

การเปรียบเทียบการใช้ทานตะวันและข้าวฟ่างในการดูดซับตะกั่ว ที่ปนเปื้อนในดินบ้านคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี

Comparison of sunflower and sorghum in absorbing lead
contaminated soil at Klity village, Kanchanaburi province.

สายชล สุขญาณกิจ¹ และธนวรรณ พาณิชพัฒน์¹

Saychol Sukyankij¹ and Thanawan Panich-pat¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในโรงเรือนเพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่สะสมในส่วนต่างๆ ของทานตะวันและข้าวฟ่าง โดยเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินบ้านคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายตะกั่วเข้าสู่พืช จากการทดลองพบว่าทานตะวันมีการดูดซับตะกั่วได้สูงกว่าข้าวฟ่าง โดยทานตะวันและข้าวฟ่างมีปริมาณการสะสมตะกั่วสูงที่สุดที่อายุ 105 วัน ซึ่งทานตะวันสะสมตะกั่วได้สูงสุด 142.52 ± 18.55 มก./กก. และข้าวฟ่างมีปริมาณการสะสมตะกั่วได้สูงสุด 80.73 ± 12.52 มก./กก. โดยทั้งทานตะวันและข้าวฟ่างมีการสะสมตะกั่วในรากได้สูงสุด รองลงมาคือ ลำต้นและใบเปลือก และเมล็ด ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ในส่วนของเมล็ดทั้งทานตะวันและข้าวฟ่างมีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วเกินค่ามาตรฐานเพื่อการบริโภคเป็นอาหารมนุษย์ แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของตะกั่วที่สูง 1419.15 ± 33.9 มก./กก. ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของทั้งทานตะวันและข้าวฟ่าง โดยพบว่าทั้งทานตะวันและข้าวฟ่างที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนตะกั่ว และปลูกในดินที่ไม่ปนเปื้อนตะกั่วมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่วเข้าสู่พืช พบว่าทานตะวันและข้าวฟ่างที่อายุ 105 วัน มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่วมาสะสมในส่วนต่างๆ ของพืชสูงที่สุด และทานตะวันมีศักยภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่วได้สูงกว่าข้าวฟ่าง

ABSTRACT

This research was conducted in the greenhouse to determine the concentration of lead accumulation in different parts of sunflower and sorghum by comparing the absorption of lead from contaminated soil at Klity village, Kanchanaburi province and efficiency of lead translocation into plants. The results indicated that sunflower absorbed lead higher than sorghum. The both plants accumulated the highest lead concentration of 142.52 ± 18.55 mg kg⁻¹ and 80.73 ± 12.52 mg kg⁻¹ in 105 days after planting, respectively. Both sunflower and sorghum had the highest lead accumulation in

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สาขาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Environmental Science and Technology program. Department of Science. Faculty of Liberal Arts and Science. Kasetsart University. Kamphaengsean campus. Nakornpathom 73140

roots, stems and leaves, pericarp and seed, respectively. From this study both sunflower and sorghum had the concentration of lead in seeds exceeded the standard for human consumption as food but did not exceed the standard as animal feed. However, the high lead concentration of $1419.15 \pm 33.9 \text{ mg kg}^{-1}$ did not affect growth of both plants. Moreover, sunflower and sorghum planted in lead contaminated soil and lead uncontaminated soil demonstrated the similar growth rate ($P < 0.05$). Comparison of lead phytoextraction coefficient found that both plants had the highest lead translocation efficiency with the maximum lead accumulation in various parts of plants at 105 days after planting and sunflower had higher lead phytoextraction coefficient than sorghum.

Keywords : Sunflower, Sorghum, Lead, Absorbing, Klity village

e-mail address : vj_chol@hotmail.com

คำนำ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินเป็นปัญหาหลักอย่างหนึ่งทางสิ่งแวดล้อม โดยมักมีผลมาจากกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรม เช่น การทำเหมืองแร่และการหล่อโลหะ การปล่อยก๊าซเสียของยานพาหนะ การผลิตพลังงานและเชื้อเพลิง รวมถึงการใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช (Kabata-pendias and pendias, 1992) โดยเฉพาะตะกั่วสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายเข้าไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ โดยเฉพาะบริเวณราก ซึ่งมักมีการสะสมสูงที่สุด (Panich-pat and Srinives, 2009) และหากได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะมีผลต่อเซลล์ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยจะทำให้เกิดการผิดปกติโดยเฉพาะในเนื้อเยื่ออ่อนที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อาการแบบเฉียบพลันของการได้รับตะกั่ว คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง ชัก หมดสติ อาจมีอาการเยื่อหุ้มสมองอักเสบเฉียบพลัน รวมทั้งมีอาการทางระบบประสาท (อลิสสา, 2553)

ทานตะวันและข้าวฟ่างเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง สามารถนำมาบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์ หรือเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยค่ามาตรฐานของตะกั่วที่ยอมรับได้ในธัญพืชสำหรับการบริโภคเป็นอาหารของมนุษย์คือ 0.1 มก./กก.(น้ำหนักสด) (สถาบันอาหาร, 2547) ส่วนในอาหารสัตว์คือ 10 มก./กก. (น้ำหนักแห้ง) (Chaney, 1989) นอกจากนี้ยังสามารถนำลำต้นมาใช้ในการผลิตไบโอเอทานอลได้ ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกอย่างหนึ่งในปัจจุบัน Mudgal *et al.* (2010) รายงานว่า ทานตะวันมีการสะสมตะกั่วในใบและลำต้น จึงมีความสามารถในการปรับปรุงดินในเขตเหมืองร้างและเขตอุตสาหกรรมที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วสูง เช่นเดียวกับข้าวฟ่างที่มีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักได้เป็นอย่างดี (Zhuang *et al.*, 2009) โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณของการสะสมตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของทานตะวันและข้าวฟ่าง และเปรียบเทียบความสามารถของทานตะวันและข้าวฟ่างในการดูดซับตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างดินและพืช

การทดลองนี้ทำในโรงเรือนทดลองของสถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้ทานตะวันพันธุ์โอเปร่า (ได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์จากภาควิชาพืชไร่นา คณะ

เกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) และข้าวฟ่างพันธุ์ เคเคยู 42 (ได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา) เก็บตัวอย่างดินที่มีการปนเปื้อนตะกั่วจากบ้าน คลิตี้ ตำบลชะแล อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และตัวอย่างดินไม่ปนเปื้อนตะกั่วจากสถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งดินแต่ละแห่งถูกนำมาคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันและ ตากให้แห้งในโรงเรือนเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นนำไปใส่กระถางพลาสติกกระถางละ 10 กิโลกรัม นำเมล็ด ทานตะวันและข้าวฟ่างลงปลูก กระถางละ 3 เมล็ด หลังจากงอก 2 สัปดาห์ ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อ กระถาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 13 ตำรับทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้ ตำรับทดลองที่ 1, 2 และ 3 ปลูกทานตะวันในดินที่ไม่มีการปนเปื้อน ตะกั่ว และเก็บเกี่ยวที่อายุ 35, 70 และ 105 วัน ตำรับทดลองที่ 4, 5 และ 6 ปลูกข้าวฟ่างในดินที่ไม่มีการปนเปื้อน ตะกั่วและเก็บเกี่ยวที่อายุ 35, 70 และ 105 วัน ตำรับทดลองที่ 7, 8 และ 9 ปลูกทานตะวันในดินที่มีการปนเปื้อน ตะกั่วและเก็บเกี่ยวที่อายุ 35, 70 และ 105 วัน และตำรับทดลองที่ 10, 11 และ 12 ปลูกข้าวฟ่างในดินที่มีการ ปนเปื้อนตะกั่วและเก็บเกี่ยวที่อายุ 35, 70 และ 105 และตำรับควบคุมซึ่งเป็นดินที่มีการปนเปื้อนตะกั่วแต่ไม่มีการ ปลูกพืชอีกหนึ่งตำรับทดลอง โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกทั้งชนิดปนเปื้อนตะกั่วและชนิดที่ไม่ปนเปื้อนตะกั่วใน แต่ละช่วงอายุพืชมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้ เนื้อดิน (Klute, 1986) ปฏิริยาดิน (Thomas, 1996) อินทรีย์วัตถุ ในดิน (Walkley and Black, 1946) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Chapman, 1965) ค่าการนำไฟฟ้า (Rhoades, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Chapman, 1965) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Chapman, 1965) และปริมาณตะกั่วทั้งหมดในดิน (Anonymous, 1970)

2. การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช

หลังจากเก็บเกี่ยวพืชที่ช่วงอายุต่าง ๆ นำมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปา ตัดส่วนต่าง ๆ ให้มีขนาด เล็กกลงแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน เมื่ออบเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการ ชั่งน้ำหนักหลังอบ (Panich-pat and Srinives, 2009)

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil used in the experiment.

Soil properties	Contaminated soil	Uncontaminated soil
Texture	Clay Loam	Clay loam
pH (1:1 soil : water)	7.18	7.54
EC (dS m ⁻¹)	0.69	0.62
OM (%)	6.62	1.05
available P (mg kg ⁻¹)	42.84	131.38
exchangeable K (mg kg ⁻¹)	417.0	123.97
CEC (cmol kg ⁻¹)	24.46	5.21
Total Soil Pb (mg kg ⁻¹)	1419.15	35.08

3. การวิเคราะห์การสะสมตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของพืช

นำตัวอย่างพืชหลังอบมาแบ่งออกเป็นส่วนตัวต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้นและใบ ดอก เปลือก และเมล็ด จากนั้นบดจนละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. ซึ่งตัวอย่างพืช 0.2 มก. ใส่ในหลอดทดลองขนาด 75 มล. เติม 87% HNO₃ และ 13% HClO₄ อัตราส่วน 5:2 จำนวน 10 มล. นำหลอดทดลองใส่ใน hot-block digestion ย่อยสลายตัวอย่างจนได้สารละลายใส กรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง whatman no. 42 ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 50 มล. แล้วปรับปริมาตร (Amacher, 1996) นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วด้วยเครื่อง FAAS (Anonymous, 1970) การวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วในพืช จะกำหนดให้ทานตะวันและข้าวฟ่างที่มีอายุ 35 วัน แบ่งตัวอย่างพืชวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ ส่วนราก และส่วนลำต้นและใบ ทานตะวันและข้าวฟ่างอายุ 70 วัน แบ่งวิเคราะห์ตัวอย่างพืชเป็น 3 ส่วน คือ ราก ลำต้นและใบ และดอก ทานตะวันและข้าวฟ่างอายุ 105 วัน แบ่งวิเคราะห์ตัวอย่างพืชเป็น 4 ส่วน คือ ราก ลำต้นและใบ เปลือก และเมล็ด

4. ประสิทธิภาพของกระบวนการเคลื่อนย้ายตะกั่วสู่พืช

พืชที่จัดว่ามีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายโลหะเข้ามาสะสมในส่วนตัวต่าง ๆ ของต้นพืชได้ดี (Hyperaccumulator) จะต้องสามารถเคลื่อนย้ายโลหะเข้ามาสะสมได้ไม่น้อยกว่า 1,000 มก./กก. (อลิสสา, 2553) โดยประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายโลหะจะคำนวณจากสูตร (Panich-pat and Srinives, 2009)

$$\text{Phytoextraction coefficient} = \frac{\text{Total concentration of lead in plant (mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{Total concentration of lead in soil (mg kg}^{-1}\text{)}}$$

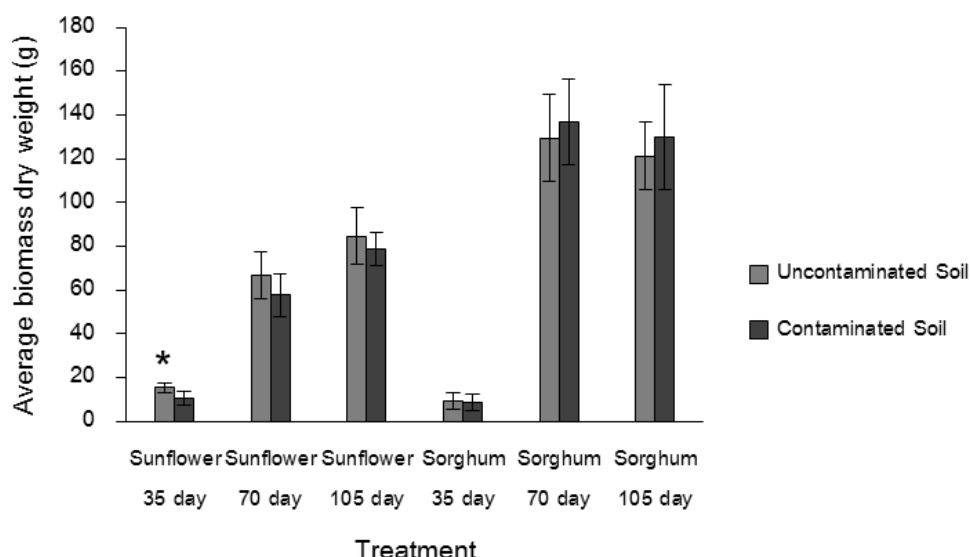
5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวรับทดลองด้วยวิธี *t*-Student test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) และ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การสะสมน้ำหนักแห้งของทานตะวันและข้าวฟ่าง

จากการศึกษาการสะสมน้ำหนักแห้งของทานตะวันและข้าวฟ่าง ซึ่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 35, 70 และ 105 วัน พบว่าทานตะวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดที่อายุ 105 วัน (84.6 ± 12.9 ก.) ส่วนข้าวฟ่างมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดที่อายุ 70 วัน (136.8 ± 19.4 ก.) (Figure. 1) ซึ่งทั้งข้าวฟ่างและทานตะวันที่อยู่ในช่วงอายุ 70-105 วัน มีการสะสมน้ำหนักแห้งที่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่ทานตะวันอายุ 35 วัน ที่ปลูกในดินไม่มีการปนเปื้อนตะกั่ว (15.4 ± 2.4 ก.) มีการสะสมน้ำหนักแห้งแตกต่างจากทานตะวันที่ปลูกในดินปนเปื้อนตะกั่ว (10.7 ± 3.1 ก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนข้าวฟ่างที่อายุ 35 วัน มีการสะสมน้ำหนักแห้งที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ Murillo *et al.* 1999 ศึกษาการสะสมโลหะหนักในทานตะวันและข้าวฟ่างที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เนื่องจากการรั่วไหลของน้ำเสียจากการทำเหมืองแร่ พบว่า ข้าวฟ่างและทานตะวันที่ปลูกในบริเวณที่มีการ



* Significant differences from contaminated soil ($P < 0.05$ of *t*-Student test) are marked with asterisks.

Figure 1. Total dry weight of sunflower and sorghum growth in lead contaminated and uncontaminated soil at different time

ปนเปื้อนโลหะสามารถเจริญเติบโตได้ดีไม่ต่างจากข้าวฟ่างและทานตะวันที่ปลูกในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนโลหะซึ่งความเข้มข้นของตะกั่วที่ใช้ในการศึกษา ($1,419.15 \pm 33.9$ มก./กก.) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางกายภาพของทานตะวันและข้าวฟ่าง สอดคล้องกับ Panich-pat and Srinives (2009) ซึ่งศึกษาการสะสมของตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของข้าว พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วตั้งแต่ 0-3,000 มก./กก. ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางกายภาพของข้าว

2. การสะสมของตะกั่วในดินและในส่วนต่าง ๆ ของทานตะวันและข้าวฟ่าง

ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของทานตะวันและข้าวฟ่าง รวมทั้งความเข้มข้นของตะกั่วในดินหลังปลูกทานตะวันและข้าวฟ่าง พบว่าทานตะวันที่อายุ 105 วัน มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงที่สุด (142.52 ± 18.55 มก./กก.) และข้าวฟ่างที่อายุ 105 วัน มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงที่สุด (80.73 ± 12.52 มก./กก.) (Table 2) โดยปริมาณการสะสมตะกั่วในราก และปริมาณการสะสมตะกั่วในลำต้นและใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยทานตะวันที่ระยะ 105 วันมีการสะสมตะกั่วในรากสูงสุด (122.27 ± 18.74 มก./กก.) และข้าวฟ่างที่ระยะ 105 วันมีการสะสมตะกั่วในรากสูงสุด (72.53 ± 9.13 มก./กก.) ส่วนทานตะวันและข้าวฟ่างที่ระยะ 35 วัน มีการสะสมตะกั่วในรากต่ำสุดคือ 48.26 ± 12.47 มก./กก. และ 36.18 ± 9.62 มก./กก. ตามลำดับ การสะสมตะกั่วในลำต้นและใบ ทานตะวันที่ระยะ 105 วันมีการสะสมตะกั่วในลำต้นและใบสูงที่สุด (12.68 ± 1.28 มก./กก.) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Adesodun *et al.* (2010) ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพของทานตะวันเพื่อใช้ในกระบวนการ phytoremediation ในดินที่มีการปนเปื้อนสังกะสีและตะกั่ว พบว่าทานตะวันที่อายุ 4 สัปดาห์มีความเข้มข้นสูงกว่าที่อายุ 8 สัปดาห์ และในรากมีความเข้มข้นของตะกั่วสูงที่สุดรองลงมาคือในลำต้น และในใบ สอดคล้องกับ Panich-pat *et al.* (2004) ; Panich-pat and Srinives (2009) ได้

Table 2. Lead concentration (mg kg^{-1}) in various parts of sunflower and sorghum growth in contaminated soils.

Treatment	Time(day)	Pb concentration in mg kg^{-1} DW [†]						
		Roots	Stems and Leaves	Flowers	Pericarps	Seeds	Whole plants	Soils
Control	-	-	-	-	-	-	-	1419.1±33.9 ^k
	35	48.26±12.47 ^{cd}	10.72±0.38 ^{ef}	-	-	-	58.99±12.36 ^{ij}	1331.5±14.3 ^{lm}
Sunflower	70	79.64±19.28 ^b	8.39±2.03 ^{fg}	1.50±1.55	-	-	89.51±21.46 ⁱ	1350.2±38.0 ^{klm}
	105	122.27±18.74 ^a	12.68±1.28 ^e	-	2.03±0.67	0.87±0.67	142.52±18.55 ^h	1399.1±59.1 ^{kl}
Sorghum	35	36.18±9.62 ^d	5.08±1.58 ^g	-	-	-	41.26±9.81 ^j	1353.3±61.8 ^{klm}
	70	48.57±6.91 ^{cd}	5.65±3.74 ^g	1.04±0.10	-	-	55.28±9.71 ^{ij}	1307.6±24.3 ^m
	105	72.53±9.13 ^b	5.34±2.22 ^g	-	2.06±1.79	0.78±0.78	80.73±12.52 ^{hi}	1401.5±26.4 ^{kl}
F-test		**	**	-	-	-	**	*

^{a,b,c,d} Are the homogeneous subsets of roots; ^{e,f,g} are the homogeneous subsets of stems and leaves, ^{h,i,j} are the homogeneous subsets of whole plants, ^{k,l,m} are the homogeneous subsets of soils were significantly different at $P < 0.05$ of DMRT.

[†] Values are means form 5 replication with the standard deviation.

** Highest Significant differences $P < 0.01$ of DMRT.

* High Significance differences $P < 0.05$ of DMRT.

ศึกษาการบำบัดตะกั่วจากดินที่มีการปนเปื้อนโดยใช้ธูปฤๅษี และพบว่าธูปฤๅษีมีความสามารถในการสะสมตะกั่วในรากได้ในปริมาณความเข้มข้นสูง และการสะสมตะกั่วในรากจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในดิน จากการทดลองการเปรียบเทียบการใช้ทานตะวันและข้าวฟ่างในการดูดซับตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินบ้านคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี ในส่วนของการสะสมตะกั่วในเมล็ดของทานตะวันและข้าวฟ่างพบว่า พืชทั้งสองชนิดมีการสะสมปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วเกินค่ามาตรฐานที่จะนำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์ ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 มก./กก. (น้ำหนักสด) (สถาบันอาหาร, 2547) แต่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์คือไม่เกิน 10 มก./กก. (น้ำหนักแห้ง) (Chaney, 1989) ส่วนการสะสมตะกั่วในลำต้นและใบของข้าวฟ่างนั้น พบว่า ข้าวฟ่างทั้งสามช่วงอายุมีปริมาณการสะสมตะกั่วในลำต้นและใบใกล้เคียงกัน Murillo *et al.* (1999) ทำการศึกษาการสะสมโลหะหนักในทานตะวันและข้าวฟ่างที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เนื่องจากการรั่วไหลของน้ำเสียจากการทำเหมืองแร่พบว่าในทานตะวันจะมีการสะสมตะกั่วสูงที่ใบ รองลงมาคือ ราก ก้านใบ ลำต้น และเมล็ด ตามลำดับ ส่วนในข้าวฟ่างจะมีการสะสมตะกั่วสูงที่สุดในราก รองลงมาคือ ใบ และลำต้น Zhuang *et al.* (2009) พบว่า หากมีการใช้ EDTA ร่วมด้วยสามารถช่วยเพิ่มปริมาณการสะสมตะกั่วในข้าวฟ่างได้เป็นสองเท่า ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในดินหลังปลูกพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดินในตำรับควบคุมมีปริมาณตะกั่วตกค้างสูงที่สุด (1419.1 ± 33.9 มก./กก.) รองลงมาคือดินปลูกข้าวฟ่างที่อายุ 105 วัน ดินปลูกทานตะวันที่อายุ 105 วัน ดินปลูกข้าวฟ่างที่อายุ 35 วัน ดินปลูกทานตะวันที่อายุ 70 วัน ดินปลูกทานตะวันที่อายุ 35 วัน และดินปลูกข้าวฟ่างที่อายุ 70 วัน มีความเข้มข้นของตะกั่วตกค้างในดินหลังปลูกต่ำที่สุด

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการเคลื่อนย้ายตะกั่วสู่พืช (Phytoextraction coefficient) ของทานตะวันและข้าวฟ่าง

ประสิทธิภาพของกระบวนการเคลื่อนย้ายตะกั่วสู่พืช (Phytoextraction coefficient) สำหรับพืชที่จัดว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะที่ปนเปื้อนในดินจะต้องมีการเคลื่อนย้ายโลหะเพื่อมาสะสมในส่วนเหนือดิน (Shoot) ไม่ต่ำกว่า 1,000 มก./กก. ส่วนค่า Phytoextraction coefficient จะบ่งบอกว่าพืชที่สนใจในการนำมาใช้

Table 3 Phytoextraction coefficient of sunflower and sorghum at different time in contaminated soil

treatment	Phytoextraction coefficient
sunflower 35 day	0.04±0.01 ^{cd}
sunflower 70 day	0.06±0.01 ^b
sunflower 105 day	0.10±0.01 ^a
sorghum 35 day	0.03±0.01 ^d
sorghum 70 day	0.04±0.02 ^{bcd}
sorghum 105 day	0.06±0.02 ^{bc}
F-test	**

^{a,b,c,d} Are the homogeneous subsets of phytoextraction coefficient were significantly different at $P < 0.05$ of DMRT

** Highest Significant differences $P < 0.01$ of DMRT

สำหรับเป็นพืชบำบัดนั้น มีความสามารถในการบำบัดโลหะที่ปนเปื้อนที่บริเวณต่าง ๆ ได้มากแค่ไหน โดยพืชชนิดนั้น ๆ ควรมีค่า Phytoextraction coefficient มากกว่า 1 จึงจัดว่าเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ในการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนได้ (อลิสลา, 2553) จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการเคลื่อนย้ายตะกั่วสู่พืชของทานตะวันและข้าวฟ่างในแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ทานตะวันที่อายุ 105 วัน มีค่า Phytoextraction coefficient สูงที่สุด (0.10 ± 0.01) และข้าวฟ่างที่อายุ 35 วัน มีค่า Phytoextraction coefficient ต่ำสุด (0.03 ± 0.01) (Table 3) จากค่า Phytoextraction coefficient ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่า 1 จึงกล่าวได้ว่าพืชทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินมาสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชต่ำกว่า 1 จึงไม่เหมาะสมที่จะเลือกใช้ในการบำบัดพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนตะกั่วในปริมาณความเข้มข้นสูง

สรุป

ทานตะวันสามารถดูดซับตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินได้ดีกว่าข้าวฟ่าง โดยทานตะวันและข้าวฟ่างจะมีการสะสมตะกั่วสูงสุดในส่วน ราก ลำต้น และใบ เปลือก ดอก และเมล็ด ตามลำดับ ปริมาณการสะสมตะกั่วจะเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงอายุของพืช โดยในระยะเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นจะมีปริมาณการสะสมตะกั่วต่ำกว่าในช่วงระยะเจริญพันธุ์ถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่วมาสะสมในส่วนต่าง ๆ ได้สูงที่สุด ทานตะวันมีความสามารถในการสะสมตะกั่วในเมล็ดได้สูงกว่าข้าวฟ่าง และตะกั่วที่นั้นไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของทั้งทานตะวันและข้าวฟ่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี (ศสวท.) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และ ดร. ลักษณ์ กันทะมา ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันอาหาร. 2547. **เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีทดสอบทางเคมี.** รุ่นที่ 1/2547. สถาบันอาหาร, กรุงเทพฯ.
- อลิสลา วังโน. 2553. **การบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Adesodum, J.K., M.O. Atayese, T.A. Agbaje, B.A. Osadiaye, O.F. Mafe and A.A. Soretire. 2010. Phytoremediation potential of sunflower (*Tithonia diversifolia* and *Helianthus annuus*) for metal in soil contaminated with zing and lead nitrates. *Water. Air. Soil. Poll.* 207: 195-201
- Amacher, C.M. 1996. Nickel, Cadmium and Lead, pp. 739-768. In D.L. Sparks, ed. *Methods of Soil Analysis: Chemical Methods, Part 3-SSSA Book Series no.5.* Soil Sci. Am. Amer. Soc. of Agron. Madison, WI, USA.
- Anonymous. 1970. **Lab procedures.** Soil testing and plant analysis laboratory. Co-operative Extension Service. Athens, GA.

- Chapman, H.D. 1965. **Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, WI, USA.
- Chaney RL. 1989. Toxic element accumulation in soils and crops: protecting soil fertility and agricultural food-chains. *In:* Bar-Yosef B, Barrow NJ, Goldshmid J, editors. **Inorganic contaminants in the vadose zone.** Berlin: Springer-Verlag
- Kabata-Pendias, A and H. Pandias. 1992. **Trace element in soil and plant 2nd ed.** CRC Press, Boca Raton, FL USA.
- Klute, A. 1986. **Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods.** Madison, Wisconsin, USA
- Mudgal, V., N. Madaan and A. Mudgal. 2010. Heavy metals in plants: phytoremediation: plants used to remediate heavy metal polluton. **Agric. Biol. J. N. Am.** 1: 40-46.
- Murillo, J.M., T. Maranon, F. Cabrera and R. Lopez. 1999. Accumulation of heavy metals in sunflower and sorghum plants affected by the Guadiamar spill. **Sci Total Environ.** 242 : 281-292
- Panich-Pat, T., P. Pokethitiyook, M. Kruatrachue, E.S. Upatham, P. Srinives and G.R. Lanza. 2004. Removal of lead form contaminated soil by *Typha angustifolia*. **Water. Air. Soil. Poll.** 155: 159-171.
- Panich-Pat, T. and Srinives. P. 2009. Partitioning of lead accumulation in rice plant. **Thai. J. Agric. Sci.** 42(1) : 35-40.
- Rhoades, J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solides, pp. 417-435. *In* D.L. Sparks et al., eds., **Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods.** Soil Sci. Am.J., Madison, WI, USA.
- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks et al., eds., **Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods.** Soil Sci. Am.J., Madison, WI, USA.
- Walkley, A. And C.A. Black. 1946. Organic carbon, and organic matter. *In* D.L. Sparks et al., eds., **Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods.** Soil Sci. Am.J., Madison, WI, USA.
- Zhuang, P., W. Shu, Z. Li, B. Liao, J. Li and J. Shao. 2009. Removal of metals by sorghum plants from contaminated land. **J. Environ. Sci.** 21: 1432-1437