之後隨著夏季溫度的上升，去除率也有趨緩的傾向，此時的月平均溫度都高於 30℃，甚至到達 35℃，故微生物的生長受抑制，去除率也降低。觀察各系統穩定後的去除效率，大都具有 56.88% 以上的 2-4-D 去除率。

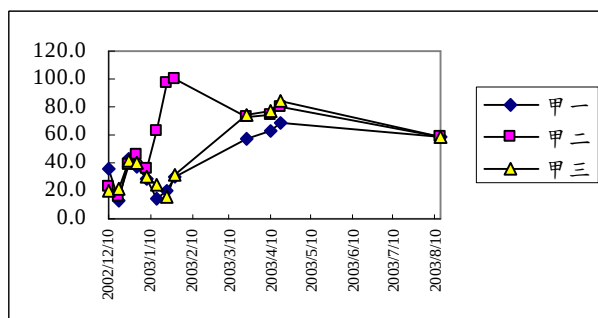


圖 2. FWS 溼地系統的 2-4-D 去除率。

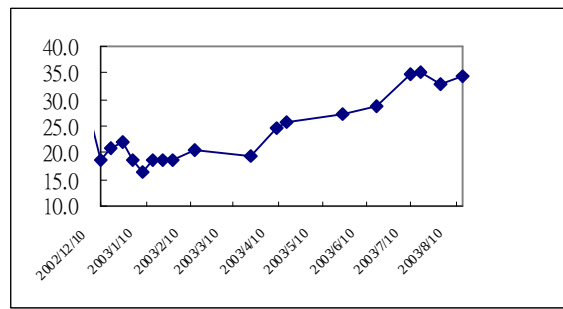


圖 3.溼地系統的月平均溫度變化圖。

2. SSF 溼地系統的 2-4-D 去除率

SSF 溼地系統對 2-4-D 的去除效率與 FWS 溼地系統類似，包括種植蘆葦（乙一）以及種植香蒲（乙二）的實驗組，與不種植水生植物的對照組（乙三）。如圖 4 所示，剛開始進流的 2 星期為系統內植物及微生物對 2-4-D 的適應期，去除率下降至 28.02-37.22%，隨後即開始回升，若忽略寒流與夏季高溫對系統的影響，可見各系統穩定後都具有 77.86% 以上的去除效率。

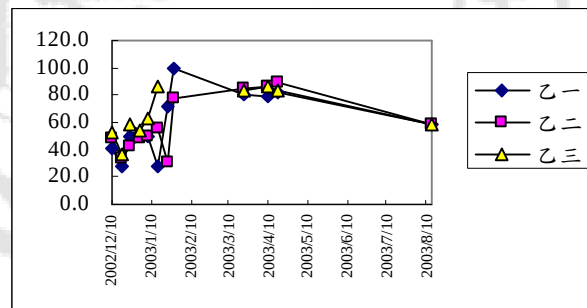


圖 4. SSF 溼地系統的 2-4-D 去除率。

3. FWS 與 SSF 系統對 2-4-D 去除效率的比較

比較圖 2 與圖 4，FWS 溼地系統與 SSF 溼地系統對 2-4-D 的去除效率，顯然 SSF 溼地系統較佳，具有 79.12-86.48% 的去除效率，而 FWS 溼地系統僅 56.88-76.44%，透過系統內 DO 的分析（數據未列出），SSF 溼地系統的 DO 值較低，顯示系統中的厭氧菌量應較多，有利於 2-4-D 的分解，而分析的數據中也顯示系統水樣中的 Cl 離子有增加的情形，因此，顯示含氯的 2-4-D 有被分解的現象。另外，比較種植蘆葦、香蒲，與不種植植物的系統中，香蒲的生長狀況最好，且對 2-4-D 的去除率也較佳，顯示水生植物的存在有助於 2-4-D 的去除。

誌謝

本研究計劃承國科會 NSC91-91-2211-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境工

程衛生系溼地研究小組與藥學系師生的參與及幫忙，與此一併致謝。

參考文獻

1. Hammer, D.A., Editor "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 winter 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).