ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
203339

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน

THE FEASIBILITY OF USING EARTHWORM IN AGRO-INDUSTRIAL WASTE TREATMENT AND INFLUENCE ON REDUCTION OF CADMIUM CONTAMINATIONS IN SOIL

นายนันทวุฒิ ถ่ำปางาม

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

b0025706g

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
203339

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน

THE FEASIBILITY OF USING EARTHWORM IN AGRO-INDUSTRIAL WASTE TREATMENT AND INFLUENCE ON REDUCTION OF CADMIUM CONTAMINATIONS IN SOIL

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

นายนันทวุฒิ จำปางาม

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน

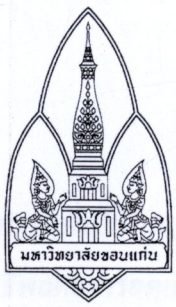
นายนันทวุฒิ จำปางาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

THE FEASIBILITY OF USING EARTHWORM IN AGRO-INDUSTRIAL WASTE TREATMENT AND INFLUENCE ON REDUCTION OF CADMIUM CONTAMINATIONS IN SOIL

MR. NUNTAWUT CHAMPAR-NGAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN
LAND RESOURCES AND ENVIRONMENT
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY
2010



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์: การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายนันทวุฒิ จำปางาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รศ.ดร. วิทยา ตรีโลเกศ	ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย	กรรมการ
ดร.มงคล ตั๊ะอุ่น	กรรมการ
รศ.ดร.สุรศักดิ์ เสรีพงษ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. มงคล ตั๊ะอุ่น)

....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์) (รองศาตราจารย์ ดร. อนันต์ พลธานี)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

นันทวุฒิ จำปางาม. 2553. ***การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน.*** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, ดร.มงคล ต๊ะอุ่น

บทคัดย่อ

203339

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรม กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นปัญหาที่ใหญ่และยากต่อการจัดการ ดังนั้นการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรที่ปลอดภัยต่อระบบนิเวศ ราคาไม่แพง และเทคโนโลยีที่สังคมยอมรับจึงมีความจำเป็น การศึกษาในครั้งนี้เป็น(1) การศึกษาการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร โดยใช้วิธีการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินโดยใช้ ไส้เดือนดินพันธุ์ *(Eudrillus eugeniae)* (2) การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไส้เดือนดินในการลดการปนเปื้อนสารแคดเมียมในดินน้ำพองและดินพิมายโดยมีความเข้มข้นของระดับแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 5, 50 mg/kg of Cd) และ (3)การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรต่อความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน โดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินสามารถลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินได้และสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ OC%, pH, Avail. P, Exchangeable K, Mg, Ca เพิ่มสูงขึ้นกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองชุดดิน พบว่าการลดลงของปริมาณแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง และชุดดินพิมาย มีค่าเท่ากับ 70-78% และ 84-95% ตามลำดับ และจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตเป็นปุ๋ยหมักไส้เดือนดินปริมาณที่เหมาะสมของกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรอยู่ระหว่าง 200-600 กรัมต่อดิน 400 กรัม สามารถเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้ดีและลดปริมาณโลหะหนักได้ดีด้วย และช่วยลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมัก คือใช้ระยะเวลา 15-30 วันในการผลิตเป็นปุ๋ยที่มีคุณภาพสูง ดังนั้น การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน(vermicompost) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร และเป็นแหล่งของสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในการผลิตพืชทางการเกษตรอย่างยั่งยืน

Nuntawut Champar-ngam. 2010. ***The Feasibility of Using Earthworm in Agro-industrial Waste Treatment and Influence on Reduction of Cadmium Contaminations in Soil.*** Master of Science Thesis in Land Resources and Environment, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisors: Asst. Prof. Dr. Chuleemas Boonthai Iwai, Dr. Mongkon Ta-oun

ABSTRACT

203339

Agro-industrial waste is one of the big issues and difficult to manage in Thailand due to Thailand is agricultural country. Therefore, there is a need for the safe, ecological sound, economically viable and socially acceptable technology. The aim of this study was (1) managed agro-industrial waste by using vermicompost *(Eudrillus eugeniae)* (2) the feasibility of study by using vermicompost reduced the cadmium contamination (Nampong (Sandy) and Phimai (Clay) soil series) with various concentrations of Cd (0, 5, 50 mg/kg of Cd) as $CdCl_2$. The physical and chemical properties of soil were analyzed before and after compost and vermicompost (3) the suitable amount of agro-industrial waste for vermicompost. The result showed that vermicompost can reduce the cadmium contamination. The comparison between the two soils found that the reduction in the amount of cadmium by vermicompost in the Nam Phong and Phimai soil series were 70-78% and 84-95%, respectively. Earthworm activity in vermicompost also significantly increased the availability of soil pH, Avail. P, Exchangeable K, Mg, Ca, and organic carbon compared with the compost. Moreover, the suitable amount of agro-industrial waste for vermicompost that could increase nutrients and reduce Cd in soil was 200-600 g/400 g soil and reduces period 15-30 days to product a high quality fertilizer. Therefore, vermicompost could be suitable tool for Agro- industrial waste management and source of nutrients for plant production in sustainable agriculture.

งานวิทยานิพนธ์นี้มอบส่วนดีให้แก่บุพการีและคณาจารย์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำด้านวิชาการและหลักในการดำเนินชีวิตที่ดี และสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการทำวิทยานิพนธ์ การศึกษาวิจัยและการประชุมนานาชาติ ณ ประเทศออสเตรเลีย และการประชุมวิชาการนานาชาติที่ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศเวียดนามและกัมพูชา ขอขอบพระคุณ ดร.มงคล ตั๊ะอุ่น ที่ปรึกษาร่วม และรองศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้รวมถึงคำแนะนำคำปรึกษาและตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ประจำปีงบประมาณ 2551 และอุดหนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัย ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ให้ทุนการทำวิทยานิพนธ์และทุนเผยแพร่งานวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ Prof. Nanthi S. Bolan และ Prof. Barry Noller ที่ให้ความรู้และสถานที่ดูงานที่สถาบัน CRC-CARE และการวิจัยเพิ่มเติมที่ประเทศออสเตรเลีย ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลากรสาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ และโครงการวิจัยของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณความตั้งใจและความมานะ พยายาม และความอดทน ความขยัน ความดีที่ทำให้งานวิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณประสบการณ์ต่างๆ ในต่างประเทศ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านต่างๆ หนังสือ วารสารวิจัยทุกเล่มทุกฉบับทั้งในและต่างประเทศที่ให้ความรู้และแนวทางในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณไส้เดือนดินและสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ทำให้งานนี้ประสบความสำเร็จ ขอขอบพระคุณโรงงานผลิตกรดซิตริกที่เอื้อเฟื้อกากซิตริกที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณเพื่อน, พี่, น้องร่วมสาขาและภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตรที่ได้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคุณพ่อนครนพ-แม่มณี จำปางาม, นางสาวจุฑาณัฐ จำปางาม, นางสาวประวีณา บุญโยธา, ยายเหรี่ยญ บุตรโม และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เรียนด้วยกันที่ได้สนับสนุนกำลังใจและกำลังทรัพย์ตลอดการเป็นนักศึกษาจนสำเร็จการศึกษา และญาติพี่น้องที่ให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

นันทวุฒิ จำปางาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ขอบเขตงานวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
1. ไส้เดือนดิน (Earthworm)	4
1.1 ลักษณะสำคัญโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน	4
1.2 การจำแนกสายพันธุ์ไส้เดือนดิน	4
1.3 รูปร่างและลักษณะโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน	5
1.4 ระบบสืบพันธุ์และวงจรชีวิตของไส้เดือนดิน	11
1.5 ไส้เดือนดินแอฟริกา *Eudrilus eugeniae*	14
2. แคดเมียม	16
2.1 ประโยชน์ของแคดเมียม	16
2.2 ความเป็นพิษของแคดเมียม	17
2.3 แคดเมียมในดิน	19
2.4 ปัญหาแคดเมียมในไทย	19
2.5 การจัดการการปนเปื้อนดินแคดเมียม	21
3. กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร	23
3.1 กากซิตริก (กากมันสำปะหลัง)	24
3.2 ผลกระทบจากกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร	26
4. การจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีไส้เดือนดิน (Vermitechnology)	28
4.1 การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicomposting)	29
4.2 Vermistabilization	30
4.3 Vermi-bioindicator	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. ประโยชน์ของการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรโดยใช้ Vermitechnology	34
5.1 แนวทางการนำไส้เดือนดินมาใช้ประโยชน์	34
5.2 บทบาทด้านที่เป็นประโยชน์ของไส้เดือนดิน	34
5.3 ข้อดีของวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
1. ระยะเวลาและการทดลอง	35
2. แผนการทดลอง	35
3. วิธีการดำเนินการทดลอง	36
3.1 การทดลองในเรือนทดลอง	36
3.2 การเตรียมวัสดุทดลอง	37
3.3 การเตรียมสารละลายแคดเมียม	37
3.4 การเตรียมหน่วยทดลอง	42
3.5 การเก็บตัวอย่าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์	43
3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (Soil Analysis)	43
3.7 การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในดิน และไส้เดือนดิน	46
3.8 การดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการนิเวศพิษวิทยาและสิ่งแวดล้อม	48
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล	50
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	51
1.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน	51
1.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของกากซิตริก (Citric acid waste) และมูลวัว (Cow dung) ก่อนการทดลอง	53
1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน, กากซิตริก, มูลวัวและไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ก่อนการทดลอง	56
2. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและไส้เดือนดินในการจัดการดินปนเปื้อนแคดเมียมในดิน	56
2.1 ผลการศึกษาผลกระทบสารพิษแคดเมียมต่อไส้เดือนดิน	56
2.2 ผลการศึกษาการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm)	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 70

3.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 70

3.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ภายใต้อิทธิพลของชุดดินแตกต่างกัน 77

4. ผลการศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของกากของเสียอุตสาหกรรมเพื่อนำเทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ในการจัดการดินปนเปื้อนแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) 86

4.1 ผลการศึกษาธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 86

4.2 ผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมในดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 99

4.3 ผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมในไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 102

4.4 ผลของการใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตในไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 108
2. การศึกษาผลกระทบสารพิษแคดเมียมต่อไส้เดือนดิน 109
3. ผลการศึกษาการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดิน ในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการ ลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) 111
4. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมที่ ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 114
5. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและ ไส้เดือนดิน (Vermicompost) ในการจัดการดินปนเปื้อนแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง (Ng) และดินพิมาย (Pm) ในอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน 118

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย 124
2. ข้อเสนอแนะ 127

เอกสารอ้างอิง 129

ภาคผนวก 136

ภาคผนวก ก แสดงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost), แสดงภาพไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae*, อธิบายศัพท์ 137

ภาคผนวก ข มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน 26 กันยายน 2546 141

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์ 146

ประวัติผู้เขียน 147

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอน 24

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง 25

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบของกากซิตริก 25

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของกากของเสียที่มีการใช้ไส้เดือนดิน
ในตำรับการทดลองแบบต่างๆ 30

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า C:N ratio ของการใช้ Vermicomposting
ในแต่ละตำรับการทดลอง 32

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณโลหะหนักในระยะเริ่มต้นและระยะสุดท้ายของการใช้
Vermicomposting ในตำรับการทดลองที่แตกต่างกัน 33

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อของไส้เดือนดินในตำรับ
การทดลองที่แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 33

ตารางที่ 8 แสดงตำรับการทดลองที่ 1 การศึกษาเบื้องต้นความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดิน
ในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการ
ปนเปื้อนแคดเมียมในดินโดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตรโดยเปรียบเทียบ
ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 41

ตารางที่ 9 แสดงตำรับการทดลองที่ 2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดิน
ในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการ
ปนเปื้อนแคดเมียมในดินโดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตรเปรียบเทียบ
ระหว่างชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) 41

ตารางที่ 10 แสดงตำรับการทดลองที่ 3 แผนการทดลองศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของ
กากอุตสาหกรรมการเกษตรต่อความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการ
จัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อน
แคดเมียมในดินโดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตรทั้งชุดดินน้ำพอง (Ng)
และชุดดินพิมาย (Pm) 42

ตารางที่ 11 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินและเคมีของดิน 45

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน 53

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของ
กากซิตริก (Citric acid waste), มูลวัว (Cow dung) 55

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินน้ำพอง ที่ 0
และ 15 วัน ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (vermicompost) 58
ตารางที่ 15 แสดงความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (mg/kg) ในลำตัวของ
ไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (vermicompost) ที่ 15 วัน 59
ตารางที่ 16 แสดงผลของการลดลงของแคดเมียมในดินที่ผ่านกระบวนทำปุ๋ยหมักมูล
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน 60
ตารางที่ 17 แสดงสารมลพิษแคดเมียมในรูปที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ
DTPA-Cd (Bioavailability) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 64
ตารางที่ 18 แสดงสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability)
DTPA-Cd ในชุดดินพิมาย(Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน
(Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 64
ตารางที่ 19 แสดงสารมลพิษแคดเมียมในรูปของแคดเมียมทั้งหมด
(Total Cd) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 66
ตารางที่ 20 แสดงสารมลพิษแคดเมียมในรูปของแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd)
ในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน
(Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 66
ตารางที่ 21 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการลดลงของปริมาณ
สารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ในชุดดินน้ำพอง (Ng)
และดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 68
ตารางที่ 22 แสดงค่า pH ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost)
ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 15, 50 mg/kg)
ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 77
ตารางที่ 23 แสดงค่า pH ในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost)
ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 15, 50 mg/kg)
ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 24 แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อน
แคดเมียมที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการทำปุ๋ยหมัก
ที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ที่ก่อนและหลัง 0 วัน และ 30 วัน 85

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัว
ของลูกไส้เดือนดินจากการใส่ปริมาณกากซิตริกที่แตกต่างกัน
ที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 60 วัน ในชุดดินน้ำพอง 107

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และ
จำนวนตัวของลูกไส้เดือนดินจากการใส่ปริมาณกากซิตริกที่แตกต่างกัน
ที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 60 ในชุดดินพิมาย 107

ตารางที่ 27 แสดงปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ภายในลำตัวไส้เดือนดิน 113

ตารางที่ 28 แสดงอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็น
ประโยชน์หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) 126

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะอวัยวะต่างๆ ภายนอกของไส้เดือนดิน	7
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะภายในไส้เดือนดิน	7
ภาพที่ 3 แสดงภาพตัดขวางระบบการหายใจของไส้เดือนดิน	10
ภาพที่ 4 แสดงระบบสืบพันธุ์ภายในของไส้เดือนดิน	12
ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการสืบพันธุ์ของไส้เดือนดิน	13
ภาพที่ 6 แสดงวงจรชีวิตไส้เดือนดิน	14
ภาพที่ 7 แสดงการเคลื่อนย้ายของสารปนเปื้อนบนพื้นดิน ในดิน และในอากาศ และการเคลื่อนย้ายของสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำทั่วไป	27
ภาพที่ 8 แสดงความเชื่อมโยงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ที่เกิดจากกากของเสียอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อม	27
ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่า TOC และ TKN ในเวลาตั้งต้น และสิ้นสุดการทดลองในแต่ละตัวอย่างที่มีกากตะกอนน้ำเสียระยะแรก (PSS) และมูลวัว (CD) ที่ผสมกัน	31
ภาพที่ 10 แสดงแผนการทดลองเบื้องต้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร และอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน โดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน	38
ภาพที่ 11 แสดงแผนการทดลองการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร และอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน โดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตรในชุดดินน้ำพองและชุดดินพิมาย	39
ภาพที่ 12 แสดงแผนการทดลองศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของกากอุตสาหกรรมการเกษตรต่อความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน โดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตร	40
ภาพที่ 13 แสดงการศึกษาพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษแคดเมียมของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae*	48
ภาพที่ 14 แสดงการหลีกเลี่ยงสารพิษแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันที่ 2 และ 7 วัน	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของแคดเมียมในดิน
และในลำตัวของไส้เดือนดิน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกัน 59
ภาพที่ 16 แสดงปริมาณการสะสมของแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) และ
แคดเมียมทั้งหมดในลำตัวไส้เดือนดินหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน 61
ภาพที่ 17 แสดงการสะสมของปริมาณแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ
(DTPA-Cd) (Bioavailability) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และ
ชุดดินพิมาย (Pm) หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 63
ภาพที่ 18 แสดงปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd)
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมัก
ที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ระดับความเข้มข้นของ
ปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน 68
ภาพที่ 19 แสดงการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae*
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) 69
ภาพที่ 20 แสดงค่า pH ที่ 0,15 วัน VCP และ CP 72
ภาพที่ 21 แสดงค่า Organic carbon ที่ 0,15 วัน 72
ภาพที่ 22 แสดงค่า Total N ที่ 0,15 วัน VCP และ CP 72
ภาพที่ 23 แสดงค่า C:N ratio ที่ 0,15 วัน 72
ภาพที่ 24 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน 73
ภาพที่ 25 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน 74
ภาพที่ 26 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน 75

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 27 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน 76
ภาพที่ 28 แสดงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในชุดดินน้ำพอง (Ng)
ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 78
ภาพที่ 29 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 78
ภาพที่ 30 แสดงปริมาณ C:N ratio ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 78
ภาพที่ 31 แสดงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 79
ภาพที่ 32 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่าน
กระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 79
ภาพที่ 33 แสดงปริมาณ C:N ratio ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) 79
ภาพที่ 34 แสดงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 88
ภาพที่ 35 แสดงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 88
ภาพที่ 36 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 90
ภาพที่ 37 แสดงแสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรม
ที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 90

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 38 แสดงปริมาณ C/N ratio ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 91
ภาพที่ 39 แสดงปริมาณ C/N ratioที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 91
ภาพที่ 40 แสดงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 93
ภาพที่ 41 แสดงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน 93
ภาพที่ 42 แสดงปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30 วัน 95
ภาพที่ 43 แสดงปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผ่านกระบวนการทำ
ปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสีย
อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30วัน 95
ภาพที่ 44 แสดงปริมาณแมกนิเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวน
การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกาก
ของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30 วัน 96
ภาพที่ 45 แสดงปริมาณแมกนิเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกาก
ของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30วัน 96
ภาพที่ 46 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกาก
ของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) ที่ 0, 15, 30วัน 98
ภาพที่ 47 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกาก
ของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30 วัน 98

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 48 แสดงปริมาณสารมลพิษในรูปของแคดเมียมที่พร้อมใช้
ทางชีวภาพ DTPA-Cd (Bioavailability) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) 99
ภาพที่ 49 แสดงปริมาณสารมลพิษในรูปของแคดเมียมที่พร้อมใช้
ทางชีวภาพ DTPA-Cd (Bioavailability) ในชุดดินพิมาย (Pm) 100
ภาพที่ 50 แสดงปริมาณสารมลพิษในรูปของแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd)
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) จากการใส่แคดเมียมในการทดลองมีความเข้มข้น 50 mg/kg 101
ภาพที่ 51 แสดงปริมาณสารมลพิษในรูปของแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd)
ในชุดดินพิมาย (Pm) จากการใส่แคดเมียมในการทดลองมีความเข้มข้น 50 mg/kg 101
ภาพที่ 52 แสดงการสะสมของปริมาณแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae*
ในชุดดินน้ำพอง (Ng) หลังกระบวนการการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
จากการใส่แคดเมียมในการทดลองมีความเข้มข้น 50 mg/kg 102
ภาพที่ 53 แสดงการสะสมของปริมาณแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae*
ในชุดดินพิมาย (Pm) หลังกระบวนการการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)
จากการใส่แคดเมียมในการทดลองมีความเข้มข้น 50 mg/kg 103
ภาพที่ 54 แสดงจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) ที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมัก
ไส้เดือนดิน (Vermicompost) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุด ดินพิมาย (Pm) 105
ภาพที่ 55 แสดงจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดินที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการ
ทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และ ชุดดินพิมาย (Pm) 106
ภาพที่ 56 ภาพลูกของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* 139
ภาพที่ 57 ภาพแสดงไข่ (Cocoon) ของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* 139
ภาพที่ 58 ภาพของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* 139
ภาพที่ 59 ภาพของขุยหรือมูลไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* 139