



การดูดซับโลหะหนักของทานตะวัน  
ที่ปลูกในดินปนเปื้อน สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง  
Uptake of Zinc, Lead, and Copper  
by Sunflower Grown in Contaminated Soil

ดวงกมล คำสอน<sup>1\*</sup> และ ชมพูนุท ไชยรักษ์<sup>1</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสะสมโลหะของทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก 77 ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนตะกั่ว 550 mg/kg สังกะสี 140 mg/kg และทองแดง 350 mg/kg นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ EDTA ที่มีต่อการสะสมโลหะหนักของพืช ดินที่ใช้ในการวิจัยมาจากจังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายโดยทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก 77 มีลักษณะเด่นคือ เมล็ดติดเต็มจานดอก เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสูง ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน นับจากวันเพาะกล้า ศึกษาปริมาณโลหะหนักในราก, ลำต้น, ใบ และเมล็ดของทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก 77 ทำการทดลองในกระถางโดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ completely randomized design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อไม่เติมเกลือ ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ EDTA) ทานตะวันจะสะสมตะกั่ว, ทองแดง และสังกะสี ได้ 29.91, 45.50 และ 100.70 mg/kg ของพืช ตามลำดับ เมื่อเติม  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ส่งผลให้พืชสะสมโลหะหนักทุกชนิดได้มากขึ้นโดย  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  จะส่งผลต่อการสะสมโลหะหนักมากที่สุด เมื่อพิจารณาเฉพาะในเมล็ด พบว่าปริมาณตะกั่ว ในทุกชุดการทดลองสูงเกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนแต่ปริมาณทองแดง และสังกะสีไม่เกินค่ามาตรฐาน

<sup>1</sup> ภาควิชาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\* Corresponding Author, E-mail: oil\_kmitl@hotmail.com., kcchompo@kmitl.ac.th

## ABSTRACT

This research is a study of the metal-uptake of Pacific sunflower sp.77, grown in soil contaminated with lead, 550 mg/kg, 140 mg/kg zinc and 350 mg/kg copper and the influence of salt ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, and EDTA) to the uptake. The soil (sandy loam) used in this study came from the province of Nakhon-Ratchasima. The dominant feature of Pacific sp.77 sunflower is the condensed seed in the flower head and a high percentage of oil in the seed. The harvest time is about 90 days after seeding. The heavy metals were determined in roots, stems, leaves and seeds of the sunflower. The sunflowers were seeded in pots and conducted using a Completely Randomized Design with three-time replication. The results showed that without the salt addition, lead, copper and zinc were absorbed by the sunflowers of 29.91, 45.50 and 100.70 mg /kg of the plant weight. Moreover, the addition of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> increased the uptake of all kind of metal, highest by the NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> addition. In addition, total amount of lead in all treated plants were beyond the food standard, but the amount of copper and zinc were in the standard.

**คำสำคัญ:** โลหะหนัก ทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก สารคีเลตติงค์ อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

**Keywords:** Heavy metal, Sunflower, Chelating agent, Atomic absorption spectrophotometer

## บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรที่สำคัญ และเป็นสมบัติของประเทศ ดินเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตเป็นแหล่งอาหารของพืช แต่ปัจจุบันดินเริ่มเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการใช้ประโยชน์เกินความสามารถของดินหรือดินนั้นได้รับการจัดการดินไม่ถูกต้อง หลายประเทศที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมมักจะประสบปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษ จำพวกโลหะหนักในดิน มลพิษเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ เช่น น้ำใต้ดิน สัตว์ พืช รวมถึงมนุษย์ เนื่องจากสารมลพิษเหล่านี้มีความสามารถในการย่อยสลายต่ำ จึงก่อให้เกิดการสะสมและตกค้างในสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน เนื่องจากมีกิจกรรมหลายประเภทที่เป็นแหล่งกำเนิด และนำโลหะหนักมาใช้กันมาก เช่น ในด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม ส่วนใหญ่โลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน เช่น สารหนู (As), โคบอลต์ (Co), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb), และสังกะสี (Zn) (กรมวิชาการเกษตรและสหกรณ์, 2548) โลหะหนักสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตโดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหารแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม เมื่อมนุษย์ได้รับจะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อทำให้เกิดอันตรายอาจพิการหรือเสียชีวิตได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีที่ถูกต้องในการจัดการโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินมีด้วยกันหลายวิธี เช่นการสกัด

ด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) การเผาไหม้ (incineration) การระเหย (volatilization) การดูดซับโดยใช้ความร้อน (thermal adsorption) และการใช้วิธีทางชีวภาพ (biological techniques) (Noyes, 1991) แต่วิธีดังกล่าวค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้มีการศึกษาการบำบัดโลหะหนักโดยใช้พืชซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การดูดซับและการสะสมของตะกั่วในพืช 26 สายพันธุ์ มีพืชสายพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถสะสมสารตะกั่วไว้ได้โดยไม่ได้รับอันตรายและพืชที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดโลหะหนัก ได้แก่ พืชจำพวกข้าวโอ๊ต, ข้าวบาเลย์, ทานตะวัน, หญ้า และอื่นๆ (Salt et al., 2007) ในการศึกษาเลือกใช้ทานตะวันในการบำบัดโลหะหนักในดินโดยวิธี phytoextraction เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพของเขตร้อนได้ดี สามารถออกดอกให้ผลได้ทุกสภาพช่วงแสง ทานตะวันยังเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญพืชหนึ่ง น้ำมันที่ได้จากการสกัดจากเมล็ดทานตะวันจะมีคุณภาพสูง ที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลนิก หรือกรดลิโนเลอิก ที่จะช่วยลดโคเลสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด นอกจากนี้น้ำมันจากทานตะวันยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศเพื่อบริโภคและใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย ในการศึกษาการบำบัดโลหะหนักด้วยพืชพบว่า การใช้สารคีเลตดึงคร่อมด้วยจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดเพิ่มขึ้น (Blaylock et al., 1997) ซึ่ง EDTA เป็นสารคีเลตดึงค์ที่มีประสิทธิภาพมากในการจับตะกั่ว (Chen and Cutright, 2001; Shen et al., 2002) และแอมโมเนียมก็สามารถช่วยในการกำจัดโลหะหนักออกจากดินได้ด้วย (Lasa et al., 2000; Xiong and Lu, 2002; Zaccheo et al., 2006.)

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดโลหะหนักโดยใช้ทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิกในการบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนักและยังศึกษาผลของ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ EDTA ที่มีต่อประสิทธิภาพในการสะสมโลหะหนัก

## วิธีดำเนินงาน

### 1. การดำเนินการทดลอง

1. ทำการเก็บตัวอย่างดินจากจังหวัดนครราชสีมา นำมาผึ่งแดดให้แห้งแล้วมาร้อนผ่านตะแกรง 12 เมช แล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ทำการสังเคราะห์ดินให้มีการปนเปื้อนโลหะหนักตะกั่ว 550 mg/kg, ทองแดง 350 mg/kg และสังกะสี 140 mg/kg ตามลำดับ ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการบ่มดินโดยทิ้งไว้เป็นเวลา 15 วัน เมื่อครบ 15 วัน ชั่งดินใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร กระจายละ 1 กิโลกรัม

2. ทำการเพาะกล้า นำเมล็ดทานตะวันสายพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิก 77 มาเพาะในกระบะเพาะ โดยใช้ดินการเกษตรเป็นวัสดุเพาะโดยโรยเมล็ดทานตะวัน ลงในกระบะเพาะเป็นแถวห่างกันประมาณ 1 นิ้วกลบดินเบา ๆ รดน้ำพอชุ่มวันละ 2 ครั้ง จนมีอายุครบ 10 วัน เลือกต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งความสูง จำนวนใบ และความแข็งแรง ไปใช้ในการทดลองต่อไป

3. ทำการปลูกทานตะวัน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design นำต้นกล้าทานตะวันที่เพาะกล้าไว้มาปลูกลงในกระถางที่เตรียมดินไว้แล้วจำนวนกระถางละ 1 ต้น จากนั้นนำชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดไปตั้งทิ้งไว้ในบริเวณที่ได้รับแสงแดดเท่ากัน รดด้วยน้ำประปาวันละ 2 ครั้ง พร้อมใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เดือนละครั้ง ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ให้น้ำเพียงอย่างเดียว ชุด

ที่ 2 หลังปลูกได้ 60 วัน (10 มกราคม - 11 มีนาคม 2554) เติม  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  จำนวน 10 mmol/kg และชุดที่ 3 หลังปลูกได้ 60 วัน เติม  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  จำนวน 10 mmol/kg ชุดที่ 4 หลังจากปลูกได้ 83 วัน (3 เมษายน 2554) เติม EDTA จำนวน 6 mmol/kg ทุกชุดการทดลอง เมื่อครบ 90 วัน (10 เมษายน 2554) ทำการเก็บเกี่ยว ล้างด้วยน้ำประปาตามด้วยน้ำกลั่น นำทานตะวันอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วชั่งน้ำหนักแห้งของต้นทานตะวัน แล้ววัดเป็นผงละเอียดสำหรับ วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว) ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอสซอเฟชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

## 2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

นำตัวอย่างดินที่แห้งแล้วมาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 12 เมช แล้วนำไปเก็บไว้ในภาชนะพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของดิน ดังตารางที่ 1

### ผลการศึกษา

#### 1. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินจังหวัดนครราชสีมาแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

พารามิเตอร์	วิธี/เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
ค่าพีเอช	เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
ความชื้น	วิธีการเวตริค
ปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์
ปริมาณเหล็กออกไซด์	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์
ปริมาณแมงกานีสออกไซด์	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์
ปริมาณไนโตรเจน	วิธีไตเตรท (titration method)
ปริมาณโพแทสเซียม	แอมโมเนียมอะซิเตท เป็นตัวสกัด
ปริมาณฟอสฟอรัส	เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์	วิธีออกซิเดชันแบบเปียก
ความเป็นกรดของดิน	วิธีอิมตัวด้วยแบเรียมคลอไรด์
เปอร์เซ็นต์ออร์แกนิกคาร์บอน (OM)	วิธีไตเตรท (titration method)
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (CEC)	วิธีทำให้อิมตัวด้วยแอมโมเนียม
การกระจายตัวของอนุภาค (ปริมาณทราย ซิลต์ และเคลย์)	เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์
ความเข้มข้นของโลหะหนัก	เครื่องอะตอมมิกแอสซอเฟชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

คุณสมบัติของดิน	ผลการวิเคราะห์
พีเอช (pH)	5.38 ± 0.07
ความเป็นกรด (meq/10 g)	0.031 ± 0.002
ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออน (CEC) (meq/100 g)	8.84 ± 0.06
% ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (OM)	0.52 ± 0.02
% ความชื้น	0.11 ± 0.09
	% ทราย
	58.0
การกระจายตัว	% ซิลต์
	24.0
	% เคลย์
	18.0
ลักษณะเนื้อดิน	ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)
% อลูมิเนียมออกไซด์ (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.68 ± 0.14
% แมงกานีสออกไซด์ (MnO <sub>2</sub> )	0.24 ± 0.02
% เหล็กออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.78 ± 0.04
% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน	0.06 ± 0.00
ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (mg/kg)	8.14 ± 2.38
ปริมาณโพแทสเซียมในดิน(mg/kg)	8.7 ± 1.00

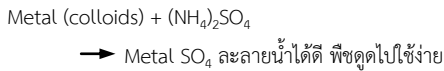
## 2. ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดโลหะหนักออกจากดินโดยใช้ทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก

รูปที่ 1 เป็นผลของการศึกษาอิทธิพลของ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> และ EDTA ที่มีต่อประสิทธิภาพในการดึงดูดโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ของทานตะวัน โดยรูปที่ 1 (a), 1 (b), และ 1 (c) แสดงปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ที่สะสมในพืช (ราก+ลำต้น+ใบ+เมล็ด) ตามลำดับ จากรูปพบว่าเมื่อปลูกในดินที่ไม่เติมเกลือ (ชุดควบคุม) และดินที่เติมเกลือ [EDTA, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> และ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] ผลการทดลองพบว่า ทานตะวันในชุดควบคุมสะสมตะกั่วได้ 29.91 mg/kg เมื่อเติม NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> และ EDTA ช่วยส่งผลให้การสะสมของตะกั่วในพืชเพิ่มขึ้นเป็น 49.90 mg/kg 41.80 mg/kg และ 33.32 mg/kg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณทองแดงที่สะสมในพืช

พบว่าปริมาณการสะสมตัวของทองแดงในชุดควบคุมมีค่า 45.50 mg/kg เมื่อเติม NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ลงไป พบว่าปริมาณการสะสมตัวของทองแดงในพืชเพิ่มขึ้นเป็น 71.70 mg/kg แต่ EDTA และ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ไม่มีส่วนช่วยเพิ่มการสะสมตัวของทองแดงในพืช แต่กลับมีผลในทางตรงข้าม สำหรับโลหะสังกะสี ทานตะวันในชุดควบคุมสะสมสังกะสีได้ 100.70 mg/kg และชุดที่เติม NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub> สะสมสังกะสีได้ 233.40 mg/kg ส่วนชุดที่เติม (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> มีการสะสมสังกะสีใกล้เคียงกับชุดควบคุม คือ สะสมได้ 104.40 mg/kg และชุดที่เติม EDTA มีการสะสมสังกะสีต่ำกว่าชุดควบคุม คือสะสมได้ 80.60 mg/kg สำหรับโลหะหนักทุกตัวเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุม กับที่เติม EDTA พบว่าค่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คำนวณโดยใช้โปรแกรม MINITAB

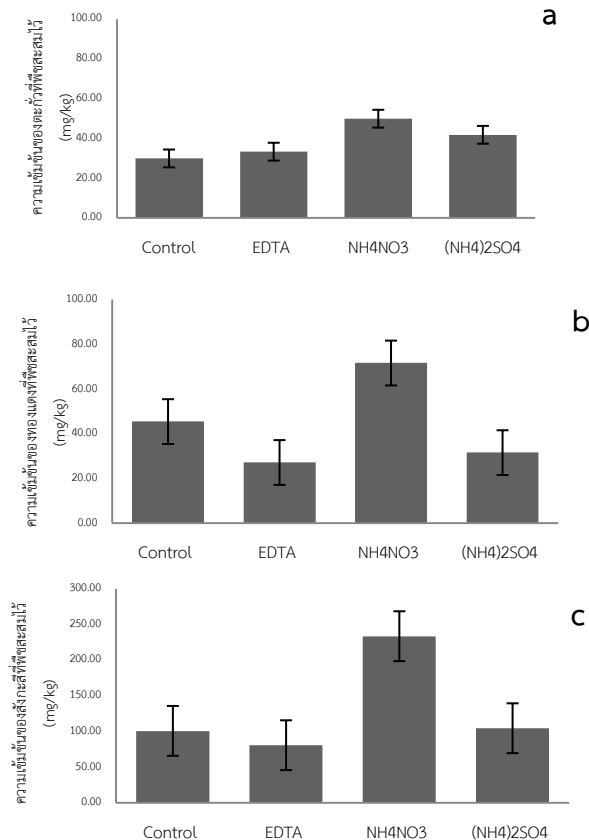
เมื่อพิจารณาพบว่า  $(NH_4)_2SO_4$  พบว่าเกลือของซัลเฟต ละลายน้ำได้ดี และพืชดูดธาตุอาหารได้เมื่อเป็นซัลเฟตไอออนที่อยู่ในสารละลายดินหรือสามารถออกสู่สารละลายดินได้ง่าย เมื่อใส่แอมโมเนียมซัลเฟตลงในดิน เกลื่อนี้จะทำปฏิกิริยากับคอลลอยด์ในดินโดยจะแทนที่ไอออนบวก จากอนุภาคคอลลอยด์ดั้งเดิม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548)



สำหรับ  $NH_4NO_3$  พบว่าเกลือของ  $NO_3$  ละลายน้ำง่าย ซึ่งจะอยู่ในรูปของไอออนที่พืชใช้ได้ พืช

สามารถดูดไอออนของธาตุอาหารได้ เมื่อใส่เกลือแอมโมเนียมไนเตรตลงในดิน เกลือจะทำปฏิกิริยากับคอลลอยด์ในดินโดยจะแทนที่ไอออนบวก จากอนุภาคคอลลอยด์ เป็น metal (colloids) และ metal จะกลายเป็น metal  $NO_3$  ทำให้ละลายน้ำได้ พืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้ง่ายขึ้น

ส่วน EDTA เป็นสารที่ช่วยให้โลหะหนักที่จับตัวเป็นโครงสร้างซับซ้อนในดินมีการกระจายตัว และเกิดการเคลื่อนที่ได้มากทำให้พืชสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดีโดย EDTA จะเป็นสารก่อคีเลตทำให้โลหะหนักเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นในต้นพืช แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดลองพบว่าผลของ EDTA มีน้อยมาก



รูปที่ 1 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว (a) ทองแดง (b) และสังกะสี (c) ในส่วนต่าง ๆ ของต้นทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิกเมื่อเติมเกลือ [EDTA,  $NH_4NO_3$  และ  $(NH_4)_2SO_4$ ] และไม่เติมเกลือ (ชุดควบคุม)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในเมล็ดทานตะวัน

ชุดทดลอง	ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)		
	ตะกั่ว	ทองแดง	สังกะสี
ชุดควบคุม	8.20	16.50	29.80
ชุดที่เติม EDTA	4.30	7.90	12.50
ชุดที่เติม $\text{NH}_4\text{NO}_3$	5.00	23.40	56.60
ชุดที่เติม $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.00	17.90	39.90

ตารางที่ 4 มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

โลหะหนัก	ความเข้มข้นโลหะหนัก (mg/kg)
ตะกั่ว (Pb)	1.0
สังกะสี (Zn)	100.0
ทองแดง (Cu)	20.0
สารหนู (As)	2.0

(ที่มา: จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน)

ความเข้มข้นของโลหะหนักในเมล็ดทานตะวัน ที่ปลูกใน 4 ชุดการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนของเมล็ด เกือบทั้ง 3 ชนิดไม่ส่งผลให้ปริมาณการสะสมตัวของตะกั่วในเมล็ดเพิ่มขึ้นเลย แต่  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ส่งผลให้ปริมาณการสะสมทองแดง และสังกะสีในเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วน EDTA ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการสะสมตัวของทองแดง และสังกะสี ในเมล็ดแต่อย่างใดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะทุกชนิดที่สะสมในเมล็ดที่วัดได้ กับค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) จะเห็นได้ว่าปริมาณตะกั่วเกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งไม่แนะนำให้รับประทานไปบริโภค

และทองแดง 350 mg/kg ตามลำดับ แล้วนำมาปลูกทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิกโดย เติม  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  และ EDTA ลงไปในระหว่างการปลูก พบว่า  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการสะสมตัวของโลหะในพืชมากที่สุด รองลงมาคือ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ส่วน EDTA ไม่ส่งผลให้การสะสมตัวของโลหะในพืชเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนในเมล็ด จะพบว่าเกือบทั้ง 3 ชนิด ไม่ส่งผลให้เพิ่มการสะสมตัวของตะกั่วในเมล็ดแต่อย่างไร แต่  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  และ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ส่งผลให้มีการสะสมตัวของทองแดง และสังกะสีเพิ่มขึ้นในเมล็ด ปริมาณโลหะหนักที่พบในเมล็ดที่ปลูกในดินปนเปื้อนจะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งไม่ควรนำไปบริโภค

## สรุปและวิจารณ์

ดินที่นำมาวิจัยเป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อนำมาเติมโลหะหนักให้มีความเข้มข้นของตะกั่ว 550 mg/kg, สังกะสี 140 mg/kg

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน ชุดดินชุมพวง ชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย

[ออนไลน์]: <http://www.ddd.go.th>

- กรมวิชาการเกษตร และสหกรณ์, (2548). เอกสารวิชาการระดับ  
เกณฑ์พื้นฐานของการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน  
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพี. (2548). คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่98 (2529). เรื่องมาตรฐาน  
อาหารที่มีสารปนเปื้อน
- Blaylock, M.J., Salt, D.E., Dushenkov, S., Zakharova, O.,  
Gussman, C. and Kapulnik (1997). Enhanced  
accumulation of Pb in Indian mustard by  
soil-applied chelation agents. *Environmental  
Science and Technology* 31(3): 860-865.
- Chen and Cutright. (2001). EDTA and HEDTA effects on  
Cd, Cr, and Ni uptake by *Helianthus annuus*.  
*Chemosphere* 45(1): 21-28.
- Lasa, B., Frechilla, S., Lamsfus, C. and Aparicio-Tejo,  
P.M. (2000). Effects of low and high levels of  
magnesium on the response of sunflower  
plants grown with ammonium and nitrate.  
*Plant and soil* 225(1-2): 167-174.
- Noyes. (1991). *Handbook of pollution control process*,  
USA.
- Salt, D.E., Smith, R.D. and Raskin, I. (2007).  
Phytoremediation. *Annual Review of Plant  
Physiology and Plant Molecular Biology* 49:  
643-668.
- Shen, Z.G., Li, X.D., Wang, C.C., Chen, H.M. and Chua,  
H. (2002). Lead phytoextraction from  
contaminated soil with high-biomass plant  
species. *Journal of Environmental Quality*  
31(6): 1893-1900.
- Xiong and Lu. (2002); Joint enhancement of lead  
accumulation in Brassica plant by EDTA and  
ammonium sulfate in sand culture. *Journal  
of Environmental Sciences* 14(2): 216-220.
- Zaccheo, P., Crippa, L. and Pasta, V. Di M. (2006).  
Ammonium nutrition as a strategy for  
cadmium mobilization in the rhizosphere of  
sunflower. *Plant and soil* 283(1-2): 43-56.

