

四種收割大型植物的重金屬生質吸附性

Heavy Metal Biosorption Properties of Four Harvested Macrophytes

葉琮裕*

T. Y. Yeh*

摘 要

本研究探討以四種植生復育大型植物生質去除重金屬（銅與鋅）的生質吸附機制，包括向日葵（*Helianthus annuus*）、油菜（*Brassica campestris*）、香蒲（*Typha latifolia*），與蘆葦（*Phragmites communis*）。主要目的是為了探討植生復育收割處理後，這些生質廢棄物再利用的可能性。兩種檢測金屬經以表面積、界達電位、掃描式電子顯微鏡（scanning electron microscopy, SEM）與能量散射 X 射線（energy dispersive X-ray, EDX）進行研究之後，均顯示油菜生質的金屬吸附性最高，而香蒲與蘆葦則呈現較低的吸附力。生質與金屬之間在最初的 10 分鐘出現極快速的平衡吸附率。金屬吸附數據利用 Langmuir 與 Freundlich 兩種等溫曲線模型進行擬合，結果所有檢測的生質都顯示 Langmuir 等溫曲線是最理想的擬合模型。所有檢測的生質都是生長快速的植物，並且能產生蓄積金屬的相當大量生質。本研究利用 Langmuir 模型來計算最大吸附力與相關的吸附參數。結果顯示最大金屬吸附力 Q_{max} 依序為油菜（銅：2,000；鋅：1,111 毫克/公斤）> 向日葵（銅：1,482；鋅：769 毫克/公斤）> 蘆葦（銅：238；鋅：161 毫克/公斤）> 香蒲（銅：200；鋅：133 毫克/公斤）。向日葵、油菜、香蒲，與蘆葦的收割生質具有當作生質吸附劑的可能性，能去除水溶液中的銅和鋅。本研究所衍生的吸附等溫模型可作為吸附工程製程設計與實作的重要資訊，並能預測大型植物生質吸附劑的再用和重金屬吸附質之間的關聯性。

關鍵詞：重金屬、生質吸附劑、大型植物、吸附性、植生復育。

Abstract

The biosorption mechanism of metal removal (copper, Cu and zinc, Zn) by four phytoremediation macrophytes biomasses including sunflower (*Helianthus annuus*), Chinese cabbage (*Brassica campestris*), cattail (*Typha latifolia*), and reed (*Phragmites communis*) was investigated in this study. The primary objectives were to explore the potential of reusing these bio-wastes after harvesting from phytoremediation operations. Based on the surface area, zeta potential, scanning electron microscopy (SEM), and energy dispersive X-ray (EDX) investigations, Chinese cabbage biomass presented the highest metal adsorption property while both cattail and reed revealed a lower adsorption capability for both metals tested. The equilibrium adsorption rate between biomass and metal occurred very fast during the first 10min. The metal adsorption data were

fitted with the Langmuir and Freundlich isotherms and presented that the Langmuir isotherm was the best fitted model for all biomass tested. All tested biomasses are fast growing plants with fairly high biomass production that are able to accumulate metals. The Langmuir model was used to calculate maximum adsorption capacity and relate to the adsorption parameters in this study. The results revealed that the maximum metal adsorption capacity Q_{max} was in the order of Chinese cabbage (Cu: 2,000; Zn: 1,111mg/kg) > sunflower (Cu: 1482; Zn: 769mg/kg) > reed (Cu: 238; Zn: 161mg/kg) > cattail (Cu: 200; Zn: 133mg/kg). The harvested sunflower, Chinese cabbage, cattail, and reed biomass possess the potential to be employed as biosorbents to remove Cu and Zn from aqueous solutions. Adsorption isotherms derived in this study might be crucial information for practical design and operation of adsorption engineering processes and prediction of relation between reused macrophyte biosorbents and heavy metal adsorbates.

Key words: Heavy metals, Biosorbent, Macrophyte, Adsorption, Phytoremediation.

一、前 言

養豬業所產生的廢水是臺灣的主要污染源之一 (Lee 等, 2004; Yeh 等, 2009)。排放到附近水道的放流水含有例如銅和鋅等的大量重金屬。通常在飼料中會刻意加進這些金屬物質來預防腹瀉, 並增強豬隻的免疫系統。傳統上, 用來去除汗水中重金屬的物理-化學性技術包括化學沉澱法和離子交換法, 但是通常都很昂貴又耗電。以綠色植物進行人工濕地的植生復育和土壤淨化在國內外都已受到重視 (Dhote 與 Dixit, 2008; Yeh 與 Wu, 2009; Yeh 等, 2010)。收割的生質有各種用途, 例如作為水處理中去除金屬的生質吸附劑 (Jang 等, 2005; Tsui 等, 2006)。再生性生質吸附劑的使用和評估對於比較和分析吸附機制, 以及充份發揮生質吸附性的純化技術都相當重要。近年已有使用再生性生質廢棄物去除污染物的許多研究發表 (Bansal 等, 2009; Hannachi 等, 2009; Okoronkwo 等, 2009)。單純以再生性乾燥植體作為生質吸附劑材質去除金屬的優點, 就是能將放流水有效去毒稀釋, 因此被視為具成本效益又節能的廢水處理方法。廢水工程中收割大型植物的再利用也有助於廢棄物處置管理和節省廢棄物處理費用。針對利用植生復育大型植物的吸附性來去除污染放流水中的金屬進行研究。結果顯示金屬吸附到生質的程度對於去除金屬的效果具有顯著的重要性 (Miretzky 等, 2004)。因此, 必須探討收割大型植體的吸附機制和相關的吸附參數, 以便能促進未來的生質吸附劑淨水處理。

污染放流水中的金屬陽離子可被大型植體生質表面的負電吸附。植體去除金屬的過程包括細胞壁表面的快速吸附性和逐漸蓄積, 以及轉移進入生質中 (Lesage 等, 2007)。快速吸附性包括螯合和離子交換。羧基是植體生質表面的一種官能基, 能提供金屬的鍵結位點 (Sune 等, 2007)。研究結果顯示, 植體的每一個部位都會蓄積重金屬, 而將外部溶液中的金屬進行濃縮的能力會因為植體部位和金屬的不同而有差異。金屬含量中有 24~59% 會被吸附到植體的細胞壁上 (Fritioff 與 Greger, 2006)。不論是活的或死亡的植體生質都能蓄積重金屬。吸附金屬的機制包括細胞外蓄積、細胞表面吸附, 以及細胞內蓄積。這些機制是由錯合、離子交換、沉澱, 和吸附所產生 (Keskinan 等, 2004)。報告指出, 生質吸附性的主要機制是金屬陽離子和大型植體生質中反荷離子之間的離子交換。研究顯示, 以多重金屬或單一金屬溶液進行的交換量並無顯著差異 (Miretzky 等, 2006)。