

**TOXICITY, BIOACCUMULATION AND BIOSORPTION OF
LEAD, CADMIUM AND ZINC IN CHAROPHYTES**



NAJJAPAK SOOKSAWAT

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF
PHILOSOPHY (BIOLOGY)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY**

2013

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

TOXICITY, BIOACCUMULATION AND BIOSORPTION OF LEAD, CADMIUM AND ZINC IN CHAROPHYTES

NAJJAPAK SOOKSAWAT 5037279 SCBI/D

Ph.D. (BIOLOGY)

THESIS ADVISORY: MALEEYA KRUAETRACHUE Ph.D. (BOTANY), PRAYAD POKETHITIYOOK Ph.D. (CHEMICAL ENGINEERING), DUANGRAT INTORN Ph.D. (PHARMACEUTICAL SCIENCE), METHA MEETAM Ph.D. (HORTICULTURE), PIYAPORN WARANUSANTIGUL Ph.D. (BIOLOGY)

ABSTRACT

The ability for the use of common freshwater charophytes, *Chara aculeolata* and *Nitella opaca* in removal of cadmium (Cd), lead (Pb) and zinc (Zn) from wastewater was examined. Living *C. aculeolata* was more tolerant of Cd and Pb than *N. opaca*. The relative growth rate of *N. opaca* was drastically reduced at high concentrations of Cd and Pb although both were tolerant of Zn. Both macroalgae showed a reduction in chloroplast, chlorophyll and carotenoid content after Cd and Pb exposure, while Zn exposure had little effect. The bioaccumulation of both Cd and Pb was higher in *N. opaca* (1544.3 µg/g at 0.5 mg/L Cd, 21,657.0 µg/g at 10 mg/L Pb) whereas higher Zn accumulation was observed in *C. aculeolata* (6703.5 µg/g at 10 mg/L Zn). In addition, high BCF values (> 1000) for Cd and Pb were observed in both species. *C. aculeolata* showed a higher percentage of Cd and Pb removal (> 95%) than *N. opaca* and seemed to be a better choice for Cd and Pb removal from wastewater due to its tolerance to these metals.

The potential of dried *C. aculeolata* and *N. opaca* to biosorb Pb, Cd and Zn from a single-metal system, multiple-metal system and municipal wastewater were investigated. *C. aculeolata* and *N. opaca* performed well in the biosorption of all three metal ions, with preference towards Pb, followed by Cd and Zn. The process of Pb adsorption onto algal biomass followed the first-order rate kinetic (*N. opaca*) and intraparticle diffusion (*C. aculeolata*), in contrast to Cd and Zn whose biosorption kinetics fitted the second-order rate by both algae. According to the Langmuir isotherm model, *C. aculeolata* exhibited a slightly higher maximum uptake of Pb, Cd and Zn (106.4 mgPb/g, 36.1 mgCd/g, 15.2 mgZn/g) than those of *N. opaca* (102.0 mgPb/g, 27.6 mgCd/g, 13.4 mgZn/g). In the multiple-metal solution, an antagonistic effect by metal competition was observed. The ability of *C. aculeolata* to remove three metal ions was found to be high in real municipal water (81-100%). *C. aculeolata* in a continuous fixed bed column was capable of decreasing Pb and Cd concentrations from 10 to a value below the detection limit of 0.05 and 0.02 mg/L, respectively. Pb uptake capacity of *C. aculeolata* increased with increased bed depth and decreased flow rate. Cd uptake capacity increased with increased bed depth but remained constant at various flow rates. The Thomas model was found to fit with the experimental data for Pb and Cd ($R^2 > 0.90$). It can be concluded that *C. aculeolata* is a good biosorbent for treating wastewater with low concentrations of Pb and Cd contaminants.

KEY WORDS: CHAROPHYTES / PHYTOREMEDIATION / CADMIUM / LEAD / ZINC / BIOSORPTION

161 pages

การศึกษาความเป็นพิษ การสะสม และการดูดซับตะกั่ว แคดเมียมและสังกะสีในสาหร่ายไฟ
TOXICITY, BIOACCUMULATION AND BIOSORPTION OF LEAD, CADMIUM AND ZINC IN
CHAROPHYTES

นักศึกษ สุขสวัสดิ์ 5037279 SCBI/D

ปร.ค. (ชีววิทยา)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : มาลีญา เครือตราฐ Ph.D. (BOTANY), ประหยัด โภคจิตติคุณต์ Ph.D. (CHEMICAL ENGINEERING), ดวงรัตน์ อินทร Ph.D. (PHARMACEUTICAL SCIENCE), เมธา มีแฉ่ม Ph.D. (HORTICULTURE), ปิยาภรณ์ วรรณสันติคุณ Ph.D. (BIOLOGY)

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการกำจัดตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้สาหร่ายไฟสองชนิด พบว่า *Chara aculeolata* มีความทนทานต่อแคดเมียมและตะกั่วมากกว่า *Nitella opaca* อัตราการเจริญเติบโตของ *N. opaca* ลดลงอย่างมากในสารอาหารที่มีแคดเมียมหรือตะกั่วความเข้มข้นสูง สาหร่ายทั้งสองชนิดมีความทนทานต่อสังกะสี การศึกษาผลของโลหะหนักต่อปริมาณเม็ดยาพบว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดมีปริมาณคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ลดลงเมื่อเลี้ยงในสารอาหารที่มีแคดเมียมและตะกั่ว สังกะสีมีผลกระทบต่อปริมาณเม็ดยา *N. opaca* มีการสะสมแคดเมียมสูงถึง 1544.3 ไมโครกรัมต่อกรัม และตะกั่วสูงถึง 21,657 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วน *C. aculeolata* มีการสะสมสังกะสีสูงถึง 6,703.5 ไมโครกรัมต่อกรัม สาหร่ายทั้งสองชนิดมีค่า bioconcentration factor ของแคดเมียมและตะกั่วสูงกว่า 1,000 *C. aculeolata* มีอัตราการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วในน้ำมากกว่า *N. opaca* (มากกว่าร้อยละ 95) ดังนั้น *C. aculeolata* จึงเป็นสาหร่ายที่เหมาะสมต่อการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำ และยังมีมีความทนทานต่อโลหะเหล่านี้ด้วย

จากการศึกษาการดูดซับตะกั่ว แคดเมียมและสังกะสี โดยสาหร่ายไฟแบบชีวมวลแห้งพบว่า *C. aculeolata* และ *N. opaca* สามารถดูดซับตะกั่วได้ดีที่สุด รองลงมาคือแคดเมียมและสังกะสีตามลำดับ *N. opaca* มีกลไกดูดซับตะกั่วแบบ first-order rate kinetic สาหร่าย *C. aculeolata* มีกลไกดูดซับตะกั่วแบบ intraparticle diffusion สาหร่ายทั้งสอง มีกลไกการดูดซับแคดเมียมและสังกะสีตาม second-order rate kinetic *C. aculeolata* มีค่าการดูดซับสูงสุดของตะกั่วที่ 106.4 มิลลิกรัมต่อกรัม แคดเมียม 36.1 มิลลิกรัมต่อกรัม และสังกะสี 15.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมากกว่า *N. opaca* ที่มีการดูดซับสูงสุดของตะกั่วที่ 102 มิลลิกรัมต่อกรัม แคดเมียม 27.6 มิลลิกรัมต่อกรัม และสังกะสี 13.4 มิลลิกรัมต่อกรัม ในการศึกษาในสารละลายโลหะหนักผสมสามชนิดพบว่า สาหร่ายมีการดูดซับโลหะหนักน้อยลง *C. aculeolata* สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งสามชนิดได้ร้อยละ 81-100 ในน้ำเสียชุมชน

จากการศึกษาการใช้ *C. aculeolata* แบบตรึงในคอลัมน์เพื่อบำบัดน้ำเสียพบว่า *C. aculeolata* สามารถลดปริมาณตะกั่วและแคดเมียมจาก 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือต่ำกว่า 0.05 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ *C. aculeolata* สามารถดูดซับตะกั่วเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของชีวมวลแห้งในคอลัมน์เพิ่มขึ้นที่อัตราการไหลของน้ำต่ำ ส่วนการดูดซับแคดเมียมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของชีวมวลแห้งในคอลัมน์เพิ่มขึ้นที่อัตราการไหลของน้ำ 20-40 มิลลิตรต่อนาที จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า *C. aculeolata* เป็นสาหร่ายไฟที่มีชีวมวลเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนได้