การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยวิธีไม่พลิกกลับกอง

PRODUCTION OF COMPOST FROM AGRICULTURAL WASTE USING NON - TURNING PILE TECHNIQUE

นางสาวรัชนก ดินนวน

นางสาววาสนา เผือจุ้ย

นางสาวสุภาวดี ค่ำทวี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยวิธีไม่พลิกกลับกอง

PRODUCTION OF COMPOST FROM AGRICULTURAL WASTE USING NON – TURNING PILE TECHNIQUE

นางสาวรัชนก อินนวน

นางสาววาสนา เสือจุ้ย

นางสาวสุภาวดี ค้าทวี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF COMPOST FROM AGRICULTURAL WASTE USING NON – TURNING PILE TECHNIQUE

MISS RATCHANOK INNOUN

MISS WASSANA SUAJUI

MISS SUPAWADEE KHATAVEE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยวิธีไม่พลิกกลับกอง Production of Compost from Agricultural Waste using Non – Turning Pile Technique
นักศึกษา	นางสาวรัชนก อินนวน นางสาววาสนา เสือจุ้ย นางสาวสุภาวดี ค้าทวี
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์	
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Production of Compost from Agricultural Waste using Non - Turning Pile Technique
Student Names	Miss Ratchanok Innoun
	Miss Wassana Suajui
	Miss Supawadee Khatavee
Degree	Bachelor of Science
Major	Environmental Chemistry
Academic Year	2013
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

Abstract

This special project studied production of compost from agriculture waste using non – turning pile technique. Coconut coir, paragrass and cow manure were used as composting materials. Microorganism from Land Development and commercial product were added into the compost to reduce composting time. Composting conditions and qualities were examined by dividing into 3 steps : 1) preparation of composting materials, 2) study on composting conditions, 3) comparison on composting qualities. The experiments were divided into 4 groups : 1) control, 2) adding microorganism from Land Development Department, 3) adding microorganism from commercial microorganism, 4) adding microorganism from commercial microorganism under anaerobic condition. Decomposition rate, temperature, moisture content, pH, electrical conductivity, major nutrients (N, P, K) and efficiency of compost using germination index were investigated. Initial C/N ratio of raw material was 31/1. The results showed that there were not significantly different in composting conditions and compost qualities between adding microorganism and control. The compost quality reached the standard of Department of Agriculture of Thailand. Compost could be used for growing plant without toxicity.

Keywords : compost, non – turning pile technique, agricultural waste, coconut coir, paragrass, cow manure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดทั้งให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษมาโดยตลอดการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเสนอแนะและแก้ไขเพิ่มเติมในโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.บรรจง บุญชม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการนำปุ๋ยน้ำจากเปลือกหอย มาใช้ร่วมกับปุ๋ยหมัก อีกทั้งยังให้ข้อเสนอแนะในด้านการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยในโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่กรุณาช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีในการทำโครงงานพิเศษ

นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้นยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่มอบความอนุเคราะห์และให้กำลังใจทางคณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาวรัชนก อินนวน
นางสาววาสนา เสือจุ้ย
นางสาวสุภาวดี ค้าทวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	XIV
คำย่อและสัญลักษณ์	XVI
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	3
2.1.1 การจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	3
2.1.2 การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์	3
2.2 ปุ๋ยหมัก	6
2.2.1 ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์	6
2.2.2 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 วิธีการหมักปุ๋ย	9
2.2.4 ประเภทการหมักปุ๋ย	9
2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย	12
2.4 สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยหมัก	15
2.4.1 สารเร่ง พ.ด.1	15
2.4.2 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	16
2.5 ปัจจัยที่สนับสนุนการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์	17
2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก	19
2.7 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมัก	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	**26**
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	26
3.1.1 อุปกรณ์	26
3.1.2 สารเคมี	27
3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง	27
3.2 การเตรียมถังหมักปุ๋ย	28
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	28
3.3.1 การเตรียมวัสดุการหมักปุ๋ย	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากมูลวัว หญ้าขน และขุยมะพร้าว โดยวิธีไม่พลิกกลับกอง โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์, เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พ.ด.1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	29
3.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ย	30
3.3.4 ศึกษาดัชนีการงอก	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	**32**
4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้หมัก	32
4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยแบบไม่พลิกกลับกอง	33
4.2.1 อุณหภูมิ	33
4.2.2 อัตราการยุบตัว	35
4.2.3 ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)	36
4.2.4 ค่าการนำไฟฟ้า	36
4.2.5 ความชื้น	37
4.3 ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	38
4.3.1 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	38
4.3.2 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก, ความชื้น, กลิ่น และสี	39
4.3.3 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**43**
5.1 สรุปผลการวิจัย	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	**44**
ภาคผนวก ก	**49**
ภาคผนวก ข	**55**
ภาคผนวก ค	**79**
ภาคผนวก ง	**86**
ภาคผนวก จ	**96**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่างๆ	4
ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของเศษวัสดุทางการเกษตรจากปศุสัตว์	5
ตารางที่ 2.3 ชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมัก	13
ตารางที่ 2.4 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร	19
ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดิน	22
ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักเริ่มต้น	29
ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์สภาวะของปุ๋ยหมัก	29
ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	30
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น	32
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมัก	33
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ และปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์	40
ตารางที่ 4.4 ดัชนีการงอกของเมล็ดหลังปลูก 7 วัน และความยาวลำต้น-ราก หลังปลูก 14 วัน ของปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักที่ผสมปุ๋ยน้ำ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	41
ตารางที่ ก-1 ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	50
ตารางที่ ข-1 ขนาดของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการหมัก	56
ตารางที่ ข 2-1 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม	56
ตารางที่ ข 2-2 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)	57
ตารางที่ ข 2-3 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข 2-4 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ 60

ตารางที่ ข 2-5 อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างวันที่ 12 ธันวาคม 2556 – 10 มกราคม 2557 61

ตารางที่ ข 3-1 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม 62

ตารางที่ ข 3-2 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%) 63

ตารางที่ ข 3-3 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) 64

ตารางที่ ข 3-4 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ 66

ตารางที่ ข 4-1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม 67

ตารางที่ ข 4-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.01%) 68

ตารางที่ ข 4-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) 70

ตารางที่ ข 4-4 ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ 71

ตารางที่ ข 5-1 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข 5-2 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%) 73

ตารางที่ ข 5-3 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) 75

ตารางที่ ข 5-4 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า(0.01%) ในสภาพไร้อากาศ 76

ตารางที่ ข-6 ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมัก 77

ตารางที่ ค 1-1 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม 80

ตารางที่ ค 1-2 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 80

ตารางที่ ค 1-3 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า 80

ตารางที่ ค 1-4 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ 81

ตารางที่ ค 2-1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม 81

ตารางที่ ค 2-2 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 82

ตารางที่ ค 2-3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค 2-4 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	82
ตารางที่ ค-3 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	83
ตารางที่ ค 4-1 ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส	84
ตารางที่ ค 4-2 ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมัก	85
ตารางที่ ค-5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก	85
ตารางที่ ง 2-1 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 1 ชุดควบคุม	87
ตารางที่ ง 2-2 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 2 ปุ๋ยหมัก	88
ตารางที่ ง 2-3 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 3 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%	88
ตารางที่ ง 2-4 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 3%	89
ตารางที่ ง 2-5 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 5 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%	89
ตารางที่ ง 2-6 ความยาวของลำต้นของพืช (เซนติเมตร) และจำนวนใบที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 1 ชุดควบคุม	90
ตารางที่ ง 2-7 ความยาวของลำต้นของพืช (เซนติเมตร) และจำนวนใบที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 2 ปุ๋ยหมัก	91
ตารางที่ ง 2-8 ความยาวของลำต้นของพืช (เซนติเมตร) และจำนวนใบที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 3 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%	92
ตารางที่ ง 2-9 ความยาวของลำต้นของพืช (เซนติเมตร) และจำนวนใบที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 3%	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ง 2-10 ความยาวของลำต้นของพืช (เซนติเมตร) และจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 5 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%	94
ตาราง ง-3 ดัชนีการงอกของเมล็ด	95
ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอุณหภูมิ ของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	97
ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการยุบตัว ของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	97
ตารางที่ จ-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	98
ตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าการนำไฟฟ้า ของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	98
ตารางที่ จ-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความชื้น ของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	99
ตารางที่ จ-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณคาร์บอน ทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	99
ตารางที่ จ-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	100
ตารางที่ จ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนของ ปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ จ-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ (ANOVA) ปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	101
ตารางที่ จ-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	101
ตารางที่ จ-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง	102
ตารางที่ จ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของดัชนีการงอกของพืชทั้ง 4 ชนิด บนวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก	7
รูปที่ 2.2 สายใยอาหารในกองปุ๋ยหมัก	8
รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมักปุ๋ย	8
รูปที่ 2.4 การแทนที่ของอากาศเย็นภายในกองปุ๋ยหมัก	10
รูปที่ 2.5 การหมักแบบอาศัยการดูดอากาศผ่านกองปุ๋ย	11
รูปที่ 2.6 การหมักในภาชนะ	11
รูปที่ 2.7 ชนิดของเชื้อราที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก (ก) Geotrichumcandidum (ข) *Aspergillusfumigatus*	14
รูปที่ 2.8 ชนิดของแบคทีเรียที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก (ก) *Pseudomonas* sp. (ข) *Micrococcus* sp.	15
รูปที่ 3.1 วัสดุหมักเริ่มต้น (ก) มูลวัวแห้งที่บดแล้ว (ข) หญ้าขนสด (ค) ขุยมะพร้าว	27
รูปที่ 3.2 ถังหมักปุ๋ย (ก) ถังหมักที่เจาะรูและติดสายวัดภายในถัง (ข) อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (ค) ถังหมักที่คลุมด้วยตาข่ายพลาสติก	28
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 10 เซนติเมตรจากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 20 เซนติเมตรจากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังปุ๋ยหมัก	34
รูปที่ 4.2 อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก	35
รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก 37

รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นในถังปุ๋ยหมัก 38

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 39

รูปที่ ก-1 สูตรการคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 50

รูปที่ ก-2 ผลการคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 51

รูปที่ ค-4 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

C/N ratio	=	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
pH	=	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
ºC	=	องศาเซลเซียส
%	=	ร้อยละ
mS/cm	=	มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
cm	=	เซนติเมตร
%C	=	เปอร์เซ็นต์คาร์บอน
kg	=	กิโลกรัม
g	=	กรัม
S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
hPa	=	เฮกโตปาสกาล
mg/L	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
mL	=	มิลลิลิตร
mg	=	มิลลิกรัม
ชม.	=	ชั่วโมง
ว/ด/ป	=	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนไทย อย่างไรก็ตาม อาชีพเกษตรกรไม่ได้เป็นอาชีพที่สร้างรายได้มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากต้องมีการลงทุนในปุ๋ย สารฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืชสูง เกษตรกรไทยนิยมใช้ปุ๋ยเคมี เพราะทำให้พืชเจริญเติบโตเร็ว แต่มีผลเสียระยะยาวคือทำให้ดินเสื่อมสภาพ ต่างจากปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชช้า แต่ไม่ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ในปัจจุบันเกษตรกรเริ่มสนใจในการผลิตปุ๋ยหมักใช้เองจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ เศษวัสดุทางการเกษตรและพืชที่มีในท้องถิ่น ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก และทำให้ดินมีคุณภาพดี นอกจากนี้ ยังลดปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การทำปุ๋ยหมักโดยทั่วไปใช้ระยะเวลา 2 – 6 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต ซึ่งถ้าหากปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio และมีปัจจัยในการหมักที่เหมาะสมทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน รวมถึงขนาดของวัสดุหมัก การเติมจุลินทรีย์เข้าไปในกองปุ๋ยหมักเป็นตัวเร่งให้เกิดการหมักเร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม ในวัสดุทำปุ๋ยหมักมักจะมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติของวัสดุอยู่แล้ว จุลินทรีย์ในการหมักปุ๋ยเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้น ในระหว่างการหมัก จึงต้องมีการพลิกกลับกองเพื่อเพิ่มออกซิเจน แต่วิธีนี้มีความยุ่งยาก จึงได้มีผู้สนใจหมักปุ๋ยโดยไม่พลิกกลับกอง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ต้องมีการควบคุมความชื้น และปริมาณอากาศที่ไหลเข้าไปในกอง เพื่อป้องกันการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และทำให้เกิดกลิ่นเหม็น (ธีระพงษ์, 2551)

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยหมักโดยวิธีไม่พลิกกลับกองและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก โดยใช้วัสดุเริ่มต้นในการหมักคือ ขุยมะพร้าว หญ้าขน และ มูลวัวโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์กับการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด 1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากขุยมะพร้าวและหญ้าขนร่วมกับมูลวัวแบบไม่พลิกกลับกอง โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ กับเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าว หญ้าขน และมูลวัว ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. เตรียมวัสดุหมัก ประกอบด้วยขุยมะพร้าว หญ้าขนและมูลวัว โดยให้มีค่า C/N ratio เริ่มต้นเท่ากับ 30/1 บดย่อยขุยมะพร้าว หญ้าขนให้มีขนาดเล็ก โดยใช้เครื่องบดทางการเกษตร คลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากัน เติมน้ำให้มีความชื้นประมาณ 65 – 70 % ตักวัสดุหมักใส่ในตะกร้าที่มีความสูง 1.30 เมตร

2. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากขุยมะพร้าว หญ้าขน และมูลวัวแบบไม่พลิกกลับกอง โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ กับเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า โดยศึกษาปัจจัย ดังนี้

- อัตราการยุบตัว
- อุณหภูมิปุ๋ยหมัก
- ความชื้นปุ๋ยหมัก
- ความเป็นกรด-ด่าง
- ค่าการนำไฟฟ้า

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าว หญ้าขน และมูลวัวแบบไม่พลิกกลับกองที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ กับการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า ดังนี้

- ค่า C/N ratio
- ธาตุอาหาร N P K
- ความเป็นกรด-ด่าง
- กลิ่น สี ความชื้นของปุ๋ยหมัก
- ดัชนีการงอกของเมล็ด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร
2. ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำเกษตรกรรม
3. ลดการเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ก่อให้เกิดปัญหาหมอกควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หมายถึง วัสดุเหลือใช้ในกระบวนการเกษตร เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว ปาล์มน้ำมัน ที่สามารถสลายได้ในธรรมชาติ ประเทศไทยมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นชีวมวล เพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยพบว่าในแต่ละปีมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 2.6 แสนตันต่อปี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2547) แต่วัสดุเหลือใช้ที่นำกลับมาใช้ประโยชน์นั้นมีเพียง 6 หมื่นตันเท่านั้น

2.1.1 การจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2556)

ในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมประมาณ 14 ล้านไร่ ส่งผลให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก ในประเทศไทยไม่นิยมนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกลับมาใช้หรือแปรรูป วิธีที่นิยมใช้คือ นำไปฝังกลบ หรือเผา ซึ่งการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการเผาฟางข้าว ตอซังข้าวโพด ชานอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาหมอกควันทางภาคเหนือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) เศษวัสดุที่ได้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ชานอ้อย

2) เศษวัสดุที่ได้จากไร่ สวน และนาข้าว เช่น ฟางข้าว ขุยมะพร้าว เหง้ามัน ทะลายปาล์ม

2.1.2 การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2556)

ปริมาณของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตของการเกษตรในแต่ละปี ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ซึ่งการเผาทิ้งหรือฝังกลบจะใช้ค่าใช้จ่ายน้อยกว่า จึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรเลือกใช้ ในปี พ.ศ. 2543 พบว่ามีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากถึง 43 ล้านตัน หรือคิดเป็นพลังงานแล้วจะเทียบเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันดิบ 3 พันล้านตัน ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีแนวโน้มสูงขึ้นตามนโยบายของรัฐบาลที่ผลักดันให้ใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) นำไปใช้เป็นชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยรวมของประเทศอยู่ที่ 2249.32 MW โดยในแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานได้กำหนดให้ระยะกลาง (พ.ศ.2555 - 2559) สามารถผลิตพลังงานทดแทนในระดับชุมชนให้ได้ 15,579 ktoe (พันตันน้ำมันดิบ) หรือ คิดเป็นร้อยละ 19.1 ของการใช้พลังงานทั้งหมด

2) นำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในภาคเกษตรกรรม พบว่า เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่มีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีได้ โดยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะมีคุณลักษณะที่ย่อยสลายง่าย เช่น ฟางข้าว เศษข้าวโพด โดยคุณลักษณะของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5%	K_2O %	C %	C/N	pH
ฟางข้าว	0.55	0.09	2.39	48.82	89	8.20
ผักตบชวา	1.27	0.71	1.84	43.56	34	7.80
หญ้าขน	1.38	0.34	3.69	48.66	35	7.10
ต้นข้าวโพด	0.53	0.15	2.21	33.00	62	8.20
มันสำปะหลัง						
เปลือก (เปียก)	0.60	0.22	0.67	48.85	81	3.60
เปลือก (แห้ง)	0.59	0.19	0.77	31.52	53	4.45
เหง้า	1.48	0.48	1.01	54.49	37	4.70
สับปะรด						
เปลือก (โรงงาน)	1.79	0.85	5.46	46.80	26	7.60
ใบ (สด)	1.12	0.48	2.64	53.84	48	6.05
เศษ (สด)	0.82	-	-	49.95	61	9.05
ส่วนของเปลือก						
เปลือกเมล็ดกาแฟ	0.93	0.14	6.22	65.05	70	6.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณลักษณะของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5%	K_2O %	C %	C/N	pH
ส่วนของเปลือก						
เปลือกถั่วลิสง	0.73	-	-	58.36	70	6.40
เปลือกทุเรียน	0.83	0.19	2.15	50.63	75	5.50
ขี้เลื่อย						
ไม้เบญจพรรณ	0.32	0.16	2.45	62.70	196	5.40
ไม้ยางเก่า	0.25	0.15	0.53	56.37	225	7.40
ไม้ยางใหม่	0.19	0.36	0.40	58.41	307	7.50
อ้อย						
ใบอ้อย	0.49	0.21	0.58	51.52	105	6.20
กากอ้อย	0.40	0.15	0.44	57.69	146	6.05
อื่นๆ						
ขุยมะพร้าว	0.36	0.05	2.94	60.13	167	6.15
แกลบ	0.36	0.09	1.08	54.72	152	6.18
ต้นปอกระเจา (โรงงาน)	0.45	-	-	51.83	115	5.30
เปลือกเมล็ดปาล์มบด	0.52	0.03	0.30	60.65	117	5.49

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2540

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของเศษวัสดุทางการเกษตรจากปศุสัตว์

ชนิดมูลสัตว์	ไนโตรเจน	อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)
1. มูลวัว	1.7	18
2. มูลสัตว์ปีก	6.8	15
3. มูลแกะ	3.8	-
4. มูลสุกร	3.8	13
5. มูลม้า	2.3	25
6. มูลเป็ด	-	21
7. มูลไก่ไข่	1.1	26
8. มูลไก่เนื้อ	2.5	20

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปุ๋ยหมัก (Composting) (นรีลักษณ์, 2551)

ปุ๋ย หมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ สำหรับการใช้เป็นธาตุอาหารของพืชโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือทำให้องค์ประกอบภายในดินเปลี่ยนแปลง เป็นสารอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช ตามหลักวิชาการปุ๋ยทั่วไป สามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรือเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ ได้แก่ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ตลอดจนถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมปูนขาว ดินมาร์ล ปูนพลาสเตอร์ เป็นต้น
- ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอินทรียวัตถุผ่านกรรมวิธี สับ บด หมัก ร่อน และวิธีการอื่นๆ แต่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี
- ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ ที่สามารถสร้างอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช

2.2.1 ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

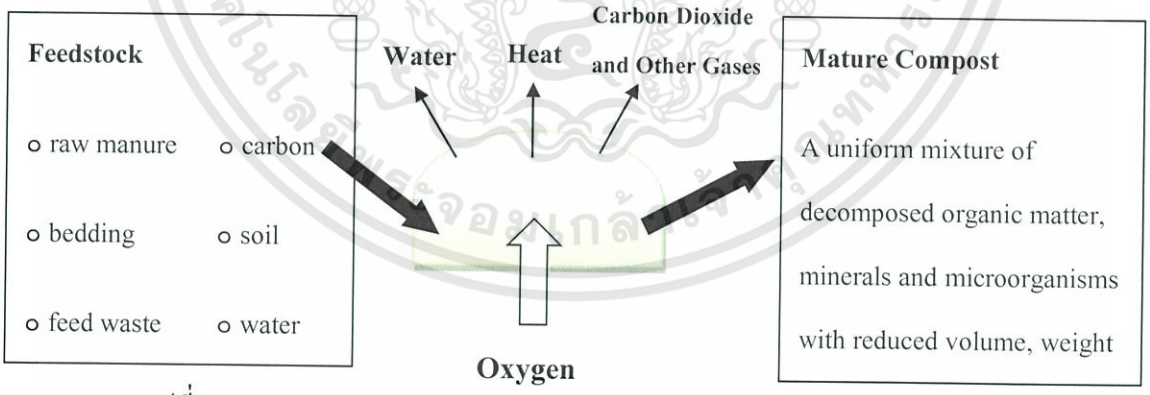
1. ปุ๋ยหมัก (Compost) คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืช และสัตว์ทางการเกษตรมาผ่านกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด ร่อน และผ่านกรรมวิธีการหมักอย่างสมบูรณ์จนเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม โดยใช้การย่อยสลายทางชีววิทยาในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์จนกลายเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะนุ่มยุ่ยขาดจากกันได้ง่าย มีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เหมาะกับการนำมาบำรุงดินเพื่อปรับปรุงกายภาพของดิน ทำให้ดินร่วนซุย และอุ้มน้ำได้มากขึ้น
2. ปุ๋ยคอก (Animal manure) คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลวัว มูลค้างคาว เป็นต้น เป็นผลพลอยได้จากการทำปศุสัตว์ที่สามารถนำมาใช้ด้านเกษตรกรรม โดยมูลสัตว์เหล่านี้ประกอบด้วยซากพืชและสัตว์ที่ผ่านระบบการย่อยอาหารของสัตว์ ซึ่งไม่เพียงแต่จะเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ยังช่วยรักษาดินและปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช
3. ปุ๋ยพืชสด (Green manure) คือ ปุ๋ยที่เกิดจากการไถกลบพืชขณะที่ยังสด โดยนิยมพืชที่ให้ปริมาณธาตุอาหารสูง เจริญเติบโตเร็ว เช่น พืชตระกูลถั่ว เนื่องจากมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในอากาศ จึงช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดิน และเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้กับดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก (นันทวัน, 2556)

ปุ๋ยหมักคือปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีราคาถูก สามารถใช้แทนปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ประโยชน์ในการนำมาบำรุงดิน และปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน เช่น ช่วยให้ดินเกาะกันอย่างหลวมๆและมีอากาศภายในดินมากขึ้น หรือทำให้ดินทรายอุ้มน้ำได้ดี โดยวัตถุดิบที่เหมาะนำมาทำปุ๋ยหมัก คือ วัตถุดิบที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ สำหรับกองปุ๋ยหมักที่ดีจะต้องมีสัดส่วนของสารคาร์บอน หรือ Browns และสารไนโตรเจน หรือ Green ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยทั่วไปสัดส่วนที่เหมาะสมของวัสดุทั้งสองชนิดจะประกอบด้วย คาร์บอน 25 ส่วน ต่อไนโตรเจน 1 ส่วน โดยคาร์บอนถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ส่วนไนโตรเจนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของเซลล์ หากกองปุ๋ยมีปริมาณคาร์บอนที่มากเกิน จะทำให้กองปุ๋ยเกิดการย่อยสลายช้า ในขณะที่กองปุ๋ยหมักมีสัดส่วนไนโตรเจนที่มากเกินจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็น การหมักปุ๋ยเริ่มจากการนำวัสดุกองหมักรวมกันรดน้ำให้มีความชื้นเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ โดยกระบวนการแปรสภาพในกองปุ๋ยหมักของจุลินทรีย์เป็นแบบใช้อากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดได้รวดเร็วกว่าแบบไม่ใช้อากาศ (กนกวรรณ และคณะ, 2556) โดยวัสดุอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ บางส่วนแปรสภาพเป็นฮิวมัส (รูปที่ 2.1) เขียนสมการทั่วไปของการสลายอินทรียสาร โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ใช้ออกซิเจน (Suriyanon, 2011) ดังสมการที่ 2.1

อินทรียสาร + O_2 + จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน $\longrightarrow$ CO_2 + NH_3 +พลังงาน + สารฮิวมัส (2.1)



รูปที่ 2.1 หลักการในการทำปุ๋ยหมัก (Ministry of Agriculture and Food, 2005)

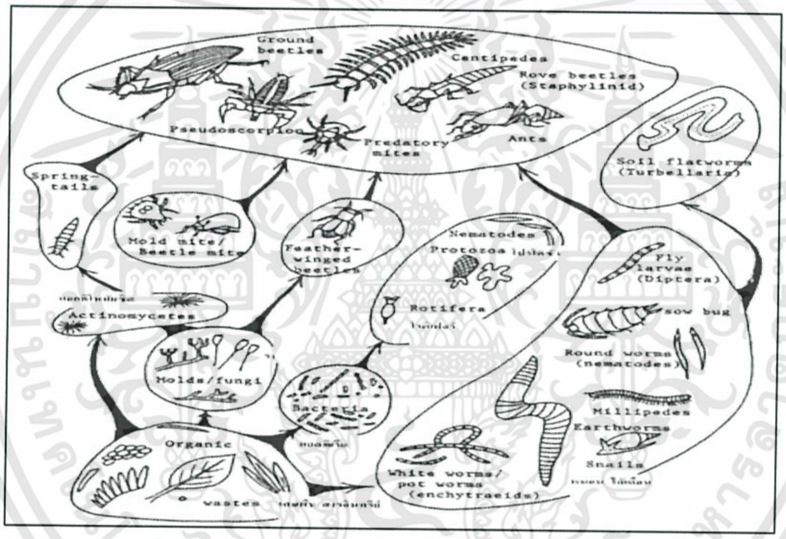
การย่อยสลายสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

1. การย่อยสลายที่เกิดจากแมลงหรือสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ (Macroorganisms) ได้แก่ Nematodes, mites, sow bug และไส้เดือนเข้าไปกัดกินสารอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ย โดยทำให้สารอินทรีย์มีขนาดที่เล็กลง แสดงในรูปที่ 2.2

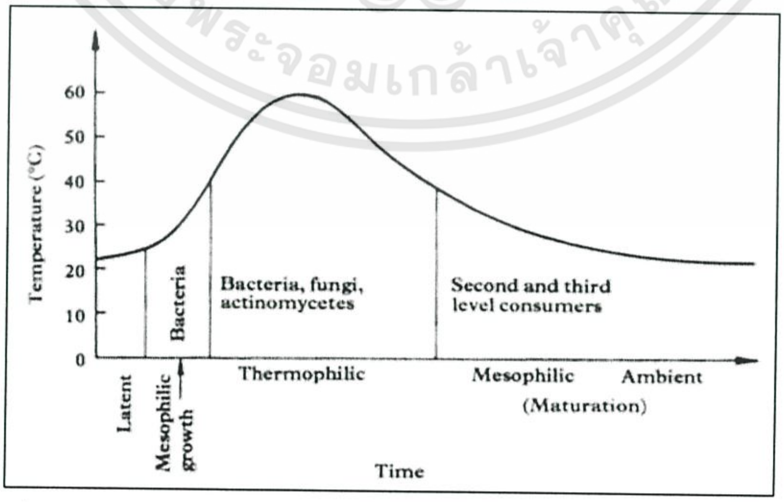
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การย่อยสลายโดย Mesophilic bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ พวกเชื้อราและแบคทีเรีย โดยขั้นนี้สารอินทรีย์ขนาดเล็กจะถูกย่อยสลายมากขึ้นและให้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น เรียกระยะนี้ว่า Mesophilic stage ระยะนี้อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะอยู่ที่ 25 – 45 องศาเซลเซียส แสดงในรูปที่ 2.3

3. การย่อยสลายโดย Thermophilic bacteria เมื่อเกิดการย่อยระยะเวลานาน อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้นจนแบคทีเรียกลุ่ม Mesophilic bacteria หยุดการทำงานหรือไม่สามารถย่อยได้อีก แบคทีเรียในกลุ่ม Thermophilic bacteria จะทำหน้าที่ย่อยสลายต่อ โดยช่วงนี้เรียกว่า Thermophilic stage ระยะนี้อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะอยู่ที่ 45 – 70 องศาเซลเซียสซึ่งสามารถทำลายไข่พยาธิและเมล็ดวัชพืช การย่อยจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิดลงกลับมาอยู่ในช่วง Mesophilic stage อีกครั้ง การหมักปุ๋ยหมักทั้ง 3 ระยะ ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 10 – 12 สัปดาห์ จึงเกิดการหมักที่สมบูรณ์



รูปที่ 2.2 สายใยอาหารในกองปุ๋ยหมัก (Denzell, 1987)



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมักปุ๋ย (Polprasert, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วิธีการหมักปุ๋ย (สมศักดิ์, 2551)

วิธีการหมักปุ๋ยทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุจากการเกษตร งบประมาณ และคุณภาพของปุ๋ยหมัก โดยต้องได้ผลผลิตให้ทันตามเวลาที่กำหนด มีวิธีการดังนี้

1. การจัดการวัสดุในการทำปุ๋ยหมักขึ้นกับลักษณะของวัสดุ ปัจจัยแวดล้อม แรงงาน และเครื่องทุ่นแรงต่างๆ สำหรับสถานที่ในการผลิตปุ๋ยหมัก ควรจะใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ และห่างไกลจากแหล่งชุมชน ทั้งนี้เพราะกระบวนการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์อาจส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์รบกวนได้ในการผลิต ถ้าผลิตใช้เองอาจกองปุ๋ยหมักบริเวณไร่นาได้เลย แต่ถ้าจะผลิตเป็นการค้าต้องคำนึงถึงการคมนาคมขนส่ง รวมถึงการจัดการสัดส่วนของวัสดุในการผสมให้เกิดการสลายตัวเป็นปุ๋ยหมัก ให้มีคุณภาพในเวลาสั้นที่สุดเพื่อประหยัดเวลาและแรงงาน

2. กองเป็นชั้น การกองวิธีนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟางข้าวหรือเศษวัชพืชหรือกิ่งไม้ที่สับเป็นชิ้นเล็กมากๆแล้ว โดยกองเศษซากพืชสลับกับมูลสัตว์ ปุ๋ยเคมีและเชื้อจุลินทรีย์ให้กองกว้างประมาณ 2 - 3 เมตร สูง 1-1.5 เมตร ความยาวไม่จำกัด แบ่งออกเป็น 3-4 ชั้น สัดส่วนของวัสดุที่ใช้โดยประมาณคือ 500:100:1 หมายความว่าถ้าใช้เศษซากพืช 500 กิโลกรัม ต้องใช้มูลสัตว์ 100 กิโลกรัม และปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย) 1 กิโลกรัม การเติมปุ๋ยไนโตรเจนก็เพื่อช่วยเร่งให้จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยเศษซากพืชเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้นด้วย โดยทั่วไปแล้วควรปรับค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมักให้อยู่ที่ระดับ ประมาณ 30-35 ต่อ 1 ชั้นบนสุดหลังจากใส่มูลสัตว์และปุ๋ยเคมีแล้ว ควรปิดทับด้วยเศษพืชหรือดินอีกชั้นหนึ่ง เพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้นภายในกองปุ๋ยหมัก

3. ผสมวัสดุรวมกัน การกองวิธีนี้มักใช้กับวัสดุที่มีขนาดเล็ก ค่อนข้างละเอียด เช่น แกลบและขี้เลื่อย เป็นต้น โดยผสมวัสดุต่างๆ ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์หรือมูลสัตว์ แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันพร้อมกับปรับความชื้นให้พอเหมาะ ในการคลุกเคล้าให้เข้ากันนั้น นอกจากใช้แรงงานคนแล้วอาจจะใช้เครื่องมือผสมหรือเครื่องจักรอื่น ถ้าเป็นการผลิตในระบบอุตสาหกรรม การกองปุ๋ยหมักทั้งสองแบบต้องให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นประมาณ 50-60% โดยน้ำหนัก และกลับกองบ่อยๆ เพื่อให้วัสดุได้รับออกซิเจนอย่างทั่วถึง และเป็นการระบายความร้อนออกจากกอง จะทำให้วัสดุสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น

2.2.4 ประเภทการหมักปุ๋ย (กนกวรรณ และคณะ, 2556)

1. การหมักแบบไม่เติมอากาศ (Passive composting) เช่น การกองปุ๋ยหมักที่มีขนาดไม่สูงและไม่หนามากเกินไป อาศัยที่ตัวเนื้อของเศษมูลฝอยมีขนาดใหญ่ มีช่องว่างให้อากาศเข้าไปผสมโดยธรรมชาติ กองมีความพรุนสูง โปร่ง ลมพัดผ่านได้ดี และไม่มีการกดมูลฝอยให้แน่นจนเกินไป วิธีการนี้อาจไม่เหมาะกับมูลฝอยชุมชนเพราะมีเศษอาหารมากทำให้เกิดจุดอับอากาศได้ ดังนั้นจึง

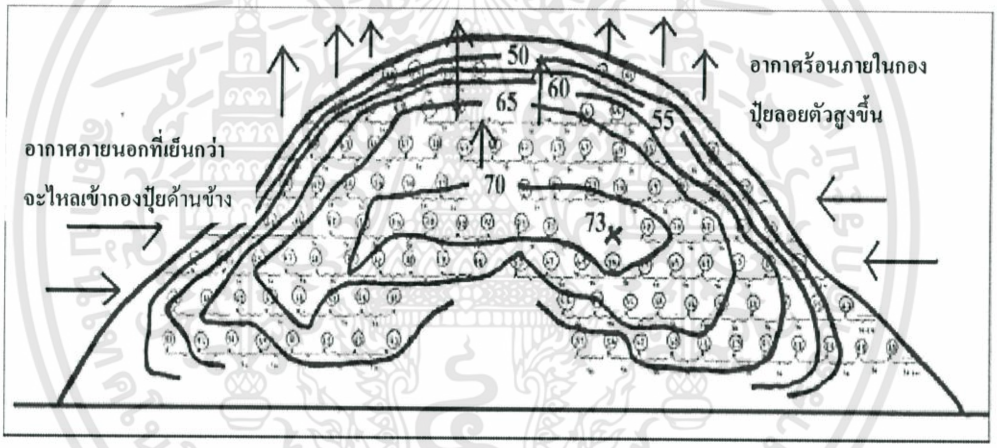
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมกับการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์จากเศษพืชผักต่างๆ ที่ผสมด้วยขี้เลื่อยหรือเศษไม้มากกว่า

การหมักแบบไม่เติมอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (ธีระพงษ์, 2551) คือ

1) การหมักแบบพลิกกลับกอง เป็นการหมักแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้เวลาและแรงงานในการผลิตปุ๋ยหมัก โดยอาศัยหลักการหมักโดยใช้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน ร่วมกับความชื้น ต้องกลับกองปุ๋ยเพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าไปในกองปุ๋ยได้มากพอ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เวลานานและได้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

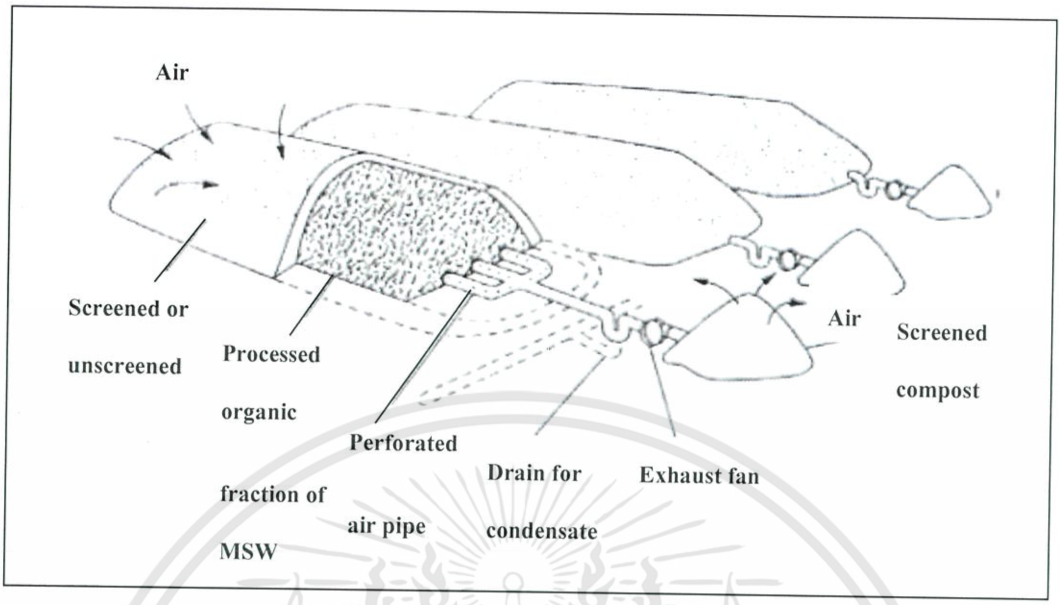
2) การหมักแบบไม่กลับกอง เป็นการหมักที่ใช้เวลาและแรงงานน้อยกว่า ไม่มีความยุ่งยากในการผลิต สามารถทำได้ในพื้นที่เพาะปลูก โดยอาศัยหลักการ คือรูปร่างการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองเป็นรูปสามเหลี่ยมปริซึม โดยลักษณะรูปร่างสามเหลี่ยมจะทำให้ความร้อนภายในกองปุ๋ยลอยขึ้นด้านบน และผลักอากาศเย็นไหลเข้ากองปุ๋ย คล้ายกับปรากฏการณ์ Chimney Convection ซึ่งการหมักวิธีนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาความชื้นให้เหมาะสม ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การแทนที่ของอากาศเย็นภายในกองปุ๋ยหมัก (ธีรพงษ์, 2551)

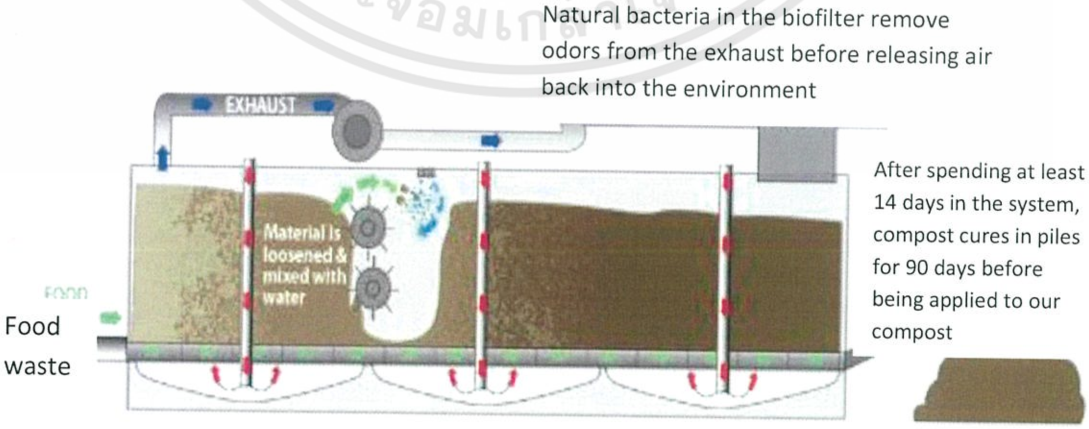
2. การหมักแบบอาศัยการเติมอากาศผ่านกองปุ๋ย (Active composting) เป็นการหมักปุ๋ยแบบที่ต้องเติมอากาศเข้าช่วยเพราะว่าเนื้อมูลฝอยชิ้นเล็กและไม่โปร่ง ทำให้อากาศแทรกตัวเข้าไปเองตามธรรมชาติไม่ได้ และลักษณะการกองปุ๋ยสูง รวมทั้งมีปริมาณมูลฝอยจำนวนมากที่ต้องหมัก ดังนั้น จึงต้องทำการเร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นโดยเร็ว ซึ่งต้องคำนวณปริมาณความต้องการอากาศของการหมักที่เหมาะสม หากเติมมากเกินไปจะเกิดการระบายความชื้นออกไปมากเกิน รวมทั้งทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักไปไม่ถึง Thermophilic stage ได้แต่หากเติมอากาศน้อยเกินไปทำให้เกิดจุดอับอากาศและส่งกลิ่นเหม็นจากกองปุ๋ยหมักได้ โดยลักษณะการเติมอากาศเป็นแบบดูดอากาศผ่านกองมูลฝอย แสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การหมักแบบอาศัยการดูดอากาศผ่านกองปุ๋ย (Active composting) (Tchobanoglous et al., 1993)

3. การหมักในภาชนะ (In-Vessel system) เป็นการหมักในภาชนะทรงกระบอกที่หมุนได้รอบตัวในแนวนอน (Rotating drum composter) และมีการป้อนอากาศเข้าไปช่วยในการหมัก ซึ่งปฏิกิริยาในการหมักจะเกิดตั้งแต่ Mesophilic stage และ Thermophilic stage ภายในภาชนะทรงกระบอกและเมื่อสิ้นสุดการหมักจะต้องนำปุ๋ยหมักไปบ่มต่อข้างนอกโดยการกองไว้แบบเติมอากาศ (Active composting) อีกประมาณ 3 เดือนหรือมากกว่า สำหรับช่วงเวลาในการหมักในภาชนะทรงกระบอกนี้จะมีเวลาหมักตั้งแต่ 1-3 วัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบของถังหมักดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การหมักในภาชนะ (In-Vassel system) (Ohio University, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย (สมศักดิ์, 2551)

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญที่สุดในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลงจนเป็นอินทรียวัตถุที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ กระบวนการย่อยสลายเกิดจากเอนไซม์ที่ปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน จุลินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วยแบคทีเรียและเชื้อรา เป็นส่วนใหญ่ มีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มของจุลินทรีย์โดยมีสภาพแวดล้อมและชนิดของวัสดุเป็นตัวกำหนด

1. แบคทีเรีย (bacteria) ได้แก่ *Bacillus* sp. เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในการทำปุ๋ยหมัก โดยมีทั้งพวกที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการย่อยสลายเยื่อใย และพวกอาศัยสารประกอบที่ละลายง่ายจากเนื้อเยื่อพืชเป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโต กระบวนการย่อยของแบคทีเรียยังทำให้ความร้อนในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลต่อการจำกัดชนิด และปริมาณของแบคทีเรีย ทำให้แบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พวกที่เจริญเติบโตในระยะแรกที่อุณหภูมิกองปุ๋ยไม่เกิน 40°C (Mesophilic bacteria) และเจริญได้ในอุณหภูมิสูงกว่า 40°C ถึง 65°C (Thermophilic bacteria) พวกหลังนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่สร้างสปอร์ จึงทนอยู่ได้ในความร้อนค่อนข้างสูง

2. เชื้อรา (fungi) ได้แก่ *Trichoderma* sp., *Geotrichum* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., เชื้อรามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ เนื่องจากสามารถปลดปล่อยเอ็นไซม์ช่วยย่อยสลายสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ แต่เชื้อรามีข้อจำกัดในการเจริญเติบโต คือต้องมีอากาศถ่ายเทได้ดี และอุณหภูมิและความชื้นไม่สูงมากนัก ดังนั้น จะพบเชื้อรามากบริเวณรอบนอกกองปุ๋ย ในระยะเริ่มกองปุ๋ยหมักจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 55°C และระยะที่อุณหภูมิลดลง

จุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก

เชื้อจุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมักหรืออาจเรียกสั้นๆ ว่าเชื้อเร่งปุ๋ยหมักหรือเชื้อปุ๋ยหมัก มีหลายประเภทอาจเป็นเชื้อเดี่ยวหรือเชื้อรวมกันหลายชนิด ประกอบด้วยเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโน-ไมซีต ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยหลักการทั่วไปแล้วหลังจากการผลิตเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหารที่เหมาะสมจนได้เชื้อปริมาณมากพอแล้ว จะปรับความชื้นให้ลดลง หรือผสมในสารผสมชนิดต่างๆที่เหมาะสม โดยปรับความชื้นให้ได้ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ก็จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในสภาพดี และเริ่มกิจกรรมได้ทันทีเมื่อใส่ลงในกองปุ๋ยหมัก แต่ถ้าปรับความชื้นให้ต่ำลง คืออยู่ในสภาพแห้ง หรือทำให้เซลล์แข็งและแห้ง (Freeze-dried หรือ lypophilized) ก็จะสะดวกต่อการเก็บรักษา หรือเก็บรักษาได้นาน แต่เมื่อนำมาใช้ เชื้อจะเริ่มกิจกรรมได้ช้ากว่า สำหรับชนิดของเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนไมซีต ที่สำคัญในการย่อยสลายมีดังนี้ (พิทยากรและเสียงแจ๋ว, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เชื้อรา (fungi)ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอชนิดและปริมาณของเชื้อราจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม การที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสูง เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้น จึงมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมักซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าในกองปุ๋ย ในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อราได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบเชื้อราเลย และเมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งจะพบอุณหภูมิสูง 62 ถึง 65 องศาเซลเซียส ยังสามารถตรวจพบเชื้อราได้ เชื้อราที่พบเสมอๆแสดงดังตารางที่ 2.3 ปัจจัยต่างๆ ของสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวควบคุม และคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการเจริญดำเนินกิจกรรมในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกซึ่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นมักจะตรวจพบเชื้อราพวก *Geotrichum candidum* และ *Aspergillus fumigatus* ดังรูปที่ 2.7 และเมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับ 45 ถึง 55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบ *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบพวก *Penicillium duponti* อย่างไรก็ตาม ชนิดของเชื้อราดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่ใช้ (พิทยากรและเสียงแจ๋ว, 2540)

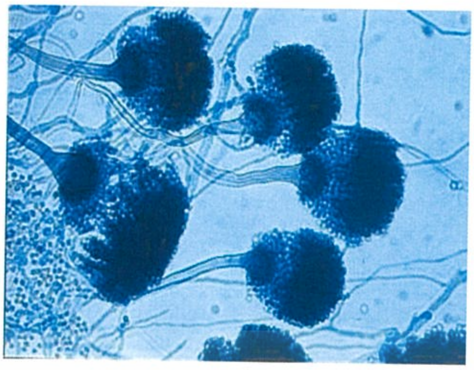
ตารางที่ 2.3 ชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมัก

อุณหภูมิปานกลาง	อุณหภูมิปานสูง
Alternaria tenuis	*Aspergillus fumigatus*
Aspergillus amstellodami	*Chaetomium thermophilum*
Cephalospolium sp.	*Humicola insolens*
Cladosporium herbarum	*Humicola lanuginosa*
Coprinus cinereus	*Mucor pusillus*
Geotrichum candidum	*Penicillium duponti*
Paecilomyces sp.	*Sporotrichum thermophile*
Polyporus versicolor	*Talaromyces thermophilis*
Scopulariopsis brevicantis	*Thermoascus aurantiacus*
Trichoderma viridae	

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)



(ข)

รูปที่ 2.7 ชนิดของเชื้อราที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก (ก) *Geotrichum candidum* (ข) *Aspergillus fumigatus* (Caltex moldserviceslibrary, 2013)

2. แบคทีเรีย (bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่มีมากที่สุดในกองปุ๋ยหมัก ประมาณ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์ที่พบว่าในช่วงการย่อยสลายจะเป็นแบคทีเรีย ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 2.3 X 10^8 เซลล์ต่อกรัม ปริมาณดังกล่าวนี้ไม่แน่นอน อาจมีการผันแปรไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก แบคทีเรียค่อนข้างจะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของการหมักปุ๋ยจะมีอุณหภูมิภายในกองไม่สูงมากนัก แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่พบได้ทั่วไปในดิน เช่น *Pseudomonas* sp., *Cellulomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., และ *Bacillus* sp. ซึ่ง *Bacillus* sp. จะพบในปริมาณมากกว่าพวกอื่นๆดังแสดงในรูปที่ 2.8

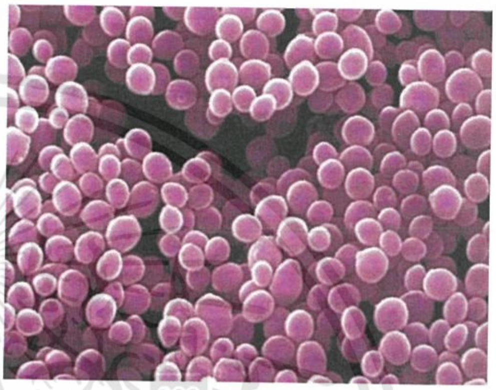
โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่ชอบอุณหภูมิสูงได้แก่ *B. subtilis* และ *B. stearothermophilus* ซึ่งเจริญได้ดีในช่วง 50 ถึง 55 องศาเซลเซียส ในบางกรณีอาจถึง 65 องศาเซลเซียส เชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบว่าเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงในระดับนี้ ได้แก่ *Thermus* sp. มีบทบาทสำคัญในช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูง บางครั้งจะพบว่าสามารถทนต่อความร้อนได้สูง *Thermus aquaticus* เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พวก *Bacillus* sp. เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้ สปอร์จะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังพบ *Clostridium* sp. ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (ธงชัย, 2550)

3. แอคติโนไมซีต (actinomycetes) โดยทั่วไปแอคติโนไมซีตมีอัตราการเจริญช้ากว่าแบคทีเรียและเชื้อรา แอคติโนไมซีตเจริญได้ไม่ดีเมื่ออยู่ในสภาพอากาศไม่พอเพียง เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ลักษณะของเชื้อแอคติโนไมซีตเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะเห็นเป็นจุดสีขาวๆคล้ายผงปูนหลังจากอุณหภูมิขึ้นถึงจุดสูงมาก เชื้อแอคติโนไมซีตสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส การเจริญเติบโตจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือหยุดชะงัก เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส เชื้อแอคติโนไมซีตที่มักพบเสมอในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ พวก *Thermo actinomyces* sp. และ *Thermo monospora* sp. เป็นพวกที่สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจพบพวก *Streptomyces* sp. และ *Micropolyspora* sp. ในกองปุ๋ยเช่นกัน เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน และโปรตีนที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักขณะที่มีอุณหภูมิสูง (ธงชัย, 2550)

(ก)



(ข)

รูปที่ 2.8 ชนิดของแบคทีเรียที่พบได้จากกองปุ๋ยหมัก (ก) *Pseudomonas* sp.
(ข) *Micrococcus* sp. (Aguskrisnoblog, 2011)

2.4 สารเร่งจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยหมัก

ปัจจุบันมีการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักขึ้นมากมายเพื่อใช้ลดระยะเวลาในการหมัก สารเร่งจุลินทรีย์ที่มีใช้อยู่ทั่วไป ได้แก่

2.4.1 สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ในปี พ.ศ. 2524 กรมพัฒนาที่ดิน ได้ศึกษาวิจัยเทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักที่มีต้นทุนต่ำและลดระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักให้สั้นลง ทำให้เกษตรกรสามารถนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ปรับปรุงดินได้ทันในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก จึงได้ศึกษาวิจัยคัดเลือกกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุการเกษตรที่มีประสิทธิภาพสูง หรือ จุลินทรีย์ที่มีความสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูง ซึ่งเป็นที่มาของการเริ่มต้นการพัฒนาสารเร่ง จุลินทรีย์ชนิดแรกของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีชื่อว่า "สารเร่ง พด.1" สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และได้มีการแนะนำส่งเสริมการใช้สารเร่ง พด.1 สู่ เกษตรกรเมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยในสารเร่ง พด.1 จำนวน 1 ซอง (100 กรัม) จะมีปริมาณจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 10^{10} เซลล์ สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 1 ตัน

สารเร่งพด.1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อผลิตปุ๋ยหมักในช่วงระยะเวลาอันสั้น ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรา ซึ่งมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูง ประกอบด้วย จุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์ ดังนี้

- แบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ อยู่ในสกุล *Bacillus* sp.
- แอคติโนมัยซีต 2 สายพันธุ์ อยู่ในสกุล *Streptomyces* sp.
- รา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Scopulariopsis* sp., *Helicomyces* sp., *Chaetomiumsp.* และ *Trichoderma* sp.

แหล่งที่มาของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.1

อินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมความสมดุลและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งในด้านสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ในสภาพป่าธรรมชาติจะเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่สำคัญ ซึ่งได้จากการร่วงหล่นของใบไม้ทับถมกัน และเกิดการย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และแปรสภาพให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินต่อไป

คุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.1

1. เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อย่อยสลายเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักในเศษพืชได้ดี สามารถเจริญได้ดีในสภาพดินที่มีอินทรียวัตถุสูง มีความสามารถในการใช้อาหารจากอินทรียวัตถุ และเพิ่มจำนวนเซลล์ในดินได้ดีกว่า ทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืชซึ่งมีอยู่ในดิน ไม่สามารถเจริญแข่งขันได้

2. เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการแสง อากาศ และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง 45 องศาเซลเซียส

3. เป็นจุลินทรีย์ที่มีความต้องการความชื้นสูง 50 เปอร์เซ็นต์

2.4.2 สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

บทบาทของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า กลุ่มจุลินทรีย์ประกอบด้วยแบคทีเรียและยีสต์โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆดังนี้

1. แบคทีเรีย สามารถย่อยวัสดุอินทรีย์ที่มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆให้เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ประกอบด้วย

- แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส *(Bacillus* sp.)
- แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ได้แก่ *Lactobacillus* sp.
- แบคทีเรียผลิตกรดอะซิดิก (Acetic acid bacteria)

2. ยีสต์และเชื้อราเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยีสต์ (Yeasts) มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบ อาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลาสดร่วมกับ กากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล ยีสต์ในธรรมชาติจะ เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้า ของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอยเป็นอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts

- ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบบริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อย สภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมัก ชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ

2.5 ปัจจัยที่สนับสนุนการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ (สมศักดิ์, 2551)

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้น นอกจากเชื้อจุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญอย่างมากแล้ว ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การสลายตัวเป็นไปในอัตราที่เร็วหรือช้าด้วย ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

1. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุ วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรเป็นวัสดุที่ชิ้นไม่ใหญ่มากนัก เพื่อสะดวกแก่การกองปุ๋ยและมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ทั่วถึง ซึ่งจะทำให้วัสดุสลายตัวได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ ยังสะดวกต่อการคลุกเคล้ากับวัสดุอื่น และการกลับกองปุ๋ยเพื่อลดอุณหภูมิด้วย ในการนำวัสดุอินทรีย์มาใช้ทำปุ๋ยหมัก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งคือ ความอ่อนและความแข็งของวัสดุ ถ้าเป็นวัสดุที่มีเนื้อเยื่ออ่อน การย่อยสลายก็จะเร็วกว่าพวกที่มีเนื้อเยื่อแข็ง เช่น การทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว หรือเปลือกถั่ว จะได้ปุ๋ยหมักเร็วกว่าใช้ขี้เลื่อยหรือแกลบ เป็นต้น

2. ความชื้น หรือปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก เป็นตัวควบคุมกิจกรรมและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอยู่ที่ประมาณ 50-60% โดยน้ำหนัก ถ้าความชื้นต่ำกว่า 40% การย่อยสลายของวัสดุจะช้าลง เพราะจุลินทรีย์ขาดน้ำ แต่ถ้าความชื้นเกิน 80% ทำให้กองปุ๋ยหมักมีน้ำมากเกินไป โดยน้ำเข้าแทนที่อากาศ ทำให้กองปุ๋ยมีอากาศน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรืออีกนัยหนึ่งคือ ทำให้จุลินทรีย์ขาดอากาศนั่นเอง เป็นผลให้การสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักช้าลง หรือทำให้เศษซากพืชเน่าเสียก่อนที่จะเป็นปุ๋ยหมัก

3. อากาศ หรือออกซิเจน มีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน เพื่อเป็นตัวรับอิเลคตรอนในกระบวนการหายใจ ดังนั้นต้องทำให้กองปุ๋ยหมักมีอากาศทั่วถึงตลอดเวลาโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายอากาศ การระบายอากาศที่ปฏิบัติได้ง่าย และสะดวก คือ การกลับกองปุ๋ยหมัก การกลับกองปุ๋ยบ่อยครั้งจะทำให้อัตราการสลายตัวของวัสดุเร็วยิ่งขึ้น หรืออาจใช้วิธีอื่นในการระบายอากาศ เช่น การใช้ท่อที่มีรูพรุนสอดเข้าไปในกองปุ๋ยในระยะห่างพอให้อากาศแทรกเข้าไปได้ทั่วถึง หรืออาจใช้การอัดอากาศผ่านท่อเข้าไปภายในกองปุ๋ยหมักก็ได้

4. ความร้อน-เย็น (อุณหภูมิ) อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนของวัสดุ และเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมจะเพิ่มสูงขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว ความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชให้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต โดยทั่วไปพบว่าอุณหภูมิจะขึ้นสูงถึง 50-60°C ภายในระยะเวลา 2-4 วัน หลังจากการหมัก ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกกักเก็บไว้ในกองปุ๋ย เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักรอบนอกปิดกั้นอยู่ ความร้อนจึงระบายออกภายนอกกองได้น้อยและช้า ในกรณีเช่นนี้มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่สามารถเจริญเติบโตในอุณหภูมิสูงได้ จะเหลือแต่พวกที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิสูงเท่านั้น ประกอบกับภายในกองมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์สะสมมากขึ้นด้วย จึงทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ลดน้อยลง ถ้าเป็นเช่นนี้ในระยะยาวการย่อยสลายจะหยุดชะงักลงได้ ดังนั้นถ้ามีการกลับกองปุ๋ยหรือระบายความร้อนออก จะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินต่อไปได้ ดังนั้นการกลับกองปุ๋ยหมักจึงมีประโยชน์ ทั้งช่วยระบายความร้อนและเพิ่มออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ด้วย

5. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกองปุ๋ยหมัก จากค่าความเป็นกรด-ด่าง ของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักโดยเฉพาะเศษซากพืช โดยทั่วไปมีค่าเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย เมื่อนำมากองเป็นปุ๋ยหมักในช่วงแรกความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการปลดปล่อยกรดอินทรีย์จากเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ความเป็นกรด-ด่างในปุ๋ยหมักไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก จะอยู่ระหว่าง 6-8 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ ดังนั้นในการกองปุ๋ยหมักไม่จำเป็นต้องปรับความเป็นกรด-ด่าง เพราะมันจะเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของวัสดุและกิจกรรมของจุลินทรีย์อยู่แล้ว

6. เวลา (Time) เวลาในการหมักปุ๋ยมีตั้งแต่ 3 เดือนไปจนถึง 4ปี ขึ้นอยู่กับวิธีการทำปุ๋ย ซึ่งหากมีการตัดชิ้นส่วนของมูลฝอยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และมีการหมักด้วยการเติมอากาศ เข้าไปใน กองปุ๋ยหมักและมีการพลิกกลับทุก ๆ สัปดาห์จะใช้เวลาประมาณ 10-12 สัปดาห์ แต่หากปล่อยไป ตามธรรมชาติกองไว้ในที่ร่มมีลมพัดผ่านได้สะดวก อาจต้องใช้เวลา 2-4 ปี

7. ปริมาณออกซิเจน (O_2) ที่เพียงพอ ซึ่งในการหมักปุ๋ยจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ (Aerobic digestion) ที่จุลินทรีย์ต้องการ O_2 ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้นในการหมักปุ๋ยต้องมีการเติมอากาศเข้าไป หากไม่มีอากาศเข้าไปปฏิกิริยาการหมักปุ๋ยจะเป็นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของ H_2S จึงต้องระวังไม่ให้เกิดปฏิกิริยานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก (ธเรศ, 2553)

เป็นกิจกรรมขั้นสุดท้ายของการหมักปุ๋ย ได้แก่ การบ่มปุ๋ยให้อยู่ในสภาพการหมักที่สมบูรณ์ เพื่อลดกลิ่น ลดความชื้น เป็นต้น รวมไปถึงการบรรจุใส่ถุงเพื่อนำไปใช้กับพืช การวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักประกอบด้วย

1. การตรวจสอบคุณภาพ (Quality control) เป็นการทดสอบการหมักที่สมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าปุ๋ยหมักที่ได้ผ่านการย่อยกลายเป็นปุ๋ยอย่างสมบูรณ์ (Maturity) โดยต้องทดสอบการงอกของปุ๋ยก่อน หากการหมักไม่สมบูรณ์ปุ๋ยที่ได้จะเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งจะต้องทดสอบตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9503-2548) เรื่อง ปุ๋ยหมัก ดังนั้นหากผลการทดสอบผ่านเกณฑ์และยืนยันว่าได้ปุ๋ยหมักสมบูรณ์แล้ว ถือว่าเป็นการควบคุมคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้

2. การทดสอบคุณสมบัติของปุ๋ย (Product specification) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้ เพื่อยืนยันถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักว่าเป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ. ศ. 2548 แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร

ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
2. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	ไม่เกิน 20:1
3. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductiity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร
4. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	อยู่ระหว่าง 5.5-8.5
5. ปริมาณโซเดียม (Na)	ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
6. ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
- ไนโตรเจนทั้งหมด (TatalN)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ1.00 ของน้ำหนัก
- ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก
- โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก
7. ความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
8. ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
9. ปริมาณหินและกรวดขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป	ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก
10. พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร

ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
11. 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

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2551)

การพิจารณาปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว สังเกตได้ดังนี้

1) สีของวัตถุดิบหมัก ลักษณะเนื้อของปุ๋ยหมักจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

2) ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้หมัก ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์พร้อมนำไปใช้กับพืช มีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัตถุดิบเริ่มแรกในการหมัก

3) กลิ่นของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์จะไม่มีกลิ่น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นเน่าหรือเหม็นฉุนแสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยยังไม่เสร็จสมบูรณ์

4) ความร้อนในกองปุ๋ยหมัก เมื่อทำการหมักได้ประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีค่าอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิจะสูงอยู่ระยะหนึ่งหลังจากนั้นจึงค่อยๆลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย และอุณหภูมิจะไม่เพิ่มสูงขึ้นอีก จึงถือว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้เช่นกัน

5) ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายเกือบเสร็จสมบูรณ์บางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้นั่นแสดงว่า ปุ๋ยหมักนั้นสามารถนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2.7 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมัก (มุกดา, 2545)

การใช้ปุ๋ยหมักควรพิจารณาถึงชนิดดินและชนิดพืช เช่น ดินที่มีระดับความชื้นต่ำ ดินเสื่อมโทรมจะต้องใส่ปุ๋ยหมักในปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีวิธีการใส่ปุ๋ยหมักหลายวิธีด้วยกัน คือ

1. การใช้ปุ๋ยหมักในการเตรียมแปลงในการปลูกผักพืชไร่และไม้ดอก มีดังนี้คือ ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมแปลง ใช้ปุ๋ยหมักโรยให้กระจายทั่วหนาประมาณ 2-4 เซนติเมตรแล้วคลุกเคล้าผสมให้เข้ากับเนื้อดินโดยใช้ในอัตรา 3 ตันต่อไร่ ใช้ร่วมกันกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 15-20 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการใช้ปุ๋ยหมักในการเตรียมแปลงเพาะกล้าผัก ควรใช้ในอัตรา 2-4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2. ใช้เป็นปุ๋ยแต่งหน้า เมื่อพืชเจริญเติบโตในระยะหนึ่งแล้ว โดยใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีโรยเป็นแถวในแปลงพืชผักและพืชไร่ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ใช้ในอัตรา 3 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 หรือ 18-22-0 อัตรา 25 - 50 กิโลกรัมต่อไร่

3. การใช้ปุ๋ยหมักกับการปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับในภาชนะปลูก การปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับหรือพืชผักในกระถาง มีวิธีการให้ปุ๋ยหมักดังนี้ คือ ในการผสมดินเป็นวัสดุปลูกจะใช้ปุ๋ยหมักผสมกับดินร่วนในอัตราส่วน 1: 3 รดน้ำให้ชุ่มและคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงนำวัสดุปลูกที่เตรียมไว้นี้บรรจุในกระถางหรือถุงพลาสติกหรือภาชนะอื่นๆ แล้วปลูกไม้ดอกไม้ประดับหรือพืชผักได้ตามต้องการ และควรมีการคลุมหน้าดินด้วยเศษพืช เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง และใบไม้ เป็นต้น

4. การใช้ปุ๋ยหมักกับไม้ผล สามารถทำได้ 3 ระยะ คือ

1) การใช้ปุ๋ยหมักกับการเตรียมหลุมปลูกไม้ผลก่อนปลูก สามารถทำได้โดยผสมปุ๋ยหมักลงในหลุมปลูก ถ้าเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ โดยใช้อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อหลุม ที่มีขนาดความกว้าง ยาว และลึก ด้านละ 75 เซนติเมตร และควรผสมปุ๋ยหินฟอสเฟต 500 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วจึงนำกิ่งพันธุ์ไม้ผลลงปลูก เมื่อปลูกแล้วควรคลุมดินบริเวณโคนต้นด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง ส่วนในไม้ผลขนาดเล็กจะใช้ปุ๋ยหมักในอัตรา 15-25 กิโลกรัมต่อหลุมที่มีขนาดด้านกว้าง ยาว และลึก ด้านละ 50 เซนติเมตร และควรผสมกับปุ๋ยหินฟอสเฟต 300 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วจึงนำกิ่งพันธุ์ไม้ผลลงปลูกเมื่อปลูกแล้วควรคลุมดินบริเวณโคนต้นด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง

2) การใช้ปุ๋ยหมักในระยะที่ไม้ผลกำลังเจริญเติบโตแต่ยังไม่ให้ผลผลิต คือหลังจากปลูกไม้ผลแล้วควรใส่ปุ๋ยหมักให้ไม้ผลปีละ 1 ครั้ง วิธีการใส่ปุ๋ยทำได้โดยแบ่งปุ๋ยหมักออกเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้หว่านบางๆบริเวณทรงพุ่ม เพื่อเป็นอาหารของรากที่อยู่บริเวณทรงพุ่ม สำหรับอีก 3 ส่วนที่เหลือจะใส่ลงไปในร่องรอบๆทรงพุ่มที่ขุดลึกประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วกลบดิน ซึ่งจะเป็นคันดินกั้นรอบๆทรงพุ่ม เพื่อป้องกันมิให้น้ำไหลออกมานอกทรงพุ่มเมื่อมีการให้น้ำ

3) การใส่ปุ๋ยไม้ผลที่ให้ผลผลิตแล้วจะปฏิบัติเช่นเดียวกับการใส่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต และควรใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราที่ได้รับการแนะนำ การใช้ปุ๋ยเคมีของพืชแต่ละชนิด การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดินแสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปิยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อดิน

ลักษณะ	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์/ชีวภาพ
1. การดูดซับธาตุอาหาร	ไม่มี	ดูดซับได้ดี
2. การอุ้มน้ำ	ไม่มี	ทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น
3. ความร่วนซุยของดิน	ทำให้ดินอัดตัวเป็นก้อนแข็งในระยะยาว	ดินร่วนซุยดี
4. ระดับความเป็นกรด	เพิ่มขึ้น	ช่วยรักษาสมดุลของความเป็นกรดด่าง
5. ระยะเวลาที่มีผลในดิน	ระยะสั้นแต่จะหายไปเร็วจากการชะล้าง เปลี่ยนรูป	คงอยู่ในดินนาน
6. การเจริญเติบโต	เติบโตดีแต่เพียงระยะสั้นแต่ในระยะยาวเติบโตไม่ดี	เติบโตดีและนาน
7. การขยายพันธุ์ของแมลงศัตรูพืช	ขยายพันธุ์รวดเร็ว	ไม่มีผล
8. การป้องกันโรคพืช	ไม่ช่วยป้องกัน	ช่วยป้องกัน

ที่มา : มุกดา (2545)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรสุดาและคณะ (2549) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นวัสดุหมักและใช้หญ้าขนเป็นตัวเพิ่มคาร์บอนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยศึกษาสภาวะในการหมักปุ๋ยและศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยวิธีทั่วไป (แบบกลับกอง) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดทดลองที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน และวิธีควบคุมที่ใช้วิธีหมักปุ๋ยทั่วไป จากผลการทดลองพบว่า สภาวะในการหมักปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีค่าใกล้เคียงกับการหมักปุ๋ยทั่วไป แต่มีปริมาณความชื้นสูงกว่า และการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักโดยเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็มและปริมาณธาตุอาหารหลัก (N:P:K) พบว่าปุ๋ยหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักโดยวิธีทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานปุ๋ยหมักโดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ 41.34 % อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 12.4/1 ความเป็นกรด-ด่าง 7.13 ความเค็ม 3.17 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และปริมาณธาตุอาหารหลัก (N: P: K) 1 : 3 : 3.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่ได้โดยวิธีทั่วไป อย่างไรก็ตาม วิธีหมักปุ๋ยทั่วไปโดยการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีความสะดวกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็วกว่า นั่นคือไม่ต้องกลับกองเพื่อเติมอากาศ ลดจำนวนครั้งการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น และปุ๋ยหมักสมบูรณ์ในระยะเวลาเร็วขึ้น ส่วนการทดสอบความเป็นพิษของปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักที่ทำจากกากตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไผทรัตน์และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันเปรียบเทียบกับวิธีการหมักแบบดั้งเดิม โดยใช้เศษอาหารเป็นวัสดุหมักและเศษใบไม้เป็นตัวเพิ่มค่าไนโตรเจน โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษอาหารกับเศษใบไม้ ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ได้แก่ อัตราการยุบตัว อุณหภูมิในกองปุ๋ย ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน ปริมาณอินทรียคาร์บอน และค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลการทดลองพบว่า ในการเตรียมวัสดุหมักต้องใช้อัตราส่วนระหว่างเศษอาหารต่อเศษใบไม้เท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนักเปียก จะได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 27:1 พบว่าการหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันจะใช้เวลาในการหมักเสร็จสมบูรณ์สั้นกว่าวิธีการหมักแบบดั้งเดิม คือ ใช้เวลาในการหมักเพียง 1 เดือน และผลการศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักทั้งสองวิธีมีคุณภาพใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ได้ยังไม่มีความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช สรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์ คอนเวคชัน สามารถผลิตปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม แต่การผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีชิมนีย์คอนเวคชันสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีหมักแบบดั้งเดิม นั่นคือไม่ต้องกลับกองปุ๋ย ลดความถี่ในการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น และปุ๋ยเสร็จสมบูรณ์ได้เร็วกว่า นอกจากนี้ ยังเกิดกลิ่นเหม็นในขณะหมักน้อยกว่าด้วย

นิติและคณะ (2552) พัฒนาถังหมักมูลฝอยขนาดเล็กสำหรับบ้านเรือนเพื่อลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ต้องกำจัด โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ลังโฟมเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่ายและเป็นฉนวนความร้อนซึ่งจำเป็นต่อการย่อยสลายในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนหมักร่วมกับใบไม้แห้ง และหาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ จากการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C/N ratio พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยทั่วไปของกรมวิชาการเกษตร อุณหภูมิในถังหมักช่วง 5-6 วันแรกเข้าสู่สภาวะเทอร์โมฟิลิค (45-75 °C) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการย่อยสลาย นอกจากนี้กระบวนการหมักใช้เวลาในการหมักเพียง 30 วัน จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ย ไม่พบเชื้อโรคที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมักที่ได้ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ยที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินได้ในสวนหรือเพื่อการเกษตร

สุทธีและคณะ (2553) ศึกษาคุณลักษณะของสารเร่งชีวภาพในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัว และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ทำปุ๋ยหมักปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) สภาพความเป็นกรด-ด่าง และค่า C/N ratio ในปุ๋ยหมักที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน การหมักใช้ผักตบชวาผสมมูลวัวในอัตราส่วน 3:1 ทำการหมักแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งการเปรียบเทียบจะแบ่งเป็น 3 รูปแบบคือ บ่อที่ไม่ใส่สารเร่งชีวภาพ (A1) บ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:10 (A2) และบ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:50 (A3) แต่ละรูปแบบดำเนินการ 3 ซ้ำ ควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วงร้อยละ 50 – 70 ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นทุกวันและพลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก 10 วัน ผลการวิจัยพบว่าสารเร่งชีวภาพที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมหมักดอง วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้เท่ากับ 3.5 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ย่อยเซลลูโลสได้เท่ากับ 1.2 X 10^7 CFU/ml จากนั้นนำสารเร่งชีวภาพที่ได้ไปใช้เป็นสารเร่งปุ๋ยหมัก เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักของทั้ง 3 รูปแบบพบว่า บ่อที่ใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:50 (A3) ใช้เวลาหมักเร็วกว่าบ่อใส่สารเร่งชีวภาพอัตราส่วน 1:10 (A2) และบ่อที่ไม่ใส่สารเร่งชีวภาพ (A1) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) สภาพความเป็นกรด-ด่าง และค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักในบ่อ Al, A2 และ A3 ไม่มีความแตกต่างกัน

Towprayoon (2010) ได้ทำการทดสอบโดยใช้วัสดุเม็ดแบบใหม่จากกากดินเหนียวเป็นสารเพิ่มปริมาณในการผลิตปุ๋ยหมักเศษอาหาร อัตราส่วนผสมของวัสดุเม็ดจำนวน 5 อัตราส่วนโดยทำการทดลองในถังปฏิกิริยาทดลองที่มีการเติมอากาศต่ำ (0.051 L min^1) การตรวจวัดอุณหภูมิและการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นตัวชี้วัด ผลการทดลอง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี การสูญเสียไนโตรเจน และทำการตรวจวัดปริมาณอินทรียสารที่ย่อยสลายของปุ๋ยหมัก การคัดเลือกวัสดุเม็ดที่มี 15% โดยปริมาตร (ช่องว่างในเม็ด 31.6%) จะปรับปรุงระยะเทอร์โมฟิลิกในการหมักปุ๋ยหมักและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นกระบวนการที่มีสภาวะเหมาะสมต่อการหมักปุ๋ยจะช่วยลดปริมาณเชื้อก่อโรคลง เพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูงสุด (k=0.005 day^1) การใช้กากดินเหนียวเป็นวัสดุเพิ่มปริมาณสำหรับปุ๋ยหมักนั้นมีประโยชน์โดยจะช่วยเรื่องการเติมอากาศ การดูดซับความชื้น และเป็นการนำตัวกลางสำหรับให้จุลินทรีย์เติบโตมาใช้ใหม่

Chang and Chen (2010) ศึกษาผลของแกลบขี้เลื่อยและรำข้าวในขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารในห้องปฏิบัติการบนพื้นฐานของการออกแบบการทดลองแบบผสม 7 ลักษณะกระบวนการสำคัญ (การทำปุ๋ยหมัก, สภาวะกรดในช่วงเวลาต่างๆของปุ๋ยหมัก, pH ต่ำสุด, ค่า pH สุดท้าย, อุณหภูมิสูงสุด, อินทรียคาร์บอนที่ละลายน้ำต่อสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้, อินทรียคาร์บอนทั้งหมดที่ละลายน้ำต่ออินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด) ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติทางกายภาพของการทำปุ๋ยหมักส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการดูดซึมน้ำของส่วนผสมการทำปุ๋ยหมักคือ คุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่นที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่ออัตราการทำปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น ขี้เลื่อยผสมปุ๋ยหมักที่มีผลในการเพิ่มขึ้นของความจุการดูดซึมน้ำและระยะเวลาในการหมัก

นคร (2552) ศึกษารูปแบบของถังหมักขยะอินทรีย์ในครัวเรือนที่มีการเติมอากาศด้วยวิธีแพสซีฟแบบต่างๆ 5 ประเภทต่อสมรรถนะการหมักในถังหมักพลาสติกโพลีเอทีลีนขนาด 200 ลิตร โดยมีรายละเอียดของแต่ละถังดังนี้ ถังใบที่ 1 มีช่องเปิดขนาด 5x10 ซม. จำนวน 8 ช่องโดยรอบบริเวณด้านล่างถัง ถังใบที่ 2 มีช่องเปิดขนาด 5x10 ซม. จำนวน 16 ช่องโดยรอบบริเวณด้านล่างถัง ถังใบที่ 3 และ 4 มีลักษณะเหมือนถังใบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่มีการเพิ่มท่อระบายความร้อนแบบปล่องต่อทำด้วยท่อพีวีซีต่อกับกรวยที่จุดกึ่งกลางของถัง ถังใบที่ 5 ทำการเจาะรูขนาด 40 มม. ข้างถังบริเวณด้านล่างของถังต่อกับท่อแอลดีพีอีขนาด 38 มม. ยาว 3 ม. เจาะรูตลอดความยาวท่อ และถังใบ ที่ 6 เป็นถังควบคุมไม่มีการเจาะช่องเติมอากาศ วัสดุในการหมัก ได้แก่ เศษอาหารและใบไม้แห้งผสม กันในอัตราส่วน 3.5:1 โดยน้ำหนักเปียก มีการเติมวัสดุหมักปริมาณ 1.76 กก. วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 30 วัน โดยปริมาณวัสดุหมักรวมทั้งสิ้น 52.8 กก./ถัง ทำการวัดอุณหภูมิตลอดช่วงการหมักในถัง หมักวันละ 1 ครั้ง และทำการวิเคราะห์หาความชื้น เถ้าและของแข็งระเหยได้ พีเอช คาร์บอน ไนโตรเจน และดรรชนีการงอกของเมล็ดผักกาด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่วัสดุหมักเต็มถังเป็นเวลา 120 วัน ผลการศึกษาพบว่าวัสดุหมักภายในถังหมักใบที่ 1-6 ใช้ระยะ เวลาในการหมักจนวัสดุหมัก เข้าสู่สภาวะเสถียรที่อายุการหมักเท่ากับ 77, 77, 70, 56, 77 และ 91 วัน ตามลำดับ หลังวัสดุหมักเต็ม ถัง ถังหมักใบที่ 4 ใช้เวลาในการย่อยสลายขยะอินทรีย์สั้นที่สุด โดยใช้เวลาในการหมักประมาณ 56 วัน หลังจากวัสดุหมักเต็มถัง และมีการลดลงของมวลและสัดส่วนของปุ๋ยหมักที่มีขนาดเล็กกว่า 12.5 มิลลิเมตร สูงที่สุดที่ร้อยละ 61.5 และ 82.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Genesys 10UV-Vis ยี่ห้อ Thermo Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น AAS-200 บริษัท Perkin Elmer สหรัฐอเมริกา
3. เตาเผา (furnace) รุ่น P320 ยี่ห้อ Norbertherm ประเทศเยอรมนี
4. ตู้อบ (Hot air oven) รุ่น Isotemp oven บริษัท Fisher Scientific ประเทศอังกฤษ
5. เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น Orbital Shaker ยี่ห้อ Gallenkamp ประเทศอังกฤษ
6. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น C860 ยี่ห้อ Consort ประเทศเบลเยียม
7. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่งรุ่น AUX220 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
8. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
9. เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว (Glass thermometer)
10. โถดูดความชื้น (Desiccator)
11. ตะกร้าพลาสติก ขนาด 50 ลิตร สูง 53 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางปากถัง 45 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางก้นถัง 32 เซนติเมตร
12. เครื่องบด
13. กระดาษกรองเบอร์ 42
14. กระดาษกรองใยแก้วขนาด 4.7 เซนติเมตร
15. หัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร
16. เครื่องแก้วต่างๆ
17. ตาข่ายพลาสติก
18. เชือกฟาง
19. สายวัดความยาว
20. ตลับเมตร
21. กาวตราช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
23. เทปกาว
24. เลื่อย
25. เมล็ดพันธุ์ผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักกาด คะน้า ผักชี และ พริก
26. น้ำกลั่น

3.1.2 สารเคมี

1. สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 ผลิตโดยกรมพัฒนาที่ดิน
2. สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า
3. กรดไนตริกเข้มข้น เกรดวิเคราะห์ บริษัท Loba Chemie ประเทศอินเดีย
4. กรดเปอร์คลอริก 70-72% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
5. กรดบอริก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Rankem ประเทศอินเดีย
6. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
7. น้ำยาแอมโมเนียมวานาโดโมลิบเดต (Ammonium vanadomolydate)

3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง แสดงในรูปที่ 3.1

1. มูลวัวตากแห้งจากร้านขายไม้ดอกไม้ประดับ
2. หญ้าขนสด
3. ขุยมะพร้าวจากร้านขายไม้ดอกไม้ประดับ

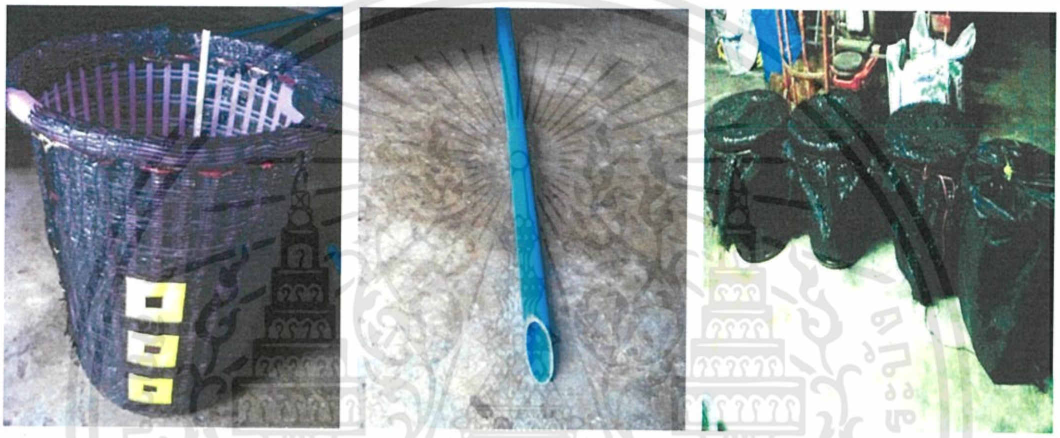
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.1 วัสดุหมักเริ่มต้น (ก) มูลวัวแห้งที่บดแล้ว (ข) หญ้าขนสด (ค) ขุยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมถังหมักปุ๋ย

นำตะกร้าพลาสติกขนาด 50 ลิตร หุ้มภายนอกตะกร้าด้วยตาข่ายพลาสติก จากนั้นเจาะช่องขนาด 2x2 เซนติเมตร จำนวน 3 ช่อง ตามแนวดิ่งหนึ่งแถวโดยวัดระยะจากก้นถังที่ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักและใช้วัดอุณหภูมิ ใช้เทปกาวติดบริเวณที่เจาะรูเพื่อป้องกันการหลุดของตาข่ายพลาสติก แล้วทำการติดสายวัดภายในถังหมักในแนวดิ่ง เตรียมถังหมักจำนวน 4 ชุดการทดลอง จากนั้นทำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างโดยตัดท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตรและตัดปลายด้านหนึ่งในแนวเฉียง ดังในรูปที่ 3.2



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.2 ถังหมักปุ๋ย (ก) ถังหมักที่เจาะรูและติดสายวัดภายในถัง (ข) อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (ค) ถังหมักที่คลุมด้วยตาข่ายพลาสติก

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัสดุการหมักปุ๋ย

1. ทำการบดวัสดุเริ่มต้นโดยบดหญ้าขนสดและมูลวัวตากแห้งด้วยเครื่องมือบดให้มีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดโดยใช้เชือกทาบที่วัสดุหมัก แล้วนำมาทาบวัดกับ ไม้บรรทัดอีกครั้ง
2. ผสมหญ้าขนสด 40 กิโลกรัม มูลวัวตากแห้ง 40 กิโลกรัม และขุยมะพร้าว 28 กิโลกรัม ให้เข้ากันในอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้น 30:1 (ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ก)
3. ศึกษาคุณลักษณะของวัสดุหมักเริ่มต้นของปุ๋ยหมักดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุหมักเริ่มต้น

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิ	Glass thermometer
2. ความชื้น	Evaporation ที่ 70-75 °C (AOAC, 1990)
3.ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter
4.ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
5. ปริมาณเถ้า (ash)	เผาที่ 600 °C 2 ชั่วโมง (AOAC, 2006)
6. ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด	เผาที่ 600 °C 2 ชั่วโมง (AOAC, 2006)
7. ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	Total Kjeldahl Nitrogen (ดัดแปลงจากAOAC, 1990)

3.3.2 การศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากมูลวัว หญ้าขน และขุยมะพร้าว โดยวิธีไม่พลิกกลับกอง โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์, เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด. 1 และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

1. นำวัสดุหมักหมักที่เตรียมในข้อ 3.3.1 ใส่ถังหมักแต่ละถังขนาด 50 ลิตร ที่เตรียมไว้จำนวน 4 ถัง (ดังรูปที่ 3.2 ค) ปุ๋ยหมักถังที่ 1 ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ เติมน้ำปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ลงในกองปุ๋ยหมัก คลุมถังปุ๋ยหมักด้วยตาข่ายพลาสติก ปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด. 1 ปริมาณ 0.1% (ตามที่ระบุไว้ข้างซอง) ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตรลงในกองปุ๋ยหมัก คลุมถังปุ๋ยหมักด้วยตาข่ายพลาสติก ปุ๋ยหมักถังที่ 3 และ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า ปริมาณ 0.1% ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ลงในกองปุ๋ยหมัก ทำการคลุมถังปุ๋ยหมักด้วยตาข่ายพลาสติก แต่ถังที่ 4 ให้นำถังหมักใส่ถุงดำแล้วปิดให้แน่นเพื่อไม่ให้อากาศถ่ายเท

2. เก็บตัวอย่างจากถังหมักปุ๋ยที่ระยะ 10, 20 และ 30 เซนติเมตรของถังหมักแล้วผสมตัวอย่างเข้าด้วยกัน

3. วิเคราะห์สภาวะในระหว่างการหมักดังแสดงในตารางที่ 3.2 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์สภาวะของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	**วิธีวิเคราะห์**	**ความถี่ในการวัด**
1. อุณหภูมิ	Glass thermometer	ทุกวัน
2. อัตราการยุบตัว	สายวัดและตลับเมตร	ทุกวัน
3. ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	ทุกวัน
4. ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	ทุกวัน
5. ความชื้น	Evaporation ที่ 70-75 °C (AOAC, 1990)	1 ครั้งต่อสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

ทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักดังตารางที่ 3.3 โดยเก็บตัวอย่างของปุ๋ยหมักแต่ละถัง ด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ที่ช่องเก็บตัวอย่างที่มีความสูงจากก้นถัง 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละความสูงมาผสมกัน แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ (ดูรายละเอียด ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	ความถี่ในการวัด
1. ความชื้น	Evaporation ที่ 70-75 °C (AOAC, 1990)	1 ครั้งต่อสัปดาห์
2. ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	ทุกวัน
3. ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	ทุกวัน
4. คาร์บอนทั้งหมด	เผาที่ 600 °C 2 ชั่วโมง (AOAC, 2006)	1 ครั้งต่อสัปดาห์
5. ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	Total Kjeldahl Nitrogen (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)	1 ครั้งต่อสัปดาห์
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P)	Spectrophotometry (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)	ครบ 1 เดือน
7. โพแทสเซียม (K)	Atomic Absorption Spectrophotometry (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)	ครบ 1 เดือน
8. ลักษณะทางกายภาพที่บ่ง บอกว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์		
- สี	สังเกตด้วยตา	ครบ 1 เดือน
- กลิ่น	ดมกลิ่น	ครบ 1 เดือน
- ลักษณะของวัสดุ	สังเกตด้วยตา	ครบ 1 เดือน

3.3.4 ศึกษาดัชนีการงอก

ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักกาด ผักคะน้า ผักชี และพริก โดยนำผลการวิเคราะห์หาปริมาณ N, P, K ในปุ๋ยหมักจากข้อ 3.3.3 มาเติมปุ๋ยน้ำเพื่อให้ปุ๋ยมีค่า N, P, K ตามที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด โดยในการทดลองนี้ใช้ปุ๋ยน้ำซึ่งผลิตจากเปลือกหอย ที่ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. บรรจง บุญชม โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เตรียมวัสดุปลูก คือ ปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองผสมกับขุยมะพร้าวในอัตราส่วน ปุ๋ยหมัก ต่อขุยมะพร้าว เท่ากับ 1 ต่อ 1.5 กิโลกรัม

2. ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยหมักที่เพิ่มปุ๋ยน้ำหมักจากเปลือกหอย โดยการผสมกับวัสดุปลูกในข้อ1 ลงในถาดเพาะเมล็ด 5 ถาด โดยแบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดทดลองที่ 1 ตัวควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก), ชุดทดลองที่ 2 วัสดุปลูกไม่ผสมปุ๋ยน้ำหมัก, ชุดทดลองที่ 3 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยน้ำหมัก 1%, ชุดทดลองที่ 4 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยน้ำหมัก 3% และ ชุดทดลองที่ 5 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยน้ำหมัก 5%

3. ปลูกเมล็ดพันธุ์ผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักกาด คะน้า ผักชี และพริก ในถาดสำหรับเพาะเมล็ดในแต่ละชุดทดลองปลูกเมล็ดพืชชนิดละ 22 หลุม หลุมละ 1 เมล็ด

4. ปิดถาดเพาะด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์เป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้ความชื้นและป้องกันเมล็ดพันธุ์หลุดออกจากวัสดุเพาะ วางถาดเพาะในที่ที่มีแสงแดดส่องถึง

5. รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 5-6 มิลลิลิตร ต่อหลุม

6. ทำการนับจำนวนการงอกของเมล็ดทุกๆวัน เป็นเวลาทั้งหมด 14 วัน

7. นำต้นกล้าออกจากถาดหลุมและนำไปเพาะในกระถางต่อ โดยใช้วัสดุปลูกชนิดเดิม เมื่อครบ 20 วัน โดยนับวันแรกคือวันที่เพาะเมล็ด นำต้นกล้าออกมาวัดความยาวรากถึงลำต้น และนับจำนวนใบที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแบบไม่พลิกกลับกอง โดยใช้ขุยมะพร้าว ร่วมกับหญ้าขนและมูลวัว โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์, เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 และเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า ทำการหมักในตะกร้าขนาด 50 ลิตร ที่มีความสูง 53 เซนติเมตร โดยถังที่ 1 ถังหมักควบคุม, ถังที่ 2 ถังหมักเติมสารเร่ง พ.ด.1, ถังที่ 3 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า และถังที่ 4 ถังหมักแบบอับอากาศเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น 2) ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยแบบไม่พลิกกลับกอง 3) ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น

จากการทดลองทำการผสมวัสดุหมัก คือ ขุยมะพร้าวร่วมกับหญ้าขนและมูลวัวในอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสม คือ 30:1 (กรมวิชาการเกษตร, 2551) โดยใช้ค่า C/N ratio ของขุยมะพร้าว หญ้าขนและมูลวัวจากงานวิจัยของ Cornell Waste Management Institute ในการคำนวณ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) ได้อัตราส่วนโดยน้ำหนักเปียกของขุยมะพร้าวร่วมกับหญ้าขนต่อมูลวัว เท่ากับ 1.7:1 ในการทดลองใช้อัตราส่วนขุยมะพร้าวร่วมกับหญ้าขน (0.7 + 1) : มูลวัวเท่ากับ 17:10 กิโลกรัม โดยมีน้ำหนักรวม 27 กิโลกรัม โดยมีขนาดของวัสดุ เปอร์เซ็นต์คาร์บอน และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1 ภาคผนวก ข) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนของขุยมะพร้าว + หญ้าขน ต่อมูลวัวในสัดส่วน 1.7:1 โดยน้ำหนักเปียก ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1 ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

วัสดุหมัก	ขนาด (cm)		ปริมาณคาร์บอน* (%)	ปริมาณไนโตรเจน* (%)
	กว้าง	ยาว		
1. ขุยมะพร้าว	0.24 ± 0.05	0.22 ± 0.04	60.13	0.36
2. หญ้าขน	0.46 ± 0.09	0.42 ± 0.08	48.6	1.38
3. มูลวัว	1.18 ± 1.13	1.34 ± 0.23	20	1.7

หมายเหตุ : * %คาร์บอน และ %ไนโตรเจน อ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมัก

คุณลักษณะ	วัสดุเริ่มต้น
1. ความชื้น (%)	66.34 ± 2.56
2. อุณหภูมิ (°C)	32 ± 0.01
3. ค่าความเป็นกรดด่าง	7.57 ± 1.02
4. ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	2.54 ± 0.20
5. ปริมาณเถ้า (%)	55.46 ± 2.02
6. ปริมาณคาร์บอน (%)	31.73 ± 0.85
7. ปริมาณไนโตรเจน (%)	1.08 ± 0.12
8. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	31.72/1

จากการคำนวณได้ค่า C/N ratio เท่ากับ 31.24/1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-1) และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่า C/N ratio พบว่ามีค่าเท่ากับ 31.72/1

4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยแบบไม่พลิกกลับกอง

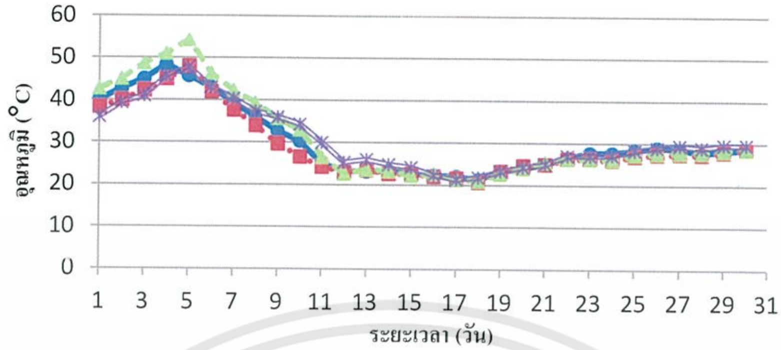
4.2.1 อุณหภูมิ

จากการทดลองทำการวัดอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักทุกวันเป็นเวลา 14 วัน โดยทำการวัดที่ระยะความสูง 10, 20 และ 30 เซนติเมตร จากก้นถังแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในถังหมัก จากรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตาราง ข 2-1 ถึง ข 2-4, ภาคผนวก ข) พบว่าอุณหภูมิในถังปุ๋ยหมักอยู่ในระยะ Mesophilic stage ที่อุณหภูมิ 25 - 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นจนเข้าสู่ระยะ Themophilic stage อุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 45 – 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 วัน จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เรียกว่า Maturation phase (Polprasert, 1996) ถังหมักที่อุณหภูมิสูงสุดคือ ถังหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 54.33 องศาเซลเซียส ถังหมักที่ไม่เติมสารเร่ง ถังหมักเติมสารเร่ง พ.ด.1 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาวะไร้อากาศมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 48.33, 48.00, 47.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละถังโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-1, ภาคผนวก จ) อุณหภูมิที่สูงขึ้นเกิดจากพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์และคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ (ทิพวรรณ, 2547) รวมถึงกระบวนการหมักปุ๋ยด้วยวิธีการไม่กลับกองจะรักษาความร้อนด้วยหลักการพาความร้อน (ธีระพงษ์, 2551) ระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม จากรูปที่ 4.1 พบว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมักปุ๋ย (Polprasert,

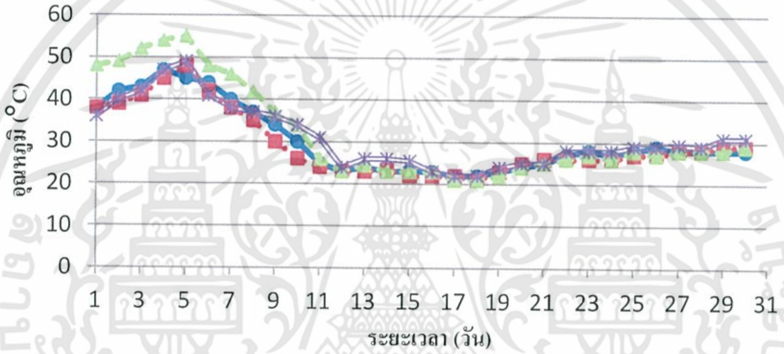
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1996) ซึ่งการที่อุณหภูมิสูงจะมีผลในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในพืช รวมถึงเมล็ดวัชพืชที่ทำให้เกิดโรคลดน้อยลง และไม่เป็นการเพาะวัชพืชรุ่นต่อไปอีกด้วย

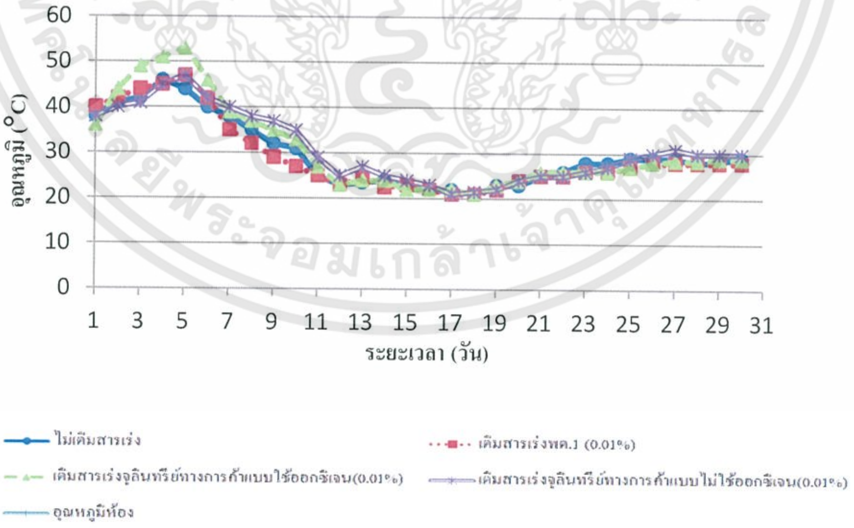
(ก)



(ข)



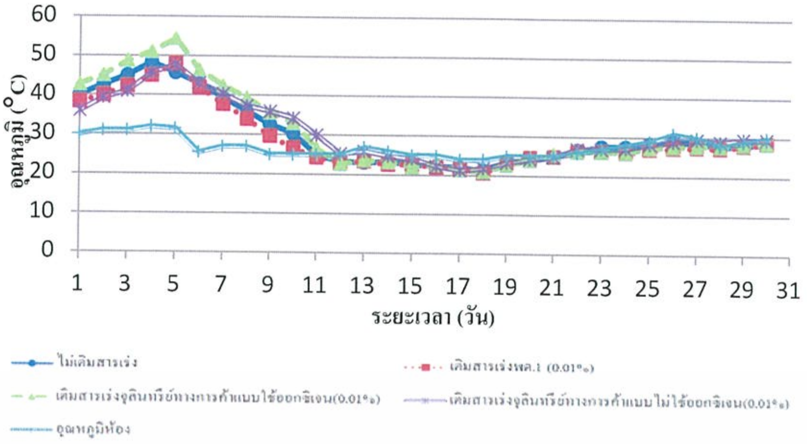
(ค)



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 10 เซนติเมตรจากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 20 เซนติเมตรจากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

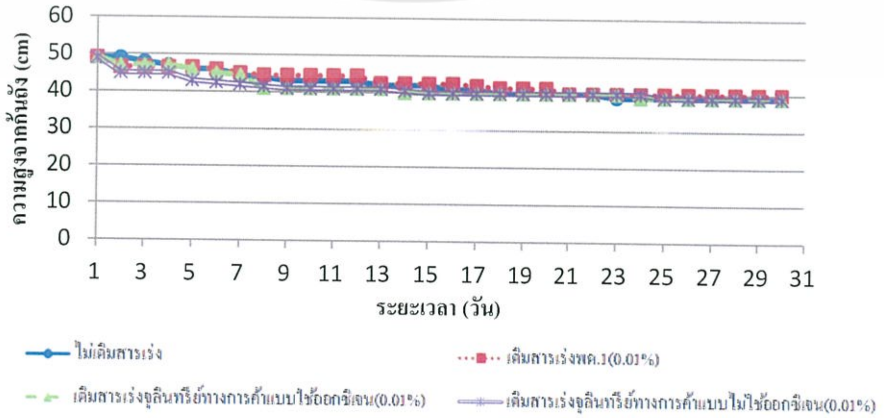
(ง)



รูปที่ 4.1 (ต่อ)อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 10 เซนติเมตรจากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 20 เซนติเมตรจากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังปุ๋ยหมัก

4.2.2 อัตราการยุบตัว

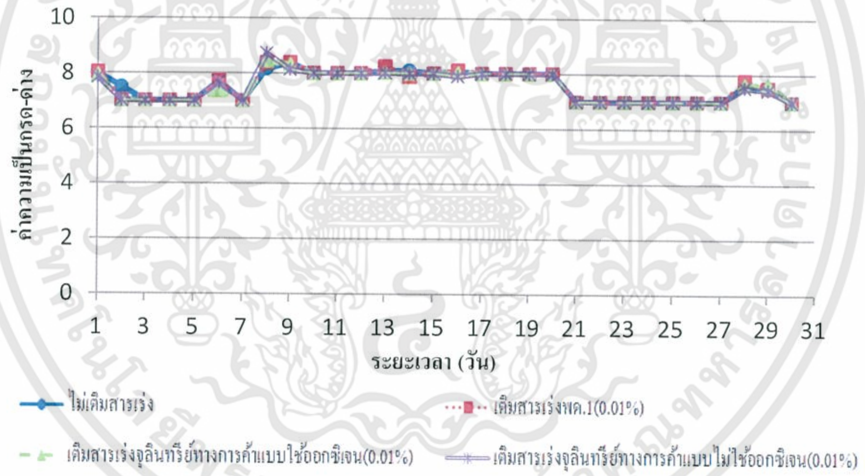
จากรูป 4.2 (ดูรายละเอียดตาราง ข 3-1 ถึง ข 3-4, ภาคผนวก ข) พบว่าอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก 1 วันหลังจากเริ่มทำการหมักจะมีอัตราการยุบตัวสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการยุบตัวจะลดลง โดยที่อัตราการยุบตัวในแต่ละวันจะมีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุที่ทำให้อัตราการยุบตัวช่วงแรกมีอัตราการยุบตัวสูงเนื่องมาจากวัสดุเริ่มต้นมีสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายเป็นองค์ประ กอบ นอกจากนี้มีการย่อยวัสดุให้มีขนาดเล็กก่อนทำการหมักทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสจุลินทรีย์จึงสามารถย่อยสลายวัสดุได้ดี (ทิพวรรณ, 2547) โดยในการทดลองการหมักปุ๋ยแบบไม่กลับกอง จะทำให้อัตราการยุบตัวของกองปุ๋ยสังเกตได้ง่ายและมีอัตราการยุบตัวที่แน่นอน ทั้งนี้การที่ความสูงของอัตราการยุบตัวลดลงเกิดจากการที่วัสดุที่ย่อยสลายง่ายถูกย่อยจนหมด เหลือแต่วัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก นอกจากนี้วัสดุมีการเน่าเปื่อยจากการย่อยสลายเกิดการทับถมกันทำให้ช่องว่างในกองปุ๋ยหมักลดลง อัตราการยุบตัวจึงลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เมื่อนำไปเปรียบเทียบอัตราการยุบตัวของแต่ละถังหมักโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-2, ภาคผนวก จ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)

จากการทดลองทำการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักพบว่าในช่วงเริ่มต้นของการหมักปุ๋ยทั้ง 4 ถังมีค่า pH เป็นกลางโดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 7- 8 ตลอดการหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุหมักเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สุรางค์รัตน์ และคณะ, 2554) จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดตาราง ข 4-1 ถึง ข 4-4, ภาคผนวก ข) ค่า pH ของปุ๋ยหมักจะคงที่ตลอดการหมักเมื่อครบ 1 เดือน ค่า pH ของถังที่ไม่มีการเติมสารเร่งมีค่าเท่ากับ 7.79 ± 0.038 ถังหมักเติมสารเร่ง พ.ด.1 ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าและถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาวะไร้ออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 7.34± 0.031, 7.55 ± 0.017, 7.51 ± 0.019 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแต่ละถัง โดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-3, ภาคผนวก จ) มาตรฐานปุ๋ยหมักของสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กำหนดว่าค่าความเป็นกรดด่างควรอยู่ในช่วง 5.5-8.5 โดยที่ปุ๋ยหมักที่จะให้ผลดีกับพืชควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.0-6.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด



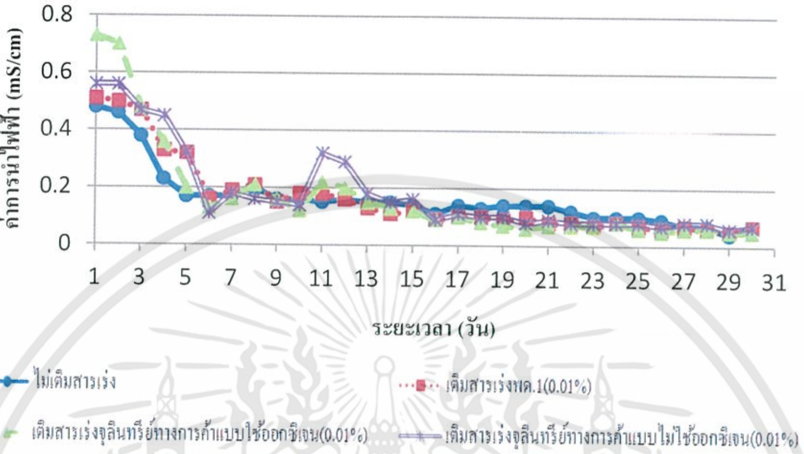
รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก

4.2.4 ค่าการนำไฟฟ้า

การวัดสภาพการนำไฟฟ้าเป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในสารละลายของปุ๋ยหมัก โดยที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำซึ่งจะเป็นดัชนีความเค็มที่บอกได้ว่าพืชจะเจริญเติบโตได้หรือไม่ จากรูปที่ 4.4 (ดูรายละเอียดตาราง ข 5-1 ถึง ข 5-4, ภาคผนวก ข) พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อครบ 1 เดือน ถังหมักที่ไม่มีการเติมสารเร่งมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.18 ± 0.006 mS/cm ถังหมักเติมสารเร่ง พ.ด.1, ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าและถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาวะไร้ออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 0.1 ± 0.007 mS/cm, 0.16 ± 0.005 mS/cm, 0.18 ± 0.01 mS/cm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าแต่ละถังโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าค่าการไฟฟ้าแต่ละถัง (ดูรายละเอียดตาราง จ-4, ภาคผนวก จ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยถ้าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.0 – 200 mS/cm (มุกดา, 2545) จะมีปริมาณเกลือเท่ากับ 0.0 – 0.1% ซึ่งเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเกษตร

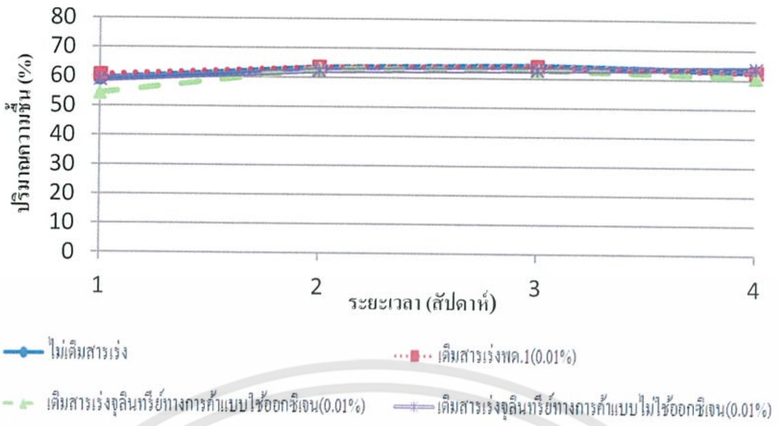


รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก

4.2.5 ความชื้น

จากการทดลองความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นในถังปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง มีค่าประมาณ 66.33 ± 0.56 % โดยน้ำหนักซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายประมาณ 50 – 60% โดยน้ำหนัก (ทิพวรรณ, 2547) จากการทดลองทำการเก็บตัวอย่างหาความชื้นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างที่ระยะ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร มาผสมกันแล้ววิเคราะห์ค่าความชื้น จากรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดตาราง ข-6, ภาคผนวก ข) พบว่าตลอดระยะเวลา 1 เดือนในการหมักปุ๋ย ค่าความชื้นมีค่าสม่ำเสมอตลอดการทดลอง คือประมาณ 50 – 60 % ทั้ง 4 ถัง เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของแต่ละถังจากการใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-5, ภาคผนวก จ) ในการทดลองใช้วิธีการหมักปุ๋ยด้วยวิธีแบบไม่กลับกองปุ๋ย มีการเติมน้ำเข้ากองปุ๋ยทุกๆ 3 วัน ปุ๋ยสูญเสียความชื้นเนื่องจากภายในกองปุ๋ยเกิดความร้อนสูงจากการหมัก เมื่อหมักปุ๋ยครบ 1 เดือน จะต้องนำปุ๋ยหมักมาผึ่งเพื่อลดความชื้นลงให้เหลือตามมาตรฐาน คือ ประมาณ 35% และเพื่อป้องกันการหมักอีกครั้งภายในถังปุ๋ยรวมถึงหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



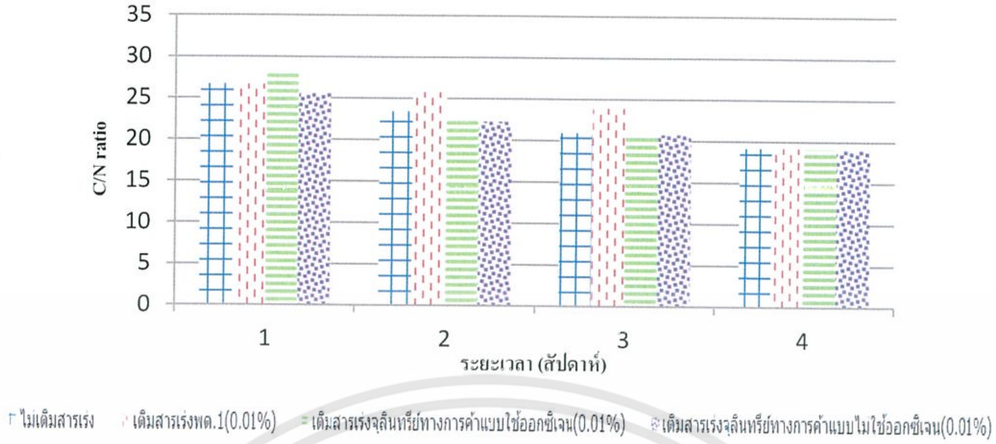
รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นในถังปุ๋ยหมัก

4.3 ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

4.3.1 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

จากการทดลองวัสดุหมักเริ่มต้นมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 31.725:1 จากนั้นทำการวัดค่า C/N ratio ทุก 1 สัปดาห์จากกราฟรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดตาราง ค-1 - ค-3, ภาคผนวก ค) แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะเห็นได้ว่าค่า C/N ratio ลดลงทุกสัปดาห์ เนื่องจากการย่อยสลายในช่วงแรกจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะมีสารที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่มาก เป็นเหตุให้ค่า C/N ratio ลดลงต่ำกว่า 30 อย่างรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักนั้นอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ (biodegradable materials) จะแปรสภาพเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรียคาร์บอน จนได้โมกุลขนาดเล็กและนำเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน และสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ส่วนสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นกันเซลล์จุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ส่งผลให้ C/N ratio ลดลงเมื่อครบ 1 เดือน ได้ค่า C/N ratio ในแต่ละถังหมักดังนี้ ถังหมักที่ไม่เติมสารเร่งมีค่าเท่ากับ 19.19/1 ถังหมักเติมสารเร่ง พ.ด.1, ถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าและถังหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาวะไร้ออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 19.24/1, 19.14/1, 19.09/1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในแต่ละถังโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-6 - จ-8, ภาคผนวก จ) มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนดว่าค่า C/N ratio ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20/1 ซึ่งปุ๋ยหมักถัง 4 ถัง มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สามารถนำไปใช้ในพืชได้ทันที โดยไม่เป็นพิษต่อพืชในภายหลัง โดยใช้ในดินที่มีอากาศถ่ายเท-สะดวกระบายน้ำได้ดี (มุกดา, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า C/N ratio

4.3.2 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก, ความชื้นและลักษณะทางกายภาพ

จากการทดลองพบว่าคุณลักษณะต่างๆของปุ๋ยหมักในแต่ละถังมีความใกล้เคียงกัน แสดงดังตารางที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) คือ ทั้งสี่ถังมีระยะเวลาในการหมักเท่ากันที่ 14 วัน ซึ่งน้อยกว่าที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนดเนื่องจากในมูลวัวมีจุลินทรีย์จำนวนมาก จึงสามารถลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ยลงได้ มีปริมาณความชื้น 50-60%, ค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมัก 7.34-7.79, ค่าการนำไฟฟ้า 0.16-0.18 ms/cm และลักษณะทางกายภาพที่บ่งบอกว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายสมบูรณ์ไปตามที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด คือ ในช่วงต้นของการหมักวัสดุมีสีตามธรรมชาติของวัสดุดูไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อครบ 14 วัน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ วัสดุดูเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นคล้ายดิน ค่า C/N ratio มีความใกล้เคียงกับที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเลือกวัสดุเริ่มต้นในการหมักที่เหมาะสม ส่วนปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมมีค่าเป็นไปตามที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์และปุ๋ยหมักที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	ถังที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์	ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ ซุปเปอร์ พ.ด.1	ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	ถังเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ
1.	ปริมาณความชื้นในระหว่างการหมัก (%)	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60
2.	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.18	0.18	0.16	0.18	< 1,000 mS/cm
3.	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.79	7.34	7.55	7.51	5.5 – 8.5
4.	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	19.19/1	19.24/1	19.14/1	19.09/1	< 20/1
5.	ปริมาณธาตุอาหารหลัก					
	- ไนโตรเจน (N)	1.05	1.03	1.05	1.05	$\geq$ 1.0% โดยน้ำหนัก
	- ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	0.23	0.23	0.28	0.17	$\geq$ 0.5% โดยน้ำหนัก
	- โพแทสเซียม (K_2O)	8.47	8.52	7.95	8.23	$\geq$ 0.5% โดยน้ำหนัก
6.	ลักษณะกายภาพที่บอกว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์	ในช่วงต้นของการหมักวัสดุมีสีตามธรรมชาติของวัสดุดูไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อครบ 14 วันปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ วัสดุดูเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นคล้ายดิน				เศษวัสดุเปื่อยยุ่ย สีของวัสดุเริ่มต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดิน
7.	ระยะเวลาในการหมัก	14 วัน	14 วัน	14 วัน	14 วัน	2 – 6 เดือน

4.3.3 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมัก พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนด จึงเติมน้ำหมักจากเปลือกหอยลงในปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส จากนั้นจึงทำการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination index) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถวัดประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักและวัดสารที่เป็นพิษต่อพืชที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2551) สารสำคัญที่เป็นพิษต่อพืชที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ย ได้แก่ ก๊าซแอมโมเนีย และกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ต่างๆซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก และปุ๋ยหมักที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 4.4 ดัชนีการงอกของเมล็ดหลังปลูก 7 วัน และความยาวลำต้น-ราก หลังปลูก 14 วันของปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักที่ผสมปุ๋ยน้ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

พารามิเตอร์	ตัวอย่าง	ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก)	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ (1%)	ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ (3%)	ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ (5%)
ผักกาด	ความยาวลำต้นเฉลี่ย (cm)	2.65 ± 0.46	7.70 ± 2.66	9.75 ± 0.35	12.60 ± 1.67	9.44 ± 1.32
	จำนวนใบเฉลี่ย	2 ± 0.00	3 ± 0.00	3 ± 0.00	4 ± 0.00	4 ± 0.00
	ดัชนีการงอก	3.41	10.08	7.89	16.01	11.67
คะน้า	ความยาวลำต้นเฉลี่ย (cm)	1.91± 0.24	10.11 ± 2.30	11.32 ± 2.37	13.22 ± 2.73	9.75 ± 1.87
	จำนวนใบเฉลี่ย	2 ± 0.00	3 ± 0.39	3 ± 0.00	3 ± 0.22	4 ± 0.50
	ดัชนีการงอก	1.90	6.91	9.62	10.74	5.43
ผักชี	ความยาวลำต้นเฉลี่ย (cm)	-	10.85 ± 2.32	14.70 ± 2.47	15.62 ± 4.02	16.32 ± 2.77
	จำนวนใบเฉลี่ย	-	2 ± 0.25	3 ± 0.00	4 ± 0.50	3 ± 0.00
	ดัชนีการงอก	-	-	0.14	2.98	0.57
พริก	ความยาวลำต้นเฉลี่ย (cm)	-	9.76 ± 2.28	9.42 ± 1.82	11.38 ± 1.60	10.90 ± 79
	จำนวนใบเฉลี่ย	-	3 ± 0.51	3 ± 0.00	3 ± 0.00	3 ± 0.00
	ดัชนีการงอก	-	-	0.57	2.40	0.57

(-) คือ ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

ในการทดลองใช้เมล็ดผัก 4 ชนิดในการทดสอบ ได้แก่ ผักกาด คะน้า พริก และผักชี โดยทดสอบการงอกของเมล็ดหลังปลูก 7 และ 14 วัน เนื่องจากพืชทั้งสี่ชนิดมีระยะเวลาการงอกโดยธรรมชาติที่แตกต่างกัน โดยการนับจำนวนการงอกของเมล็ดทุกๆวัน และวัดประสิทธิภาพของปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักโดยวัดความยาวรากและลำต้น จากตารางที่ 4.4 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง2-1 - ง2-10) พบว่าดัชนีการงอกของปุ๋ยหมักหลังปลูกเป็นเวลา 7 วัน มีค่ามากกว่าดัชนีการงอกของพืชที่ปลูกด้วยวัสดุปลูกเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยหมักที่ผสมด้วยปุ๋ยน้ำ 3% มีดัชนีการงอก, อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและราก รวมถึงจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดจากพืชทั้ง 4 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักแต่ละชุดทดลองโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ (One-Way ANOVA) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดูรายละเอียดตาราง จ-12, ภาคผนวก จ) ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ได้มีประสิทธิภาพในการเร่งการเจริญเติบโตของพืชและสามารถนำไปใช้กับพืชได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักชนิดไม่พลิกกลับกองจากเศษวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ ขุยมะพร้าว หญ้าขน และมูลวัว โดยเปรียบเทียบระหว่างไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์, เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 และเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า พบว่าสารเร่งจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อสภาวะในการหมัก ซึ่งจะเห็นได้จากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด ได้แก่ ความชื้น อัตราการยุบตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ของถังที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์กับถังที่เติมสารเร่งจุลินทรีย์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ซึ่งค่า C/N ratio ที่ได้จากการหมักปุ๋ยเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช หากแต่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อยกว่ามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เมื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกหอย จะทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น สภาวะในการหมักที่ถังควบคุมที่ไม่เติมสารเร่งจุลินทรีย์กับถังที่มีการเติมสารเร่งจุลินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากใช้มูลวัวเป็นวัสดุหมัก ซึ่งในมูลวัวมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายวัสดุหมักอื่นๆได้อยู่แล้ว และวัสดุหมักก็มีขนาดเล็กง่ายต่อการย่อยสลาย จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารเร่งจุลินทรีย์เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการหมัก จากการศึกษายังพบว่า การหมักไม่ต้องพลิกกลับกอง เนื่องจากถังหมักมีความเป็นรูพรุนสูง อากาศจึงสามารถถ่ายเทเข้าสู่กองปุ๋ยโดยอาศัยหลักการพาความร้อน ดังนั้นถังหมักนี้จึงเหมาะกับการหมักในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรคำนวณ C/N ratio ให้มีความเหมาะสม เนื่องจากถ้าค่า C/N ratio เริ่มต้นมีค่าสูงจะทำให้อัตราการย่อยสลายช้าต้องใช้ระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น

2. ควรใช้ถังหมักให้มีความสูงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความสูงของถังมีผลต่อความร้อนในกองปุ๋ย จะช่วยลดระยะเวลาในการหมักลง

3. ควรศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการผลิตด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ สิมประไพ, กนกวรรณ หงส์คำ และพัชจิรา คดีพิศาล. 2556. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร เปลือกผลไม้และใบไม้แห้ง โดยใช้จุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก.** วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **สถานการณ์หมอกควันทางภาคเหนือ** [online]. Available: http://aqnis.pcd.go.th/node/8108.html (วันที่สืบค้น : 15 กุมภาพันธ์ 2557)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. **สารเร่งจุลินทรีย์ประเภท พ.ด.1, พ.ด.2, พ.ด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร.** [online].Available: http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib32.pdf (วันที่สืบค้น : 15 กุมภาพันธ์ 2557)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบรับรองมาตรฐานสินค้า:** สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์.** [online].Available: http://www.ldd.go.th/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf (วันที่สืบค้น : 15 กุมภาพันธ์ 2557)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน (ปรับปรุงครั้งที่ 1):** สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 53 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2540. **ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย**: วารสารวิชาการเกษตร, 50 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2545. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน,** กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา, 6 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2550. **ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย**: วารสารวิชาการเกษตร, 62 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 50 หน้า

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2547. **รายงานพื้นที่เพาะปลูกด้านการเกษตร**: ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร, 26 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2556. **การผลิตชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตร** [online]. Available: http://www.moac.go.th/main.php?filename=Project12.html (วันที่สืบค้น : 15 กุมภาพันธ์ 2557)

ชัยสิทธิ์ ชินวัตร. 2549. **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต.** กรุงเทพฯ : ก. พล (1996), 65 หน้า

ทิพวรรณ สิทธิรังสวรรค. 2547. **ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 72 หน้า

ธงชัย มาลา. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 300 หน้า

ธเรศ ศรีสถิตย์. 2553. **วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 687 หน้า

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูล. 2551. **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกอง วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1.** เชียงใหม่: สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

นคร สุรียานนท์. 2552. **ผลของการเติมอากาศแบบแพสซีฟต่อการทำปุ๋ยหมัก จากขยะอินทรีย์ครัวเรือน**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นันทวัน ฤทธิเดช. 2556. **ข้อควรพิจารณาก่อนทำปุ๋ยหมัก**.วารสารวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 308 หน้า

นรีลักษณ์ ชูวรเวช. 2551. **เอกสารวิชาการเรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์**: กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, 57 หน้า

นิติเหมพัฒน์, จรีรัตน์ สกุลรัตน์ และ จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์. 2552. **การใช้ลังโฟมในการหมักมูล ฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนและใบไม้แห้ง.** หน้า 358-363 ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ครั้งที่ **7.** สงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ.** 2551.

[online]. Available: http://www.oknation.net/blog/print.php?id=230977 (วันที่สืบค้น : 2 มีนาคม 2557)

ประกายรัตน์ สุวรรณ. 2555. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 20.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 434 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เปรมสุดา จิ๋วนอกและธเรศ ศรีสถิตย์. 2550. **ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแหล่งไนโตรเจนกับเวลาการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไผทรัตน์ ทุเรียน, วรุณนภา ชัยงาม และวันทนีย์ บุญแจ้ง. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือน โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน**. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรสุดา ท่าหิน, รติกร นุชนา และรุ่งรพี บุญมี. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน**.วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิทยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิโรจน์. 2540. **ระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก**, หน้า 70-81. ในกลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์: กรุงเทพฯ.

พิทยากร ลิ่มทอง และเสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. 2540. **จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและประโยชน์บางประการในการกองปุ๋ยหมัก**, หน้า 59-69. ใน กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์:กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. **พิมพ์ครั้งที่** 2. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน, 215 หน้า

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, ชวลิต ฮงประยูร. 2554. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 519 หน้า

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์และคณะ. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพทางใหม่ทางเลือกใหม่การเกษตร.** ปทุมธานี : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 69 หน้า

สุรางค์รัตน์ พันแสง, พวงผกา แก้วกรม, กมลวรรณ ศรีปลั่ง. 2554. **การใช้ของเหลือทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพ จากแหนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สุทธี พลรักษา, จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และธวัชชัย เนียรวิฑูรย์. 2553. การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพ.**วารสารจัดการสิ่งแวดล้อม** 6(1): 97-108.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สมศักดิ์ จีรัตน์. 2551 **การผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการปรับปรุงดินและรักษาสิ่งแวดล้อม**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. **ปุ๋ยหมัก.**2503-2548:กรุงเทพฯ.

Aguskrisnoblog:***Pseudomonas* and *Micrococcus.***
[online]. Available: http://aguskrisnoblog.files.wordpress.com/2011
(วันที่สืบค้น : 4 มีนาคม 2557)

AOAC. 2006. **Official methods of analysis of AO AC International, Agricultural chemistry Technique.** 18th edition: Gaithersburg, MD, AOAC International.

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC International.** 17th edition: AOAC International, U.S.A.

caltexmoldserviceslibrary: ***Geat rich lint candidum* and *Aspergillus fumigatus.***
[online]. Available: www.caltexmoldservices.comsectionmoldlibrarygeotrichum
(วันที่สืบค้น : 5 มีนาคม 2557)

Chang I., Chen Y.J.,. 2010. Effects of bulking agents on food waste composting. **Bioresource Technology.** 101 (2010): 5917-5924.

Dalzell, H.W., Riddlestone, A.J., Gray, K.R., Thurairajan, K. 1987. Soil Management: Compost Production and Use in Tropical and Subtropical Environments. FAO Soils Bull. 162(56): 22-27.

Finstein MS, Hogan JA,.1991. Composting of solid waste during extended human travel and habitation in space. **Waste Management & Research.** V.9. 453-463.

Lin J, Zuo J, Gan L, Li P, Liu F, Wang K, Chen L, Gan H.2011. Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China. **Journal of Environmental Sciences.** v.23. 1403-1408.

Ministry of Agriculture and Food. **Agricultural Composting Basics.** 2005.
[online]. Available: http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/05-023.htm
(วันที่สืบค้น : 5 มีนาคม 2556)

Polprasert, Changrak. 1996. **Organic waste recycling.** 2nd edition., John wiley & Sons. Inc., U.S.A. 115-165 p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Suriyanon N. 2011. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. **Resources Conservation and Recycling.** 55 (2011): 548-553

Ohio university.

[online]. Available: http://www.ohio.edu/sustainability/programs/compost.cfm

(วันที่สืบค้น : 5 มีนาคม 2557)

Techobanolous G, Theisen H, and Vigils S. 1993. **Physical Chemical and Biological properties of Municiple Solid Waste: In Integrated Solid Waste Management**. Mcgraw Hill Book Co. Inc. New York.

Tate III., R.L. 2000. **Soil Microbiology Ministry of Agriculture and food**, 2005

Tom R. and Nancy T. 2010. **Calculate C/N Ratio For Three Materials**. Cornell waste management institute, Cornell university, New York

[online]. Available: http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html

(วันที่สืบค้น : 2 ธันวาคม 2556)

Towprayoon S. Jolanun B. 2010. **Novel Bulking Agent from Clay Residue for Food Waste Composting**. Department Environmental Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna. 4484-90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

และการผสมสารเร่งจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-1 การคำนวณหาสัดส่วนเริ่มต้นของวัสดุหมักโดยอ้างอิงจากค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

การคำนวณหาสัดส่วนเริ่มต้นของวัสดุหมักโดยการอ้างอิงจากค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยค่าเริ่มต้นของการหมักเท่ากับ 30:1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

ตารางที่ ก-1 ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุหมัก	ความชื้น (%)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณไนโตรเจน (%)
ขุยมะพร้าว	15	60.13	0.36
หญ้าขน	75	48.6	1.38
มูลวัว	8	20	1.7

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, 2540

การคำนวณค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้น (C/N ratio)

Here's the Formula:
Given overall moisture percentage goal of (g)

Ingredient	%H20	Weight	%Carbon	%Nitrogen	C/N Ratio
1	M_1	Q_1	C_1	N_1	
2	M_2	Q_2	C_2	N_2	
3	M_3	Q_3	C_3	N_3	
					R

รูปที่ ก-1 สูตรการคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ที่มา : Cornell Waste Management Institute, 2010

$$R = \frac{Q_1(C_1\,x\,(100-M_1)+Q_2(C_2\,x\,(100-M_2)+Q_3(C_3\,x\,(100-M_3)+\cdots}{Q_1(N_1\,x\,(100-M_1)+Q_2(N_2\,x\,(100-M_2)+Q_3(N_3\,x\,(100-M_3)+\ldots}$$

โดย R = C/N ratio

Q_n = mass of material n (“as is”, or “wet weight”)

C_n = carbon (%)

N_n = nitrogen (%)

M_n = moisture content (%) of material n

ดังนั้นจากข้อมูลอ้างอิงจะได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน C/N ratio ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ingredient	% H20	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Coconut Coir	15	3.5	60.13	0.36	
Paragrass	75	5	48.6	1.38	
Cow manure	8	5	20	1.7	
				Result:	31.2393321

Calculate　Reset

รูปที่ ก-2 ผลการคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ที่มา : Cornell Waste Management Institute, 2010

$$R = \left[\frac{3.5(60.13x(100-15)+5(48.6x(100-75)+5(20x(100-8)}{3.5(0.36x(100-15)+5(1.38x(100-75)+5(1.7x(100-8)}\right]$$

R = 31.725

R = C/N ratio = 31.24

ดังนั้น ที่ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสม คือ 31.24/1 จะต้องใช้สัดส่วนของวัสดุหมักเท่ากับ (ขุยมะพร้าว + หญ้าขน) : (มูลวัว) = (0.7+1) : (1) นั่นคือต้องใช้ขุยมะพร้าว 7 kg + หญ้าขน 10 kg ต่อ มูลวัว 10 กิโลกรัม เท่ากับ 27 กิโลกรัม

ก-2 การผสมสารเร่งจุลินทรีย์

การคำนวณปริมาณการเติมสารเร่งจุลินทรีย์ในตะกร้าปุ๋ยหมัก

ตัวอย่างการคำนวณ

การเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 0.01% ในถังที่มีวัสดุเริ่มต้น น้ำหนักรวม 27 kg

วัสดุเริ่มต้นในการหมัก 1000 kg ต้องเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 100 g

ถ้าวัสดุเริ่มต้นในการหมัก 27 kg ต้องเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 $= \frac{27\ kg \times 100\ kg}{1000\ kg} = 2.7$ g

ดังนั้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก $= \frac{2.70\ g}{27\ kg} \times \frac{1\ kg}{1000\ g} \times 100 = 0.01\%$

∴ การเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 0.01% ในถังที่มีวัสดุเริ่มต้นน้ำหนักรวม 27 kg ต้องชั่งสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เท่ากับ 2.7 กรัม

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น นำไปคำนวณกับตะกร้าหมักเติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า 0.01% ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจากการคำนวณจะทำให้ทราบน้ำหนักของสารเร่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเติมลงในตะกร้าปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

1. วัดอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว วัดที่ระยะ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร

2. วัดอัตราการยุบตัว โดยติดสายวัดตามแนวดิ่งของถังหมักแล้วทำการอ่านค่าระยะยุบตัวของปุ๋ยหมักจากสายวัด

3. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนสารละลายแยกชั้น

2) Calibrate เครื่อง pH ใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ 7

3) นำตัวอย่างปุ๋ยหมักวัดค่า pH จนครบทุกตัวอย่าง

4) ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แช่ในสารละลาย 3M KCl แล้วปิดเครื่อง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

4. วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าประมาณ 30 นาที

2) กรองสารละลายตัวอย่างปุ๋ยผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 42 แล้วนำสารละลายไปวัดค่าการนำไฟฟ้า

3) ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นแล้วปิดเครื่อง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

5. วิเคราะห์ความชื้นของปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ยังไม่บด 5 กรัม บันทึกน้ำหนักปุ๋ยหมักก่อนนำไปอบ

2) นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

3) นำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้นทิ้งให้เย็นแล้วชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังอบ (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

4) จากสูตรการคำนวณ $\text{เปอร์เซ็นความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ} - \text{น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ})100}{\text{น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ}}$

6. วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) (AOAC, 2006)

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบแล้ว 3 กรัม ใส่ถ้วยระเหย

2) นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เวลา 2 ชั่วโมง

3) นำถ้วยระเหยและตัวอย่างปุ๋ยหมักที่เผาแล้ว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

4) ชั่งน้ำหนักแล้วหาปริมาณเถ้า

5) จากสูตรการคำนวณ $\text{เปอร์เซ็นเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า})100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

7. วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (กรมวิชาการเกษตร, 2551) คำนวณจากปริมาณเถ้า(Ash) หารด้วย 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (N: P: K) (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

8.1 วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

8.1.1 การย่อยสลาย (digestion)

1) ชั่งตัวอย่างที่อบและบดแล้ว 0.5 กรัม ใส่ขวดเจดาห์ลขนาด 800 มิลลิลิตร เติมKjeltabs (K_2SO_4 3.5 กรัม + Se 3.5 กรัม) จำนวน 2 ช้อน

2) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3) นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 400°C ประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร

8.1.2 การกลั่น

1) ใส่สารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด Mixed indicator 4-5 หยด เพื่อนำไปรองรับ distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มในสารละลายบอริก

2) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตรลงในขวดเจดาห์ลที่กลั่นตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว

3) ทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรต

8.1.3 การไทเทรต

1) ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นม่วง คือจุดยุติ

2) ไทเทรตแบลงค์ในทำนองเดียวกัน

8.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่อบและบดแล้ว 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร

2) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร

3) ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา นำขึ้นตั้งบนเตาให้ความร้อนในตู้ดูดควันใช้เวลาในการย่อย 4-5 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างสารละลายใสและมีตะกอนขุ่นขาวของซิลิกา

4) ปิดเตารอจนควันหมด ใช้น้ำอุ่นฉีดล้างขวดรูปชมพู่และกระจกนาฬิกา ใส่ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จนได้สารละลาย 80-90 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

8.3 วิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

1) เตรียม Working standard จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปต สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานมา 0, 1, 2, 3, 4 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำยา Vanadomolydate 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลาย มาตรฐานเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ดูดสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว 5 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม น้ำยา Vanadomolydate 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์ 30 นาที

3) ก่อนวัด เปิดเครื่อง UV-spectrophotometer ประมาณ 30 นาที ตั้งความยาวคลื่น 420 nm สร้างกราฟมาตรฐานจาก working standard 0, 2, 4, 6, 8 มิลลิกรัม/ ลิตร แล้ววัด blank พร้อมตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างสารละลายปุ๋ยหมัก

4) วัดความเข้มข้นของสีในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

8.4 วิธีวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1) เตรียม Working standard จากสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมมา 0, 2, 4, 6, 8 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 ppm

2) เปิดเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ก่อนใช้งาน 30 นาที สร้างกราฟมาตรฐานจาก Working standard 0, 2, 4, 6, 8 ppm เพื่อใช้เทียบกับปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่าง

3) เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 ถ้าค่าที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่างมีค่าเกินสารละลายมาตรฐาน ต้องเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นเป็น 1:20 หรือมากกว่านั้นตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-1 คุณลักษณะของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการหมัก

ตารางที่ ข-1 ขนาดของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการหมัก

ลำดับที่	ขนาดของวัสดุ (cm)					
	ขุยมะพร้าว		หญ้าขน		มูลวัว	
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว
1	0.2	0.2	0.5	0.5	1.0	1.0
2	0.3	0.2	0.5	0.4	1.3	1.5
3	0.2	0.2	0.5	0.4	1.3	1.5
4	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2	1.5
5	0.2	0.2	0.5	0.5	1.1	1.2
เฉลี่ย	0.24	0.22	0.46	0.42	1.18	1.34
S.D.	0.05	0.04	0.09	0.08	1.13	0.23

ข-2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่ระยะ 10 ,20 และ 30 เซนติเมตรจากก้นถังหมัก

ตารางที่ ข 2-1 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12-12-56	44.0	38.0	38.0	40.0
13-12-56	45.0	42.0	41.0	42.67
14-12-56	50.0	43.0	42.0	45.00
15-12-56	52.0	47.0	46.0	48.33
17-12-56	45.0	44.0	40.0	43.00
18-12-56	40.0	40.0	38.0	39.33
19-12-56	36.0	37.0	35.0	36.00
20-12-56	32.0	34.0	32.0	32.67
21-12-56	30.0	30.0	31.0	30.33
22-12-56	25.0	25.0	25.0	25.00
23-12-56	24.0	23.0	23.0	23.33
24-12-56	22.0	24.0	23.5	23.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-1 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
25-12-56	23.0	23.0	24.0	23.33
26-12-56	22.0	23.0	23.0	22.67
27-12-56	22.0	23.0	22.0	22.33
28-12-56	22.0	22.0	22.0	22.00
29-12-56	21.0	22.0	21.0	21.33
30-12-56	24.0	23.0	23.0	23.33
31-12-56	25.0	24.0	23.0	24.00
01-01-57	25.0	25.0	25.0	25.00
02-01-57	27.0	27.0	26.0	26.67
03-01-57	27.0	28.0	28.0	27.67
04-01-57	28.0	27.0	28.0	27.67
05-01-57	28.0	28.0	29.0	28.33
06-01-57	29.0	29.0	29.0	29.00
07-01-57	29.0	28.0	29.0	28.67
08-01-57	27.0	28.0	28.0	27.67
09-01-57	28.0	28.0	28.5	28.17
10-01-57	29.0	28.0	29.0	28.67

ตารางที่ ข 2-2 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12-12-56	37.0	38.0	40.0	38.33
13-12-56	39.0	39.0	42.0	40.00
14-12-56	42.0	41.0	44.0	42.33
15-12-56	45.0	45.0	45.0	45.00
16-12-56	49.0	48.0	47.0	48.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-2 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
17-12-56	42.0	42.0	42.0	42.00
18-12-56	40.0	38.0	35.0	37.67
19-12-56	35.0	35.0	32.0	34.00
20-12-56	30.0	30.0	29.0	29.67
21-12-56	27.0	26.0	27.0	26.67
22-12-56	24.0	24.0	25.0	24.33
23-12-56	23.0	23.0	23.0	23.00
24-12-56	23.0	23.0	24.5	23.50
25-12-56	22.0	23.5	22.5	22.67
26-12-56	23.0	22.0	23.0	22.67
27-12-56	22.0	22.0	22.0	22.0
28-12-56	22.0	22.0	21.0	21.67
29-12-56	20.0	21.0	21.0	20.67
30-12-56	25.0	23.0	22.0	23.33
31-12-56	25.0	25.0	24.0	24.67
01-01-57	24.0	26.0	25.0	25.00
02-01-57	28.0	26.0	25.0	26.33
03-01-57	27.0.	26.0	26.0	26.33
04-01-57	26.0	26.0	26.0	26.00
05-01-57	27.0	27.0	27.0	27.00
06-01-57	27.0	27.0	28.0	27.33
07-01-57	26.5	28.0	28.0	27.50
08-01-57	26.0	28.0	28.0	27.33
09-01-57	27.0	29.0	28.0	28.00
10-01-57	29.0	29.0	28.0	28.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-3 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12-12-56	41.0	48.0	36.0	42.67
13-12-56	42.0	49.0	44.0	45.00
14-12-56	45.0	52.0	49.0	48.67
15-12-56	48.0	54.0	51.0	51.00
16-12-56	50.0	55.0	53.0	54.33
17-12-56	45.0	48.0	46.0	46.33
18-12-56	42.0	46.0	39.0	42.33
19-12-56	39.0	42.0	37.0	39.33
20-12-56	35.0	37.0	35.0	35.67
21-12-56	32.0	34.0	33.0	33.00
22-12-56	27.0	26.0	27.0	26.67
23-12-56	22.0	23.0	23.0	22.67
24-12-56	22.5	24.5	24.0	23.67
25-12-56	23.0	23.0	24.0	23.33
26-12-56	21.5	23.0	22.0	22.17
27-12-56	23.0	23.0	22.0	22.67
28-12-56	21.0	21.0	22.0	21.33
29-12-56	21.0	21.0	21.0	21.00
30-12-56	23.0	22.0	23.0	22.67
31-12-56	24.0	24.0	24.0	24.00
01-01-57	25.5	25.0	26.0	25.50
02-01-57	27.0	26.0	26.0	26.33
03-01-57	26.0	27.0	26..0	26.33
04-01-57	26.5	26.0	26.0	26.16
05-01-57	27.0	28.0	27.0	27.33
06-01-57	28.0	27.0	28.0	27.67
07-01-57	27.0	28.0	28.5	27.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-3 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
08-01-57	27.0	28.0	28.5	27.83
09-01-57	28.0	28.0	29.0	28.33
10-01-57	28.0	29.0	29.0	28.67

ตารางที่ ข 2-4 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12-12-56	34.0	36.0	38.0	36.00
13-12-56	38.0	40.0	40.0	39.33
14-12-56	40.0	42.0	41.0	41.00
15-12-56	45.0	47.0	45.0	45.67
16-12-56	47.0	49.0	47.0	47.67
17-12-56	46.0	41.0	42.0	43.00
18-12-56	43.0	38.0	40.0	40.33
19-12-56	37.0	37.0	38.0	37.33
20-12-56	35.0	36.0	37.0	36.00
21-12-56	34.0	34.0	35.0	34.33
22-12-56	34.0	34.0	35.0	34.33
23-12-56	27.0	24.0	25.0	25.33
24-12-56	25.0	26.0	27.0	26.00
25-12-56	23.5	26.0	25.0	24.83
26-12-56	23.0	25.5	24.0	24.17
27-12-56	21.0	23.0	23.0	22.33
28-12-56	21.0	22.0	21.0	21.33
29-12-56	22.0	22.0	21.5	21.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-4 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 10 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 20 cm (°C)	อุณหภูมิที่ความสูงจากก้นถัง 30 cm (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
30-12-56	24.0	24.0	22.0	23.33
31-12-56	24.0	25.0	24.0	24.33
01-01-57	25.0	25.0	25.0	25.00
02-01-57	28.0	28.0	25.0	27.00
03-01-57	27.0	28.0	26.0	27.00
04-01-57	26.5	28.0	27.0	27.17
05-01-57	27.0	29.0	29.0	28.33
06-01-57	28.0	29.0	30.0	29.0
07-01-57	28.0	29.5	31.0	29.5
08-01-57	28.0	29.0	30.0	29.0
09-01-57	28.0	31.0	30.0	29.67
10-01-57	28.0	31.0	30.0	29.67

ตารางที่ ข 2-5 อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างวันที่ 12 ธันวาคม 2556 – 10 มกราคม 2557

ว-ด-ป	อุณหภูมิ (°C)	ว-ด-ป	อุณหภูมิ (°C)
12-12-56	30.0	27-12-56	25.0
13-12-56	31.0	28-12-56	24.0
14-12-56	31.0	29-12-56	24.0
15-12-56	32.0	30-12-56	25.0
16-12-56	31.5	31-12-56	25.0
17-12-56	25.5	01-01-57	25.0
18-12-56	27.0	02-01-57	26.0
19-12-56	27.0	03-01-57	27.0
20-12-56	25.0	04-01-57	28.0
21-12-56	25.0	05-01-57	29.0
22-12-56	25.0	06-01-57	31.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2-5 (ต่อ) อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างวันที่ 12 ธันวาคม 2556 – 10 มกราคม 2557

ว-ด-ป	อุณหภูมิ (°C)	ว-ด-ป	อุณหภูมิ (°C)
23-12-56	25.0	07-01-57	30.0
24-12-56	27.0	08-01-57	28.0
25-12-56	26.0	09-01-57	29.0
26-12-56	25.0	10-01-57	30.0

ข-3 ผลการศึกษาการยุบตัวตลอดระยะของการผลิตปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 3-1 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
12-12-56	49.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00	0.00	4.00
13-12-56	49.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00	0.00	0.00
14-12-56	48.0	5.0	5.5	5.5	5.5	5.38	0.00	1.38
15-12-56	47.0	6.5	6.5	6.0	6.0	6.25	0.25	0.87
16-12-56	46.0	7.0	7.0	7.0	7.3	7.08	0.15	0.83
17-12-56	46.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.03	0.05	0.05
18-12-56	44.5	8.6	8.0	8.3	8.5	8.35	0.26	1.32
19-12-56	44.0	9.1	9.0	9.0	9.0	9.03	0.05	0.68
20-12-56	43.0	10.1	10.0	10.0	9.9	10.00	0.08	0.97
21-12-56	43.0	10.1	10.1	10.1	10.0	10.08	0.05	0.08
22-12-56	43.0	10.1	10.1	10.2	10.0	10.10	0.08	0.02
23-12-56	43.0	10.2	10.3	10.2	10.2	10.23	0.05	0.13
24-12-56	42.0	10.9	11.1	11.0	11.1	11.03	0.10	0.80
25-12-56	42.0	11.0	11.1	11.1	11.2	11.10	0.08	0.07
26-12-56	42.0	11.0	11.2	11.1	11.2	11.13	0.10	0.03
27-12-56	41.0	12.1	12.3	11.9	12.1	12.10	0.16	0.97
28-12-56	41.0	12.2	12.3	12.0	12.1	12.15	0.13	0.05
29-12-56	40.0	12.9	13.1	13.1	13.1	13.05	0.10	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3-1 (ต่อ) การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
30-12-56	40.0	13.0	13.1	13.1	13.2	13.10	0.08	0.05
31-12-56	40.0	13.0	13.2	13.5	13.2	13.23	0.21	0.13
01-01-57	40.0	13.1	13.3	13.5	13.2	13.28	0.17	0.05
02-01-57	40.0	13.5	13.4	13.7	13.4	13.50	0.14	0.25
03-01-57	39.0	13.7	13.9	13.9	13.9	13.85	0.10	0.32
04-01-57	39.0	13.9	14.1	14.1	14.2	14.08	0.13	0.23
05-01-57	39.0	13.9	14.2	14.1	14.1	14.08	0.13	0.00
06-01-57	39.0	14.0	14.2	14.2	14.1	14.13	0.10	0.05
07-01-57	39.0	14.0	14.2	14.3	14.2	14.18	0.13	0.05
08-01-57	39.0	14.0	14.3	14.3	14.2	14.20	0.14	0.02
09-01-57	39.0	14.0	14.3	14.4	14.2	14.23	0.17	0.03
10-01-57	39.0	14.0	14.3	14.4	14.3	14.25	0.17	0.02

ตารางที่ ข 3-2 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
12-12-56	49.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.03	0.05	4.03
13-12-56	46.5	6.3	6.5	6.4	6.3	6.38	0.10	2.35
14-12-56	46.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.48	0.05	0.10
15-12-56	46.5	6.5	6.5	6.6	6.5	6.53	0.05	0.05
16-12-56	46.5	6.6	6.5	6.7	6.5	6.58	0.10	0.05
17-12-56	46.0	6.9	7.0	7.0	7.1	7.00	0.08	0.42
18-12-56	45.0	7.8	8.0	8.1	8.1	8.00	0.14	1.00
19-12-56	44.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.48	0.05	0.48
20-12-56	44.5	8.6	8.5	8.5	8.5	8.53	0.05	0.05
21-12-56	44.5	8.6	8.5	8.5	8.6	8.55	0.06	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที ข 3-2 (ต่อ) การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
22-12-56	44.5	8.6	8.6	8.5	8.6	8.58	0.05	0.03
23-12-56	44.5	8.7	8.6	8.5	8.6	8.60	0.08	0.02
24-12-56	42.5	10.5	10.2	10.4	10.5	10.40	0.14	1.80
25-12-56	42.5	10.6	10.2	10.4	10.5	10.43	0.17	0.03
26-12-56	42.5	10.6	10.3	10.5	10.5	10.48	0.13	0.05
27-12-56	42.5	10.7	10.4	10.5	10.6	10.55	0.13	0.07
28-12-56	42.0	11.1	11.0	11.0	11.1	11.05	0.06	0.50
29-12-56	41.5	11.4	11.5	11.5	11.3	11.43	0.10	0.38
30-12-56	41.5	11.5	11.5	11.6	11.4	11.50	0.08	0.07
31-12-56	41.5	11.6	11.6	11.6	11.5	11.58	0.05	0.08
01-01-57	40.0	13.0	13.1	13.0	12.9	13.00	0.08	1.42
02-01-57	40.0	13.0	13.1	13.0	12.9	13.00	0.08	0.00
03-01-57	40.0	13.1	13.1	13.1	13.0	13.08	0.05	0.08
04-01-57	40.0	13.1	13.2	13.1	13.0	13.10	0.08	0.20
05-01-57	40.0	13.1	13.2	13.1	13.0	13.10	0.08	0.00
06-01-57	40.0	13.1	13.2	13.1	13.1	13.13	0.05	0.03
07-01-57	40.0	13.2	13.3	13.0	13.1	13.15	0.13	0.02
08-01-57	40.0	13.2	13.3	13.1	13.2	13.20	0.08	0.05
09-01-57	40.0	13.2	13.3	13.2	13.2	13.23	0.05	0.03
10-01-57	40.0	13.2	13.3	13.2	13.2	13.23	0.05	0.03

ตารางที่ ข 3-3 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
10-01-57	40.0	13.2	13.3	13.2	13.2	13.23	0.05	0.00
12-12-56	49.0	4.1	3.9	3.9	4.0	3.98	0.10	3.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3-3 (ต่อ) การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
13-12-56	47.0	5.9	5.9	5.9	6.0	5.93	0.05	1.95
14-12-56	47.0	5.9	6.0	6.0	6.0	5.98	0.05	0.03
15-12-56	47.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.08	0.05	0.10
16-12-56	46.0	7.1	7.0	7.0	6.9	7.00	0.08	0.92
17-12-56	45.0	8.0	8.0	8.1	8.0	8.03	0.05	1.03
18-12-56	44.5	8.4	8.3	8.5	8.5	8.43	0.10	0.40
19-12-56	41.0	12.3	12.0	12.0	12.0	12.08	0.15	3.65
20-12-56	41.0	12.3	12.0	12.0	12.0	12.08	0.15	0.00
21-12-56	41.0	12.3	12.0	12.1	12.0	12.10	0.14	0.02
22-12-56	41.0	12.4	12.1	12.1	12.0	12.15	0.17	0.05
23-12-56	41.0	12.4	12.1	12.1	12.1	12.18	0.15	0.03
24-12-56	41.0	12.5	12.3	12.1	12.1	12.25	0.19	0.07
25-12-56	40.0	13.0	13.0	13.0	13.1	13.03	0.05	0.78
26-12-56	40.0	13.0	13.0	13.1	13.1	13.05	0.06	0.02
27-12-56	40.0	13.0	13.0	13.1	13.1	13.05	0.06	0.00
28-12-56	40.0	13.0	13.0	13.2	13.1	13.08	0.10	0.03
29-12-56	40.0	13.1	13.1	13.2	13.1	13.13	0.05	0.05
30-12-56	40.0	13.1	13.1	13.2	13.2	13.15	0.06	0.02
31-12-56	40.0	13.1	13.1	13.2	13.2	13.15	0.06	0.00
01-01-57	40.0	13.2	13.2	13.2	13.2	13.20	0.00	0.05
02-01-57	40.0	13.2	13.2	13.3	13.2	13.23	0.05	0.03
03-01-57	40.0	13.3	13.2	13.3	13.2	13.25	0.06	0.02
04-01-57	39.0	13.5	14.1	14.0	13.9	13.88	0.26	0.64
05-01-57	39.0	13.6	14.1	14.0	14.1	13.95	0.24	0.06
06-01-57	39.0	13.6	14.1	14.1	14.1	13.98	0.25	0.03
07-01-57	39.0	13.8	14.2	14.1	14.1	14.05	0.17	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3-3 (ต่อ) การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
08-01-57	39.0	14.0	14.2	14.1	14.2	14.13	0.10	0.08
09-01-57	39.0	14.0	14.2	14.1	14.2	14.13	0.10	0.00
10-01-57	39.0	14.0	14.2	14.1	14.2	14.13	0.10	0.00

ตารางที่ ข 3-4 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
12-12-56	49.0	4.0	3.9	4.1	4.0	4.00	0.08	4.00
13-12-56	45.0	7.8	7.8	7.9	7.9	7.85	0.06	3.85
14-12-56	45.0	7.9	7.8	8.0	7.9	7.90	0.08	0.05
15-12-56	45.0	8.1	8.0	8.0	8.1	8.05	0.06	0.15
16-12-56	43.0	9.8	9.9	10.0	10.0	9.93	0.10	1.88
17-12-56	42.5	10.3	10.5	10.5	10.4	10.43	0.10	0.50
18-12-56	42.0	10.8	11.1	11.0	10.9	10.95	0.13	0.52
19-12-56	41.5	11.3	11.5	11.2	11.6	11.20	2.35	0.45
20-12-56	41.0	11.7	11.8	11.8	12.0	11.83	0.13	0.43
21-12-56	41.0	11.8	11.9	12.0	12.0	11.93	0.10	0.10
22-12-56	41.0	11.9	12.0	12.0	12.0	11.98	0.05	0.05
23-12-56	41.0	12.0	12.0	12.0	12.1	12.03	0.05	0.05
24-12-56	41.0.	12.0	12.3	12.1	12.1	12.13	0.13	0.10
25-12-56	40.5	12.5	12.5	12.3	12.4	12.43	0.10	0.30
26-12-56	40.0	12.7	12.8	12.8	13.0	12.83	0.13	0.40
27-12-56	40.0	12.7	12.8	12.8	13.1	12.85	0.17	0.02
28-12-56	40.0	12.9	12.8	12.9	13.1	12.93	0.13	0.08
29-12-56	40.0	13.0	12.9	12.9	13.1	12.98	0.10	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3-4 (ต่อ) การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	ความสูงจากปากถัง (cm)					S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
		จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3	จุดที่4	เฉลี่ย		
30-12-56	40.0	13.0	12.9	12.9	13.1	12.98	0.10	0.00
31-12-56	40.0	13.0	13.0	13.0	13.1	13.03	0.05	0.05
01-01-57	40.0	13.0	13.0	13.1	13.1	13.05	0.06	0.02
02-01-57	40.0	13.0	13.1	13.2	13.1	13.10	0.08	0.05
03-01-57	40.0	13.1	13.2	13.2	13.2	13.18	0.05	0.08
04-01-57	40.0	13.1	13.2	13.2	13.3	13.20	0.08	0.02
05-01-57	39.0	13.6	14.1	14.0	14.1	13.95	0.24	0.06
06-01-57	39.0	13.8	14.1	14.0	14.1	14.00	0.14	0.05
07-01-57	40.0	13.2	13.3	13.0	13.1	13.15	0.13	0.02
08-01-57	40.0	13.2	13.3	13.1	13.2	13.20	0.08	0.05
09-01-57	40.0	13.2	13.3	13.2	13.2	13.23	0.05	0.03
10-01-57	40.0	13.2	13.3	13.2	13.2	13.23	0.05	0.00

ข-4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 4-1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	8.04	7.94	7.99	0.07
13-12-56	8.00	7.00	7.50	0.70
14-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
15-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
16-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
17-12-56	7.68	7.72	7.7	0.03
18-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
19-12-56	8.16	8.14	8.15	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4-1 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
20-12-56	8.42	8.34	8.38	0.06
21-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
22-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
23-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
24-12-56	8.03	8.17	8.10	0.10
25-12-56	8.15	8.06	8.11	0.06
26-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
27-12-56	8.05	8.11	8.08	0.04
05-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
06-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
07-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
08-01-57	7.60	7.61	7.61	0.01
09-01-57	7.49	7.57	7.53	0.06
10-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00

ตารางที่ ข 4-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	8.11	7.95	8.03	0.11
13-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
14-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
15-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
16-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
17-12-56	7.54	7.87	7.71	0.23
18-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
19-12-56	8.34	8.43	8.39	0.06
20-12-56	8.36	8.41	8.39	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4-2 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
21-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
22-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
23-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
24-12-56	8.26	8.26	8.26	0.00
25-12-56	7.64	8.14	7.89	0.35
26-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
27-12-56	8.14	8.09	8.12	0.04
28-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
29-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
30-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
31-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
01-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
02-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
03-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
04-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
05-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
06-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
07-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
08-01-57	7.72	7.82	7.79	0.07
09-01-57	7.50	7.54	7.52	0.03
10-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	7.94	7.92	7.93	0.01
13-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
14-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
15-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
16-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
17-12-56	7.16	7.53	7.35	0.26
18-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
19-12-56	8.43	8.45	8.44	0.01
20-12-56	8.30	8.33	8.32	0.02
21-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
22-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
23-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
24-12-56	8.03	8.02	8.03	0.01
25-12-56	8.00	8.03	8.02	0.02
26-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
27-12-56	8.06	8.00	8.03	0.04
28-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
29-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
30-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
31-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
01-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
02-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
03-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
04-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
05-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
06-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
07-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4-3 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
08-01-57	7.70	7.56	7.63	0.10
09-01-57	7.63	7.69	7.66	0.04
10-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00

ตารางที่ ข 4-4 ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	7.86	7.82	7.84	0.03
13-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
14-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
15-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
16-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
17-12-56	7.44	7.87	7.66	0.30
18-12-56	7.00	7.00	7.00	0.00
19-12-56	8.73	8.71	8.72	0.01
20-12-56	8.06	8.19	8.13	0.09
21-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
22-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
23-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
24-12-56	8.08	7.97	8.03	0.08
25-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
26-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
27-12-56	7.98	8.02	7.90	0.03
28-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
29-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00
30-12-56	8.00	8.00	8.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4-4 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
01-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
02-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
03-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
04-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
05-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
06-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
07-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00
08-01-57	7.51	7.54	7.53	0.02
09-01-57	7.43	7.44	7.44	0.01
10-01-57	7.00	7.00	7.00	0.00

ข-5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 5-1 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	0.50	0.47	0.48	0.02
13-12-56	0.45	0.47	0.46	0.01
14-12-56	0.39	0.37	0.38	0.01
15-12-56	0.23	0.23	0.23	0.00
16-12-56	0.17	0.17	0.17	0.00
17-12-56	0.18	0.16	0.17	0.00
18-12-56	0.17	0.16	0.17	0.00
19-12-56	0.21	0.19	0.20	0.01
20-12-56	0.17	0.15	0.16	0.01
21-12-56	0.15	0.16	0.16	0.01
22-12-56	0.15	0.15	0.15	0.00
24-12-56	0.15	0.15	0.15	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5-1 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ชุดควบคุม

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
25-12-56	0.16	0.13	0.15	0.02
26-12-56	0.13	0.15	0.14	0.01
27-12-56	0.13	0.09	0.11	0.03
28-12-56	0.16	0.13	0.14	0.02
29-12-56	0.13	0.14	0.14	0.01
30-12-56	0.14	0.14	0.14	0.00
31-12-56	0.13	0.15	0.14	0.01
01-01-57	0.15	0.13	0.14	0.01
02-01-57	0.12	0.12	0.12	0.00
03-01-57	0.10	0.10	0.10	0.00
04-01-57	0.10	0.10	0.10	0.00
05-01-57	0.10	0.10	0.10	0.00
06-01-57	0.09	0.09	0.09	0.00
07-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00
08-01-57	0.06	0.07	0.07	0.00
09-01-57	0.04	0.05	0.04	0.01
10-01-57	0.08	0.06	0.07	0.01

ตารางที่ ข 5-2 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	0.50	0.51	0.51	0.01
13-12-56	0.50	0.50	0.50	0.00
14-12-56	0.46	0.47	0.47	0.01
15-12-56	0.31	0.35	0.33	0.03
16-12-56	0.27	0.37	0.32	0.07
17-12-56	0.15	0.18	0.17	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5-2 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.1 (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
18-12-56	0.21	0.18	0.20	0.02
19-12-56	0.21	0.20	0.21	0.01
20-12-56	0.15	0.15	0.15	0.00
21-12-56	0.18	0.18	0.18	0.00
22-12-56	0.18	0.18	0.18	0.00
23-12-56	0.16	0.16	0.16	0.00
24-12-56	0.13	0.13	0.13	0.00
25-12-56	0.11	0.11	0.11	0.00
26-12-56	0.12	0.12	0.12	0.00
27-12-56	0.09	0.09	0.09	0.00
28-12-56	0.10	0.10	0.10	0.00
29-12-56	0.10	0.10	0.10	0.00
30-12-56	0.09	0.09	0.09	0.00
31-12-56	0.09	0.10	0.10	0.01
01-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
02-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
03-01-57	0.06	0.07	0.07	0.01
04-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
05-01-57	0.06	0.07	0.07	0.01
06-01-57	0.05	0.07	0.06	0.01
07-01-57	0.06	0.07	0.07	0.01
08-01-57	0.06	0.06	0.06	0.00
09-01-57	0.06	0.04	0.05	0.01
10-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5-3 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	0.74	0.71	0.73	0.02
13-12-56	0.69	0.71	0.70	0.01
14-12-56	0.47	0.49	0.48	0.01
15-12-56	0.34	0.38	0.36	0.03
16-12-56	0.18	0.20	0.20	0.01
17-12-56	0.13	0.13	0.13	0.00
18-12-56	0.15	0.17	0.16	0.01
19-12-56	0.22	0.20	0.21	0.01
20-12-56	0.15	0.16	0.16	0.01
21-12-56	0.12	0.12	0.12	0.00
22-12-56	0.22	0.22	0.22	0.00
23-12-56	0.20	0.20	0.20	0.00
24-12-56	0.15	0.15	0.15	0.00
25-12-56	0.12	0.14	0.13	0.01
26-12-56	0.11	0.13	0.12	0.01
27-12-56	0.09	0.09	0.09	0.00
28-12-56	0.10	0.10	0.10	0.00
29-12-56	0.07	0.08	0.08	0.01
30-12-56	0.07	0.07	0.07	0.00
31-12-56	0.06	0.06	0.06	0.00
01-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00
02-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00
03-01-57	0.06	0.07	0.07	0.01
04-01-57	0.08	0.07	0.08	0.01
05-01-57	0.06	0.06	0.06	0.00
06-01-57	0.05	0.05	0.05	0.00
07-01-57	0.06	0.06	0.06	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5-3 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%)

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
08-01-57	0.06	0.06	0.06	0.00
09-01-57	0.05	0.05	0.05	0.00
10-01-57	0.05	0.05	0.05	0.00

ตารางที่ ข 5-4 ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12-12-56	0.50	0.60	0.55	0.07
13-12-56	0.52	0.60	0.56	0.06
14-12-56	0.48	0.46	0.47	0.01
15-12-56	0.47	0.42	0.45	0.04
16-12-56	0.34	0.30	0.32	0.03
17-12-56	0.10	0.11	0.11	0.01
18-12-56	0.20	0.15	0.18	0.04
19-12-56	0.16	0.16	0.16	0.00
20-12-56	0.13	0.16	0.15	0.02
21-12-56	0.12	0.15	0.14	0.02
22-12-56	0.32	0.32	0.32	0.00
23-12-56	0.30	0.27	0.29	0.02
24-12-56	0.19	0.17	0.18	0.01
25-12-56	0.14	0.15	0.15	0.01
26-12-56	0.15	0.16	0.16	0.01
27-12-56	0.10	0.09	0.09	0.01
28-12-56	0.11	0.11	0.11	0.00
29-12-56	0.10	0.10	0.10	0.00
30-12-56	0.09	0.10	0.10	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5-4 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า (0.01%) ในสภาพไร้อากาศ

ว-ด-ป	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	S.D.
31-12-56	0.08	0.08	0.08	0.00
01-01-57	0.09	0.08	0.09	0.01
02-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
03-01-57	0.09	0.07	0.08	0.01
04-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
05-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
06-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00
07-01-57	0.08	0.07	0.08	0.00
08-01-57	0.08	0.08	0.08	0.00
09-01-57	0.05	0.07	0.06	0.01
10-01-57	0.07	0.07	0.07	0.00

ข-6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข-6 ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมัก

สัปดาห์ที่ (ว-ด-ป)	ตัวอย่าง	ความชื้น (%)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
เริ่มต้น (12-12-56)	ชุดควบคุม	69.34	68.77	68.51	68.87	0.24
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	63.74	64.22	64.49	64.15	0.38
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	65.77	67.30	65.84	66.30	0.86
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	66.49	66.12	65.38	66.00	0.57
1 (19-12-56)	ชุดควบคุม	57.18	59.56	61.17	59.30	2.01
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	58.56	61.93	61.66	60.72	1.87
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	52.63	55.97	54.42	53.34	1.67
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	56.85	59.38	60.74	58.99	1.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 (ต่อ) ค่าความชื้นระหว่างการหมักของปุ๋ยหมัก

สัปดาห์ที่ (ว-ด-ป)	ตัวอย่าง	ความชื้น (%)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2 (26/12/56)	ชุดควบคุม	63.81	63.59	62.46	63.29	0.72
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	64.11	63.01	64.42	63.85	0.74
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	62.78	62.11	63.71	62.87	0.80
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	62.83	61.65	62.53	62.34	0.61
3 (09-01-57)	ชุดควบคุม	64.48	63.97	64.47	64.31	0.29
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	64.62	64.05	63.85	64.17	0.40
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	62.84	63.13	62.76	62.91	0.19
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	62.98	63.49	62.73	63.07	0.39
สุดท้าย (12-01-57)	ชุดควบคุม	41.86	40.12	40.64	40.87	0.89
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	32.39	31.88	32.02	32.10	0.26
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	47.29	47.25	46.16	46.90	0.64
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	49.26	48.24	49.15	48.88	0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 การศึกษาปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมัก

การคำนวณปริมาณคาร์บอน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสูตร $\%C = \frac{\%ash}{1.8}$

โดยจะคำนวณ % ash จากสูตร $\frac{g_{ash}}{g} \times 100$

g_{ash} คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา (g)

g คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเผา (g)

ตารางที่ ค 1-1 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ระยะเวลา	น้ำหนักเถ้าก่อนเผา (g) (ครั้ง)				น้ำหนักเถ้าหลังเผา (g) (ครั้ง)				%ash	%C
(สัปดาห์)	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย		
เริ่มต้น	1.1405	1.1413	1.1408	1.1409	0.6330	0.6339	0.6334	0.6334	55.52	30.84
1	1.1461	1.1463	1.1478	1.1467	0.5397	0.5390	0.5408	0.5398	47.08	26.15
2	1.0901	1.0920	1.0896	1.0906	0.4600	0.4615	0.4601	0.4605	42.23	23.46
3	1.0973	1.0965	1.0980	1.0973	0.4260	0.4254	0.4267	0.4260	38.83	21.57
4	1.1100	1.1115	1.1109	1.1108	0.4020	0.4034	0.4030	0.4028	36.26	20.15

ตารางที่ ค 1-2 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1

ระยะเวลา	น้ำหนักเถ้าก่อนเผา (g) (ครั้ง)				น้ำหนักเถ้าหลังเผา (g) (ครั้ง)				%ash	%C
(สัปดาห์)	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย		
เริ่มต้น	1.0859	1.0862	1.0849	1.0857	0.5957	0.5960	0.5955	0.5957	54.87	30.48
1	1.1058	1.1070	1.1052	1.1060	0.5498	0.5513	0.5491	0.5500	49.73	27.63
2	1.0198	1.0194	1.0205	1.0199	0.4301	0.4300	0.4311	0.4304	42.20	23.44
3	1.0874	1.0870	1.0881	1.0875	0.4262	0.4260	0.4273	0.4265	36.22	21.79
4	1.0042	1.0049	1.0035	1.0042	0.3581	0.3589	0.3577	0.3582	35.67	19.82

ตารางที่ ค 1-3 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	น้ำหนักเถ้าก่อนเผา (g) (ครั้ง)				น้ำหนักเถ้าหลังเผา (g) (ครั้ง)				%ash	%C
(สัปดาห์)	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย		
เริ่มต้น	1.0241	1.0245	1.0253	1.0246	0.5619	0.5617	0.5630	0.5622	54.87	30.48
1	1.1061	1.1066	1.1064	1.1064	0.5501	0.5508	0.5499	0.5503	49.73	27.63
2	1.0041	1.0037	1.0048	1.0042	0.4200	0.4196	0.4217	0.4204	41.87	23.26
3	1.0346	1.0351	1.0340	1.0346	0.3982	0.3990	0.3977	0.3983	38.50	21.39
4	1.0102	1.0108	1.0114	1.0108	0.3652	0.3657	0.3660	0.3656	36.17	20.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1-4 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักเถ้าก่อนเผา (g) (ครั้ง)				น้ำหนักเถ้าหลังเผา (g) (ครั้ง)				%ash	%C
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย		
เริ่มต้น	1.1260	1.1255	1.1258	1.1258	0.6179	0.6170	0.6177	0.6175	54.85	30.47
1	1.1406	1.1415	1.1409	1.1410	0.5397	0.5399	0.5415	0.5403	47.36	26.31
2	1.2501	1.2516	1.2496	1.2504	0.5261	0.5275	0.5252	0.5262	42.09	23.38
3	1.0758	1.0762	1.0744	1.0755	0.4531	0.4537	0.4526	0.4463	41.49	23.05
4	1.0152	1.0147	1.0154	1.0151	0.3661	0.3655	0.3667	0.3661	36.07	20.04

ค-2 การศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

การคำนวณปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างการคำนวณ

คำนวณหา %N จากสูตร

$$\%N = \frac{14.01\times(V_1 - V_2)\times N}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}\times 10}$$

โดย V_1 คือ ปริมาณFASที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาณFASที่ใช้ไทเทรตแบลงค์

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

* V_2 ของทุกการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.20 ml

ตารางที่ ค 2-1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 1 ชุดควบคุม

ระยะเวลา	น้ำหนักดิน (g) (ครั้งที่)				ปริมาณFASที่ใช้ (ml) (ครั้งที่)				%N
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
เริ่มต้น	2.1800	2.1910	2.1715	2.1808	24.40	24.40	24.50	24.43	1.04
1	2.4501	2.4542	2.4511	2.4518	25.80	25.00	25.80	25.87	0.98
2	2.3305	2.3298	2.3307	2.3305	25.10	25.00	25.10	25.07	1.00
3	2.1918	2.1885	2.1902	2.1902	24.60	24.30	24.40	24.43	1.03
4	2.4648	2.4601	2.4605	2.4618	27.80	27.60	27.60	27.67	1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 2-2 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 2 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1

ระยะเวลา	น้ำหนักดิน (g) (ครั้งที่)				ปริมาณFASที่ใช้ (ml) (ครั้งที่)				%N
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
เริ่มต้น	2.1870	2.1813	2.1864	2.1849	24.40	24.40	24.40	24.40	1.12
1	2.4650	2.4605	2.4600	2.4618	27.80	27.60	27.60	27.67	1.05
2	2.4409	2.4395	2.4401	2.4402	24.20	24.00	24.00	24.07	0.91
3	2.4405	2.4389	2.4417	2.4404	24.20	23.90	24.30	24.13	0.91
4	2.1889	2.1893	2.1910	2.1897	24.40	24.40	24.60	24.47	1.03

ตารางที่ ค 2-3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 3 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	น้ำหนักดิน (g) (ครั้งที่)				ปริมาณFASที่ใช้ (ml) (ครั้งที่)				%N
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
เริ่มต้น	2.4521	2.4613	2.4499	2.4544	25.80	25.90	25.80	25.83	0.98
1	2.3315	2.3310	2.3291	2.3305	25.10	25.00	25.00	25.03	0.99
2	2.1905	2.1893	2.1910	2.1903	24.40	24.40	24.60	24.46	1.03
3	2.1905	2.1903	2.1897	2.1902	24.40	24.40	24.40	24.40	1.03
4	2.4590	2.4607	2.4613	2.4603	27.40	27.60	27.70	27.57	1.05

ตารางที่ ค 2-4 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 4 เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ

ระยะเวลา	น้ำหนักดิน (g) (ครั้งที่)				ปริมาณFASที่ใช้ (ml) (ครั้งที่)				%N
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
เริ่มต้น	2.2443	2.2450	2.2440	2.2444	24.20	24.10	24.10	24.13	0.99
1	2.1889	2.1908	2.1897	2.1898	24.40	24.40	24.40	24.40	1.03
2	2.4605	2.4589	2.4615	2.4603	27.60	27.40	27.80	27.60	1.05
3	2.4513	2.4486	2.4508	2.4502	26.00	25.70	25.80	25.83	0.98
4	2.4579	2.4595	2.4623	2.4599	27.40	27.60	27.80	27.60	1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-3 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ตารางที่ ค-3 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

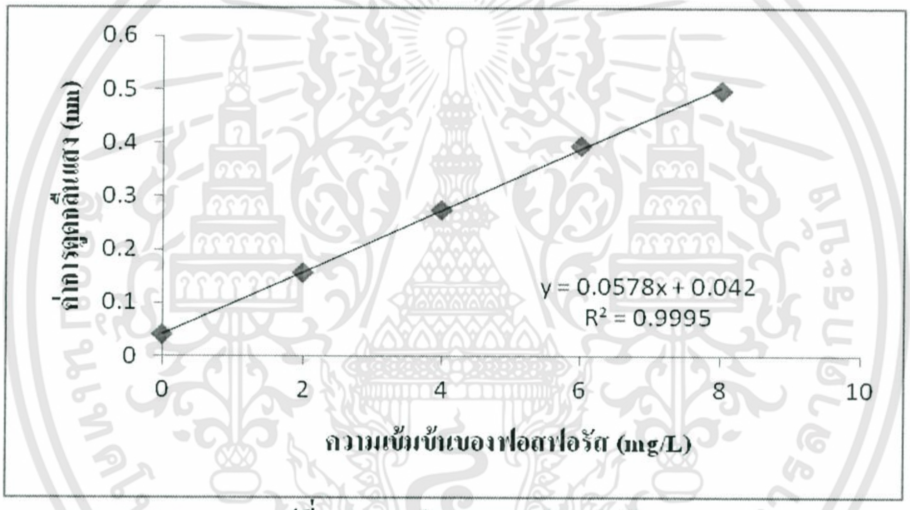
ระยะเวลา	ตัวอย่าง	%C	%N	C/N ratio
เริ่มต้น	ชุดควบคุม	30.84	1.04	29.65
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	30.48	1.12	27.21
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	30.48	0.98	31.10
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	30.47	0.99	30.78
สัปดาห์ที่ 1	ชุดควบคุม	26.15	0.98	26.68
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	27.63	1.05	26.31
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	27.63	0.99	27.91
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	26.31	1.03	25.54
สัปดาห์ที่ 2	ชุดควบคุม	23.46	1.00	23.46
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	23.44	0.91	25.76
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	23.26	1.03	22.58
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	23.38	1.05	22.27
สัปดาห์ที่ 3	ชุดควบคุม	21.57	1.03	20.94
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	21.79	0.97	23.95
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	21.39	1.03	20.77
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	23.05	0.98	23.52
1 เดือน	ชุดควบคุม	20.15	1.05	19.19
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	19.82	1.03	19.24
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	20.10	1.05	19.14
	เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	20.04	1.05	19.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-4 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรแสดงดังตารางที่ ค4-1และรูปที่ ค-4

ตารางที่ ค 4-1 ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (420 nm)
0	0.041
2	0.156
4	0.274
6	0.395
8	0.499



รูปที่ ค-4 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส

การคำนวณปริมาณฟอสฟอรัส

$$\%P = \frac{r \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 \times S}$$

R = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น mg/L

d.f. = dilution factor เช่น 25/5 หรือ 25/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

หมายเหตุ ; ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ใช้ factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้

$\% P_2O_5 = \% P \times 2.2914$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 4-2 ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมัก

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	$\%P_2O_5$	$\% P_2O_5$ เฉลี่ย	S.D.
ชุดควบคุม	1	0.707	11.51	0.23	0.23	0
	2	0.705	11.47	0.23		
	3	0.707	11.51	0.23		
เติมสารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์พด.1	1	0.687	11.16	0.23	0.23	0
	2	0.687	11.16	0.23		
	3	0.687	11.16	0.23		
เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า	1	0.823	13.51	0.28	0.28	0
	2	0.825	13.55	0.28		
	3	0.823	13.51	0.28		
เติมสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	1	0.550	8.79	0.17	0.17	0
	2	0.552	8.82	0.17		
	3	0.551	8.81	0.17		

ค-5 การศึกษาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

ตัวอย่าง	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
เริ่มต้น	7.81	9.41
ชุดควบคุม	7.03	8.47
เติมสารเร่งซุปเปอร์พด.1	7.07	8.52
เติมสารเร่งทางการค้า	6.60	7.95
เติมสารเร่งทางการค้าในสภาพไร้อากาศ	6.83	8.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-1 วิธีเตรียมปุ๋ยหมักที่เพิ่มสารฟอสฟอรัสโดยใช้น้ำหมักจากเปลือกหอย

เนื่องจากน้ำหมักจากเปลือกหอยมีความเข้มข้นมาก ดังนั้นก่อนนำมาใช้เพาะปลูกพืช จึงต้องทำการเจือจางก่อนในอัตราส่วน ปุ๋ยน้ำหมัก ต่อ น้ำ เท่ากับ 600 มิลลิลิตร ต่อ 2000 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

วิธีการคำนวณปริมาณน้ำหมักเข้มข้นที่ใช้

- น้ำหมักเข้มข้น 1% จะต้องใช้ปริมาตรน้ำหมักเข้มข้น $= \frac{1\,x\,600\,ml}{100}$

= 6 ml

- น้ำหมักเข้มข้น 3% จะต้องใช้ปริมาตรน้ำหมักเข้มข้น $= \frac{3\,x\,600\,ml}{100}$

= 18 ml

- น้ำหมักเข้มข้น 5% จะต้องใช้ปริมาตรน้ำหมักเข้มข้น $= \frac{5\,x\,600\,ml}{100}$

= 30 ml

จากนั้นนำปริมาณน้ำหมักที่คำนวณได้ไปผสมกับน้ำให้ได้ปริมาตรเป็น 100 ml

ง-2 การศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ย

ตารางที่ ง 2-1 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่1 ชุดควบคุม

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	3	-	-	-
5	4	2	-	-
6	6	3	-	-
7	6	7	-	-

**หมายเหตุ ชุดควบคุมเป็นการทำการทดลองเพิ่มเติมจึงเก็บผลการศึกษาเพียง 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-2 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 2 ปุ๋ยหมัก

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
1	-	-	-	-
2	4	-	-	-
3	6	2	-	-
4	8	6	-	-
5	8	6	-	-
6	8	11	-	-
7	8	12	-	-
8	8	12	-	-
9	7	12	-	1
10	7	12	-	7
11	6	12	3	12
12	6	12	7	15
13	6	12	10	18
14	6	12	11	18

ตารางที่ ง 2-3 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 3 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
1	-	-	-	-
2	4	-	-	-
3	4	3	-	-
4	6	8	-	-
5	6	10	-	-
6	6	14	-	-
7	6	16	1	4
8	6	16	6	10
9	5	17	10	17
10	3	17	12	19
11	2	17	12	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-3 (ต่อ) จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 3 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
12	2	17	12	22
13	2	17	12	22
14	2	17	12	22

ตารางที่ ง 2-4 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 3%

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
1	-	-	-	-
2	9	-	-	-
3	11	5	-	-
4	11	8	-	-
5	10	10	-	-
6	10	15	5	5
7	10	18	15	11
8	10	18	21	14
9	10	18	21	18
10	10	18	21	18
11	10	18	21	18
12	10	18	21	18
13	10	18	21	18
14	10	18	21	18

ตารางที่ ง 2-5 จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
1	-	-	-	-
2	5	-	-	-
3	7	2	-	-
4	9	5	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-5 (ต่อ) จำนวนเมล็ดที่งอกในถาดเพาะเมล็ดถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%

ชนิด / วัน	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
6	9	7	-	-
7	9	8	4	4
8	8	11	5	5
9	8	11	8	12
10	8	11	10	15
11	8	11	10	19
12	8	11	10	19
13	8	11	10	19
14	8	11	10	19

ตารางที่ ง 2-6 ความยาวของลำต้นของพืช และจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ดถาดที่1 ชุดควบคุม

ชนิด / เมล็ดที่	ผักกาด		คะน้า		ผักชี		พริก	
	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	2.5	2	1.8	2	-	-	-	-
2	1.9	2	1.5	2	-	-	-	-
3	2.8	2	2.1	2	-	-	-	-
4	3.2	2	1.8	2	-	-	-	-
5	2.5	2	2.2	2	-	-	-	-
6	3.0	2	2.1	2	-	-	-	-
7	-	-	1.9	2	-	-	-	-
เฉลี่ย	2.65	2	1.91	2	-	-	-	-
S.D.	0.46	0.00	0.24	0.00	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-7 ความยาวของลำต้นของพืชและจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ด ถาดที่ 2 ปุ๋ยหมัก

ชนิด / เมล็ดที่	ผักกาด		คะน้า		ผักชี		พริก	
	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	3.8	3	11	3	15.0	3	13.0	3
2	10.0	3	10.5	3	13.5	3	9.6	2
3	5.4	3	9.3	3	10.5	2	7.0	2
4	9.0	3	9.5	3	13.6	3	13.4	3
5	10.5	3	11.5	3	8.5	2	9.8	2
6	7.5	3	10.5	3	9.6	2	8.0	2
7	-	-	7.8	2	10.0	2	11.0	3
8	-	-	12.5	3	9.0	2	8.0	2
9	-	-	13.2	3	11.2	3	9.8	3
10	-	-	12.5	3	7.5	2	13.0	3
11	-	-	5.5	2	11.0	3	6.0	2
12	-	-	7.5	3	-	-	12.0	3
13	-	-	-	-	-	-	8.5	2
14	-	-	-	-	-	-	10.5	3
15	-	-	-	-	-	-	8.5	2
16	-	-	-	-	-	-	6.5	3
17	-	-	-	-	-	-	12.0	3
18	-	-	-	-	-	-	9.0	2
เฉลี่ย	7.70	3	10.11	3	10.85	2	9.76	3
S.D.	2.66	0.00	2.30	0.39	2.34	0.52	2.28	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-8 ความยาวของลำต้นของพืชและจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ด ถาดที่ 3 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%

ชนิด / เมล็ดที่	ผักกาด		คะน้ำ		ผักชี		พริก	
	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	9.5	3	10.0	3	16.5	3	14.5	3
2	10.0	3	8.9	3	17.0	3	11.0	3
3	-	-	15.0	3	16.5	3	8.0	3
4	-	-	15.5	3	11.5	3	7.5	3
5	-	-	10.0	3	13.0	3	9.0	3
6	-	-	13.0	3	18.5	3	10.5	3
7	-	-	10.8	3	15.5	3	7.5	3
8	-	-	12.0	3	12.5	3	8.0	3
9	-	-	10.0	3	11.5	3	8.0	3
10	-	-	14.5	3	14.5	3	9.5	3
11	-	-	12.0	3	-	-	7.5	3
12	-	-	12.0	3	-	-	10.5	3
13	-	-	9.5	3	-	-	9.5	3
14	-	-	9.0	3	-	-	9.0	3
15	-	-	8.5	3	-	-	10.0	3
16	-	-	-	-	-	-	7.5	3
17	-	-	-	-	-	-	9.3	3
18	-	-	-	-	-	-	13.0	3
19	-	-	-	-	-	-	10.0	3
20	-	-	-	-	-	-	10.5	3
21	-	-	-	-	-	-	7.5	3
22	-	-	-	-	-	-	9.5	3
เฉลี่ย	9.75	3	11.32	3	14.70	3	9.42	3
S.D.	0.35	0.00	2.37	0.00	2.47	0.00	1.82	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-9 ความยาวของลำต้นของพืชและจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ด ถาดที่ 4 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 3%

ชนิด / เมล็ดที่	ผักกาด		คะน้า		ผักชี		พริก	
	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	11.0	4	12.0	4	20.5	3	10.5	3
2	14.0	4	16.5	3	16.5	3	13.0	3
3	14.5	4	15.5	3	10.0	3	11.0	3
4	13.0	4	10.0	3	13.0	3	9.5	3
5	13.0	4	16.0	3	9.5	3	14.0	3
6	10.0	4	14.5	3	20.0	4	12.5	3
7	12.5	4	9.5	3	21.0	4	8.9	3
8	11.0	4	11.0	3	21.0	4	14.0	3
9	10.0	4	12.0	3	13.0	3	12.0	3
10	9.6	4	16.0	3	9.5	3	10.5	3
11	-	-	15.0	3	15.5	4	9.0	3
12	-	-	7.0	3	18.5	4	11.5	3
13	-	-	12.5	3	13.0	4	13.0	3
14	-	-	14.5	3	14.0	4	12.5	3
15	-	-	11.0	3	10.5	3	10.0	3
16	-	-	16.0	3	19.5	4	12.0	3
17	-	-	15.5	3	21.0	4	10.0	3
18	-	-	13.4	3	18.0	4	11.0	3
19	-	-	-	-	13.0	4	-	-
20	-	-	-	-	15.0	4	-	-
21	-	-	-	-	16.0	4	-	-
เฉลี่ย	12.60	4	13.22	3	15.62	4	11.38	3
S.D.	1.67	0.00	2.73	0.22	4.02	0.50	1.60	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2-10 ความยาวของลำต้นของพืชและจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 14 วัน ในถาดเพาะเมล็ด ถาดที่ 5 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%

ชนิด / เมล็ดที่	ผักกาด		คะน้า		ผักชี		พริก	
	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	10.0	4	12.4	3	15.5	3	9.5	3
2	9.5	4	8.4	3	17.0	3	12.5	3
3	12.0	4	6.5	4	16.0	3	10.0	3
4	8.5	4	11.0	4	13.0	3	12.3	3
5	9.0	4	10.0	4	15.5	3	15.4	3
6	9.0	4	7.5	3	20.5	3	10.0	3
7	10.0	4	11.0	4	12.5	3	12.0	3
8	7.5	4	10.5	3	14.8	3	9.5	3
9	-	-	12.0	4	16.5	3	12.0	3
10	-	-	9.5	4	21.0	3	10.5	3
11	-	-	8.5	4	-	-	11.5	3
12	-	-	-	-	-	-	11.0	3
13	-	-	-	-	-	-	14.0	3
14	-	-	-	-	-	-	10.3	3
15	-	-	-	-	-	-	14.0	3
16	-	-	-	-	-	-	11.4	3
17	-	-	-	-	-	-	9.5	3
18	-	-	-	-	-	-	7.5	3
19	-	-	-	-	-	-	10.0	3
เฉลี่ย	9.44	4	9.75	4	16.32	3	10.90	3
S.D.	1.32	0.00	1.87	0.50	2.77	0.00	2.79	0.00

ง-3 การคำนวณประสิทธิภาพของปุ๋ยจากดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์} = \text{ผลบวกของ}\left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอก}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ดัชนีการงอกของพริกในถาดเพาะถาดที่ 2 ปุ๋ยหมัก} = \left(\frac{1}{9} + \frac{7}{10} + \frac{12}{11} + \frac{15}{12} + \frac{18}{13} + \frac{18}{14}\right)$$
$$= 5.82$$

ตาราง ง-3 ดัชนีการงอกของเมล็ด

ตัวอย่าง	ดัชนีการงอกหลังปลูก 7 วัน				ดัชนีการงอกหลังปลูก 14 วัน			
	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก	ผักกาด	คะน้า	ผักชี	พริก
ควบคุม	3.41	1.90	-	-	-	-	-	-
ปุ๋ยหมัก	10.08	6.91	-	-	16.26	14.81	2.41	5.82
ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 1%	7.89	9.62	0.14	0.57	10.15	20.69	7.08	12.71
ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 3%	16.01	10.74	2.98	2.40	22.60	22.59	16.81	13.76
ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยน้ำ 5%	11.67	5.43	0.57	0.57	16.94	12.67	6.31	10.16

** (-) คือ ไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีการงอกได้ เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของอุณหภูมิของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-1 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64.312	3	21.437	.297	.827
Within Groups	8077.098	112	72.117		
Total	8141.410	115			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.827 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของอัตราการยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-2 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.719	3	16.906	2.092	.105
Within Groups	905.087	112	8.081		
Total	955.806	115			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.105 ซึ่งมีค่ามากกว่ากว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอัตราการยุบตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าความเป็นกรด-ด่างของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-3 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก ทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.022	3	.007	.028	.994
Within Groups	30.070	112	.268		
Total	30.092	115			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-3 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.994 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าการนำไฟฟ้าของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-4 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก ทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.007	3	.002	.107	.956
Within Groups	2.307	112	.021		
Total	2.314	115			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.956 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของค่าความชื้นของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-5 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.907	3	4.636	.461	.713
Within Groups	160.739	16	10.046		
Total	174.646	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-5 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.713 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-6 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.901	3	.300	.018	.996
Within Groups	260.761	16	16.298		
Total	261.662	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังตะกร้าที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-6 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.996 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-7 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	3	.000	.101	.958
Within Groups	.045	16	.003		
Total	.046	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-7 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.958 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-8 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.287	3	.762	.043	.988
Within Groups	285.653	16	17.853		
Total	287.940	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-8 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.988 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณเถ้าของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-9 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.167	3	.389	.006	.999
Within Groups	963.748	16	60.234		
Total	964.914	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่นอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-9 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.999 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณฟอสฟอรัสของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

ตารางที่ จ-10 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.006	3	.002	.248	.859
Within Groups	.035	4	.009		
Total	.041	7			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างจากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-10 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.859 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จ-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของปริมาณโพแทสเซียมของการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 5 ถัง

ตารางที่ จ-11 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.341	3	.114	.114	.947
Within Groups	3.979	4	.995		
Total	4.320	7			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ถังไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีปุ๋ยหมักอย่างน้อยหนึ่งถังที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมแตกต่าง จากปุ๋ยหมักถังอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-11 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.947 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA ของดัชนีการงอกของพืชทั้ง 4 ชนิด บนวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน

ตารางที่ จ-12 ANOVA; ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของดัชนีการงอกของพืชทั้ง 4 ชนิดบนวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	110.625	4	27.656	1.167	.365
Within Groups	355.601	15	23.707		
Total	466.226	19			

กำหนดให้ 1. H_0 : ค่าเฉลี่ยดัชนีการงอกของพืชทั้ง 4 ชนิดในแต่ละวัสดุปลูกไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีค่าเฉลี่ยดัชนีการงอกของพืชอย่างน้อยหนึ่งชนิดในแต่ละวัสดุปลูกแตกต่างจากค่าเฉลี่ยดัชนีการงอกในวัสดุปลูกของพืชอื่น

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ จ-12 ผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนภายในกลุ่ม มีค่า Sig. เท่ากับ 0.365 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยความสำคัญที่กำหนด แสดงว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของดัชนีการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้