

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

人工溼地系統對污染河水中淨水氨氮操作與控制參數之探討

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號： CNEV-91-25

執行期間：91年1月1日至91年12月31日

計畫主持人： 荊樹人

共同主持人： 林瑩峰、李得元

計畫參與人員： 何茂賢

執行單位： 嘉南藥理科技大學 環境工程衛生系

中華民國 92 年 2 月 27 日

人工溼地系統對污染河水中淨水氨氮操作與控制參數之探討

up near the Erh-Ren River that is located in southern Taiwan . The system is 3.92m long 1.94m wide and 0.25 m

一、中文摘要

本研究以試驗規模之表面流動式 (free water surface) 人工溼地直接處理污染性河水，探討人工溼地系統對氨氮之去除效能及控制參數之探討。此人工溼地實驗系統設立於台灣南部之二仁溪河畔，面積為3.92 m × 1.94 m，以鋼板分隔成寬97 cm，總長7.96m之U型水道，水深控制於0.25 m，種植蘆葦。自2001年11月至2002年6月，以固定水力負荷0.05 m/d (水力停留時間4 d)，連續入流操作。由水質分析結果顯示，進流水氨氮濃度1.86~14.53 mg/L，流經溼地後之出流水濃度下降至0~2.85 mg/L，氨氮平均削減76%。而其之一次動力學柱塞流反應模式 (first-order plug flow kinetic)，所求得之 k 與 k_{v20} 分別為14.4 m/yr與0.198 day⁻¹。此動力學模式將可提供人工溼地系統處理類似污染性水體之設計操作依據。

關鍵詞：人工溼地、污染性河水、氨氮

ABSTRACT

This study was treating the polluted river water directly using a pilot-scaled free water surface flow constructed wetland system, investigate the efficiency of ammonia-N removal and control parameters. The system was set

water depth, using a steel board to form a 97cm wide and total 7.96m long U type canal. From Nov 2001 to Jun 2002, the system was operated at steady hydraulic loading of 0.05 m/d (HRT=4day) with continuous. Analytical results show that the inflow concentrations of ammonia-N influent 1.86 to 14.53 mg/L reduced ranged from to 0~2.85 mg/L, and the average removal efficiency is 76%. The first-order plug flow kinetic model of this system shows k and k_{v20} are 14.4 m/yr and 0.198 day⁻¹, respectively. This kinetic model will provide a basis of sign and operation to treat the polluted river water in constructed wetland system.

Keywords: constructed wetland, polluted river water, ammonia-N

二、緣由與目的

河川為台灣之主要水資源之一，卻因長期承受著未經適當處理之事業及社區廢污水等污染，而造成河川厭氧或水庫優氧化。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。然而淨化自然水體非一般傳統污水處理廠所能負荷的，人工濕地系統不僅具有天然溼地之優點，更具

有省能源、低成本、不需添加化學藥劑、不破壞生態等優點，頗能符合處理污染性河水的技術要求[1]。

本研究主要目的為利用試驗規模(pilot-scale)之FWS型人工溼地直接處理污染性河水，探討溼地對氮磷污染物之去除效能及動力學行為，以求得溼地系統之污染物去除模式及參數，作為本土型人工溼地系統設計及操作之依據。

三、研究方法

1. 人工濕地系統

試驗規模之濕地系統設置於台灣南部二仁溪，自二層行橋往下游方向約 500 m 之溪畔，為一個 FWS 型濕地系統(圖 1)。FWS 溼地，其槽體為長 3.92m、寬 1.94m、高 1.00m 之鑄鐵製成，槽內底部及周圍鋪設二層 0.1cm 厚之不透水帆布，土壤層厚約 20cm，表面流動水層約 25cm 深。此槽又以鐵板將其隔成寬 97cm、總長 7.96m 之 U 型水道，溼地中種植了蘆葦 (*Phragmites australis*(Cav.) Trin.ex Steud)。估計本研究期間蘆葦約佔溼地水體積之 20%。

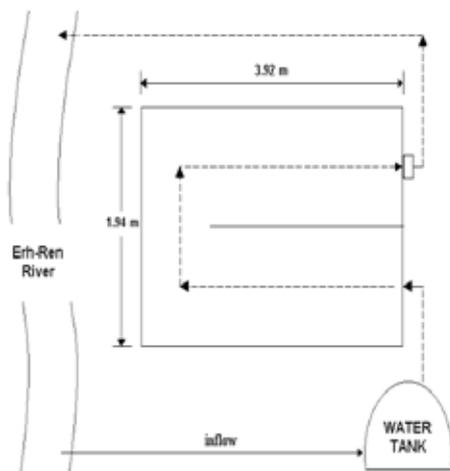


圖 1 二仁溪 FWS 型人工溼地系統圖

2. 系統操作

溼地系統之供水是以抽水幫浦直接抽取二仁溪溪水，經阻水閥、觀察區管，由水塔頂端進入水塔再以重力方式流入 FWS 系統。水塔之水位由兩個浮瓶控制幫浦電源，以維持塔內之水量；阻水閥之作用乃在確保幫浦隨時可起動；而觀察區管為透明壓克力管，藉以觀察所進河水之濁度與流動情形。自 2001 年 11 月至 2002 年 6 月，以固定水力負荷 0.05 m/d(水力停留時間 4 d)，連續入流操作。

由於溼地取水口屬二仁溪感潮河段，會因漲潮使得海水回流而增加溪水的鹽度，對於濕地生物行為具有影響。溪水鹽度在河川枯水期時(1~3 月)高達 1.6~2.4%，蘆葦生長明顯受到抑制；至 5~6 月份雨季來臨，河水流量增加，鹽度因而降低至 0.1~0.4%，系統內的植物生長則無受限制。

3. 採樣與分析

沿著溼地水流距離 0 (即進流水)、1.99、3.78、5.97、7.96m (即出流水)處設定採樣點(採樣點編號 A0、A1、A2、A3、A4)，每星期二次定期在各採樣點監測與記錄水溫、pH、DO、ORP、鹽度、導電度及進出流水流量等項目。並採集樣本攜回實驗室分析 COD、BOD₅、SS、VSS、葉綠素、氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、濁度等水質。各項水質監測及分析方法均參考“水與廢水的標準測試法”[2]。

四、結果與討論

1. 氨氮處理效能

在為期 7 個月的連續操作中，溼地進流水氨氮濃度介於 1.86~14.53 mg/L，出流水濃度顯著下降 ($P < 0.01$)，大致隨進流水濃度而變化介於 0~2.85 mg/L (圖 2)。因此氨氮的濃度削減效率為 23~100% (平均值 76%)，削減速率為 0.02~0.61 g N/m²/d (平均值 0.16 g N/m²/d)。

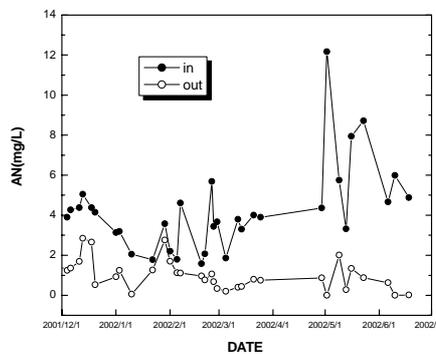


圖 2 人工溼地系統中氨氮進出流與時間之關係圖

至於氮氧化物在溼地中之變化，進流水亞硝酸氮濃度 0.05±0.1 mg/L，出流水 0.21±0.32 mg/L；進流水硝酸氮濃度 0.12±0.16 mg/L，出流水 0.28±0.50 mg/L。出流水之氮氧化物濃度明顯高於進流水，說明人工溼地系統中硝化

作用的進行。然而氮氧化物在溼地的累積濃度較之氨氮的減少濃度僅些微比率(11%)，此可歸於脫硝作用及植物攝取作用同時進行。整體而言，人工溼地系統對總無機氮(TIN)的平均去除效率達 56%，去除速率 0.141 g/m²/d。

一般而言，人工溼地系統中氨氮的主要去除機制應包括：植物的攝取、硝化-脫硝作用 (nitrification-denitrification)[3]。Tanner et al[4]依據氮的質量平衡結果曾推論，植物的攝取量最高時 (生長季節時)，約佔總氮去除量的 11-26%。顯示溼地系統在高的氮質量負荷下，細菌的硝化-脫硝作用仍然是除氮的最重要機制。

2. 溼地系統之動力模式

由於本人工溼地系統屬長方形渠道，可假設為柱塞流反應器，另外人工溼地技術研究中時常以簡單的一次動力學來描述溼地中物質的反應。因此，根據一次柱塞流型動力學模式 (first-order plug flow kinetic) 來模擬污染物濃度在人工溼地系統中之變化 [5]：

$$\ln \frac{C - C^*}{C_i - C^*} = -\frac{k}{q} \times y \quad (1)$$

C = 溼地中污染物濃度 (mg/L)

C_i = 溼地進流水中污染物濃度 (mg/L)

C^* = 溼地中污染物之背景濃度 (mg/L)

q = 水力負荷 (m/day)

y = 水流經溼地之距離分率

k = areal removal rate constant (m/d)

另外，亦有文獻 [5] 使用 k_v (volumetric removal rate constant) 作為人工溼地系統動力學研究之去除速率

常數：

$$k = k_v \times \varepsilon \times h \quad (2)$$

k (m/d) = areal removal rate constant

k_v (d⁻¹) = volumetric removal rate constant

ε = 人工溼地系統中之有效體積比率(0.8)

h = 人工溼地系統中之水深(m)

由溼地中各採樣點之物質濃度分布變化(圖 3)顯示，氨氮濃度經常性地隨著溼地水流距離而逐漸下降，頗符合(1)式所描述之濃度隨距離的下降趨勢。因此以圖 3 之數據(氨氮 35 組)依(1)式關係進行線性回歸的 k 值，並依照(1)式關係求得對應的 k_v 值。一般而言，去除速率常數 (k 或 k_v) 值愈大，表示污染物在溼地中之衰減速率愈快。依其背景濃度 $C^*=0\text{mg/L}$ ，本研究由(1)及(2)式可求得 k 與 k_{v20} 分別為 14.4 m/yr 與 0.198 day^{-1} ，低於文獻報導 FWS 型人工溼地系統去除家庭污水 AN 之 $k_{20}(18 \text{ m/year})$ [3]。

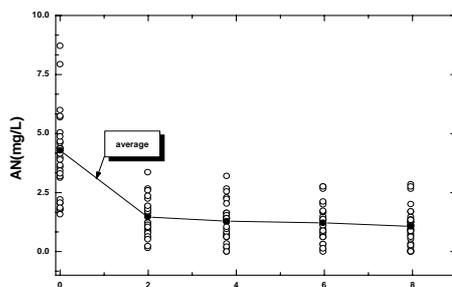


圖 4 氨氮在人工溼地系統中之分佈關係圖

四、計畫成果自評

1. 表面流式人工溼地在水力負荷 0.05m/d (水力停留時間 4 d)，連續入流操作下可有效去除二仁溪

河水中之氨氮，其平均削減效率為 76%。

2. 溼地中氨氮濃度隨水流距離的分佈，符合一次動力學柱塞流反應模式，其所求得之 k 與 k_{v20} 分別為 14.4 m/yr 與 0.198 day^{-1} 。
3. 二仁溪河水鹽度的季節性變化，會對濕地生物行為具有相當的影響，亦可能影響人工溼地系統之淨化效能。
4. 此動力學模式將可提供未來本土型人工溼地系統處理類似污染性水體之設計操作依據。

五、參考文獻

1. Bavor, H.J., Roser, D.J. and Adcock, P.W., "Challenges for the development of advanced wetlands technology," *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 32, No. 3, pp.13(1995).
2. APHA, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater," 16th Ed., American Public Health Association, Washington, D.C. (1985).
3. International Water Association, "Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation," IWA Publishing, London (2000).
4. Tanner, C.C., Clayton, J.S., Upsdell, M.P., "Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands – II. removal of nitrogen and phosphorus," *Water. Res.* 29, pp.

- 27(1995).
5. Kadlec, R.H., Reddy, K.R.,
‘Temperature Effects in Treatment
Wetlands,” Water Environ. Res. 73(5),
pp. 543(2001).

