โครงการย่อยที่ 1
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม
ในการบำบัดแคดเมียมในลุ่มน้ำแม่ตาว-แม่กุ
อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อคัดเลือกชนิดของพืชและเทคโนโลยีการฟื้นฟูที่เหมาะสม ในการบำบัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน น้ำและดินตะกอนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เทคโนโลยีดังกล่าว ได้แก่ Phytoextraction Phytostabilization Phytodegradation โดยใช้แบคทีเรียร่วมกับพืช Contructed wetland และ Biosorption

ในการทดลองเกี่ยวกับ Phytoextraction และ Phytostabilization ได้ทำการคัดเลือกชนิดพืชเศรษฐกิจที่มิได้ใช้ในการบริโภค เช่น กลุ่มพืชผลิตน้ำมันหอมระเหย (โหระพา ยี่หร่า) กลุ่มพืชที่ผลิตเอทานอล (อ้อย ข้าวโพด) กลุ่มหญ้าที่สามารถตรึงแคดเมียมได้ กลุ่มไม้ยืนต้น (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา) นอกจากนั้น ยังได้ทดลองประสิทธิภาพของสารหรือปุ๋ยที่ช่วยเพิ่มการเติบโตของพืชหรือการตรึงแคดเมียม ได้แก่ โซเดียมซิลิเคต ไฮดรอกซีอะพาไทต์ ซีโอไลต์ ปุ๋ยขี้วัวและไดแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น ผลการทดลองปลูกพืชเศรษฐกิจในดินแคดเมียมที่เติมสารต่างๆ เหล่านี้เป็นเวลา 1-3 เดือน พบว่า ปุ๋ยขี้วัว ไฮดรอกซีอะพาไทต์ และไดแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมีธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม ที่ช่วยในการเติบโตของพืช ส่วนสารซีโอไลต์ และโซเดียมซิลิเคต ซึ่งมีซิลิกาที่ช่วยตรึงแคดเมียมไว้ในดินหรือในส่วนรากของพืช ทำให้ลดความเป็นพิษของแคดเมียมต่อพืชได้

ส่วนในกรณีของการใช้พืชน้ำและพืชชุ่มน้ำ พบว่าที่ความเข้มข้นแคดเมียม 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายหางกระรอกมีประสิทธิภาพการสะสมแคดเมียมในน้ำได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผักตบชวาและจอกหูหนูโดยมีประสิทธิภาพในการสะสมแคดเมียมเท่ากับ 71.43% , 33.77% และ 19.48% ตามลำดับ ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของพืชโผล่พ้นน้ำ ในการสะสมแคดเมียมจากตะกอนดินที่มีความเข้มข้นแคดเมียมเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าป๊อปปี้น้ำมีประสิทธิภาพในการสะสมแคดเมียมมากที่สุดคือ รองลงมาได้แก่ อะเมซอน และคล้าน้ำ ตามลำดับ และเมื่อนำป๊อปปี้น้ำมาศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดแคดเมียมในตะกอนดิน จากพื้นที่ศึกษาที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 44.65, 15.35 และ 6.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบริเวณผิวหน้า พบว่าป๊อปปี้น้ำสามารถกำจัดแคดเมียมออกจากตะกอนดินได้ 25.40% , 63.51% และ 85.67% ตามลำดับ

สำหรับแบคทีเรียต้านทานแคดเมียมที่สร้าง Exopolymers ที่ช่วยส่งเสริมพืชในการดูดซับและสะสมแคดเมียมจากดินได้มี 2 สายพันธุ์ คือ *Ralstonia* sp. TAK1 และ *Arthrobacter* sp. TM6 และแบคทีเรียสองสายพันธุ์นี้สามารถสร้างสาร Indole-3-acetic acid ได้ นอกจากนี้ แบคทีเรียสองสายพันธุ์นี้ยังช่วยทำให้แคดเมียมเคลื่อนที่หรือละลายออกมาจากดินได้ด้วย จากการศึกษาความเป็นพิษของแคดเมียมต่อการเจริญของยี่หร่าและหญ้าแฝก พบว่ายี่หร่าและหญ้าแฝกเจริญได้ดีในดินที่มีการเติมแคดเมียมในความเข้มข้น 26.8±0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำยี่หร่าและหญ้าแฝกมาปลูกในดิน

ปนเปื้อนแคดเมียมที่เก็บมาจากพื้นที่ปนเปื้อน และแบ่งเป็นชุดการทดลองที่มีการเติมและไม่เติมแบคทีเรียต้านทานแคดเมียมที่คัดเลือกได้ พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีการสะสมแคดเมียมในส่วนรากมากกว่าส่วนเหนือดิน (ต้นและใบ) และ *Arthrobacter* sp. TM6 ช่วยส่งเสริมให้ยี่หร่ามีการสะสมแคดเมียมได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมแบคทีเรีย แต่แบคทีเรียต้านทานแคดเมียมทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีผลต่อการส่งเสริมการสะสมแคดเมียมของหญ้าแฝก จากผลการศึกษาพบว่าการเติม EDTA และการเติม *Arthrobacter* sp. TM6 ช่วยส่งเสริมการเคลื่อนที่ของแคดเมียมจากรากไปส่วนเหนือดินของยี่หร่า และยี่หร่ามีความสามารถในการเคลื่อนย้ายแคดเมียมจากรากไปสู่ส่วนเหนือดินได้ดีกว่าหญ้าแฝก

การศึกษาวัสดุชีวมวลในการดูดซับแคดเมียม พบว่าเซลล์แห้งของสาหร่ายหางกระรอกสามารถดูดซับแคดเมียมในน้ำได้ดีที่สุด คือมีค่าประมาณ 77.05% แต่ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมในตะกอนดินของเซลล์แห้งของสาหร่ายมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการใช้พืช จุลินทรีย์และวัสดุชีวมวล เพื่อกำจัดแคดเมียมในดิน น้ำและตะกอนดิน มีความเป็นไปได้ และสามารถใช้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกอีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ โดยผลจากการศึกษาในระดับเรือนทดลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริงในการศึกษาต่อไป

ABSTRACT

The objectives of the research was to select plant species and appropriate remediation technology for Cd removal or stabilization in contaminated soil at Mae Tao, Mae Sod district, Tak Province. These technologies were phytoextraction, phytostabilization, phytodegradation with bacteria, constructed wetland, and biosorption.

In phytoextraction and phytostabilization study, non edible crop plants was chosen such as essential oil producer (Lamiaceae), ethanal producer (sugarcane, corn), grasses, trees (eucalyptus, acacia). In addition, soil amendment with organic (cow manure) or inorganic additives (sodium silicate, hydroxyapatite, zeolite, dicalcium phosphate) were tested for their efficiencies to remove or stabilize cadmium by growing these plants in cadmium soil amended with various additives for 1-3 months. The results showed that cow manure, hydroxyapatite, dicalcium phosphate which contained N, P, K enhanced plant growth. Zeolite and sodium silicate contained silica which helped to stabilize cadmium in the soil or plant roots and reduce cadmium toxicity to plants

In case of aquatic plant, *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle presented the most effective to remove cadmium from water (71.43%) followed by *Eichhornia crassipes* (33.77%) and *Salvinia cucullata* Roxb (19.48%), respectively. For emerging plant, *Hydrocleys nymphoides* Bush showed the highest effective to remove cadmium from sediment at initial cadmium concentration of 100 mg/kg followed by *Echinodorus cordifolius* (L.) Griseb and *Thalia geniculata* L. ,respectively. The efficiency of *Hydrocleys nymphoides* Bush to remove cadmium from sediment by surface flow constructed wetland revealed that the removal efficiency were 25.40% , 63.51% and 85.67% at initial cadmium concentration of 44.65, 15.35, and 6.1 mg/kg, respectively.

Two strains of cadmium resistant exopolymer-producing bacteria were selected namely *Ralstonia* sp. TAK1 and *Arthrobacter* sp. TM6. These bacteria can produce Indole-3-acetic acid and enhanced the cadmium mobilization or solubility from soil. The study of cadmium toxicity on growth of *Ocimum gratissimum* and *Vetiveria nemoralis* found that both plants grew well in soil amended with cadmium at concentration of 26.8±0.7 mg/kg. *O. gratissimum* and *V. nemoralis* were planted in cadmium contaminated soil collected from contaminated area and added with or without selected cadmium resistant bacteria in each treatment. The results show that both plants accumulated cadmium in root higher than aboveground part (stem and leaves). *Arthrobacter* sp. TM6 enhanced the cadmium accumulation in *O. gratissimum* compared to without bacteria added. However, both strains of

cadmium resistant bacteria had no effect on cadmium accumulation in *V. nemoralis*. Moreover, addition of EDTA or *Arthrobacter* sp. TM6 enhanced cadmium translocation from root to above ground part of *O. gratissimum*.

The application of biosorbent to remove cadmium from solution showed that dead cell of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle provide the good characteristic to adsorb cadmium in water and the percentage of cadmium uptake was 77.05. In the other hand, the results showed slightly biosorption efficiency in sediment of this biosorbent when compared to the control group.

The results obtained from the present study showed that plants, microorganisms, and biosorbent have a potential to remove cadmium in soil water and sediment which can be selected as an alternative method to clean up cadmium contamination at study site.