รายงานการวิจัย

เรื่อง

ศึกษาการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มการผลิตมวลชีวภาพ และลดการดูดซับตะกั่วของพืชเศรษฐกิจ (ข้าวโพดและทานตะวัน) ที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่ว

Study of using soil amendments for enhancing biomass production and reducing lead uptake of economic crops [maize (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.)] grown on lead contaminated soil

ผศ.ดร.ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล

ดร.เจษฎา แพนาค

ผศ.ดร.สุชาดา โทผล

และคณะ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย
เรื่อง

ศึกษาการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มการผลิตมวลชีวภาพ และลดการดูดซับตะกั่วของพืชเศรษฐกิจ (ข้าวโพดและทานตะวัน) ที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่ว

Study of using soil amendments for enhancing biomass production and reducing lead uptake of economic crops [maize (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.)] grown on lead contaminated soil

ผศ.ดร.ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.เจษฎา แพนาค
มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
ผศ.ดร.สุชาดา โทผล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
และคณะ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2559)

หัวข้อวิจัย ศึกษาการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มการผลิตมวลชีวภาพและลดการดูดซับตะกั่วของพืชเศรษฐกิจ (ข้าวโพดและทานตะวัน) ที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่ว

ผู้ดำเนินการวิจัย ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล[1], เจษฎา แพนาค[2], สุชาดา โทผล[1], บุญญาพร เชื่อมสมพงษ์[3]

ที่ปรึกษา รศ.ดร.ประหยัด โภคฐิติยุกต์[4]

หน่วยงาน [1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2]มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
[3]โรงเรียนการเรียน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[4]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตพญาไท

ปี พ.ศ. 2561

การบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนักด้วยวิธีทางกายภาพและเคมี นอกจากจะมีค่าใช้จ่ายสูงมากแล้วยังส่งผลเสียต่อคุณสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินอาจทำให้ดินไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ การใช้พืชบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก การสร้างเสถียรภาพของโลหะหนักในดินเพื่อลดการดูดซับโลหะหนักของพืช ซึ่งทำให้พืชไม่มีโลหะหนักปนเปื้อนหรือมีโลหะหนักในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จะเป็นการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่เกษตรกรรมที่ปนเปื้อนโลหะหนักให้สามารถผลิตพืชที่ปลอดภัย มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค, อุตสาหรรมต่างๆ หรือการผลิตพลังงานชีวมวล

Research Title Study of using soil amendments for enhancing biomass production and reducing lead uptake of economic crops [maize (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.)] grown on lead contaminated soil

Researcher Piyaporn Waranusantigul[1], Chetsada Phaenark[2], Suchada Thophon[1], Boonyaporn Chuamsompong[3]

Research Consultants Assoc. Prof. Prayad Pokethitiyook[4]

Organization [1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
[2]Mahidol University, Kanchanaburi Campus
[3]School of Culinary arts, Suan Dusit University
[4]Faculty of Science, Mahidol University, Phayathai Campus

Year 2018

Treatment of heavy metals contaminated by physical and chemical means have a very high costs and also have negative effects on soil properties and soil fertility. After that treatment soil can not be reused for agricultural use. Phytoremediation is an alternative way that can be used to manage in heavy metals contaminated areas. Stabilization of heavy metals in soil to reduce heavy metals absorption of plants which can make plants are not contaminated or contained heavy metals below the standard that be can be used will Increasing the potential of heavy metal contaminated agricultural areas cause that area can produce safe plants, have economic value, and can be further used for consumption or biomass energy production.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศ.ดร. มาลียา เครือตราชู และ รศ.ดร. ประหยัด โภคฐิติยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับกำลังใจ และคำแนะนำอันมีประโยชน์ ซึ่งทำให้งานวิจัยดำเนินไปอย่างราบรื่นจนประสบความสำเร็จ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ตลอดจนบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

2561

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
	1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
	2.1 ตะกั่ว	5
	2.2 การปนเปื้อนโลหะหนักในประเทศไทย	13
	2.3 เทคโนโลยีการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก	15
	2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายของโลหะหนักในดิน	20
	2.5 สารปรับปรุงบำรุงดิน (Soil amendments)	21
	2.6 ประเภทของสารปรับปรุงดิน	22
	2.7 เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)	27
	2.8 ซีโอไลท์ (Zeolites)	31
	2.9 ข้าวโพด (*Zea mays* L.)	33
	2.10 ทานตะวัน (*Helianthus annuus*)	38
	2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
	2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของโลหะหนักในดินและเพิ่มประสิทธิภาพของวิธี Phytostabilization	41
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	43
	3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	43
	3.2 ดินปนเปื้อนโลหะหนักที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	43
	3.3 พืชที่ใช้ในการศึกษา และการเพาะเลี้ยงพืช	48

หน้า

3.4 การศึกษาผลของสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและการดูดซับตะกั่วของพืช 50

3.5 การศึกษาการเพิ่มการเจริญเติบโตและการลดการดูดซับตะกั่วของพืชโดยใช้สารปรับปรุงดินผสม 58

3.6 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดิน 61

3.7 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในพืช 62

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 62

บทที่ 4 ผลการวิจัย 63

4.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติดินทางกายภาพ เคมี และปริมาณตะกั่วในดิน 63

4.2 ผลของสารปรับปรุงบำรุงดินชนิดอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน) และชนิดอนินทรีย์ (เวอร์มิคูไลท์และซีโอไลท์) ต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและลดการดูดซับตะกั่วของข้าวโพด (*Zea mays* L.) 70

4.3 ผลของสารปรับปรุงบำรุงดินชนิดอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน) และชนิดอนินทรีย์ (เวอร์มิคูไลท์และซีโอไลท์) ต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและลดการดูดซับตะกั่วของทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) 75

4.4 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารปรับปรุงบำรุงดินชนิดอินทรีย์ (ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยหมักชีวภาพ) และชนิดอนินทรีย์ (เวอร์มิคูไลท์และซีโอไลท์) ต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและลดการดูดซับตะกั่วของข้าวโพด (*Zea mays* L.) 80

4.5 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารปรับปรุงบำรุงดินชนิดอินทรีย์ (ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยหมักชีวภาพ) และชนิดอนินทรีย์ (เวอร์มิคูไลท์และซีโอไลท์) ต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและลดการดูดซับตะกั่วของทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 90

5.1 สรุปผลการวิจัย 90

5.2 อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม 95

บรรณานุกรมภาษาไทย 95

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 77

ประวัติผู้วิจัย 99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของโลหะตะกั่ว (ศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, 2556)	5
2.2	เกณฑ์มาตรฐานปริมาณตะกั่วในสิ่งแวดล้อม	13
2.3	ประเภทของสารปรับปรุงดินจำแนกตามเกณฑ์ต่างๆ (ปิยะ, 2556)	26
3.1	ชุดการทดลองที่มีการเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการปลูกพืช	46
3.2	ชุดการทดลองที่มีการเติมสารปรับปรุงดินผสมระหว่างสารปรับปรุงดินอนินทรีย์และสารปรับปรุงดินอินทรีย์ที่ระดับต่างๆ เพื่อใช้ในการปลูกพืช	47
4.1	คุณสมบัติของดินปนเปื้อนตะกั่วที่มีการเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลอง	65
4.2	ความเข้มข้นตะกั่วและสังกะสีในดินปนเปื้อนที่มีการเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ ก่อนการปลูกพืช	66
4.3	คุณสมบัติของดินปนเปื้อนตะกั่วที่มีการเติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์+อินทรีย์) ชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลอง	68
4.4	ความเข้มข้นตะกั่วและสังกะสีในดินปนเปื้อนที่มีการเติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์+อินทรีย์) ชนิดต่างๆ ก่อนการปลูกพืช	69
4.5	น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกบนดินไม่ปนเปื้อนโลหะหนักและปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	72
4.6	ความเข้มข้นตะกั่วในดิน และข้าวโพดที่ปลูกบนดินปนเปื้อนที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	73
4.7	ความเข้มข้นสังกะสีในดิน และข้าวโพดที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	74
4.8	น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของทานตะวันที่ปลูกบนดินไม่ปนเปื้อนโลหะหนักและปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	77
4.9	ความเข้มข้นตะกั่วในดิน และทานตะวันที่ปลูกบนดินปนเปื้อนที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	78
4.10	ความเข้มข้นสังกะสีในดิน และทานตะวันที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วที่เติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	79
4.11	น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกบนดินปนเปื้อนโลหะหนักและเติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	82
4.12	ความเข้มข้นตะกั่วในดิน และข้าวโพดที่ปลูกบนดินปนเปื้อนที่เติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	83
4.13	ความเข้มข้นสังกะสีในดิน และข้าวโพดที่ปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วที่เติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	84

ตารางที่		หน้า
4.14	น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของทานตะวันที่ปลูกบนดินปนเปื้อนโลหะหนักและเติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	87
4.15	ความเข้มข้นตะกั่วในดิน และทานตะวันที่ปลูกบนดินปนเปื้อนที่เติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	88
4.16	ความเข้มข้นสังกะสีในดิน และทานตะวันที่ปลูกบนดินปนเปื้อนที่เติมสารปรับปรุงดินผสม (อนินทรีย์ + อินทรีย์) ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 40 วัน	89

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงความสัมพันธ์ของโลหะตะกั่วที่พบได้ในแหล่งต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (ปิยะ, ม.ป.ป.: ระบบออนไลน์)	7
2.2	แสดงผลกระทบของสารตะกั่วต่อสุขภาพ (ปิยะ, ม.ป.ป.: ระบบออนไลน์)	8
2.3	แสดงเมแทบอลิสมของตะกั่วและโลหะหนักอื่นๆ เมื่อเข้าสู่ร่างกาย (ปิยะ, ม.ป.ป.: ระบบออนไลน์)	9
2.4	แสดงพิษของตะกั่วต่อระบบประสาท (ปิยะ, ม.ป.ป.: ระบบออนไลน์)	11
2.5	แสดงการใช้พืชเพื่อบำบัดสิ่งแวดล้อมปนเปื้อนด้วยวิธีต่างๆไฟโตเอ็กแทรกชั่น (Phytoextraction), ไฟโตสเตบิไลเซชั่น (Phytostabilization), ไฟโตโวลาทิไลเซชั่น (Phytovolatization), ไฟโตดีเกรเดชั่น (Phytodegradation) ซึ่งมักใช้กับสารปนเปื้อนที่เป็นสารอินทรีย์ (Organic compound; OC), และไรโซฟิลเตรชั่น (Rhizofiltration) (Ali et al., 2013)	17
2.6	กระบวนการใช้พืชบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยวิธีไฟโตเอ็กแทรกชั่น (Phytoextraction)	18
2.7	กระบวนการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยวิธีไฟโตสเตบิไลเซชั่น (Phytostabilization) (Mench et al, 2006)	19
2.8	ลักษณะทั่วไปของข้าวโพด (*Zea mays*) ที่ปลูกในพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งพบได้ทั่วไปในประเทศไทย	34
2.9	ลักษณะทั่วไปของทานตะวัน (*Helianthus annuus*) ที่พบในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย	38
3.1	แผนที่แสดงเหมืองคลิตี้ซึ่งตั้งอยู่บริเวณบ้านทุ่งเสือโทน ซึ่งมีการรั่วไหลของโลหะตะกั่วไปตามลำห้วยคลิตี้ และทำให้มีการปนเปื้อนตะกั่วในน้ำและดินในบริเวณหมู่บ้านคลิตี้ โดยผู้วิจัยสำรวจและเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาจากบริเวณหมู่บ้านคลิตี้ (แสดงดังวงกลมในแผนที่)	44
3.2	ปุ๋ยคอกที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เค. เอส. เอ. ปุ๋ยคอก โคนมแท้ 100 %	45
3.3	ปุ๋ยหมักชีวภาพในที่นี้ใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในการศึกษาวิจัย	45
3.4	เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นพันธุ์ลูกผสมของบริษัท แปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด	49
3.5	เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ เมล็ดพันธุ์ทานตะวันตราเครื่องบิน ของ บริษัท เจียไต๋ จำกัด	49
3.6	แสดงแผนการทดลองปลูกข้าวโพดบนดินปนเปื้อนตะกั่วและเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ	51
3.7	แสดงแผนการทดลองปลูกทานตะวันบนดินปนเปื้อนตะกั่วและเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ	52

ภาพที่		หน้า
3.8	โรงเรือนปรับอากาศที่ใช้เพาะเลี้ยงพืชในการวิจัย	53
3.9	เมล็ดพืชที่ใช้ในการทดลองถูกปลูกในกระถางที่มีดินปนเปื้อนตะกั่วซึ่งเติมสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ (ซีโอไลท์ เวอร์มิคูไลท์ ปุ๋ยมูลวัว และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน) โดยที่สารปรับปรุงดินแ ต่ละชนิดจะใช้ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ (ต่ำ ปานกลาง และ สูง) พืชถูกปลูกบนดินปนเปื้อนตะกั่วโดยไม่เติมสารปรับปรุงดินเป็นชุดควบคุม โดยทำการทดลองอย่างน้อย 10 ซ้ำ	53
3.10	ข้าวโพดขณะเริ่มงอก	54
3.11	ทานตะวันขณะเริ่มงอก	54
3.12	ข้าวโพดในการศึกษาวิจัยอายุ 24 วัน	55
3.13	ทานตะวันในการศึกษาวิจัยอายุ 24 วัน	55
3.14	ข้าวโพดในการศึกษาวิจัยอายุ 40 วัน	56
3.15	ทานตะวันในการศึกษาวิจัยอายุ 40 วัน	57
3.16	แสดงแผนการทดลองปลูกข้าวโพดบนดินปนเปื้อนตะกั่วและเติมสารปรับปรุงดินผสมแบบต่างๆ	59
3.17	แสดงแผนการทดลองปลูกทานตะวันบนดินปนเปื้อนตะกั่วและเติมสารปรับปรุงดินผสมแบบต่างๆ	60