การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอนในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว

COMPOST PRODUCTION FROM WATER HYACINTH, DRIED LEAVES, DRIED GRASS AND SLUDGE IN CHIMNEY CONVECTION FERMENTER USING WHITE FUNGI

ธีระยุทธ สรรพศรี
หทัยชนก เรียงสันเทียะ
อโณทัย รอดหยู่

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอนในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว

COMPOST PRODUCTION FROM WATER HYACINTH, DRIED LEAVES, DRIED GRASS AND SLUDGE IN CHIMNEY CONVECTION FERMENTER USING WHITE FUNGI

T149047

ธีระยุทธ สรรพศรี
หทัยชนก เรียงสันเทียะ
อโณทัย รอดหยู่

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 149047
วัน,เดือน,ปี 27 S.A. 2560

b 18879813
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPOST PRODUCTION FROM WATER HYACINTH, DRIED LEAVES, DRIED GRASS AND SLUDGE IN CHIMNEY CONVECTION FERMENTER USING WHITE FUNGI

TEERAYUTH SAPPASRI
HATHAICHANOK REANGSANTHEA
ANOTAI RODYU

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอนในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว Compost Production from Water Hyacinth, Dried Leaves, Dried Grass and Sludge in Chimney Convection Fermenter using White Fungi
ชื่อนักศึกษา	นายธีระยุทธ สรรพศรี รหัสนักศึกษา 55050933 นางสาวหทัยชนก เรียงสันเทียะ รหัสนักศึกษา 55051029 นางสาวอโณทัย รอดหยู่ รหัสนักศึกษา 55051032
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการ	
ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารย์ กรรมการ	
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอนในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว
ชื่อนักศึกษา	นายธีระยุทธ สรรพศรี รหัสนักศึกษา 55050933
	นางสาวหทัยชนก เรียงสันเทียะ รหัสนักศึกษา 55051029
	นางสาวอโณทัย รอดหยู่ รหัสนักศึกษา 55051032
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย และศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชัน ด้วยราขาว โดยศึกษา 4 ชุดทดลอง คือ 1) ชุดควบคุม ประกอบด้วย ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และผักตบชวา ในสัดส่วน 2.17:2.29:1.84 กิโลกรัม โดยน้ำหนักเปียก 2) ชุดเติมเชื้อราขาว ประกอบด้วย ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และผักตบชวา ในสัดส่วน 2.17:2.29:1.84 กิโลกรัม โดยน้ำหนักเปียก และเติมเชื้อราขาว 0.5 กิโลกรัม 3) ชุดเติมกากตะกอน ประกอบด้วย ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง ผักตบชวา และกากตะกอน ในสัดส่วน 2.86:3:0.92:0.55 กิโลกรัม โดยน้ำหนักเปียก และ 4) ชุดเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน ประกอบด้วย ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง ผักตบชวา และกากตะกอน ในสัดส่วน 2.86:3:0.92:0.55 กิโลกรัม โดยน้ำหนักเปียก และเติมเชื้อราขาว 0.5 กิโลกรัม ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก และคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 2) ศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อัตราการยุบตัว ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 3) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก และ 4) ทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด โดยใช้เมล็ดผักบุ้งจีน กำหนดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเริ่มต้นเท่ากับ 30:1 จากผลการทดลองพบว่า การทดลองชุดที่ 4 วัสดุหมักถูกย่อยสลายเป็นปุ๋ยได้รวดเร็วกว่าการทดลองชุดอื่น ๆ โดยใช้เวลาหมัก 35 วัน และมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด คือ อุณหภูมิเท่ากับ 33.33±0.58 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.33±0.08 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 3.56±0.03 dS/m ปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 20.87±0.03% ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1.15±0.002 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 1.41±0.01% ปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 2.08±0.01% และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 18.15:1 อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้นเท่ากับ 50.98±0.63 % ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน ในการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีนพบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากทุกชุดการทดลองไม่มีความเป็นพิษต่อพืช โดยมีดัชนีการงอกของเมล็ดใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ : กากตะกอน, ชิมนีย์คอนเวคชัน, เชื้อราขาว, ปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Compost Production from Water Hyacinth, Dried Leaves, Dried Grass and Sludge in Chimney Convection Fermenter using White Fungi			
Students	Mr. Teerayuth	Sappasri	Student ID	55050933
	Miss Hathaichanok	Reangsanthea	Student ID	55051029
	Miss Anotai	Rodyu	Student ID	55051032
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)			
Department	Chemistry			
Faculty	Science			
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)			
Academic year	2015			
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon			

Abstract

This special project studied conditions during composting and efficiencies of compost produced from water hyacinth, dried leaves, dried grass and sludge in Chimney convection fermenter using white fungi. The experiment was carried out into 4 fermenters: 1) control including the water hyacinth : dried leaves : dried grass 2.17:2.29:1.84 kilograms by wet weights, 2) adding white fungi including water hyacinth : dried leaves : dried grass 2.17:2.29:1.84 kilograms by wet weights and white fungi 0.5 kilograms, 3) adding sludge including water hyacinth : dried leaves : dried grass : sludge 2.86:3:0.92:0.55 kilograms by wet weights, 4) adding sludge and white fungi including water hyacinth : dried leaves : dried grass : sludge 2.86:3:0.92:0.55 kilograms by wet weights and white fungi 0.5 kilograms. The experiment was divided into 4 steps : 1) study characteristics of raw materials and a mixture of raw materials prepared for composting 2) study conditions during composting such as temperature, pH, sinking rate, electroconductivity (E.C.), moisture content, carbon content, nitrogen content, phosphorus content, potassium content and C/N ratio 3) study efficiencies of compost and 4) study germination index using morning glory seeds. Initial C/N ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

was determined at 30:1. The results showed that raw materials in tank 4 was decomposed faster than other tanks (composting time 35 days) and characteristics of compost followed the compost standard of Department of Agriculture. The compost had temperature 33.33±0.58 °C, pH 7.33±0.08, E.C. 3.56±0.03 dS/m, carbon content 20.87±0.03%, nitrogen content 1.15±0.002 %, phosphorus content 1.41±0.01%, potassium content 2.08±0.01% and C/N ratio 18.15:1. However, compost contained of moisture content 50.98±0.63%, which is higher than the standard. The results of germination index of morning glory seeds showed that composts were not toxic and had similar germination rate.

Keywords: Sludge, Chimney Convection, White Fungi, Compost

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษ จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำต่างๆ ตลอดการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่ให้ข้อเสนอแนะ และข้อแก้ไขในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.กานต์ วงศาริยะ ที่ให้คำปรึกษา และคำชี้แนะในเรื่องของเชื้อราสีขาวและความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์

ขอขอบคุณสวนพระนคร ลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการนำใบไม้แห้งมาทำโครงงานพิเศษ และขอขอบคุณส่วนสุขาภิบาล ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ที่ให้กากตะกอนมาทำในโครงงานพิเศษเช่นกัน

ขอขอบคุณ บิดา มารดา เพื่อนๆนักศึกษา รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจ และเป็นแรงผลักดันในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ธีระยุทธ สรรพศรี
หทัยชนก เรียงสันเทียะ
อโณทัย รอดหยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
คำย่อและสัญลักษณ์ที่ใช้	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ปุ๋ยหมัก	4
2.1.1 ความเป็นมาของปุ๋ยหมัก	4
2.1.2 กระบวนการหมักปุ๋ย	5
2.1.3 วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก	6
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกระบวนการหมัก	9
2.1.5 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์	9
2.1.6 ประโยชน์ปุ๋ยหมัก	10
2.1.7 ลักษณะของปุ๋ยหมัก	10
2.1.8 คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก	13
2.2 ตะกอน	14
2.2.1 กระบวนการเกิดตะกอน	14
2.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์	15
2.2.3 กลไกในการทำงานของระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์	16
2.2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญ ของระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์	16
2.2.5 ตัวแปรสำหรับการควบคุมระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์	17
2.2.6 หลักการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย	17
2.2.7 บ่อตกตะกอน	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 เชื้อรา	18
2.3.1 เชื้อราใบไม้สีขาว	19
2.3.2 ประโยชน์ของเชื้อราขาว (จุลินทรีย์ท้องถิ่น)	19
2.3.3 ขั้นตอน และวิธีในการเพาะเชื้อราขาว	20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	23
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	23
3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์	23
3.1.2 สารเคมี	24
3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ย	24
3.2 การเตรียมบ่อปุ๋ยหมัก	25
3.3 การเตรียมเชื้อราขาว	25
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง	26
3.4.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	26
3.4.2 การเตรียมวัสดุในการทำปุ๋ยหมัก	27
3.4.3 ศึกษาสภาวะในระหว่างทำการหมักปุ๋ย	27
3.4.4 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	28
3.4.5 การศึกษาการงอกของเมล็ด	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปลายผล	30
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	30
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	31
4.3 การศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย	32
4.3.1 อุณหภูมิ	32
4.3.2 ความเป็นกรด-ด่าง	32
4.3.3 อัตราการยุบตัว	33
4.3.4 ค่าการนำไฟฟ้า	34
4.3.5 ปริมาณความชื้น	35
4.3.6 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน	36
4.3.7 ปริมาณธาตุอาหารหลัก	38
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการวิจัย	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	55
ภาคผนวก ค	64
ภาคผนวก ง	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติวัสดุอินทรีย์บางชนิดที่สามารถนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้	7
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายชนิดต่าง ๆ	7
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากชนิดต่าง ๆ	8
ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปุ๋ยหมักเริ่มต้น	27
ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยในระหว่างทำการหมัก	28
ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	28
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	30
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	31
ตารางที่ 4.3 ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมัก 35 วัน	40
ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน	41
ตารางที่ ก-1.1 ความชื้นและอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุเริ่มต้น	51
ตารางที่ ข-1.1 ความชื้นของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	56
ตารางที่ ข-1.2 ปริมาณคาร์บอนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	56
ตารางที่ ข-1.3 ปริมาณไนโตรเจนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	57
ตารางที่ ข-1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	58
ตารางที่ ข-1.5 ปริมาณโพแทสเซียมของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	59
ตารางที่ ข-2.1 ความชื้นเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	60
ตารางที่ ข-2.2 ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	60
ตารางที่ ข-2.3 ปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	61
ตารางที่ ข-2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	62
ตารางที่ ข-2.5 ปริมาณโพแทสเซียมเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก	63
ตารางที่ ค-1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อควบคุม	65
ตารางที่ ค-1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาว	66
ตารางที่ ค-1.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมกากตะกอน	68
ตารางที่ ค-1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	69
ตารางที่ ค-2.1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อควบคุม	70
ตารางที่ ค-2.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาว	72
ตารางที่ ค-2.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมกากตะกอน	73
ตารางที่ ค-2.4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	75
ตารางที่ ค-3.1 การยุบตัวของบ่อควบคุม	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ค-3.2 การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาว	77
ตารางที่ ค-3.3 การยุบตัวของบ่อเติมกากตะกอน	79
ตารางที่ ค-3.4 การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	80
ตารางที่ ค-4.1 การนำไฟฟ้าของบ่อควบคุม	82
ตารางที่ ค-4.2 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาว	83
ตารางที่ ค-4.3 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมกากตะกอน	84
ตารางที่ ค-4.4 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	86
ตารางที่ ค-5.1 ความชื้นของบ่อควบคุม	87
ตารางที่ ค-5.2 ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาว	88
ตารางที่ ค-5.3 ความชื้นของบ่อเติมกากตะกอน	89
ตารางที่ ค-5.4 ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	90
ตารางที่ ค-6.1 ปริมาณคาร์บอนของบ่อควบคุม	92
ตารางที่ ค-6.2 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาว	92
ตารางที่ ค-6.3 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมกากตะกอน	93
ตารางที่ ค-6.4 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	94
ตารางที่ ค-7.1 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อควบคุม	95
ตารางที่ ค-7.2 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาว	96
ตารางที่ ค-7.3 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมกากตะกอน	97
ตารางที่ ค-7.4 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	98
ตารางที่ ค-8.1 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อควบคุม	100
ตารางที่ ค-8.2 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมเชื้อราขาว	101
ตารางที่ ค-8.3 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมกากตะกอน	103
ตารางที่ ค-8.4 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	104
ตารางที่ ค-9.1 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อควบคุม	106
ตารางที่ ค-9.2 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมเชื้อราขาว	107
ตารางที่ ค-9.3 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมกากตะกอน	108
ตารางที่ ค-9.4 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	109
ตารางที่ ง-1 ดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน	111
ตารางที่ ง-2 ความยาวของลำต้นและจำนวนใบของผักบุ้งจีน ที่ระยะเวลา 14 วัน	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนผังบ่อบำบัดน้ำเสียของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	14
รูปที่ 2.2 (ก) ลานตากตะกอน (ข) ลักษณะตะกอนที่ได้จากลานตากตะกอน	18
รูปที่ 3.1 วัสดุเริ่มต้นการทำปุ๋ย (ก) ผักตบชวา (ข) หญ้าแห้ง (ค) ใบไม้แห้ง (ง) กากตะกอน	25
รูปที่ 3.2 การเตรียมเชื้อราขาว (ก) นำข้าวที่หุงแล้วใส่กระบะ และเกลี่ยให้ทั่ว (ข) ปิดด้วยกระดาษบรู๊ฟ และมัดด้วยเชือกฟาง (ค) นำวางใต้ต้นไผ่ (ง) นำใบไผ่วางคลุมด้านบนให้ทั่ว (จ) คลุมด้วยพลาสติก (ฉ) เชื้อราขาวที่ได้หลังผ่านไป 5 วัน (ช) ใส่น้ำตาลทรายแดง และหมักต่ออีก 7 วัน	26
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ย	32
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักปุ๋ย	33
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการยุบตัวในระหว่างการหมักปุ๋ย	34
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในระหว่างการหมักปุ๋ย	35
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการหมักปุ๋ย	36
รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน (ก) ปริมาณไนโตรเจน (ข) และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ค) ในระหว่างการหมักปุ๋ย	37
รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัส (ก) และปริมาณโพแทสเซียม (ข) ในระหว่างการหมักปุ๋ย	39
รูปที่ ค-1 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส	99
รูปที่ ค-2 กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

C/N ratio	=	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
pH	=	ค่าความเป็นกรดด่าง
℃	=	องศาเซลเซียส
%	=	เปอร์เซนต์
Cm	=	เซนติเมตร
mS/cm	=	มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
dS/cm	=	เดซิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
Kg	=	กิโลกรัม
g	=	กรัม
mg	=	มิลลิกรัม
ml	=	มิลลิลิตร
mg/L	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การเกษตรเป็นอาชีพหลักของคนไทย อีกทั้งยังเป็นรากฐานที่สำคัญในการผลิตอาหารหล่อเลี้ยงผู้คนภายในประเทศ และมีการส่งออกสู่ตลาดโลกในปริมาณสูง เป็นเหตุให้เกษตรกรต้องเร่งการผลิตและต้องการเพิ่มศักยภาพในการผลิตให้สูงขึ้น จึงนิยมนำปุ๋ยเคมีมาใช้กันอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยไม่ได้มีการรักษาสภาพดิน ทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรม การนำปุ๋ยหมักมาใช้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดินเสื่อมโทรม ช่วยให้ดินร่วนซุย เนื่องจากเป็นปุ๋ยที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ เกษตรกรสามารถผลิตใช้ได้เองจากวัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่น ผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง มูลสัตว์ เป็นต้น อีกทั้งช่วยลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ในท้องถิ่น

การหมักปุ๋ยโดยธรรมชาติทั่วไปจะใช้เวลานาน เนื่องจากความร้อนภายในกองปุ๋ยไม่สามารถลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศได้ จึงต้องมีการพลิกกลับกอง เกิดความยุ่งยากและหากหมักปุ๋ยในปริมาณมากจำเป็นต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นจึงได้นำการหมักปุ๋ยแบบเติมอากาศโดยไม่พลิกกลับกอง หรือชิมนีย์คอนเวคชันซึ่งเป็นการหมักแบบพาความร้อน โดยอาศัยหลักการความร้อนจากภายในกองปุ๋ยลอยตัวขึ้นสูงและมีอากาศเย็นภายนอกไหลเข้าไปแทนที่ ทำให้มีการเติมอากาศภายในกองปุ๋ยอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ การเติมเชื้อราใบไม้สีขาวในการทำปุ๋ยหมักจะช่วยให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดได้เร็วขึ้น และยังช่วยลดกลิ่นที่เกิดจากการหมักปุ๋ย

โครงงานพิเศษนี้ได้ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว และศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก รวมทั้งดัชนีการงอกของผักบุ้งจีน เพื่อลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ย ลดความยุ่งยากในการพลิกกลับกอง เพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก และลดปริมาณขยะอินทรีย์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว
2. ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. เตรียมวัสดุหมัก ประกอบด้วย ผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน วิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้น และหาค่า C/N ratio

2. เตรียมราขาวโดยดักจับราขาวจากใต้กอไผ่

3. ผสมวัสดุหมักโดยให้มีค่า C/N ratio เริ่มต้นที่ 30:1

4. เติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 2.5 กรัม ในน้ำ 0.5 ลิตร ผสมให้เข้ากัน นำวัสดุหมักใส่ในบ่อหมัก

5. วิเคราะห์คุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

6. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน เปรียบเทียบระหว่าง 1) ชุดควบคุมประกอบด้วย ผักตบชวา ใบไม้แห้ง และหญ้าแห้ง 2.) ชุดเติมเชื้อราขาวประกอบด้วย ผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และราขาว 3.) ชุดเติมกากตะกอนประกอบด้วย ผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน 4.) ชุดเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนประกอบด้วย ผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง กากตะกอน และเชื้อราขาว โดยศึกษาปัจจัย ดังนี้

- อุณหภูมิ
- อัตราการยุบตัว
- ความชื้น
- ความเป็นกรด-ด่าง
- ค่าการนำไฟฟ้า
- ปริมาณคาร์บอน
- ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

7. ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก โดยศึกษาปัจจัยดังนี้

- ระยะเวลาในการหมัก
- สีและกลิ่นของปุ๋ย
- ความอ่อนนุ่มและยุ่ยของปุ๋ย
- ความชื้น
- ความเป็นกรด-ด่าง
- ค่าการนำไฟฟ้า
- ปริมาณคาร์บอน
- ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
- อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

8. ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ด โดยนำปุ๋ยที่หมักเสร็จสมบูรณ์แล้วไปทดสอบการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการใช้ประโยชน์จากขยะอินทรีย์ และกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน
2. ลดปริมาณขยะอินทรีย์และกากตะกอนที่เกิดจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน
3. ลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ย
4. ลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ชนิดต่าง ๆ เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว เศษต้นข้าวโพด เศษข้าวฟ่าง เศษต้นพืชตระกูลถั่ว มูลสัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น หรือวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรม ได้แก่ กากอ้อย ขี้เลื่อย แกลบซังข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น หรือวัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน พวกขยะมูลฝอยต่าง ๆ นำมาผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด ร่อน แล้วนำมากองรวมกัน จากนั้นปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรียวัตถุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ เหมาะสำหรับที่จะใส่บำรุงดินเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยให้ดินร่วนซุยและอุ้มน้ำได้มากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

2.1.1 ความเป็นมาของปุ๋ยหมัก

ในสมัยจักรวรรดิอัคคาเดียน บริเวณที่ราบลุ่มเมโสโปเมียมีบันทึกเรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกพืช จนมาถึงสมัยโรมัน และกรีกก็มีหลักฐานบันทึกไว้เช่นกัน โดยมีการใช้สารอินทรีย์ใส่ในแปลงปลูกพืช และมีการพัฒนาการนำอินทรียวัตถุมากองรวมกันก่อนที่จะนำไปใช้คล้ายกับวิธีการทำปุ๋ยหมักด้วยการกองในปัจจุบัน

Sir Albert Howard เป็นผู้ริเริ่ม และศึกษาเกี่ยวกับปุ๋ยหมัก โดยกำหนดแนวทางการทำปุ๋ยหมักไว้ว่า ปุ๋ยหมักที่ดีต้องใช้เศษพืชกับมูลสัตว์ในอัตราส่วน 3 : 1 และควรนำวัสดุมากองรวมกันเป็นชั้น ๆ พร้อมให้คลุกกลับกองปุ๋ยหมักอย่างสม่ำเสมอ ต่อมาสถาบัน ICAR เมือง Bangalore ประเทศอินเดียได้พัฒนาวิธีการทำปุ๋ยหมักแบบใหม่ขึ้น ด้วยการนำดินมากลบกองปุ๋ยหมักเพื่อทำให้เกิดสภาพไร้อากาศ แต่วิธีนี้จะมีการย่อยสลายของจุลินทรีย์ช้ากว่าแบบมีอากาศ แต่มีข้อดีคือไม่ต้องดูแลมาก เรียกวิธีนี้ว่า Bangalore Method ระหว่างปี ค.ศ. 1920-1930 ประเทศในแถบทวีปยุโรปได้มีการพัฒนากระบวนการทำปุ๋ยหมัก และมีการนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการจัดการ ทำให้สามารถทำปุ๋ยหมักได้ในปริมาณมาก ในขณะนั้น Dr. Giovanni Beccari ประเทศอิตาลี ได้คิดค้นกระบวนหมักแบบไม่ใช้อากาศในขั้นแรก และต่อมาจะใช้กระบวนการหมักแบบใช้อากาศ เรียกวิธีนี้ว่า Beccari Process ต่อมาประเทศฝรั่งเศสได้ปรับปรุงกระบวนการหมักด้วยการพ่นอากาศเข้าในกองปุ๋ยหมักเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศ และระบายของเหลวออก เรียกวิธีนี้ว่า Verder Processปี ค.ศ. 1931 Jean Bordas ได้ดัดแปลงกรรมวิธีการหมักแบบ Indore Process โดยตัดขั้นตอนแรกที่ปล่อยให้ย่อยสลายโดยกระบวนการที่ไม่ต้องการอากาศออก แต่มีการพ่นอากาศเข้าไปในถังที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศเนเธอร์แลนด์เมื่อปี ค.ศ. 1932 ได้มีการใช้วิธี V.I.M. Process โดยยึดวิธีการของ Indore Process เป็นหลักซึ่งใช้ขยะเทศบาลเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ยหมักเป็นกองยาวและสูงมีการระบายน้ำส่วนเกินออกและนำกลับไปพ่นในกองใหม่อีกครั้งหนึ่ง และอาศัยเครื่องสำหรับบดขยะให้ละเอียด ต่อมาในประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงปี ค.ศ. 1942 J.I. Rodale ได้ส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยหมักจากวิธี Indore Process สำหรับการเพาะปลูก ต่อมาได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยหมักอย่างแพร่หลาย โดยได้มีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยหมักตลอดมา (เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย, 2559)

2.1.2 กระบวนการหมักปุ๋ย

การหมักปุ๋ย เป็นกระบวนการหมักวัสดุอินทรีย์ให้เป็นปุ๋ยหมัก โดยอาศัยกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เข้าย่อยสลาย กระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อาจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นได้รวดเร็ว หรือเป็นกระบวนการทางชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งกระบวนการจะเกิดได้ช้ากว่า กระบวนการทั้งสองแบบจะเกิดขึ้นควบคู่กันไปและเกิดแบบไหนได้มากกว่ากันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมัก ในช่วงแรกของการกองปุ๋ยหมักจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสลายอินทรียวัตถุ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ประกาศิต, 2549; ยงยุทธและคณะ, 2551) การหมักปุ๋ยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Day and Shaw, 2001; เจนวิทย์, 2544) ดังนี้

1) การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Composting) เป็นกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพที่มีออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน กระบวนการนี้จะใช้เวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุได้รวดเร็วกว่ากระบวนการหมักปุ๋ยแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน อินทรียวัตถุส่วนมากที่อยู่ในวัสดุหมักจะถูกย่อยสลายกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ก็มีอีกส่วนหนึ่งที่แปรสภาพไปเป็นสารประกอบประเภทเดียวกับฮิวมัสในดิน มีสีดำ หรือสีน้ำตาลดำ มีความคงทนต่อการย่อยสลาย โดยวิธีนี้มีข้อดีคือ ไม่ส่งกลิ่นและจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ความร้อนนี้สามารถช่วยทำลายเชื้อโรคที่ติดมากับวัสดุหมักได้ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศให้แก่กองปุ๋ย

2) การหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Composting) เป็นกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปพอลิเมอร์และไขมันที่มีโมเลกุลซับซ้อนไปเป็นน้ำตาลและไขมันโมเลกุลเดี่ยว ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) เป็นขั้นตอนที่แบคทีเรียที่ทำหน้าที่สร้างกรดจะทำการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนที่ 1 ให้กลายเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลลดลง เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทาริก กรดโพรพาโนอิก และกรดแลกติกเป็นต้น และขั้นตอนสุดท้ายคือ ขั้นตอนการสร้างมีเทน (Methanogenesis) เป็นขั้นตอนที่

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ทำหน้าที่สร้างมีเทนจะทำการเปลี่ยนก๊าซชีวภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ วิธีนี้ไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ ส่วนข้อเสียของวิธีนี้จะก่อให้เกิดกลิ่นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และใช้เวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุนานกว่าการหมักปุ๋ยแบบที่ใช้ออกซิเจน

3) การหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชัน (Chimney Convection)เป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน โดยจัดรูปร่างของกองปุ๋ยให้มีความเหมาะสมทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม กำหนดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบ รวมทั้งการย่อยเศษพืชให้มีขนาดเล็กลงและมีความชื้นที่พอเหมาะ จะทำให้กองปุ๋ยสามารถสะสมความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายเอาไว้ภายในกองปุ๋ยได้ ความร้อนในกองปุ๋ยที่ขึ้นสูง 60-70 องศาเซลเซียสในช่วง 2-5 วันแรก เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ชอบความร้อน (Thermophilic Microorganisms) และเมื่ออุณหภูมิลดลงเป็น 40-60 องศาเซลเซียสก็จะมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งที่ชอบความร้อนปานกลาง (Mesophilic Microorganisms) เมื่อความร้อนในกองปุ๋ยลอยตัวสูงขึ้น อากาศภายนอกที่เย็นกว่าจะไหลเข้ากองปุ๋ยทางด้านข้าง เท่ากับเป็นการเติมอากาศให้กับกองปุ๋ยตามธรรมชาติตลอดเวลา เรียกว่าปรากฏการณ์ Chimney Convection และเมื่อมีการเติมอากาศเพิ่มเติมแก่บริเวณกลางกองปุ๋ยเป็นครั้ง ๆ ด้วยพัดลมเติมอากาศ ส่งผลให้ภายในกองปุ๋ยมีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การย่อยสลายก็จะสามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ย มีผลดีคือ ทำให้การสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระเหยสู่อากาศจากการพลิกกลับกองปุ๋ยลดลงได้

2.1.3 วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก (สมศักดิ์, 2553)

วัสดุมากมายหลายชนิดสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีในท้องถิ่นนั้น โดยในการทำปุ๋ยหมักอาจจะใช้เศษพืชเพียงชนิดเดียวหรือหลาย ๆ ชนิดผสมกันก็ได้ สามารถจำแนกวัสดุที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ ดังนี้

1. เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากไร่นา เช่น หญ้าแพรกฟางข้าว ต้นข้าวโพด ต้นถั่วต่าง ๆ เศษวัชพืช ซังข้าวโพด ใบอ้อย ต้นปอ เศษกก ใบไม้แห้ง ฯลฯ

2. เศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากอ้อย กากสับปะรด กากมันสำปะหลัง แกลบ ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว เปลือกผลไม้ ตลอดจนเศษเนื้อต่าง ๆ เป็นต้น

3. เศษขยะที่มีอยู่ในครัวเรือน

4. วัชพืชน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน และ สาหร่ายในแม่น้ำลำคลอง

5. มูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ตลอดจน หน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์

6. ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้เร่งให้เศษพืชสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วยิ่งขึ้น

7. สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ (สารตัวเร่งสำหรับผลิตปุ๋ยหมัก) เพื่อช่วยย่อยให้เศษพืชสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ วัสดุที่ย่อยสลายง่าย และวัสดุที่ย่อยสลายยาก โดยใช้ค่าสัดส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักในวัสดุเป็นเกณฑ์ คือสัดส่วนของคาร์บอนกับไนโตรเจน หรือ C/N ratio ถ้าเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย เป็นวัสดุประเภทที่มีสัดส่วนต่ำกว่า 100:1 และวัสดุที่ย่อยสลายยาก เป็นวัสดุประเภทที่มีสัดส่วนสูงกว่า 100:1 ซึ่งวัสดุทั้ง 2 กลุ่ม มีองค์ประกอบที่เป็นธาตุอาหารหลักของพืช แสดงในตารางที่ 2.1-2.3

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติวัสดุอินทรีย์บางชนิดที่สามารถนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้

ตัวอย่าง	%N	%P	%K	%OM	%Ca	%Mg	%Mn	%Cu	%Fe
แกลบ	0.35	0.014	0.52	0.22	0.22	0.027	0.039	0.001	2.744
ใบยาสูบ	1.77	0.347	3.18	2.49	2.49	0.248	0.009	0.002	0.166
กากตะกอนหม้อกรองน้ำอ้อย	1.96	2.670	1.13	5.91	5.91	0.350	0.055	0.003	1.904
ขี้เถ้าเตา	0.15	0.233	1.78	0.50	0.50	0.145	0.021	0.001	0.702
อ้อย	0.47	0.018	0.40	0.58	0.58	0.030	0.004	0.001	0.549
กากอ้อย	0.34	0.018	0.35	0.11	0.11	0.019	0.002	0.001	0.034
ใบอ้อย	0.94	0.149	1.53	0.29	0.29	0.082	0.002	0.001	0.024
ขี้เถ้าแกลบ	0.22	0.008	0.50	0.05	0.05	0.057	0.013	0.001	0.042
ซังข้าวโพดหวาน	2.13	0.342	0.94	0.05	0.05	0.114	0.002	0.001	0.018
เปลือกข้าวโพด	1.37	0.197	1.38	0.10	0.10	0.087	0.001	0.002	0.031
รำอ่อน	2.64	2.521	2.09	0.03	0.03	0.617	0.008	0.001	0.015
ขี้เลื่อยเพาะเห็ดแล้ว	2.29	1.196	0.43	0.93	0.93	0.520	0.008	0.001	0.164

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2540)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายชนิดต่าง ๆ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5%	K_2O%	C %	C/N	pH
มันสำปะหลัง						
เปลือก (เปียก)	0.6	0.22	0.67	48.85	81	3.6
เปลือก (แห้ง)	0.59	0.19	0.77	31.52	53	4.45
เหง้า	1.48	0.48	1.01	54.59	37	4.7
สับปะรด						
เปลือก (โรงงาน)	1.79	0.85	5.46	46.8	26	7.6
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	6.3
เปลือกถั่วลิสง	0.73	-	-	58.36	70	6.4
เปลือกทุเรียน	0.83	0.19	2.15	50.63	75	5.5

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2540)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5%	K_2O%	C %	C/N	pH
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
เปลือกเมล็ดปาล์มบด	0.52	0.03	0.30	60.65	117	5.49

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกระบวนการหมัก

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการหมัก และมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Polprasert, 1989; ยงยุทธและคณะ, 2551) ดังนี้

1) ระยะอุณหภูมิเริ่มต้น (Latent Phase)

ระยะเริ่มต้นเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ในระยะแรกของการหมัก อุณหภูมิในกองจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากจุลินทรีย์กำลังปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมัก

2) ระยะอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic Phase)

ระยะนี้ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นโดยจุลินทรีย์จะทำการย่อยน้ำตาลและสารอาหารที่สลายง่ายอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยสูงขึ้นโดยอุณหภูมิในช่วงนี้จะอยู่ในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส ในระยะนี้แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะมีมากที่สุด

3) ระยะอุณหภูมิสูง (Thermophilic Phase)

ระยะนี้การย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ทำให้แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางตายหรือหยุดการทำงานชั่วคราว แต่การย่อยสลายยังคงดำเนินอยู่โดยแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูงจะเข้ามาย่อยสลายสารอินทรีที่ย่อยสลายยาก ในช่วงนี้ควรมีการพลิกกลับกองเพื่อเป็นการระบายอากาศและทำให้กองวัสดุมีความร้อนกระจายสม่ำเสมอ ระยะนี้มีการสังเคราะห์สารคล้ายฮิวมัส

4) ระยะคงสภาพ (Maturation Phase)

สารอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายง่ายถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจนเหลือน้อย เป็นเหตุให้กิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ลดต่ำลง อุณหภูมิจึงลดลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะกลับเข้ามาเจริญเติบโตอีกครั้ง เพื่อเปลี่ยนสารอินทรียวัตถุที่มีโครงสร้างซับซ้อนไปเป็นสารประกอบที่มีลักษณะคงทนที่เรียกว่า สารฮิวมิก ระยะนี้อาจจะใช้เวลาประมาณ 3-5 สัปดาห์ หรือเป็นเวลาหลายเดือน

2.1.5 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญที่สุดในการย่อยสลายเยื่อใยให้เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลงจนเป็นอินทรียวัตถุที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ กระบวนการย่อยสลายเกิดจากน้ำย่อยที่ปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน จุลินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วย แบคทีเรียและเชื้อราเป็นส่วนใหญ่โดยมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มของจุลินทรีย์ซึ่งมีสภาพแวดล้อมและชนิดของวัสดุเป็นตัวกำหนด (สมศักดิ์, 2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แบคทีเรีย (bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในการทำปุ๋ยหมัก โดยมีพวกที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการย่อยสลายเยื่อใย และพวกอาศัยสารประกอบที่ละลายง่ายจากเนื้อเยื่อพืชเป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโต กระบวนการย่อยของแบคทีเรียยังทำให้ความร้อนในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลต่อการจำกัดชนิด และปริมาณของแบคทีเรีย ทำให้แบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พวกที่เจริญเติบโตในระยะแรกที่อุณหภูมิกองปุ๋ยไม่เกิน 40°C และเจริญได้ในอุณหภูมิสูงกว่า 40°C ถึง 65°C พวกหลังนี้ส่วนมากจะเป็นพวกที่สร้างสปอร์ จึงทนอยู่ได้ในความร้อนค่อนข้างสูง

2) เชื้อรา (fungi) มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ เนื่องจากสามารถปลดปล่อยเอ็นไซม์ช่วยย่อยสลายสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ แต่เชื้อรามีข้อจำกัดในการเจริญเติบโต คือต้องมีอากาศถ่ายเทได้ดี และอุณหภูมิและความชื้นไม่สูงมากนัก ดังนั้นจะพบเชื้อราบริเวณรอบนอกกองปุ๋ยเป็นส่วนใหญ่ในระยะเริ่มกองปุ๋ยหมักจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 55°C และระยะที่อุณหภูมิลดลง

2.1.6 ประโยชน์ปุ๋ยหมัก (เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย, 2559)

1) เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งปริมาณอินทรียวัตถุ แร่ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

2) ช่วยในการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ในดิน ทำให้ธาตุอาหารถูกพืชนำไปใช้ได้รวดเร็วขึ้น

3) ช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน

4) ช่วยต้านการแพร่ของจุลินทรีย์ก่อโรคพืชชนิดต่าง ๆ ในดิน

5) ทำให้ดินมีความร่วนซุย จากองค์ประกอบของดินที่มีดิน อินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม

6) ช่วยปรับสภาพ pH ของดิน ให้เหมาะสมกับการปลูกพืช

7) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงแร่ธาตุของพืชจากปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอื่น ๆ

8) ช่วยดูดซับความชื้นไว้ในดินให้นานขึ้น ทำให้ดินชุ่มชื้นตลอดเวลา

2.1.7 ลักษณะของปุ๋ยหมัก (ธงชัย, 2546)

ปุ๋ยหมัก จะมีลักษณะนุ่มยุ่ยขาดออกจากกันได้ง่าย มีอุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก มีสารที่เป็นพิษต่อพืชน้อย ได้แก่ แอมโมเนียม และกรดอินทรีย์ การนำปุ๋ยหมักไปใช้เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์เพื่อไม่เป็นอันตรายต่อพืช สามารถพิจารณาได้จากพารามิเตอร์ทางกายภาพและพารามิเตอร์ทางเคมี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินการหมักเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักโดยพารามิเตอร์ทางกายภาพ

1) อุณหภูมิ

อุณหภูมิในช่วงแรกของการหมักปุ๋ยจะมีค่าไม่สูงมาก ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ในช่วงนี้เป็นพวกเชื้อราและแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง หลังจากนั้น เมื่ออินทรียวัตถุเกิดการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิจะสูงถึง 53 – 60 องศาเซลเซียส แอคติโนมัยซีทและแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูงจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในกองปุ๋ยหมัก โดยอุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นอุณภูมิก็ค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิภายนอก แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะกลับเข้ามีบทบาทอีกครั้ง (กิ่งกาญจน์, 2549 อ้างจาก Polprasert*et al*., 1991) การพลิกกลับกองปุ๋ยจะทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยสูงถ้าปุ๋ยหมักนั้นยังหมักไม่เสร็จสมบูรณ์ แต่ถ้าหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อพลิกกลับกอง (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Jimenez and Garcia, 1989) เมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิภายนอก (ทิพวรรณและ Takayuki, 2545)

2) ความชื้น

ความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักปุ๋ยจะอยู่ที่ประมาณ 50–70 เปอร์เซ็นต์ (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Rabbani*et al*., 1983) ถ้าความชื้นของปุ๋ยหมักมากเกินไปจะทำให้การไหลผ่านของอากาศเป็นไปได้ยาก อาจทำให้เกิดการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปก็ไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา ปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จสมบูรณ์ควรมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

3) สี

สีของวัสดุเศษพืชที่เป็นปุ๋ยหมักที่เจริญเต็มที่จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ (รสสุคนธ์, 2549) จากผลการทดลองของ Sugahara*et al*. (1979) ที่ทำการตรวจสอบสีของปุ๋ยหมักโดยวิธี CIE 1931 Standard colorimetric system พบว่าปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จสมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลดำจนถึงสีดำ

4) กลิ่น

กลิ่นของวัสดุทำปุ๋ยหมักเมื่อเริ่มการหมักในช่วงแรกจะเหม็นกลิ่นของมูลสัตว์หรือวัสดุที่นำหมัก จากนั้นเมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะได้กลิ่นของแอมโมเนียเนื่องจากสารอินทรีย์ไนโตรเจนในวัสดุหมักถูกย่อยสลายกลายไปเป็นแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียที่เกิดขึ้นนี้อาจสูญเสียไปในรูปการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย หลังจากนั้น กลิ่นแอมโมเนียก็จะค่อย ๆ ลดลงในระหว่างการหมัก เมื่อหมักจนได้ที่กลิ่นแอมโมเนียจะหายไป โดยทั่วไปปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จสมบูรณ์จะมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดิน (ทิพวรรณ และ Takayuki, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ลักษณะของวัสดุหมัก

ปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จสมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ยและขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างหรือเป็นก้อนเหมือนเมื่อเริ่มต้นการหมัก (รสสุคนธ์, 2549)

การประเมินการหมักเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักโดยพารามิเตอร์ทางเคมี

การประเมินการหมักเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก จากพารามิเตอร์ทางกายภาพเป็นลักษณะสังเกตง่าย ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับเบื้องต้นเท่านั้น ยังไม่พอที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีชี้การหมักเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก จำเป็นต้องอาศัยพารามิเตอร์ทางเคมีร่วมประเมินด้วยพารามิเตอร์ทางเคมีเป็นพารามิเตอร์ที่จะต้องนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้จากพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1) พีเอช

กระบวนการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจนในช่วงเริ่มต้นของการหมักปุ๋ย พีเอชจะมีค่าลดลงเล็กน้อยในช่วง 1 – 2 วันแรก พีเอชอยู่ระหว่าง 5.3 – 5.7 เนื่องจากในช่วงแรกจะมีการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ย่อยสลายง่ายและถูกแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาและในช่วงนี้อาจจะพบเชื้อราได้เนื่องจากเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในช่วงพีเอชที่ค่อนข้างกว้าง แต่หลังจากนั้นค่าพีเอชจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงพีเอชที่ค่อนข้างเป็นด่างนี้ จะพบเชื้อแอคติโนมัยซีท ซึ่งเชื้อแอคติโนมัยซีทจะสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดี (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Cosico, 1985) ในช่วงนี้ก็พบแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูงอยู่มากด้วย จนในที่สุดพีเอชจะรักษาระดับอยู่ในช่วงพีเอชที่เป็นกลางอยู่ระหว่าง 7.0-8.5 จนสิ้นสุดกระบวนการหมัก (มุกดา, 2548) ในช่วงนี้แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะกลับมาอีกครั้ง จนทำให้อินทรียวัตถุเกิดการย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายในที่สุด การที่พีเอชของกองปุ๋ยอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางแสดงว่าปุ๋ยหมักนั้นหมักเสร็จสมบูรณ์ เนื่องจากเมื่ออินทรียวัตถุถูกย่อยสลายจะมีลักษณะเป็นสารที่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชที่ดีและมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถดูดซับไฮโดรเนียมไอออนไว้ได้มากขึ้น ทำให้พีเอชอยู่ในสภาพที่เป็นกลางเป็นผลดีต่อการนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดิน (มุกดา, 2548) แต่ถ้าหากค่าพีเอชของกองปุ๋ยหมักยังคงเป็นกรด แสดงว่าปุ๋ยหมักยังหมักไม่เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากอาจใช้เวลาหมักน้อยเกินไปหรืออาจเกิดการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน การใช้พีเอชในการประเมินการหมักเสร็จสมบูรณ์อาจมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น วัสดุที่นำมาหมักและสภาพแวดล้อมของการหมัก ตลอดจนเทคโนโลยีการผลิต (ประกาศิต, 2549 อ้างจาก Jimenez and Garcia, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของอินทรียวัตถุในวัสดุหมักเป็นปัจจัยที่ใช้บ่งบอกการย่อยสลายอินทรียวัตถุว่ามีไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ และทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ยงยุทธและคณะ, 2551) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 20 – 30 ถ้ามีค่าสูงกว่า 30 ขึ้นไป จะเริ่มมีการย่อยสลายต่อไปใหม่เมื่อใส่ลงไปในดิน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมีไม่เพียงพอ มีผลไปยับยั้งกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้อัตราการย่อยสลายช้าลง ดังนั้น วัสดุหมักควรมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นไม่เกิน 20 : 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) วัสดุหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20 จะส่งผลให้เกิดกระบวนการมิเนอราลไลเซชัน (Mineralization) ปลดปล่อยสารอนินทรีย์ไนโตรเจนออกมาอย่างรวดเร็ว ปุ๋ยที่หมักเสร็จสมบูรณ์ควรมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 10 – 15 (Aparnaet *al*., 2007)

3) ค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวก

สารฮิวมิกมีความจุในการดูดซับประจุบวกสูงกว่าวัสดุเหลือทิ้งทั่วไปแสดงว่าระดับฮิวมิฟิเคชัน (Humicfication) ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้น ค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักปุ๋ยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสุดท้ายปุ๋ยที่หมักเสร็จสมบูรณ์ควรมีค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงกว่า 60 cmol/Kg (ยงยุทธและคณะ, 2551)

2.1.8 คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก (เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย, 2559)

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จนเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ ใช้ค่าวิเคราะห์ของปริมาณของคาร์บอน และไนโตรเจนเป็นเกณฑ์ คือต้องมีค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับหรือน้อยกว่า 20:1 นอกจากนั้นต้องดูคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบกันดังนี้ คือ

1) เศษวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักยุ่ย อ่อนนุ่ม และสีเปลี่ยนจากเดิมเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ
2) ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นคล้ายดิน
3) อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก ควรจะเท่ากับอุณหภูมิภายนอก

สำหรับคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดี ที่กำหนดเป็นหลักเกณฑ์ประกอบการพิจารณา มีดังนี้คือ

1) อัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่มากกว่า 20:1
2) เกรดปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 1.0 – 0.5 – 0.5 (%ของ N, P_2O_5 และ K_2O โดยน้ำหนัก)
3) ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ของปุ๋ยหมักไม่ควรมากกว่า 30% (โดยน้ำหนักปุ๋ยที่ยังไม่อบแห้ง)
4) ปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 20 % (โดยน้ำหนัก)
5) ความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 5.5-8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ค่าการนำไฟฟ้า (Electroconductivity,E.C.) ไม่เกิน 10.0 เดซิซีเมน/เมตร

7) ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่นๆ

2.2 ตะกอน (Sludge)

2.2.1 กระบวนการเกิดตะกอน

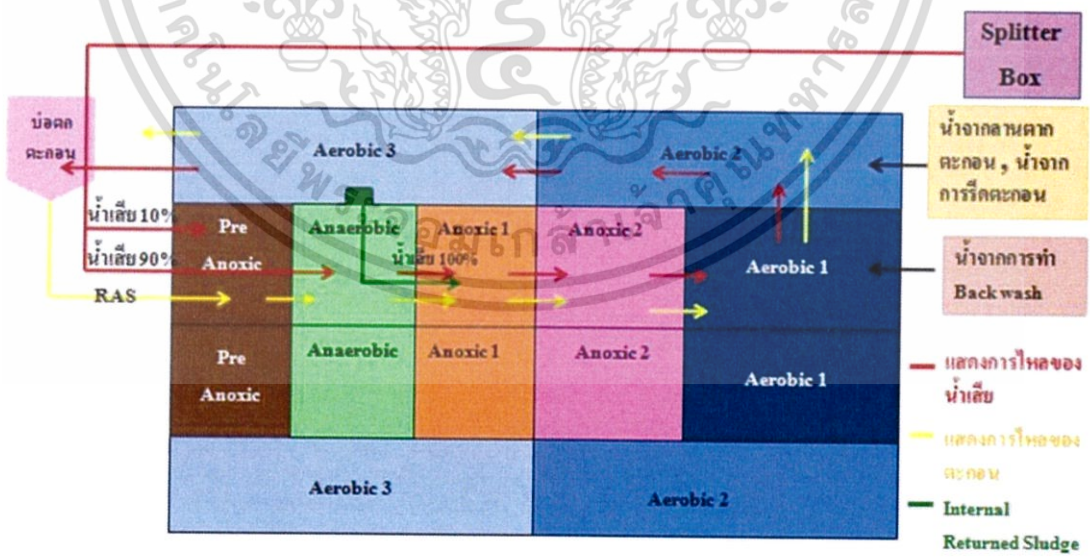
ในกระบวนการเกิดตะกอน ของบ่อบำบัดน้ำเสียท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ใช้ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge : AS) โดยแบ่งการบำบัดออกเป็น 3 ขั้นตอน (รูปที่ 2.2) คือ

1) Primary Treatment

เป็นการบำบัดทางกายภาพ โดยรับน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดภายในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยจะเข้ามายังถังรวบรวมน้ำเสียหลัก ซึ่งจะมีระบบดับกลิ่นคือ มีตัววัดระดับแก๊ส หากวัดแก๊สได้ 80% พัดลมดูดกลิ่นจะทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อดูดกลิ่นไปกำจัดโดยใช้ soil bed จากนั้นน้ำเสียก็จะเข้าไปยังเครื่องดักขยะอัตโนมัติเพื่อกำจัดขยะ และผ่านไปยังเครื่องดักกรวดทราย เพื่อแยกกรวดทรายออกจากน้ำเสีย

2) Secondary Treatment

เป็นการบำบัดทางชีวภาพ โดยใช้ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งแผนผังบ่อบำบัดทางชีวภาพแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังบ่อบำบัดน้ำเสียของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Tertiary Treatment

เป็นการบำบัดขั้นสูง โดยน้ำใสที่ได้จากบ่อตกตะกอนจะผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยแก๊สคลอรีน น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะนำไปกรอง และจะนำไป Recycle เพื่อนำไปใช้รดน้ำต้นไม้ภายในชุมชนต่อไป

2.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

(กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงระบบหนึ่ง คือ ประมาณ 85 - 95% จึงเป็นระบบที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากในปัจจุบัน สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบัน ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น โดยปกติน้ำเสียที่จะเข้าระบบนี้จะต้องผ่านตะแกรงดักขยะ บ่อดัก ไขมัน บ่อดักกรวดทราย เพื่อแยกเอาเศษวัสดุ และตะกอน ที่มีขนาดใหญ่ออกในขั้นหนึ่งก่อนจากนั้นน้ำเสียจะถูกนำเข้าสู่ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์ ซึ่งประกอบด้วยถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน และระบบสูบตะกอนย้อนกลับ เครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งอยู่ในถังเติมอากาศจะเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียเพื่อทำให้จุลินทรีย์นำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสีย และการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป น้ำตะกอนจากถังเติมอากาศจะนำเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้ว น้ำส่วนใสที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนจะนำไปฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายลงคูคลอง สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ให้เหมาะสม ส่วนอีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นตะกอนส่วนเกินจะต้องนำไปกำจัดทิ้งด้วยระบบกำจัดตะกอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กลไกในการทำงานของระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

หัวใจสำคัญของระบบบำบัดแบบนี้ คือ อาศัยจุลินทรีย์ทั้งหลายที่มีอยู่ในถังเติมอากาศของระบบเป็นตัวย่อยสลายสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในน้ำเสียให้หมดไป หรือจนมีความสะอาดพอที่จะระบายทิ้งได้ โดยไม่ก่อให้น้ำในคูคลองเน่าเสีย สิ่งสกปรกในน้ำเสียที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ส่วนใหญ่เป็นพวกสารอินทรีย์ ทั้งในรูปที่ละลายน้ำได้ และในรูปของคอลลอยด์ ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการย่อย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เซลจุลินทรีย์ตัวใหม่ และพลังงาน ดังนี้

น้ำเสีย (สารอินทรีย์)+จุลินทรีย์+ออกซิเจน ->คาร์บอนไดออกไซด์+น้ำ+จุลินทรีย์ตัวให้+พลังงาน

เซลจุลินทรีย์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ 70-90 % และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์อีก 10-30 % ดังนั้น จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นเซลของจุลินทรีย์นั่นเอง เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์มีน้ำหนักมากกว่าซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่ายด้วยถังตกตะกอน

2.2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

ระบบบำบัดแบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

1) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) ทำหน้าที่เป็นถังเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ให้เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนให้เพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการบำบัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ของระบบจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในถังนี้ ภายในถังเติมอากาศจะติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ไว้เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย รวมทั้งเป็นเครื่องกวนน้ำเสียให้สัมผัสกับจุลินทรีย์ไปในตัวด้วย

2) ถังตะกอน (Sedimentation Tank) ทำหน้าที่เป็นถังแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้ว ซึ่งส่งมาจากถังเติมอากาศโดยน้ำตะกอนจะถูกกักอยู่ในถังนี้ช่วงเวลาหนึ่ง น้ำส่วนใสจะไหลล้นไป ส่วนตะกอนที่อยู่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังเติมอากาศอีกครั้ง และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นตะกอนส่วนเกินที่ต้องนำไปกำจัด

3) ระบบสูบตะกอนย้อนกลับ (Sludge Recycle) ทำหน้าที่สูบตะกอนจุลินทรีย์ที่แยกออกจากน้ำส่วนใสแล้วกลับมายังถังเติมอากาศอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศให้เหมาะสม และเพียงพอต่อการทำลายสิ่งสกปรกในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.5 ตัวแปรสำหรับการควบคุมระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

มีอยู่ 2 ตัวแปรดังนี้

1) อายุตะกอน (Sludge Age) หมายถึงระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียนอยู่ในถังเติมอากาศการควบคุมทำได้โดยนำตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ ดังนั้นจึงสามารถควบคุมให้มีค่าคงที่ได้ตามต้องการ โดยทั่วไปจะควบคุมให้มีระบบมีอายุตะกอน 5-15 วัน

2) อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์(F/M ratio) หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบ (กิโลกรัมต่อวัน) ต่อน้ำหนักตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ (กิโลกรัม) โดยทั่วไปจะควบคุมให้ระบบมีค่า F/M ratio ระหว่าง 0.1-0.4 ต่อวันคุณสมบัติของน้ำเสีย มักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในแง่อัตราการไหลและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบทำให้การควบคุมระบบ โดยใช้ F/M ratio ทำได้ยากและมีความไม่แน่นอน ในทางปฏิบัติจึงนิยมควบคุมระบบโดยอายุตะกอนมากกว่า

2.2.6 หลักการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย

1) Pre Anoxic เป็นบ่อที่มีสภาวะกึ่งไร้อากาศ ซึ่งจะรับน้ำเสียจาก Splitter Box 10% และ Return Activated Sludge จากบ่อตกตะกอน ในบ่อนี้จะเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายโดยจุลชีพ และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน

2) Anaerobic เป็นบ่อที่มีสภาวะไร้อากาศ ซึ่งจะรับน้ำเสียจาก Splitter Box 90% ในบ่อนี้จะเกิดปฏิกิริยา Ammonification โดยจะเปลี่ยน Organic-N ให้เป็น NH_3 และเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากเซลล์

3) Anoxic เป็นบ่อที่มีสภาวะกึ่งไร้อากาศ มี 2 บ่อคือ Anoxic 1 และ Anoxic 2 โดย Anoxic 1 รับ Internal Returned Sludge จาก Aerobic 3 ในบ่อนี้จะเกิดปฏิกิริยา Denitrification เพื่อกำจัดไนเตรทให้เป็นแก๊สไนโตรเจน

4) Aerobic เป็นบ่อที่มีสภาวะมีออกซิเจน มี 3 บ่อคือ Aerobic 1, Aerobic 2 และ Aerobic 3 ในบ่อนี้จะเกิดปฏิกิริยา Nitrification เปลี่ยน แอมโมเนีย เป็นไนไตรท์และไนเตรท และมีการดึงฟอสฟอรัสเข้าเซลล์ โดยฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของตะกอน จึงสามารถกำจัดฟอสฟอรัสออกจากระบบด้วยการกำจัดตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
149047

2.2.7 บ่อตกตะกอน

จะเป็นขั้นตอนที่แยกตะกอนออกจากน้ำ โดยให้ระยะเวลาในการตกตะกอน 8 ชั่วโมงขึ้นไป จากนั้นตะกอนที่ตกลงที่ก้นบ่อส่วนหนึ่งจะสูบไปยัง บ่อ Pre Anoxic ซึ่งเป็นการ Return activated sludge และอีกส่วนหนึ่งจะเป็น Waste activated sludge ซึ่งจะนำไปกำจัดต่อไป

Waste Activated Sludge ที่ได้จากบ่อตกตะกอน จะได้ออกมา 2 ส่วนคือ ส่วนหนึ่งจะนำไปกำจัดโดยการรีดด้วยเครื่องรีดตะกอน ซึ่งจะมีการใส่สารพอลิเมอร์เข้าไปเพื่อให้ตะกอนจับกันเป็นก้อน จากนั้นเครื่องรีดตะกอนจะทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำ ตะกอนที่ได้จากการรีดนี้จะนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปกำจัดโดยการตากที่ลานตากตะกอน ดังรูปที่ 2.2 ตะกอนจากลานตากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำไปทำปุ๋ยใส่ต้นไม้

ก ข

รูปที่ 2.2 ลานตากตะกอน(ก) สลัดจ์ในลานตากตะกอน (ข) ลักษณะตะกอนที่ได้จากลานตากตะกอน

2.3 เชื้อรา (Fungi) (เว็บไซต์สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557)

เชื้อรา (fungi) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แพร่กระจายทั่วไปในอากาศ และมีการจำแนกแตกต่างกันออกไปหลายระบบ โดยยึดความสำคัญของคุณสมบัติต่างๆ ของเส้นใยหรือสปอร์ การเกิดหรือลักษณะของ fruiting body เนื่องจากประเทศไทยมีอากาศร้อนชื้น ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสำหรับการเจริญของเชื้อรา จึงมีการแพร่กระจายทั่วไปในอากาศ น้ำ อาหาร และฝุ่นละออง เมื่อสปอร์ของเชื้อราปลิวไปตกในที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะเจริญเป็นเส้นใย เนื่องจากเชื้อราไม่มีคลอโรฟิลด์จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ ต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปจากสิ่งมีชีวิตและอินทรียวัตถุต่าง ๆ เช่น ซากพืชและซากสัตว์ โดยเชื้อราจะสร้างเอนไซม์ย่อยสลาย สารอินทรีย์ในวัตถุแทบทุกชนิดเป็นอาหารแล้วดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปใช้งาน โดยปกติแล้วจะสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรด หรือมีน้ำตาลเข้มข้นสูง พลังงานและคาร์บอนที่เชื้อราใช้ในการเจริญเติบโตมาจากคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากใยธรรมชาติส่วนใหญ่มีกลูโคสเป็นส่วนประกอบจึงเป็นแหล่งอาหารที่เหมาะกับการเจริญของเชื้อรา นอกจากนี้ เชื้อรายังมีสีต่าง ๆ ตามชนิดของอาหาร เช่น เหลือง ดำ เขียว เป็นต้น

2.3.1 เชื้อราใบไม้สีขาว (สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน,2549)

เชื้อราใบไม้สีขาว หรือจุลินทรีย์ท้องถิ่น (Indigenous Micro-organisms: IMOs) เป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ตามธรรมชาติ สามารถช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ เป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินทั้งบนผิวดินและใต้พื้นดิน จัดเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ช่วยในการกำจัดจุลินทรีย์ที่ไม่มีประโยชน์ หรือจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษ (จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเหม็นต่างๆ) ช่วยให้พืชสามารถนำธาตุอาหารต่างๆ ไปใช้ได้สะดวก ทำให้พืชแข็งแรง และเจริญเติบโตได้ดีเชื้อราใบไม้สีขาวมีลักษณะเป็นปุยสีขาว อาศัยอยู่ตามเศษซากพืช ทำงานร่วมกับมด ปลวก ไส้เดือน ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุให้กลายเป็นธาตุอาหารของพืช ทำให้ดินมีธาตุอาหารที่สมบูรณ์ พบได้ตามป่าชั้นที่ไม่มีไฟไหม้ น้ำท่วมไม่ถึง อากาศถ่ายเทได้สะดวก ส่วนใหญ่แล้วพบเห็นเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดในใต้ต้นไผ่ เพราะรากของไผ่มีรสหวานใช้เป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์

2.3.2 ประโยชน์ของเชื้อราขาว (จุลินทรีย์ท้องถิ่นIMOs, 2559)

1) ช่วยทำให้สารอินทรีย์ย่อยสลายเร็ว
2) ปรับความเป็นกรดด่าง หรือ pHของดิน
3) ทำให้ดินปลดปล่อยแร่ธาตุ
4) ทำให้ดินโปร่ง มีออกซิเจน จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5) ทำให้พืชต้านทานโรคที่เกิดจากเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส
6) ป้องกันโรคที่เกิดจากไส้เดือนฝอย และดับกลิ่นเหม็นในคอกสัตว์
7) เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ขั้นตอนและวิธีในการเพาะเชื้อราขาว (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร, 2555)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วยกระบะสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ข้าวเจ้าหุงสุก กระดาษบรู๊ฟ เชือกฟางพลาสติกสุ่มไก่น้ำตาลทรายขวดโหลแก้วหรือพลาสติก

โดยมีขั้นตอนการทำ ดังนี้

1) หุงข้าวเจ้าจำนวน 1 ลิตร ให้สุก

2) เทข้าวลงในกระบะสี่เหลี่ยมให้หมดห้ามข้าวสัมผัสกับมือเด็ดขาดจะทำให้ข้าวเน่าเสีย

3) ใช้ทัพพีเกลี่ยข้าวให้ทั่วกระบะ

4) ปิดกระบะด้วยกระดาษบรู๊ฟสองชั้น และใช้เชือกฟางมัดให้แน่น

5) นำไปวางใต้ต้นไผ่ที่เห็นว่ามีเชื้อราขาวก่อนวางใช้ไม้ไผ่เล็กๆ รองพื้นแล้วนำกระบะวางลงไป

6) ใช้ใบไผ่คลุมทับกระบะเพื่อควบคุมความชื้น

7) ใช้ตาข่ายหรือสุ่มไก่กันไว้เพื่อป้องกันสัตว์เข้าทำลาย

8) คลุมพลาสติกบนตาข่ายหรือสุ่มไก่ เพื่อป้องกันน้ำและสัตว์เข้าทำลายทิ้งไว้นาน 3-4 วัน ถ้าเป็นฤดูหนาวจะใช้เวลานานประมาณ 5-6 วัน

9) เมื่อครบกำหนดเปิดดูและพบราขาวขึ้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้ได้

10) ใช้มือขยำเชื้อราขาวกับข้าวให้เละเหมือนโคลน ทำในกระบะและสามารถใช้มือสัมผัสได้

11) ใส่น้ำตาลทรายแดง 1 กิโลกรัม เพื่อเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ลงในกระบะและใช้มือขยำคลุกเคล้าผสมกันให้ทั่ว

12) นำไปใส่ในขวดโหลหมักทิ้งไว้ 7 วัน เก็บไว้ในที่ร่ม แล้วนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชกรและคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง ประเภทกากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน หมักร่วมกับเศษผักและกากไขมัน สำหรับเป็นทางเลือกในการนำกลับมาใช้ประโยชน์และลดปริมาณมูลฝอย โดยมีรูปแบบการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : เศษผัก ชุดการทดลองที่ 2 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : กากไขมัน และชุดทดลองที่ 3 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : เศษผัก : กากไขมัน โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักรวมเริ่มต้นที่ 14 กิโลกรัม ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 หลังสิ้นสุดการหมัก (ระยะเวลา 56 วัน) มวลลดลงเหลือ 2.47, 11.09 และ 3.07 กิโลกรัม ค่าพีเอช เท่ากับ 8.71, 5.44 และ 6.91 ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 26.16, 49.40 และ 31.84 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 16.56 : 1, 88.22 : 1 และ 20.91 : 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพปุ๋ยหมักจากธาตุอาหารหลักและโลหะหนักของทั้งสามชุดการทดลองตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าร้อยละของปริมาณไนโตรเจน–ฟอสฟอรัส–โพแทสเซียม เท่ากับ 1.58–2.32–2.19, 0.56–0.98–0.50 และ 1.52–1.96–2.00 ตามลำดับ ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1 และ 3 อาจมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพของดินได้

เฉลิมชัยและคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *Trichoderma* sp. ไอโซเลทUPPY19 พบว่า ความเป็นกรด–ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่มีเชื้อรา *Trichoderma* sp. แสดงถึงว่า ปุ๋ยหมักที่มีเชื้อราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้ดีกว่า

นิติและคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาการใช้ลังโฟมในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนและใบไม้แห้ง เพื่อพัฒนาถังหมักมูลฝอยขนาดเล็กสำหรับบ้านเรือนลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ต้องไปกำจัด ณ แหล่งกำเนิดโดยได้เลือกใช้ลังโฟมเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย และเป็นฉนวนความร้อนซึ่งจำเป็นต่อการย่อยสลายในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนหมักร่วมกับใบไม้แห้ง จากนั้นหาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ ผลการวิจัยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C/N ratio พีเอช ค่าการนาไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยทั่วไปของกรมวิชาการเกษตร อุณหภูมิในถังหมักช่วง 5-6 วันแรกเข้าสู่สภาวะเทอร์โมฟิลิค (45-75 °C) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการย่อยสลาย นอกจากนี้กระบวนการหมักใช้เวลาในการหมักเพียง 30 วันจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยไม่พบเชื้อโรคที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมักที่ได้ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ยที่ได้สามารถนาไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินได้ในสวนหรือเพื่อการเกษตร

ธันวดี (2547) ศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เศษผักผักตบชวา และฟางข้าวโดยการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ1) ศึกษาองค์ประกอบของเศษอาหารและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 2) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก 3) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเคมีและชีวภาพและ 4) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมัก จากการศึกษาคุณสมบัติของเศษอาหารและวัสดุหมักพบว่า ปริมาณเศษอาหารต่อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักที่เหมาะสมเท่ากับ 1 : 4 โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่า ปริมาณความชื้นตลอดระยะเวลาการหมักมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน ซึ่งพบว่าเศษผัก ผักตบชวา และฟางข้าวมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 44.43, 42.85 และ 40.02 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่าปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 30.50-31.15 ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ประเภท Mesophile มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงแรก หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการหมัก ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในปุ๋ยหมักพบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด คือร้อยละ 2.70 ส่วนเศษผัก และฟางข้าวมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.18 และ 1.77 ตามลำดับ โดยปุ๋ยหมักทุกชุดการทดลองมีค่าไนโตรเจนสูงกว่ามาตรฐาน และพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้น ในการใช้งานควรมีการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมให้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์

ธีระพงษ์ (2547) ศึกษาความเป็นได้ในการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชในเชิงอุตสาหกรรม ด้วยระบบกองเติมอากาศ โดยกองปุ๋ย 1 กองประกอบด้วยเศษพืชที่ผ่านการย่อย 6 ลูกบาศก์เมตรและมูลโค 3 ลูกบาศก์เมตรกองบนลานพื้นดินกลางแจ้งให้มีขนาด 2.5 x 3.5 x 1.0 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) รักษาความชื้นร้อยละ 45-55 เติมอากาศในแต่ละกองปุ๋ยวันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 15 นาที ด้วยพัดลมขนาด 3 แรงม้าผ่านทางท่อพีวีซีเจาะรูขนาด 4 นิ้ว ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 20 พบว่า การหมักใช้เวลาประมาณ 30 วัน ค่าอัตราการไหลอากาศที่เหมาะสมมีค่า 0.155 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองมีค่าขึ้นสูงอยู่ในช่วง 60-75 °C ที่เวลา 2-5 วัน ปุ๋ยที่หมักได้มีน้ำหนักเบา มีขนาดเล็กลง และไม่มีกลิ่น มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 198 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีส่วนที่ไม่ย่อยสลายอยู่ในช่วงร้อยละ 1.9-3.2 มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.07 บาทต่อกิโลกรัมวัตถุดิบต่อเดือน การที่กองปุ๋ยได้รับออกซิเจนเพิ่มเติมตามธรรมชาติจากปรากฏการณ์ Chimney Convection ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีค่าอัตราการไหลอากาศที่จำเพาะในการผลิตปุ๋ยหมัก และเมื่อคิดว่าในการผลิตใช้แรงงาน 2 คนต่อวันทำงานปีละ 120 วันผลิตปุ๋ยได้เฉลี่ยเดือนละ 18 ตัน จำหน่ายปุ๋ยกิโลกรัมละ 1.50 บาทจะมีจุดคุ้มทุนที่ 1.36 ปี ผลการศึกษาพบว่าระบบกองเติมอากาศมีศักยภาพที่ชุมชนจะนำไปผลิตปุ๋ยหมักในเชิงพาณิชย์ได้ เพราะไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ย ได้ปุ๋ยหมักคุณภาพดี มีการทำงานที่ง่าย ใช้แรงงานน้อย มีค่าลงทุน และค่าดำเนินการต่ำ ใช้พลังงานต่ำ และยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จากการนำประโยชน์กลับคืนจากเศษพืชแทนการเผาทำลายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น AAS-200 บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. เครื่องยูวี – สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Genesys 10S ยี่ห้อ Thermo Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. เครื่องย่อยไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมนี

4. เครื่องกลั่นไนโตรเจน รุ่น KI ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมนี

5. เครื่องวัดพีเอช รุ่น Pocket pH Tester ยี่ห้อ Hanna ประเทศสหรัฐอเมริกา

6. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า รุ่น C680 ยี่ห้อ Consort ประเทศเบลเยียม

7. เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น Orbital Shaker ยี่ห้อ Gallenkamp ประเทศอังกฤษ

8. เครื่องชั่ง รุ่น ML204/01 ยี่ห้อ Memmert ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

9. ตู้อบ รุ่น UN 25 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี

10. เครื่องให้ความร้อน Hot plate

11. เทอร์โมมิเตอร์

12. เครื่องบดวัสดุในการหมักปุ๋ย

13. กระดาษกรองเบอร์ 2

14. เครื่องแก้วต่างๆ

15. บ่อคอนกรีต เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 60 เซนติเมตร

16. ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.5 นิ้ว สูง 1 เมตร

17. ตาข่ายไนลอน

18. ตลับเมตร

19. สายวัดความยาว

20. กระบะไม้ ขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร

21. ข้าวเสาไห้หุงสุก

22. กระดาษบรู๊ฟ

23. กรรไกร

24. เชือกฟาง

25. ถุงซิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. เมล็ดผักบุ้งจีน

3.1.2 สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) บริษัท Rankem ประเทศอินเดีย
3. คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
5. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3 95%) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
6. เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) บริษัท Loba Chemie ประเทศอินเดีย
7. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
8. กรดบอริก (H_3BO_3) บริษัท Loba Chemie ประเทศอินเดีย
9. แบเรียมไดฟีนิลลามีนซัลโฟเนต (BDS) บริษัท Acros Organic ประเทศเบลเยียม
10. แอมโมเนียมโมลิบเดท ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
11. แอมโมเนียมเมตาวานาเดท (NH_4VO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
12. สารเร่งจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พ.ด.1 โดยกรมพัฒนาที่ดิน
13. น้ำกลั่น

3.1.3 วัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ย

1. ผักตบชวา จากบ่อน้ำคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (รูปที่ 3.1ก)
2. หญ้าแห้ง จากสนามกีฬา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (รูปที่ 3.1ข)
3. ใบไม้แห้ง จากสวนพระนคร ลาดกระบัง (รูปที่ 3.1ค)
4. กากตะกอน จากลานตากตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสีย ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (รูปที่ 3.1ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3.1 วัสดุเริ่มต้นการทำปุ๋ย (ก) ผักตบชวา (ข) หญ้าแห้ง (ค) ใบไม้แห้ง (ง) กากตะกอน

3.2 การเตรียมบ่อปุ๋ยหมัก

1. นำอิฐสี่เหลี่ยมมาวาง 4 มุม จากนั้นนำตาข่ายพลาสติกและตาข่ายไนลอนมาวาง เพื่อทำเป็นฐาน

2. นำบ่อคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์ 60 เซนติเมตร ความสูง 35 เซนติเมตร นำมาซ้อนทับกัน บ่อละ 2 วง เตรียมทั้งหมด 4 บ่อ โดยให้บ่อที่ 1 เป็นบ่อควบคุม บ่อที่ 2 เป็นบ่อที่เติมเชื้อรา บ่อที่ 3 เป็นบ่อที่เติมกากตะกอน บ่อที่ 4 เป็นบ่อที่เติมเชื้อรา และกากตะกอน

3. ตัดท่อพีวีซีขนาด 1.5 นิ้ว ให้มีความยาว 1 เมตร และทำการเจาะรูที่ท่อให้มีขนาดประมาณ 0.25 นิ้ว ระยะห่างอยู่ที่ 0.5 นิ้ว เจาะทั้งหมด 160 รู

4. นำท่อที่ทำการเจาะรูแล้ว ไปตั้งในบ่อคอนกรีต โดยใช้บ่อละ 2 ท่อ ตั้งให้ห่างกัน 15 เซนติเมตร

5. ทำการติดสายวัดความยาวภายในบ่อ โดยวางตามแนวดิ่ง

3.3 การเตรียมเชื้อราขาว

1. หุงข้าวเสาไห้ให้มีลักษณะสุกๆดิบๆ โดยใช้ข้าว 5 แก้ว น้ำ 1 ลิตร

2. รอให้ข้าวเย็น หลังจากนั้นนำข้าวใส่ในกระบะไม้ ขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร เกลี่ยให้ทั่ว ดังรูปที่ 3.2ก

3. นำกระดาษบรู๊ฟมาปิดโดยใช้เชือกฟางมัดให้แน่น เพื่อกันแมลงเข้าไป ดังรูปที่ 3.2ข

4. นำกระบะที่ปิดเรียบร้อยไปวางใต้ต้นไผ่ ดังรูปที่ 3.2ค โดยทำการขุดหลุมบริเวณใกล้ๆต้นไผ่ที่มีใบไผ่และมีราขาว ขุดให้มีขนาดพอดีกับกระบะ

5. นำใบไผ่มาคลุมทับให้ทั่วกระบะไม้ ดังรูปที่ 3.2ง และนำพลาสติกมาคลุมไว้และนำใบไผ่มาปกคลุมอีกที ดังรูปที่ 3.2จ ใช้เวลาในการเพาะเชื้อ 4-5 วัน (รูปที่ 3.2ฉ)

6. นำเชื้อราขาวที่ได้มาใส่ในขวดโหลพลาสติก ใส่น้ำตาลทรายแดง 1 กิโลกรัม ปิดฝาให้เรียบร้อย หมักทิ้งไว้ อีก 7 วัน จึงนำไปใช้ได้ ดังรูปที่ 3.2ช

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้ผู้ใดนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช)

รูปที่ 3.2 การเตรียมเชื้อราขาว (ก) นำข้าวที่หุงแล้วใส่กระบะและเกลี่ยให้ทั่ว (ข) ปิดด้วยกระดาษบรู๊ฟ และมัดด้วยเชือกฟาง (ค) นำวางใต้ต้นไผ่ (ง) นำใบไผ่วางคลุมด้านบนให้ทั่ว (จ) คลุมด้วยพลาสติก (ฉ) เชื้อราขาวที่ได้หลังผ่านไป 5 วัน (ช) ใส่น้ำตาลทรายแดงและหมักต่ออีก 7 วัน

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง

3.4.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

1. นำวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ได้แก่ ผักตบชวา หญ้าแห้ง ใบไม้แห้ง และกากตะกอนแห้ง นำมาบดด้วยเครื่องบดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 0.5 เซนติเมตร

2. นำวัสดุหมักเริ่มต้นมาบด และนำไปอบ เพื่อหาค่าความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม โดยใช้วิธีดังแสดงในตารางที่ 3.1 (ดูรายละเอียดใน ก1 ภาคผนวก ก)

3. นำปริมาณคาร์บอน และปริมาณไนโตรเจนที่ได้ มาคำนวณหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุหมักเริ่มต้น (ดูรายละเอียดใน ก2 ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การเตรียมวัสดุในการทำปุ๋ยหมัก

1. นำวัสดุเริ่มต้นที่บดแล้ว มาผสมให้เข้ากันในอัตราส่วนที่คำนวณได้ ให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้นที่ 30:1 (ดูรายละเอียดการคำนวณใน ก2 ภาคผนวก ก)

2. เติมวัสดุหมักในบ่อที่ 1 บ่อควบคุมโดยมีส่วนผสมระหว่างผักตบชวา หญ้าแห้ง ใบไม้แห้ง บ่อที่ 2 ผสมระหว่าง ผักตบชวา หญ้าแห้ง ใบไม้แห้ง และเชื้อราขาว บ่อที่ 3 เป็นส่วนผสมระหว่าง ผักตบชวา หญ้าแห้ง ใบไม้แห้ง และกากตะกอน บ่อที่ 4 เป็นส่วนผสมระหว่าง ผักตบชวา หญ้าแห้ง ใบไม้แห้ง กากตะกอน และเชื้อราขาว และในทุกบ่อเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 2.5 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร

3. ศึกษาคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปุ๋ยหมักเริ่มต้น

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	เทอร์โทมิเตอร์แบบแก้ว
อัตราการยุบตัว	สายวัดความยาว
ความชื้น	อบที่ 65-70 °C 12 ชั่วโมง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
ความเป็นกรดด่าง	pH Meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
ค่าการนำไฟฟ้า	EC Meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
คาร์บอน	Walkley – Black (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
ฟอสฟอรัส	UV Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

3.4.3 ศึกษาสภาวะในระหว่างทำการหมักปุ๋ย

1. วัดอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิภายในบ่อปุ๋ยหมัก โดยวัดที่กึ่งกลางความสูงของปุ๋ย ที่เวลา 12.15 น. ของทุกวัน

2. วัดอัตราการยุบตัวของปุ๋ย ภายในบ่อหมัก โดยอ่านจากสายวัดที่ติดภายในบ่อ

3. นำตัวอย่างปุ๋ยจากกึ่งกลางของบ่อ ไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติของปุ๋ยในระหว่างทำการหมัก โดยใช้วิธีและความถี่ในการวัด ดังแสดงในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยในระหว่างทำการหมัก

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์	ความถี่ในการวัด
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว	ทุกวัน
การยุบตัว	สายวัดความยาว	ทุกวัน
ความชื้น	อบที่ 65-70 °C 12 ชั่วโมง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์
ความเป็นกรดด่าง	pH Meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	ทุกวัน
ค่าการนำไฟฟ้า	EC Meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	ทุกวัน
คาร์บอน	Walkley – Black (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์
ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์
ฟอสฟอรัส	UV Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์
โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์

3.4.4 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

หลังจากทำการหมักเป็นระยะเวลา 35 วัน เก็บตัวอย่างปุ๋ยมาศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก โดยใช้วิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
ลักษณะของปุ๋ยเมื่อผ่านการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์	สังเกตด้วยตาเปล่า (ปุ๋ยมีลักษณะยุ่ย มีความร่วนซุย)
สี	สังเกตด้วยตาเปล่า (ปุ๋ยเป็นสีดำ)
กลิ่น	ดมกลิ่น (ไม่มีกลิ่นเหม็น)
ความยุ่ยของปุ๋ย	สัมผัส (ปุ๋ยต้องไม่เป็นก้อน)
ความเป็นกรดด่าง	pH Meter (pH ที่เหมาะสม 5.5-8.5)
ค่าการนำไฟฟ้า	EC Meter (ไม่เกิน 6 dS/m)
คาร์บอน	Walkley – Black (ไม่น้อยกว่า 30% โดยน้ำหนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen (ไม่ต่ำกว่า 1.0% โดยน้ำหนัก)
ฟอสฟอรัส	UV Spectrophotometer (ไม่ต่ำกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก)
โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer (ไม่ต่ำกว่า 0.1% โดยน้ำหนัก)

3.4.5 ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ด

1. นำเมล็ดผักบุ้งจีนแช่ในน้ำสะอาด 24 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดนิ่ม และงอกง่ายยิ่งขึ้น

2. นำปุ๋ยที่ได้จากการหมักแต่ละบ่อมาผสมกับดินในอัตราส่วน 1:1 และมีชุดควบคุมที่ใช้ดินเพียงอย่างเดียว

3. นำเมล็ดผักบุ้งจีนที่แช่น้ำแล้ว 5 เมล็ด นำไปปลูก โดยขุดหลุมลึก 2 เซนติเมตร ใส่เมล็ดลงไปและกลบอีกที

4. รดน้ำทุกวัน เป็นระยะเวลา 14 วัน บันทึกผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชันด้วยราขาว โดยเปรียบเทียบระหว่างบ่อที่เติมเชื้อราขาว บ่อที่ไม่เติมเชื้อราขาว บ่อที่เติมกากตะกอน และบ่อที่ไม่เติมกากตะกอน การทดลองแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก 2) ศึกษาคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 3) ศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย 4) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก 5) ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

จากการทดลองศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1.1 ถึง ข-1.5, ภาคผนวก ข) เมื่อได้ผลการทดลองแล้วนำไปคำนวณหาสัดส่วนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก โดยกำหนดค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 30:1 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก-2) ได้สัดส่วนของวัสดุเริ่มต้น ดังนี้ บ่อ 1 บ่อควบคุม และบ่อ 2 บ่อเติมเชื้อราขาว ใช้สัดส่วนใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และผักตบชวา เท่ากับ 2:2:1 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อคำนวณเป็นน้ำหนักเปียกพบว่าต้องใช้สัดส่วน 2.17:2.29:1.84 กิโลกรัม ส่วนบ่อ 3 บ่อเติมกากตะกอน และบ่อ 4 บ่อเติมกากตะกอนร่วมกับเชื้อราขาว ใช้สัดส่วนใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง ผักตบชวา และกากตะกอน เท่ากับ 2.63:2.63:0.5:0.5 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อคำนวณเป็นน้ำหนักเปียกพบว่าต้องใช้สัดส่วน 2.86:3:0.92:0.55 กิโลกรัม จากนั้นคำนวณให้น้ำหนักรวมของทุกบ่อเท่ากับ 25 กิโลกรัม (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก-2)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	ผักตบชวา	ใบไม้แห้ง	หญ้าแห้ง	กากตะกอน
ความชื้น (%)	84.32±0.07	8.68±0.05	14.32±0.95	10.16±0.18
คาร์บอน (%)	33.46±0.66	21.09±0.39	30.94±0.46	10.3±0.09
ไนโตรเจน (%)	2.45±0.01	0.96±0.01	0.67±0.01	2.91±0.01
ฟอสฟอรัส (%)	0.12±0.00	0.01±0.00	0.03±0.00	1.12±0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	ผักตบชวา	ใบไม้แห้ง	หญ้าแห้ง	กากตะกอน
โพแทสเซียม (%)	1.46±0.11	0.65±0.05	0.45±0.04	3.68±0.12
C/N ratio	13.66:1	21.97:1	46.18:1	3.54:1

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

จากการทดลองศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม ของปุ๋ยหมักเริ่มต้น ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2.1 ถึง ข-2.5, ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

คุณสมบัติ	บ่อควบคุม	บ่อเติมเชื้อราขาว	บ่อเติมกากตะกอน	บ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน
ความชื้น (%)	68.66±0.62	66.54±0.75	65.34±0.27	65.58±0.42
อุณหภูมิ (°C)	32.33±0.58	31.67±0.58	31.33±0.58	32.00±0.00
ความเป็นกรดด่าง	7.42±0.34	7.02±0.06	7.23±0.05	7.57±0.08
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	1.29±0.05	1.29±0.02	1.57±0.04	1.60±0.03
คาร์บอน (%)	30.71±0.06	30.78±0.11	30.82±0.12	30.84±0.17
ไนโตรเจน (%)	0.90±0.004	0.91±0.01	0.92±0.01	0.92±0.005
ฟอสฟอรัส (%)	0.11±0.006	0.12±0.004	0.62±0.01	0.65±0.04
โพแทสเซียม (%)	0.59±0.02	0.64±0.07	1.74±0.11	1.78±0.09
C/N ratio	34.05:1	33.83:1	33.50:1	33.41:1

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นของบ่อควบคุมและบ่อเติมเชื้อราขาวมากกว่าบ่อเติมกากตะกอนและบ่อเติมเชื้อราร่วมกับกากตะกอนเล็กน้อย เนื่องจากบ่อควบคุมและบ่อเติมเชื้อราขาวจะใช้ผักตบชวาเป็นตัวเพิ่มไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว ซึ่งผักตบชวามีปริมาณความชื้นสูง ต่างจากบ่อเติมกากตะกอนและบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอน ที่ใช้ผักตบชวาและกากตะกอนเป็นตัวเพิ่มไนโตรเจน ทำให้มีปริมาณผักตบชวาน้อยกว่าสองบ่อแรก ปริมาณความชื้นจึงน้อยกว่า นอกจากนี้จะเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมกากตะกอนและบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอน มีค่าสูงกว่าบ่อควบคุมและบ่อเติมเชื้อราขาว เนื่องจากในกากตะกอนมีปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมสูง เมื่อเติมกากตะกอนในกอง

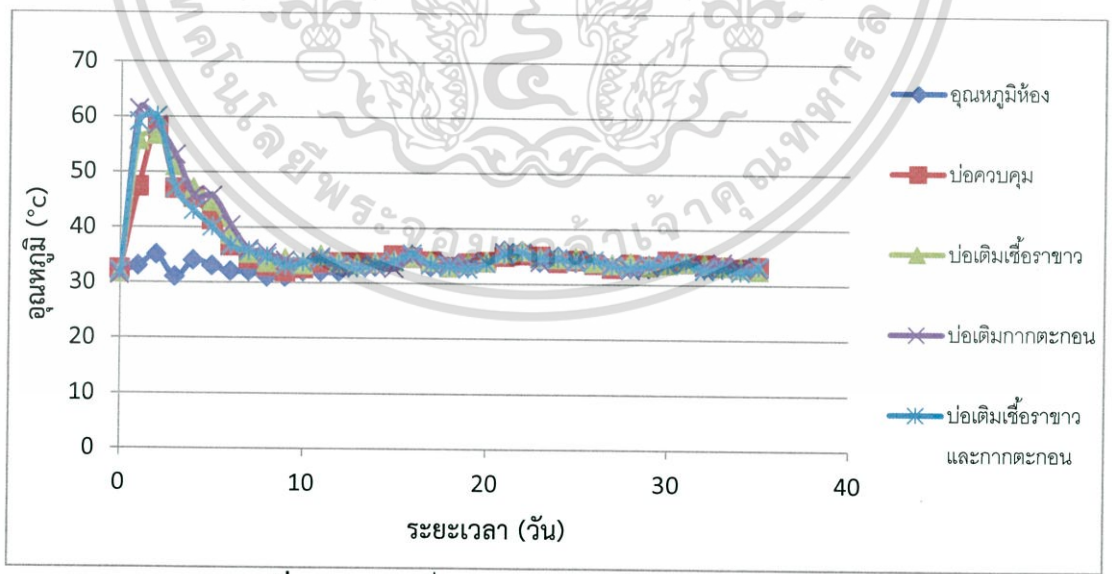
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยจึงเป็นการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมให้กับกองปุ๋ย และเนื่องจากฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเมื่อละลายน้ำแล้วจะให้ประจุบวกส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย

4.3 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.1 อุณหภูมิ

จากการทดลองได้ทำการวัดอุณหภูมิในบ่อปุ๋ยหมักทุกวันเป็นเวลาทั้งสิ้น 35 วัน โดยทำการวัดที่กึ่งกลางความสูงของปุ๋ยในช่วงเวลาเดียวกันตลอดการทดลอง จากรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1.1 ถึง ค-1.4, ภาคผนวก ค) ในวันแรกที่ทำการผสมวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยเข้าด้วยกัน หลังจากที่นำไปใส่ในแต่ละบ่อหมักแล้วได้ทำการวัดอุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละบ่อทันที (ดูรายละเอียดในตารางที่ 4.2) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละบ่อมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง (32 °C) เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน อุณหภูมิของแต่ละบ่อเริ่มสูงขึ้น จนสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 2 วัน จากนั้นก็ค่อย ๆ ลดลงจนใกล้เคียงอุณหภูมิห้องอีกครั้งในวันที่ 9 ของการทดลอง อุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา เมื่อสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายหมดลง จุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายช้า ทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ ลดลงจนกลับเข้าสู่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัทราพร (2555) ที่พบว่าปุ๋ยหมักมูลไก่และมูลหมูจะมีอุณหภูมิสูงในช่วงแรก โดยจะสูงสุดในวันที่ 3 ของการหมัก จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนคงที่และใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง



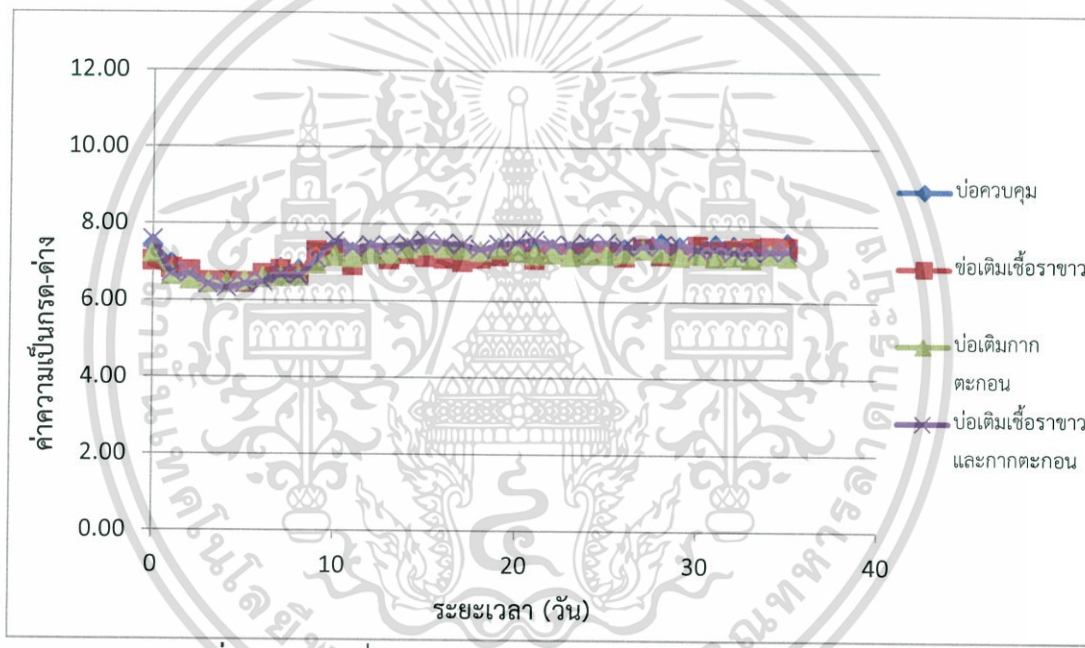
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.2 ความเป็นกรด-ด่าง

จากรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-2.1 ถึง ค-2.4, ภาคผนวก ค) ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของทุกบ่อมีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ยเท่ากับ 7.31 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน พบว่าค่าความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรด-ด่างลดลง และลดลงต่อเนื่องจนต่ำสุดในวันที่ 4 ของการทดลอง จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นจนใกล้เคียงค่าเริ่มต้นในวันที่ 9 ของการทดลอง การลดลงของความเป็นกรด-ด่างในช่วงแรก เนื่องจากเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและจุลินทรีย์ได้ผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้น เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายต่อไปจะเริ่มมีการเปลี่ยนไนโตรเจนมาอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ทำค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น มีค่าในช่วง 7.06-7.59 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดคือ 5.5-8.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) เมื่ออินทรียวัตถุถูกย่อยสลายมากขึ้นจะมีคุณสมบัติเป็นสารที่ต้านการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างที่ดี และสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้ดีขึ้น ทำให้ดูดซับไฮโดรเนียมไอออน (H^+) ไว้ได้มากขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างจึงอยู่ในระดับที่เป็นกลางเป็นผลดีต่อการนำไปปรับปรุงดิน (มุกดา, 2544)



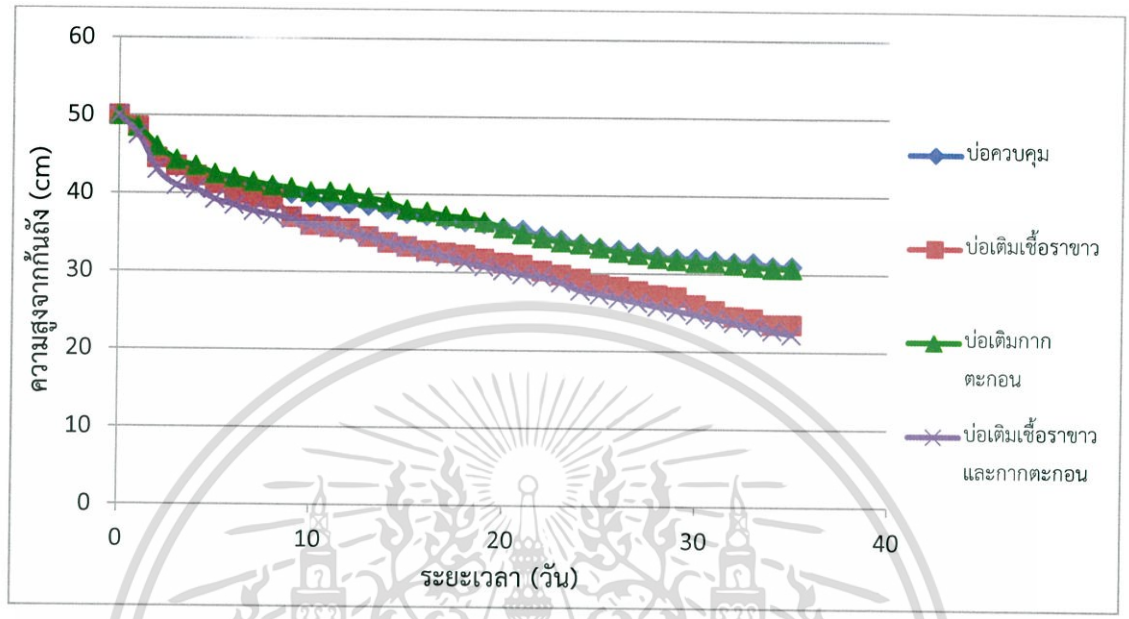
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.3 อัตราการยุบตัว

จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดตารางที่ ค-3.1 ถึง ค-3.4, ภาคผนวก ค) ความสูงของปุ๋ยในบ่อหมักทุกบ่อเท่ากันที่ 50 เซนติเมตร พบว่าเกิดการยุบตัวสูงที่สุดในสัปดาห์แรก เนื่องจากเป็นช่วงที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (สมศักดิ์, 2524) วัสดุหมักที่ใช้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย อีกทั้งในขั้นตอนการเตรียมวัสดุได้ทำการบดวัสดุหมักให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดได้ดีขึ้น และพบว่าบ่อหมักที่เติมเชื้อราขาวและบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอน จะมีอัตราการยุบตัวสูงกว่าบ่อควบคุมและบ่อเติมกากตะกอน เพราะเชื้อราขาวช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ทำให้กองปุ๋ยโปร่ง ออกซิเจนถ่ายเทได้สะดวกจุลินทรีย์จึงทำงานได้เต็มที่และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชนก และคณะ (2556) ที่พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจะสูงสุดในช่วงแรกของการหมัก และค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักปุ๋ยเพิ่มขึ้น

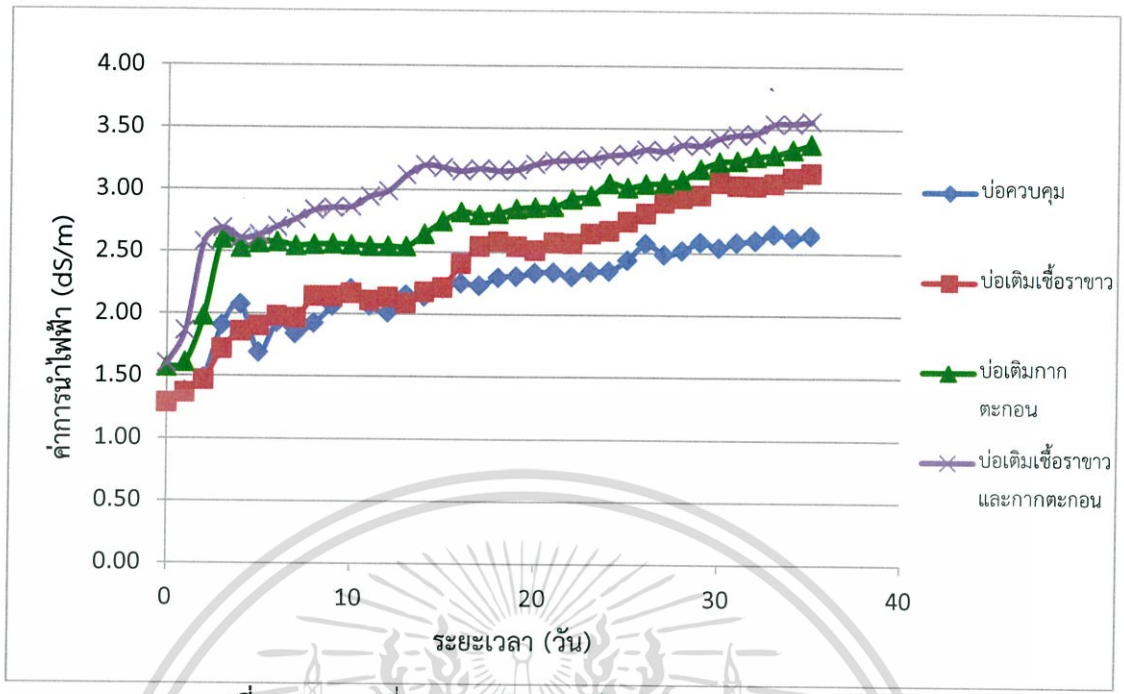


รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการยุบตัวในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.4 ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่แสดงถึงความเค็มของปุ๋ย เป็นการวัดค่าความเข้มข้นของสารที่มีประจุละลายอยู่ในสารละลายที่ได้จากปุ๋ยหมัก จากรูปที่ 4.4 (ดูรายละเอียดตารางที่ ค-4.1 ถึง ค-4.4, ภาคผนวก ค) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทุกบ่อเพิ่มสูงขึ้นจากวันเริ่มต้นของการหมัก เนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ทำให้ธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบในวัสดุหมักถูกปลดปล่อยออกมา เมื่อนำปุ๋ยไปละลายน้ำจึงได้สารละลายที่มีประจุเข้มข้นมากขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้น หลังจากสิ้นสุดการหมักค่าการนำไฟฟ้าของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอน มีค่าเท่ากับ 2.65 dS/m, 3.15 dS/m, 3.38 dS/m และ 3.56 dS/m ตามลำดับ จะเห็นว่าบ่อที่มีการเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เนื่องจากได้มีการเติมทั้งเชื้อราขาว และกากตะกอน ซึ่งการทำงานของเชื้อราขาวทำให้ธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด คือ ไม่เกิน 10 dS/m เพราะถ้าหากค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไปจะทำให้ปุ๋ยเป็นอันตรายต่อพืช เนื่องจากพืชจะไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

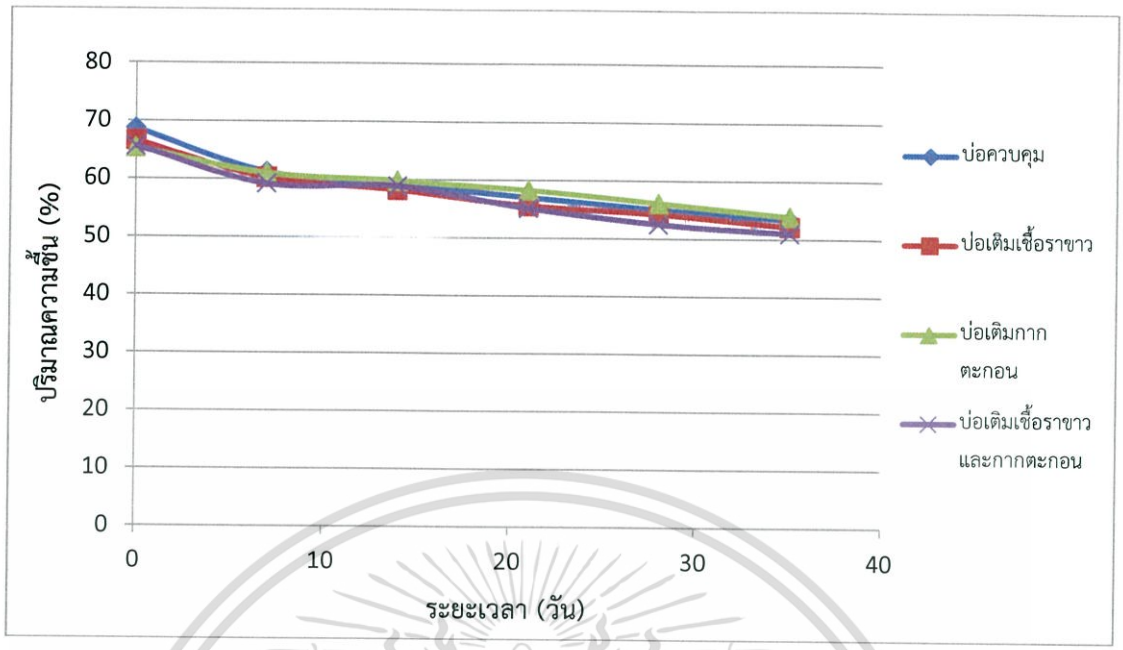


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.5 ปริมาณความชื้น

จากรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดในตางรางที่ ค-5.1 ถึง ค-5.4, ภาคผนวก ค) ปริมาณความชื้นเริ่มต้นโดยเฉลี่ยของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน จะมีค่าเท่ากับ 68.66±0.62%, 66.54±0.75 %, 65.34±0.27% และ 65.58±0.42 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งเกินเกณฑ์ระดับความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายตามที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดนั่นคือ 50 – 60% โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จะเห็นได้ว่าความชื้นมีค่าลดลงมากที่สุดในสัปดาห์แรก เนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้ความชื้นในการเจริญเติบโต อีกทั้งสัปดาห์แรกเป็นช่วงที่เกิดความร้อนภายในกองปุ๋ยสูง ทำให้มีการระเหยของน้ำออกจากกองปุ๋ยมากกว่าสัปดาห์ต่อมา แต่ด้วยเหตุที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ทำให้การระเหยของน้ำยังคงเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงต้องทำการพรมน้ำเข้าไปเพื่อให้ความชื้นยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย ทำให้ทั้ง 4 บ่อมีความชื้นใกล้เคียงกัน และในสัปดาห์สุดท้ายของการหมักพบว่าความชื้นอยู่ในช่วง 50.98-53.90% ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด คือ ไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้นก่อนนำไปใช้จึงต้องนำมาผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น และป้องกันการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



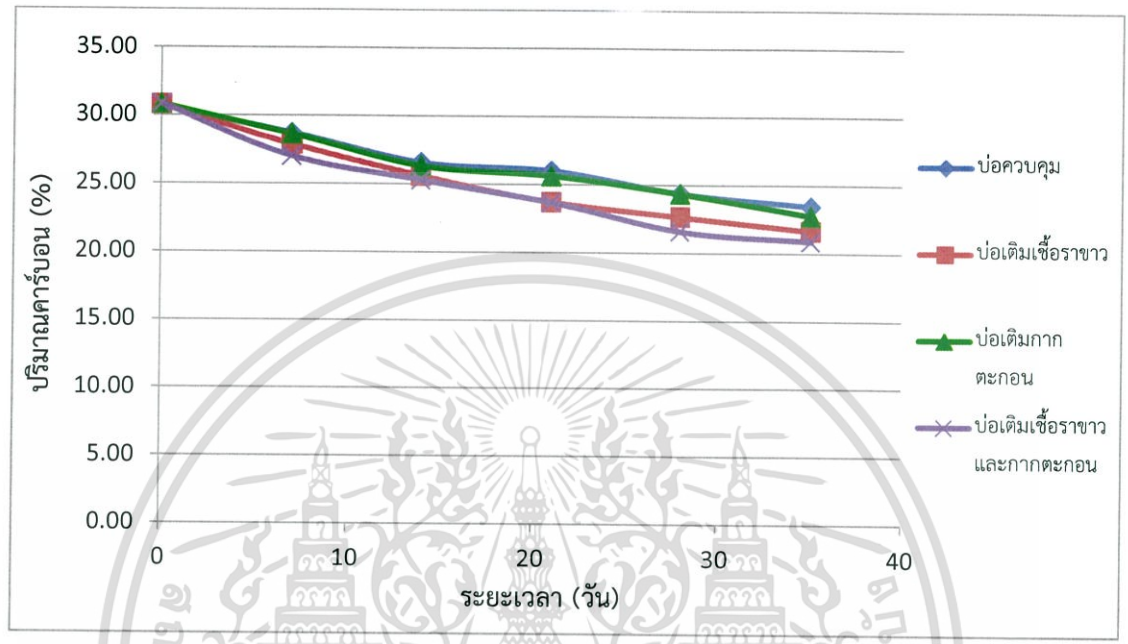
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.3.6 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

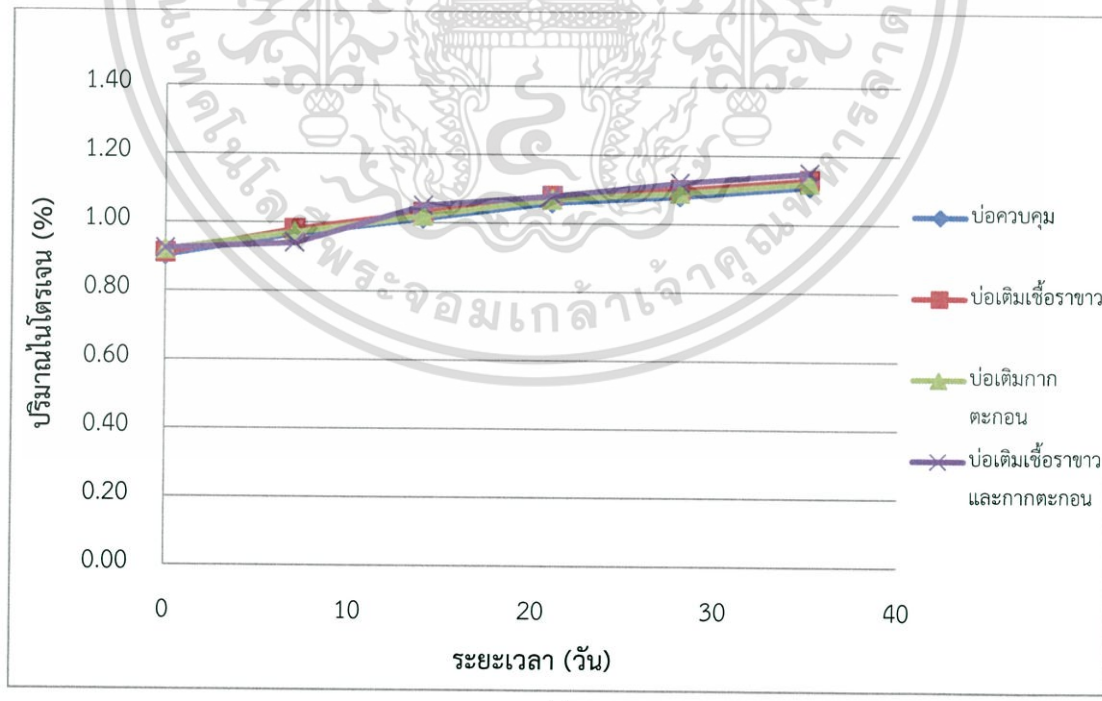
จากรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดในตางรางที่ ค-6.1 ถึง ค-6.4 และตารางที่ ค-7.1 ถึง ค-7.4, ภาคผนวก ค) ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน, และบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอนเท่ากับ 30.71%, 30.78%, 30.82%, 30.84% ตามลำดับ และปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 0.90%, 0.91%, 0.92%, 0.92% ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นพบว่าปริมาณคาร์บอนมีค่าลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรียคาร์บอนทำให้คาร์บอนสูญเสียไปในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งตรงข้ามกับไนโตรเจนที่มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์จะมีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ด้วยเหตุที่ปริมาณคาร์บอนลดลงและปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ลดลงด้วย เมื่อสิ้นสุดการหมัก พบว่าปริมาณคาร์บอนของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน, และบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอนเท่ากับ 23.44%, 21.63%, 22.74%, 20.87% ตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1.11%, 1.13%, 1.12%, 1.15% ตามลำดับ และมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 21.12:1, 19.14:1, 20.30:1, 18.15:1 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนเมื่อสิ้นสุดการหมักของทุกบ่อมีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด นั่นคือ ปริมาณคาร์บอนไม่ต่ำกว่า 20% โดยน้ำหนัก ไนโตรเจนไม่ต่ำกว่า 1% โดยน้ำหนัก แต่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของบ่อควบคุมและบ่อเติมกากตะกอนมีค่าเกินมาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดที่ ไม่เกิน 20:1 เล็กน้อย ซึ่งเป็นสัดส่วนที่บอกคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์นั้นว่ามีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว เมื่อใส่ลงไปในดินแล้วจะไม่เป็นอันตรายต่อพืช ปุ๋ยนั้นจะไม่ถูกย่อยสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อด้วยจุลินทรีย์ดินอีก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัชกร และคณะ (2558) ที่พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้ง เศษผัก และกากไขมันลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น



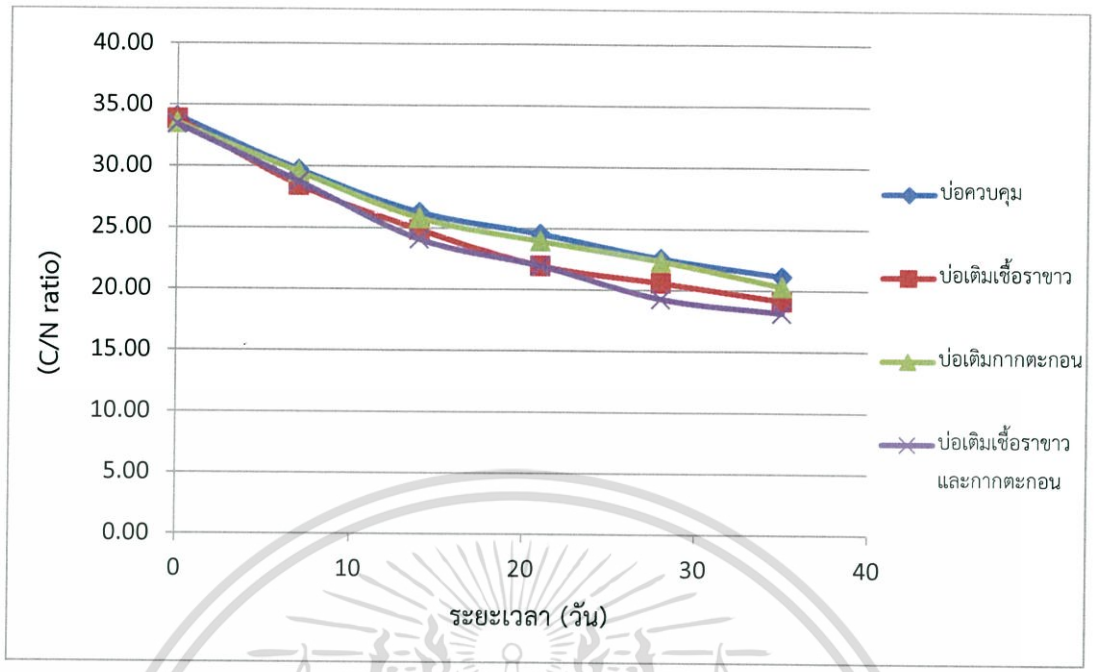
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน (ก) ปริมาณไนโตรเจน (ข) และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ค) ในระหว่างการหมักปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



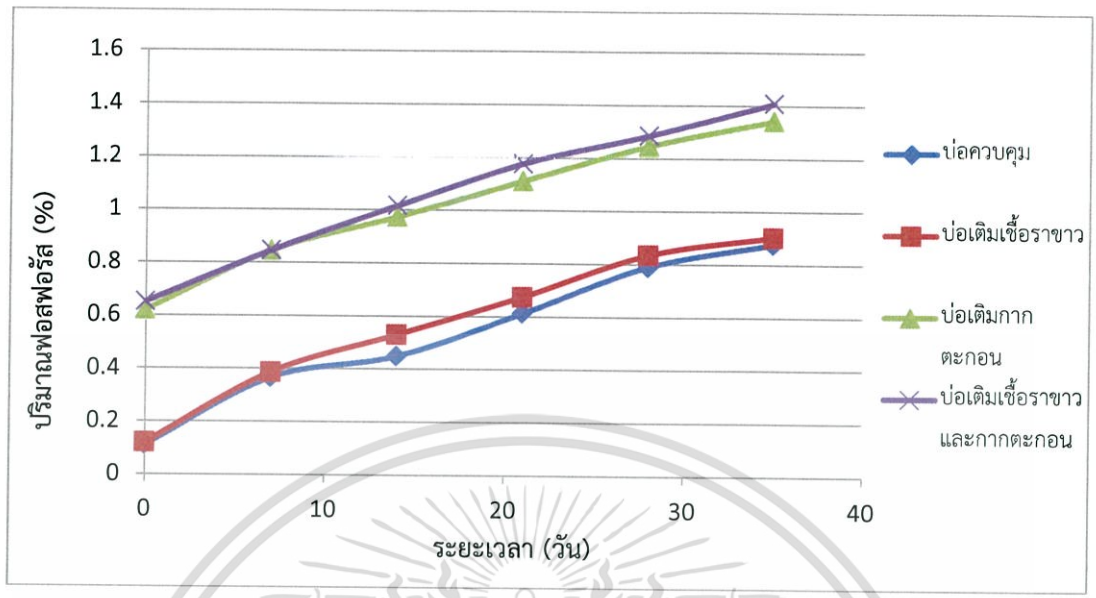
(ค)

รูปที่ 4.6 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน (ก) ปริมาณไนโตรเจน (ข) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ค) ในระหว่างการหมักปุ๋ย

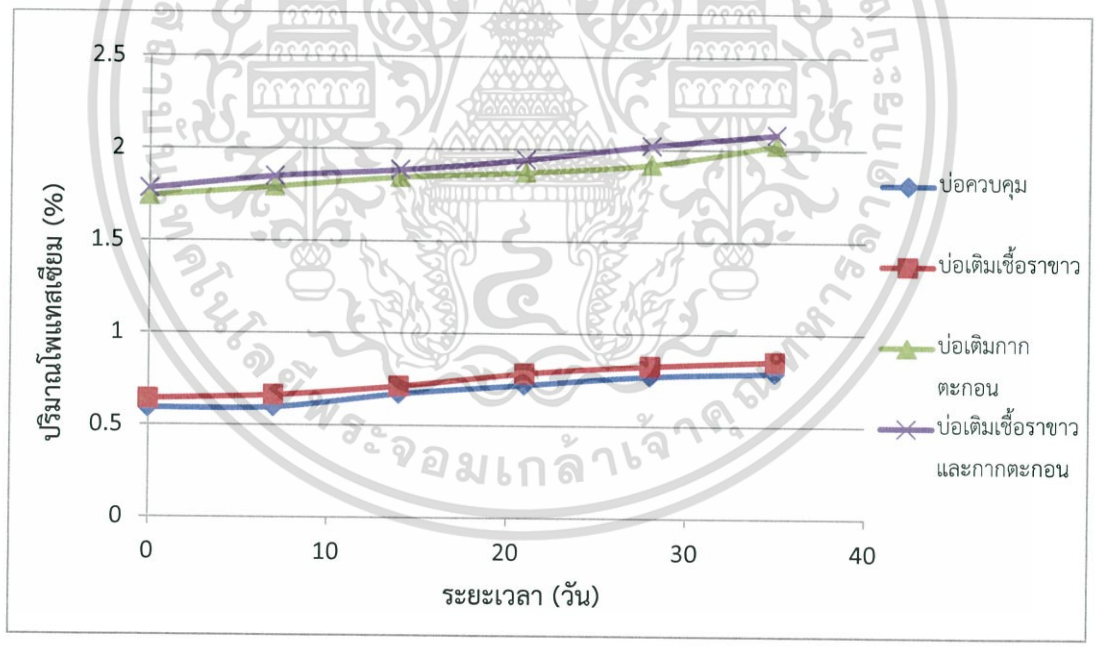
4.3.7 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

จากรูปที่ 4.7 (ดูรายละเอียดตารางที่ ค-8.1 ถึง ค-8.4 และ ค-9.1 ถึง ค-9.4, ภาคผนวก ค) ปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้นของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอนเท่ากับ 0.12%, 0.12%, 0.62% และ 0.65% ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมเริ่มต้นเท่ากับ 0.59%, 0.64%, 1.74% และ 1.78% ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเริ่มต้นของบ่อเติมกากตะกอนและบ่อเติมกากตะกอนร่วมกับเชื้อราขาว มีค่าสูงกว่าบ่อควบคุมและบ่อเติมเชื้อราขาวอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในกากตะกอนมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง (ตารางที่ 4.1) เป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับปุ๋ยหมัก เมื่อทำการหมักไปเรื่อย ๆ พบว่าในปุ๋ยมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมา เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อควบคุม, บ่อเติมเชื้อราขาว, บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวร่วมกับกากตะกอนเท่ากับ 0.88%, 0.90%, 1.34%, 1.41% ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 0.79%, 0.85%, 2.02%, 2.08% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด นั่นคือไม่ต่ำกว่า 0.5% (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิมชัย และคณะ (2557) ที่ศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายด้วยเชื้อรา *Trichoderma sp.* ไอโซเลท UPPY19 พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นปุ๋ยหมักจะมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัส (ก) และปริมาณโพแทสเซียม (ข) ในระหว่างการหมักปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

จาการศึกษาประสิทธิของปุ๋ยหมัก พบว่า บ่อที่เติมเชื้อราขาวและกากตะกอน ใช้เวลาในการหมักปุ๋ยจนเสร็จสมบูรณ์เร็วที่สุด คือ 28 วัน มีลักษณะทางกายภาพเป็นไปตามค่ามาตรฐานปุ๋ยหมักที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด นั่นคือ มีสีดำ ไม่มีกลิ่น และเนื้อปุ๋ยอ่อนนุ่มขาดได้ง่าย ส่วนคุณสมบัติของปุ๋ยหมักเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด ยกเว้นค่าความชื้น ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมัก 35 วัน

พารามิเตอร์	บ่อควบคุม	บ่อเติมเชื้อราขาว	บ่อเติมกากตะกอน	บ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	มาตรฐานปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร,2548)
สี	สีน้ำตาลทั่วทั้งบ่อ	ด้านบนเป็นสีน้ำตาลปนดำ ด้านล่างสีดำ	สีน้ำตาล	สีดำ	สีดำ
กลิ่น	กลิ่นดิน	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ความอ่อน นุ่ม และยุ่ย ของปุ๋ย	เนื้อปุ๋ยขาดออกจากัน	ปุ๋ยจับเป็นก้อนบางส่วน	เนื้อปุ๋ยนิ่ม ขาดง่าย	เนื้อปุ๋ยอ่อนนุ่ม ขาดได้ง่าย	เนื้อปุ๋ยอ่อนนุ่ม ขาดได้ง่าย
ความชื้น (%)	53.30±0.99	52.13±1.30	53.90±0.92	50.98±0.63	35 %
ความเป็น กรด-ด่าง	7.55±0.1	7.42±0.14	7.17±0.05	7.33±0.08	5.5-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	2.65±0.03	3.15±0.01	3.38±0.01	3.56±0.03	ไม่เกิน 10 dS/m
คาร์บอน (%)	23.44±0.07	21.63±0.04	22.74±0.04	20.87±0.03	ไม่น้อยกว่า 20 %
ไนโตรเจน (%)	1.11±0.005	1.14±0.007	1.12±0.005	1.15±0.002	ไม่ต่ำกว่า 1.0%
ฟอสฟอรัส (%)	2.01±0.008	2.07±0.02	3.06±0.01	3.22±0.02	ไม่ต่ำกว่า 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมัก 35 วัน

พารามิเตอร์	บ่อควบคุม	บ่อเติมเชื้อรา ขาว	บ่อเติมกาก ตะกอน	บ่อเติมเชื้อรา ขาวและกาก ตะกอน	มาตรฐาน ปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการ เกษตร,2548)
โพแทสเซียม (%)	1.01±0.008	1.03±0.02	2.43±0.1	2.51±0.01	ไม่ต่ำกว่า 0.5%
C/N ratio	21.12:1	18.97:1	20.30:1	18.15:1	ไม่เกิน 20:1

4.5 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน

จากการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน พบว่า เชื้อราขาวและกากตะกอนไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกของเมล็ด หลุมที่มีการใช้ดินและปุ๋ยจากบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนในอัตราส่วน 1:1 มีดัชนีการงอกของเมล็ดสูงสุด และเมื่อเพาะผักบุ้งเป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อวัดความยาวลำต้น และจำนวนใบ พบว่า หลุมที่มีการใช้ดินและปุ๋ยจากบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนในอัตราส่วน 1:1 มีความยาวลำต้นเฉลี่ยสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน

คุณลักษณะ	ดิน 100%	ดิน + ปุ๋ยบ่อ ควบคุม 1:1	ดิน + ปุ๋ยบ่อ เติมเชื้อรา ขาว 1:1	ดิน + ปุ๋ยเติม กากตะกอน 1:1	ดิน + ปุ๋ยบ่อ เติม เชื้อรา ขาวและกาก ตะกอน 1:1
ดัชนีการงอก	6.67	6.83	7.17	7.83	8.50
ความยาวลำ ต้นเฉลี่ย	10.71	10.79	10.87	11.66	11.74
จำนวนใบ	2	2	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง และกากตะกอน ในบ่อหมักแบบชิมนีย์คอนเวคชัน ด้วยราขาว พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 28 วัน ปุ๋ยหมักบ่อควบคุม บ่อเติมเชื้อราขาว บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 22.57:1, 20.97:1, 22.34:1, 19.27:1 ตามลำดับ จะเห็นว่ามีเพียงบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนเท่านั้น ที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดที่ไม่เกิน 20:1 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ในขณะที่บ่ออื่น ๆ ยังมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน หมายความว่าปุ๋ยหมักบ่อที่เติมเชื้อราขาวและกากตะกอนเกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ก่อนปุ๋ยหมักบ่ออื่น ๆ สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ คือ ความเป็นกรด-ด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณคาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมของทุกบ่อมีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐาน และเมื่อหมักต่อไปอีก 7 วัน พบว่า ปุ๋ยหมักบ่อควบคุม บ่อเติมเชื้อราขาว บ่อเติมกากตะกอน และบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 21.12:1, 18.97:1, 20.30:1, 18.15:1 ตามลำดับ จะเห็นว่าบ่อเติมเชื้อราขาว และบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็นไปตามค่ามาตรฐาน ในขณะที่บ่อควบคุม และบ่อเติมกากตะกอนยังคงมีค่าเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย หมายความว่า ที่ระยะเวลาการหมัก 35 วัน บ่อควบคุมและบ่อเติมกากตะกอนยังมีการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนค่าความชื้นของทุกบ่อยังคงมีค่าในช่วง 52.48%-56.12% ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดที่ไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้นควรมีการตากแดดไล่ความชื้นก่อนนำไปใช้ อีกทั้งยังพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอนมีค่าสูงสุด จึงสามารถสรุปได้ว่าเชื้อราขาวสามารถช่วยลดระยะเวลาการหมักปุ๋ยได้ และกากตะกอนเป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ปุ๋ยหมัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยในอนาคตควรทำการหมักปุ๋ยโดยใช้เชื้อราขาวอย่างเดียว โดยไม่ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.1

2. การดักจับเชื้อราขาวควรดักจับในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ และไม่ควรดักจับในฤดูร้อนเพราะมีอุณหภูมิสูงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าทำปุ๋ยหมักในฤดูร้อนควรมีการพรมน้ำให้กับกองปุ๋ยสม่ำเสมอ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยสูง ทำให้ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว หากความชื้นน้อยจะส่งผลให้การย่อยสลายเกิดช้าลง

4. งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคัดแยกสายพันธุ์เชื้อราขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์.
[Online].Available : http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html.
[ค้นหาเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559]

กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง).
[Online]. Available : http://www.ldd.go.th/ldd/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf
[ค้นหาเมื่อวันที่ 30 เมษายน 2559]

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน แก้ไข ครั้งที่ 1.
[Online].Available : http://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-07.pdf
[ค้นหาเมื่อวันที่ 21 เมษายน 2559]

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ.** เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 17/2548 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 2-5.

กิ่งกาญจน์ เทียมเวช. 2549. **ผลของแคลเซียมคลอไรด์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ที่มีสมรรถนะของการหมักปุ๋ยจากผักตบชวาและใบไม้แห้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

จุลินทรีย์ท้องถิ่น IMOs. 2559.
[Online].Available : http://www.oknation.net/blog/horti-asia/2014/02/21/entry-7 [ค้นหาเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2559]

เจนวิทย์ กรอบทอง. 2544. **การเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรียกับสารไบโอนิค ในการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งอุตสาหกรรมกระป๋องและใบไม้แห้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เฉลิมชัย แพะคำ, บุญร่วม คิดค้า, มนัส ทิตย์วรรณ และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก . 2557. **การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *Trichoderma* sp. ไอโซเลท UPPY19.** แก่นเกษตร 42 ฉบับที่ 1. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา. พะเยา.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์ และ Sekine Takayuki. 2545. **เกษตรธรรมชาติ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ ส.วิริยการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์.** พิมพ์ครั้งที่ 7 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. 2547. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชในเชิงอุตสาหกรรมสำหรับชุมชนด้วยระบบกองเติมอากาศ.** การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 3. 28-29 มกราคม 2547. โรงแรมบีพีแกรนด์ทาวเวอร์. สงขลา.

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ . 2547. **การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.** ฐานข้อมูลผลงานวิจัยสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

นิติ เหมพัฒน์, จรีรัตน์ สกุลรัตน และจรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์. 2552. **การใช้ลังโฟมในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้าเรือนและใบไม้แห้ง.** คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประกาศิต อินทรสำอางค์. 2549. **การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื้อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียเยื่อกระดาษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ภัทราพร กังวานเจษฎา. 2555. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนเพื่อเป็นดัชนีการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมัก.** วิทยานิพนธ์. สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2548. **ชุดคู่มือการเกษตร ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 5 สำนักพิมพ์อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รสสุคนธ์ พุ่มพันธุ์วงศ์. 2549. **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดเอ็มพอเรียม. กรุงเทพฯ.

รัชกร นามกร, สุเทพ ศิลปานันทกุล, พิศิษฐ์ วัฒนสมบูรณ์ และธวัช เพชรไทย. 2558. **การผลิตปุ๋ยหมักร่วมจากกากตะกอนน้ำทิ้ง เศษผัก และกากไขมัน.** วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 3(1), 95-103.

รัชนก อินนวน, วาสนา เสือจุ้ย และสุภาวดี ค้าทวี. 2556. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยวิธีไม่พลิกกลับกอง.** โครงงานพิเศษ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย. 2559. ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักชีวภาพ และวิธีทำปุ๋ยหมัก [Online]. Available : http://pucchkaset.com/%F0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%8B%E0%B8%A2%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%81/ [ค้นหาเมื่อวันที่ 17 มกราคม 2559]

สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน. 2549. ดักจับเชื้อจุลินทรีย์. 2559. ศาสตร์แห่งภูมิปัญญาที่ชุมชนตลุกมะไฟ. [Online].Available:http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9490000117189 [ค้นหาเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2559]

สมศักดิ์ จีรัตน์. 2553. **การผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการปรับปรุงดินและรักษาสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ.** คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สมศักดิ์ วังใน. 2524. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2557. รา (Fungi) [Online].Available : http://www.nstda.or.th/nstda-r-and-d/17047-fungi [ค้นหาเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2559]

สำนักวิจัยและส่งเสริม วิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2555. การผลิตเชื้อราสีขาวหรือจุลินทรีย์ท้องถิ่น. [Online]. Available : http://research.rae.mju.ac.th/raebase/index.php/base-learning/pig-hold/62-pighold4 [ค้นหาเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2559]

Aparna, C., Saritha P., Himabindu, V. and Anjaneyulu, Y. 2007. **Techniques for the Evaluation of Maturity for Composts of Industrially Contaminated Lake Sediments.** 28, 1773 - 1784

Cosico, N.C. 1985. **Organic Fertilizers: Their Nature Properties and Use.** A Publication of Farming Systems and Soil Resources Institute, UPLB, Laguna. pp. 250-260. Sugahara, K., Koga, S. and Inoko, A. 1979. Color Change City Refuse during Composting. Soil Sci. Plant Nutr, 25, 197-208.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-1 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

1. วัดอุณหภูมิ วัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว โดยวัดจำนวน 3 จุด

2. วัดการยุบตัว ได้ทำการติดสายวัดภายในบ่อ และดูระดับการยุบตัวโดยอ่านค่าจากสายวัด

3. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

3.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 5 กรัม ใส่น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า ให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ให้สารละลายแยกชั้น

3.2 calibrate เครื่องโดยใช้สารละลาย Buffer มาตรฐาน pH 4 และ 7

3.3 นำตัวอย่างปุ๋ยหมักวัดค่า pH จนครบจำนวน

3.4 ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปแช่ในสารละลาย 3M KCl และปิดเครื่อง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

4. วัดค่าการนำไฟฟ้า (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

4.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 5 กรัม ใส่น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าให้เข้ากัน นาน 30 นาที และตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที ให้สารละลายแยกชั้น

4.2 นำตัวอย่างปุ๋ยไปวัดค่า EC ให้ครบทุกตัวอย่าง

4.3 ล้างขั้ว glass electrode ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น เช็ดให้แห้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

5. วัดค่าความชื้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

5.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนทำการอบ บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง

5.2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70°C โดยใช้เวลา 10-12 ชั่วโมง

5.3 ทิ้งให้เย็นในโถอบเพื่อป้องกันความชื้น

5.4 นำถ้วยระเหยที่อบปุ๋ยแล้ว นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักที่หายไป และบันทึกค่า

6. วิเคราะห์หาค่าไนโตรเจน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

6.1 นำตัวอย่างปุ๋ยที่อบ และทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วนำมาชั่ง 0.8 กรัมใส่ใน Kjeldahl Flask ขนาด 800 มิลลิลิตร

6.2 เติม Mixed catalyst ที่ประกอบด้วย K_2SO_4, $CuSO_4 \cdot 10H_2O$ และ Se ในอัตราส่วน 100:10:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

6.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 นำไปย่อยใน Kjeldahl digestion apparatus โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 250°C–400°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น และเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

6.5 ใส่สารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ผสม 4-5 หยด แล้วนำไปวางรองรับ Distillate จากเครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดจุ่มลงไปในสารละลาย

6.6 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร ลงใน Kjeldahl Flask ที่มีสารละลายตัวอย่างปุ๋ย (ที่ผ่านการย่อยแล้ว)

6.7 ทำการกลั่นตัวอย่างเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลตร แล้วนำไปไทเทรต

6.8 ไทเทรตตัวอย่างที่ได้จากการกลั่นด้วย H_2SO_4 เข้มข้น 0.02M จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

6.9 ทำแบลงค์เช่นเดียวกับข้อ 6.1-6.8 โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างปุ๋ย

7. วิเคราะห์หาค่าคาร์บอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

7.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่อบแล้วมา 0.1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

7.2 เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 1 N 10 มิลลิลิตร และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร (เติมในตู้ดูดควัน) เขย่าให้เข้ากัน ย่อยทิ้งไว้ 30 นาที

7.3 เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

7.4 เติมอินดิเคเตอร์ออร์โทรฟีแนนโทรลีน 0.5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล จนจุดยุติเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีน้ำตาลแดง

8. วิเคราะห์หาฟอสฟอรัส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

8.1 เตรียม working standard ให้มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเป็น 0, 2, 4, 6, 8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 0, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ใสในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำยา Barton 5 มิลลิลิตรลงไป ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

8.2 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่อบแลว 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่งใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาทำความร้อน (ทำภายในตู้ดูดควัน) ปิดขวดแก้วรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา ย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150°C รอจนกว่าควันสีน้ำตาลเริ่มจางหายไป และควันจะเริ่มเป็นสีขาวใช้เวลาในการย่อยประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วแต่ปริมาณเซลลูโลสของตัวอย่าง ย่อยจนกระทั่งตัวอย่างเป็นสารละลายใสและมีตะกอนขาวขุ่นของ silica หลังจากนั้น ยกขวดรูปชมพู่ลงจากเตา ปิดเตา รอจนตู้ดูดควันไปจนหมด

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 นำสารละลายที่ได้ นำมากรองผ่านกระดาษกรอง ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภายในขวดรูปชมพู่ พรอมทั้งกระจกนาฬิกา กรองทำซ้ำหลายครั้งจนได ปริมาณสารละลาย 80-90 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน

8.4 ดูดสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วมา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำยา Barton 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้เกิดสีสมบรูณ์

8.5 วัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer โดยทำ standard curve จาก working standard 0, 2, 4, 6, 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนแล้วจึงวัด blank และตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ใช้ความยาวคลื่น (wavelength) ของเครื่องที่ 420 nm เสร็จแล้วบันทึกผล

9. วิเคราะห์หาโพแทสเซียม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

9.1 เตรียม Stock standard solution (1000 ppm K) โดยชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งมา 1.9067 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 12 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อไว้เตรียม standard solution ที่มีความเข้มข้น 100 ppm K (intermediate solution) โดยการปิเปต stock solution 1000 ppm K 10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

9.2 เตรียม Working standard solution ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็น 0, 2, 4, 6 และ 8 ppm เตรียมโดยปิเปตจาก standard K 100 ppm มา 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

9.3 วัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer ทำ standard curve จาก working standard 0, 2, 4, 6 และ 8 ppm

9.4 วัดสารละลายตัวอย่าง และเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราสวน 1:10 วัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ K ในสารละลายตัวอย่าง ถาค่าที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่างมีค่าเกิน standard ตองเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำ ตามความเหมาะสม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2 การคำนวณสัดส่วนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก และการผสมสารเร่งจุลินทรีย์

ก-2.1 การคำนวณหาสัดส่วนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

ในการคำนวณหาสัดส่วนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักจะต้องทราบความชื้นและอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุเริ่มต้นดังตาราง ข-1

ตารางที่ ก-1.1 ความชื้นและอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุเริ่มต้น

วัสดุ	ความชื้น (%)	คาร์บอน (%)	ไนโตรเจน (%)	C/N ratio
ผักตบชวา	84.32	33.46	2.45	13.66
ใบไม้แห้ง	8.68	21.09	0.96	21.97
หญ้าแห้ง	14.32	30.94	0.67	46.18
กากตะกอน	10.16	10.3	2.91	3.54

การคำนวณหาสัดส่วนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก กำหนดค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้นเท่ากับ 30:1 โดยน้ำหนักแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

1. ของผสม (ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง) : ผักตบชวา โดยน้ำหนักแห้ง

กำหนดอัตราส่วนใบไม้แห้ง : หญ้าแห้ง = 1:1 โดยน้ำหนักแห้ง

C/N ratio ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง = $\frac{21.97+46.18}{2} = 34.08$

ให้ผักตบชวาเป็นตัวเพิ่มไนโตรเจน โดยผักตบ 1 กิโลกรัม จะต้องใช้ ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง X กิโลกรัม

จาก C/N เริ่มต้นเท่ากับ $\frac{30}{1} = \frac{(x)C_{\text{ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง}} + (1)C_{\text{ผักตบชวา}}}{(X)N_{\text{ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง}} + (1)N_{\text{ผักตบชวา}}}$

$$\frac{30}{1} = \frac{(x)34.08 + 13.66}{(X) + 1}$$

$$30(X) + 30 = 34.08(x) + 13.66$$

$$X = 4 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ต้องใช้ใบไม้แห้ง 2 กิโลกรัม และ หญ้าแห้ง 2 กิโลกรัม ต่อ ผักตบ 1 กิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ของผสม (ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง) : ผักตบชวา โดยน้ำหนักเปียก

2.1. ใบไม้แห้งมีความชื้นเท่ากับ 8.68%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 2 + \left[\frac{2 \times 8.68}{100}\right]$$

$$= 2.17 \quad \text{กิโลกรัม}$$

2.2. หญ้าแห้งมีความชื้นเท่ากับ 14.32%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 2 + \left[\frac{2 \times 14.32}{100}\right]$$

$$= 2.29 \quad \text{กิโลกรัม}$$

2.3. ผักตบชวามีความชื้นเท่ากับ 84.32%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 1 + \left[\frac{1 \times 84.32}{100}\right]$$

$$= 1.84 \quad \text{กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ต้องใช้ใบไม้แห้ง 2.17 กิโลกรัม ต่อ หญ้าแห้ง 2.29 กิโลกรัม ต่อ ผักตบชวา 1.84 กิโลกรัม

3. ของผสม (ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง) : (ผักตบชวา+กากตะกอน) โดยน้ำหนักแห้ง

กำหนดอัตราส่วนใบไม้แห้ง : หญ้าแห้ง = 1:1 และ อัตราส่วนผักตบชวา : กากตะกอน = 1:1 โดยน้ำหนักแห้ง

C/N ratio ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง = $\frac{21.97+46.18}{2} = 34.08$

C/N ratio ผักตบชวา+กากตะกอน = $\frac{13.66+3.54}{2} = 8.60$

ให้ ผักตบชวา+กากตะกอน เป็นตัวเพิ่มไนโตรเจน โดย ผักตบชวา+กากตะกอน 1 กิโลกรัม จะต้องใช้ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง X กิโลกรัม

จาก C/N เริ่มต้นเท่ากับ $\frac{30}{1} = \frac{(x)C_{\text{ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง}} + (1)C_{\text{ผักตบชวา+กากตะกอน}}}{(X)N_{\text{ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง}} + (1)N_{\text{ผักตบชวา+กากตะกอน}}}$

$$\frac{30}{1} = \frac{(x)34.08 + 8.60}{(X) + 1}$$

$$30(X) + 30 = 34.08(x) + 8.60$$

$$X = 5.25 \quad \text{กิโลกรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ต้องใช้ใบไม้แห้ง 2.63 กิโลกรัม และ หญ้าแห้ง 2.63 กิโลกรัม ต่อ ผักตบชวา 0.5 กิโลกรัม และกากตะกอน 0.5 กิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง

4. ของผสม (ใบไม้แห้ง+หญ้าแห้ง) : (ผักตบชวา+กากตะกอน) โดยน้ำหนักเปียก

2.1. ใบไม้แห้งมีความชื้นเท่ากับ 8.68%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 2.63 + \left[\frac{2.63 \times 8.68}{100}\right]$$

$$= 2.86 \text{ กิโลกรัม}$$

2.2. หญ้าแห้งมีความชื้นเท่ากับ 14.32%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 2.63 + \left[\frac{2.63 \times 14.32}{100}\right]$$

$$= 3 \text{ กิโลกรัม}$$

2.3. ผักตบชวามีความชื้นเท่ากับ 84.32%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 0.5 + \left[\frac{0.5 \times 84.32}{100}\right]$$

$$= 0.92 \text{ กิโลกรัม}$$

2.4. กากตะกอนมีความชื้นเท่ากับ 10.16%

น้ำหนักเปียก = น้ำหนักแห้ง + ความชื้น

$$= 0.5 + \left[\frac{0.5 \times 10.16}{100}\right]$$

$$= 0.55 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ต้องใช้ใบไม้แห้ง 2.86 กิโลกรัม ต่อ หญ้าแห้ง 3 กิโลกรัม ต่อ ผักตบชวา 0.92 กิโลกรัม ต่อกากตะกอน 0.55 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2.2 การผสมสารเร่งจุลินทรีย์

การคำนวณปริมาณสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ในบ่อหมักที่มีวัสดุเริ่มต้นน้ำหนักรวม 25 กิโลกรัม

วัสดุหมัก 1 ตัน ใช้สารเร่งซุปเปอร์พด.1 100 กรัม

วัสดุหมัก 25 กิโลกรัม จะต้องใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เท่ากับ $\frac{100g \times 25kg}{1000kg}$ = 2.5 กรัม

สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 100 กรัม ผสมในน้ำ 20 ลิตร

สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 2.5 กรัม จะต้องผสมในน้ำ = $\frac{20L \times 2.5g}{100g}$ = 0.5 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข-1.1 ความชื้นของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
ผักตบชวา	ครั้งที่ 1	65.6819	5.0468	66.4768	84.25	84.32	0.0675
	ครั้งที่ 2	62.2181	5.2241	63.0339	84.38		
	ครั้งที่ 3	63.9261	5.6073	64.8049	84.33		
ใบไม้แห้ง	ครั้งที่ 1	62.2718	5.1867	67.0058	8.73	8.68	0.0480
	ครั้งที่ 2	68.6553	5.0695	73.2872	8.63		
	ครั้งที่ 3	64.7466	5.4022	69.6799	8.68		
หญ้าแห้ง	ครั้งที่ 1	63.6023	5.1577	67.9698	15.32	14.32	0.9495
	ครั้งที่ 2	67.3479	5.0381	71.7093	13.43		
	ครั้งที่ 3	62.4327	5.3906	67.0574	14.21		
กากตะกอน	ครั้งที่ 1	67.8457	5.1002	72.4231	10.25	10.16	0.1757
	ครั้งที่ 2	62.2753	5.1401	66.8874	10.27		
	ครั้งที่ 3	63.4245	5.0825	68.0009	9.96		

ตารางที่ ข-1.2 ปริมาณคาร์บอนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
ผักตบชวา	ครั้งที่1	0.0838	5.90	32.81	33.46	0.6607
	ครั้งที่2	0.0834	5.70	33.44		
	ครั้งที่3	0.0817	5.70	34.13		
ใบไม้แห้ง	ครั้งที่1	0.0824	10.90	21.54	21.09	0.3904
	ครั้งที่2	0.0819	11.20	20.95		
	ครั้งที่3	0.0844	11.00	20.79		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.2 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
หญ้าแห้ง	ครั้งที่1	0.0831	6.90	30.74	30.94	0.4640
	ครั้งที่2	0.0828	7.00	30.62		
	ครั้งที่3	0.0824	6.70	31.47		
กากตะกอน	ครั้งที่1	0.0840	15.60	10.21	10.30	0.0865
	ครั้งที่2	0.0833	15.60	10.30		
	ครั้งที่3	0.0826	15.60	10.39		

ตารางที่ ข-1.3 ปริมาณไนโตรเจนของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
ผักตบชวา	ครั้งที่1	0.8020	72.30	2.46	2.45	0.0094
	ครั้งที่2	0.8025	71.90	2.45		
	ครั้งที่3	0.8042	72.00	2.45		
ใบไม้แห้ง	ครั้งที่1	0.8449	30.00	0.96	0.96	0.0084
	ครั้งที่2	0.8397	29.80	0.96		
	ครั้งที่3	0.8354	30.10	0.97		
หญ้าแห้ง	ครั้งที่1	0.8392	20.80	0.66	0.67	0.0063
	ครั้งที่2	0.8290	20.90	0.67		
	ครั้งที่3	0.8167	20.30	0.66		
กากตะกอน	ครั้งที่1	0.8321	88.90	2.93	2.91	0.0131
	ครั้งที่2	0.8368	89.00	2.91		
	ครั้งที่3	0.8377	88.70	2.90		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
ผักตบชวา	ครั้งที่ 1	1.0153	12.38	0.12	0.28
	ครั้งที่ 2	1.0334	12.72	0.12	0.28
	ครั้งที่ 3	1.0418	12.93	0.12	0.28
	เฉลี่ย			0.12	0.28
	S.D.			0.0011	0.0025
ใบไม้แห้ง	ครั้งที่ 1	1.0297	0.97	0.01	0.02
	ครั้งที่ 2	1.0644	1.27	0.01	0.03
	ครั้งที่ 3	1.0329	0.98	0.01	0.02
	เฉลี่ย			0.01	0.02
	S.D.			0.0014	0.0032
หญ้าแห้ง	ครั้งที่ 1	1.0502	2.80	0.03	0.06
	ครั้งที่ 2	1.0608	3.13	0.03	0.07
	ครั้งที่ 3	1.0620	3.14	0.03	0.07
	เฉลี่ย			0.03	0.07
	S.D.			0.0017	0.0038
กากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0903	2.48	1.14	2.61
	ครั้งที่ 2	1.0711	2.36	1.10	2.52
	ครั้งที่ 3	1.0731	2.40	1.12	2.56
	เฉลี่ย			1.12	2.56
	S.D.			0.0192	0.0439

หมายเหตุ : กากตะกอนใช้ dilution factor = 50/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.5 ปริมาณโพแทสเซียมของวัสดุเริ่มต้นที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

วัสดุ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
ผักตบชวา	ครั้งที่ 1	1.0153	1.38	1.36	1.64
	ครั้งที่ 2	1.0334	1.63	1.58	1.90
	ครั้งที่ 3	1.0418	1.49	1.43	3.28
	เฉลี่ย			1.46	2.27
	S.D.			0.1112	0.8805
ใบไม้แห้ง	ครั้งที่ 1	1.0297	0.67	0.65	0.78
	ครั้งที่ 2	1.0644	0.75	0.70	0.85
	ครั้งที่ 3	1.0329	0.62	0.60	0.72
	เฉลี่ย			0.65	0.79
	S.D.			0.0522	0.0629
หญ้าแห้ง	ครั้งที่ 1	1.0502	0.43	0.41	0.49
	ครั้งที่ 2	1.0608	0.51	0.48	0.58
	ครั้งที่ 3	1.0620	0.48	0.45	0.54
	เฉลี่ย			0.45	0.54
	S.D.			0.0359	0.0432
กากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0903	3.96	3.63	4.38
	ครั้งที่ 2	1.0711	3.84	3.59	4.32
	ครั้งที่ 3	1.0731	4.09	3.81	4.59
	เฉลี่ย			3.68	4.43
	S.D.			0.1194	0.1439

หมายเหตุ : dilution factor = 100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-2 ผลการศึกษาคุณสมบัติเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข-2.1 ความชื้นเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
บ่อควบคุม	ครั้งที่ 1	68.6584	5.2550	70.3005	68.75	68.66	0.6169
	ครั้งที่ 2	67.8515	5.2877	69.5437	68.00		
	ครั้งที่ 3	63.4287	5.1303	65.0078	69.22		
บ่อเติมเชื้อราขาว	ครั้งที่ 1	62.2283	5.1664	63.9290	67.08	66.54	0.7473
	ครั้งที่ 2	67.3462	5.0351	69.0148	66.86		
	ครั้งที่ 3	64.7485	5.1893	66.5289	65.69		
บ่อเติมกากตะกอน	ครั้งที่ 1	63.9247	5.1998	65.7340	65.20	65.34	0.2733
	ครั้งที่ 2	63.6028	5.1656	65.3771	65.65		
	ครั้งที่ 3	62.4339	5.2293	64.2560	65.16		
บ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	ครั้งที่ 1	65.6830	5.1885	67.4644	65.67	65.58	0.4159
	ครั้งที่ 2	63.0772	5.2723	64.9160	65.12		
	ครั้งที่ 3	62.2725	5.1096	64.0128	65.94		

ตารางที่ ข-2.2 ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
บ่อควบคุม	ครั้งที่1	0.0859	6.50	30.65	30.71	0.0557
	ครั้งที่2	0.0825	7.00	30.73		
	ครั้งที่3	0.0837	6.80	30.75		
บ่อเติมเชื้อราขาว	ครั้งที่1	0.0877	6.10	30.91	30.78	0.1081
	ครั้งที่2	0.0832	6.90	30.70		
	ครั้งที่3	0.0850	6.60	30.74		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2.2 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
บ่อเติมกากตะกอน	ครั้งที่1	0.0872	6.20	30.86	30.82	0.1158
	ครั้งที่2	0.0864	6.40	30.69		
	ครั้งที่3	0.0883	6.00	30.92		
บ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	ครั้งที่1	0.0845	6.60	30.92	30.84	0.1737
	ครั้งที่2	0.0802	7.40	30.64		
	ครั้งที่3	0.0838	6.70	30.95		

ตารางที่ ข-2.3 ปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
บ่อควบคุม	ครั้งที่1	0.8072	27.20	0.91	0.90	0.0038
	ครั้งที่2	0.8044	26.90	0.90		
	ครั้งที่3	0.8061	27.00	0.90		
บ่อเติมเชื้อราขาว	ครั้งที่1	0.8042	27.20	0.91	0.91	0.0084
	ครั้งที่2	0.8016	27.50	0.92		
	ครั้งที่3	0.8032	27.10	0.91		
บ่อเติมกากตะกอน	ครั้งที่1	0.8026	27.80	0.93	0.92	0.0073
	ครั้งที่2	0.8094	27.60	0.92		
	ครั้งที่3	0.8065	27.70	0.92		
บ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน	ครั้งที่1	0.8023	27.40	0.92	0.92	0.0048
	ครั้งที่2	0.8060	27.80	0.93		
	ครั้งที่3	0.8079	27.70	0.92		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
บ่อควบคุม	ครั้งที่ 1	1.0702	11.84	0.11	0.25
	ครั้งที่ 2	1.0640	11.78	0.11	0.25
	ครั้งที่ 3	1.0704	12.95	0.12	0.28
	เฉลี่ย			0.11	0.26
	S.D.			0.0060	0.0137
บ่อเติมเชื้อราขาว	ครั้งที่ 1	1.0195	11.95	0.12	0.27
	ครั้งที่ 2	1.0034	11.39	0.11	0.26
	ครั้งที่ 3	1.0130	12.20	0.12	0.28
	เฉลี่ย			0.12	0.27
	S.D.			0.0035	0.0079
บ่อเติมกากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0060	6.07	0.60	1.38
	ครั้งที่ 2	1.0114	6.38	0.63	1.45
	ครั้งที่ 3	1.0041	6.15	0.61	1.40
	เฉลี่ย			0.62	1.41
	S.D.			0.0143	0.0327
บ่อเติมเชื่อราขาวและกากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0129	6.37	0.63	1.44
	ครั้งที่ 2	1.0266	6.35	0.62	1.42
	ครั้งที่ 3	1.0145	7.02	0.69	1.58
	เฉลี่ย			0.65	1.48
	S.D.			0.0395	0.0904

หมายเหตุ : บ่อเติมกากตะกอน และ บ่อเติมเชื่อราขาวและกากตะกอน ใช้ dilution factor =10/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2.5 ปริมาณโพแทสเซียมเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

บ่อ	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
บ่อควบคุม	ครั้งที่ 1	1.0702	0.61	0.57	0.69
	ครั้งที่ 2	1.0640	0.65	0.61	0.74
	ครั้งที่ 3	1.0704	0.64	0.60	0.72
	เฉลี่ย			0.59	0.71
	S.D.			0.0209	0.0252
บ่อเติมเชื้อราขาว	ครั้งที่ 1	1.0195	0.57	0.56	0.67
	ครั้งที่ 2	1.0034	0.70	0.70	0.84
	ครั้งที่ 3	1.0130	0.68	0.67	0.81
	เฉลี่ย			0.64	0.77
	S.D.			0.0736	0.0886
บ่อเติมกากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0060	1.85	1.84	2.22
	ครั้งที่ 2	1.0114	1.64	1.62	1.95
	ครั้งที่ 3	1.0041	1.77	1.76	2.12
	เฉลี่ย			1.74	2.10
	S.D.			0.1103	0.1330
บ่อเติมเชื่อราขาวและกากตะกอน	ครั้งที่ 1	1.0129	1.87	1.85	2.22
	ครั้งที่ 2	1.0266	1.73	1.69	2.03
	ครั้งที่ 3	1.0145	1.85	1.82	2.20
	เฉลี่ย			1.78	2.15
	S.D.			0.0872	0.1050

หมายเหตุ : ทุกบ่อใช้ dilution factor =100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-1.1การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	32	32	32	33	32.33	0.5774
1	33	46	48	48	47.33	1.1547
2	35	58	59	57	58.00	1.0000
3	31	48	47	46	47.00	1.0000
4	34	46	44	46	45.33	1.1547
5	33	42	42	40	41.33	1.1547
6	32	37	36	37	36.67	0.5774
7	32	34	34	35	34.33	0.5774
8	31	33	33	33	33.00	0.0000
9	31	32	33	31	32.00	1.0000
10	32	32	33	33	32.67	0.5774
11	32	34	34	33	33.67	0.5774
12	32	33	35	33	33.67	1.1547
13	33	33	34	34	33.67	0.5774
14	33	34	34	33	33.67	0.5774
15	34	34	36	35	35.00	1.0000
16	35	34	35	35	34.67	0.5774
17	33	34	34	34	34.00	0.0000
18	33	34	32	33	33.00	1.0000
19	33	33	34	34	33.67	0.5774
20	34	33	35	34	34.00	1.0000
21	36	35	35	35	35.00	0.0000
22	36	35	35	36	35.33	0.5774
23	34	35	35	35	35.00	0.0000
24	35	34	33	35	34.00	1.0000

ตารางที่ ค-1.1 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อควบคุม

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
25	34	35	34	34	34.33	0.5774
26	34	33	34	34	33.67	0.5774
27	33	34	32	33	33.00	1.0000
28	33	33	34	34	33.67	0.5774
29	33	34	33	33	33.33	0.5774
30	34	34	35	34	34.33	0.5774
31	34	34	34	34	34.00	0.0000
32	33	34	34	33	33.67	0.5774
33	33	33	34	33	33.33	0.5774
34	33	33	33	33	33.00	0.0000
35	33	33	33	34	33.33	0.5774

ตารางที่ ค-1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	32	32	31	32	31.67	0.5774
1	33	56	54	57	55.67	1.5275
2	35	58	56	56	56.67	1.1547
3	31	50	50	53	51.00	1.7321
4	34	47	46	48	47.00	1.0000
5	33	45	44	45	44.67	0.5774
6	32	37	39	40	38.67	1.5275
7	32	35	36	35	35.33	0.5774
8	31	34	34	33	33.67	0.5774
9	31	35	34	34	34.33	0.5774
10	32	33	34	33	33.33	0.5774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.2 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
11	32	35	36	34	35.00	1.0000
12	32	33	35	33	33.67	1.1547
13	33	33	33	34	33.33	0.5774
14	33	33	34	34	33.67	0.5774
15	34	34	34	34	34.00	0.0000
16	35	35	34	35	34.67	0.5774
17	33	34	34	34	34.00	0.0000
18	33	34	32	33	33.00	1.0000
19	33	33	34	34	33.67	0.5774
20	34	34	34	34	34.00	0.0000
21	36	35	36	36	35.67	0.5774
22	36	36	36	36	36.00	0.0000
23	34	35	35	34	34.67	0.5774
24	35	35	34	35	34.67	0.5774
25	34	34	35	35	34.67	0.5774
26	34	35	33	34	34.00	1.0000
27	33	34	33	34	33.67	0.5774
28	33	34	34	34	34.00	0.0000
29	33	33	34	33	33.33	0.5774
30	34	34	34	33	33.67	0.5774
31	34	34	33	35	34.00	1.0000
32	33	34	33	34	33.67	0.5774
33	33	33	34	33	33.33	0.5774
34	33	33	33	33	33.00	0.0000
35	33	33	32	33	32.67	0.5774
32	33	34	33	34	33.67	0.5774
33	33	33	34	33	33.33	0.5774
34	33	33	33	33	33.00	0.0000
35	33	33	32	33	32.67	0.5774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	32	31	31	32	31.33	0.5774
1	33	63	60	61	61.33	1.5275
2	35	58	60	57	58.33	1.5275
3	31	53	52	54	53.00	1.0000
4	34	45	47	45	45.67	1.1547
5	33	46	46	45	45.67	0.5774
6	32	40	39	42	40.33	1.5275
7	32	35	37	36	36.00	1.0000
8	31	35	37	34	35.33	1.5275
9	31	34	35	33	34.00	1.0000
10	32	33	34	34	33.67	0.5774
11	32	34	36	34	34.67	1.1547
12	32	32	33	34	33.00	1.0000
13	33	33	33	33	33.00	0.0000
14	33	34	33	32	33.00	1.0000
15	34	33	33	32	32.67	0.5774
16	35	34	35	35	34.67	0.5774
17	33	34	33	33	33.33	0.5774
18	33	33	33	35	33.67	1.1547
19	33	34	33	34	33.67	0.5774
20	34	34	34	33	33.67	0.5774
21	36	35	36	36	35.67	0.5774
22	36	36	36	35	35.67	0.5774
23	34	33	35	34	34.00	1.0000
24	35	34	35	35	34.67	0.5774
25	34	34	35	34	34.33	0.5774
26	34	35	34	34	34.33	0.5774
27	33	34	34	33	33.67	0.5774
28	33	33	33	32	32.67	0.5774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.3 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
29	33	33	34	33	33.33	0.5774
30	34	34	34	34	34.00	0.0000
31	34	35	34	33	34.00	1.0000
32	33	33	33	34	33.33	0.5774
33	33	34	34	34	34.00	0.0000
34	33	34	33	33	33.33	0.5774
35	33	33	34	32	33.00	1.0000

ตารางที่ ค-1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	32	32	32	32	32.00	0.0000
1	33	59	58	60	59.00	1.0000
2	35	59	61	60	60.00	1.0000
3	31	46	48	47	47.00	1.0000
4	34	43	43	43	43.00	0.0000
5	33	41	39	40	40.00	1.0000
6	32	37	36	37	36.67	0.5774
7	32	35	36	36	35.67	0.5774
8	31	34	35	35	34.67	0.5774
9	31	33	33	33	33.00	0.0000
10	32	33	34	34	33.67	0.5774
11	32	34	35	34	34.33	0.5774
12	32	33	34	33	33.33	0.5774
13	33	33	32	33	32.67	0.5774
14	33	33	34	33	33.33	0.5774
15	34	34	34	34	34.00	0.0000
16	35	35	36	35	35.33	0.5774
17	33	34	33	33	33.33	0.5774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.4 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิของปุ๋ยหมัก (°C)				
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
18	33	33	33	33	33.00	0.0000
19	33	33	32	33	32.67	0.5774
20	34	33	34	34	33.67	0.5774
21	36	35	36	35	35.33	0.5774
22	36	35	36	36	35.67	0.5774
23	34	35	35	34	34.67	0.5774
24	35	35	34	35	34.67	0.5774
25	34	34	34	34	34.00	0.0000
26	34	35	34	34	34.33	0.5774
27	33	33	34	33	33.33	0.5774
28	33	33	32	34	33.00	1.0000
29	33	33	34	34	33.67	0.5774
30	34	34	34	33	33.67	0.5774
31	34	34	34	34	34.00	0.0000
32	33	33	32	33	32.67	0.5774
33	33	33	34	32	33.00	1.0000
34	33	32	33	32	32.33	0.5774
35	33	33	34	33	33.33	0.5774

ค-2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-2.1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	7.16	7.30	7.80	7.42	0.3365
1	6.93	6.96	6.94	6.94	0.0153
2	6.77	6.63	6.54	6.65	0.1159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.1 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
3	6.53	6.30	6.47	6.43	0.0153
4	6.54	6.49	6.45	6.49	0.0551
5	6.49	6.43	6.38	6.43	0.1054
6	6.53	6.74	6.62	6.63	0.1054
7	6.83	6.94	6.75	6.84	0.0954
8	6.74	6.79	6.83	6.79	0.0451
9	7.02	7.10	7.06	7.06	0.0400
10	7.21	7.22	7.22	7.22	0.0058
11	7.27	7.16	7.32	7.25	0.0819
12	7.28	7.45	7.20	7.31	0.1277
13	6.91	7.25	7.14	7.10	0.1735
14	7.08	7.33	7.19	7.20	0.1253
15	7.13	7.26	7.15	7.18	0.0700
16	7.22	7.47	7.38	7.36	0.1266
17	7.28	7.25	7.34	7.29	0.0458
18	7.15	7.22	7.17	7.18	0.0361
19	7.29	7.52	7.33	7.38	0.1229
20	7.36	7.21	7.29	7.29	0.0751
21	7.28	7.20	7.43	7.30	0.1168
22	7.14	7.35	7.60	7.36	0.2303
23	7.27	7.27	7.41	7.32	0.0808
24	7.50	7.23	7.48	7.40	0.1504
25	7.43	7.21	7.35	7.33	0.1114
26	7.17	7.64	7.32	7.38	0.2401
27	7.57	7.25	7.30	7.37	0.1721
28	7.42	7.48	7.64	7.51	0.1137
29	7.18	7.63	7.49	7.43	0.2303
30	7.40	7.58	7.35	7.44	0.1210
31	7.51	7.60	7.36	7.49	0.1212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.1 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
32	7.37	7.53	7.48	7.46	0.0819
33	7.22	7.52	7.54	7.43	0.1793
34	7.53	7.36	7.43	7.44	0.0854
35	7.59	7.43	7.62	7.55	0.1021

ตารางที่ ค-2.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	7.01	7.09	6.97	7.02	0.0611
1	6.91	6.89	6.67	6.82	0.1332
2	6.68	6.67	6.94	6.76	0.1531
3	5.95	6.62	6.86	6.48	0.4716
4	6.44	6.53	6.46	6.48	0.0473
5	6.45	6.45	6.49	6.46	0.0231
6	6.72	6.58	6.73	6.68	0.0839
7	6.81	6.72	6.84	6.79	0.0624
8	6.86	6.47	6.68	6.67	0.1952
9	7.27	7.26	7.34	7.29	0.0436
10	7.18	7.08	7.21	7.16	0.0681
11	6.77	7.06	6.93	6.92	0.1453
12	7.10	7.34	7.19	7.21	0.1212
13	7.02	7.16	7.07	7.08	0.0709
14	7.18	7.27	7.21	7.22	0.0458
15	7.14	7.13	7.18	7.15	0.0265
16	7.16	7.03	7.12	7.10	0.0666
17	7.02	7.04	7.01	7.02	0.0153
18	7.16	7.08	7.10	7.11	0.0416
19	7.17	7.25	7.13	7.18	0.0611
20	7.33	7.29	7.21	7.28	0.0611

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.2 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
21	7.12	7.16	7.01	7.10	0.0777
22	7.22	7.36	7.19	7.26	0.0907
23	7.24	7.18	7.37	7.26	0.0971
24	7.34	7.31	7.16	7.27	0.0964
25	7.42	7.12	7.38	7.31	0.1629
26	7.10	7.15	7.27	7.17	0.0874
27	7.25	7.37	7.52	7.38	0.1353
28	7.12	7.14	7.39	7.22	0.1504
29	7.05	7.48	7.21	7.25	0.2173
30	7.45	7.34	7.58	7.46	0.1201
31	7.22	7.43	7.29	7.31	0.1069
32	7.41	7.31	7.38	7.37	0.0513
33	7.34	7.43	7.47	7.41	0.0666
34	7.54	7.35	7.42	7.44	0.0961
35	7.26	7.49	7.51	7.42	0.1389

ตารางที่ ค-2.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	7.27	7.24	7.18	7.23	0.0458
1	6.62	6.64	6.65	6.64	0.0153
2	6.46	6.53	6.59	6.53	0.0651
3	6.42	6.43	6.45	6.43	0.0153
4	6.45	6.43	6.44	6.44	0.0100
5	6.48	6.48	6.52	6.49	0.0231
6	6.59	6.56	6.58	6.58	0.0153
7	6.56	6.62	6.63	6.60	0.0379
8	6.61	6.57	6.68	6.62	0.0557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.3 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
9	6.94	6.91	6.97	6.94	0.0300
10	7.13	7.18	7.15	7.15	0.0252
11	7.12	7.13	7.12	7.12	0.0058
12	7.26	7.18	7.19	7.21	0.0436
13	7.22	7.24	7.21	7.22	0.0153
14	7.30	7.42	7.38	7.37	0.0611
15	7.44	7.45	7.46	7.45	0.0100
16	7.37	7.42	7.35	7.38	0.0361
17	7.33	7.32	7.33	7.33	0.0058
18	7.24	7.34	7.29	7.29	0.0500
19	7.50	7.26	7.31	7.36	0.1266
20	7.35	7.27	7.23	7.28	0.0611
21	7.19	7.24	7.18	7.20	0.0321
22	7.27	7.26	7.15	7.23	0.0666
23	7.10	7.19	7.19	7.16	0.0520
24	7.22	7.18	7.24	7.21	0.0306
25	7.21	7.26	7.15	7.21	0.0551
26	7.29	7.25	7.24	7.26	0.0265
27	7.38	7.38	7.27	7.34	0.0635
28	7.31	7.29	7.25	7.28	0.0306
29	7.18	7.16	7.17	7.17	0.0100
30	7.25	7.17	7.25	7.22	0.0462
31	7.16	7.17	7.14	7.16	0.0153
32	7.18	7.22	7.17	7.19	0.0265
33	7.12	7.12	7.14	7.13	0.0115
34	7.29	7.23	7.18	7.23	0.0551
35	7.13	7.22	7.16	7.17	0.0458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	7.62	7.61	7.48	7.57	0.0781
1	6.73	6.68	6.71	6.71	0.0252
2	6.64	6.76	6.63	6.68	0.0723
3	6.31	6.41	6.52	6.41	0.1050
4	6.33	6.31	6.31	6.32	0.0115
5	6.47	6.39	6.42	6.43	0.0404
6	6.44	6.50	6.51	6.48	0.0379
7	6.72	6.65	6.63	6.67	0.0473
8	6.65	6.67	6.62	6.65	0.0252
9	7.11	7.21	6.94	7.09	0.1365
10	7.52	7.57	7.54	7.54	0.0252
11	7.34	7.41	7.37	7.37	0.0351
12	7.45	7.36	7.50	7.44	0.0709
13	7.34	7.48	7.45	7.42	0.0737
14	7.49	7.46	7.51	7.49	0.0252
15	7.54	7.58	7.57	7.56	0.0208
16	7.52	7.46	7.52	7.50	0.0346
17	7.47	7.47	7.46	7.47	0.0058
18	7.37	7.36	7.30	7.34	0.0379
19	7.58	7.39	7.45	7.47	0.0971
20	7.53	7.47	7.56	7.52	0.0458
21	7.57	7.61	7.58	7.59	0.0208
22	7.51	7.48	7.42	7.47	0.0458
23	7.42	7.49	7.48	7.46	0.0379
24	7.43	7.55	7.56	7.51	0.0723
25	7.55	7.56	7.49	7.53	0.0379
26	7.45	7.42	7.44	7.44	0.0153
27	7.40	7.43	7.48	7.44	0.0404
28	7.48	7.42	7.50	7.47	0.0416

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.4 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
29	7.47	7.45	7.49	7.47	0.0200
30	7.35	7.38	7.36	7.36	0.0153
31	7.32	7.44	7.35	7.37	0.0624
32	7.29	7.36	7.26	7.30	0.0513
33	7.25	7.31	7.33	7.30	0.0416
34	7.37	7.21	7.35	7.31	0.0872
35	7.35	7.24	7.39	7.33	0.0777

ค-3 ผลการศึกษาการยุบตัวของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-3.1 การยุบตัวของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
0	50.0	50.0	50.00	0.00	0.00
1	48.0	48.5	48.25	0.35	1.75
2	44.5	45.0	44.75	0.35	3.50
3	43.5	43.0	43.25	0.35	1.50
4	43.0	42.5	42.75	0.35	0.50
5	42.0	42.0	42.00	0.00	0.75
6	41.5	41.0	41.25	0.35	0.75
7	41.0	40.5	40.75	0.35	0.50
8	41.0	40.5	40.75	0.35	0.00
9	40.5	39.5	40.00	0.71	0.75
10	40.5	38.5	39.50	1.41	0.50
11	40.0	38.0	39.00	1.41	0.50
12	40.0	37.5	38.75	1.77	0.25
13	39.5	37.5	38.50	1.41	0.25
14	39.0	37.0	38.00	1.41	0.50
15	38.5	36.5	37.50	1.41	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.1 (ต่อ) การยุบตัวของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		
16	38.0	36.5	37.25	1.06	0.25
17	37.5	36.0	36.75	1.06	0.50
18	37.0	36.0	36.50	0.71	0.25
19	37.0	35.5	36.25	1.06	0.25
20	36.5	35.0	35.75	1.06	0.50
21	36.0	35.0	35.50	0.71	0.25
22	35.0	34.5	34.75	0.35	0.75
23	34.5	34.0	34.25	0.35	0.50
24	34.0	33.5	33.75	0.35	0.50
25	33.5	33.0	33.25	0.35	0.50
26	33.0	33.0	33.00	0.00	0.25
27	32.5	33.0	32.75	0.35	0.25
28	32.0	32.5	32.25	0.35	0.50
29	32.0	32.0	32.00	0.00	0.25
30	32.0	32.0	32.00	0.00	0.00
31	32.0	31.5	31.75	0.35	0.25
32	31.5	31.5	31.50	0.00	0.25
33	31.5	31.5	31.50	0.00	0.00
34	31.0	31.0	31.00	0.00	0.50
35	31.0	31.0	31.00	0.00	0.00

ตารางที่ ค-3.2 การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
0	50.0	50.0	50.00	0.00	0.00
1	48.5	48.5	48.50	0.00	1.50
2	44.0	45.0	44.50	0.71	4.00
3	43.5	43.5	43.50	0.00	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.2 (ต่อ) การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		
4	42.0	42.5	42.25	0.35	1.25
5	41.0	41.5	41.25	0.35	1.00
6	39.5	40.5	40.00	0.71	1.25
7	39.0	40.0	39.50	0.71	0.50
8	38.5	40.0	39.25	1.06	0.25
9	36.5	37.5	37.00	0.71	2.25
10	36.0	36.0	36.00	0.00	1.00
11	35.0	36.5	35.75	1.06	0.25
12	35.0	36.0	35.50	0.71	0.25
13	34.0	35.0	34.50	0.71	1.00
14	33.5	34.0	33.75	0.35	0.75
15	33.0	33.5	33.25	0.35	0.50
16	32.5	33.0	32.75	0.35	0.50
17	32.0	33.0	32.50	0.71	0.25
18	32.0	32.5	32.25	0.35	0.25
19	31.5	32.0	31.75	0.35	0.50
20	31.0	31.5	31.25	0.35	0.50
21	31.0	31.0	31.00	0.00	0.25
22	30.5	30.0	30.25	0.35	0.75
23	30.0	29.5	29.75	0.35	0.50
24	29.5	29.0	29.25	0.35	0.50
25	29.0	28.0	28.50	0.71	0.75
26	28.5	28.0	28.25	0.35	0.25
27	28.0	27.5	27.75	0.35	0.50
28	27.5	27.0	27.25	0.35	0.50
29	27.5	26.5	27.00	0.71	0.25
30	26.5	25.5	26.00	0.71	1.00
31	25.5	25.0	25.25	0.35	0.75
32	25.0	24.0	24.50	0.71	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.2 (ต่อ) การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		
33	24.5	24.0	24.25	0.35	0.25
34	24.0	23.0	23.50	0.71	0.75
35	24.0	23.0	23.50	0.71	0.00

ตารางที่ ค-3.3 การยุบตัวของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
0	50.0	50.0	50.00	0.00	0
1	48.0	49.0	48.50	0.71	1.50
2	46.0	46.0	46.00	0.00	2.50
3	45.0	43.5	44.25	1.06	1.75
4	44.0	43.0	43.50	0.71	0.75
5	43.0	42.0	42.50	0.71	1.00
6	42.5	41.5	42.00	0.71	0.50
7	42.0	41.0	41.50	0.71	0.50
8	41.5	40.5	41.00	0.71	0.50
9	41.0	40.5	40.75	0.35	0.25
10	40.5	40.0	40.25	0.35	0.50
11	40.5	40.0	40.25	0.35	0.00
12	40.0	40.0	40.00	0.00	0.25
13	39.5	39.5	39.50	0.00	0.50
14	39.5	38.5	39.00	0.71	0.50
15	39.0	37.0	38.00	1.41	1.00
16	38.5	37.0	37.75	1.06	0.25
17	38.0	36.5	37.25	1.06	0.50
18	37.5	36.5	37.00	0.71	0.25
19	37.0	36.0	36.50	0.71	0.50
20	36.0	35.5	35.75	0.35	0.75
21	35.0	35.0	35.00	0.00	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.3 (ต่อ) การยุบตัวของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		
22	34.5	34.5	34.50	0.00	0.50
23	34.0	34.0	34.00	0.00	0.50
24	33.5	34.0	33.75	0.35	0.25
25	33.0	33.5	33.25	0.35	0.50
26	32.5	33.0	32.75	0.35	0.50
27	32.5	32.5	32.50	0.00	0.25
28	32.0	32.0	32.00	0.00	0.50
29	31.5	32.0	31.75	0.35	0.25
30	31.5	31.5	31.50	0.00	0.25
31	31.5	31.5	31.50	0.00	0.00
32	31.0	31.5	31.25	0.35	0.25
33	31.0	31.0	31.00	0.00	0.25
34	30.5	31.0	30.75	0.35	0.25
35	30.5	31.0	30.75	0.35	0.00

ตารางที่ ค-3.4 การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
0	50.0	50.0	50	0.00	0
1	47.5	47.5	47.50	0.00	2.50
2	43.0	43.0	43.00	0.00	4.50
3	42.0	40.0	41.00	1.41	2.00
4	41.5	39.5	40.50	1.41	0.50
5	39.5	39.0	39.25	0.35	1.25
6	39.0	38.0	38.50	0.71	0.75
7	38.0	37.5	37.75	0.35	0.75
8	37.0	37.5	37.25	0.35	0.50
9	36.5	37.0	36.75	0.35	0.50
10	35.5	36.5	36.00	0.71	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.4 (ต่อ) การยุบตัวของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงจากก้นถัง (cm)			S.D.	อัตราการยุบตัว (cm)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		
11	35.0	36.5	35.75	1.06	0.25
12	34.5	35.5	35.00	0.71	0.75
13	34.0	35.0	34.50	0.71	0.50
14	33.5	34.0	33.75	0.35	0.75
15	33.0	33.5	33.25	0.35	0.50
16	32.5	32.5	32.50	0.00	0.75
17	32.0	32.0	32.00	0.00	0.50
18	31.0	31.5	31.25	0.35	0.75
19	30.5	31.0	30.75	0.35	0.50
20	30.0	30.5	30.25	0.35	0.50
21	29.5	30.0	29.75	0.35	0.50
22	29.0	30.0	29.50	0.71	0.25
23	28.0	29.5	28.75	1.06	0.75
24	27.0	28.5	27.75	1.06	1.00
25	26.5	28.0	27.25	1.06	0.50
26	26.0	27.5	26.75	1.06	0.50
27	25.5	27.0	26.25	1.06	0.50
28	25.5	26.0	25.75	0.35	0.50
29	25.0	25.5	25.25	0.35	0.50
30	24.5	25.0	24.75	0.35	0.50
31	24.0	24.5	24.25	0.35	0.50
32	23.5	24.0	23.75	0.35	0.50
33	23.0	23.5	23.25	0.35	0.50
34	22.5	23.0	22.75	0.35	0.50
35	22.0	22.5	22.25	0.35	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-4 ผลการศึกษาการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-4.1 การนำไฟฟ้าของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	1.24	1.33	1.29	1.29	0.0451
1	1.35	1.37	1.41	1.38	0.0306
2	1.47	1.47	1.51	1.48	0.0231
3	1.83	1.96	1.94	1.91	0.0700
4	2.16	1.99	2.08	2.08	0.0850
5	1.75	1.58	1.74	1.69	0.0954
6	1.94	1.97	1.88	1.93	0.0458
7	1.86	1.83	1.84	1.84	0.0153
8	1.93	1.91	1.94	1.93	0.0153
9	1.99	2.03	2.17	2.06	0.0945
10	2.22	2.17	2.22	2.20	0.0289
11	1.85	2.18	2.17	2.07	0.1877
12	1.94	2.03	2.07	2.01	0.0666
13	2.16	2.18	2.13	2.16	0.0252
14	2.10	2.15	2.18	2.14	0.0404
15	2.22	2.17	2.24	2.21	0.0361
16	2.24	2.29	2.23	2.25	0.0321
17	2.26	2.20	2.24	2.23	0.0306
18	2.28	2.33	2.29	2.30	0.0265
19	2.27	2.31	2.35	2.31	0.0400
20	2.33	2.33	2.35	2.34	0.0115
21	2.31	2.37	2.35	2.34	0.0306
22	2.30	2.34	2.29	2.31	0.0265
23	2.37	2.33	2.35	2.35	0.0200
24	2.36	2.37	2.34	2.36	0.0153
25	2.45	2.46	2.42	2.44	0.0208
26	2.7	2.52	2.51	2.58	0.1069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4.1 (ต่อ) การนำไฟฟ้าของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
27	2.48	2.50	2.49	2.49	0.0100
28	2.52	2.54	2.51	2.52	0.0153
29	2.59	2.58	2.60	2.59	0.0100
30	2.53	2.56	2.55	2.55	0.0153
31	2.58	2.57	2.62	2.59	0.0265
32	2.61	2.62	2.59	2.61	0.0153
33	2.64	2.65	2.68	2.66	0.0208
34	2.65	2.61	2.63	2.63	0.0200
35	2.61	2.67	2.66	2.65	0.0321

ตารางที่ ค-4.2 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	1.31	1.28	1.27	1.29	0.0208
1	1.33	1.42	1.35	1.37	0.0473
2	1.48	1.49	1.44	1.47	0.0265
3	1.76	1.78	1.62	1.72	0.0872
4	1.82	1.85	1.91	1.86	0.0458
5	1.93	1.85	1.93	1.90	0.0462
6	1.96	2.01	2.08	1.99	0.0603
7	1.92	1.96	2.03	1.97	0.0557
8	2.22	2.07	2.14	2.14	0.0751
9	2.11	2.35	1.97	2.14	0.1922
10	2.19	2.14	2.17	2.17	0.0252
11	2.24	1.98	2.11	2.11	0.1300
12	2.10	1.99	2.32	2.14	0.1680
13	2.07	2.15	2.04	2.09	0.0569
14	2.19	2.08	2.27	2.18	0.0954
15	2.21	2.25	2.19	2.22	0.0306

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4.2 (ต่อ) การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
16	2.44	2.36	2.43	2.41	0.0436
17	2.55	2.51	2.59	2.55	0.0400
18	2.51	2.65	2.60	2.59	0.0709
19	2.57	2.53	2.55	2.55	0.0200
20	2.51	2.55	2.49	2.52	0.0306
21	2.55	2.58	2.62	2.58	0.0351
22	2.68	2.51	2.53	2.57	0.0929
23	2.65	2.69	2.62	2.65	0.0351
24	2.67	2.73	2.63	2.68	0.0503
25	2.79	2.76	2.71	2.75	0.0404
26	2.85	2.78	2.83	2.82	0.0361
27	2.81	2.95	2.96	2.91	0.0839
28	2.93	2.97	2.94	2.95	0.0208
29	2.88	3.04	2.99	2.97	0.0819
30	3.07	3.05	3.09	3.07	0.0200
31	3.08	3.04	3.02	3.05	0.0306
32	3.02	3.07	3.04	3.04	0.0252
33	3.06	3.08	3.05	3.06	0.0153
34	3.13	3.11	3.09	3.11	0.0200
35	3.15	3.14	3.16	3.15	0.0100

ตารางที่ ค-4.3 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
0	1.58	1.61	1.53	1.57	0.0404
1	1.60	1.66	1.57	1.61	0.0458
2	1.95	2.02	1.98	1.98	0.0351
3	2.64	2.58	2.59	2.60	0.0321
4	2.53	2.52	2.54	2.53	0.0100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4.3 (ต่อ) การนำไฟฟ้าของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
4	2.53	2.52	2.54	2.53	0.0100
5	2.57	2.59	2.55	2.57	0.0200
6	2.56	2.59	2.59	2.58	0.0173
7	2.50	2.56	2.59	2.55	0.0458
8	2.56	2.58	2.54	2.56	0.0200
9	2.55	2.56	2.58	2.56	0.0153
10	2.52	2.56	2.59	2.56	0.0351
11	2.54	2.53	2.57	2.55	0.0208
12	2.59	2.51	2.54	2.55	0.0404
13	2.57	2.55	2.52	2.55	0.0252
14	2.63	2.69	2.62	2.65	0.0379
15	2.75	2.74	2.76	2.75	0.0100
16	2.77	2.83	2.82	2.83	0.0071
17	2.78	2.85	2.78	2.80	0.0404
18	2.84	2.79	2.81	2.81	0.0252
19	2.83	2.88	2.85	2.85	0.0252
20	2.86	2.84	2.89	2.86	0.0252
21	2.87	2.91	2.83	2.87	0.0400
22	2.93	2.95	2.92	2.93	0.0153
23	2.97	2.94	2.97	2.96	0.0173
24	3.09	3.05	3.04	3.06	0.0265
25	3.06	3.02	3.00	3.03	0.0306
26	3.05	3.09	3.03	3.06	0.0306
27	3.08	3.06	3.05	3.06	0.0153
28	3.08	3.13	3.07	3.09	0.0321
29	3.14	3.18	3.22	3.18	0.0400
30	3.26	3.27	3.18	3.24	0.0493
31	3.22	3.27	3.25	3.25	0.0252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4.3 (ต่อ) การนำไฟฟ้าของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
32	3.28	3.27	3.29	3.28	0.0100
33	3.31	3.23	3.35	3.30	0.0611
34	3.36	3.33	3.32	3.34	0.0208
35	3.37	3.39	3.38	3.38	0.0100

ตารางที่ ค-4.4 การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
0	1.58	1.59	1.63	1.60	0.0265
1	1.87	1.85	1.88	1.87	0.0153
2	2.54	2.63	2.57	2.58	0.0458
3	2.73	2.69	2.65	2.69	0.0400
4	2.57	2.62	2.64	2.61	0.0361
5	2.61	2.67	2.63	2.64	0.0306
6	2.68	2.73	2.70	2.70	0.0252
7	2.74	2.78	2.77	2.76	0.0208
8	2.83	2.85	2.83	2.84	0.0115
9	2.86	2.82	2.89	2.86	0.0351
10	2.92	2.84	2.83	2.86	0.0493
11	2.99	2.94	2.91	2.95	0.0404
12	3.05	2.97	2.95	2.99	0.0529
13	3.11	3.09	3.16	3.12	0.0361
14	3.19	3.23	3.18	3.20	0.0265
15	3.08	3.27	3.19	3.18	0.0954
16	3.14	3.15	3.17	3.15	0.0153
17	3.14	3.19	3.19	3.17	0.0289
18	3.12	3.17	3.18	3.16	0.0321
19	3.15	3.19	3.16	3.17	0.0208
20	3.19	3.24	3.20	3.21	0.0265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4.4 (ต่อ) การนำไฟฟ้าของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	S.D.
21	3.21	3.23	3.27	3.24	0.0306
22	3.26	3.21	3.26	3.24	0.0289
23	3.25	3.27	3.24	3.25	0.0153
24	3.33	3.27	3.25	3.28	0.0416
25	3.30	3.31	3.28	3.30	0.0153
26	3.28	3.37	3.35	3.33	0.0473
27	3.35	3.29	3.32	3.32	0.0300
28	3.37	3.36	3.39	3.37	0.0153
29	3.34	3.39	3.38	3.37	0.0265
30	3.42	3.41	3.45	3.43	0.0208
31	3.49	3.43	3.44	3.45	0.0321
32	3.47	3.42	3.51	3.47	0.0451
33	3.56	3.49	3.58	3.54	0.0473
34	3.52	3.57	3.55	3.55	0.0252
35	3.57	3.53	3.59	3.56	0.0306

ค-5 ผลการศึกษาความชื้นของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ค-5.1 ความชื้นของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่ 1	68.6566	5.5568	70.8433	60.65	61.20	0.8550
	ครั้งที่ 2	63.6020	5.5717	65.7880	60.77		
	ครั้งที่ 3	63.4236	5.3843	65.4597	62.18		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5.1 (ต่อ) ความชื้นของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่ 1	68.6581	5.1229	70.6973	60.19	59.14	1.7858
	ครั้งที่ 2	63.6037	5.3346	65.8933	57.08		
	ครั้งที่ 3	63.4293	5.1164	65.4681	60.15		
21	ครั้งที่ 1	68.6572	5.2981	70.8755	58.13	57.01	0.9910
	ครั้งที่ 2	63.6026	5.1841	65.8489	56.67		
	ครั้งที่ 3	64.7471	5.4008	67.1105	56.24		
28	ครั้งที่ 1	67.8519	5.5703	70.3413	55.31	54.98	0.6149
	ครั้งที่ 2	62.2286	5.6141	64.7959	54.27		
	ครั้งที่ 3	63.9251	5.6122	66.4304	55.36		
35	ครั้งที่ 1	62.4334	5.3651	64.9486	53.12	53.30	0.9974
	ครั้งที่ 2	63.4283	5.5534	65.9618	54.38		
	ครั้งที่ 3	67.8512	5.4793	70.4588	52.41		

ตารางที่ ค-5.2ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่ 1	62.2194	5.1957	64.2639	60.65	60.21	0.3795
	ครั้งที่ 2	62.2705	5.8647	64.6180	59.97		
	ครั้งที่ 3	62.4305	5.6394	64.6854	60.02		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5.2 (ต่อ) ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่ 1	62.2211	5.3764	64.5092	57.44	58.14	0.6211
	ครั้งที่ 2	62.2714	5.4068	64.5088	58.62		
	ครั้งที่ 3	64.7516	5.6912	67.1206	58.37		
21	ครั้งที่ 1	63.0758	5.9817	65.6653	56.71	55.52	1.1610
	ครั้งที่ 2	65.6817	5.9638	68.4018	54.39		
	ครั้งที่ 3	62.4328	5.7861	65.0099	55.46		
28	ครั้งที่ 1	63.4293	5.3906	65.9494	53.25	54.22	0.8582
	ครั้งที่ 2	67.3464	5.2718	69.7250	54.88		
	ครั้งที่ 3	63.6032	5.3140	66.0195	54.53		
35	ครั้งที่ 1	67.3466	5.5771	70.0877	50.85	52.13	1.3055
	ครั้งที่ 2	63.0769	5.4238	65.6011	53.46		
	ครั้งที่ 3	65.6834	5.2283	68.1883	52.09		

ตารางที่ ค-5.3 ความชื้นของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่ 1	63.9216	5.7067	66.2710	58.83	60.98	2.2777
	ครั้งที่ 2	63.0747	5.8170	65.3590	60.73		
	ครั้งที่ 3	64.7468	5.2419	66.6671	63.37		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5.3 (ต่อ) ความชื้นของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่ 1	63.922	5.1157	66.0076	59.23	59.74	0.6148
	ครั้งที่ 2	67.8512	5.1751	69.9442	59.56		
	ครั้งที่ 3	67.3646	5.9453	69.7177	60.42		
21	ครั้งที่ 1	62.2712	5.1882	64.3688	59.57	58.21	1.2088
	ครั้งที่ 2	67.8503	5.3151	70.1225	57.25		
	ครั้งที่ 3	63.4257	5.2307	65.6320	57.82		
28	ครั้งที่ 1	68.6582	5.4731	71.0686	55.96	56.12	0.1524
	ครั้งที่ 2	65.6835	5.5113	68.1002	56.15		
	ครั้งที่ 3	63.0771	5.6082	65.5301	56.26		
35	ครั้งที่ 1	68.6582	5.4449	71.1830	53.63	53.90	0.9200
	ครั้งที่ 2	62.2281	5.5187	64.7159	54.92		
	ครั้งที่ 3	63.9242	5.4643	66.4848	53.14		

ตารางที่ ค-5.4 ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่ 1	67.8492	5.1107	70.0109	57.70	59.16	1.5893
	ครั้งที่ 2	65.6812	5.2655	67.7425	60.85		
	ครั้งที่ 3	67.3451	5.0137	69.4052	58.91		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5.4 (ต่อ) ความชื้นของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักถ้วย (g)		น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วย+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่ 1	65.6823	5.9876	68.2689	56.80	58.80	1.7361
	ครั้งที่ 2	63.0762	5.5855	65.3295	59.66		
	ครั้งที่ 3	62.4356	5.5621	64.6639	59.94		
21	ครั้งที่ 1	63.9221	5.2834	66.2912	55.16	55.11	0.3988
	ครั้งที่ 2	67.3459	5.2112	69.7072	54.69		
	ครั้งที่ 3	62.2209	5.6324	64.7284	55.48		
28	ครั้งที่ 1	62.4341	5.1873	64.9116	52.24	52.48	0.8372
	ครั้งที่ 2	64.7483	5.1607	67.2363	51.79		
	ครั้งที่ 3	62.2729	5.1729	64.6829	53.41		
35	ครั้งที่ 1	64.7486	5.1007	67.2852	50.27	50.98	0.6319
	ครั้งที่ 2	62.2728	5.1284	64.7760	51.19		
	ครั้งที่ 3	63.6027	5.1624	66.1075	51.48		

ค-6 ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนของปุ๋ยหมัก

การคำนวณ %OC

$$\%OC = \frac{[N_1V_1K_2Cr_2O_7 - N_2V_2FAS]\times 0.003\times 100\times f}{\text{gm dry sample}}$$

N_1 = นอร์มอลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

V_1 = มล. ของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

N_2 = นอร์มอลของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

V_2 = มล. ของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

f = correction factor เท่ากับ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6.1 ปริมาณคาร์บอนของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.0828	7.90	28.50	28.71	0.1932
	ครั้งที่2	0.0831	7.70	28.86		
	ครั้งที่3	0.0840	7.60	28.79		
14	ครั้งที่1	0.0845	8.50	26.54	26.58	0.0421
	ครั้งที่2	0.0857	8.30	26.62		
	ครั้งที่3	0.0866	8.20	26.57		
21	ครั้งที่1	0.0813	9.10	26.14	25.99	0.1782
	ครั้งที่2	0.0809	9.20	26.03		
	ครั้งที่3	0.0824	9.10	25.79		
28	ครั้งที่1	0.0873	9.10	24.35	24.37	0.2400
	ครั้งที่2	0.0871	9.00	24.63		
	ครั้งที่3	0.0864	9.30	24.15		
35	ครั้งที่1	0.0821	10.10	23.51	23.44	0.0769
	ครั้งที่2	0.0818	10.20	23.36		
	ครั้งที่3	0.0823	10.10	23.46		

ตารางที่ ค-6.2 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.0837	8.00	27.96	27.88	0.1645
	ครั้งที่2	0.0843	7.90	27.99		
	ครั้งที่3	0.0831	8.20	27.69		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6.2 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่1	0.0836	9.00	25.66	25.59	0.1561
	ครั้งที่2	0.0867	8.70	25.42		
	ครั้งที่3	0.0842	8.90	25.71		
21	ครั้งที่1	0.0811	10.20	23.56	23.70	0.1378
	ครั้งที่2	0.0818	10.00	23.84		
	ครั้งที่3	0.0815	10.10	23.69		
28	ครั้งที่1	0.0863	10.00	22.60	22.65	0.0527
	ครั้งที่2	0.0859	10.00	22.70		
	ครั้งที่3	0.0878	9.80	22.65		
35	ครั้งที่1	0.0811	11.00	21.64	21.63	0.0407
	ครั้งที่2	0.0813	11.00	21.59		
	ครั้งที่3	0.0819	10.90	21.67		

ตารางที่ ค-6.3 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.0847	7.60	28.55	28.64	0.0795
	ครั้งที่2	0.0829	7.80	28.70		
	ครั้งที่3	0.0823	7.90	28.67		
14	ครั้งที่1	0.0837	8.70	26.33	26.33	0.0187
	ครั้งที่2	0.0845	8.60	26.31		
	ครั้งที่3	0.0829	8.80	26.34		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6.3 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
21	ครั้งที่1	0.0803	9.40	25.74	25.62	0.1405
	ครั้งที่2	0.0821	9.20	25.65		
	ครั้งที่3	0.0827	9.20	25.47		
28	ครั้งที่1	0.0872	9.10	24.38	24.35	0.1001
	ครั้งที่2	0.0854	9.30	24.43		
	ครั้งที่3	0.0885	9.00	24.24		
35	ครั้งที่1	0.0807	10.60	22.71	22.74	0.0404
	ครั้งที่2	0.0813	10.50	22.79		
	ครั้งที่3	0.0824	10.40	22.72		

ตารางที่ ค-6.4 ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.0864	8.20	26.63	27.02	0.7290
	ครั้งที่2	0.0840	8.00	27.86		
	ครั้งที่3	0.0859	8.30	26.56		
14	ครั้งที่1	0.0843	9.10	25.21	25.28	0.0649
	ครั้งที่2	0.0856	8.90	25.29		
	ครั้งที่3	0.0831	9.20	25.34		
21	ครั้งที่1	0.0814	10.10	23.72	23.66	0.0779
	ครั้งที่2	0.0819	10.10	23.57		
	ครั้งที่3	0.0823	10.00	23.69		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6.4 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (%)	S.D.
28	ครั้งที่1	0.0862	10.50	21.49	21.58	0.0807
	ครั้งที่2	0.0865	10.40	21.64		
	ครั้งที่3	0.0848	10.60	21.62		
35	ครั้งที่1	0.0813	11.30	20.87	20.87	0.0335
	ครั้งที่2	0.0821	11.20	20.90		
	ครั้งที่3	0.0833	11.10	20.83		

ค-7 ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมัก

การคำนวณ %N

$$\%N = \frac{(a-b)xcx1.401}{g}$$

a = มล. ของกรดที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

b = มล. ของกรดที่ใช้ไทเทรต blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ตารางที่ ค-7.1 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.8191	29.40	0.97	0.97	0.0040
	ครั้งที่2	0.8095	28.90	0.96		
	ครั้งที่3	0.8115	29.20	0.97		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7.1 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
14	ครั้งที่1	0.8017	30.10	1.01	1.01	0.0047
	ครั้งที่2	0.8029	30.00	1.01		
	ครั้งที่3	0.8036	30.30	1.02		
21	ครั้งที่1	0.8285	32.60	1.06	1.06	0.0064
	ครั้งที่2	0.8334	32.80	1.06		
	ครั้งที่3	0.8345	32.50	1.05		
28	ครั้งที่1	0.8451	33.70	1.08	1.08	0.0048
	ครั้งที่2	0.8465	34.00	1.09		
	ครั้งที่3	0.8507	33.90	1.08		
35	ครั้งที่1	0.8102	33.2	1.11	1.11	0.0058
	ครั้งที่2	0.8115	33.3	1.11		
	ครั้งที่3	0.8098	33.5	1.12		

ตารางที่ ค-7.2 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.8085	27.90	0.93	0.93	0.0110
	ครั้งที่2	0.8062	28.30	0.94		
	ครั้งที่3	0.8155	28.00	0.92		
14	ครั้งที่1	0.8082	28.50	0.95	0.95	0.0130
	ครั้งที่2	0.8121	28.20	0.93		
	ครั้งที่3	0.8017	28.60	0.96		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7.2 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
21	ครั้งที่1	0.8231	32.00	1.05	1.05	0.0073
	ครั้งที่2	0.8249	31.80	1.04		
	ครั้งที่3	0.8267	32.30	1.05		
28	ครั้งที่1	0.8498	34.10	1.08	1.08	0.0067
	ครั้งที่2	0.8502	33.90	1.08		
	ครั้งที่3	0.8473	34.20	1.09		
35	ครั้งที่1	0.8011	34.10	1.15	1.14	0.0068
	ครั้งที่2	0.8034	33.80	1.14		
	ครั้งที่3	0.8029	34.00	1.14		

ตารางที่ ค-7.3 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.8149	29.20	0.97	0.97	0.0041
	ครั้งที่2	0.8026	29.00	0.97		
	ครั้งที่3	0.8048	28.90	0.97		
14	ครั้งที่1	0.8037	30.70	1.03	1.02	0.0055
	ครั้งที่2	0.8046	30.50	1.02		
	ครั้งที่3	0.8092	30.60	1.02		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7.3 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
21	ครั้งที่1	0.8193	32.50	1.07	1.07	0.0048
	ครั้งที่2	0.822	32.70	1.07		
	ครั้งที่3	0.8241	32.50	1.07		
28	ครั้งที่1	0.8473	34.10	1.09	1.09	0.0063
	ครั้งที่2	0.8498	34.30	1.09		
	ครั้งที่3	0.843	34.30	1.10		
35	ครั้งที่1	0.8	33.20	1.12	1.12	0.0053
	ครั้งที่2	0.8	33.00	1.11		
	ครั้งที่3	0.8	33.30	1.12		

ตารางที่ ค-7.4 ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

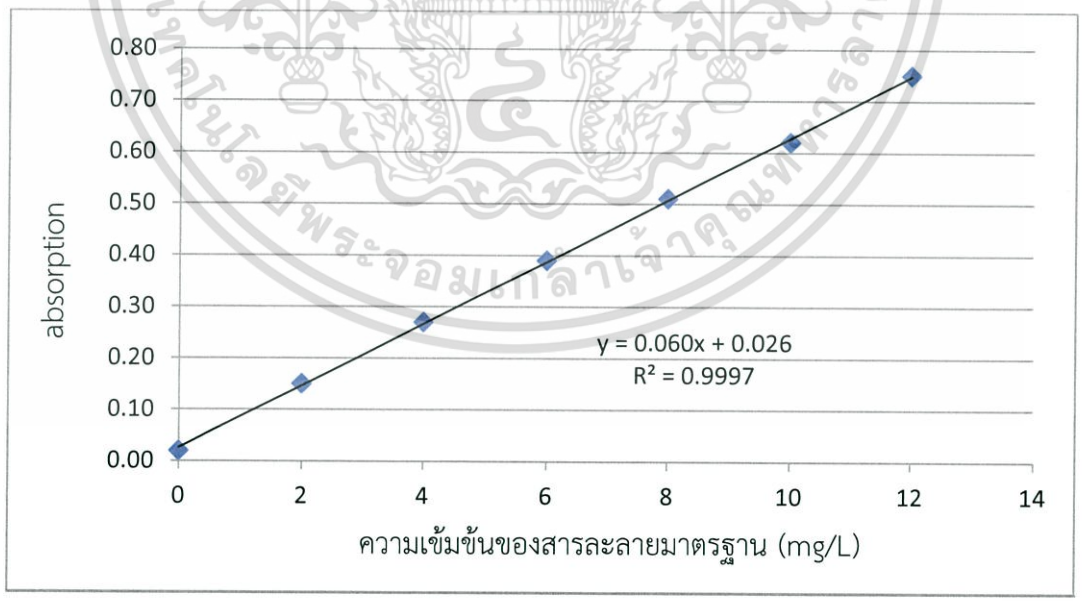
ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
7	ครั้งที่1	0.8135	28.10	0.93	0.94	0.0069
	ครั้งที่2	0.8026	28.00	0.94		
	ครั้งที่3	0.8048	28.20	0.94		
14	ครั้งที่1	0.808	31.30	1.05	1.05	0.0065
	ครั้งที่2	0.8143	31.80	1.05		
	ครั้งที่3	0.8010	31.40	1.06		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7.4 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (ml)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%)	S.D.
21	ครั้งที่1	0.8309	33.20	1.08	1.08	0.0057
	ครั้งที่2	0.8312	33.50	1.09		
	ครั้งที่3	0.8211	32.80	1.08		
28	ครั้งที่1	0.8443	35.00	1.12	1.12	0.0024
	ครั้งที่2	0.8521	35.30	1.12		
	ครั้งที่3	0.8427	34.80	1.12		
35	ครั้งที่1	0.8067	34.40	1.15	1.15	0.0015
	ครั้งที่2	0.8099	34.60	1.16		
	ครั้งที่3	0.8072	34.50	1.16		

ค-8 ผลการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมัก



รูปที่ ค-1 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ %P

$$\%P = \frac{rx100xd.f.x100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น ppm

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

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูป P_2O_5 ใช้ factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้

ตารางที่ ค-8.1 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0040	3.28	0.33	0.75
	ครั้งที่ 2	1.0086	3.98	0.39	0.90
	ครั้งที่ 3	1.0073	3.78	0.38	0.86
	เฉลี่ย			0.37	0.84
	S.D.			0.0350	0.0802
14	ครั้งที่ 1	1.0034	4.54	0.45	1.04
	ครั้งที่ 2	1.0127	4.62	0.46	1.05
	ครั้งที่ 3	1.0048	4.38	0.44	1.00
	เฉลี่ย			0.45	1.03
	S.D.			0.0108	0.0248
21	ครั้งที่ 1	1.1964	7.25	0.61	1.39
	ครั้งที่ 2	1.1128	6.84	0.61	1.41
	ครั้งที่ 3	1.0536	6.49	0.62	1.41
	เฉลี่ย			0.61	1.40
	S.D.			0.0054	0.0124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-8.1 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
28	ครั้งที่ 1	1.2437	9.84	0.79	1.81
	ครั้งที่ 2	1.3006	10.16	0.78	1.79
	ครั้งที่ 3	1.2495	9.93	0.79	1.82
	เฉลี่ย			0.79	1.81
	S.D.			0.0070	0.0161
35	ครั้งที่ 1	1.0764	9.45	0.88	2.01
	ครั้งที่ 2	1.1496	10.10	0.88	2.01
	ครั้งที่ 3	1.1778	10.27	0.87	2.00
	เฉลี่ย			0.88	2.01
	S.D.			0.0036	0.0083

หมายเหตุ : dilution factor = 10/1

ตารางที่ ค-8.2 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0429	4.23	0.41	0.93
	ครั้งที่ 2	1.0325	4.01	0.39	0.89
	ครั้งที่ 3	1.0547	3.86	0.37	0.84
	เฉลี่ย			0.39	0.89
	S.D.			0.0199	0.0455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-8.2 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
14	ครั้งที่ 1	1.0249	5.38	0.52	1.20
	ครั้งที่ 2	1.0231	5.49	0.54	1.23
	ครั้งที่ 3	1.0682	5.64	0.53	1.21
	เฉลี่ย			0.53	1.21
	S.D.			0.0061	0.0139
21	ครั้งที่ 1	1.2387	8.35	0.67	1.54
	ครั้งที่ 2	1.2675	8.47	0.67	1.53
	ครั้งที่ 3	1.2209	8.32	0.68	1.56
	เฉลี่ย			0.67	1.55
	S.D.			0.0066	0.0152
28	ครั้งที่ 1	1.2156	10.17	0.84	1.92
	ครั้งที่ 2	1.2249	10.15	0.83	1.90
	ครั้งที่ 3	1.2178	10.20	0.84	1.92
	เฉลี่ย			0.83	1.91
	S.D.			0.0049	0.0112
35	ครั้งที่ 1	1.1085	10.12	0.91	2.09
	ครั้งที่ 2	1.1128	9.98	0.90	2.06
	ครั้งที่ 3	1.1803	10.61	0.90	2.06
	เฉลี่ย			0.90	2.07
	S.D.			0.0088	0.0201

หมายเหตุ : dilution factor = 10/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-8.3 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0704	9.15	0.85	1.96
	ครั้งที่ 2	1.0395	8.77	0.84	1.93
	ครั้งที่ 3	1.0857	9.09	0.84	1.92
	เฉลี่ย			0.85	1.94
	S.D.			0.0089	0.0205
14	ครั้งที่ 1	1.0027	9.76	0.97	2.23
	ครั้งที่ 2	1.0479	10.14	0.97	2.22
	ครั้งที่ 3	1.0563	10.35	0.98	2.25
	เฉลี่ย			0.97	2.23
	S.D.			0.0061	0.0140
21	ครั้งที่ 1	1.1545	2.57	1.11	2.55
	ครั้งที่ 2	1.1509	2.53	1.10	2.52
	ครั้งที่ 3	1.2490	2.78	1.11	2.55
	เฉลี่ย			1.11	2.54
	S.D.			0.0080	0.0183
28	ครั้งที่ 1	1.3155	3.30	1.25	2.87
	ครั้งที่ 2	1.3426	3.36	1.25	2.87
	ครั้งที่ 3	1.2749	3.21	1.26	2.88
	เฉลี่ย			1.25	2.88
	S.D.			0.0038	0.0088
35	ครั้งที่ 1	1.1792	3.15	1.34	3.06
	ครั้งที่ 2	1.0538	2.83	1.34	3.08
	ครั้งที่ 3	1.1656	3.11	1.33	3.06
	เฉลี่ย			1.34	3.06
	S.D.			0.0046	0.0106

หมายเหตุ : วันที่ 7-14 ใช้ dilution factor = 10/1 และ วันที่ 21-35 ใช้ dilution factor = 50/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

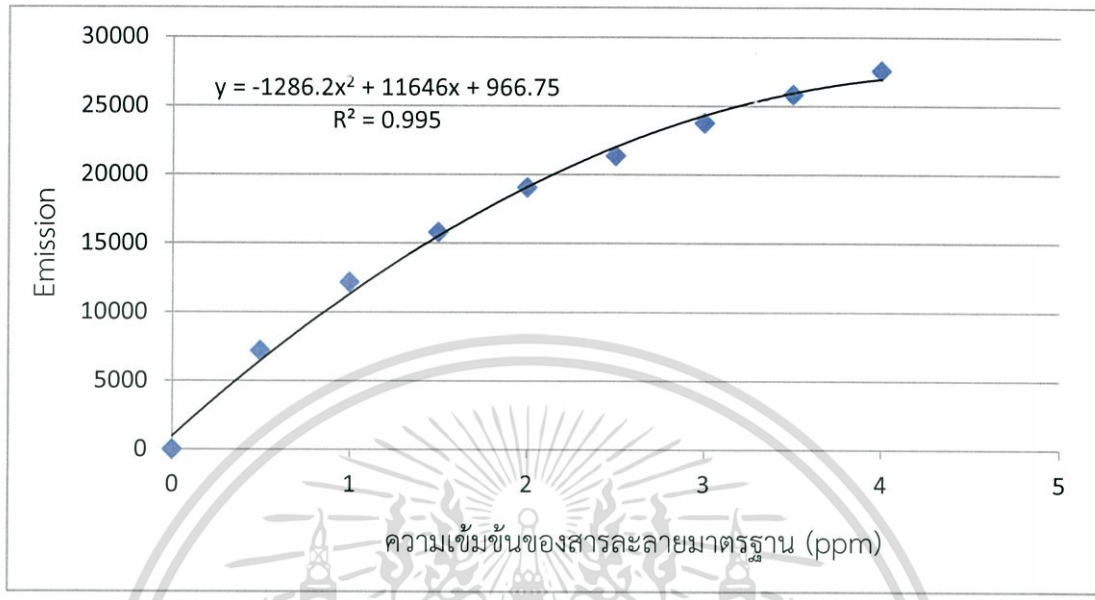
ตารางที่ ค-8.4 ปริมาณฟอสฟอรัสของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P2O5 (%)
7	ครั้งที่ 1	1.1536	9.76	0.85	1.94
	ครั้งที่ 2	1.2409	10.48	0.84	1.94
	ครั้งที่ 3	1.0639	9.01	0.85	1.94
	เฉลี่ย			0.85	1.94
	S.D.			0.0012	0.0027
14	ครั้งที่ 1	1.0368	10.67	1.03	2.36
	ครั้งที่ 2	1.0034	10.16	1.01	2.32
	ครั้งที่ 3	1.0462	10.53	1.01	2.31
	เฉลี่ย			1.02	2.33
	S.D.			0.0117	0.0268
21	ครั้งที่ 1	1.1652	2.73	1.17	2.68
	ครั้งที่ 2	1.1534	2.72	1.18	2.70
	ครั้งที่ 3	1.1773	2.77	1.18	2.70
	เฉลี่ย			1.18	2.69
	S.D.			0.0039	0.0089
28	ครั้งที่ 1	1.2810	3.28	1.28	2.93
	ครั้งที่ 2	1.2983	3.36	1.29	2.97
	ครั้งที่ 3	1.3427	3.48	1.30	2.97
	เฉลี่ย			1.29	2.96
	S.D.			0.0085	0.0196
35	ครั้งที่ 1	1.0650	3.02	1.42	3.25
	ครั้งที่ 2	1.1382	3.19	1.40	3.21
	ครั้งที่ 3	1.1528	3.23	1.40	3.21
	เฉลี่ย			1.41	3.22
	S.D.			0.0096	0.0221

หมายเหตุ : วันที่ 7-14 ใช้ dilution factor = 10/1 และ วันที่ 21-35 ใช้ dilution factor = 50/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-9 ผลการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมัก



รูปที่ ค-2 กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม

การคำนวณ %K

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

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น ppm

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

d.f. = dilution factor ควรจะเป็น 10/1 หรือ 20/1 หรือมากกว่า ถ้าไม่ได้เจือจางสารละลายตัดค่า d.f. ออกไป

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูป K_2O ใช้ factor 1.205 คูณค่า K ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9.1 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0040	0.55	0.55	0.66
	ครั้งที่ 2	1.0086	0.67	0.66	0.80
	ครั้งที่ 3	1.0073	0.58	0.58	0.69
	เฉลี่ย			0.60	0.72
	S.D.			0.0608	0.0733
14	ครั้งที่ 1	1.0034	0.68	0.68	0.82
	ครั้งที่ 2	1.0127	0.55	0.54	0.65
	ครั้งที่ 3	1.0048	0.67	0.67	0.80
	เฉลี่ย			0.63	0.76
	S.D.			0.0748	0.0901
21	ครั้งที่ 1	1.1964	0.71	0.59	0.72
	ครั้งที่ 2	1.1128	0.72	0.65	0.78
	ครั้งที่ 3	1.0536	0.73	0.69	0.83
	เฉลี่ย			0.64	0.78
	S.D.			0.0498	0.0600
28	ครั้งที่ 1	1.2437	0.87	0.70	0.84
	ครั้งที่ 2	1.3006	0.93	0.72	0.86
	ครั้งที่ 3	1.2495	0.91	0.73	0.88
	เฉลี่ย			0.71	0.86
	S.D.			0.0144	0.0173
35	ครั้งที่ 1	1.0764	0.91	0.85	1.02
	ครั้งที่ 2	1.1496	0.97	0.84	1.02
	ครั้งที่ 3	1.1778	0.98	0.83	1.00
	เฉลี่ย			0.84	1.01
	S.D.			0.0073	0.0088

หมายเหตุ : dilution factor = 100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9.2 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมเชื้อราขาว

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0429	0.71	0.68	0.82
	ครั้งที่ 2	1.0325	0.67	0.65	0.78
	ครั้งที่ 3	1.0547	0.68	0.64	0.78
	เฉลี่ย			0.66	0.79
	S.D.			0.0197	0.0238
14	ครั้งที่ 1	1.0249	0.72	0.70	0.85
	ครั้งที่ 2	1.0231	0.72	0.70	0.85
	ครั้งที่ 3	1.0682	0.78	0.73	0.88
	เฉลี่ย			0.71	0.86
	S.D.			0.0156	0.0189
21	ครั้งที่ 1	1.2387	0.97	0.78	0.94
	ครั้งที่ 2	1.2675	1.01	0.80	0.96
	ครั้งที่ 3	1.2209	0.94	0.77	0.93
	เฉลี่ย			0.78	0.94
	S.D.			0.0135	0.0162
28	ครั้งที่ 1	1.2156	0.98	0.81	0.97
	ครั้งที่ 2	1.2249	1.03	0.84	1.01
	ครั้งที่ 3	1.2178	1.01	0.83	1.00
	เฉลี่ย			0.83	0.99
	S.D.			0.0177	0.0213
35	ครั้งที่ 1	1.1085	0.93	0.84	1.01
	ครั้งที่ 2	1.1128	0.95	0.85	1.03
	ครั้งที่ 3	1.1803	1.02	0.86	1.04
	เฉลี่ย			0.85	1.03
	S.D.			0.0127	0.0153

หมายเหตุ : dilution factor = 100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9.3 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
7	ครั้งที่ 1	1.0704	1.94	1.81	2.18
	ครั้งที่ 2	1.0395	1.80	1.73	2.09
	ครั้งที่ 3	1.0857	1.98	1.82	2.20
	เฉลี่ย			1.79	2.16
	S.D.			0.0502	0.0605
14	ครั้งที่ 1	1.0027	1.87	1.86	2.25
	ครั้งที่ 2	1.0479	1.89	1.80	2.17
	ครั้งที่ 3	1.0563	1.94	1.84	2.21
	เฉลี่ย			1.84	2.21
	S.D.			0.0307	0.0370
21	ครั้งที่ 1	1.1545	2.15	1.86	2.24
	ครั้งที่ 2	1.1509	2.17	1.89	2.27
	ครั้งที่ 3	1.2490	2.34	1.87	2.26
	เฉลี่ย			1.87	2.26
	S.D.			0.0116	0.0140
28	ครั้งที่ 1	1.3155	2.53	1.92	2.32
	ครั้งที่ 2	1.3426	2.55	1.90	2.29
	ครั้งที่ 3	1.2749	2.46	1.93	2.33
	เฉลี่ย			1.92	2.31
	S.D.			0.0160	0.0192
35	ครั้งที่ 1	1.1792	2.28	1.93	2.33
	ครั้งที่ 2	1.0538	2.13	2.02	2.44
	ครั้งที่ 3	1.1656	2.45	2.10	2.53
	เฉลี่ย			2.02	2.43
	S.D.			0.0842	0.1015

หมายเหตุ : dilution factor = 100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9.4 ปริมาณโพแทสเซียมของบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)		ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)
7	ครั้งที่ 1	1.1536	2.12	1.84	2.21
	ครั้งที่ 2	1.2409	2.31	1.86	2.24
	ครั้งที่ 3	1.0639	1.98	1.86	2.24
	เฉลี่ย			1.85	2.23
	S.D.			0.0136	0.0164
14	ครั้งที่ 1	1.0368	1.97	1.90	2.29
	ครั้งที่ 2	1.0034	1.90	1.89	2.28
	ครั้งที่ 3	1.0462	1.95	1.86	2.25
	เฉลี่ย			1.89	2.27
	S.D.			0.0193	0.0232
21	ครั้งที่ 1	1.1652	2.26	1.94	2.34
	ครั้งที่ 2	1.1534	2.24	1.94	2.34
	ครั้งที่ 3	1.1773	2.29	1.95	2.34
	เฉลี่ย			1.94	2.34
	S.D.			0.0028	0.0033
28	ครั้งที่ 1	1.2810	2.61	2.04	2.46
	ครั้งที่ 2	1.2983	2.61	2.01	2.42
	ครั้งที่ 3	1.3427	2.72	2.03	2.44
	เฉลี่ย			2.02	2.44
	S.D.			0.0136	0.02
35	ครั้งที่ 1	1.0650	2.23	2.09	2.52
	ครั้งที่ 2	1.1382	2.37	2.08	2.51
	ครั้งที่ 3	1.1528	2.39	2.07	2.50
	เฉลี่ย			2.08	2.51
	S.D.			0.0104	0.0125

หมายเหตุ : dilution factor = 100/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-1 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน

การคำนวณ

ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ = ผลบวกของ (จำนวนต้นกล้าที่งอก/จำนวนวันหลังเพาะ)

ตารางที่ ง-1 ดัชนีการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีน

ระยะเวลา (วัน)	ดิน100%	บ่อ1+ดิน 1:1	บ่อ2+ดิน1:1	บ่อ3+ดิน1:1	บ่อ4+ดิน1:1
1	4	5	5	6	7
2	4	3	3	3	3
3	2	1	2	1	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-
ดัชนีการงอก	6.67	6.83	7.17	7.83	8.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-2 ผลการศึกษาความยาวของลำต้นและจำนวนใบของผักบุ้งจีน ที่ระยะเวลา 14 วัน

ตารางที่ ง-2 ความยาวของลำต้นและจำนวนใบของผักบุ้งจีน ที่ระยะเวลา 14 วัน

ดิน + ปุ๋ยบ่อควบคุม 1:1		ดิน + ปุ๋ยบ่อเติมเชื้อราขาว 1:1		ดิน + ปุ๋ยเติมกากตะกอน 1:1		ดิน + ปุ๋ยบ่อเติมเชื้อราขาวและกากตะกอน 1:1	
ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ
10.4	2	10.0	2	13.8	2	12.3	2
11.7	2	12.9	2	14.1	2	12.7	2
9.2	2	8.6	2	10.7	2	11.5	2
-	-	10.8	2	7.9	2	10.7	2
10.8	2	9.4	2	11.5	2	9.5	2
8.5	2	14.2	2	12.0	2	11.6	2
12.3	2	10.1	2	10.3	2	13.8	2
10.5	2	12.9	2	12.6	2	10.2	2
13.9	2	8.3	2	11.2	2	14.5	2
9.8	2	11.5	2	12.5	2	10.6	2
10.79	2.00	10.87	2.00	11.66	2.00	11.74	2.00
1.6496	0.0000	1.9721	0.0000	1.8069	0.0000	1.5967	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้