วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 36 ฉบับที่ 4 (293 - 301) ตุลาคม – ธันวาคม 2552 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol.36 No.4 (293 - 301) October – December 2009

การบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนักจากหลุมฝังกลบขยะโดยใช้ทานตะวัน

อภิชิต วิจักขณ์รัตนะ[1,2], เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์ [*1,2], วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ[1,3] และมงคล ต๊ะอุ่น[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนักจากหลุมฝังกลบขยะชุมชนโดยใช้พืช โดยศึกษาความสามารถในการสะสม ตะกั่ว โครเมียม และสังกะสี ของทานตะวัน(*Helianthus Annus*) ที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจากหลุมฝังกลบขยะชุมชน นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของ อีดีทีเอ (ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)) และไคโตซาน (Chitosan) ต่อการสะสมโลหะหนักในทานตะวัน ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการโดยปลูกพืชในชุดกระถางทดลองด้วยดินจากหลุมฝังกลบขยะชุมชน ของเทศบาลนครขอนแก่น หลังจากปลูกพืชได้สองสัปดาห์จึงเติมอีดีทีเอ และไคโตซานในสัดส่วนที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง ณ เวลา 8 สัปดาห์หลังจากปลูกพืชเพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในดอก ใบ ต้น และราก ของทานตะวัน ผลการศึกษาพบว่าดินจากหลุมฝังกลบขยะมีการปนเปื้อนตะกั่ว โครเมียม และสังกะสีเท่ากับ 209.00 228.00 และ 963.00 มก./กก. เมื่อเก็บเกี่ยวพืชมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในพืช พบว่าทานตะวันมีการดูดซับสังกะสีได้สูงที่สุด รองลงมาคือตะกั่ว และโครเมียม ตามลำดับ สำหรับการสะสมโลหะหนักในส่วนต่างๆของพืช การสะสมของโลหะหนักทั้งสามชนิด มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันกันคือ มีการสะสมของโลหะหนักสูงที่สุดในราก รองลงมาคือใบ ลำต้น และดอก ตามลำดับ เมื่อทดลองเติมสารคิเลทติ้งเอเจนท์ที่มีคุณสมบัติในการจับโลหะหนัก พบว่า อีดีทีเอ มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักของทานตะวันเนื่องจากอีดีทีเอสามารถละลายโลหะหนักบางชนิดที่จับตัวกันในรูปแบบที่เชิงซ้อน ทำให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซับได้ และแต่ไคโตซานซึ่งเป็นสารที่จับตัวได้ดีกับโลหะหนักไม่มีผลต่อการสะสมตะกั่ว โครเมียม และสังกะสี ในทานตะวัน

คำสำคัญ: การบำบัดโดยใช้พืช, ตะกั่ว, โครเมียม, สังกะสี, โลหะหนัก, ดินปนเปื้อน, หลุมฝังกลบขยะชุมชน

---

* [1] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Corresponding Author, อีเมล์: netnapid@kku.ac.th

* [2] ศูนย์วิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย อาคารวิทยพัฒนา ชั้น 6 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[4] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002

Phytoremediation of Heavy Metals Contaminated Soils from Landfill Site Using Sunflower

Apichit Vijukrattana[1,2], Netnapid Tantemsapya[*1,2], wanpen Wirojanagud [1,3] and Mongkon Tauon[4]

Abstract

The objective of this study is to treat heavy metals contamination in municipality landfill soils by phytoremediation. The ability of Sunflower (*Helianthus Annus*) grows in heavy metals contaminated soils from municipality landfill in uptaking lead, chromium and zinc was investigated. In addition, comparison of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and Chitosan to Sunflower heavy metals uptake were also explored. In this study, experiments were performed by growing Sunflower using soils from Khon Kaen Municipality landfill in a series of pots. After two weeks, EDTA and Chitisan were added at different ratio to increase the ability of the sunflower to uptake heavy metal. Sunflowers were harvested 8 weeks after seeding to analyze for heavy metals content in its flower, leaves, stem and root.

Results revealed that, the soils from municipality landfill were contaminated with lead, chromium and zinc equal to 209.00 228.00 and 963.00 mg/kg, respectively. After collected the sunflower to determine the amount of heavy metals, Sunflower uptake of zinc was found to be the highest, followed by lead and chromium, respectively. For heavy metals accumulation in the sunflower's parts, all three heavy metals has similar trend where heavy metals accumulate greatest in the root, followed by leaves , stem and flower, respectively.

After added chelating agent that has ability to bind heavy metals, it was found that EDTA effect the ability of the Sunflower in uptaking heavy metal from the soil. This is due to the ability of EDTA to dissolve some heavy metals complex, making them available for plants uptake. On the contrary, this study found that Chitasan which can form complex with metals has no impact to lead, chromium and zinc accumulation in Sunflower.

Key words: Phytoremediation, Lead, Chromium, Zinc, Heavy Metals, Contaminated Soils, Municipality Landfill.

---

* [1] Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Corresponding Author, E-mail: netnapid@kku.ac.th

* [2] Research Center of Environmental and Hazardous Substance Management, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

[3] National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM), 6th floor, Vidyabhathna Building, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330.

[4] Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, 40002

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาเกี่ยวกับของเสียอันตรายมีความสำคัญมาก เพราะมีการนำสารอันตรายมาใช้กันอย่างแพร่หลายในขั้นตอนทั้งการผลิต การใช้ และการทิ้ง กิจกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารอันตรายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ดังจะเห็นได้จาก ปัญหาการปนเปื้อนสารพิษเกิดขึ้นหลายครั้ง เช่น การปนเปื้อนสารหนูบริเวณอำเภอร่อนพิบูลย์ (อภิฤดี ชูโชติรส และคณะ, 2543) การปนเปื้อนมลพิษบริเวณหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครพิษณุโลก (สหัถยา ลาดปาละ, 2545) การปนเปื้อนตะกั่วที่ห้วยคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี หรือการปนเปื้อนโลหะหนักลงสู่น้ำบาดาลจากกองขยะเมืองขอนแก่น (ฉลอง บัวผัน และ มนตรี บุญเสนอ, 2542) และมีโลหะหนักในดิน ได้แก่ ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม ซึ่งเกิดจากมีการนำอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า แบตเตอรี่รถยนต์ มาทิ้งรวมกับขยะชุมชนทำให้เกิดการรั่วไหลของโลหะหนัก (Tantemsapya et al., 2007) ดังนั้นจึงควรมีมาตรการบำบัดฟื้นฟูสภาพพื้นที่ดังกล่าวเพื่อลดการแพร่กระจายของสารพิษ

โดยวิธีการแก้ไขปัญหาปัญหาการปนเปื้อนที่เหมาะสมนั้น สามารถทำได้โดยการนำดินที่ปนเปื้อนมาทำความสะอาด ซึ่งใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก เทคโนโลยีทางเลือกเพื่อบำบัดดินปนเปื้อนโดยพื้นฟูสภาพดินเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ต้นทุนต่ำ ได้แก่ การใช้พืชบำบัดดินที่มีการปนเปื้อน (phytoremediation) พืชจะดูดซับเอาโลหะหนักที่อยู่ในดินไปเก็บตามส่วนต่างๆ เช่น ราก ใบ ลำต้น แต่วิธีดังกล่าวเหมาะกับดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆ และครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง โดยพืชที่จะนำมาใช้ควรมีคุณสมบัติ ดังนี้ กล่าวคือให้ผลผลิตสูง สามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีโลหะหนักปนเปื้อน และสามารถดูดซับความเข้มข้นของโลหะหนักได้มาก

ทานตะวันเป็นพืชเศรษฐกิจที่ขึ้นได้ดีในพื้นที่ประเทศไทย ไม่เป็นพืชที่ใช้เพื่อบริโภค และมีความสามารถในการต้านทานพิษของโลหะหนัก และดูดซับโลหะหนักได้ดี (January et al., 2008 และ Adesodun et al., 2009) จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อฟื้นฟูสภาพพื้นที่ปนเปื้อนได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ทานตะวันเป็นพืชกรณีศึกษา โดยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักของพืชนั้นสามารถทำได้โดยการเติมสารประเภทคิเลทติ้งเอเจนท์ เพื่อจับโลหะหนักให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ช่วยในการดูดซับของพืชได้ดี เช่น อีดีทีเอ (Ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA)) (Salt et al.,1998; Huang et al.,1997 and Norvell,1991) หรือไคโตซาน ที่จะเปลี่ยนรูปโลหะหนักให้อยู่ในรูปโลหะเชิงซ้อน

ในงานวิจัยที่ผ่านมานั้นมีการทดลองใช้ทานตะวันในการดูดซับโลหะหนักในดิน แต่ยังไม่มีการทดลองที่ใช้ดินที่ปนเปื้อนจริงในการศึกษา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะดำเนินการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างดินปนเปื้อนจากหลุมฝังกลบขยะชุมชน ณ เทศบาลนครขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโดยใช้พืช โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะคือเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการสะสมของตะกั่ว โครเมียม และสังกะสีของทานตะวันในดินที่มีการปนเปื้อนหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่น และเปรียบเทียบผลของ อีดีทีเอ และไคโตซานต่อการสะสมของโลหะในพืช ซึ่งการใช้พืชบำบัดดินที่มีการปนเปื้อน จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดได้มากและลดปริมาณของของเสียอันตรายที่จะนำไปกำจัดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น อีกทั้งวิธีนี้ยังเป็นเทคโนโลยีทางธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

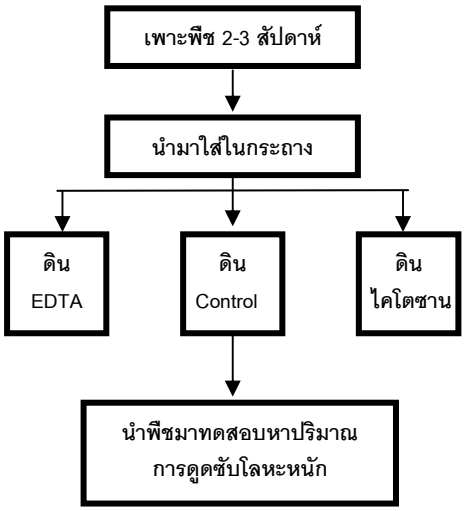
1.1 *ตัวอย่างดิน* ดินที่ใช้เป็นดินบนหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่น บ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น

1.2 *เมล็ดพันธุ์และต้นกล้า* ใช้เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน (*Helianthus Annus*) ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.3 *สารเคมี* สารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้ทั้งหมดเป็นเกรดของสารที่มีความบริสิทธิ์สูงใช้สำหรับงานวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ อีดีทีเอ (Merck) HNO_3 (Merck) $HClO_4$(Merck) และ สารละลายมาตรฐานตะกั่ว โครเมียม และสังกะสี (Sigma) และไคโตซาน สูตรสำหรับพืช (หจก. สินวัฒนาไคโตซาน)

2. การออกแบบการทดลอง

การทดลองมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 1 *ขั้นตอนการทดลอง*

2.1 การเตรียมดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเก็บจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่น เก็บแบบสุ่มที่ความลึกประมาณ 20 – 30 ซม. จำนวน 10 จุด จุดละ 90 กก. นำตัวอย่างดินที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ผสมดินให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต และวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และปริมาณโลหะหนักที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.2 การเตรียมตัวอย่างพืช

ดำเนินการเพาะเมล็ดทานตะวัน ในกระบะพลาสติกจนมีอายุ 3 สัปดาห์ จากนั้นย้ายมาปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. โดยใส่ดินในแต่ละกระถางเท่ากับ 1.5 กก. กระถางปลูกพืชวางไว้ในเรือนทดลองให้ได้รับแสงแดดเท่ากัน โดยให้น้ำวันละ 1 ครั้ง โดยให้ทุกต้นได้รับน้ำเพียงพอ ในปริมาณที่เท่ากัน น้ำที่ใช้รดได้มีการตรวจวัดค่าปริมาณโลหะหนักทุกสัปดาห์ โดยพบว่าไม่มีการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำ ในสัปดาห์ที่ 2 จะเติมสารอีดีทีเอ และไคโตซาน ในปริมาณ 0-7 มิลิโมล และในสัปดาห์ที่ 8 ต้นไม้จะถูกเก็บเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

2.4 การวิเคราะห์โลหะหนัก

ทำความสะอาดพืชที่เก็บจากแต่ละกระถางโดยล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อลดการปนเปื้อน ก่อนจะถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างพืชมาบดด้วยครกหินและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 48 แล้วเก็บตัวอย่างไปย่อย โดยวิธีการต้มตัวอย่างในกรดผสมเข้มข้น Conc. HNO_3 และ $HClO_4$ ในอัตราส่วนเท่ากับ 1:1 จากนั้นจึงนำไปหาปริมาณตะกั่ว สังกะสี และโครเมียมด้วยเครื่อง Frame Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อShimadzu รุ่น 6501 F

ในการวิจัยนี้ได้ใช้พืชที่ไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักมาเป็นพืชตัวอ้างอิง โดยใช้ต้นไม้ที่ขึ้นในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทำการวิเคราะห์เช่นกันกับตัวอย่าง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะดิน

ดินที่อยู่ในพื้นที่หลุมฝังกลบขยะเทศบาลฯ มีลักษณะเป็นดินลูกรังสีแดง มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่นำมาจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาล พบว่ามีการปนเปื้อนของตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีอยู่ในดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และปริมาณโลหะหนัก ในดินตัวอย่าง*

คุณสมบัติ	คุณสมบัติ
เนื้อดิน	silty clay loam
ค่าความเป็นกรด ด่าง	5.45
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	4.46
ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (cmol+/kg)	16.12
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.31
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.40
ตะกั่ว (มก./กก.)	209.00
โครเมียม (มก./กก.)	228.00
แคดเมียม (มก./กก.)	6.00
ทองแดง (มก./กก.)	290.00
สังกะสี (มก./กก.)	963.00

2. การดูดซับโลหะหนักของทานตะวัน

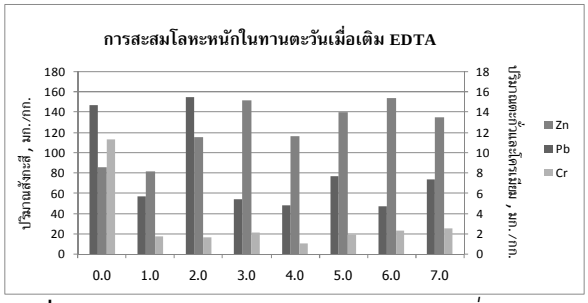
ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการสะสมตะกั่วของทานตะวันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.65 – 9.81 มก./กก. ใกล้เคียงกับค่าที่รายงานโดย Liphadzi และคณะ (2003) ที่พบว่า ทานตะวันดูดซับตะกั่วในช่วง 5.2 - 46.9 มก./กก. จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Rasin and Ensley, 2000) พบว่าพืชทั่วไปจะสะสมตะกั่วในช่วง 0.1-5 มก./กก. และสำหรับพืชประเภท hyperacummulator เช่นพืชในวงศ์ Cayophyllacea จะสามารถสะสมตะกั่วได้สูงถึง 20,000 มก./กก. โดยทานตะวันสามารถดูดซับตะกั่วได้ดี แต่ไม่จัดว่าเป็นพืชประเภท hyperacummulator

ทานตะวันมีการสะสมโครเมียมอยู่ในช่วง 2.1 - 4.0 มก./กก. โดยธรรมชาติแล้ว โครเมียมจะอยู่ในสภาวะ Cr(III) ซึ่งไม่อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ได้โดยพืช ดังนั้นการดูดซับโครเมียมในทานตะวัน จึงมีค่าต่ำกว่าโลหะหนักชนิดอื่น โดยพบอยู่ในช่วง 0.2 - 5.0 มก./กก. (Rasin and Ensley, 2000) สำหรับสังกะสีมีการสะสมอยู่ในช่วง 109.8 – 134.2 มก./กก. การที่ค่าการสะสมสังกะสีมากกว่าตะกั่ว และโครเมียม เป็นเรื่องปกติ เนื่องจากสังกะสีเป็นธาตุอาหารของพืช และเป็นสารอาหารที่มีมากอยู่แล้วในธรรมชาติ

3. ผลของ อีดีทีเอ ต่อการสะสมโลหะหนักของทานตะวัน

สารก่อคีเลต เช่น อีดีทีเอ เป็นสารที่ช่วยให้โลหะหนักที่จับตัวเป็นโครงสร้างซับซ้อนในดินมีการกระจายตัว และเกิดการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้อีดีทีเอ เพื่อช่วยให้โลหะหนักในดินเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้พืชสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดีขึ้น อันส่งผลดีต่อการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโดยใช้พืช

ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าปริมาณการสะสมตะกั่วของทานตะวัน เมื่อเติม อีดีทีเอ มีค่ามากที่สุดที่ระดับ อีดีทีเอ เท่ากับ 6 มิลิโมล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15.5 – 21.8 มก./กก. สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liphadzi และคณะ (2003) พบว่า อีดีทีเอ มีผลทำให้ดูดซับตะกั่วได้ดีขึ้นในดินตะกอน โดยทานตะวันดูดซับตะกั่วในช่วง 5.2 - 46.9 มก./กก. จากการทดลองครั้งนี้พบว่า อีดีทีเอ ส่งผลทำให้ปริมาณการสะสมตะกั่วในทานตะวันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และทำให้การแพร่กระจายตะกั่วในดอก ใบ และต้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 *การสะสมโลหะในทานตะวันในสภาวะที่เติมอีดีทีเอ*

ปริมาณการสะสมโครเมียมของทานตะวัน เมื่อเติม อีดีทีเอ มีค่ามากที่สุดที่ระดับ อีดีทีเอ เท่ากับ 7 มิลิโมล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 – 5.2 มก./กก. โดยใกล้เคียงกับค่าที่รายงานโดย Turgut และคณะ (2004) ที่พบว่าทานตะวันดูดซับโครเมียมโดยใช้ อีดีทีเอ ที่ความเข้มข้น 1 ก./กก. เท่ากับ 0.714 มก. และที่ความเข้มข้น 3 ก./กก. เท่ากับ 0.566 มก. การเติม อีดีทีเอ ทำให้ปริมาณการสะสมของโครเมียมในทานตะวันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chen และ Cutright (2001)

ปริมาณการสะสมของสังกะสี เมื่อเติม อีดีทีเอ พบว่า ทานตะวันจะสะสมสังกะสีได้มากขึ้นเมื่อระดับ อีดีทีเอ เพิ่มขึ้นโดยสูงสุดที่ระดับของ อีดีทีเอ เท่ากับ 6 มิลิโมล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 143.4 – 162.7 มก./กก. จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อีดีทีเอ มีผลต่อการสะสมสังกะสีในทานตะวัน

กล่าวโดยสรุปได้ว่า อีดีทีเอ จะทำให้การดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของทานตะวันเพิ่มขึ้น ที่ อีดีทีเอ ปริมาณต่างกัน การเพิ่มขึ้นของ อีดีทีเอ จะทำให้ การดูดซับตะกั่วและโครเมียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่การดูดซับของสังกะสีจะเพิ่มขึ้นมาก

4. ผลของไคโตซานต่อการสะสมโลหะหนักของทานตะวัน

ไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติสามารถจับตัวกับโลหะต่างๆ ได้ดี (Wang et al. 2005) ส่งผลให้โลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินแพร่ออกมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ช่วยให้การบำบัดโดยใช้พืชมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 2 ปริมาณตะกั่ว โครเมียม สังกะสี ในทานตะวันเมื่อมีการเติมไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้นของไคโตซานในดินที่ปริมาณต่างๆไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าการสะสมอยู่ในช่วง 3.6 – 9.9 มก./กก. 0.0 - 10.3 มก./กก. และ 61.0 – 128.6 มก./กก. ตามลำดับ

จากผลการทดลองเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีการเติมและไม่เติมไคโตซาน พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สามารถสรุปได้ว่า ไคโตซานไม่มีผลต่อการสะสมตะกั่ว โครเมียม และสังกะสีในทานตะวัน เนื่องจากไคโตซานไปจับโลหะหนักทำให้พืชไม่สามารถดูดซับโลหะหนักได้ การศึกษาโดย Schmuhl (2001) พบว่าไคโตซานทำปฏิกิริยากับโลหะหนักในน้ำเสียทำให้โลหะหนักเกิดการตกตะกอน ซึ่งลักษณะของสารประกอบโลหะหนักไคโตซานอาจอยู่ในสภาพที่ทานตะวันไม่สามารถดูดซับได้

5. การเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของ พืช

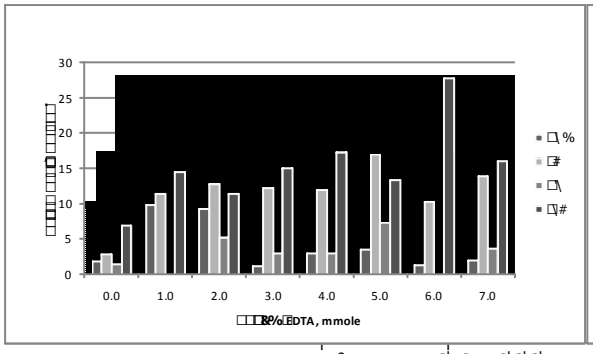
จากผลการวิเคราะห์โลหะหนักในส่วนต่างๆ ของทานตะวัน โดยแยกวิเคราะห์ เป็น ดอก ใบ ต้น ราก สำหรับ ในสภาวะที่เติม อีดีทีเอ และ ไคโตซาน ของโลหะทั้ง 3 ชนิด ดังรูปที่ 3 มีดังนี้

5.1 สภาวะที่เติม อีดีทีเอ

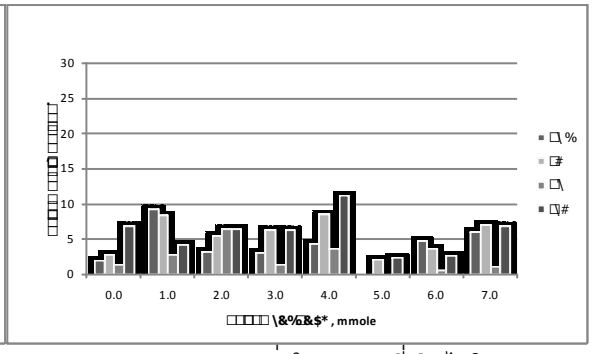
การสะสมของตะกั่วในทานตะวัน มีค่าสูงสุดในราก โดยมีค่าปริมาณตะกั่ว ใน ดอก ใบ ต้น ราก อยู่ในช่วง 1.23 - 9.81 มก./กก. 10.32 - 16.97 มก./กก. 0 - 7.32 มก./กก. และ 11.47-27.83 มก./กก. ตามลำดับ ทั้งนี้กลไกการดูดซับของพืชจะเริ่มจาก การส่งผ่านโลหะหนักจากราก ไปยังต้น ใบ และดอก ตามลำดับ โดยที่กลไกการเคลื่อนที่ของโลหะหนักในต้นไม้เกิดได้ 2 กรณี ได้แก่ 1.เนื่องจากโลหะหนักไปเกาะกับสารคีเลตในเซลล์ของต้นไม้และส่งผ่านไปยังส่วนบนของต้นไม้ 2.เนื่องจากการคายน้ำของพืชทำให้โลหะหนักเคลื่อนตัวไปพร้อมกับน้ำ เมื่อโลหะหนักเคลื่อนที่ไปได้จะเกิดการสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของพืชโดยการตกผลึกในเซลล์พืช (Phytoremediation of Toxic Metals (2000)) โดย อีดีทีเอ จะเป็นสารก่อคีเลตที่ทำให้โลหะหนักเคลื่อนตัวได้ดีขึ้นในต้นพืช และส่งผลให้สะสมในลำต้นและใบมากขึ้น (Liphadzi et al. 2006)

การสะสมของโครเมียมในทานตะวันมีการสะสมสูงสุดในราก โดยมีค่าปริมาณโครเมียม ใน ดอก ใบ ต้น ราก อยู่ในช่วง 0 – 1.30 มก./กก. 0.57 – 2.28 มก./กก. 0 – 1.31 มก./กก. และ 0.20 – 7.48 มก./กก. ตามลำดับ เมื่อทำการหาความแตกต่างของการสะสมโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของ พืช พบว่า ปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆของพืชไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามสารก่อคีเลต เช่น อีดีทีเอ ก็ยังส่งผลทำให้การแพร่กระจายของโครเมียมไปยังส่วนต่างๆของทานตะวันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสาเหตุดังได้กล่าวไว้ในส่วนของการสะสมตะกั่วในทานตะวัน โดย Han et al. (2004) ได้ให้เหตุผลของการที่พืชดูดซับโครเมียมได้น้อยเนื่องจาก โครเมียมเป็นสารที่อยู่ในภาพที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ และโดยทั่วไปมักจะพบ

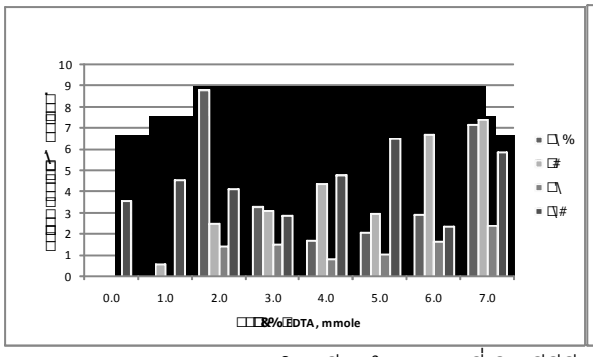
โครเมียมในระบบราก และลำต้นมากกว่าส่วนอื่นๆ เนื่องจาก โครเมียมไม่สามารถที่จะซึมเข้าสู่ส่วนต่างๆ ของพืชได้ และเป็นที่น่าสังเกตว่า ที่ความเข้มข้นของโครเมียมต่ำพืชจะมีโครเมียมส่งผ่านไปยังใบและลำต้นในอัตราส่วนที่สูงกว่าที่ความเข้มข้นของโครเมียมในดินสูง ซึ่งเป็นกลไกการป้องกันตัวเองของพิษจากพิษของโครเมียมตามธรรมชาติ



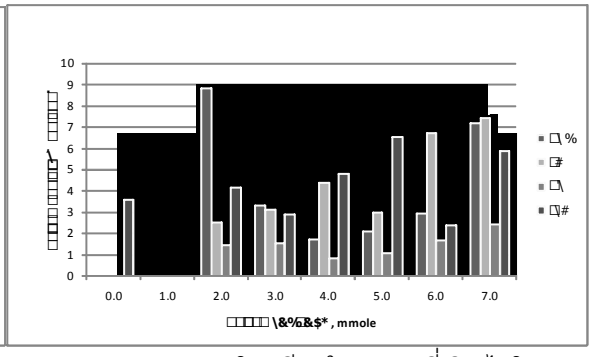
ก1. การสะสมตะกั่วในสภาวะที่เติม อีดีทีเอ



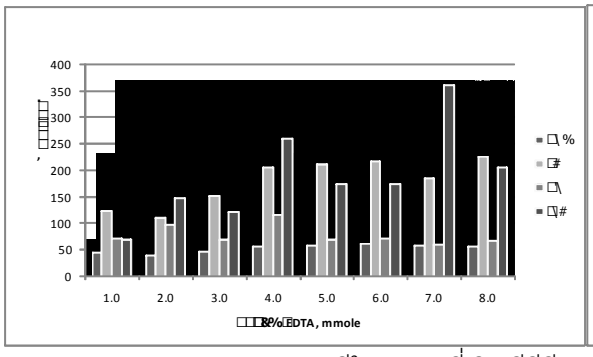
ข1. การสะสมตะกั่วในสภาวะที่เติมไคโตซาน



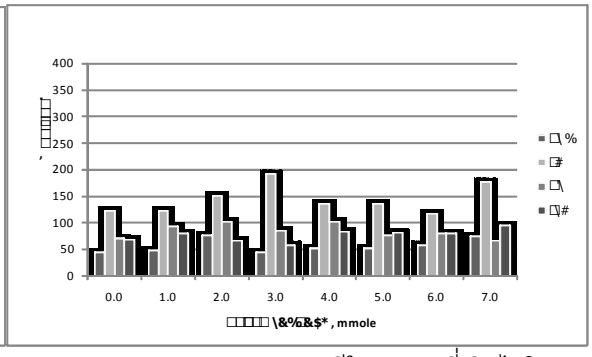
ก2. การสะสมโครเมียมในสภาวะที่เติม อีดีทีเอ



ข2. การสะสมโครเมียมในสภาวะที่เติม ไคโตซาน



ก3. การสะสมสังกะสีในสภาวะที่เติม อีดีทีเอ



ข3. การสะสมสังกะสีในสภาวะที่เติมไคโตซาน

รูปที่ 3 *การสะสมโลหะในส่วนต่างๆ ของทานตะวัน*

การสะสมของสังกะสีในทานตะวันมีการสะสมสูงสุดในราก โดยมีค่าปริมาณสังกะสี ใน ดอก ใบ ต้น ราก อยู่ในช่วง 39.09 – 62.95 มก./กก. 111.90 – 226.18 มก./กก. 59.98 – 116.44 มก./กก. และ 69.57 – 362.00 มก./กก. ตามลำดับ เมื่อหาความแตกต่างของการสะสมโลหะหนัก ในส่วนต่างๆ ของ พืช พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ใน ดอกกับใบ ดอกกับราก และใบกับต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ ดอกกับต้น และใบกับราก ไม่มีความแตกต่างกัน

4.2 สภาวะที่เติมไคโตซาน

การสะสมของตะกั่วในทานตะวันมีการสะสมสูงสุดในราก โดยมีค่าปริมาณตะกั่วในดอก ใบ ต้น และราก อยู่ในช่วง 0 – 9.31 มก./กก. 2.13 – 8.50 มก./กก. 0 – 6.53 มก./กก. และ 2.36 – 11.26 มก./กก. ตามลำดับ

เมื่อทำการหาความแตกต่างของการสะสมโลหะหนักในส่วนต่างๆของพืช พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในต้นกับราก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ ดอกกับใบ ดอกกับต้น ดอกกับราก ใบกับต้น และใบกับราก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การสะสมของโครเมียมในทานตะวันมีการสะสมสูงสุดในใบ โดยมีค่าปริมาณโครเมียมในดอก ใบ ต้น และราก อยู่ในช่วง 0 – 7.17 มก./กก. 0 – 7.39 มก./กก. 0 – 2.34 มก./กก. และ 2.34 – 6.52 มก./กก. ตามลำดับ เมื่อทำการหาความแตกต่างของการสะสมโลหะหนักในส่วนต่างๆของพืช พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆของพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเติม ดีทีเอ พบว่ามีการสะสมของโลหะในพืชเพิ่มขึ้น เนื่องจากอีดีทีเอจะไปละลายโลหะหนักที่จับตัวกันในรูปแบบที่ซับซ้อน ทำให้พืชสามารถดูดซับได้มากขึ้น ที่อีดีทีเอ ปริมาณต่างกัน การเพิ่มขึ้นของ อีดีทีเอ จะทำให้การดูดซับตะกั่วและโครเมียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยลง ในขณะที่การดูดซับของสังกะสีจะเพิ่มขึ้นมาก การวิจัยนี้พบว่าและไคโตซานไคโตซานไม่มีผลต่อการสะสมตะกั่ว โครเมียม และสังกะสี ในทานตะวัน

การสะสมตะกั่ว โครเมียม และสังกะสีในทานตะวันในสภาวะที่เติม อีดีทีเอ พบว่าตะกั่ว และสังกะสีส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ใน ราก > ใบ > ดอก > ต้น แต่โครเมียมจะสะสมอยู่ในรากและไม่ค่อยกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ส่วนการสะสมของตะกั่ว โครเมียม และสังกะสีในแก่นตะวัน ในสภาวะที่เติมไคโตซาน พบว่าตะกั่ว และสังกะสีส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ใน ราก > ใบ > ต้น > หัว แต่โครเมียมจะสะสมอยู่ในรากและไม่ค่อยกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประยุกต์ใช้ทานตะวันในการดูดซับโลหะหนักเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน ในกรณีที่ต้องการนำไปใช้กับหลุมฝังกลบขยะชุมชนเทศบาลนครขอนแก่นนั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักได้โดยการเติมอีดีทีเอในสัดส่วนที่ค่าอีดีทีเอน้อยกว่า 7 มิลิโมล ต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนักที่ต้องการบำบัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ศูนย์วิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

ฉลอง บัวผัน และมนตรี บุญเสนอ. 2542. โลหะหนักในน้ำบาดาลเนื่องจากการปนเปื้อนจากกองขยะเมืองขอนแก่น. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 2. ขอนแก่น สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สหัถยา ลาดปาละ. 2545. การปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาลบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อภิฤดี ชูโชติรส วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และสมนึก จารุดิลกกุล. 2543. การบำบัดสารหนูปนเปื้อนในน้ำที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยวิธีทาง Bioremediation. เอกสารการประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์ครั้งที่ 10, 26-28 ตุลาคม, ไบเทค, กรุงเทพฯ, หน้า 337-348.

Adesodun, J. K., Atayese, M. O., Agbaje, T. A., Osadiaye, B. A., Mafe, O. F. and Soretire, A. A. 29 June 2009. Phytoremediation Potentials of Sunflowers (Tithonia diversifolia and Helianthus annuus) for Metals in Soils Contaminated with Zinc and Lead Nitrates. Water, Air, & Soil Pollution. DOI:10.1007/s11270-009-0128-3

January, M. C., Cutright, T. J., Keulen, H. V., and Wei, R. 2008. Hydroponic phytoremediation of Cd, Cr, Ni, As, and Fe: Can Helianthus annuus hyperaccumulate multiple heavy metals? Chemosphere, 70(3), 531-537.

Turgut, C., Pepe, M. K. and Cutright, T. J. 2004. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr and Ni from soil using Helianthus annuus. Environmental Pollution. 131, 147-154.

Chen, H. and Cutright, T. 2001. EDTA and HEDTA effect on Cd, Cr and Ni uptake by Helianthus annuus. Chemosphere. 45, 21-28

Han, F. X., Sridhar, B. B. M., Monts, D. L. and Su, Y. 2004. Phytoavailability and toxicity of trivalent and hexavalent chromium to Brassica juncea. New Phytologist. 162, 489–499.

Raskin, I. and Ensley, B. D. 2000. Phytoremediation of Toxic Metals. , U.S.A. ; John Wiley & sons,Inc.

Liphadzi M.S., Kirkham M.B., Mankin K.R. and Paulsen G.M. 2003. EDTA-assisted heavy-metal uptake by poplar and sunflower grown at a long-term sewage-sludge farm. Plant and Soil, 257(1), 171-182.

Liphadzi M.S. and Kirkham M.B. 2006. Chelate-Assisted Heavy Metal Removal by Sunflower to Improve Soil with Sludge. Journal of Crop Improvement, 16(1-2), 153-172.

Tantemsapya, N., Wirojanagud, W. and Promlao, C. Contamination of Heavy Metals from Landfill Leachate. 11th International Conference on Diffuse Pollution, 26-31 August 2007, Belo Horizonte, Brazil, 26-31.

Schmuhl, R., Krieg, H.M. and Keizer, K. 2001. Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) ions by chitosan : Kinetics and Equilibrium studies. Water SA, 27(1), 0378-4738.

Salt, D. E., Smith, R. D. and Raskin, I. 1998. Phytoremediation. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 49, 643–668.

Huang, J. W., Chen, J., Berti, W. R. and Cunningham, D. S., 1997. Phyto-remediation of lead contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environmental Science and Technology, 31, 800–805.

Norvell, W. A., 1991. Reactions of metal chelates in soils and nutrient solutions, Soil Science Society of America Inc. 187–227.

Wang, X., Du, Y., Fan, L., Liu, H. and Hu, Y. 2005. Chitosan- metal complexes as antimicrobial agent: Synthesis, characterization and Structure-activity study. Polymer Bulletin, 55(1-2), 105-113. DOI:10.1007/s00289-005-0414-1