

二行村人工溼地微生物相的探討

計畫編號：CNFS93-04

主持人：王淑珍

摘要

針對二行社區人工濕地系統淨化生活污水的過程中，針對部分有毒微生物檢測的結果。經過二個月六次取樣的結果顯示經過人工濕地後，總生菌數稍微下降。疑似沙門氏菌 *Salmonella* 菌數則由明顯降至放流水的小於 13 cfu/mL。進一步檢測結果發現所檢測污水中並無 *Salmonella* 菌的存在。金黃色葡萄球菌在進出流水中均小於 80 cfu/mL。污水中不含腸毒素。大腸桿菌則明顯降至放流的小於 100 cfu/mL。大腸桿菌群在經過人工濕地系統之後，菌數降為原來的十分之一。對於疑似霍亂弧菌，因為分析值變化很大，因此需要進一步探討。以目前的檢驗分析結果顯示，人工濕地對於來自人類活動所產生的致病菌能夠有效的降低，如此對於淨化水再利用的價值也有效的提高。

關鍵字：人工溼地、致病菌、水資源再利用

前言

由於鄉村地區的幅員廣闊，加上居民的分散，因此鄉村地區下水道系統並不容易建立，致使居民的生活污水對於環境仍造成了部份的污染，另外，由於台灣地處亞熱帶氣候區，加上河川短小、坡陡流急等特性，使得水資源相當的匱乏，因此若能妥善處理生活污水並且加以再利用，除了可以降低環境污染之外，還可減輕用水需求的負荷。人工溼地在水及廢水處理技術中屬於對於環境較為契合的自然處理程序，且具有能源需求低、建造與操作維護費用低廉、不造成二次污染等優點，並可以提供生態保育、遊憩、自然景觀等功能（Kadlec and Knight, 1996），而文獻也證實人工溼地對於污染物的去除具有良好的效果（Jing et al., 2001；Lin et al., 2002），然而欲將人工溼地處理過後的生活污水再加以利用，除了污染物的去除之外，仍須注意是否殘留有對人體具危害性的致病菌。

二行社區人工溼地位於台南縣仁德鄉二行村內，為全國首座用來處理鄉村型社區生活污水的示範實場，全區總面積為 0.13 公頃，於民國 90 年 11 月建造完成並開始操作至今，其污水來源主要為二行社區居民的生活污水。經人工溼地處理過後的生活污水，目前主要用途為對人體較不具危害性的利用，例如溼地園區內的植栽灌溉，以及溼地園區旁的椰子林灌溉等。二行社區人工溼地系統從開始操作至今已達一年餘的時間，溼地內的生態結構發展健全，對污水處理獲得良好的效果，然而欲進一步再利用經處理過後的生活污水，則須對於處理過後的「淨化水」中所含有的致病菌種類與數量作進一步探討，以釐清人工濕地淨化水對人體可能產生之危害性，以瞭解淨化水再利用時是否有其限制性。

實驗方法

1. 二行社區人工溼地系統

二行社區人工溼地系統位於台南縣仁德鄉二行村內，其主要處理單元由 3 個部分所組成：(1) 氧化塘、(2) FWS 溼地、(3) SSF 溼地。流程如圖 1 所示。

氧化塘：

二行社區的生活污水經由社區內的溝渠收集到一集水井中，再由集水井引流至氧化塘（lagoon）。氧化塘長 36.2m、寬 7.4m、深 1.42m，並由進流至出流依序分為三個區域：第一區不種植植物、第二區種植水芙蓉（*Pistia stratiotes*）、第三區種植布袋蓮（*Eichhornia crassipes*），經氧化塘處理過後的污水在引流至 FWS 溼地。

FWS 溼地：

FWS 溼地（free water surface flow system, FWS）的形狀為一彎曲行渠道，總長為 98.5 公尺，共分為三個渠道，每一個渠道長 33.7m、寬 13.8m、水深 0.5m、泥土深 0.3m，其中第一水道種植蘆葦（*Phragmites australis*），其餘兩個水道種植香蒲（*Typha*

orientalis)。由 FWS 溼地處理過後的污水，再引流至 SSF 溼地。

SSF 溼地：

SSF 溼地 (subsurface flow system, SSF) 長為 13.4m、寬 6.6m、水深 0.8m、，並鋪上 0.5m 深的石頭，溼地內中種植蘆葦 (*Phragmites australis*)，經 SSF 溼地處理過後的污水，再引流至園區內的生態池中。

2. 二行社區人工溼地系統操作

二行社區人工溼地系統目前污水平均進流量為 $40\text{m}^3/\text{day}$ ，包括氧化塘總水力負荷 (hydraulic loading rate) 為 $0.06\text{m}/\text{day}$ ，相當於水力停留時間 (nominal hydraulic retention time, HRT) 為 14 天。

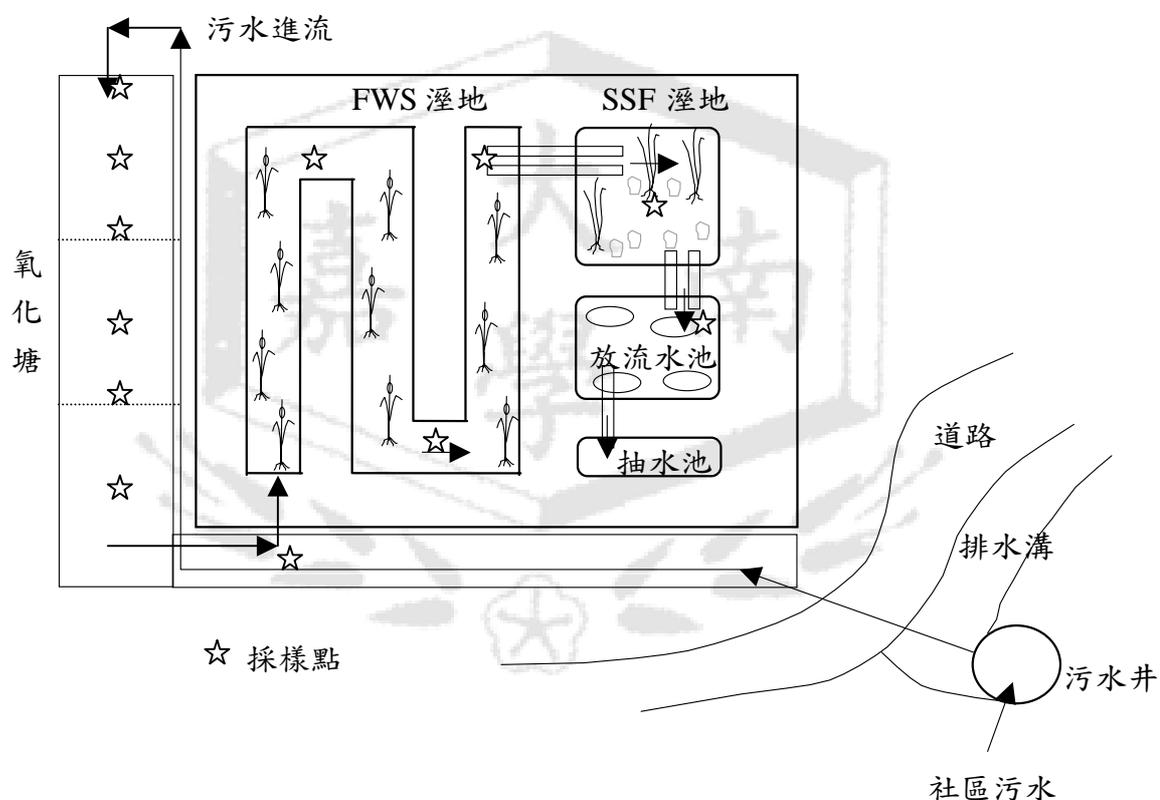


圖 1. 二行社區人工溼地系統流程與採樣點位置

3. 採樣與分析

自 7 月 3 日開始至 9 月 8 日，每週取樣一次，每次依照整個系統的流動採集 12 個水樣 (如圖 1 所示)。水樣分析項目包括：總生菌數、霍亂弧菌 (*vibrio*)、大腸桿菌 (*E. coli*)、大腸桿菌群 (*coliform*)、金黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)、沙門氏菌 (*Salmonella*)、腸毒素 (*exterotoxin*) 等常見於一般污水中之致病菌。分析方法如圖 2 所示。

結果與討論

經過二個月六次取樣的結果顯示，總生菌數由進流的原污水中的分佈 $4.0 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^6$ cfu/mL (對數值為 4.60~6.04)，至人工溼地系統出流池中稍微下降至 $3.5 \times 10^4 \sim 5.3 \times 10^5$ cfu/mL (對數值為 4.54~5.63)，如圖 3 所示。疑似 *Salmonella* 菌數則由進流之 960~60 cfu/mL 明顯降至放流的小於 13 cfu/mL (圖 4)。再將可疑之菌落以 PCR (polymerase chain reaction) 檢測，結果發現所檢測污水中並無 *Salmonella* 菌的存在，此結果與傳統分析 (BAM) 相符。以 BPA 及乳膠凝聚試驗 (latex agglutination) 檢測之金黃色葡萄球菌，在進出流水中均小於 80 cfu/mL (圖 5)。腸毒素的檢測，發現污水中不含腸毒素。大腸桿菌則由進流的原污水中的分佈 $1.9 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^4$ cfu/mL，明顯降至放流的小於 100 cfu/mL (圖 6)。大腸桿菌群在經過人工溼地系統之後，菌數降為原來的十分之一 (圖 7)。對於疑似霍亂弧菌，因為分析值變化很大，如進流水中菌數分佈由 <10 至 400 cfu/mL，因此需要進一步探討 (圖 8)。

結論

針對二行社區人工濕地系統淨化生活污水的過程中，針對部分有毒微生物檢測的結果顯示，人工濕地系統對於總生菌數僅能稍微下降至 $3.5 \times 10^4 \sim 5.3 \times 10^5$ cfu/mL。對於疑似沙門氏菌 *Salmonella* 菌數以及大腸桿菌則有明顯的削減。其生活污水中金黃色葡萄球菌數，均小於 80 cfu/mL。大腸桿菌群在經過人工濕地系統之後，菌數降為原來的十分之一。對於疑似霍亂弧菌，因為分析值變化很大，如進流水中菌數分佈由 <10 至 400 cfu/mL，因此需要進一步探討。以目前的檢驗分析結果顯示，人工濕地對於來自人類活動所產生的致病菌能夠有效的降低，如此對於淨化水再利用的價值也有有效的提高。不過，本研究目前僅完成兩個月的檢驗，過程中發現微生物的數量也隨著氣候變化 (如下雨) 而有所改變，因此對於人工濕地降低致病菌的效能仍須持續的檢驗與觀察。

參考文獻

- Kadlec R. H. and R. L. Knight (1996) Treatment Wetlands. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Jing, S. R., Lin, Y.F, Lee, D.Y. and Wang T.W. (2001) Use CW Systems to Remove Solids from Highly Polluted River Water. *Water Science and Technology: Water Supply*, 1(1):89-96.
- Lin, Y. F., Jing, S. R., Wang, T. W., and Lee, D. Y. (2002) Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands. *Environmental Pollution*, 119 (3), 413-420.

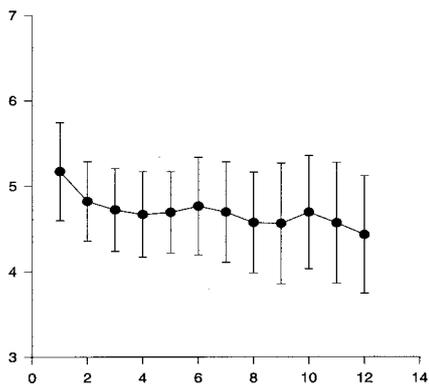


圖 3.總生
分布情形

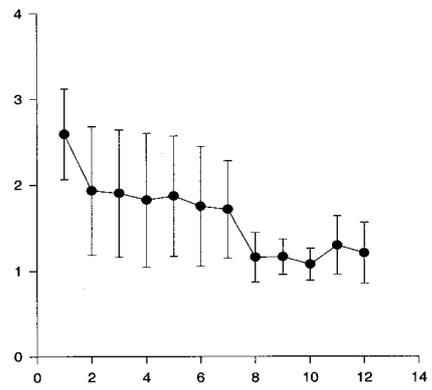


圖 4.疑似沙門氏菌在二行社區人工溼地中
之分布情形

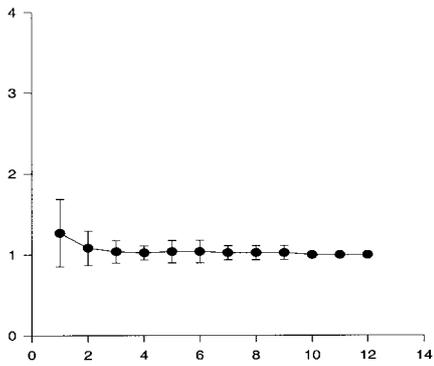
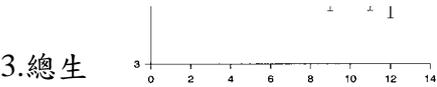


圖 5.金黄色葡萄球菌在二行社區人工溼
地之分布情形

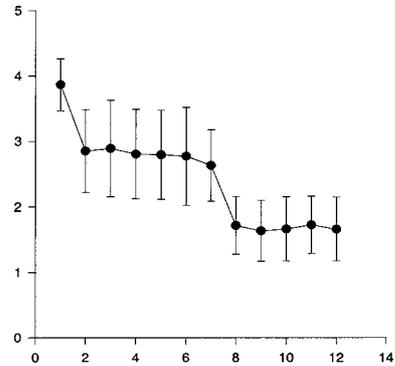


圖 6.大腸桿菌在二行社區人工溼地之分布
情形

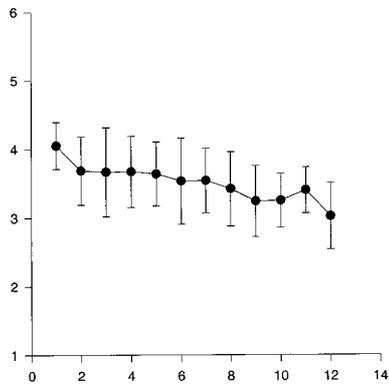


圖 7.大腸桿菌群在二行社區人工溼地之
分布情形

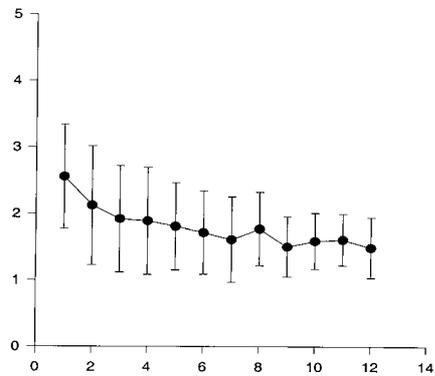


圖 8.疑似霍亂弧菌在二行社區人工溼地之
分布情形