

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以人工溼地系統處理校園廢污水的操作與設計參數之探討

計畫編號：NSC-90-2211-E-041-005

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

主持人：李得元 嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

共同主持人：王姿文、林瑩峰、荊樹人、錢紀銘

計畫參與人員：黃獻文、左惠文

一、摘要

本研究是探討校園廢污水經人工濕地 (constructed wetland, CW) 處理後的可再利用性。綜合一年之操作與分析結果，分別以生化需氧量 (BOD)、懸浮固體物 (SS)、大腸桿菌 (E-coli)、總氮(TN)、氨氮 (NH₃-N)、磷酸鹽 (PO₄-P)、硫酸鹽(SO₄-S)、溶氧量 (DO)、導電度、及氫離子濃度指數 (pH 值) 與「90年學校及實驗室放流水標準」及「灌溉用水質標準」比較，觀察經人工溼地系統處理後之校園廢污水的水質情況。

針對 BOD₅ 及 COD 兩項，在受季節變遷的影響方面，BOD₅ 在春夏兩季 (水溫 24.8~30.7°C) 的總去除率可達到 65~75%；秋冬兩季 (18.7~27.4°C) 降為 48~51%，顯示 BOD₅ 處理效果受季節交替時之溫度變化影響。而 COD 在六至八月時，SSF 系統出流口的去除率可達到 40%，而 2001 年九月至次年二月，SSF 系統出流口的去除率只有 25~30%，雖不明顯，但仍顯示季節變化可能對 COD 去除效果造成影響。

由實驗結果顯示，以人工溼地處理校園廢污水，雖會受季節變遷之影響，但整體仍可達放流水之排放標準，此外除總氮 (TN) 外，其餘監測項目皆可符合「灌溉用水質標準」。

關鍵詞：校園廢污水、人工濕地、廢污水回收再利用

ABSTRACT

The object of this study was to investigate the re-ability of campus wastewater treated by constructed wetland(CW). The results operated and analysed in past one year were compared with the rules of "The Effluent Standard of School and Laboratory" and "The Water Quality Standard of Irrigation" in items: COD, BOD, SS, E-coli, TN, NH₃-N, PO₄-P, SO₄-S, DO, and pH to understand the quality of water after the treatment of campus wastewater by CW system.

For two terns of BOD₅ and COD, the total removal efficiency of BOD₅ was 65-75% in both seasons of spring and summer, but 48-51% in autumn and winter. The treatment efficiency of BOD₅ might be affected by the various temperature caused by the change of seasons. And the total removal efficiency of COD could arrive 40% from June to August, but it reduced to 25-30% from September to February next year. The treatment efficiency of COD was affected by the change of seasons.

According to the results, the treatment efficiency was affected by the change of seasons, but it was arrived to the standard of water effluent. By the way, it obeyed "The Water Quality Standard of Irrigation" except the item of TN.

Keywords: operating and design parameters, wastewater of campus, constructed wetlands, ecosystem of wetland

二、計畫緣由與目的

在台灣普遍乾旱的現況下，水資源的保護及再利用已成為重要的課題之一。以校園中之水資源為例，其廢污水已被列為水污染防治法中的「事業廢水」之一[1]，並要求設置處理設施處理之。然而以傳統之活性污泥法處理後的放流水，易因校園污水的水質與流量不穩定，造成操作不易與浪費成本之缺點。人工溼地（constructed wetland, CW）系統不僅具有天然溼地的淨水及生態保育的功能[2-4]，同時較不受進流水的水質與水量的影響；其放流水即為自然水體之水質，較適合直接循環再利用。本研究即以嘉南藥理科技大學之小型實驗人工溼地系統為例，利用溼地中的生態達到淨化水質的效果[5]，以操作一年之結果，討論人工溼地系統處理校園廢污水循環再利用的可行性；並與「90年學校及實驗室放流水標準」及「灌溉用水質標準」比較，以判定經處理後的放流水所屬之用水等級及其適用性，期能達到水資源永續利用之目標。此外影響人工濕地系統操作的因素十分繁複，不但需要考量氣候、水力、地質以及環保法規等因素。在實地操作上需要考量進流水質、水生植物種類、微生物、底棲生物、溼地種類、環境狀況等因素[6]。因此，本研究亦以 BOD 及 COD 討論人工濕地隨季節變遷的去除效能變化。

三、結果與討論

1. 放流水水質檢測

綜合一年之操作與分析結果與「90年學校及實驗室放流水標準」及「灌溉用水質標準」比較之結果如表一所示：

由表一發現經人工濕地處理後之校園廢污水，得以符合 90 年度之放流水標準，顯示人工濕地對於校園廢污水有明確的處理效果。此外校園廢污水經人工濕地處理後，除 TN 外，均滿足灌溉用水水質標準

之要求，使得經人工濕地處理後的校園廢污水的再利用性更廣。

2. 人工溼地受季節變化之影響

在人工濕地受季節變遷的影響方面，圖一可以看出在春天(3~5月)及夏天(6~8月)時(水溫 24.8~30.7°C)校園廢污水中之溶解性 BOD₅ 的總去除率可達到 65~75%，而秋天(9~11月)及冬天(12~2月)時(水溫 18.7~27.4°C)去除率降為 48~51%，顯示 BOD₅ 處理效果受季節交替時之溫度變化影響。

圖二是以單季平均濃度做區分，用以探討進出流濃度與季節變化的影響，由圖中顯示在秋冬兩季，進流濃度較低，在春夏兩季時進流濃度增加，推測這可能是在寒暑假期間水量驟降，使得進流濃度升高。此外，由圖中亦可發現 SSF 及 CW 系統，在春夏兩季對 BOD₅ 均有很好的去除效果。由圖中可知 FWS 系統出流與進流濃度之比例較接近於 1:1 之斜線，但在 SSF 系統，甚至整個 CW 系統的濃度則明顯的偏離對角線，由此更可印證進入系統中的不可立即生物分解性有機物含量較高之推斷是合理的。由圖中可看出 CW 系統在處理高 BOD₅ 進流濃度時，反而比低進流濃度有較明顯的處理效果。

圖三顯示 COD 因季節變化其去除率隨之變化，由圖中可看出在六至八月時，SSF 系統出流口的去除率可達到 40% (圖二)，而 2001 年九月至次年二月，SSF 系統出流口的去除率只有 25~30%，雖不明顯，但仍顯示季節變化可能對 COD 去除效果造成影響。

圖四是以平均濃度做區分，用以探討進出流濃度與季節變化的關係，由圖中發現進流濃度在夏天較低，冬天反而升高。FWS 系統再高進流濃度時，去除效果較明顯，SSF 系統在單季的平均濃度中，去除效果較不明顯，由於相對濃度點多落於圖中的與進流濃度之比例偏近於 1:1 的斜線的下方，故在本 CW 系統中，對此一範圍

濃度的 COD 仍具去除效果。由研究結果可知，本人工濕地系統對於污染物的去除，的確有受季節變遷而影響之現象，此一現象正可應用於將來國內的實場構築之參考。

由研究結果可知，本人工濕地系統對於污染物的去除，的確有受季節變遷而影響之現象，此一現象正可應用於將來國內的實場構築之參考。

四、計畫成果自評

本計畫之廢水來源為直接引用兩棟大樓之排放水，執行期間如申請書中所預測者：水質與水量不穩定，造成計畫取得數據的困擾；不過仍如期達成下列目標：

1. 獲得去除各項污染物之處理效能。
2. 了解各項操作變數對系統效能的影響。
3. 證明可。
4. 收集相關處理的數據，可作為設計校園大型人工溼地之依據。

至於污染物在人工濕地系統中的轉換與宿命、對濕地生態之影響評估，以及人工濕地可否取代校園污水處理廠之可行性，仍需繼續收集更多數據，作各種分析與評估才可確定。

今年度另一成效為：已有中、小學要求幫忙設計以人工濕地直接處理校園污水後，處理水再利用於校園小型灌溉用途；此不但具有將自然生態帶入校園、廢水再利用的價值，又具教育功能，符合目前教育部大力推動之「綠校園」的綜合目標。

五、參考文獻

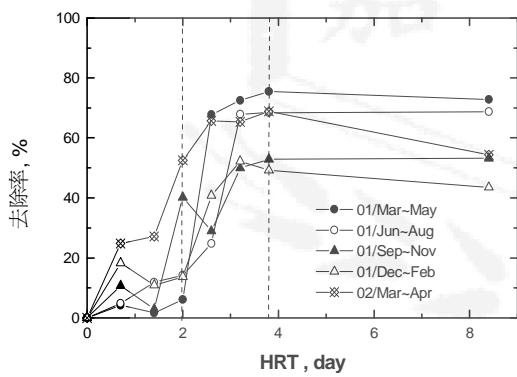
- (1) 水污染防治法第二條第七款事業之分類、定義及其他中央主管機關指定之事業。
- (2) Brix, H., "Do Macrophytes Play a Role in Constructed treatment Wetlands?", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 11-17 (1997).
- (3) Knight, R.-L., "Wildlife Habitat and Public Use Benefits of Treatment Wetlands", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 35-43 (1997).
- (4) Worall, P., K.-J. Peberdy and M.-C. Millett, "Constructed Wetlands and

Natural Conservation", *Wat. Sci. Tech.*, 35(5), 205-213 (1997).

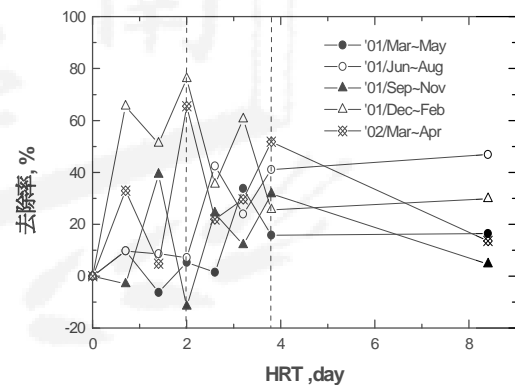
- (5) Hammer D. A. and Bastian R. K., (1989). *Wetlands ecosystems: Natural water purifiers?. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment-Municipal, Industrial and Agricultural*, pp5-19.
- (6) Laber, J., Perfler, R. and Haberl, R. (1997) "Two Strategies for Advanced Nitrogen Elimination in Vertical Flow Constructed Wetlands", *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 5, pp. 71-77.

表一、校園廢污水經人工濕地處理後之放流水水質

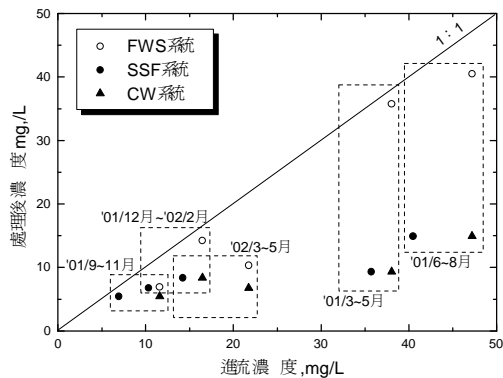
| 分析項目 | 水溫 ℃ | pH | 導電度 ($\mu\text{s/cm}$) | SS (mg/L) | NH ₃ -N (mg/L) | TN (mg/L) | COD (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | PO ₄ -P (mg/L) | SO ₄ -S (mg/L) | 大腸菌類 (CFU/ml) |
|---------------------|-------------|-------------|-----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| 進流水濃度 | 30.2 | 7.52 | 475 | 43.2 | 12 | 15.2 | 51 | 34 | 1.1 | -- | 1200 |
| 放流水濃度 | 18.7 | 6.53 | 423 | 16.1 | 6.5 | 7.6 | 30.6 | 11 | 0.52 | 6.86 | 80 |
| 平均去除率 (%) | -- | -- | -- | 62.7 | 45.8 | 50 | 40.8 | 67.6 | 52.7 | -- | 93.3 |
| 學校及實驗室之90年 放流水標準 | -- | -- | -- | 50 | -- | -- | 200 | 30 | -- | -- | -- |
| 灌溉用水水 質標準 | 35 | 6.0~ 9.0 | 750 | 100 | -- | 1.0 | -- | -- | -- | 200 | -- |



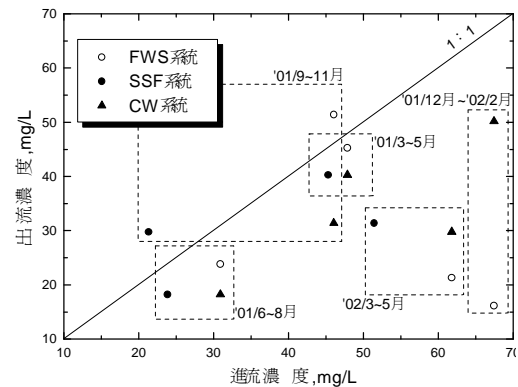
圖一、BOD₅ 隨季節變化之去除率



圖三、COD 隨季節變化之去除率



圖二、BOD₅ 單季平均進出流相對濃度



圖四、COD 單季進出流相對濃度

