อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน

Cadmium Accumulation in Water Plant (*Ipomcea aquatic* Forsk.) Plant in Soil Mixed Compost from Municipal Solid Waste.

จันทร์ทิวา เรืองดี
โสพิณ โพธิ์บุญ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 5 ตค. 2560
เลขทะเบียน 1511921101
เลขเรียกหนังสือ ปร
จ2627
ว557

โครงงานวิจัย เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
พฤษภาคม 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาโครงงานวิจัย เรื่อง “การสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. เสวียน เปรมประสิทธิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภิรมย์ อ่อนเส็ง)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พฤษภาคม 2557

ประกาศคุณูปการ

ความสำเร็จของโครงงานวิจัยสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์และการดูแลให้คำปรึกษาเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เสวียน เปรมประสิทธิ์ ประธานที่ปรึกษาโครงงานวิจัยสิ่งแวดล้อม ที่สละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำทุกอย่าง ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และตรวจสอบแก้ไข จนรายงานโครงงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย ทำให้สามารถดำเนินงานได้ตามขั้นตอนและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร.เพ็ญศรี เจริญสิทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ และบริการยานพาหนะในการลงพื้นที่ขอคำแนะนำจากเกษตรกร

ขอขอบคุณเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนตัวอย่างปุ๋ยหมักเพื่อการทดลองโครงงานวิจัยสิ่งแวดล้อมเรื่องนี้ ทำให้การดำเนินการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณเกียรติศักดิ์ ลุงคะ ที่ให้คำปรึกษา ให้ความรู้และแนะนำ ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมถึงช่วยในการเคลื่อนย้ายตัวอย่างดิน สร้างโรงเรือน สำหรับใช้ในงานวิจัยเรื่องนี้

ขอขอบคุณ นางสาวกรรณิการ์ จันทวีติยาภรณ์ รวมทั้งเพื่อนๆ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้กำลังใจตลอดการทำวิจัย

ท้ายที่สุด คุณค่าใดๆที่เกิดจากโครงงานวิจัยสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแก่ บิดา – มารดา และทุกคนในครอบครัว ผู้มีพระคุณ ครูและอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนมา

จันทร์ทิวา เรืองดี
โสพิณ โพธิ์บุญ

ชื่อเรื่อง การสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน
ผู้ศึกษา จันทร์ทิวา เรืองดี และ โสพิณ โพธิ์บุญ
ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เสวียน เปรมประสิทธิ์
ประเภทสารนิพนธ์ โครงงานวิจัย วท.บ สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556
คำสำคัญ ขยะมูลฝอย ขยะชุมชน แคดเมียม

บทคัดย่อ

การศึกษาการสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน การศึกษาวิจัยนี้ มีวิธีการทดลอง 2 วิธีการ ดังนี้ คือ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว และ เทศบาลตำบลแม่สาย และตัวอย่างดิน ซึ่งได้แก่ N, P, K และ Cd จากนั้นทำการทดลองที่ 2 โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการตกค้างของ Cd โดยการใส่ปุ๋ยหมัก 4 อัตรา คือ 0, 1.5, 2, และ 2.5 ตันต่อไร่ ด้วยการทดลองปลูกผักบุ้งภายในโรงเรือนการทดลอง ภายในเดือนตุลาคม พ.ศ.2557 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ เมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการแยกส่วน โดยแยกเป็น ส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดินของผักบุ้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณ Cd ที่สะสมในส่วนต่างๆของต้นผักบุ้ง ในส่วนของตัวอย่างดิน ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละตำรับการทดลอง กระถางละ 500 กรัม จากนั้นนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ N, P, K และ Cd ที่ตกค้างในดิน

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจน (N) ของปุ๋ยหมักทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว และเทศบาลตำบลแม่สาย มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เท่ากับ 0.306 และ 0.769 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฟอสฟอรัส (P) มีปริมาณที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เท่ากับ 6.011 และ 3.935 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.760 และ 0.296 ตามลำดับ สำหรับปริมาณแคดเมียม (Cd) พบว่าปุ๋ยทั้ง 2 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อน เท่ากับ 0.070 และ 1.670 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีได้ในมาตรฐานของปุ๋ยหมัก

การเจริญเติบโตของผักบุ้ง พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจาก องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ทั้งความสูงและน้ำหนัก โดยให้ความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 36.467 เซนติเมตร และน้ำหนักสดผักบุ้ง เท่ากับ 14.944 กรัม/ไร่ ส่วนเหนือดิน เท่ากับ 10.627 กรัม/ไร่ น้ำหนักสดผักบุ้งส่วนใต้ดิน เท่ากับ 4.317 กรัม/ไร่

การสะสมแคดเมียม (Cd) ในผักบุ้ง พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจาก เทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีการสะสมของแคดเมียม (Cd) ในผักบุ้งทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีการสะสมของแคดเมียม (Cd) ในผักบุ้งส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน เท่ากับ 0.003 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1.5 ตันต่อไร่ จาก

องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว มีการสะสมแคดเมียม (Cd) ในผักบุ้งน้อยที่สุด เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การตกค้างของแคดเมียม (Cd) ในดินหลังการทดลอง พบว่า มีการตกค้างของแคดเมียม (Cd) เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยหมัก โดยการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีการตกค้างของแคดเมียม (Cd) ในดินมากที่สุด เท่ากับ 0.051 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณที่ตกค้างดังกล่าวสามารถพบได้ในดินทั่วไป และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีได้ในพื้นที่การเกษตร

สารบัญ

บทที่	หน้า
หน้าอนุมัติ	.....ก
ประกาศคุณูประการ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	จ
บัญชีตาราง	ซ
บัญชีภาพ	ฌ
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ความสำคัญของการศึกษา.....	2
ของเขตของงานวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก,ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง).....	3
การศึกษาสูตรและสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำอัดลมสำหรับการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ.....	3
การผลิตปุ๋ยหมักร่วมจากเศษอาหารและกากของเสียของโรงงานผลิตสารให้ความหวาน	4
วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดและธาตุอาหารหลัก ในปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกและดินผสม	5
ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนักในพืชผักบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี.....	5
ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อผักคะน้าและผักกาดหอม ในสภาพเรือนทดลอง.....	6

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักและไม้ดอก ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมี	7
	การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน	7
	ข้อมูลพฤกษศาสตร์ของพืชที่นำมาทดลอง	8
3.	วิธีดำเนินการวิจัย	9
	การทดลองที่ 1 การหาอัตราการใส่ปุ๋ยหมักจากขยะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนทั้ง 2 ที่	9
	การวางแผนการทดลองทางสถิติ	9
	การเตรียมการทดลองปลูกพืชผัก	10
	การเก็บข้อมูลระหว่างการเจริญเติบโตของพืช	11
	การเก็บเกี่ยวพืชผัก	12
	การเก็บตัวอย่างดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	12
	การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะหนัก	13
	การวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยก่อนการทดลอง – ดินก่อนและหลังการทดลอง	14
	การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดในส่วนต่างๆของพืช ทดลอง	14
	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	17
4.	ผลการวิจัย	17
	คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก	18
	คุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในการทดลอง	19
	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง	23
	การสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆของผักบุ้ง	25
	คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูก	

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5. บทสรุป	32
สรุปผลการวิจัย	32
อภิปรายผลการวิจัย	36
ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	42
ประวัติผู้วิจัย	52

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน	18
2	คุณสมบัติทางเคมี และโลหะหนักของดินก่อนการทดลอง	18
3	น้ำหนักสด ต้นส่วนเหนือดิน ส่วนใต้ดิน น้ำหนักทั้งหมด และความสูงของผักบุ้ง	20
4	น้ำหนักแห้ง ต้นส่วนเศรษฐกิจ ราก น้ำหนักรวม ของผักบุ้ง	23
5	การสะสมแคดเมียม ต้นส่วนเหนือดิน ส่วนใต้ดิน และทั้งหมดของผักบุ้ง	24
6	คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังปลูก	27
7	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน	28
8	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน	28
9	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน	29
10	ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในดิน	29
11	สภาพเนื้อดิน	44
12	ความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณธาตุอาหารในดิน	45
13	สาเหตุการปนเปื้อนของดิน	47
14	ผลเสียจากดินปนเปื้อน	48

บัญชีภาพ

ภาพ		หน้า
1	การนำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้ง	11
2	การตรวจวัดการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง	11
3	การเตรียมตัวอย่างพืช และ ดิน หลังการทดลองเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์	12
4	อัตราการใส่ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน	15
5	แผนผังการทดลอง	16
6	การเจริญเติบโตของผักบุ้งในการใส่ปุ๋ยอัตราส่วน 1.5 ตันต่อไร่	21
7	การเจริญเติบโตของผักบุ้งในการใส่ปุ๋ยอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่	21
8	การเจริญเติบโตของผักบุ้งในการใส่ปุ๋ยอัตราส่วน 2.5 ตันต่อไร่	21
9	การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อน-หลังปลูกพืช	30
10	การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อน-หลังปลูกพืช	30
11	การเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อน-หลังปลูกพืช	31
12	การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่สะสมในดินก่อน-หลังปลูกพืช	31
13	การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาทดลอง	50
14	การเตรียมตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง	50
15	การสร้างโรงเรือนการทดลอง	51
16	การทดลองในห้องปฏิบัติการ	51

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญประการหนึ่งของชุมชนทั่วประเทศไทย เพราะมีส่วนสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร การประกอบอาชีพและสภาพเศรษฐกิจสังคมนั้นๆ ควบคู่ไปกับการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้เพื่อแสวงหาที่ดินทำกินของประชากรโลก มีการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น มีการผลิตเพื่อการอุปโภค บริโภคเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้เกิดขยะเศษสิ่งของเหลือใช้มีปริมาณมากขึ้น (สุธีรา ลีประเสิรฐสุนทร, 2556) ในประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ยสูงถึง 43,00 ตัน/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) จากการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันส่งผลให้มีการผลิตสินค้าและบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆมากมาย โดยรวมถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี บรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่มีการผลิตที่ซับซ้อนใช้องค์ประกอบที่จำกัดยาก อีกทั้งประชาชนไม่เห็นความสำคัญในการคัดแยกขยะมูลฝอยและของเสียนำขยะ ที่มีพิษมาปะปนกับขยะทั่วไปทำให้เกิดความยากลำบากในการกำจัดจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆเช่น เกิดมลพิษทางดิน มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ รวมถึงความเป็นพิษต่อระบบนิเวศและสุขสุขภาพอนามัยที่รุนแรง ด้วยเช่น อาทิ มีกลิ่นเหม็นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน และสัตว์นำโรคอื่นๆแล้วเชื้อโรคมาสู่คนน้ำจากขยะที่อาจซึมลงไปใต้ดินทำให้เกิดมลพิษในน้ำใต้ดินและในดิน รวมทั้งเกิดสภาพภูมิทัศน์ที่ไม่เหมาะสม ปัญหาการจัดการขยะเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้ให้ความสำคัญและต้องร่วมมือแก้ไข เพราะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนทุกระดับ ตั้งแต่ องค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาล เทศบาลเมือง เทศบาลนคร จนถึงระดับประเทศและปัญหานี้นับวันจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในสถานที่และวิธีการที่มีการกำจัดขยะไม่ถูกวิธี

ในปัจจุบัน มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนให้ความสำคัญกับปัญหานี้มาก เนื่องจากมีขยะมูลปริมาณมากที่ไม่สามารถกำจัดได้หมดและเป็นปัญหาของชุมชน จึงส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรอย่างพอเพียงและใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรหรือขยะมูลฝอยที่ได้จากครัวเรือนและชุมชน จากแนวคิดนี้ ทำให้องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด และเทศบาลหลายแห่ง มีการกำจัดขยะมูลฝอยให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง การกำจัดขยะมูลฝอยที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย มีอยู่หลายวิธีหนึ่งในนั้นคือการหมักทำเป็นปุ๋ย (วิษณุพงค์ เลี้ยงช่วย และคณะ, 2552) เช่น องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ เทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ได้มีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการแปรเปลี่ยนให้เป็นปุ๋ย เพื่อลดปริมาณขยะและมลพิษที่จะเกิดขึ้นจากขยะมูลฝอยต่อชุมชน

ถึงแม้ว่าหน่วยงานจะลดมลพิษจากขยะมูลฝอย ด้วยการนำมาทำปุ๋ยหมัก แต่สืบเนื่องจากว่าประชาชนไม่ได้ให้ความสนใจในการคัดแยกขยะและบรรจุภัณฑ์มีกระบวนการผลิตรวมถึงวัตถุดิบที่ใช้มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้ขยะต่างๆปะปนกันอยู่เป็นเวลานานก่อนจะมาถึงกระบวนการคัดแยกที่โรงคัดแยกขยะ ซึ่งในระหว่างการปะปนกันของขยะทำให้มีสารแคดเมียมปะปนออกมา ทำให้เมื่อเวลา

หมักเป็นปุ๋ยแล้วยังมีแคดเมียมตกค้างอยู่ โดยแคดเมียมมีปริมาณ 0.01 ppm. (วีรศักดิ์, 2551) ซึ่งอาจทำให้มีการตกค้างในพืชและในดินเมื่อนำไปเพาะปลูกพืช หากมีการใช้เป็นระยะเวลานานก็จะทำให้เกิดมลพิษในดินได้ ซึ่งตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของ กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดปริมาณของแคดเมียมและตะกั่วไว้ดังนี้ แคดเมียม ไม่เกิน 5 มก./กก.(กรมพัฒนาที่ดิน)

จากปัญหาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัย เพื่อหาการสะสมของแคดเมียมที่ตกค้างในพืชและในดิน เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณของแคดเมียมที่สะสมในดินและพืช และนำไปสู่การป้องกันหรือจัดการไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภคในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน

ความสำคัญของการศึกษา

ทำให้ทราบถึงปริมาณการสะสมของ แคดเมียมที่ตกค้างจากปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนเพื่อสามารถนำมาหาแนวทางการจัดการในอนาคตได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปุ๋ยหมักจากขยะของ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่กับเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย
2. พืชที่ใช้ในการศึกษาทดลองได้แก่ ผักบุ้ง
3. ใช้ชุดดินโคราชในการปลูกพืช
4. วิเคราะห์โลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิด ได้แก่ แคดเมียม(Cd) จากปุ๋ยหมักจากขยะรวมทั้งที่สะสมในพืชด้วย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ขยะมูลฝอย (Waste) หมายถึง สิ่งของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและอุปโภค ซึ่งเสื่อมสภาพจนใช้การไม่ได้หรือไม่ต้องการใช้แล้ว มีผลเสียต่อสุขภาพทางกายและจิตใจ เนื่องจากความสกปรก เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ทำให้เกิดมลพิษและทัศนะอุจาด

2 ขยะชุมชน หมายถึง ขยะทุกชนิดที่ถูกทิ้งออกมา แต่ไม่รวมขยะจากอุตสาหกรรม, การแพทย์หรือการพยาบาลและขยะนิวเคลียร์

3. โลหะหนัก หมายถึง สารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ แคดเมียม

4. ปุ๋ยหมักจากขยะชมชน หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการหมักจากขยะมูลฝอยของ เทศบาลตำบลแม่สาย และองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก,ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง)

ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดไม่เป็นของเหลวที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ได้หรือทำจากวัสดุอินทรีย์และผ่านการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จนแปรสภาพจากรูปเดิม เมื่อนำไปให้พืชจะให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืช โดย มาตรฐานที่กำหนด คือ

ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- ไนโตรเจนทั้งหมด (Tatal N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.00 ของน้ำหนัก
- ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก
- โพแทชทั้งหมด (Total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก

ปริมาณธาตุโลหะหนัก

- Arsenic (As)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Cadmium (Cd)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Chromium (Cr)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Copper (Cu)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Lead (Pb)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Mercury (Hg)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(ที่มา:กรมพัฒนาที่ดิน)

2. การศึกษาสูตรและสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำอัดลมสำหรับการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ

การศึกษาสูตรและสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำอัดลมสำหรับการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสูตรของปุ๋ยหมักระหว่างกากตะกอนน้ำเสียผสมข้าวลีบและกากตะกอนน้ำเสียผสมเปลือกมัน 2) เพื่อศึกษาอัตราส่วนการใส่ปุ๋ยหมักที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักที่พัฒนามาจากตะกอนน้ำเสีย ข้าวลีบ และเปลือกมันต่อการเพิ่มผลผลิตพืชผักทางเกษตร 3) เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในส่วนต่างๆ ของผักกาดหอม ผักกาดหัว มะเขือเทศ การศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การสำรวจการเก็บตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสีย ข้าวลีบและเปลือกมันส่วนที่ 2 การเตรียมและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย ข้าวลีบและเปลือกมัน ส่วนที่ 3 การผลิตปุ๋ยหมักและการทดลองปลูกพืชผักและไม้ดอก โดยการหมักแบ่งออกเป็น3 ส่วน คือ การหมักกากตะกอนน้ำเสียเพียงอย่างเดียว การหมักข้าวลีบผสมกากตะกอนน้ำเสียและการหมักเปลือกมันผสมกากตะกอนน้ำเสียในอัตราส่วน 1:3,1:6,1:9 และ 1:12 จำนวน 9 ตำรับ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักได้แก่ N,P,K,Ca,Mg,Fe,Zn,Mn,Cu และโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดได้แก่ Pb และ Cd จากนั้นทำการคัดเลือกปุ๋ยหมักตำรับที่ดีที่สุด โดยนำไปใช้ในการปลูก ผักกาดหอม ผักกาดหัว มะเขือเทศ และ

ดาวเรือง โดยอัตราส่วนการใส่ปุ๋ยหมักจำนวน 5 อัตรา คือ 0,50,100,150 และ 200 กรัมต่อไร่ เมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยวแยกส่วน ราก ใบ และผลของพืชทดลอง นำมาวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืช การปลูกพืชทดลองในเรือนทดลองภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 ถึงมีนาคม พ.ศ.2548 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (สุชาดา บัวพันธ์, 2548)

จากผลการทดลองหมักปุ๋ยจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 9 ตำรับ พบว่าตำรับปุ๋ยหมักที่เหมาะสมในการหมักมี 3 ตำรับ คือ กากตะกอนน้ำเสียหมักเพียงอย่างเดียว ข้าวลีบผสมกากตะกอนและเปลือกมันผสมกากตะกอนในอัตราส่วน 1:12 กระบวนการหมักเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาประมาณ 35 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่า มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงแรกมีค่าค่อนข้างต่ำและเริ่มสูงขึ้นในช่วงหลังจนคงที่ประมาณ 7.1-7.7 ระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C/ N ratio) เท่ากับ 9.72-10.74 ไนโตรเจน 1.80-2.108 % ฟอสฟอรัส 1.03-1.46 % โพแทสเซียม 0.083-1.511% และมีปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดได้แก่ ตะกั่ว และแคดเมียม เท่ากับ 289.69-350.2 และ 1.99-4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตได้กับปุ๋ยหมักตามท้องตลาดและปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่าตำรับที่ใช้กากตะกอนหมักเพียงอย่างเดียว ในอัตราส่วน 50 กรัมต่อไร่ ตำรับที่ใช้ข้าวลีบผสมกากตะกอน ในอัตราส่วน 100 กรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดผักกาดหัวสูงที่สุด และตำรับที่ใช้เปลือกมันผสมกากตะกอน ข้าวลีบผสมกากตะกอน ในอัตราส่วน 150 กรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักผลสดมะเขือทศสูงที่สุด ส่วนดาวเรืองพบว่าตำรับที่ใช้กากตะกอนน้ำเสียหมักเพียงอย่างเดียว ในอัตราส่วน 50 กรัมต่อไร่ให้ผลผลิตด้านขนาดดอกและความยาวก้านสูงที่สุดและสูงกว่าอย่ามีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยหมักตามท้องตลาดและปุ๋ยเคมี ส่วนการสะสมของโลหะหนักที่เป็นพาบางชนิด ได้แก่ ตะกั่วและแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของพืชทดลอง พบว่ามีการสะสมน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ และการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชทดลอง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยหมักปริมาณที่ตกค้างพบได้ในดินทั่วไปและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีได้ในพื้นที่การเกษตร (สุชาดา บัวพันธ์, 2548)

3. การผลิตปุ๋ยหมักร่วมจากเศษอาหารและกากของเสียของโรงงานผลิตสารให้ความหวาน

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการผลิตปุ๋ยหมักร่วมเศษอาหารและกากของเสียจากโรงงานผลิตสารให้ความหวานเศษอาหารจากโรงอาหารของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลและกากของเสียจากกระบวนการผลิตสารให้ความหวานจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างกากของเสียต่อเศษอาหารในอัตราส่วนดังต่อไปนี้ 0:100, 10:90, 20:80,30:70, และ 40:60 ทำการหมักเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ จากนั้นนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มาตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนหลังจากการหมักสมบูรณ์ ในแต่ละชุดของการทดลองมีการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย และประเทศต่างๆผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยหมักร่วมพบปริมาณของโลหะหนักที่พบมีทั้งสิ้น 4 ธาตุ คือ สารหนู ตะกั่ว โครเมียม และทองแดง มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.02-0.31, 0.79-3.03,1.06-4.78และ 3.26-7.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณความเข้มข้นของโลหะ

หนัก 3 ธาตุ คือ สารหนู ตะกั่ว โครเมียม ในแต่ละอัตราส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.05) ยกเว้นธาตุทองแดง และปริมาณของโลหะหนักยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้มีได้ตามข้อกำหนดของปุ๋ยหมักจากมูลฝอยของประเทศไทย ทวีปอเมริกาและทวีปยุโรป สำหรับธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมทั้งหมด ในปุ๋ยหมัก ร่วมทั้ง 5 อัตราส่วน มีปริมาณในช่วง 1.53-8.05,0.18-0.48และ 0.0538-0.1026 % ตามลำดับ ส่วนความชื้น พีเอชและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.39-0.64 % ,6.21-6.97 และ 4.98-18.03 % ตามลำดับ (วิษณุพงศ์ เกลี้ยงช่วยและคณะ, 2552)

4. วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดและธาตุอาหารหลัก ในปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกและดินผสม

การศึกษาวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณโลหะหนัก (มังกานีส สังกะสี ทองแดง โครเมียม นิเกิลตะกั่ว แคดเมียม และปรอท) ในสารปรับปรุงคุณภาพดิน 9 ชนิด (ปุ๋ยหมัก 5 ชนิดปุ๋ยคอก 2 ชนิด และดินผสม 2 ชนิด) ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนวิเคราะห์พบปริมาณโลหะหนักทั้งหมดได้ทั้ง 8 ธาตุคือ มังกานีส สังกะสี ทองแดง โครเมียม นิเกิลตะกั่ว แคดเมียม และ ปรอท มีปริมาณเท่ากับ 543.38 1081.90 621.72448.87 61.18 275.75 3.56 และ 2.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับส่วนสารปรับปรุงคุณภาพดินอีก 8 ชนิด วิเคราะห์พบปริมาณโลหะหนักทั้งหมดได้เพียง 4 ธาตุคือ มังกานีส สังกะสี ทองแดง และโครเมียม มีปริมาณอยู่ช่วง 111.27-639.13 13.03-381.86 4.84-72.69 และ 21.37-82.26มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณโลหะหนักยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้มีได้ตามข้อกำหนดของปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนที่กำหนดโดยประเทศต่าง ๆ ในทวีปอเมริกาและทวีปยุโรป สำหรับปริมาณโลหะหนักที่พืชสามารถดูดดึงได้จากวิธีการสกัดทั้ง 4 วิธีมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ ปริมาณที่สกัดด้วย H_2O = KNO_3<<< DTPA < EDTA สำหรับธาตุอาหารหลัก ได้แก่ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารปรับปรุงคุณภาพดินทั้ง 9 ชนิด มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.14-2.460.02-0.56 และ 0.10-1.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนความชื้น พีเอชอินทรียวัตถุ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน มีปริมาณอยู่ในช่วง 6.12-35.21 เปอร์เซ็นต์ 4.31-8.63, 11.35-40.24 เปอร์เซ็นต์ 5.82-50.32 ตามลำดับ (ดาวรุ่ง สังข์ทอง, 2538)

5. ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนักในพืชผักบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี

งานวิจัยเรื่องนี้ ศึกษาเกี่ยวกับ การกำจัดกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโลหะหนักปนเปื้อนโดยนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เพื่อศึกษาถึงชนิดพืชที่เหมาะสมและการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน โดยพิจารณาจากผลของการเติมกากตะกอนลงดินอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม นิเกิล ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และเหล็ก) ของพืชผักสี่ชนิดคือ ผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกวางตุ้งและผักบุ้งจีน รวมทั้งการตกค้างของโลหะหนักในดิน ผลการทดลองพบว่า กากตะกอนที่เติมลงดินอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ได้รับผลผลิตผักคะน้าและผักบุ้งจีนเท่าเทียมกับการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 96 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราเติมกากตะกอน 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตผักกวางตุ้งที่

ได้รับสูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีและอัตราเติมกากตะกอน 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ได้รับผลิตผักกาดหอมต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเติมกากตะกอนลงดินการสะสมโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ของผักคะน้าและผักกวางตุ้ง จะไม่แตกต่างกับตำรับทดลองอื่น ๆแต่ผักกาดหอมจะสะสมทองแดง และเหล็กในส่วนใต้ดินเพิ่มขึ้น การเติมกากตะกอน อัตรา3,200 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ส่วนเหนือดินของผักกาดหอม และส่วนใต้ดินของผักบุ้งจีนสะสมสังกะสีเพิ่มขึ้น ปริมาณโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ที่สะสมในพืชผักทุกชนิดนี้ยังอยู่ในระดับที่มีในเนื้อเยื่อพืชทั่วไป และต่ำกว่าปริมาณที่ยอมรับให้ปนเปื้อนในอาหารและบริโภคได้สูงสุด ในแต่ละวันของคณะกรรมการ วิชาการร่วม FAO/WHO (Codex) นอกจากนี้โลหะหนักส่วนใหญ่ที่ตกค้างในดิน หลังจากเติมกากตะกอนคือ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และเหล็กมีปริมาณไม่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นๆ มีเพียงการตกค้างของนิเกิลในดินที่ปลูกผักกวางตุ้งและสังกะสีในดินที่ปลูกผัก ทั้ง 4 ชนิด ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอนลงดิน มีผลให้สังกะสีตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินทุกแปลงทดลองยังอยู่ในเกณฑ์ ที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตรกรรม (ศิราณี ศิริสุโขดม, 2534)

6. ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อผักคะน้าและผักกาดหอม ในสภาพเรือนทดลอง

เป็นการศึกษาความเป็นพิษของโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และแคดเมียมที่ถูกปลดปล่อยออกจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน ณ อัตราเติม 20 เมตริกตัน/เฮกตาร์ (50กรัม/กระถาง) ในรูปน้ำหนักแห้งของกากตะกอนต่อผักคะน้า และผักกาดหอม ดินทดลองนำมาจากพื้นที่เกษตรกรรมตำบลบ้านฉาง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ส่วนกากตะกอนนำมาจาก anaerobic digester ของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial incompletely randomize design ทำ 3 ซ้ำ โดยปลูกผักคะน้าและ ผักกาดหอมบนดินซึ่งเติมเกลืออนินทรีย์ของโลหะหนัก 4 ระดับ ให้เทียบเท่า กับปริมาณโลหะหนักจากกากตะกอน ตั้งแต่ปริมาณที่พืชอาจใช้ได้ทันที (ระดับที่ 1) จนถึงปริมาณทั้งหมดที่มีในกากตะกอน (ระดับที่4) แล้วติดตามปริมาณ โลหะหนักที่สะสมในดินและในพืชตลอดจนผลผลิตพืชที่ได้ ผลการศึกษาพบว่า สำหรับแคดเมียมในดินหลังปลูกพืชทั้ง 2 ชนิด รวมทั้งตะกั่วในดินหลังปลูกผักคะน้ามี แนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณการเติมเกลืออนินทรีย์ของโลหะหนัก แต่ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน สำหรับปริมาณในพืช ส่วนเหล็ก แมงกานีส และนิกเกิล ในดินหลังปลูกพืชทั้ง 2 ชนิด รวมทั้งตะกั่วในดินหลังปลูกผักกาดหอมไม่แสดง แนวโน้มที่ชัดเจนทั้งปริมาณในดินและในพืช สำหรับการปลดปล่อยโลหะหนักจากกากตะกอนนั้นพบว่า เมื่อเวลาผ่าน ไปหนึ่งฤดูเพาะปลูกโลหะหนักแต่ละธาตุจะถูกปลดปล่อยออกจากกากตะกอนได้ช้าเร็วต่างกัน โดยทองแดงจะถูกปลดปล่อยจากกากตะกอนได้เร็วที่สุด รองลงมาได้แก่ สังกะสี และแคดเมียม ตามลำดับ นอกจากนี้ไม่พบอาการ ผิดปกติเนื่องจากความเป็นพิษของโลหะหนักในพืชทดลองทั้ง 2 ชนิด แต่กลับพบว่าการเติมเกลืออนินทรีย์ของโลหะหนัก ทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยเห็นได้ชัดเจนจากผักกาดหอม ซึ่งให้ผลผลิตที่สูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และเทียบเท่ากับผลผลิตที่ได้จากการเติมกากตะกอนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P \leq 0.01$) อีกทั้งยังทำให้พืชมีลักษณะสมบูรณ์อีกด้วย อาจกล่าวได้ว่าไม่มีความเสี่ยงต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก เนื่องจากการเติม

กากตะกอน ณ ระดับ 20 เมตริกตัน/เฮกตาร์ และช่วงเวลาการเติม กากตะกอนลงสู่พื้นที่การเกษตรที่เหมาะสมนั้นน่าจะมีระยะห่างกันอย่างน้อย 2 ฤดูเพาะปลูกของผักคะน้าและผักกาดหอม (อรรณพ หอมจันทร์, 2535)

7. การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักและไม้ดอก ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมี

การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักและไม้ดอก ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมี มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียมและธาตุอาหาร ในปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุทางการเกษตร 4 สูตร ได้แก่ ปุ๋ยหมักสูตร 1 จากข้าวลีบ : เปลือกมัน อัตรา 1:1 ปุ๋ยหมักสูตร 2 จากข้าวลีบ:กากมัน:เปลือกมัน อัตรา 1:1:1 และอีก 2 สูตรคือ ปุ๋ยหมักจากเปลือกกล้วย อำเภอบางกระทุ่ม และปุ๋ยหมักจากเปลือกถั่ว ตำบลดอนทอง จังหวัดพิษณุโลก 2) หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในปุ๋ยหมักแต่ละชนิดร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยทำการปลูกพืชผักและไม้ดอก ได้แก่ คะน้า มะเขือเทศ และดาวเรือง 3)ปริมาณการสะสมตะกั่ว และแคดเมียมในส่วนต่างๆของพืช 4) ปริมาณการสะสมตะกั่วและแคดเมียมในดินหลังการปลูก โดยทำการทดลองในโรงเรือน และวางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design) กระทำ 4 ซ้ำ โดยมีชุดควบคุม ปุ๋ยเคมี และอัตราใส่ปุ๋ยหมัก 3, 6, 9, และ 12 ตันต่อไร่ ผลการทดลองสำหรับการสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักและไม้ดอก พบว่า คะน้าไม่มีการสะสมของปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในทุกส่วนต่างๆ ส่วนดาวเรืองที่ใส่ปุ๋ยหมักตามท้องตลาด 2 ในอัตรา 6,9และ 12 ตันต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี พบว่ามีการสะสมตะกั่วอยู่ในช่วง 0.07-0.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มะเขือเทศ ที่ใส่ปุ๋ยหมักตามท้องตลาด 2 ในอัตรา 6,9และ 12 ตันต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี พบว่ามีการสะสมตะกั่วอยู่ในช่วง 0.13-0.19 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีการสะสมแคดเมียม ที่อัตรา 12 ตัน/ไร่+ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หากเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชผักและไม้ดอก กับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข (2529) พบว่า ใบและลำต้นของคะน้า ผลมะเขือเทศ และดอกดาวเรือง ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 4 แหล่ง และในทุกอัตราส่วน สามารถนำมาบริโภคได้ เนื่องจากมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในส่วนที่บริโภคได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ศิริพร แสงจันทร์, 2549)

8. การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชน

การศึกษาหาปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชน ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณไนโตรเจน 0.33-0.43 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.06-0.08 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.74-1.09 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโลหะตะกั่ว 23.65-29.80 มก./กก. ปริมาณแคดเมียม 2.49-2.60 มก./กก. ปริมาณโลหะตะกั่วและแคดเมียมในปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนทั้ง 3 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P มากกว่า 0.05) และมีปริมาณอยู่ในระดับที่ยอมให้มีได้ตามข้อกำหนดของปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชนที่กำหนดโดยประเทศต่างๆ สำหรับการสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผัก พบว่ามีการสะสมตะกั่วมากที่สุดในรากและใบของมะเขือเทศเท่ากับ 1.850 และ 3.866 มก./กก. ตามลำดับ สำหรับลำต้นผักคะน้า พบว่า

มีตะกั่วมากที่สุด 2.756 มก./กก. ส่วนในผลมะเขือเทศและแตงกวามีปริมาณตะกั่วน้อยมาก จนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ปริมาณโลหะแคดเมียมพบมากที่สุดในรากและต้นของผักบุ้ง เท่ากับ 1.350 และ 2.384 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนของใบพบว่าแตงกวามีปริมาณแคดเมียม มากที่สุดเท่ากับ 0.764 มก./กก. ผลมะเขือเทศมีปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0-0.109 มก./กก. และผลแตงกวามีปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.007-0.275 มก./กก. ค่ามาตรฐานอาหารตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 71 พ.ศ. 2525 ปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียมที่ปนเปื้อนในอาหารและ ยอมให้บริโภคได้เท่ากับ 1 และ 0.8 มก./กก. น้ำหนักตัว ตามลำดับ (สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์; เสวียน เปรมประสิทธิ์, 2545)

9. ข้อมูลพฤกษศาสตร์ของพืชที่นำมาทดลอง

ผักบุ้งจีน (Water convolvuls)

ผักบุ้งจีนมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ Ipomoea aguatica Fors K. Var. reptan อยู่ในตระกูล Convolvulaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน พบได้ทั่วไปในอัฟริกา และเอเชียเขตร้อน จนถึงมาเลเซียและ ออสเตรเลีย ผักบุ้งจีนมีลักษณะเป็นใบสีเขียว ก้านดอกและดอกสีขาว อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 20-25 วัน ดินที่เหมาะสมในการปลูก เป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ผักบุ้งจีนชอบที่ชื้นแฉะ ต้องการ ความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการ แสงแดดเต็มที่ ซึ่งในประเทศไทยสามารถปลูกได้ดี (นรินทร์ พูลเพิ่ม, 2536)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการสะสมตะกั่วและแคดเมียมในผักบุ้ง ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยจากขยะชุมชน แบ่งการศึกษาวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาการสะสมแคดเมียมในดิน 2) การศึกษาการสะสมแคดเมียมในผักบุ้งจีน

การทดลองที่ 1 การหาอัตราการใส่ปุ๋ยหมักจากขยะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนทั้ง 2 ที่

นำปุ๋ยหมักจากขยะทั้ง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ปุ๋ยหมักจากขยะจากเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย และ ปุ๋ยหมักจากขยะจาก องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ มาคลุกเค้ากับดินในกระถางก่อนทำการปลูกพืชประมาณ 7-14 วัน (รพีพร, 2539) โดยกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยหมักเท่ากับ 1.5, 2.0, 2.5 ตันต่อไร่ และชุดควบคุม คือดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย จากนั้นนำปุ๋ยไปปลูกพืช จำนวน 1 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยกระทำ 3 ซ้ำ

1. การวางแผนการทดลองทางสถิติ

การปลูกพืชวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยตำรับการทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1	ดินเพียงอย่างเดียว(ชุดควบคุม)
ตำรับที่ 2	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ของเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย จำนวน 1.5 ตัน/ไร่
ตำรับที่ 3	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ของเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย จำนวน 2 ตัน/ไร่
ตำรับที่ 4	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ของเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย จำนวน 2.5 ตัน/ไร่
ตำรับที่ 5	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1.5 ตัน/ไร่
ตำรับที่ 6	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 ตัน/ไร่
ตำรับที่ 7	ใส่ปุ๋ยหมักจากขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2.5 ตัน/ไร่

2. การเตรียมการทดลองปลูกพืชผัก

เมล็ดพันธุ์ พืชทดลองจากบริษัทศรแดง ดังนี้คือ

ผักบุ้งจีน พันธุ์ยอดไผ่ 9

2.1 ดินที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินชุดโคราช (Korat series : Kt) บริเวณโรงเรียนวังทองพิทยาคม อำเภอวังทองจังหวัดพิษณุโลก ที่ระดับความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร (ถวิล, 2512) โดยเก็บตัวอย่างดินให้ได้ประมาณ 315 กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนของดินที่จะนำมาทดลอง จากนั้นนำตัวอย่างดินทั้งหมดมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดใหญ่ เพื่อทำการคัดแยกเศษไม้ และเศษหญ้าแห้ง คลุกเคล้าดินที่ร่อนได้ให้เข้ากัน จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดที่ผ่านการร่อนแล้ว จำนวน 15 จุด (มานัส, 2529) ให้ได้ประมาณ 500 กรัม นำมาผึ่งลมให้แห้ง (Air - dry) รองด้วยแผ่นพลาสติกใสทำการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลิเมตร แล้วบรรจุใส่ขวดพลาสติกปิดฝาให้สนิท เพื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อดินและคุณสมบัติทางเคมีก่อนการทดลอง ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม (Ammonium Acetate Method) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) ความชื้น โลหะหนักที่เป็นพิษ ได้แก่ แคดเมียม(Cd)

2.2 กระถางสำรับปลูกพืช

การทดลองใช้กระถางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 นิ้ว จำนวน 21 กระถาง บรรจุดินที่นำมาใช้ในการทดลอง จำนวน 5 กิโลกรัมต่อไร่

2.3 การปลูกพืชผักและการดูแลรักษา

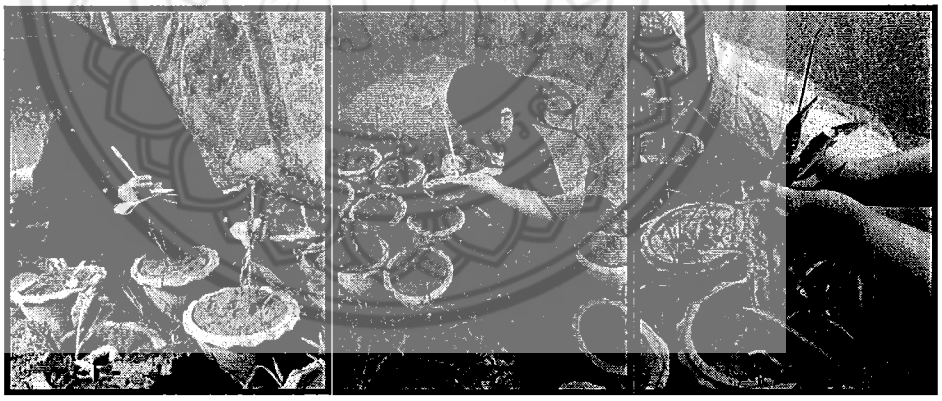
2.3.1 ผักบุ้ง

การเพาะต้นกล้า คือนำเมล็ดพันธุ์เพาะในกระบะเพาะชำ โดยใช้วัสดุเพาะชำ คือ แกลบดำ : แกลบขาว : ดินร่วน ขุยมะพร้าว : มะพร้าวสับ : ปุ๋ยคอก โดยในอัตรา 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าวัสดุเพาะชำให้เข้ากันในขณะที่แห้ง เมื่อเป็นเนื้อเดียวกัน พรมน้ำเล็กน้อย คลุกเคล้าให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำวัสดุเพาะชำดังกล่าวมาบรรจุใส่กระบะเพาะชำ เตรียมเมล็ดพันธุ์โดยแช่น้ำ 1 คืนจากนั้นทำการหยอดเมล็ดผักบุ้งหลุมละประมาณ 3-4 เมล็ด แล้วเกลี่ยผิวหน้าวัสดุเพาะชำในกระบะชำให้เรียบเพื่อให้วัสดุเพาะชำเก็บความชื้นได้สม่ำเสมอ จากนั้นรดน้ำให้ชุ่มจนกว่าเมล็ดจะงอกและทำการย้ายต้นกล้าเมื่อมีอายุ 2-3 วัน สำหรับต้นกล้าที่จะปลูกในกระถางนั้นทำการเลือกต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เช่น ความสูง จำนวนใบ และความแข็งแรงมาปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ กระถางละ 2 ต้น และถอนแยก ให้เหลือกระถางละ 1 ต้น เมื่อต้นกล้าตั้งตัวได้ประมาณ3วันในการย้ายต้นกล้านั้นจะทำการย้ายตอนบ่ายถึงเย็น ขณะย้ายพยายามให้วัสดุที่เพาะติดมาด้วยกับรากด้วยเพื่อป้องกัน การกระทบกระเทือนและรดน้ำให้ชุ่มทันที หลังจากการปลูกเสร็จ จากนั้นรดน้ำทุกๆ 1-2 วัน เพื่อรักษาระดับความชื้นภาคสนาม (Field Capacity : FC) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต

ภาพ 1 : การนำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้ง

3. การเก็บข้อมูลระหว่างการเจริญเติบโตของพืช

บันทึกการเจริญเติบโตของพืชผัก วัดความสูงของผักบุ้ง ในแต่ละตำรับการทดลอง ทุกๆ 7 วัน โดยวัดจากส่วนเหนือดินจนถึงปลายยอดใบ แล้วนำมาหาค่าความสูงเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง



ภาพ 2 : การตรวจวัดการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง

4. การเก็บเกี่ยวพืชผัก

เมื่อครบกำหนดการเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน จะทำการเก็บทั้งหมดทุกกระถาง โดยเก็บผลส่วนเหนือดินทั้งหมด ได้แก่ ใบ และส่วนใต้ดินทั้งหมด ได้แก่ ราก หลังจากนั้นนำมาชั่งและคำนวณหาผลผลิต คิดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง การเก็บเกี่ยวพืชผักเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษที่สะสมในส่วนต่างๆของพืชทดลอง ดังนี้

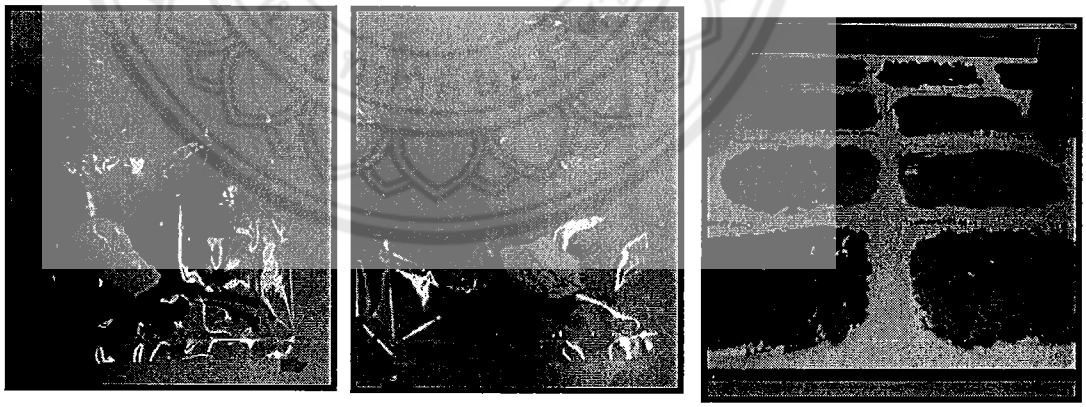
ผักบุ้งจีน เก็บตัวอย่างผักบุ้งจีนเมื่อมีอายุครบ 25-30 วัน แยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน

การเก็บตัวอย่างดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินที่ทำการปลูกพืชในแต่ละตำรับการทดลอง ประมาณ 500 กรัมต่อไร่แล้วนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันและนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและโลหะหนักที่เป็นพิษได้แก่ แคดเมียม (Cd) (สุชาดา, 2548)

5. การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะหนัก

การวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมของโลหะหนักจะต้องเตรียมตัวอย่างพืชโดยกำจัดสารปนเปื้อนในพืชทดลอง โดยการเช็ดส่วนต่างๆของพืชให้สะอาดด้วยผ้าที่ละเอียดชุบน้ำหมาดๆ แต่ในกรณีที่มีการปนเปื้อนของดิน ปุ๋ย และอื่นๆ โดยเฉพาะส่วนรากจะใช้วิธีการล้างด้วยสารละลายผงซักฟอก 1-3 เปอร์เซ็นต์ (สมศักดิ์, 2527) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดและล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง สลัดให้พอแห้ง แยกส่วนต่างๆ ของพืช จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 48 ชั่วโมง และอบจนกระทั่งแห้งสนิท เพื่อหยุดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและทางเคมีในเนื้อเยื่อพืช จนน้ำหนักพืชคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นบดตัวอย่างพืชด้วยครกกระเบื้องเคลือบให้ละเอียดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร ตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงต้องนำไปบดอีก นำตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วผสมคลุกเคล้ากันให้ดี จากนั้นบรรจุตัวอย่างพืชทดลองใส่ขวดพลาสติกปิดปากขวดให้สนิท แล้วเก็บตัวอย่างไว้สำหรับนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิด ได้แก่ ตะกั่วและแคดเมียม (สุชาดา, 2548)



ภาพ 3 : การเตรียมตัวอย่างพืช และ ดิน หลังการทดลองเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยก่อนการทดลอง ดินก่อนและหลังการทดลอง

6.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

โดยวิธีของ Kjeldahl method นำตัวอย่างดิน และ ปุ๋ย 1-2 กรัม ไปย่อย (Digest) โดยเติมกรดกำมะถันเข้มข้น ย่อยในเตาย่อย จนสีเริ่มใส จากนั้นจึงนำตัวอย่างมาเข้าเครื่องกลั่น โดยเติม NaOH 40% เริ่มจับ NH_4^+ ด้วย Boric acid indicator 2%จากนั้น นำไปไทเทรตด้วย Standard H2SO4 จนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นม่วงแดง บันทึกปริมาตร Standard H2SO4 ที่ใช้ไป แล้วนำไปคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

6.2 การหาปริมาณฟอสฟอรัส

การหาฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

นำตัวอย่างปุ๋ย 1 กรัม มาย่อยด้วย กรด $HClO_4$ เข้มข้น ที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายใส แล้วจึงนำไปกรอง จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยการ ดูดสารละลายแล้วเติมด้วยสารละลาย vanadomolybdate แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer wavelength 420 nm. นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และทำการคำนวณต่อไป

การหาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus)

ใช้วิธี Bray II Method ทำการสกัดตัวอย่างดินหรือปุ๋ย ตัวอย่างละ 2 กรัม ด้วยน้ำยาสกัด Bray II (0.5*N* HCl กับ 1*N* NH_4F) แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเติมน้ำยา ascorbic acid ลงไป จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ wavelength 882 nm.

6.3 การวิเคราะห์โพแทสเซียม (Extractable Potassium)

โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตท (Ammonium Acetate Method) นำตัวอย่างดินและปุ๋ยตัวอย่างละ 5 กรัม เติมน้ำยาสกัด 1N NH4OAc (pH 7.0) เขย่านาน 30 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำสารละลายที่ได้ ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ โพแทสเซียม (K^+) โดยเข้าเครื่อง Astomic absorption spectrophotometer (AAS) หลังจากนั้นจึงนำไปคำนวณหาความเข้มข้น

6.4 การวิเคราะห์แคดเมียม

การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างปุ๋ย ตัวอย่างละ 1 กรัม ทำการย่อยโดยเติม conc. HNO_3 ทำการย่อยจนกว่าตัวอย่างจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่น จากนั้นเติม 5*M* HCl ย่อยต่อไปจนเดือด ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง และนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดความเข้มข้น ของโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ที่พืชดูดซึมง่าย

ใช้วิธีสกัดดินด้วย diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) (0.005 M $CaCl_2$ และ 0.1 M Triethanolaamine(TEA))เตรียมตัวอย่างดินและปุ๋ย ตัวอย่างละ 20 กรัม ทำการสกัดด้วยการเติมน้ำยา DTPA 20ml. เขย่า 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

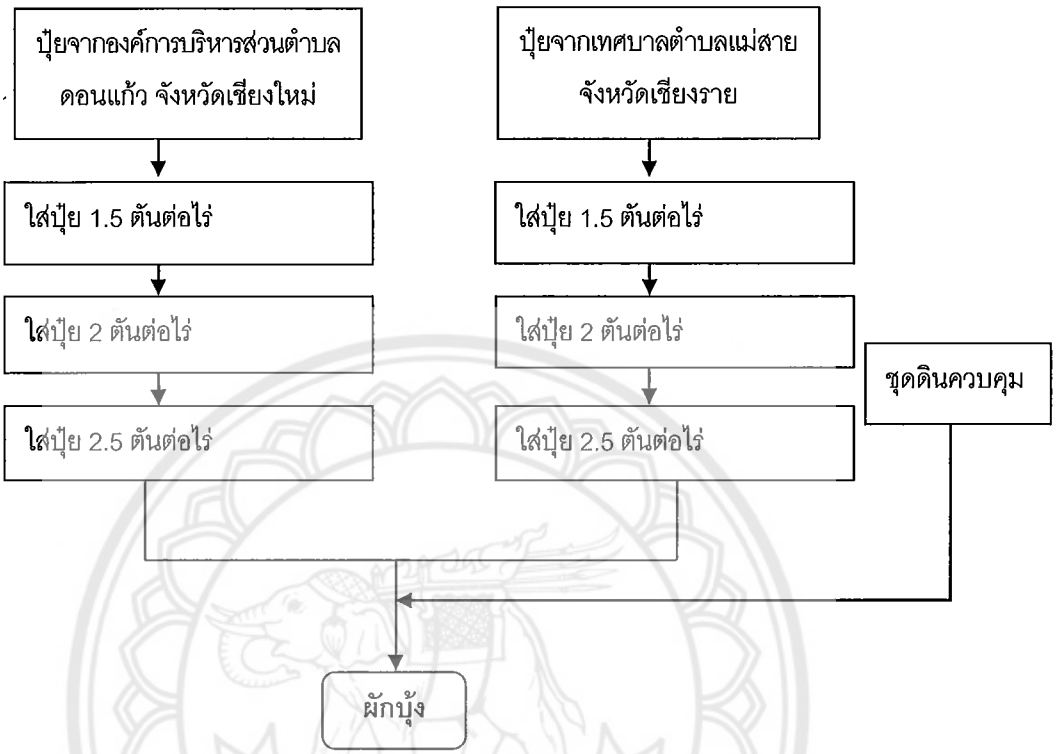
7 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดในส่วนต่างๆของพืชทดลอง

โดยนำพืชที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ตัวอย่างละ 1.0 กรัม ใส่ลงใน test tube เติม HClO4 : HNO3 Mixture (อัตรา 1:4) ลงไป 10 มิลลิลิตร นำไปวางบน digest ต้มพืชตัวอย่างจนกระทั่งกรด HNO3 ระเหยไปหมดและควันสีขาวของกรดเปอร์คลอลิคระเหยขึ้นมาจนได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ในขวดพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ (สุชาดา, 2548)

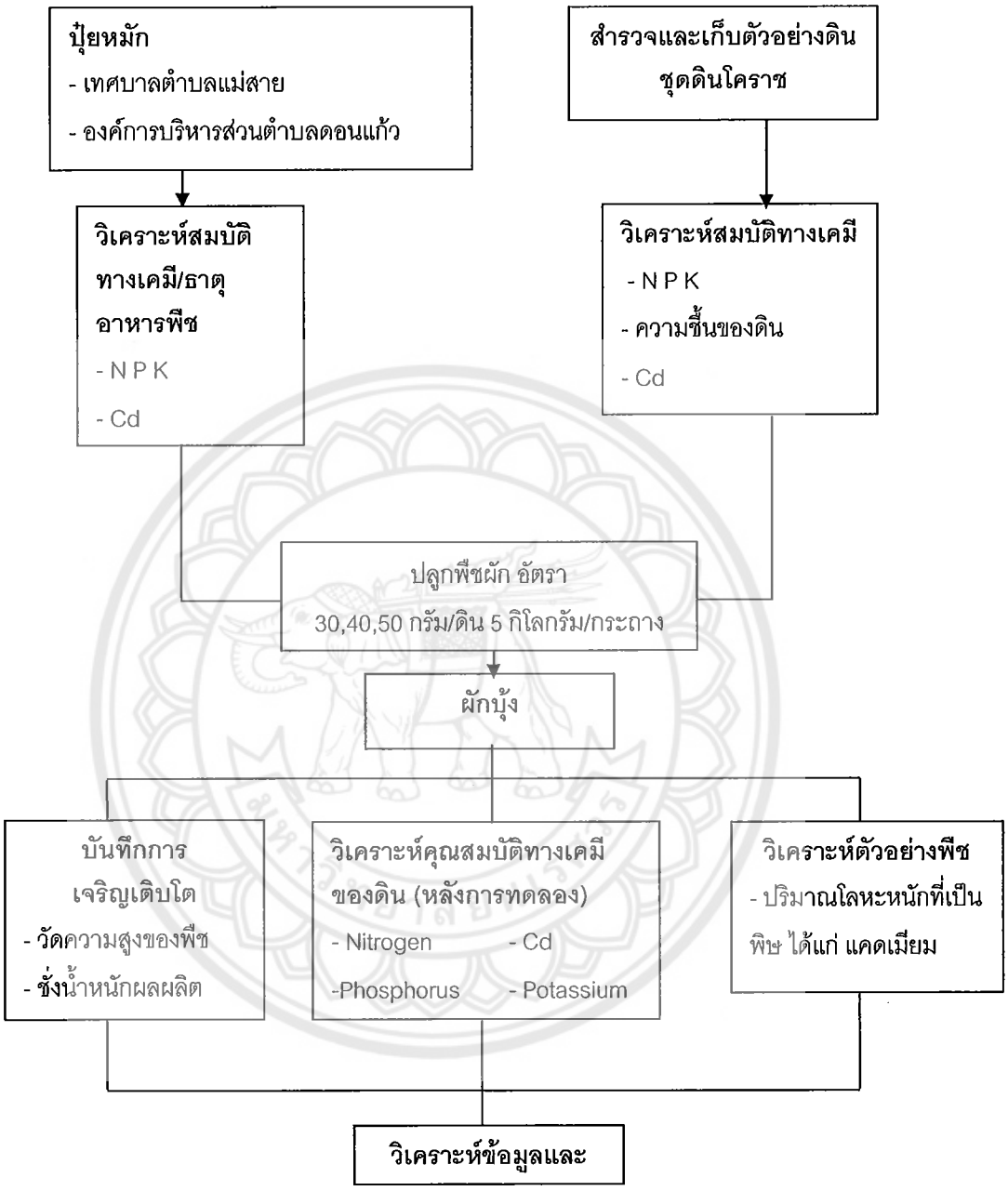
8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้การวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้ คือ ใช้ Analysis of Variances (ANOVA) และใช้ Duancan s new multiple range test (DMRT) สำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างของปุ๋ยหมักแต่ละตำรับการทดลอง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

9. การวางแผนการทดลอง แบบ CRD (3 ซ้ำ)



ภาพ 4 : อัตราการใส่ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน



ภาพ 5 : แผนผังการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน โดยมีปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 2 ตัวอย่าง คือ 1) ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ 2) ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย จากการทดลอง สามารถแบ่งประเด็นเพื่ออภิปรายผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน ขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และ ปุ๋ยหมักขากขยะชุมชนของเทศบาลแม่สาย จังหวัดเชียงราย โดยทำการตรวจปริมาณธาตุอาหารหลักและปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 0.306 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของปุ๋ยหมักจากเทศบาตำบลแม่สาย เท่ากับ 0.769 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 6.011 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย เท่ากับ 3.935 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 0.760 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักของเทศบาลแม่สายเท่ากับ 0.296 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคดเมียมที่ตกค้างในปุ๋ยหมักขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 0.070 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคดเมียมที่ตกค้างในปุ๋ยหมักของเทศบาลตำบลแม่สาย เท่ากับ 1.670 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดังตาราง 1)

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีโดยตรวจธาตุอาหารหลักและปริมาณการตกค้างของแคดเมียมในปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง ยังมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก คือ ≥ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วมีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมัก ทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ มีปริมาณที่ไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก คือ ≥ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียม พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วมีปริมาณสูงกว่า โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย และพบว่าปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สายอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก คือ ≥ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคดเมียมที่ตกค้างในปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว มีปริมาณการตกค้างของแคดเมียมน้อยกว่าปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย แต่การตกค้างของแคดเมียมที่พบในปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง

ไม่เกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนในปุ๋ยหมัก คือ ≤0.5มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่าปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีและนำมาใช้ในการทำเกษตรกรรมได้

4.2 คุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในการทดลอง

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดิน และปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อน ได้แก่ แคดเมียม พบว่า ชุดดินที่นำมาทดลองเป็นชุดดินโคราช เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.017 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 7.880 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 2.487 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อน พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่จะนำมาใช้ในการทดลอง (ดังตาราง 2) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของตัวอย่างดินที่จะนำมาใช้ในการทดลอง จะเห็นว่า เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารในดินอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำถึงต่ำมาก ซึ่งเหมาะกับการทดลองนี้ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารต่างๆ จากปุ๋ยหมักมีอยู่สูงกว่าในดิน จึงสามารถนำมาทดแทนธาตุอาหารที่ขาดแคลนได้

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากขยะ		ค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก
	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว	เทศบาลตำบลแม่สาย	
ไนโตรเจนทั้งหมด N (Total Nitrogen) %	0.306	0.769	≥1.00
ฟอสฟอรัส P (Total Phosphorus) %	6.011	3.934	≥0.50
โพแทสเซียม K (Total Potassium) %	0.760	0.296	≥0.50
แคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) %	0.070	1.670	5

ตาราง 1 คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน

ตาราง 2 คุณสมบัติทางเคมี และโลหะหนักของดินก่อนการทดลอง

คุณสมบัติทางเคมี	ดินก่อนการทดลอง
ไนโตรเจน(Total Nitrogen) %	0.017
ฟอสฟอรัส(Available Phosphorus) mg/kg	7.880
โพแทสเซียม(Extractable Potassium) mg/kg	2.487
แคดเมียม (Extractable Cadmium) mg/kg	ไม่พบ

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

จากการทดลองปลูกผักบุ้งในดินที่ผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน โดยกระทำการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน 3 อัตรา คือ 1.5 ตัน 2 ตัน และ 2.5 ตัน ต่อไร่ ส่งผลทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตและสะสมของแคดเมียม ดังนี้

การเจริญเติบโตของผักบุ้ง

4.3.1 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

ผลการทดลองปลูกผักบุ้ง ดังที่แสดงในตาราง 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้นส่วนเหนือดินสูงที่สุด เท่ากับ 10.627 กรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 10.603 กรัมต่อไร่ และอัตราการใส่ปุ๋ยที่ให้น้ำหนักต้นส่วนเหนือดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 3.623 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักต้นส่วนเหนือดินสูงกว่า ชุดควบคุม และตำรับการทดลองชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.2 น้ำหนักสดส่วนใต้ดิน

ผลการทดลองปลูกผักบุ้ง ดังที่แสดงในตาราง 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดส่วนใต้ดินสูงที่สุด เท่ากับ 4.317 กรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 2.763 กรัมต่อไร่ และอัตราการใส่ปุ๋ยที่ให้น้ำหนักสดส่วนใต้ดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 1.520 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยอัตรา 2 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักสดส่วนใต้ดิน สูงกว่าชุดควบคุมและตำรับการทดลองชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.3 น้ำหนักสดผักบุ้งทั้งหมด

ผลการทดลองปลูกผักบุ้ง ดังที่แสดงในตาราง 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ ทำให้มีน้ำหนักสดของผักบุ้งทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 14.944 กรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วในอัตราส่วน 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 13.366 กรัมต่อไร่ น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 5.163 กรัมต่อไร่ ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย 2 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักรวมของผักบุ้งทั้งหมดมากกว่า เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.4 ความสูงของต้นผักบุ้ง

ผลการทดลอง ดังแสดงในตาราง 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ความสูงเฉลี่ยของต้นผักบุ้งสูงที่สุด เท่ากับ 36.467 เซนติเมตร รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 32.667 เซนติเมตร ในส่วนของผักบุ้งที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ผักบุ้งมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 24.000 เซนติเมตร รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 23.967 เซนติเมตร ซึ่งผักบุ้งที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วในอัตรา 2 และ 2.5 ตันต่อไร่ มีความสูงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ

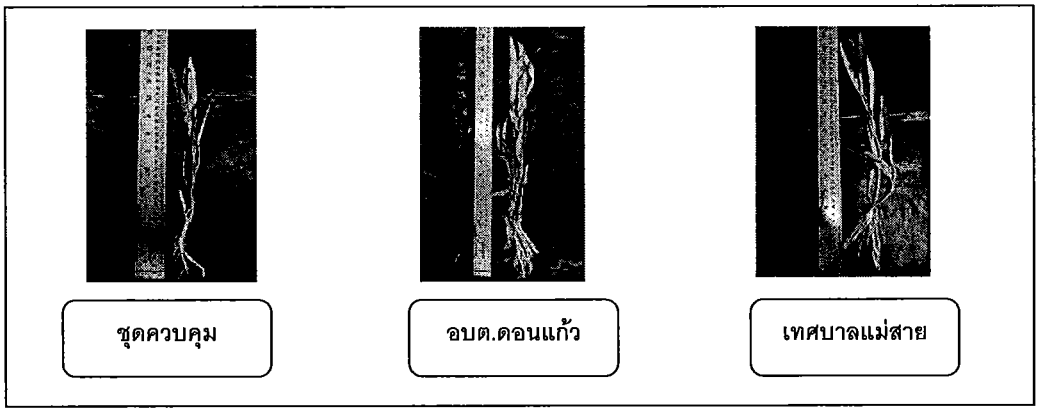
ตาราง 3 น้ำหนักสด ต้นส่วนเหนือดิน ส่วนใต้ดิน น้ำหนักทั้งหมด และความสูง**ของผักบุ้ง**

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดผักบุ้ง(กรัมต่อไร่)			
	ส่วนใต้ดิน	ส่วนเหนือดิน	น้ำหนักทั้งหมด	**ความสูง**
ชุดคอนโทรล (ดินอย่างเดียว)	0.790[1]	2.174[1]	2.964[1]	19.8333[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	1.970[1]	6.633[12]	8.603[2]	31.800[2]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	4.317[2]	10.627[3]	14.944[3]	36.467[2]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	2.763[12]	10.603[3]	13.366[3]	32.667[2]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	1.540[1]	3.623[12]	5.163[12]	18.333[1]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	1.993[1]	5.693[12]	7.686[2]	24.000[1]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	1.520[1]	4.507[12]	6.027[12]	23.967[1]

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพ 6 การใส่ปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1.5 ตันต่อไร่ ในระยะการเจริญเติบโต 30 วัน

ภาพ 7 การใส่ปุ๋ยหมักอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ ในระยะการเจริญเติบโต 30 วัน



ภาพ 8 การใส่ปุ๋ยหมักอัตราส่วน 2.5 ตันต่อไร่ ในระยะการเจริญเติบโต 30 วัน

4.4 น้ำหนักแห้งของผักบุ้ง

4.4.1 น้ำนักแห้งต้นส่วนเหนือดิน

ผลการทดลอง ดังแสดงในตาราง 4 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นส่วนเหนือดินของต้นผักบุ้งสูงที่สุด เท่ากับ 2.009 กรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 1.807 กรัมต่อไร่ น้อยที่สุด คือการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.615 กรัมต่อไร่ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย 2 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งต้นส่วนเหนือดินมากกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และตำรับการทดลองอื่นๆ

4.4.2 น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน

ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งของผักบุ้งส่วนใต้ดินสูงที่สุด เท่ากับ 1.408 กรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 1.295 กรัมต่อไร่ น้อยที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.394 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ย อัตรา 2 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักแห้ง ส่วนใต้ดินมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ

4.4.3 น้ำหนักแห้งทั้งหมด

ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทั้งหมด ของต้นผักบุ้งสูงที่สุด เท่ากับ 3.417 กรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 3.102 กรัมต่อไร่น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 1.035 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยอัตรา 2 ตันต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งทั้งหมดมากกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่น

ตาราง 4 น้ำหนักแห้ง ต้นส่วนเศรษฐกิจ ราก น้ำหนักรวม ของผักบุ้ง

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งผักบุ้ง(กรัมต่อไร่)		
	ส่วนใต้ดิน	ส่วนเหนือดิน	น้ำหนักทั้งหมด
ชุดคอนโทรล (ดินอย่างเดียว)	0.233[1]	0.389[1]	0.622[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	0.558[1]	1.262[23]	1.820[3]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	1.408[2]	2.009[4]	3.417[4]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	1.295[2]	1.807[34]	3.102[4]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	0.420[1]	0.615[1]	1.035[12]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	0.591[1]	0.950[12]	1.541[23]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	0.394[1]	0.668[12]	1.062[12]

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.5 การสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆของผักบุ้ง

ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่า ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนของแคดเมียมมากว่าปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว (ดังแสดงในตาราง 1) และจากการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักบุ้ง พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยมีอิทธิพลต่อการสะสมของแคดเมียมในต้นผักบุ้ง โดยปริมาณการสะสมของแคดเมียมจะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.5.1 การสะสมแคดเมียมในส่วนใต้ดินของผักบุ้ง

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า อัตราการการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วและ จากเทศบาล ตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมของแคดเมียม มากที่สุด เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราการใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วอัตรา 1.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมของแคดเมียมน้อยที่สุด เท่ากับ 0.000 ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีปริมาณแคดเมียมสะสมในส่วนใต้ดินของต้นผักบุ้งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และตำรับการทดลองอื่นๆ

4.5.2 การสะสมแคดเมียมในต้นผักบุ้งส่วนเหนือดิน

ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 5 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมของแคดเมียมในต้นส่วนเหนือดิน มากที่สุด เท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหาร ส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมแคดเมียม เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมแคดเมียมในต้นส่วนเหนือดินน้อยที่สุด เท่ากับ 0.001 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีปริมาณแคดเมียมสะสม ในต้นส่วนเหนือดินมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และตำรับการทดลองอื่นๆ

4.5.3 การสะสมแคดเมียมในต้นผักบุ้งทั้งหมด

ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 5 พบว่า ปริมาณการสะสมของแคดเมียมทั้งหมดรวมทั้งส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจาก เทศบาลตำบลแม่สายในอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีการสะสมของแคดเมียมในต้นผักบุ้งมากที่สุด เท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักจาก องค์การบริหาร ส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีการสะสมแคดเมียม เท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยหมัก มีการสะสมของแคดเมียมน้อยที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการใส่ปุ๋ยอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณแคดเมียมสะสมอยู่ในผักบุ้งมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ จะมีการสะสมของแคดเมียมอยู่ในบริเวณ ต้นส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน

ตาราง 5 การสะสมแคดเมียม ต้นส่วนเหนือดิน ส่วนใต้ดิน และทั้งหมดของผักบุ้ง

ตำรับการทดลอง	การสะสมแคดเมียมในผักบุ้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ส่วนใต้ดิน	ส่วนเหนือดิน	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด
ชุดคอนโทรล(ดินอย่างเดียว)	0.0000^{1}	0.0000^{1}	0.0000^{1}
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	0.000^{1}	0.001^{2}	0.001^{2}
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	0.001^{12}	0.002^{23}	0.003^{23}
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	0.002^{4}	0.002^{23}	0.004^{4}
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	0.001^{23}	0.001^{2}	0.002^{23}
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	0.001^{34}	0.002^{23}	0.003^{34}
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	0.002^{4}	0.003^{3}	0.005^{4}

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

วร
จ๒๖๒๗
๒๕๕๗ เ๗๗๒๑๐๑

สำนักหอสมุด
1- 5 ต.ค. 2560

4.6 คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูก

4.6.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชุดดินโคราชก่อนทำการทดลอง (ดังตาราง 2) มีค่าเท่ากับ 0.017 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชุดดินโคราช ที่นำมาทดลองนั้นจัดอยู่ฝนเกณฑ์ที่ต่ำมาก และจากการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วนต่างๆ ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการทดลองเพิ่มมากขึ้น (ดังตาราง 6) โดยการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วในอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุด เท่ากับ 0.467 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.449 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 0.327 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใส่ปุ๋ยหมัก 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ (ดังตาราง 7 และภาพ 9)

4.6.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินชุดโคราช ก่อนทำการทดลอง มีค่าเท่ากับ 7.880 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดังตาราง 2) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุดโคราชจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ และจากการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วนต่างๆ ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง เพิ่มมากขึ้น (ดังตาราง 6) โดยการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด เท่ากับ 22.057 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2 ตันต่อไร่ เท่ากับ 14.749 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 7.988 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อัตราการใส่ปุ๋ยหมัก 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับ ชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ (ดังตาราง 8 และภาพ 10)

4.6.3 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Extractable Potassium)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินชุดโคราช ก่อนทำการทดลอง มีค่าเท่ากับ 2.478 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดังตาราง 2) ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินชุดโคราชจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก และจากการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วนต่างๆ ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองเพิ่มมากขึ้น (ดังตาราง 6) โดยการใส่ปุ๋ยหมัก จากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด เท่ากับ 115.082 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2 ตันต่อไร่ เท่ากับ 48.325 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณโพแทสเซียม ทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 16.549 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อัตราการใส่ปุ๋ยหมัก 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ (ดังตาราง 9 และภาพ 11)

4.6.4 ปริมาณแคดเมียม (Extractable Cadmium)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมของดินชุดโคราชก่อนทำการทดลอง พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในชุดดินดังกล่าว (ดังตาราง 2) ซึ่งปริมาณแคดเมียมในดินชุดโคราช จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย และจากการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราส่วนต่างๆ ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองเพิ่มมากขึ้น (ดังตาราง 6) โดยการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้มีปริมาณแคดเมียมในดินสูงที่สุด เท่ากับ 0.051 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณแคดเมียมน้อยที่สุด คือ 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว เท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อัตราการใส่ปุ๋ยหมัก 2.5 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและตำรับการทดลองอื่นๆ (ดังตาราง 10 และภาพ 12)

ตาราง 6 คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังปลูก

ตำรับทดลอง	N(%)		P(mg/kg)		K(mg/kg)		Cd(mg/kg)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
Control 1	0.017	0.0079	7.88	0.9262	2.478	1.5095	0	0
Control 2	0.017	0.0084	7.88	1.0009	2.478	1.5398	0	0
Control 3	0.017	0.0079	7.88	1.0009	2.478	1.5100	0	0
ดอนแก้ว 1.5_1	0.017	0.3357	7.88	8.0001	2.478	19.5392	0	0.0080
ดอนแก้ว 1.5_2	0.017	0.2798	7.88	8.0748	2.478	13.1090	0	0.0180
ดอนแก้ว 1.5_3	0.017	0.3639	7.88	7.8884	2.478	17.0000	0	0.0100
ดอนแก้ว 2.0_1	0.017	0.3918	7.88	9.3442	2.478	22.1160	0	0.0340
ดอนแก้ว 2.0_2	0.017	0.3078	7.88	9.2335	2.478	22.7264	0	0.0360
ดอนแก้ว 2.0_3	0.017	0.4196	7.88	9.4572	2.478	22.6977	0	0.0380
ดอนแก้ว 2.5_1	0.017	0.5038	7.88	11.6982	2.478	27.8867	0	0.0420
ดอนแก้ว 2.5_2	0.017	0.4198	7.88	10.6145	2.478	25.9264	0	0.0420
ดอนแก้ว 2.5_3	0.017	0.476	7.88	11.7338	2.478	26.0558	0	0.0380
แม่สาย 1.5_1	0.017	0.3197	7.88	8.7017	2.478	42.0475	0	0.0220
แม่สาย 1.5_2	0.017	0.3639	7.88	8.7394	2.478	42.0633	0	0.0120
แม่สาย 1.5_3	0.017	0.3479	7.88	8.0382	2.478	42.0483	0	0.0160
แม่สาย 2.0_1	0.017	0.4078	7.88	14.7617	2.478	48.3271	0	0.0300
แม่สาย 2.0_2	0.017	0.4080	7.88	14.7602	2.478	48.3461	0	0.0300
แม่สาย 2.0_3	0.017	0.4290	7.88	14.7236	2.478	48.3023	0	0.0320
แม่สาย 2.5_1	0.017	0.4479	7.88	22.3805	2.478	115.0954	0	0.0520
แม่สาย 2.5_2	0.017	0.4638	7.88	21.8949	2.478	115.1008	0	0.0500
แม่สาย 2.5_3	0.017	0.4359	7.88	21.8960	2.478	115.0508	0	0.0500

ตาราง 7 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)
ก่อนการทดลอง	0.017[1]
Control(ดินอย่างเดียว)	0.008[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	0.327[2]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	0.373[23]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	0.467[4]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	0.344[2]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	0.415[34]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	0.449[4]

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/kg)
ก่อนการทดลอง	7.880[2]
Control (ดินอย่างเดียว)	0.976[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	7.988[2]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	9.345[4]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	11.349[5]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	8.493[3]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	14.749[6]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	22.057[7]

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

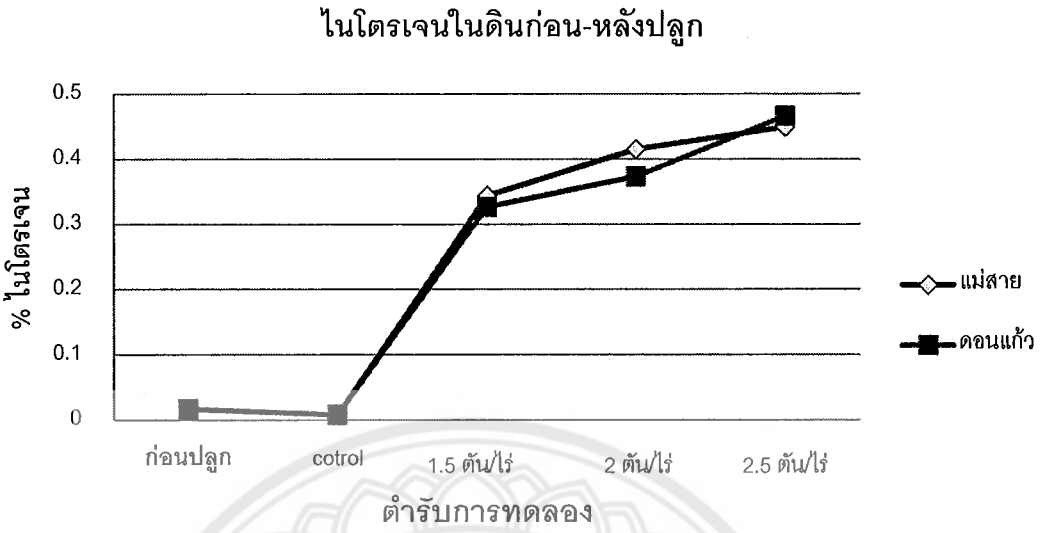
ตำรับการทดลอง	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/kg)
ก่อนการทดลอง	2.478[1]
Control (ดินอย่างเดียว)	1.520[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	16.549[2]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	22.513[3]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	26.623[4]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	42.053[5]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	48.325[6]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	115.082[7]

หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

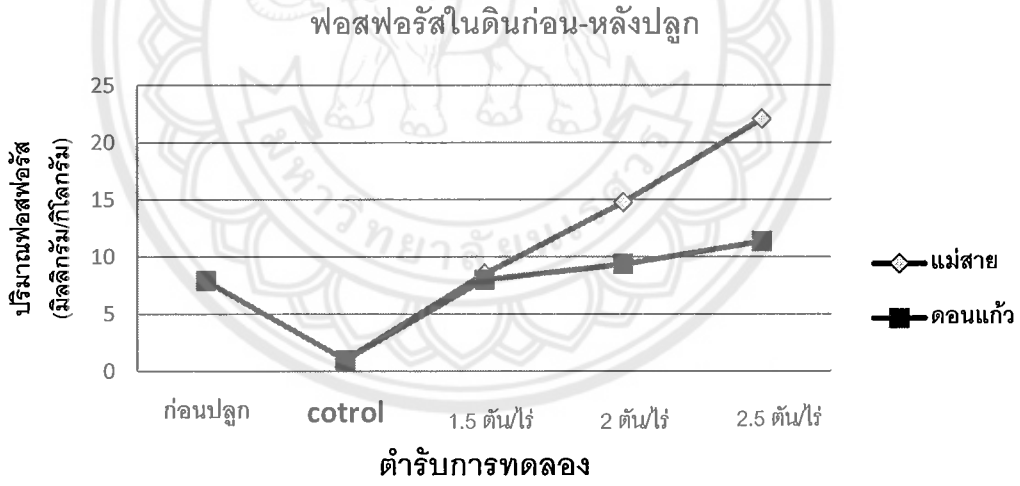
ตาราง 10 ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในดิน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณแคดเมียม(mg/kg)
ก่อนการทดลอง	0.000[1]
Control (ดินอย่างเดียว)	0.000[1]
ดอนแก้ว 1.5 ตัน/ไร่	0.012[2]
ดอนแก้ว 2 ตัน/ไร่	0.036[4]
ดอนแก้ว 2.5 ตัน/ไร่	0.041[4]
แม่สาย 1.5 ตัน/ไร่	0.017[2]
แม่สาย 2 ตัน/ไร่	0.031[3]
แม่สาย 2.5 ตัน/ไร่	0.051[5]

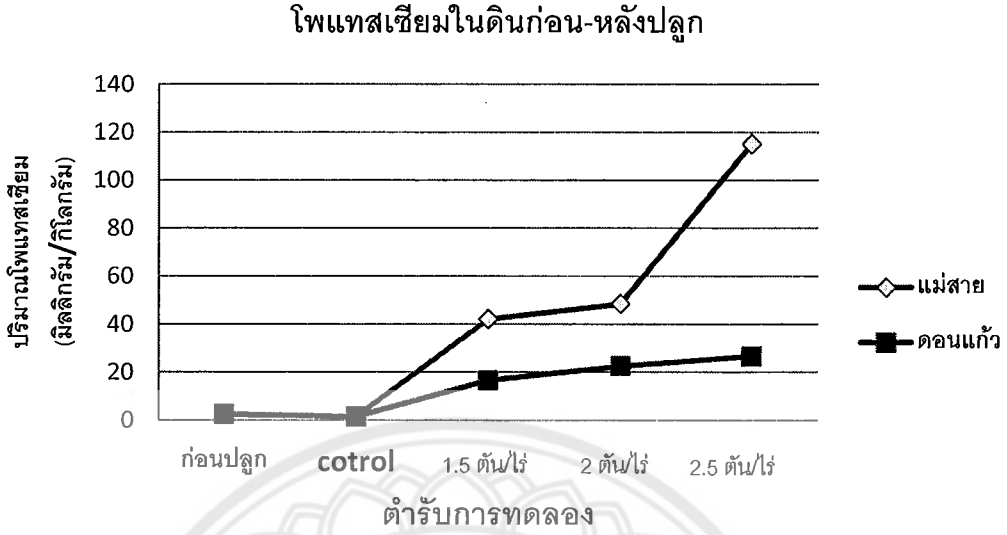
หมายเหตุ : ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



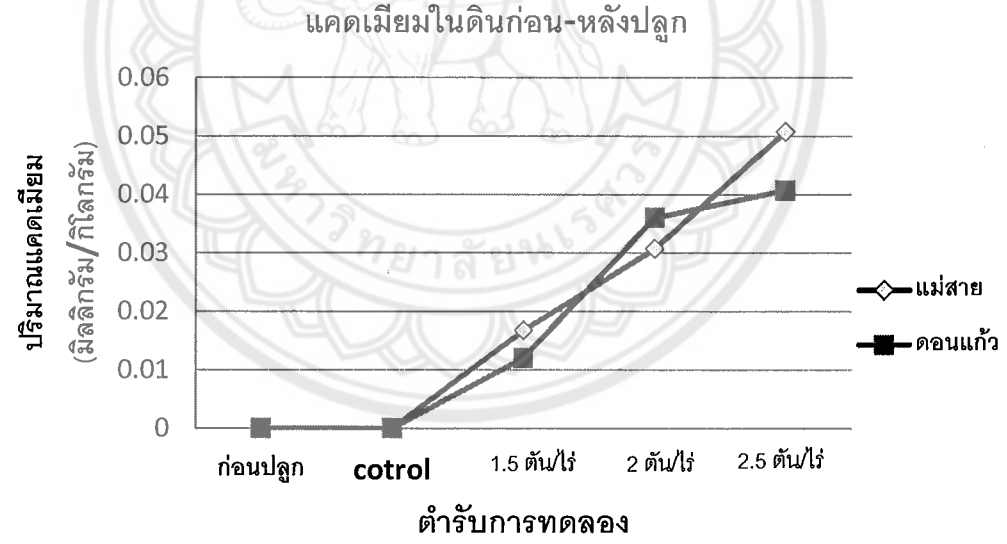
ภาพ 9 : การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อน-หลังปลูกพืช



ภาพ 10 : การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อน-หลังปลูกพืช



ภาพ 11 : การเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อน-หลังปลูกพืช



ภาพ 12 : การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่สะสมในดินก่อน-หลังปลูกพืช

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองการปลูกผักบุ้งจีน ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน โดยทำการศึกษาดังต่อไปนี้ คือ 1) การปนเปื้อนของแคดเมียมในปุ๋ยหมักจาก องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และ เทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย 2) การตกค้างของแคดเมียมในส่วนในดินหลังการทดลอง 3) การสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักบุ้งจีนซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปและอภิปรายได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.306 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 6.011 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก ปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 0.760 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก และปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียม เท่ากับ 0.070 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในปริมาณที่ยอมรับให้มีได้ในปุ๋ยหมัก

คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.769 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก ปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 3.934 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก ปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 0.296 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก และปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียม เท่ากับ 1.670 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในปริมาณที่ยอมรับให้มีได้ในปุ๋ยหมัก

2. คุณสมบัติของดินก่อนทดลอง

คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่า เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก เท่ากับ 0.017 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ เท่ากับ 7.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก เท่ากับ 2.478 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินก่อนการทดลอง พบว่า ไม่มีการปนเปื้อน

3. คุณสมบัติของดินหลังปลูก

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนปลูกอย่างเห็นได้ชัด โดยการใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วและเทศบาลตำบลแม่สาย สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.467.เปอร์เซ็นต์ และ 0.449 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก และอัตราการใส่ปุ๋ย 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วสามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้น้อยที่สุด เท่ากับ 0.327 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากเช่นกัน

2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก่อนปลูกอย่างเห็นได้ชัด โดยการใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สายสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินได้สูงที่สุด เท่ากับ 22.057 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ อัตรา 2 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สาย เท่ากับ 14.749 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น จัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงและปานกลางตามลำดับและอัตราการใส่ปุ๋ย 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วน ตำบลดอนแก้ว สามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้น้อยที่สุด เท่ากับ 7.988 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

3) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Extractable Potassium)

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ก่อนปลูกอย่างเห็นได้ชัด โดยการใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สาย สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้สูงที่สุด เท่ากับ 115.082 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ อัตรา 2 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สาย เท่ากับ 48.325 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น จัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงและต่ำตามลำดับ และอัตราการใส่ปุ๋ย 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วสามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้น้อยที่สุด เท่ากับ 16.549 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก

4) ปริมาณแคดเมียม (Extractable Cadmium)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินเพิ่มขึ้นจากปริมาณแคดเมียมในดินก่อนปลูกอย่างเห็นได้ชัด โดยการใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สายและองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินสูงที่สุด เท่ากับ 0.051 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณแคดเมียมที่เพิ่มขึ้น จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากและยอมรับได้ และอัตราการใส่ปุ๋ย 1.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วมีการปนเปื้อนของแคดเมียมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากเช่นกัน

4. การเจริญเติบโตของผักบุ้ง

1) น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

น้ำหนักสดของผักบุ้งส่วนเหนือดิน มีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 10.627 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 10.603 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 3.623 กรัมต่อไร่

2) น้ำหนักสดส่วนใต้ดิน

น้ำหนักสดของผักบุ้งส่วนใต้ดินมีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 4.316 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 2.763 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักสดส่วนใต้ดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 1.520 กรัมต่อไร่

3) น้ำหนักสดผักบุ้งทั้งหมด

น้ำหนักสดของผักบุ้งทั้งหมด มีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 14.943 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 13.367 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักสดผักบุ้งทั้งหมด น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 5.170 กรัมต่อไร่

4) ความสูงของต้นผักบุ้ง

จากการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันส่งผลให้ผักบุ้งมีความสูงต่างกัน โดยผักบุ้งมีความสูงที่สุด เฉลี่ย 36.467 เซนติเมตร จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ เฉลี่ย 32.666 เซนติเมตร จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ และอัตราที่ให้ความสูงน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 18.333 เซนติเมตร

5) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

น้ำหนักแห้งของผักบุ้งส่วนเหนือดิน มีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 2.009 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 1.807 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 0.615 กรัมต่อไร่

6) น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน

น้ำหนักแห้งของผักบุ้งส่วนใต้ดินมีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 1.408 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมัก จากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 1.295 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดินน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมัก จากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย0.394 กรัมต่อไร่

7) น้ำหนักแห้งผักบุ้งทั้งหมด

น้ำหนักแห้งของผักบุ้งทั้งหมด มีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ย 3.417 กรัมต่อไร่ จากการใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริการส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 3.102 กรัมต่อไร่ และอัตราที่ให้น้ำหนักแห้งผักบุ้งทั้งหมด น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ 1.035 กรัมต่อไร่

5. การสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆของผักบุ้ง

1) การสะสมของแคดเมียมในส่วนใต้ดินของผักบุ้ง

การสะสมของแคดเมียมในส่วนใต้ดินของผักบุ้ง มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยหมัก โดยการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วและ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย มีการสะสมมากที่สุด เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราที่มีการสะสมแคดเมียม น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.000 กรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากและยอมรับให้มีได้ในพืชผัก

2) การสะสมของแคดเมียมในส่วนเหนือดินของผักบุ้ง

การสะสมของแคดเมียมในส่วนเหนือดินของผักบุ้ง มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากการใส่ปุ๋ยหมัก โดยการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2.5 ตันต่อไร่ จากเทศบาลตำบลแม่สายมีการสะสมมากที่สุด เท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราที่มีการสะสมแคดเมียม น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สายและองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.001 กรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากและยอมรับให้มีได้ในพืชผัก

3) การสะสมแคดเมียมในต้นผักบุ้งทั้งหมด

การสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งทั้งหมด มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการใส่ปุ๋ยหมักจากเทศบาลตำบลแม่สาย อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 2.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอัตราที่มีการสะสมแคดเมียม น้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ เท่ากับ 0.001 กรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากและยอมรับให้มีได้ในพืชผัก และการสะสมของแคดเมียมจะสะสมอยู่ในส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน

5.2 อภิปรายผล

1. การปนเปื้อนของแคดเมียมในปุ๋ยหมัก

จากการเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมที่มีอยู่ในปุ๋ยหมัก ทั้ง 2 แหล่ง พบว่า ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนทั้ง 2 แหล่ง มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก และผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานปุ๋ยหมัก สามารถนำมาบำรุงดิน และเพาะปลูกพืชได้โดยไม่ก่อมลพิษ ทางดินและพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2548) กล่าวว่า ในปัจจุบันมีการผลิตปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้น จึงจำเป็นต้องกำหนดค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นการรักษาประโยชน์ของเกษตรกร โดยกำหนดให้มีการปนเปื้อนของแคดเมียมไม่ให้เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการนำขยะมูลฝอยจากชุมชนมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักมีการปนเปื้อนของแคดเมียมเกิดขึ้นมาก-น้อย หรือไม่พบนั้น จะแตกต่างกันไปตามวัตถุดิบในแต่ละแห่ง (สุชาดา บัวพันธ์, 2548) พบว่า จากการทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย ข้าวลีบผสมกากตะกอนน้ำเสีย และเปลือกมันผสมกากตะกอนน้ำเสีย จำนวน 9 สูตร พบว่า ปุ๋ยหมักทั้ง 9 สูตร ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานปุ๋ยหมัก สามารถนำไปใช้ในการปลูกพืชได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องโลหะหนักตกค้างในดิน เนื่องจากมีปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (อารีย์ แก้วเขียว, 2547) พบว่า การดึงโลหะหนักในปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี มีการปนเปื้อนของแคดเมียม เท่ากับ 0.5309 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น และ อำพล เตโชวาณิชย์, 2545) พบว่า ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนเทศบาลพิษณุโลก จำนวน 11 แห่ง มีเพียง 9 แห่ง ที่หมักขยะแล้วได้ปุ๋ย และทำการตรวจวัดคุณภาพ 2 ครั้ง ได้แก่ เดือนพฤศจิกายน 2544 และ มีนาคม 2545 พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมในปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน ทั้ง 2 ครั้งที่ทำการตรวจ ดังนั้น การที่นำปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสม นำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอและไม่มีการตกค้างของแคดเมียมที่จะเป็นมลพิษต่อดินและพืชผลทางการเกษตรได้

2. การตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการทดลอง

การใส่ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมลงสู่ดิน นับได้ว่าเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน จากการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินก่อนการทดลองเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงการสะสมของแคดเมียมในดินหลังการทดลองได้ ปริมาณการตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชทดลอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกอัตราการใส่ปุ๋ย ซึ่งปริมาณการตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการทดลอง เป็นปริมาณที่น้อยมากสามารถพบได้ในดินทั่วไปและเป็นปริมาณที่ยอมรับให้มีได้ โดยจะอยู่ระหว่าง 0.012-0.051 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Webber et al, 1984 : อ้างอิงใน สุชาดา บัวพันธ์, 2548) ได้กล่าวว่า ระดับของโลหะหนักที่ปลอดภัย เมื่อมีการใส่ลงดิน คือ แคดเมียม อยู่ระหว่าง 2.0 - 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจากผลการทดลองการตกค้างของแคดเมียมที่พบมีน้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยไม่มีปัญหาต่อการตกค้างในดิน

3. การสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆของผักบุ้ง

คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนจากเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย และจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ มีความเสี่ยงจากโลหะหนักที่เป็นพิษ ได้แก่ แคดเมียม (Cd) โดยปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนจากเทศบาลตำบลแม่สายมีความเสี่ยงมากกว่าปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว (ตาราง 1) ดังนั้น การใช้พืชผักในการทดลองจึงมีความเหมาะสมต่อการทดสอบการสะสมของแคดเมียม เพราะสามารถบ่งบอกได้ถึงความเสี่ยงจากแคดเมียมได้ว่ามีมากน้อยเพียงใด สำหรับผักบุ้งจีนถือว่าเป็นพืชที่มีการบริโภคกันเป็นประจำทุกวันและทุกครัวเรือน จึงถือเป็นมาตรฐานในการทดลอง

การสะสมของโลหะหนักนั้น เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึง โอกาสที่จะเกิดความเป็นพิษของแคดเมียมของปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน นอกเหนือจากปริมาณแคดเมียมที่ตกค้างอยู่ในดินจากการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในส่วนใต้ดิน และส่วนเหนือดินของต้นผักบุ้งจีน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน จากเทศบาลตำบลแม่สาย และจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว ในอัตราส่วน 1.5 - 2.5 ตันต่อไร่ พบว่า ปริมาณแคดเมียม (Cd) ที่สะสมในส่วนใต้ดินและเหนือดินของผักบุ้งจีน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย (ตาราง 5) และปุ๋ยจากเทศบาลตำบลแม่สายมีการสะสมอยู่ในผักบุ้งจีนมากที่สุด การสะสมของแคดเมียม (Cd) ในผักบุ้งที่ปลูกจากปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้วอยู่ในช่วง 0.002 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจากเทศบาลตำบลแม่สาย อยู่ในช่วง 0.002 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในพืช โดยมีการสะสมในส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน เท่ากับ 0.001 0.003 และ 0.000 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์(2545) โดยศึกษาหาปริมาณการปนเปื้อนของ แคดเมียม(Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ในพืชผักที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชน พบว่าปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) พบมากที่สุดในรากและต้นของผักบุ้ง เท่ากับ1.350 และ 2.384 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการสะสมของแคดเมียม (Cd) อยู่ในต้นผักบุ้งมากกว่ารากผักบุ้ง เนื่องจาก แคดเมียม (Cd) สามารถดูดดึงเข้าไปในส่วนต่างๆของพืชได้ง่าย ถึงแม้จะมีการสะสมของแคดเมียมในผักบุ้ง แต่จากการศึกษาปริมาณแคดเมียมในดินก่อนการทดลอง (ดังตาราง 2) และปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนทั้ง 2 แหล่ง (ดังตาราง 1) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีได้ในการนำไปใช้ในการทำเกษตรกรรม ดังนั้นการที่ผักบุ้งจีนจะมีการสะสมของแคดเมียม (Cd) เกินค่ามาตรฐาน จึงมีความเป็นไปได้น้อยมาก (ศิราณี ศิริสุโขดม, 2534) พบว่า การเติมกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโลหะหนักปนเปื้อน ในอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีการสะสมของแคดเมียมเพิ่มขึ้น ในต้นผักบุ้ง แต่ยังอยู่ในระดับที่มีในเนื้อเยื่อพืชทั่วไป และต่ำกว่าที่ยอมรับให้ปนเปื้อนในอาหาร และบริโภคได้สูงสุด

เมื่อพิจารณาการสะสมของแคดมียม (Cd) ในส่วนต่างๆของพืชทดลอง ได้แก่ ส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดินของผักบุ้งจีน ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนทั้ง 7 ตำรับการทดลอง เป็นผักที่ปลอดสารพิษ สามารถนำไปรับประทานได้โดยทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและการเจริญเติบโตของผักบุ้งได้ และยังช่วยปรับสภาพดินให้มีความเหมาะสมในการปลูกพืชมากขึ้น แต่การนำปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนมาใช้ควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่ก่อให้เกิดความมั่นใจในเรื่องการตกค้างของโลหะหนักก่อนที่จะนำไปใช้ ดังต่อไปนี้

1. ควรหาปุ๋ยหมักจากขยะที่มาจากเขตเทศบาล จะทำให้มีขยะที่มีความหลากหลายและมีความเสี่ยงต่อการตกค้างของแคดเมียมมากกว่าปุ๋ยหมักจากเขตชุมชน

2. ควรมีการตรวจสอบโลหะหนักหลายๆชนิด เช่น ตะกั่ว แมงกานีส สารหนู ปรอท และแคดเมียม เป็นต้น

3. พืชแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดูดซึมแคดเมียมที่ต่างกัน และอาจมีพืชบางชนิดที่มีการสะสมแคดเมียมได้น้อยกว่าต้นผักบุ้งจีน

4. การใช้ปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากมีความปลอดภัยจากโลหะหนักที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร.** กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). **สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2555.** สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2556, จาก http://www.pcd.go.th/public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2009&id=16848

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). **สถานการณ์ อากาศ-น้ำ-ขยะ ปี 55 พื้นที่ไหนอาการอย่างไร.** สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2556, จาก http://thaipublica.org/2013/01/the-pollution-situation-2012/

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). **สถานการณ์ ขยะ ของไทย.** สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2556, จาก http://thaipublica.org/2013/05/weast-1/

กรมพัฒนาที่ดิน .มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์(ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ คุณภาพสูง). สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2556,จาก http://www.ldd.go.th/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf

ชาคริส วราหะ (2554). ปุ๋ยหมักคืออะไร. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2556, จาก http://77r.blogspot.com/2011/04/blog-post_4746.html

ดาวรุ่ง สังข์ทอง. (2538). วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดและธาตุอาหารหลัก **ในปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก** และดินผสม. วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.thaithesis.org/ detail.php? id=1082538000667

ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต. (9 เมษายน 2552). แคดเมียม โลหะพิษที่อันตราย. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2557, จาก http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=7&ID=347.

วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น,อำพล เตโชวาณิชย์ (2553). **การประเมินคุณภาพปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนเทศบาลนครพิษณุโลก.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิษณุพงศ์ เกลี้ยงช่วย และคณะ (21 มกราคม 2552).การผลิตปุ๋ยหมักร่วมจาก**เศษอาหารและกาก**ของเสียของโรงงานผลิตสารให้ความหวาน. สืบค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2556, จาก http://www.ennrjournal.com/20092_fp/07visanupong.pdf

แวววลี ประมูล. (2548). **การสะสมของแคดเมียมในผักบุ้งที่ปลูกในน้ำที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม.** วิทยานิพนธ์ วท.ม.,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2557, จาก http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082548000044

ศิริพร แสงจันทร์ (2549).**การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักและไม้ดอก ที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมี.** วิทยานิพนธ์ วท.ม.,มหาวิทยาลัยนเรศวร

ศิราณี ศิริสุโขดม. (2534). **ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนักในพืชผักบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี.**วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 6 เมษายน 2557, จาก http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082534000260

สุชาดา บัวพันธ์ (2548).**การศึกษาสูตรและสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำอัดลมสำหรับการปลูกพืชผักปลอดสารพิษ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุธีรา ลีประเสิรฐสุนทร (2556).**ปัญหาขยะมูลฝอย.** สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2556, จาก http://sd-group1.blogspot.com/2013/01/53242728.html

สุภาภรณ์ พงศ์ธรพฤกษ์. (2545). **การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักที่ปลูกด้วยปุ๋ยหมักจากมูลฝอยชุมชน.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร,

อรรณพ หอมจันทร์. (2535). **ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อผักคะน้าและผักกาดหอมในสภาพเรือนทดลอง.** วิทยานิพนธ์ วท.ม.,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารีย์ แก้วเขียว. (2547).**การดึงโลหะหนักในปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนด้วยกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2557, จาก http://research.rdi.ku.ac.th/world/cache/32/abstAreeKAEAll.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของเนื้อดิน

(กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ตาราง 11 สภาพเนื้อดิน

เนื้อดิน	องค์ประกอบ	ลักษณะ
ดินทราย	มีอนุภาคทรายประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 ขึ้นไป	อนุภาคดินจะเกาะกันอย่างหลวมๆและมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยวๆ แตกออกจากกันได้ง่าย มีการระบายน้ำและอากาศดีมากไม่อุ้มน้ำ น้ำซึมผ่านได้อย่างรวดเร็ว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชมีน้อย พืชที่ปลูกหรือขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำ
ดินร่วน	มีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในปริมาณใกล้เคียงกัน	เนื้อดินค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ดินจับกันเป็นก้อน มีความยืดหยุ่น เป็นดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี อุ้มน้ำได้ดี มักจะมีความอุดมสมบูรณ์สูง
ดินเหนียว	มีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป	เป็นดินที่มีเนื้อละเอียด ในสภาพดินแห้งจะเกาะตัวเป็นก้อนแข็ง เมื่อเปียกน้ำจะมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนได้ มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี อุ้มน้ำได้ดีมาก ดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี

ตาราง 12 ความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณธาตุอาหารในดิน

ระดับ	ไนโตรเจน (%N)	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	< 0.025	< 3	< 30
ต่ำ	0.025 - 0.075	3 10	30 - 60
ปานกลาง	0.08 0.125	11 15	61 - 90
สูง	0.13 0.175	16 - 45	91 120
สูงมาก	> 0.175	> 45	> 120

ภาคผนวก ข

การปนเปื้อนของดินและผลเสียจากดินปนเปื้อน

ดินปนเปื้อน หมายถึง การที่สารเป็นพิษในรูปต่างๆ ถูกผสมในดินธรรมชาติ การปนเปื้อนนี้อาจเกิดจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ หรือเกิดจากธรรมชาติ แต่ทำให้ที่ดินนั้นเกิดความเสื่อมโทรม มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร หรือมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของมนุษย์และสัตว์หรือต้องการปรับปรุงที่ดินนั้นให้คืนสู่สภาพเดิม

ตาราง 13 สาเหตุการปนเปื้อนของดิน

สาเหตุการปนเปื้อน	
1. เกิดตามธรรมชาติ	จากวัตถุต้นกำเนิด
2. เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์	- การทำเหมืองแร่ การบด การจัดการที่ไม่เหมาะสมย่อมทำให้โลหะหนักปนเปื้อนในพื้นที่เกษตรกรรม
3. การใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตร	มีสิ่งปนเปื้อนที่เป็นโลหะหนักธาตุต่างๆ เช่น สารหนู แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี
4. การใช้น้ำเสียในระบบชลประทาน	โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลองแล้วมีการใช้น้ำนั้นเพื่อการชลประทาน กิจกรรมเช่นนี้เป็นอีกทางหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักหรือสารพิษอื่นๆในดิน
5. การใช้กากตะกอนน้ำเสีย	การใช้กากตะกอนน้ำเสียในปริมาณมากๆ ย่อมทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักโดยเฉพาะทองแดง
6. การใช้ปุ๋ยคอก	การมีโลหะหนักเป็นวัตถุเจือปนในอาหารสัตว์ เช่น การเติมสารหนูลงในอาหารสุกร การควบคุมโรคในสัตว์ปีกฯ ทำให้มีโลหะหนักในมูลของสัตว์ปีกหรือปุ๋ยคอกจากปศุสัตว์ โดยมีแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่น่าวิตกกังวล

ผลเสียจากดินปนเปื้อน พืชผักที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อน หรือดื่มน้ำที่เจือปนด้วยโลหะหนัก เช่น แร่ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี เมื่อรับประทานหรือดื่มเข้าไปจะเกิดโรคสำคัญๆ ได้แก่

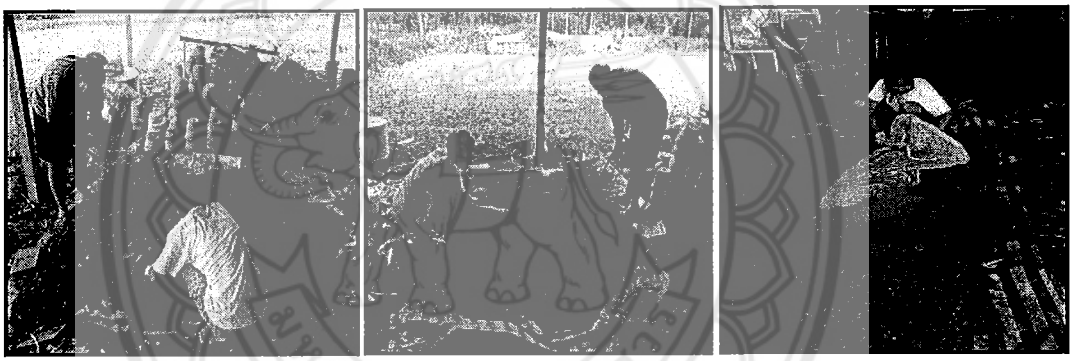
ตาราง 14 ผลเสียจากดินปนเปื้อน

	ผลเสียจากดินปนเปื้อน
1. โรคอิไต อิไต	มีอาการของโรคเกี่ยวกับไต ปวดกระดูกจนถึงกระดูกผิดรูป ถ้าเป็นมากอาจถึงขั้นเดินไม่ได้
2. โรคไข้ดำหรือมะเร็งผิวหนังจากพิษสารหนูเรื้อรัง	มีอาการผิดปกติทางผิวหนังตั้งแต่ศีรษะจรดเท้า ได้แก่ มีตุ่มคันตามมือและเท้า ผิวมีสีคล้ำผิดปกติ มีอาการอ่อนเพลียเบื่ออาหาร อาเจียน ไตอาจอักเสบเรื้อรัง ฯลฯ
3. โรคที่เกิดจากความเป็นพิษของตะกั่ว	อาการถ่ายท้อง ปวดท้อง ปวดหัว ปวดกระดูก ชา บวมตามแขนขา ในเด็กมีอาการตัวลีบ สมองช้า ศีรษะโต

ภาคผนวก ค

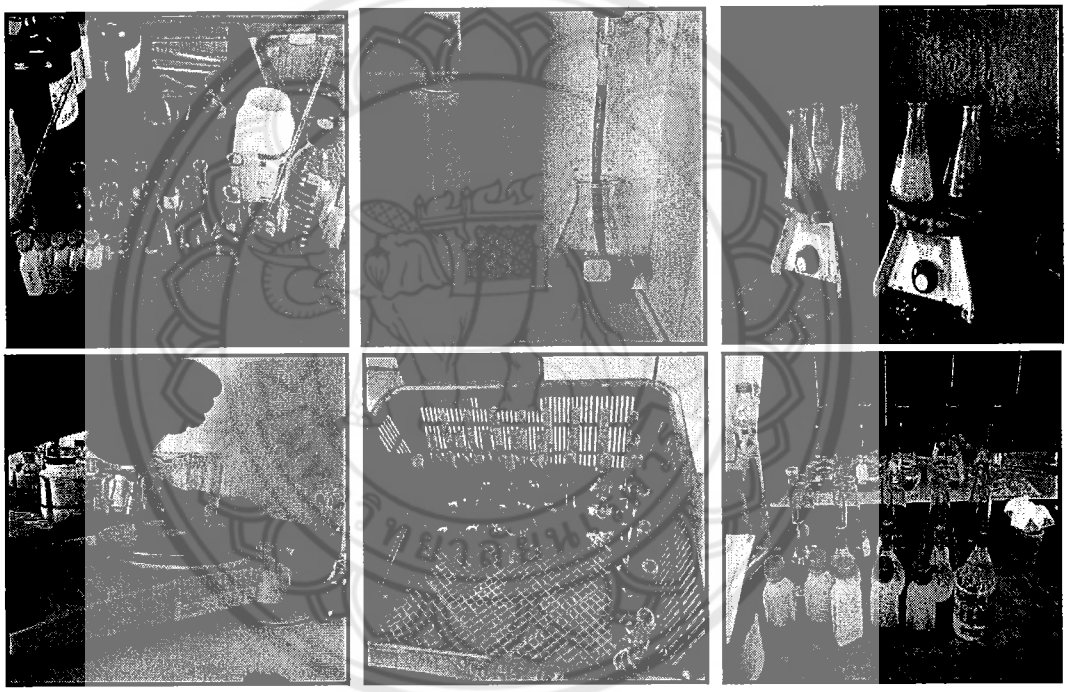
ภาพกระบวนการทดลอง

ภาพ 13 : การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาทดลอง



ภาพ 14 : การเตรียมตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง

ภาพ 15 : การสร้างโรงเรือนการทดลอง



ภาพ 16 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ