

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

淨化污染河水之人工濕地中污染物宿命及生態變化之研究

Fates of pollutants and Ecological Variation in A Constructed Wetland Treating Polluted River Water

計劃編號：NSC 89-2313-B-041-018

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：荊樹人 副教授 嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

協同主持人：林瑩峰、李得元、王姿文 副教授 嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

E-mail: jingsr@mail.chna.edu.tw

一、中文摘要

人工溼地乃一低成本、省能源、無二次污染的一種天然淨化系統，本土型人工溼地的研發對目前台灣受不同程度污染的自然水體具有積極性的保育及復育功能，故國內人工溼地法的開發對水源環境等之永續利用及技術發展實有其前瞻性。本年度計畫針對已建立之人工溼地，在處理二仁溪水操作下的生態研究，探討人工溼地處理污染水的效能及長期溼地內的生態變化波動情形。整理一年來的生態資料，顯示水生植物蘆葦受到季節性的影響，生長隨之波動，春至秋季生長快速，秋季末開始開花，而後生長緩慢。隨著蘆葦生長，動物也依時序與需求進入濕地系統，包括以濕地為棲息繁殖場所的瓢蟲及蜘蛛，做為巢穴的螞蟻等。另外FWS系統中的水體部分亦發現藻類等微生物，如單細胞綠藻、顫藻、念珠藻、矽藻及眼蟲等。關鍵詞：人工溼地、污染河水處理、生態變化、動物、微生物

Abstract

Constructed wetlands (CW) are natural purification systems having advantages of low cost, energy saving, and no secondary pollution. The research work of domestic CW will be helpful in protection and recovery of polluted water bodies in Taiwan. Hence the development of CW provides an advanced ways for sustaining usage of water resources. This project focused on the pollutants removals as well as the ecological variation in CW when treating water of Erh-Ren River. According to data of the first year's work, the growth of reeds was fast between spring and fall, but the growing speed slowed down when flowering at the end of fall. Along with the growth of reeds, animals also entered the CW systems followed the time and their needs for using CW as breeding ground of ladybugs and spiders or colony of ants. In the water of the FWS wetland, some microorganisms, such as, single-celled green algae, *Osgillatoria* spp.,

Anabaena spp., *Diatoma* spp., *Euglena* spp., etc.

Keywords: constructed wetlands, polluted river water treatment, ecological variation, animals, microorganisms

二、緣由與目的

台灣地區之河川因長期承受事業廢水及都市污水未適當處理(點源)及下雨後的逕流水(非點源)所受之污染(根據行政院環保署八十七年環境統計年報，已有70%的水源水庫由普養轉為優養或持續優養，其中甲級七個中四個優養，乙級十一個中八個優養，丙級一個優養，丁級一個優養【1】)，而這些水庫的水源均來自受污染之河川。因此，以目前台灣的現況，除非強化法規的執行效率或業者的環保意識覺醒，水資源污染的問題似乎無法於短期幾年內獲得顯著的改善。由經濟部水資源局主辦，國科會、農委會、及內政部協辦於89年11月9日在台大全球變遷研究中心的「第六次全國科際會議全球變遷與環境保護子題籌備計畫」之期中報告中，由中華大學校長郭一羽教授所報告之議題：「永續發展與民生福祉」之子題：「水資源與海洋資源技術」之題綱：「水海環境保育」中，可行方案中即明確的建議國內需要建立『本土性環境生態工法』、『人造溼地的生態技術』、『回復水質自然淨化的功能』等資料，以期達到開發與環境保護並重，經濟與自然共存的最終目標。人工濕地系統(constructed wetland system)是將生態工程技術應用於水或廢水管理及處理上的一種自然淨化程序，相較於一般傳統之廢污水處理系統，其具有省能源、低成本、無二次污染、不破壞生態等優點，頗能符合處理污染性河水的技術要求【2、3】。因此在保育河川水資源的技術考量上，具有經濟效益之人工濕地法為一個值得探討其應用價值的自然處理方法。

濕地系統可概分為天然濕地

(natural wetland) 及人工濕地。天然濕地為自然形成的沼澤、草澤、淺灘、瀉湖等，具有淨水、造地、生態保育等功能，通常規畫作為生態保護區，對所承受的進流水需以嚴格的水質標準來加以管制。因此，任意引進受污染河水，可能有破壞生態平衡之虞。而人工濕地則是利用天然濕地的淨水及生態保育的功能【4-7】，目前，所發展出來的人工濕地系統有兩種類型【8】。其一，稱為自由水層系統 (FWS, free water surface system)，底部為不透水土壤層，種植挺水性植物 (emergent plants；根生於水底，葉伸出水面，例如燈心草、蘆葦、香蒲等)。另一種系統，稱為表層下流動系統 (SSF, subsurface flow system)，為一窪地槽體，充填約 40~60 公分厚的可透水性砂土或碎石作為介質，以此支持挺水性植物的生長，進流水被迫在表層下的砂土間流動，以達到淨化作用；這十幾年間，無論是已開發國家 (如美國、英國、挪威、澳大利亞) 或開發中國家 (如南非、印度、中國、斯洛凡尼亞) 均陸續有許多學者參與計畫研究，並有超過 1000 個濕地系統被實際應用。用以處理都市污水【9-11】、農工業廢水【12-14】及垃圾掩埋場 (或礦場) 滲出水【15、16】。溼地設計除了較大土地的需求外，整個系統的建造與操作均十分經濟。以 Vermontville, Michigan 的系統為例，1972 年建造耗資 395,000 美金，總面積為 9 公頃。到了 1978 年的整年操作費用為 3,500 美金，1990 年的整年操作費用亦只為 4,200 美金，而且系統經過了二十餘年後仍可持續操作，同時也為當地的自然生態建立了一個野生生物的棲息地。由此可見，人工溼地的確具有經濟、生態保育、淨化污染等多功能的系統。然而台灣地區的氣候、環境、生物物種等狀況，與美洲大陸有相當大的差異，因此要將人工溼地應用於國內作為資源永續發展的工器具之前，需要對其在本地行為以及變化狀況做一完整的了解。由於溼地為一自然生態系統其中所包含的物種非常複雜，欲達到溼地系統的穩定狀態需要相當長的時間以及有系統的操作。

三、結果與討論

蘆葦的生長變化

蘆葦的生長相當穩定，3 至 10 月由於平均溫度為 30℃，故生長較快速；進

入冬季 11 月至 2 月間平均溫度為 20℃，生長較緩，在記錄的一年間，其中於 10/31 遇到象神颱風 (圖 1)，蘆葦莖葉折斷受損約 1/7，但根部無太大損害故新芽很快又開始冒出，但由於剛好進入冬季故有稍緩之象，但仍可看出植株逐漸穩定生長，在 SSF 系統於 4 月以恢復約 80%，而 FWS 系統更於 3 月就完全復原，故蘆葦於此系統可作為穩定濕地生態的主要水生植物物種。

動物的生態

濕地系統由於進流的是二仁溪高污染的河水，故 FWS 系統所棲息的動物種類多，瓢蟲為最常出現的物種 (圖 2)，秋季的 10 月最多，而且有交配繁殖的現象，卵與幼蟲均生活在蘆葦葉片上，11 月後驟減只有零星數隻，至 3 月則全部遷移。此結果顯示瓢蟲以濕地之蘆葦為繁殖場所，濕地雖小但依然顯示具有提供動物棲息保護的功能。此外，FWF 系統由於濕氣較重，亦有蜘蛛棲息 (圖 2)，夏季數量較多，至 11 月則數量開始下降，且交配繁殖，產生許多卵繭，約於 5 月數量應會再度增加。而另一 SSF 系統則無蜘蛛。另外螞蟻在 SSF 系統亦為常見種類，以石頭之縫隙為巢穴。

微生物生態

濕地系統經過 FWS 及 SSF 系統後，所採的水樣中經顯微鏡觀察顯示已無任何藻類及微生物出現，表示濕地系統對於微生物之處理效應頗佳。於 FWS 系統，則仍有少數物種及數量存在 (表 1)，包括單細胞綠藻、新月藻、顫藻、念珠藻、團藻、矽藻、甲藻及眼蟲。數量以秋冬季較多。可能秋冬季節河水量較少，污染物濃度較高，使較耐污染的藻類在進流時濃度就較高有關。而 SSF 系統則僅發現數量不多的原生生物。

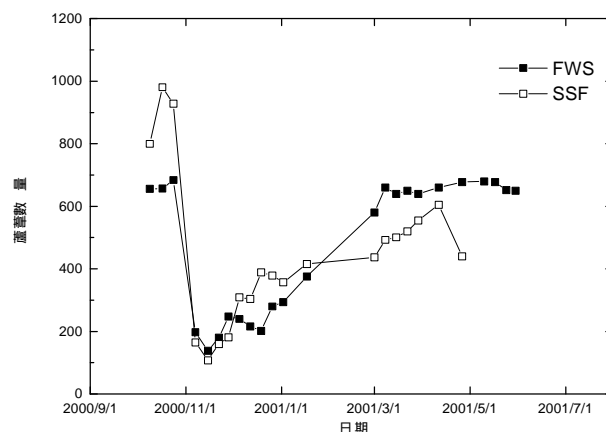


圖 1. CW 中蘆葦的數量變化

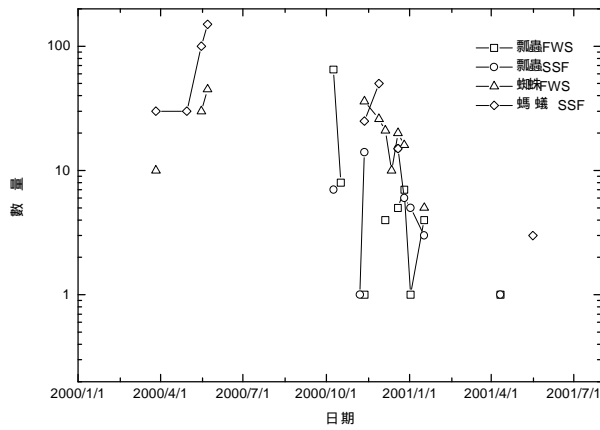


圖 2. CW 中動物的數量變化

化污染河水時，期間生態物種的種類與數量的變化。在本報告中並將過去的實驗數據以及生態變化紀錄，作一整理。本研究計劃主要為了解溼地生態中動植物物種及其數量的變化，除了受自然環境與季節變化之影響之外，同時受污染之水體經過人工溼地系統淨化其水質之後，對於生態變化有何種之影響。此一主題將持續進行，以便建立完整的人工溼地生態資訊。未來對於以人工溼地淨化污染水體，進而保護「自然溼地」的技術應用，應有其價值。由於篇幅所限，無法在此四頁報告中提出所有的數據，詳細數據請參考「第二十六屆廢水處理技術研討會論文集」或與本研究小組連絡。

四、計劃成果自評

本年度的計畫完成了人工溼地在淨

表 1. CW 中微生物的種類及數量變化

Date	原生動物SSF	原生動物FWS	水蚤	水棲昆蟲卵	新月藻	顫藻	柵藻	鞭毛藻	綠藻	直鏈藻	小球藻	眼蟲	團藻	矽藻	鼓藻
2001/10/13						75	11		28	9	193		48	52	82
2001/10/20	15	87				68				25	194		42	46	51
1999/10/21															22
1999/10/27	15	42				12					82		25	48	21
1999/11/18	14	33			36						29		21	56	
1999/12/2	16	7	8			14							9		
1999/12/20				48											
1999/12/22				86											
1999/12/27				38					12						
2000/1/21		2			15		2	9	5		32	3	2	1	
2000/1/27					42							29			
2000/2/7												10			
2000/2/17					8	5		120				4			
2000/10/9	1												4		
2000/10/17			1									30	1	1	
2000/10/24									4					1	
2000/11/7	1								1						
2000/11/22									8						
2000/11/28					10										
2000/12/5									2						
2000/12/15	2					2			42				1		

五、參考文獻

1. 行政院環保署, 中華民國台灣地區環境保護水質統計年報, 民國八十七年。
2. Bavor, H.J., Roser, D.J. and Adcock, P.W., "Challenges for the development of advanced wetlands technology", *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), 13-20 (1995).
3. Jing, S. R., Lin, Y. F., Lee, D. Y., and Wang, T. W., "Nutrient Removal from Polluted River Water by Using Constructed Wetlands", *Bioresource Technology*, 76(2), 131-135 (2001).
4. Brix, H., "Do Macrophytes Play a Role in Constructed treatment Wetlands?", *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35(5), 11-17 (1997).
5. Knight, R.L., "Wildlife Habitat and Public Use Benefits of Treatment Wetlands", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 35-43 (1997).
6. Worall, P., Peberdy, K.J. and Millett, M.C., "Constructed Wetlands and Natural Conservation", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 205-213 (1997).
7. Jing, S. R., Lin, Y. F., Lee, D. Y. and Wang, T. W., "Performance of Constructed Wetlands Planted with Various Macrophytes and Using High Hydraulic Loading", *Journal of Environmental Quality*, accepted and in press (2002).
8. Metcalf & Eddy, "Chap 13 of Natural treatment system", In *Wastewater Engineering (Third Edition)*, pp.927-1016. Mcgraw-Hill, Inc. New York (1991).
9. Juwarkar, S., Oke, B., Juwarkar, A. and Patnaik, S. M., "Domestic wastewater treatment through constructed wetland in India", *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), 291-294 (1995).
10. Schonborn, A., Züst, B. and Underwood, E. (1997) "Long Term Performance of the Sand-Plant-Filter Schattweid (Switzerland)", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 307-314.
11. Lin, Y. F., Jing, S. R., Wang, T. W., and Lee, D. Y., "Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands", *Environmental Pollution*, accepted and in press (2001).
12. Lin, Y. F., Jing, S. R., Lee, D. Y., and Wang, T. W., "Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system", *Aquaculture*, accepted and in press (2001).
13. Mander, U. and Muring, T., "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Estonia", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 323-330 (1997)
14. 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), 255-261 (1997).
15. Mehlum, T., "Treatment of landfill leachate in on-site loogon and constructed wetland", *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), 129-136 (1995).
16. De Maeseneer, J.L., "Constructed Werlands for Sludge Dewatering", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 279-285 (1997).