การผลิตปุ๋ยหมักจากผลพลอยได้ของโรงงานอุตสาหกรรมและวัชพืชน้ำ โดยวิธีเติมอากาศแบบใช้ปล่องระบายความร้อน

COMPOST PRODUCTION FROM ORGANIC WASTE OF FOOD INDUSTRY AND WEED USING AERATION BY CHIMNEY CONVECTION

นางสาวปัญญาพร ดินแท่งคง

นายรัชพล ประดิษฐ์พงษ์

นางสาวศศิธร เอมอำไพ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ โดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน

COMPOST PRODUCTION FROM ORGANIC WASTE OF FOOD INDUSTRY AND WEED USING AERATION BY CHIMNEY CONVECTION

นางสาวปัญญาพร อินทร์คง

นายรัชพล ประดิษฐ์พงษ์

นางสาวศศิธร เอมอำไพ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

COMPOST PRODUCTION FROM ORGANIC WASTE OF FOOD INDUSTRY AND WEED USING AERATION BY CHIMNEY CONVECTION

MISS PANYAPORN INKONG

MISTER RATCHAPON PRADITPONG

MISS SASITHON EMAMPAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ โดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน Compost Production from Organic Waste of Food Industry and Weed using Aeration by Chimney Convection
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปัญญาพร อินทร์คง นายรัชพล ประดิษฐ์พงษ์ นางสาวศศิธร เอมอำไพ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ. ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์	
ผศ. ดร. สุวรรณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ โดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปัญญาพร อินทร์คง นายรัชพล ประดิษฐ์พงษ์ นางสาวศศิธร เอมอำไพ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำโดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย จาก ใบเตย เผือก และผักตบชวา ได้แก่ ความชื้น อัตราการยุบตัว และอุณหภูมิ และศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมัก โดยศึกษาปัจจัยดังนี้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ความชื้น ระยะเวลาในการหมัก ธาตุอาหารของพืช (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม) และดัชนีการงอกของเมล็ด จากผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยที่หมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน มีประสิทธิภาพและคุณภาพใกล้เคียงกับถังควบคุมที่ไม่มีการเติมอากาศ โดยมีค่าความชื้นของถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุมเท่ากับ 85.89% 82.30% และ 85.64% ตามลำดับ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุม เท่ากับ 4.78:1, 4.14:1 และ 3.77:1 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุม เท่ากับ 7.79, 7.93 และ 7.70 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุมเท่ากับ 1.98 mS/cm, 2.11 mS/cm และ 1.92 mS/cm ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุม 2.96%, 3.19% และ 3.29% ตามลำดับ และโพแทสเซียมถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุม เท่ากับ 1.5%, 1.24% และ 1.37% ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร (2548) อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัส ถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุมมีค่า 0.45%, 0.27% และ 0.31% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกรมวิชาการเกษตร ดัชนีการงอกของเมล็ดที่ใช้ปุ๋ยจากถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ : ปุ๋ยหมัก, การเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน, ใบเตย, เผือก, ผักตบชวา

Special Project Title	Compost Production from Organic Waste of Food Industry and Weed using Aeration by Chimney Convection
Student Names	Miss Panyaporn Inkong Mister Ratchapon Praditpong Miss Sasithon Emampai
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2014
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

Abstract

This special project studied compost production from organic waste of food industry and weed using aeration by chimney convection. Fermentation conditions of taro, pandanus palm and water hyacinth e.g. moisture content, sink rate and temperature were investigated. Efficiency and quality of composts were examined such as C/N ratio, pH, conductivity, moisture, fermentation time, nutrients (N, P, K) and germination index of seed. The experimental results showed that fermentation conditions in tank 1, 2 and control were similar. Efficiency and quality of compost by chimney convection technique were similar to those of control (non-aeration technique). Moisture contents of tank 1, tank 2 and control were 85.89%, 82.30% and 85.64%, respectively. C/N ratios of tank 1, tank 2 and control were 4.78:1, 4.14:1 and 3.77:1, respectively. pH values of tank 1, tank 2 and control were 7.79, 7.93 and 7.70, respectively. EC contents of tank 1, tank 2 and control were 1.98 mS/cm, 2.11 mS/cm and 1.92 mS/cm, respectively. Nitrogen nutrients of tank 1, tank 2 and control were 2.96%, 3.19% and 3.29%, respectively. Potassium nutrients of tank 1, tank 2 and control were 1.5%, 1.24% and 1.37%, respectively. All parameters were within the standard of Department of Agriculture (2005). However, that the amount of phosphorus nutrients of tank 1, tank 2 and control were 0.45%, 0.27% and 0.31%, which less than the standard of Department of Agriculture. The germination indices of seed growing by compost of tank 1, tank 2 and control were similar.

Keywords: compost, aeration by chimney convection, taro, pandanus palm, water hyacinth

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุวรรณี จรรยาพูน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือคณะผู้จัดทำในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์, ผศ. ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ ที่กรุณาเสนอแนะและแก้ไขเพิ่มเติมในโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ บริษัท เพรซิเดนท์เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เผือกและใบเตยมาใช้ในโครงงานพิเศษนี้

นางสาวปัญญาพร อินทร์คง
นายรัชพล ประดิษฐ์พงษ์
นางสาวศศิธร เอมอำไพ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	XII
คำย่อและสัญลักษณ์	XIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ขยะอินทรีย์	3
2.2 วัชพืชน้ำ	3
2.3 ปุ๋ยหมัก	3
2.3.1 ประเภทของการหมักปุ๋ย	4
2.3.2 หลักในการทำปุ๋ย	4
2.3.3 วิธีการทำปุ๋ยหมัก	5
2.3.4 ปัจจัยในการหมักปุ๋ย	6
2.3.5 การดูแลรักษากองปุ๋ย	7
2.3.6 ลักษณะของปุ๋ยหมักที่นำไปใช้ได้	7
2.3.7 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	8
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 14

3.1.1 อุปกรณ์ 14

3.1.2 สารเคมี 15

3.1.3 วัสดุหมักที่ใช้ในการทดลอง 15

3.2 การเตรียมถังหมักปุ๋ย 16

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 17

3.3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้หมัก 17

3.3.2 ศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ยจากเผือก ใบเตยและผักตบชวา โดยใช้ถังหมักที่มีการเติมอากาศแบบวิธีชิมนีย์คอนเวคชัน เปรียบเทียบกับถังหมักที่ไม่มีการเติมอากาศ 18

3.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก 18

3.3.4 ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ด 19

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น 20

4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย 21

4.2.1 อุณหภูมิ 21

4.2.2 อัตราการยุบตัว 23

4.2.3 ค่าความเป็นกรดด่าง 24

4.2.4 การนำไฟฟ้า 25

4.2.5 ความชื้น 27

4.2.6 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 28

4.3 ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก 29

4.3.1 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก ความชื้น และลักษณะทางกายภาพ 29

4.3.2 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ 32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก ก	38
ภาคผนวก ข	53
ภาคผนวก ค	100

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย 5

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก 6

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของปุ๋ยหมัก 8

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมัก 17

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์สภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย 18

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก 18

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น 20

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 21

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดา และปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน 30

ตารางที่ 4.4 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ ความยาวของลำต้น-รากเฉลี่ย และจำนวนใบเฉลี่ย หลังปลูก 7 วัน 33

ตารางที่ ก 1-1 ปริมาณความชื้น (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น 39

ตารางที่ ก 1-2 ปริมาณคาร์บอน (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น 39

ตารางที่ ก 1-3 ปริมาณไนโตรเจน (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น 40

ตารางที่ ก 1-4 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น 40

ตารางที่ ก 2-1 ปริมาณความชื้น (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 43

ตารางที่ ก 2-2 อุณหภูมิ (°C) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 44

ตารางที่ ก 2-3 ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 45

ตารางที่ ก 2-4 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 45

ตารางที่ ก 2-5 ปริมาณคาร์บอน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 46

ตารางที่ ก 2-6 ปริมาณไนโตรเจน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 47

ตารางที่ ก 2-7 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 48

ตารางที่ ก 2-8 ปริมาณโพแทสเซียม (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก 50

ตารางที่ ข 1-1 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังควบคุม 54

ตารางที่ ข 1-2 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1 56

ตารางที่ ข 1-3 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2 58

ตารางที่ ข 1-4 อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างวันที่ 12 กันยายน 2557 -23 ตุลาคม 2557 60

ตารางที่ ข 2-1 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังความคุม 61

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข 2-2 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 1 62

ตารางที่ ข 2-3 การยุบตัวของการผลิตปุ๋ยหมักถังที่ 2 63

ตารางที่ ข 3-1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 64

ตารางที่ ข 3-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 64

ตารางที่ ข 3-3 ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 65

ตารางที่ ข 3-4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 65

ตารางที่ ข 3-5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 66

ตารางที่ ข 3-6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 66

ตารางที่ ข 3-7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 67

ตารางที่ ข 3-8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 67

ตารางที่ ข 3-9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 68

ตารางที่ ข 4-1 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 68

ตารางที่ ข 4-2 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 69

ตารางที่ ข 4-3 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุม ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 69

ตารางที่ ข 4-4 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข 4-5 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 70

ตารางที่ ข 4-6 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 71

ตารางที่ ข 4-7 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ15 cm จากก้นถัง 71

ตารางที่ ข 4-8 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 72

ตารางที่ ข 4-9 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 73

ตารางที่ ข 5-1 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 73

ตารางที่ ข 5-2 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุม ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 73

ตารางที่ ข 5-3 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุม ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 74

ตารางที่ ข 5-4 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 74

ตารางที่ ข 5-5 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 74

ตารางที่ ข 5-6 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 75

ตารางที่ ข 5- 7 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 75

ตารางที่ ข 5-8 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 75

ตารางที่ ข 5-9 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 76

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข 6-1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังควบคุม 77
ตารางที่ ข 6-2 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 1 78
ตารางที่ ข 6-3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 2 79
ตารางที่ ข 7-1 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนปุ๋ยหมักในถังควบคุม 80
ตารางที่ ข 7-2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนปุ๋ยหมักในถังที่ 1 81
ตารางที่ ข 7-3 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนปุ๋ยหมักในถังที่ 2 82
ตารางที่ ข 8-1 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังควบคุม 84
ตารางที่ ข 8-2 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 1 86
ตารางที่ ข 8-3 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 2 89
ตารางที่ ข 9-1 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังควบคุม 92
ตารางที่ ข 9-2 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 1 94
ตารางที่ ข 9-3 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 2 97
ตารางที่ ค 1-1 ปริมาณความชื้น (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 101
ตารางที่ ค 1-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 102
ตารางที่ ค 1-3 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 102
ตารางที่ ค 1-4 ปริมาณคาร์บอน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 103
ตารางที่ ค 1-5 ปริมาณไนโตรเจน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 104
ตารางที่ ค 1-6 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 105
ตารางที่ ค 1-7 ปริมาณโพแทสเซียม (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 106
ตารางที่ ค 1-8 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน 107
ตารางที่ ค 2-1 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม 108
ตารางที่ ค 2-2 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 109
ตารางที่ ค 2-3 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุม ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 110
ตารางที่ ค 2-4 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 110
ตารางที่ ค 2-5 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 111

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค 2-6 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง 111

ตารางที่ ค 2-7 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง 112

ตารางที่ ค 2-8 ความยาวของลำต้นพืชและจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม 112

ตารางที่ ค 2-9 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 114

ตารางที่ ค 2-10 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุม ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 116

ตารางที่ ค 2-11 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 117

ตารางที่ ค 2-12 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 119

ตารางที่ ค 2-13 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 121

ตารางที่ ค 2-14 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง 125

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การเติมอากาศให้กับกองปุ๋ย 4

รูปที่ 3.1 วัสดุที่ใช้เริ่มต้นหมัก 15

(ก) เผือก (ข) ใบเตย (ค) ผักตบชวา

รูปที่ 3.2 การเตรียมถังหมัก 16

(ก) เจาะช่องเก็บตัวอย่าง (ข) ติดสายวัดความยาว (ค,ง) การต่อท่อ

รูปที่ 3.3 ถาดปลูกต้นไม้ โดยสุ่มตำแหน่งการใส่ปุ๋ย โดยวิธีทางสถิติ 19

รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 22

(ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

รูปที่ 4.2 อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก 23

รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 24

(ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 26

(ค) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง 27

(ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

รูปที่ 4.6 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ก) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง 28

(ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

คำย่อและสัญลักษณ์

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

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาขยะเป็นปัญหาอันดับหนึ่งของประเทศ ปริมาณขยะทั้งหมดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548-2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 1,000 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ขยะอินทรีย์เป็นขยะเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีการส่งออกอาหารแปรรูปเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม ขยะเหล่านี้เป็นสารอินทรีย์ที่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมี ซึ่งรัฐต้องนำเข้ามากกว่า 5.5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 80 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ปุ๋ยหมัก (compost) คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้มาหมักรวมกัน แล้วทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ หากใช้วิธีการหมักปุ๋ยแบบปกติจะใช้เวลานาน 1-2 ปี แต่ถ้ามีการเติมอากาศระหว่างการหมักจะช่วยลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ยลง (ธีระพงษ์และคณะ, 2547) การเติมอากาศโดยวิธีทั่วไปจะใช้วิธีกลับกอง หรือปั๊มเติมอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากและเปลืองพลังงาน การเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันอาศัยหลักการที่ความร้อนในกองปุ๋ยจะดึงอากาศที่เย็นกว่าภายนอกกองปุ๋ยผ่านเข้าไปในกองปุ๋ย

โครงงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสภาวะการหมักปุ๋ยและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยใช้วัสดุเริ่มต้นคือ ใบเตย เผือก และผักตบชวา เพื่อเป็นการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ และลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย จากใบเตย เผือก และผักตบชวา โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการหมักปุ๋ย จากใบเตย เผือก และผักตบชวา โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. เตรียมถังหมักปุ๋ยขนาด 200 ลิตร
2. วิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของใบเตย เผือกและผักตบชวา แล้วนำมาคำนวณสัดส่วนใบเตย เผือกและผักตบชวา ในการเตรียมวัสดุหมักเริ่มต้นให้มีค่า C/N ratio เท่ากับ 25:1
3. ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยจากใบเตย เผือก และผักตบชวา โดยการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันในถังหมักขนาด 200 ลิตร โดยศึกษาปัจจัยดังนี้
    - อัตราการยุบตัว
    - อุณหภูมิ
    - ความชื้น
4. ศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมัก โดยวิธีการเติมอากาศแบบธรรมดา และแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยศึกษาปัจจัยดังนี้
    - อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)
    - ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
    - ค่าการนำไฟฟ้า
    - ความชื้น
    - ระยะเวลาในการหมัก
    - ธาตุอาหารของพืช (N, P, K)
    - ดัชนีการงอกของเมล็ด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ปุ๋ยหมักจากการหมักขยะอินทรีย์จากโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ
2. เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารและวัชพืชน้ำ
3. ลดปริมาณขยะอินทรีย์
4. ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ
5. ลดต้นทุนการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขยะอินทรีย์

ขยะอินทรีย์ เป็นขยะที่ย่อยสลายได้ มาจากบ้านเรือน ตลาดสด โรงงานอาหารและเกษตรกรรม ได้แก่ เศษอาหาร เศษพืช เศษผลไม้ ซากสัตว์ มูลสัตว์ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่ายและมีกลิ่นเหม็น (สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น จำนวนขยะก็มากขึ้นด้วย และขยะเหล่านี้ก็ส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรงไม่ว่าจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงและเชื้อโรค ส่งกลิ่นเหม็นรบกวน ทำลายทัศนียภาพที่ดี ซึ่งต้องหาวิธีกำจัดที่เหมาะสม เช่น การฝังกลบ การเผา และการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น การทำปุ๋ยหมัก องค์ประกอบของขยะมูลฝอยอินทรีย์ โดยส่วนมากเป็นเศษอาหาร และคิดเป็นร้อยละ 64 ของขยะทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

2.2 วัชพืชน้ำ

วัชพืชน้ำ คือ พืชที่ขึ้นในน้ำ เป็นพืชที่มีลำต้นเล็ก ใบบาง เพื่อลู่ไปตามน้ำ มีหลายชนิดได้แก่ พวกที่อยู่ใต้ผิวน้ำ รากติดดิน เช่น สาหร่ายหาง พวกที่รากไม่ติดกับดิน เช่น บัว และ พวกที่รากลอยน้ำไม่ติดดิน เช่น จอก แหน ผักตบชวา (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2520)

ผักตบชวา เป็นวัชพืชน้ำชนิดหนึ่งที่พบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ปัญหาที่พบมากในผักตบคือ กีดขวางเส้นทางคมนาคมทางน้ำและเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์พวกงูหรือหนู การกำจัดผักตบชวา เมื่อกำจัดไปแล้ว ก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้อีกอย่างรวดเร็ว วิธีที่สามารถกำจัดผักตบชวาที่ดีกว่าการนำไปทิ้งคือ การนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมัก ผักตบชวา ประกอบด้วย ไนโตรเจน 1.27%, ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 0.71%, โพแทสเซียมในรูป K_2O 1.84%, คาร์บอน 43.56%, C/N ratio 34 และ pH 7.8 (สมศักดิ์, 2554)

2.3 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (compost) เป็นการนำวัสดุอินทรีย์มาหมักรวมกัน แล้วทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (ธงชัย, 2550) เมื่อย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้ววัสดุอินทรีย์จะเปลี่ยนสภาพเป็นสีดำ มีลักษณะยุ่ย (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550) และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงดินได้

2.3.1 ประเภทของการหมักปุ๋ย (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550)

1. การหมักแบบใช้อากาศ เป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจน ดังสมการที่ 2.1

$$\text{Organic matter} + O_2 \longrightarrow CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{heat} \qquad (2.1)$$

การหมักแบบเติมอากาศคือ การให้ก๊าซออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีและเกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ จนกลายเป็นปุ๋ยหมัก แต่ไม่ควรเติมอากาศมากไปเพราะจะลดความชื้นในกองปุ๋ย ดังนั้นควรควบคุมการเติมอากาศให้พอเหมาะ

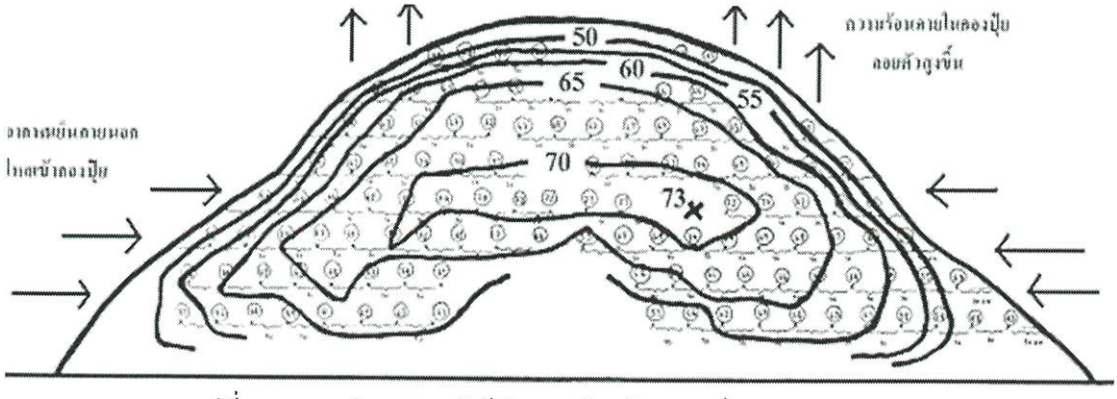
2. การหมักแบบไร้อากาศ เป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ดังสมการที่ 2.2

$$\text{Organic matter} + H_2O \longrightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{heat} \qquad (2.2)$$

การหมักแบบไร้อากาศ เป็นการใช้จุลินทรีย์ที่มีทั้งความสามารถในการใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เช่น แบคทีเรีย ไปย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จนเกิดเป็นปุ๋ยหมักและก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานความร้อนได้และยังเกิดกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และกรดอินทรีย์ ดังนั้นหากต้องการให้กระบวนการหมักแบบไร้อากาศเกิดขึ้นได้ดี ต้องควบคุมการถ่ายเทของอากาศและกำจัดก๊าซแอมโมเนียและก๊าซซัลไฟด์โดยการควบคุมความเป็นกรด – ด่าง

2.3.2 หลักในการทำปุ๋ย

เมื่อนำวัสดุอินทรีย์มาหมัก จะเกิดความร้อนขึ้นภายในกองปุ๋ย ซึ่งความร้อนนี้เกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์และเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย เมื่อความร้อนลอยตัวสูงขึ้น อากาศจากภายนอกที่เย็นกว่าจะไหลหมุนเวียนเข้ากองปุ๋ยทางด้านล่าง จึงเป็นการเติมอากาศให้กับกองปุ๋ย เรียกว่าการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน (Chimney Convection) เป็นการเพิ่มออกซิเจนในอากาศ จะสามารถย่อยสลายได้รวดเร็วขึ้น โดยที่ไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ย (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 การเติมอากาศให้กับกองปุ๋ย (ธีระพงษ์และคณะ, 2547)

2.3.3 วิธีการทำปุ๋ยหมัก

2.3.3.1 รูปแบบการกองปุ๋ยหมัก (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550)

1. กองบนพื้นธรรมดา เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายที่สุด เหมาะกับพื้นที่ที่ไม่มีน้ำขังและน้ำท่วมไม่ถึง ขนาดของกองกว้าง 2-3 เมตร ความยาว 4-6 เมตร ความสูง 1-1.5 เมตร

2. กองในคอก เหมาะสำหรับกองในบริเวณบ้าน คอกทำจากไม้ อิฐบล็อกหรือซีเมนต์ ขนาดของคอกกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1 เมตร หรือ กว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 1 เมตร หมักปุ๋ยเพียง ¾ ของคอก ส่วนพื้นที่ที่เหลือใช้สำหรับกลับกองปุ๋ยหมัก

3. กองในหลุม เหมาะสำหรับพื้นที่ดอนหรือลาดเอียง และขาดแคลนน้ำ เพราะจะทำให้การระเหยของน้ำลดน้อยลง ลักษณะของหลุมเป็นหลุมดินหรือหลุมซีเมนต์ มีขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 0.5-1 เมตร หรือ กว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร ลึก 1 เมตร โดยทำการกองปุ๋ยเพียงครึ่งหลุม ส่วนพื้นที่ที่เหลือใช้สำหรับกลับกองปุ๋ยหมัก

2.3.3.2 วัสดุที่ใช้หมัก (สมศักดิ์, 2554) มีหลายชนิด ได้แก่

1. วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและวัชพืช เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ผักตบชวา
2. วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เช่น กากอ้อย กากตะกอน
3. ขยะมูลฝอยจากครัวเรือน เช่น เศษอาหาร เศษเนื้อ
4. มูลสัตว์ เช่น มูลวัว มูลหมู

ซึ่งวัสดุที่ใช้หมักเป็นอินทรียวัตถุที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ ซึ่งการย่อยสลายอาจจะเกิดอย่างรวดเร็ว หรือย่อยสลายยากขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้หมัก ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย (สมศักดิ์, 2554)

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5%	K_2O %	C %	C/N	pH
ฟางข้าว	0.55	0.09	2.39	48.82	89	8.20
ผักตบชวา	1.27	0.71	1.84	43.56	34	7.80
หญ้าขน	1.38	0.34	3.69	48.66	35	7.10
ต้นข้าวโพด	0.53	0.15	2.21	33.00	62	8.20
มันสำปะหลัง						
เปลือก (เปียก)	0.60	0.22	0.67	48.85	81	3.60
เปลือก (แห้ง)	0.59	0.19	0.77	31.52	53	4.45
เหง้า	1.48	0.48	1.01	54.49	37	4.70

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก (สมศักดิ์, 2554)

ชนิดของวัสดุ	N %	P_2O_5 %	K_2O %	C %	C/N	pH
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
ใบอ้อย	0.49	0.21	0.58	51.52	105	6.20
กากอ้อย	0.40	0.15	0.44	57.69	146	6.05
ขุยมะพร้าว	0.36	0.05	2.94	60.13	167	6.15
แกลบ	0.36	0.09	1.08	54.72	152	6.18
ต้นปอกระเจา	0.45	-	-	51.83	115	5.30
เปลือกเมล็ด-ปาล์มบด	0.52	0.03	0.30	60.65	117	5.49

2.3.4 ปัจจัยในการหมักปุ๋ย (เสียงแจ๋วและนวลจันทร์, 2537)

1. ความชื้น เป็นปัจจัยที่กำหนดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหารและก๊าซออกซิเจนจากวัสดุหมักและอากาศไปยังจุลินทรีย์ จึงต้องดูแลกองปุ๋ยหมักให้มีความชื้นที่เหมาะสมในการย่อย คือร้อยละ 50-60 ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าเพราะมีน้ำไม่เพียงพอต่อการย่อยสลาย หากความชื้นมากกว่าร้อยละ 80 กองปุ๋ยจะชื้นเกินไปและระบายอากาศได้ไม่ดี อาจจะเกิดสภาพไร้อากาศและย่อยสลายได้ช้าลงเช่นกัน จึงต้องควบคุมความชื้นให้พอเหมาะ

2. ค่าความเป็นกรด – ด่าง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อการย่อยสลายเศษพืช เนื่องจากการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ขึ้นกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละชนิดใช้ pH ที่แตกต่างกัน ในกองปุ๋ยหมักนั้นจะมีค่า pH อยู่ที่ 4.5-9.5 โดยที่ค่า pH ที่เหมาะสมการหมักคือ 6-8 ที่ pH 8-9 จะมีการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปแอมโมเนีย แต่ถ้าเป็นกรดมากเกินไป (ต่ำกว่า 5) จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโต

3. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ ควรมีค่าอัตราส่วนอยู่ในช่วง 20:1 ถึง 25:1 โดยทั่วไป ถ้าปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio ในช่วง 26-35 สามารถนำไปใช้กับดินได้โดยไม่ทำให้พืชเป็นอันตราย แต่ถ้า C/N ratio ลดลงถึง 20 แสดงว่าปุ๋ยมีคุณภาพดี ถ้าอัตราส่วน C/N ratio น้อย จะช่วยให้อัตราการย่อยสลายเกิดเร็วขึ้น ใช้ระยะเวลาหมักลดลง

4. ขนาดของวัสดุอินทรีย์ เศษพืชที่ใช้ควรมีขนาดเล็กประมาณ 1-3 นิ้ว เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยสลาย (ธีระพงษ์, 2548)

5. การนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก จากมาตรฐานของ U.S. Sanility Laboratory 1954 ค่าการนำไฟฟ้าที่ไม่เกิน 2 dS/m จะไม่เป็นอันตรายต่อพืชและค่าการนำไฟฟ้าช่วง 2-4 dS/m จะมีเกลือประมาณร้อยละ 0.1-0.2 จะมีผลต่อพืชที่ไม่ทนต่อความเค็ม และเมื่อค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS/m จะเป็นอันตรายต่อพืชจึงไม่เหมาะแก่การนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน

6. อุณหภูมิ กิจกรรมการย่อยสลายเศษพืชโดยจุลินทรีย์หลังจากกองปุ๋ยหมัก 2-4 วัน อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลาย อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ 1) ความร้อนอยู่ในช่วงไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส 2) ความร้อนสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส แต่ไม่ถึง 70 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 70 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์ตายหรือหยุดการเจริญเติบโต และเมื่อย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะใกล้เคียงกับภายนอก (ทิพวรรณ, 2547) ระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

2.3.5 การดูแลรักษากองปุ๋ย

1. ป้องกันสัตว์ไม่ให้เข้าไปคุ้ยเขี่ยกองปุ๋ยหมัก

2. รักษาความชื้นให้พอเหมาะอยู่เสมอ โดยทดสอบความชื้นอย่างง่าย คือ สอดมือเข้าไปในกองปุ๋ยแล้วหยิบปุ๋ยออกมาบีบ ถ้ามีน้ำออกมา แสดงว่า ปุ๋ยหมักมีความชื้นที่พอเหมาะไม่ต้องรดน้ำ ถ้าไม่มีน้ำแสดงว่ากองปุ๋ยหมักแห้งเกินไป ควรรดน้ำเพิ่ม แต่ถ้ามีน้ำไหลออกมามาก แสดงว่ามีความชื้นมาก ควรกลับกองปุ๋ยหมัก

3. การกลับกองปุ๋ยหมัก เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่จุลินทรีย์และยังเป็นการระบายความร้อนออกจากปุ๋ยหมัก

2.3.6 ลักษณะของปุ๋ยหมักที่นำไปใช้ได้ (มุกดา, 2545)

1. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงเท่าๆกับอุณหภูมิภายนอกรอบๆกองปุ๋ย
2. สีของวัสดุอินทรีย์เปลี่ยนจากสีเดิมเป็นสีน้ำตาล ดำ
3. ลักษณะเนื้อของปุ๋ยหมัก อ่อนนุ่มและขาดจากกันง่าย
4. ไม่มีกลิ่นเหม็นฉุน
5. อาจมีหญ้า เห็ด ขึ้นบนกองปุ๋ย

มาตรฐานของปุ๋ยหมักแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ลำดับที่	คุณสมบัติ	เกณฑ์ที่กำหนด
1.	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 × 12.5 มิลลิเมตร
2.	ปริมาณความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 35
3.	ปริมาณหิน กรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตรไม่เกิน 5%
4.	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม โลหะ	ต้องไม่มี
5.	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30%
6.	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.5-8.5
7.	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	ไม่เกิน 20:1
8.	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต์/เมตร
9.	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (% โดยน้ำหนัก) - ไนโตรเจน - ฟอสฟอรัส - โพแทสเซียม	 ไม่น้อยกว่า 1.0 ไม่น้อยกว่า 0.5 ไม่น้อยกว่า 0.5
10.	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80%
11.	สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอท	ไม่เกิน 50 มก./กก. ไม่เกิน 5 มก./กก. ไม่เกิน 300 มก./กก. ไม่เกิน 500 มก./กก. ไม่เกิน 500 มก./กก. ไม่เกิน 2 มก./กก.

2.3.7 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก (สุรชัย, 2530)

1. ช่วยในการปรับปรุงดิน บำรุงดิน เพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน
2. ช่วยปรับสภาพสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น กำจัดขยะ กำจัดวัชพืชน้ำ เป็นต้น
3. ช่วยให้จุลินทรีย์ในดินทำงานได้ดียิ่งขึ้น
4. สร้างรายได้แก่ชุมชน
5. ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีระพงษ์และคณะ (2547) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชในเชิงอุตสาหกรรม ด้วยระบบกองเติมอากาศ ทำการศึกษาระดับใช้งานจริงจากกองปุ๋ย 3 กอง กองปุ๋ยแต่ละกองประกอบด้วยเศษพืชที่ผ่านการย่อย 6 ลูกบาศก์เมตร มูลโค 3 ลูกบาศก์เมตร กองบนลานพื้นดินกลางแจ้ง ให้มีขนาด กว้าง 2.5 ยาว 3.5 สูง 1.0 เมตร รักษาความชื้นร้อยละ 45-55 เติมอากาศแต่ละกองปุ๋ยวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที ด้วยพัดลมขนาด 3 แรงม้า ผ่านทางท่อพีวีซี 4 นิ้วเจาะรู ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 20 พบว่า การหมักใช้เวลา 30 วัน ค่าอัตราการไหลอากาศที่เหมาะสมมีค่า 0.155 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองปุ๋ยอยู่ในช่วง 60-75 องศาเซลเซียสที่เวลา 2-5 วัน ปุ๋ยหมักที่ได้มีน้ำหนักเบา ขนาดเล็กลง และไม่มีกลิ่น มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 198 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีส่วนที่ไม่ย่อยสลายอยู่ในช่วงร้อยละ 1.9-3.2 มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.07 บาทต่อกิโลกรัมวัตถุดิบต่อเดือน การที่กองปุ๋ยได้รับออกซิเจนเพิ่มเติมตามธรรมชาติจากปรากฏการณ์ Chimney Convection ทำให้จำเป็นต้องมีค่าอัตราการไหลอากาศที่จำเพาะในการผลิตปุ๋ยหมัก

ธันวดี (2547) ศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เศษผัก ผักตบชวา และฟางข้าว โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) ศึกษาองค์ประกอบของเศษอาหารและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 2) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก 3) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และ 4) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมัก ค่า C/N ratio เริ่มต้นประมาณ 30 และควบคุมความชื้นตลอดระยะเวลาการหมักให้อยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 จากการศึกษาคุณสมบัติของเศษอาหารและวัสดุหมักโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่า ปริมาณความชื้นตลอดระยะเวลาการหมักมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 90 วัน พบว่ามีเศษผัก ผักตบชวา และฟางข้าวมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 44.43, 42.85 และ 40.02 ตามลำดับ อุณหภูมิในทุกชุดการทดลองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยในช่วง 21 วันแรก อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้น และช่วงสุดท้ายของการหมักอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบรรยากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 29.9-32.5 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างในกองปุ๋ยหมักในช่วง 20 วันแรก ของการหมักมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 4.3-5.3 โดยในวันที่ 90 ของการหมัก ค่าความเป็นกรด - ด่าง มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยฟางข้าว ผักตบชวา และเศษผักมีค่าอยู่ในช่วง 7.2-7.56, 7.11-7.2 และ 6.75-7.07 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่าปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงตลอดระยะเวลาของการหมัก โดยในวันที่ 90 ของการหมักปริมาณคาร์บอนอยู่ในช่วงร้อยละ 30.50-31.15 ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจนมาก

ที่สุดคืออยู่ในช่วงร้อยละ 2.07-3.28 ส่วนเศษผักและฟางข้าวมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.64-2.35 และ 0.11-1.77 ตามลำดับ อัตราส่วน C/N ในเวลาของการหมักมีแนวโน้มลดลง โดยในวันที่ 90 ของการหมัก อัตราส่วน C/N ของผักตบชวามีค่าต่ำที่สุดคือ 11.53 ส่วนฟางข้าวและเศษผักมีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 17.57 และ 13.94 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเศษผักมีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.08 ส่วนฟางข้าวและผักตบชวามีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.01-0.03 และ 0.01- 0.02 ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยฟางข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-0.53 ส่วนผักตบชวาและเศษผักมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18-0.48 และ 0.17-0.28 ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในปุ๋ยหมัก พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดคือร้อยละ 2.70 ส่วนเศษผักและฟางข้าวมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.18-1.77 โดยปุ๋ยหมักทุกชุดการทดลองมีค่าไนโตรเจนสูงกว่ามาตรฐาน และพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้นในการใช้งานควรมีการปรับปรุงปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ธีระพงษ์ (2548) พบว่า การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชระบบกองเติมอากาศเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม สามารถผลิตปุ๋ยหมักเสร็จภายในเวลา 1 เดือน โดยไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ยมีค่าลงทุนและใช้พลังงานต่ำ ปุ๋ยที่ผลิตได้มีค่าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระบบมีความยืดหยุ่นสามารถออกแบบการวางท่ออากาศให้ผลิตปุ๋ยได้เดือนละ 10 กองหรือเดือนละ 15 ตัน ช่วยให้เกษตรสามารถผลิตปุ๋ยหมักในเชิงพาณิชย์เป็นอาชีพเสริมได้ ผลจากการถ่ายทอดเทคโนโลยี ภายในปี พ.ศ. 2548 จะมีการผลิตปุ๋ยหมักด้วยระบบนี้อย่างน้อย 150 แห่ง จาก 3 จังหวัดในประเทศไทย คือ จังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และนครราชสีมา ซึ่งคาดว่าจะสามารถผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชแทนการเผาทำลายได้รวมกันประมาณ 10,000 ตันต่อปี คิดเป็นรายได้เสริมปีละ 14.6 ล้านบาทต่อปี

ไผทรัตน์ และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันเปรียบเทียบกับวิธีการหมักแบบดั้งเดิม โดยใช้เศษอาหารเป็นวัสดุหมักและเศษใบไม้เป็นตัวเพิ่มค่าไนโตรเจน โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษอาหารกับเศษใบไม้ ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ได้แก่ อัตราการยุบตัว อุณหภูมิในกองปุ๋ย ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน ปริมาณอินทรียคาร์บอน และค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลการทดลองพบว่า ในการเตรียมวัสดุหมักต้องใช้อัตราส่วน

ระหว่างเศษอาหารต่อเศษใบไม้ เท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนักเปียก จะได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 27:1 พบว่าการหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน จะใช้เวลาในการหมักเสร็จสมบูรณ์น้อยกว่าวิธีการหมักแบบดั้งเดิม คือ ใช้เวลาในการหมักเพียง 1 เดือน และผลที่ได้ยังไม่มีความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช สรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน สามารถผลิตปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม แต่การผลิตปุ๋ยหมักโดยวิธีชิมนีย์คอนเวคชันสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีหมักแบบดั้งเดิม นั่นคือ ไม่ต้องกลับกองปุ๋ย ลดความถี่ในการลดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นและปุ๋ยเสร็จสมบูรณ์ได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังเกิดกลิ่นเหม็นในขณะหมักน้อยกว่าด้วย

พรสุดาและคณะ (2549) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นวัสดุหมัก และใช้หญ้าขนเป็นตัวเพิ่มคาร์บอนโดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยศึกษาสภาวะในการหมักปุ๋ย และศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยวิธีทั่วไป (แบบกลับกอง) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือชุดทดลองที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน และวิธีควบคุมที่ใช้วิธีหมักปุ๋ยทั่วไป จากผลการทดลองพบว่า สภาวะในการหมักปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีค่าใกล้เคียงกับการหมักปุ๋ยทั่วไป แต่ปริมาณความชื้นสูงกว่า และการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักโดยเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม และปริมาณธาตุอาหารหลัก (N:P:K) พบว่าปุ๋ยหมักโดยการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักโดยวิธีทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานปุ๋ยหมักโดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ 41.34% อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 12.4:1 ความเป็นกรด-ด่าง 7.13 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และปริมาณธาตุอาหารหลัก (N:P:K) 1 : 3 : 3.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่ได้โดยวิธีทั่วไป อย่างไรก็ตาม วิธีหมักปุ๋ยทั่วไปโดยการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน มีความสะดวก และรวดเร็วกว่า นั่นคือ ไม่ต้องกลับกองเพื่อเติมอากาศ ลดจำนวนครั้งการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น และปุ๋ยหมักสมบูรณ์ในระยะเวลาเร็วขึ้น ส่วนการทดสอบความเป็นพิษของปุ๋ย พบว่า ปุ๋ยหมักที่ทำจากการตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชมไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช

องอาจ (2542) ศึกษาการใช้ระบบอัดอากาศในการทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชผักร่วมกับตะกอนน้ำทิ้งชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณอากาศ และปริมาณตะกอนน้ำทิ้งในกองหมักต่อประสิทธิภาพของการหมักและคุณภาพปุ๋ยที่ได้จากกระบวนการหมัก โดยมีสภาวะของการทดลอง ได้แก่ อัตราการเติมอากาศ 0.8, 0.4 และ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยต่อวัน และสัดส่วนของปริมาณตะกอนน้ำทิ้งในกองหมักเท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, และ 30 ของน้ำหนักกองหมัก ประสิทธิภาพของการหมักศึกษาโดยการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียคาร์บอน

ปริมาณของแข็งระเหย และระยะเวลาการหมัก คุณภาพของปุ๋ยหมักศึกษาโดยการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของพืชในค่าของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความชื้น และความเป็นกรดด่าง จากผลการทดลองพบว่า การเติมอากาศให้แก่กองหมักในอัตรา 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยต่อวัน ทำให้การหมักมีประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด โดยมีปริมาณอินทรียคาร์บอนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 47.79 ปริมาณของแข็งระเหยลดลงเฉลี่ยร้อยละ 47.78 ใช้ระยะเวลาการหมัก 26 วัน คุณภาพของปุ๋ยหมักมีค่าของไนโตรเจน (N) ร้อยละ 1.60 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) ร้อยละ 1.39 และโพแทสเซียม (K_2O) ร้อยละ 1.29 และมีค่าใช้จ่ายเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการหมักต่ำสุดคิดเป็นเงิน 81.94 บาทต่อมูลฝอย 1,000 กิโลกรัม และเติมตะกอนน้ำทิ้งส่งผลทำให้ระดับอุณหภูมิในกองหมักเพิ่งสูงขึ้น และใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้น กล่าวคือ มีระยะเวลาการหมักโดยเฉลี่ย 27, 28, 30 และ 33 วัน ที่อัตราการเติมตะกอนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การเติมตะกอนน้ำทิ้งทำให้ธาตุอาหารหลักของพืชในค่าของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของกองหมักเพิ่มสูงขึ้น

เปรมสุดา (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันกับการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสมบูรณ์และคุณภาพของปุ๋ยหมัก ในการทดลองใช้ใบจามจุรีและผักตบชวาเป็นวัตถุดิบหลักผสมกันในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก และนำไปผสมกับของเสียอินทรีย์ 3 ชนิดที่มีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกัน คือ เศษปลานิลสด มูลสุกร และกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานไก่สดแช่แข็งเติมลงไปเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนและปุ๋ยยูเรียเป็นชุดควบคุม กำหนดให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นมีค่า 30:1 ซึ่งปุ๋ยหมักย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์เมื่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1 จากผลการศึกษา พบว่า แหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันมีผลต่อการย่อยสลายสมบูรณ์ของ ปุ๋ยหมักเมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยเปรียบเทียบตามระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักยูเรีย เศษปลานิลสด มูลสุกร และกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง มีค่า 49, 56, 70 และ 60 วัน ตามลำดับ โดยมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเท่ากับ 13.28, 10.38, 14.55 และ 15.51 ตามลำดับ ซึ่งในวัตถุดิบหมักแต่ละชนิดมีปริมาณไนโตรเจนที่แตกต่างกัน เท่ากับ 46, 2.53, 2.81 และ 2.03% ตามลำดับ จะเห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนในวัตถุดิบหมักที่เป็นของเสียอินทรีย์ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้วจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ปุ๋ยหมักกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง เศษปลานิลสด มูลสุกร และปุ๋ยยูเรีย มีค่าประมาณ 1.86, 1.83, 1.65 และ 1.65% ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ปุ๋ยหมักกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง มูลสุกร เศษปลานิลสด และปุ๋ยยูเรีย มีค่าประมาณ 0.16, 0.15,

0.13 และ 0.09% ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมมีค่าประมาณ 0.16, 0.14, 0.13 และ 0.08% ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ความแตกต่างของแหล่งไนโตรเจนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักเพราะจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ได้เร็วขึ้น และให้ปริมาณสารอาหารหลักของพืชที่แตกต่างกัน จากการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก พบว่า แหล่งไนโตรเจนในของเสียอินทรีย์ที่ดีที่สุด คือ เศษปลานิลสด รองลงมา ได้แก่ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียไก่สดแช่แข็ง และมูลสุกร ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Genesys 10S ยี่ห้อ Thermo Scientific ประเทศไทย
2. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น AA-680 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องย่อยไนโตรเจน รุ่น ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศไทย
4. เครื่องกลั่นไนโตรเจน รุ่น KI ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศไทย
5. เครื่องวัดพีเอช รุ่น Pocket pH Tester ยี่ห้อ Hanna ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. เครื่องวัดการนำไฟฟ้า รุ่น C680 ยี่ห้อ Consort ประเทศเบลเยียม
7. เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น ML204/01 ยี่ห้อ Memmert ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
8. ตู้อบ รุ่น UN 55 ยี่ห้อ Memmert ประเทศไทย
9. เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น Orbital Shaker ยี่ห้อ Gallenkamp ประเทศอังกฤษ
10. เครื่องบด
11. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. โถดูดความชื้น
14. ถังพลาสติก ขนาด 200 ลิตร สูง 90 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 53 เซนติเมตร จำนวน 3 ถัง
15. ท่อพีวีซี ขนาด 1.5 นิ้ว จำนวน 1 ท่อ และข้อต่อสามทาง ขนาด 1.5 นิ้ว 4 ท่อ
16. ตาข่าย
17. สายวัดความยาว
18. ตลับเมตร
19. เชือกฟาง
20. ถาดปลูกต้นไม้
21. ฟองน้ำ
22. เมล็ดพันธุ์กวางตุ้งดอก ยี่ห้อ Green Garden

23. ทรายละเอียด
24. กระดาษกรองเบอร์ 42
25. เครื่องแก้วต่างๆ

3.1.2 สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. กรดไนตริก (HNO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
3. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
4. กรดบอริก (H_3BO_3) บริษัท Loba Chemie ประเทศอินเดีย
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
6. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
7. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) บริษัท Rankem ประเทศอินเดีย
8. เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
9. แบเรียมไดฟีนีลลามีนซัลโฟเนต (BDS) (เกรดอินดิเคเตอร์) บริษัท Acros Organic ประเทศเบลเยียม
10. แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\times H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
11. ซีลีเนียม (Se) บริษัท Merck ประเทศ เยอรมนี
12. แอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
13. น้ำกลั่น

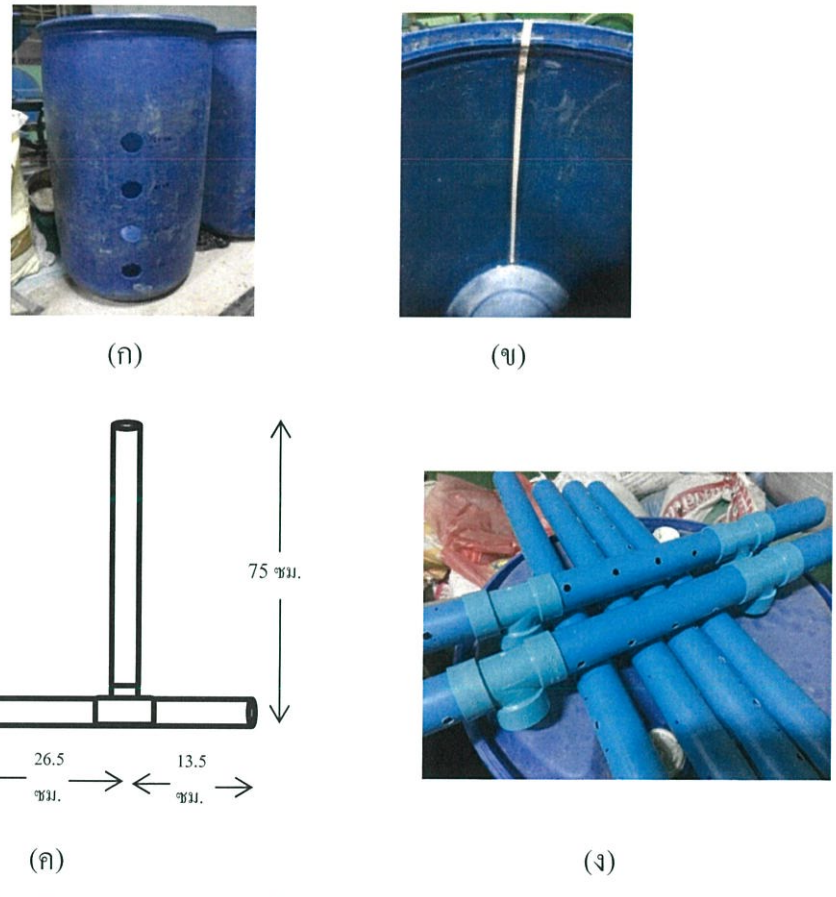
3.1.3 วัสดุหมักที่ใช้ในการทดลอง (รูปที่ 3.1) ประกอบด้วย

1. เผือก ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เพรซิเดนท์เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน) นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง
2. ใบเตย ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เพรซิเดนท์เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน) นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง
3. ผักตบชวา จากคลองประเวศ บริเวณวัดปลูกศรัทธา

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.1 วัสดุที่ใช้เริ่มต้นหมัก (ก) เผือก (ข) ใบเตย (ค) ผักตบชวา

3.2 การเตรียมถังหมักปุ๋ย



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 3.2 การเตรียมถังหมัก (ก) เจาะช่องเก็บตัวอย่าง (ข) ติดสายวัดความยาว (ค,ง) การต่อท่อ

เตรียมถังหมักปุ๋ยแบบใช้ท่อเติมอากาศ จำนวน 2 ถัง และถังหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ท่อเติมอากาศจำนวน 1 ถัง เป็นถังควบคุม (ไม่มีการเติมอากาศ)

1. นำถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 53 เซนติเมตร มาเจาะช่องเก็บตัวอย่างที่ความสูง 15, 30, 45 และ 60 เซนติเมตรจากก้นถัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2 ก)

2. เจาะช่องระบายอากาศรอบถังหมัก จำนวน 6 แถว แถวละ 4 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

3. เจาะช่องระบายน้ำที่ก้นถัง จำนวน 5 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

4. ติดสายวัดความยาวด้านในของถังตามแนวดิ่ง (รูปที่ 3.2 ข)

5. ตัดท่อให้มีความยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อ, ความยาว 26.5 เซนติเมตร 1 ท่อ และความยาว 13.5 เซนติเมตร 2 ท่อ

6. เจาะรูท่อ ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความยาว 75 เซนติเมตร 15 รู, ความยาว 26.5 เซนติเมตร 7 รู, ความยาว 13.5 เซนติเมตร 3 รู และต่อท่อดังรูปที่ 3.2 ค และ 3.2 ง

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้หมัก

1. วิเคราะห์อัตราส่วนของธาตุคาร์บอนและธาตุไนโตรเจนของ เผือก ใบเตยและผักตบชวา โดยใช้วิธีมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน (2553) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

2. บดวัสดุหมักเริ่มต้น ได้แก่ เผือก และผักตบชวา ด้วยเครื่องบด ให้มีขนาดเล็กลง

3. ผสมวัสดุหมักเริ่มต้น เผือก จำนวน 40 กิโลกรัม ใบเตย จำนวน 40 กิโลกรัม และผักตบชวา จำนวน 62.4 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เริ่มต้นคือ 25:1 (ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ก)

4. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของวัสดุหมักเริ่มต้น พารามิเตอร์ที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมัก

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ที่ใช้
1. อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว
2. ความชื้น	อบที่ 70 °C 12 ชั่วโมง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
3. การนำไฟฟ้า	EC Meter
4. ความเป็นกรดด่าง	pH meter
5. คาร์บอนทั้งหมด	Walkley-Black (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
6. ไนโตรเจนทั้งหมด	Total Kjeldahl Nitrogen (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
7. ฟอสฟอรัส	UV-Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)
8. โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

3.3.2 ศึกษาสภาวะระหว่างการหมักปุ๋ยจากเผือก ใบเตยและผักตบชวา โดยใช้ถังหมักที่มีการเติมอากาศแบบวิธีชิมนีย์คอนเวคชัน เปรียบเทียบกับถังหมักที่ไม่มีการเติมอากาศ

1. นำวัสดุหมักที่เตรียมไว้จากข้อ 3.3.1 ใส่ถังหมักแต่ละถังขนาด 200 ลิตร ที่ได้เตรียมไว้แล้ว จำนวน 3 ถัง ถังที่ 1 และ 2 ใส่ท่อเติมอากาศ คลุมถังหมักปุ๋ยด้วยตาข่าย ถังที่ 3 ไม่ใส่ท่อเติมอากาศ คลุมถังหมักปุ๋ยด้วยตาข่ายใช้เป็นถังควบคุม

2. เก็บตัวอย่างจากถังหมักที่ความสูง 60, 45, 30 และ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง

3. นำตัวอย่างมาวิเคราะห์สภาวะระหว่างการหมักตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์สภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ที่ใช้	ความถี่ในการวัด
1. อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์แบบแก้ว	ทุกวัน
2. อัตราการยุบตัว	สายวัดความยาว	ทุกวัน
3. ความชื้น	อบที่ 70 °C 12 ชั่วโมง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	1 ครั้ง/สัปดาห์
4. การนำไฟฟ้า	EC Meter	2 ครั้ง/สัปดาห์
5. ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	2 ครั้ง/สัปดาห์
6. ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด	Walkley-Black (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	2 ครั้ง/สัปดาห์
7. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Total Kjeldahl Nitrogen (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	2 ครั้ง/สัปดาห์
8. ฟอสฟอรัส	UV-Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	2 ครั้ง/เดือน
9. โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)	2 ครั้ง/เดือน

3.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก โดยเก็บตัวอย่างของปุ๋ยหมักแต่ละถัง จากช่องเก็บตัวอย่างที่ความสูง 60, 45, 30 และ 15 เซนติเมตรจากก้นถังหลังจากการหมักเป็นเวลา 42 วัน และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก ดังตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

พารามิเตอร์	วิธีเคราะห์ที่ใช้
ลักษณะของปุ๋ยที่ย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์	
- สี	สังเกตด้วยตา (ปุ๋ยต้องเป็นสีดำ)
- กลิ่น	ดมกลิ่น (ต้องไม่มีกลิ่นฉุน)
- ความอ่อนนุ่มและยุ่ยของปุ๋ย	สัมผัสด้วยมือ (ปุ๋ยขาดจากกันง่าย ไม่เป็นก้อน)

3.3.4 ศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ด

1. ตัดฟองน้ำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในหลุมเพื่อป้องกันไม่ให้ทราย และเมล็ดหลุดออกจากถาด
2. ใส่ทรายในหลุมปลูก จากนั้นนำเมล็ดกวางตุ้งดอกใส่ลงไปหลุมละ 20 เมล็ด
3. นำปุ๋ยของแต่ละถังมาใส่ลงในแต่ละหลุมที่กำหนดไว้ จำนวน 60 หลุมโดยสุ่มตำแหน่งการใส่ปุ๋ย โดยวิธีทางสถิติ (รูปที่ 3.3)
4. รดน้ำเช้า-เย็น หลุมละ 5 มิลลิลิตร ทุกหลุม
5. ปลูกเป็นเวลา 7 วัน
5. เมื่อมีต้นกล้าขึ้น นับจำนวนใบและวัดความยาวของลำต้น

รูปที่ 3.3 ถาดปลูกต้นไม้ โดยสุ่มตำแหน่งการใส่ปุ๋ย โดยวิธีทางสถิติ

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ โดยใช้เผือก ใบเตยและผักตบชวาเป็นวัสดุในการหมักปุ๋ย โดยเปรียบเทียบวิธีการเติมอากาศแบบธรรมดาและวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น 2) ศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน 3) ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น

จากการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบของเผือก ใบเตย และผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ก-1, ภาคผนวก ก) จากนั้นทำการคำนวณอัตราส่วนของวัสดุที่ใช้หมักเพื่อให้มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในการหมักปุ๋ย 25:1 (ดูรายละเอียด การคำนวณในภาคผนวก ก) จากการคำนวณพบว่าต้องใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักเปียกของเผือกร่วมกับใบเตยต่อผักตบชวา เท่ากับ 1:0.78 โดยในการทดลองใช้อัตราส่วนเผือก 40 กิโลกรัมร่วมกับใบเตย 40 กิโลกรัม ต่อผักตบชวา 62.4 กิโลกรัม โดยมีน้ำหนักรวม 142.4 กิโลกรัมต่อถังหมัก จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณลักษณะเริ่มต้นของวัสดุหมักเริ่มต้น ได้ผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ก 2-1 ถึง ตารางที่ ก 2-8, ภาคผนวก ก) พบว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่า 30.39:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมในการย่อยสลายมีค่าประมาณ 30-35:1 (ทิพวรรณ, 2547) อย่างไรก็ตาม วัสดุหมักเริ่มต้นมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 84.95 ซึ่งความชื้นที่สูงมากอาจทำให้ปุ๋ยหมักมีการถ่ายเทอากาศได้ไม่ดี ทำให้เกิดการย่อยสลายได้ช้า

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

วัสดุหมัก	ความชื้น (%)	C (%)	N (%)	C/N ratio
เผือก	82.59±0.47	17.35±2.18	0.44±0.13	39.43
ใบเตย	80.73±1.13	18.96±0.60	0.68±0.09	27.88
ผักตบชวา	89.46±0.42	11.68±0.26	0.88±0.28	13.27

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

คุณลักษณะ	วัตถุดิบเริ่มต้น
1. ความชื้น (%)	84.95±2.28
2. อุณหภูมิ (°C)	33.00±0.00
3. ค่าความเป็นกรดด่าง	7.39±0.34
4. ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	1.62±0.20
5. ปริมาณคาร์บอน (%)	21.58±2.36
6. ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.60±0.13
7. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (%)	35.97/1
8. ปริมาณฟอสฟอรัส (%)	0.16±0.08
9. ปริมาณโพแทสเซียม (%)	0.88±0.24

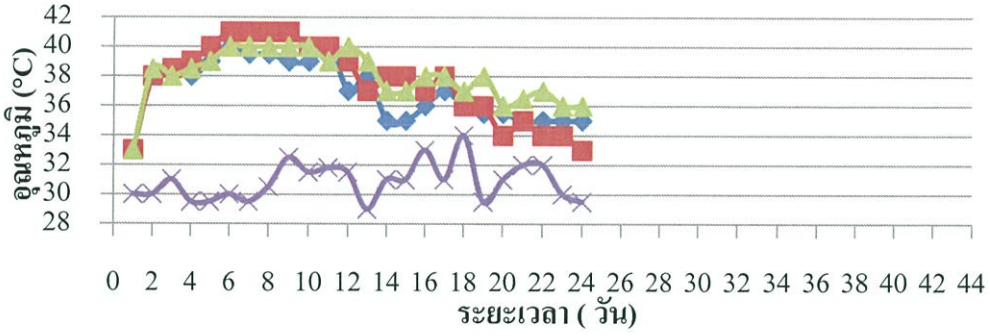
4.2 ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย

4.2.1 อุณหภูมิ

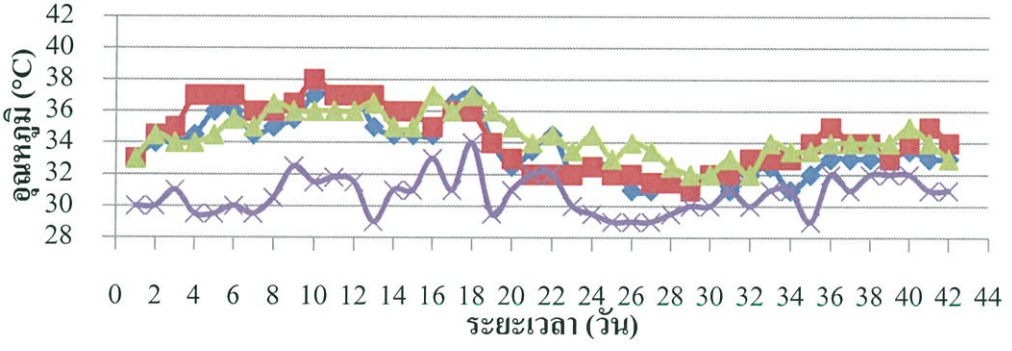
จากผลการวัดอุณหภูมิในถังปุ๋ยหมักทุกวันเป็นระยะเวลา 42 วัน ในถังควบคุม ถังที่ 1 และถังที่ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยทำการวัดที่ระยะความสูง 15, 30 และ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 1-1 ถึง ตารางที่ ข 1- 3, ภาคผนวก ข) พบว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง อุณหภูมิเริ่มต้นของทั้ง 3 ถังคือ 33 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 ทั้ง 3 ถัง โดยในถังควบคุมมีอุณหภูมิเท่ากับ 38 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และค่อยๆ ลดลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ส่วนภายในถังที่ 1 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอน-เวคชัน มีอุณหภูมิในวันที่ 2 เท่ากับ 38 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับถังควบคุม จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียสและคงที่เป็นระยะเวลา 4 วัน แล้วค่อยๆลดต่ำลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส และภายในถังที่ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน มีอุณหภูมิในวันที่ 2 เท่ากับ 38.5 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 40 องศาเซลเซียสและคงที่เป็นระยะเวลา 5 วัน จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆลดลงเหลือ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง พบว่าอุณหภูมิค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 2 แต่อุณหภูมิต่ำกว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง จากนั้นอุณหภูมิค่อยๆลดลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง และที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง พบว่าอุณหภูมิค่อยๆลดลงจากวันแรก และหลังจาก

นั้นอุณหภูมิที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ เปรียบเทียบทั้ง 3 ระยะจะพบว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง มีอุณหภูมิสูงสุดเพราะเกิดการสัมผัสกับอากาศมากที่สุด โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้ เกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนแล้วคายความร้อนออกมา ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในบรรยากาศ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 1-4, ภาคผนวก ข) ส่งผลให้ปุ๋ยหมักยุบตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยใช้ระยะเวลา 26 วัน แต่อุณหภูมิสูงสุดที่ได้นั้นไม่สอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า ในระยะเวลา 2-5 วันแรก อุณหภูมิจะสูงขึ้น 60-70 องศาเซลเซียส (ธีระพงษ์, 2548) ก็เพราะวัสดุเริ่มต้นมีความชื้นสูงมาก ส่งผลให้อุณหภูมิที่เกิดจากการคายความร้อนต่ำกว่าทฤษฎี และที่ระยะ 30 และ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง มีอุณหภูมิไม่สูงมาก อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ที่จะทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของธีระพงษ์และคณะ (2547)

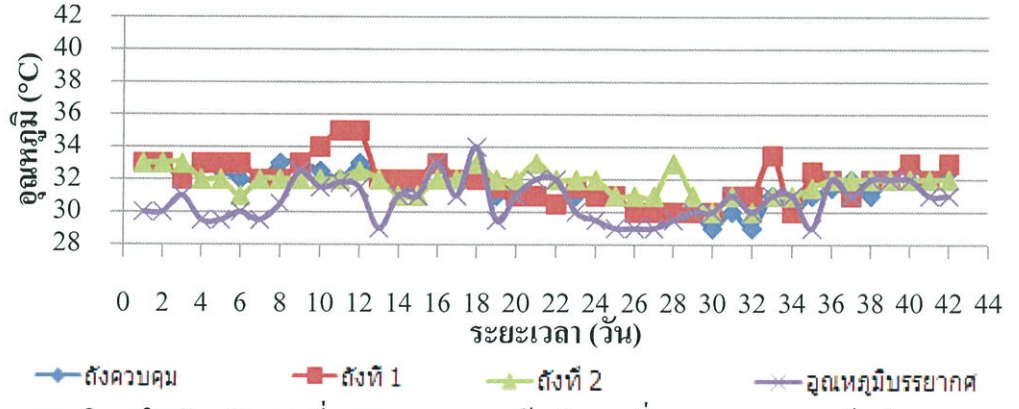
(ก)



(ข)



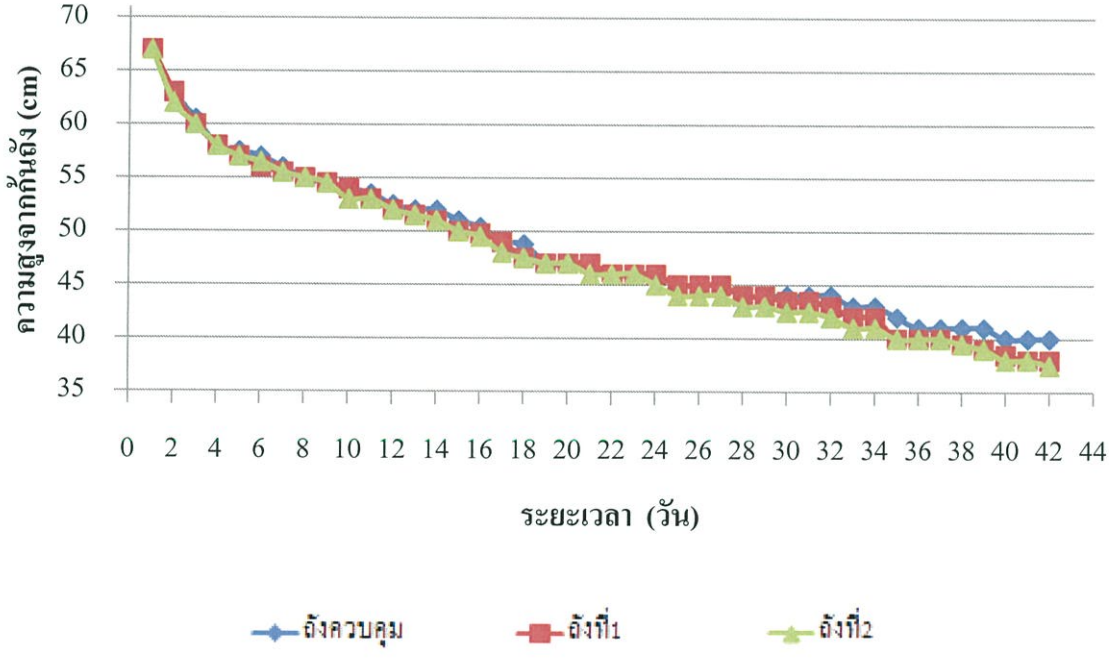
(ค)



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในถังหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

4.2.2 อัตราการยุบตัว

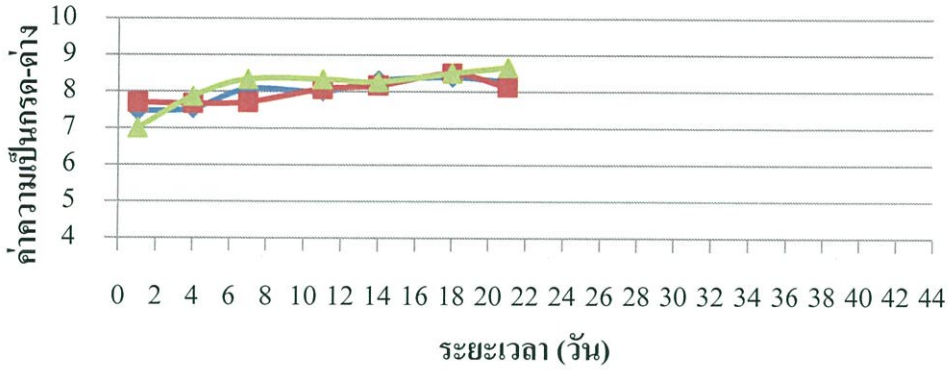
จากรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 2-1 ถึง ตารางที่ ข 2-3, ภาคผนวก ข) พบว่าเริ่มต้นวัสดุหมักมีความสูงที่ 67 เซนติเมตรจากก้นถัง โดยอัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก หลังทำการหมัก 1 วันจะมีอัตราการยุบตัวสูงสุด หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลง โดยในแต่ละวันจะมีอัตราการยุบตัวที่ใกล้เคียงกัน สาเหตุที่ในช่วงแรกมีอัตราการยุบตัวสูง เพราะก่อนที่จะนำมาหมักได้ทำการบดวัสดุเริ่มต้นให้มีขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยสลาย ทำให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว (ธีระพงษ์, 2548) ในการทดลองถังที่มีอัตราการยุบตัวสูงสุดคือ ถังที่ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชั่นยุบตัวลงมาที่ความสูง 37. 5 เซนติเมตรจากก้นถัง รองลงมาคือ ถังที่ 1 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชั่นยุบตัวลงมาที่ความสูง 38 เซนติเมตรจากก้น และสุดท้ายคือ ถังควบคุมที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดาลงไปยุบตัวลงมาที่ความสูง 40 เซนติเมตรจากก้นถัง จะเห็นว่าทั้ง 3 ถังมีอัตราการยุบที่ใกล้เคียงกันอาจเป็นเพราะวัสดุเริ่มต้นมีความชื้นสูง ทำให้อากาศจากภายนอกถังถ่ายเทเข้าในกองปุ๋ยไม่สะดวก ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายได้ช้า จึงมีอัตราการยุบตัวได้ใกล้เคียงกัน



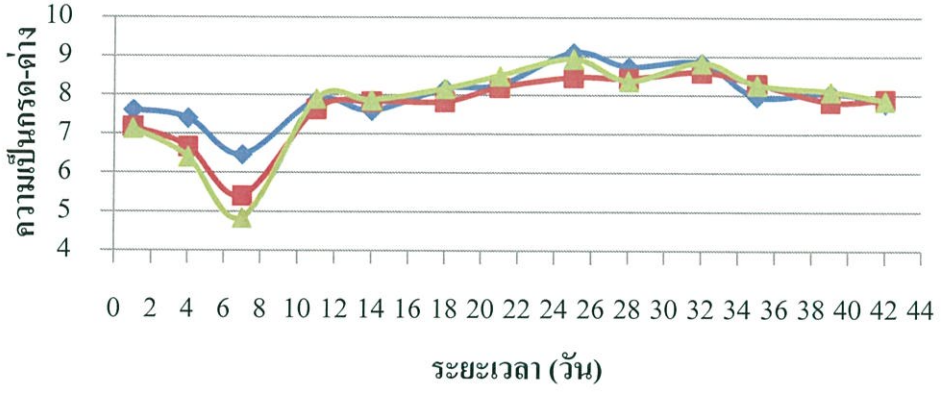
รูปที่ 4.2 อัตราการยุบตัวของปุ๋ยหมัก

4.2.3 ค่าความเป็นกรดด่าง

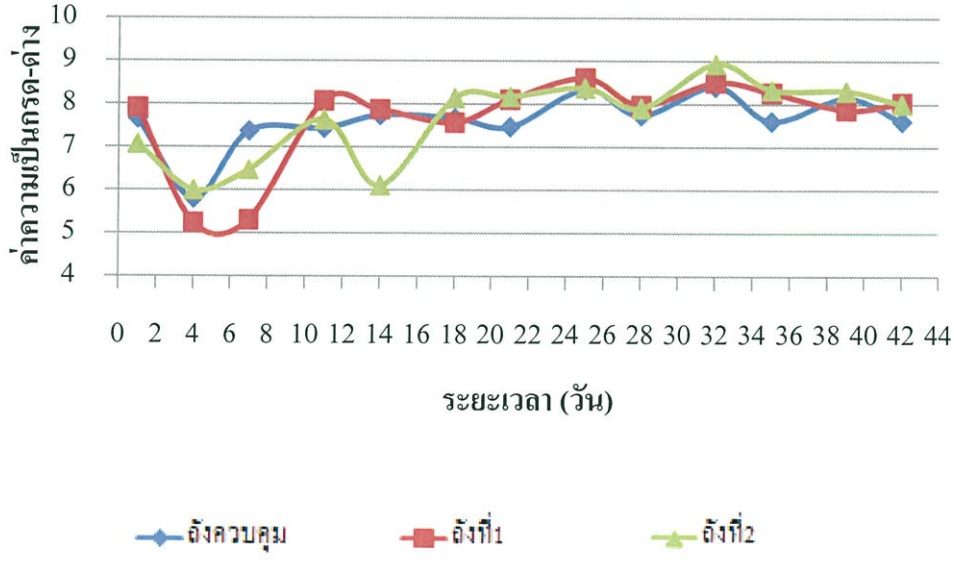
(ก)



(ข)



(ค)



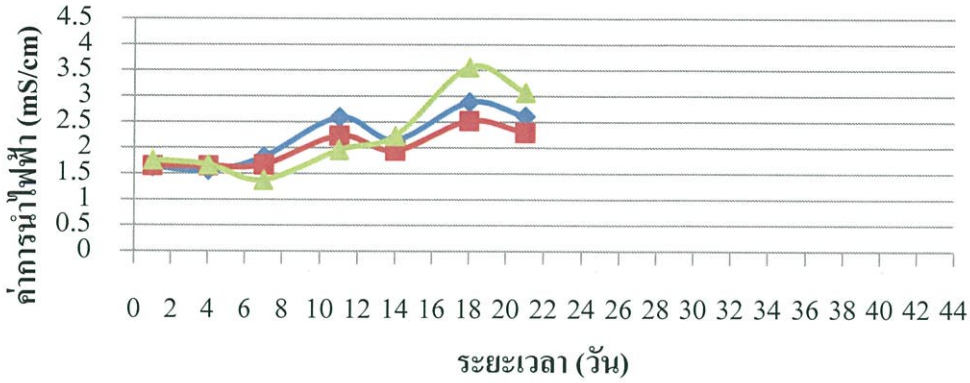
รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 3-1 ถึงตารางที่ ข 3-9, ภาคผนวก ข) พบว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นจากเป็นกลาง และมีแนวโน้มเป็นด่างเล็กน้อย เพราะว่าอินทรียวัตถุถูกย่อยสลายทำให้มีลักษณะเป็นสารต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างที่ดี และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มจากมีค่าเป็นกลางและมีแนวโน้มลดลงเป็นกรดเล็กน้อย จากนั้นเริ่มเพิ่มขึ้นจนกลายเป็นกลางที่ค่อนไปทางด่างเล็กน้อย เช่นเดียวกับที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงแรกมีการย่อยสลายตัวอย่างรวดเร็วและผลิตกรดอินทรีย์บางชนิด มีผลทำให้ค่าพีเอชมีความเป็นกรด จากนั้นกรดอินทรีย์ จะถูกจุลินทรีย์ใช้ไปเปลี่ยนเป็นก๊าซ ทำให้มีพีเอชสูงขึ้น ผลที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ถัง มีพีเอชอยู่ในช่วง 5.5 - 8.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันวดี (2547)

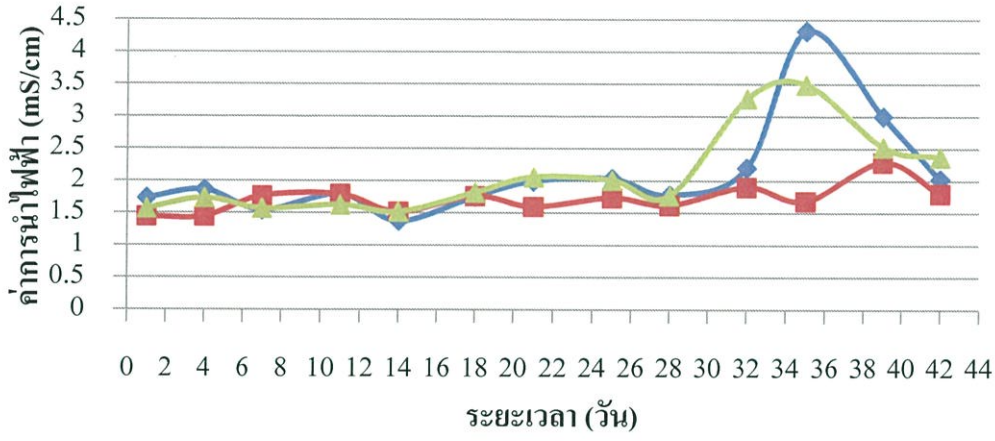
4.2.4 ค่าการนำไฟฟ้า

สภาพการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำซึ่งเป็นดัชนีความเค็มที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช โดยวัดปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุละลายอยู่สารละลายของปุ๋ยหมัก จากรูปที่ 4.4 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 4-1 ถึงตารางที่ ข 4-9, ภาคผนวก ข) พบว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง ทั้ง 3 ถังมีค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ระยะ 30 และ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้อยู่ประมาณ 2 mS/cm การที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกิดจากวัสดุอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ถูกย่อยให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลงจนเกิดเป็นเกลือที่มีประจุ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักที่ระบุไว้ว่าควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 6 mS/cm

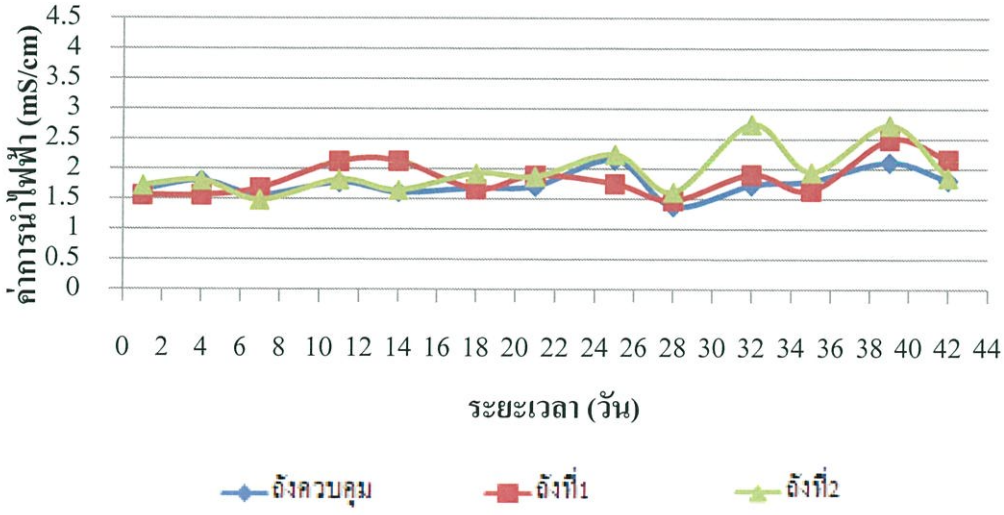
(ก)



(ข)

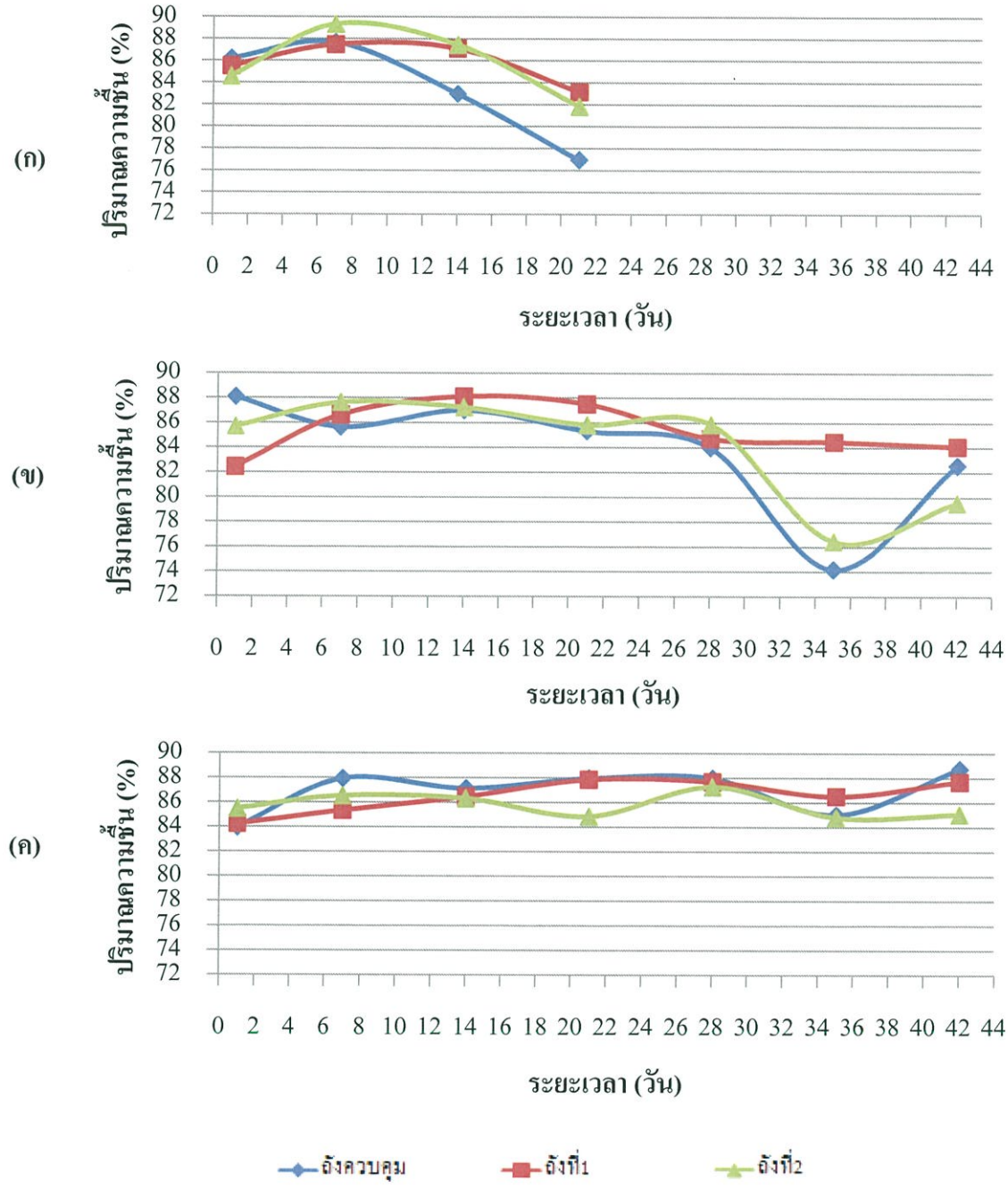


(ค)



รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

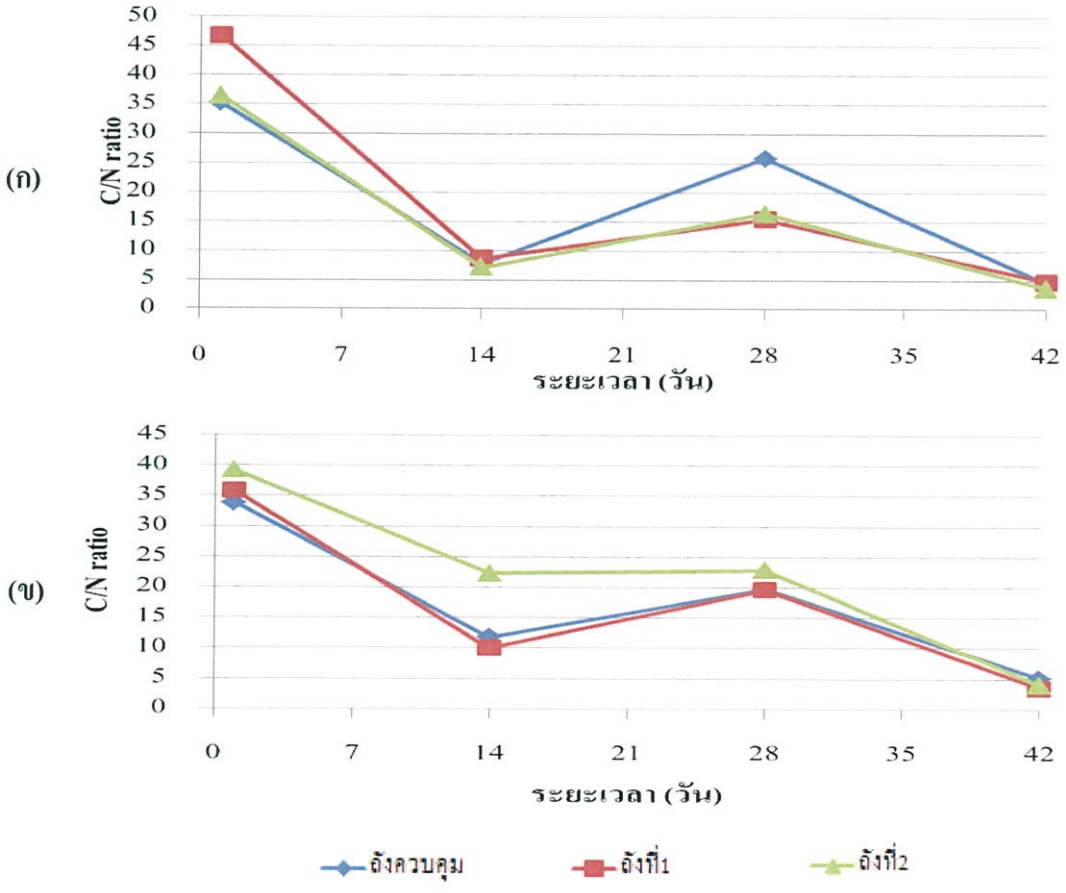
4.2.5 ความชื้น



รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมัก (ก) ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง (ค) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

จากการรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 5-1 ถึงตารางที่ ข 5-9, ภาคผนวก ข) พบว่าที่ระยะ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง มีความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณร้อยละ 80 ซึ่งเป็นระดับที่มีความชื้นสูงมากเกินมาตรฐานของปุ๋ยหมักซึ่งกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 35 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จากนั้นค่าความชื้นค่อยๆเพิ่มขึ้นแล้วลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุเริ่มต้นมีความชื้นสูง นอกจากนี้การย่อยสลายของอินทรีย์สาร โดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นในช่วงแรก จากนั้นในกองปุ๋ยหมักมีการย่อยสลาย และเกิดการคายความร้อนทำให้น้ำที่ได้ระเหยกลายเป็นไอ จึงส่งผลให้ค่าความชื้นลดลง (ราเชนทร์ และศิริธรรม, 2550) การเปลี่ยนแปลงความชื้นในระยะที่ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง จะมีความชื้นลดลงหลังจากการหมักเป็นเวลา 28 วัน อย่างไรก็ตาม ที่ระยะ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุหมักเริ่มต้นมีความชื้นสูง ทำให้การถ่ายเทอากาศเข้าสู่กองปุ๋ยหมักเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายช้า

4.2.6 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน



รูปที่ 4.6 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ก) ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง (ข) ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

จากรูปที่ 4.6 (ดูรายละอียดในตารางที่ ข 6-1 ถึง ตารางที่ ข 7-3, ภาคผนวก ข) ในระยะที่ 15 เซนติเมตรจากก้นถัง และในระยะที่ 30 เซนติเมตรจากก้นถัง พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ได้มีค่าแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ทำให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลง แต่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหลังทำการหมัก 28 วัน มีค่าสูงกว่าปุ๋ยที่หมัก 14 วัน ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุหมักไม่เป็นเนื้อเดียวกัน การสุ่มตัวอย่างปุ๋ยออกมาทดสอบ ในแต่ละครั้งอาจพบปุ๋ยที่มีการย่อยสลายแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ได้มีค่าสูง

4.3 ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

4.3.1 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก ความชื้น และลักษณะทางกายภาพ

จากตารางที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) พบว่า ปุ๋ยหมักในถังควบคุมจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักในถังที่ 1 และ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่า ปุ๋ยหมักมีค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่า C/N ratio ปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม และลักษณะทางกายภาพตามมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร (2548) อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณความชื้นที่ได้สูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ดังนั้นหากจะนำปุ๋ย หมักไปใช้ควรผึ่งให้ความชื้นลดลงก่อนและควรมีการเติมฟอสฟอรัสแล้วจึงทำไปใช้กับพืช

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดา และปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน

ลำดับที่	คุณลักษณะ	ถังควบคุม ที่มีการเติมอากาศแบบ ธรรมดา	ถังที่ 1 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์ คอนเวคชัน	ถังที่ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์ คอนเวคชัน	มาตรฐานปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)
1	ปริมาณความชื้น (%)	85.64±3.48	85.89±2.08	82.3±3.23	≤ 35
2	ค่าความเป็นกรดด่าง	7.70±0.20	7.97±0.08	7.93±0.08	5.5 – 8.5
3	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	1.92±0.22	1.98±0.33	2.11±0.41	≤ 6
4	อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน (%)	4.78/ 1	4.14/1	3.77/1	$\leq 20/1$
5	ปริมาณธาตุอาหารหลัก				
	- ปริมาณ N (%)	3.29±0.09	2.96±0.21	3.19±0.01	≥ 1
	- ปริมาณ K_2O (%)	1.37±0.31	1.50±0.09	1.24±0.05	≥ 0.5
	- ปริมาณ P_20_5 (%)	0.31±0.02	0.45±0.14	0.27±0.14	≥ 0.5

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดา และปุ๋ยหมักที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน

ลำดับที่	คุณลักษณะ	ถังควบคุม ที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดา	ถังที่ 1 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน	ถังที่ 2 ที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน	มาตรฐานปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)
6	ลักษณะกายภาพที่บอกว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์	ในระหว่างการหมักพบหนอน เมื่อครบ 1 เดือนไม่พบหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ แต่มีบางส่วนที่ยังไม่เปื่อยยุ่ย แต่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นคล้ายดิน	ในระหว่างการหมักพบหนอน เมื่อครบ 1 เดือนไม่พบหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ แต่มีบางส่วนที่ยังไม่เปื่อยยุ่ย แต่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นคล้ายดิน	ในระหว่างการหมักพบหนอน เมื่อครบ 1 เดือนไม่พบหนอน ปุ๋ยมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ แต่มีบางส่วนที่ยังไม่เปื่อยยุ่ย แต่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นคล้ายดิน	เศษวัสดุเปื่อยยุ่ย สีของวัสดุเริ่มต้นเปลี่ยนสีน้ำตาลดำ มีกลิ่นหอมคล้ายดิน
7	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	42	42	42	30- 60

4.3.2 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์

จากการทดลองนำเมล็ดผักกวางตุ้งดอก มาทดสอบการงอกของเมล็ดเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้ทรายในการเพาะเมล็ดพันธุ์ ซึ่งชุดควบคุมไม่มีการใส่ปุ๋ยหมัก ส่วนชุดทดลองใส่ปุ๋ยหมัก 1 กรัมในการทดลองแต่ละชุด ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) พบว่าการเพาะเมล็ดที่ใส่ปุ๋ยลงไป มีดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์มากกว่าการเพาะเมล็ดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยลงไป และเปรียบเทียบปุ๋ยหมักจากทั้ง 3 ถัง พบว่าการเพาะเมล็ดโดยใส่ปุ๋ยจากถังควบคุมและถังที่ 1 มีดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ใกล้เคียงกัน และการเพาะเมล็ดโดยใส่ปุ๋ยจากถังที่ 2 มีดัชนีการงอกของเมล็ดมากที่สุด จากนั้นทำการวัดความยาวของลำต้น- ราก พบว่าความยาวของลำต้น-ราก จากการเพาะเมล็ดโดยใส่ปุ๋ยลงไป มีค่าความยาวของลำต้น- ราก มากกว่าการเพาะเมล็ดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยลงไป และเปรียบเทียบปุ๋ยหมักจากทั้ง 3 ถัง พบว่าความยาวของลำต้น- ราก จากการเพาะเมล็ดโดยใส่ปุ๋ยจากถังควบคุม และถังที่ 1 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และความยาวของลำต้น- ราก จากการเพาะเมล็ดโดยใส่ปุ๋ยจากถังที่ 2 มีค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าทั้ง 3 ถัง จำนวนใบเฉลี่ยที่ได้มีค่าเท่ากันทั้งหมดคือ 2 ใบ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่เพาะโดยมีการใส่ปุ๋ยที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง จะเจริญได้ดีกว่าที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง ทั้งนี้เนื่องจากที่ระยะ 30 cm จากก้นถังวัสดุเริ่มต้นได้หมักเป็นปุ๋ยที่สมบรูณ์กว่าที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง และพบว่าชุดทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ได้ผลใกล้เคียงกับชุดที่ใส่ปุ๋ยที่ระยะ 15 cm และปุ๋ยที่ได้จากการหมักทั้ง 3 ถังมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.4 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ ความยาวของลำต้น- รากเฉลี่ย และจำนวนใบเฉลี่ย หลังปลูก 7 วัน

ตัวอย่าง / พารามิเตอร์	ชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก)	ใส่ปุ๋ยหมักในถังควบคุม		ใส่ปุ๋ยหมักในถังที่ 1		ใส่ปุ๋ยหมักในถังที่ 2	
		ระยะ 15 cm จากก้นถัง	ระยะ 30 cm จากก้นถัง	ระยะ 15 cm จากก้นถัง	ระยะ 30 cm จากก้นถัง	ระยะ 15 cm จากก้นถัง	ระยะ 30 cm จากก้นถัง
ความยาวของลำต้น- รากเฉลี่ย (cm)	0.67±0.45	0.65±0.43	0.79±0.43	0.60±0.43	0.80±0.44	0.86±0.46	0.98±0.37
จำนวนใบเฉลี่ย	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ดัชนีการงอก	1.49	2.38	1.47	2.01	2.30	3.53	3.54

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ของโรงงานผลิตอาหารและวัชพืชน้ำ โดยวิธีเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน โดยทำการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย จากใบเตย เผือก และผักตบชวา โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน ได้แก่ ความชื้น อัตราการยุบตัว และอุณหภูมิ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมัก โดยศึกษาปัจจัยดังนี้ ระยะเวลาในการหมัก ทั้ง 2 วิธี ใช้ระยะเวลาในการหมัก 42 วัน ปริมาณความชื้นในถังควบคุม มีค่าเท่ากับ 85.64% และในถังที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน ถังที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 85.89% และ 82.30% ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ถังควบคุม 7.70 ถังที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันมีค่า 7.79 และ 7.93 การนำไฟฟ้า ถังควบคุม 1.92 mS/cm ถังที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน 1.98 และ 2.11 mS/cm ธาตุอาหารของพืช (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม) ถังควบคุมมีปริมาณไนโตรเจน3.29% โพแทสเซียม 1.37% ฟอสฟอรัส 0.31% ซึ่งปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร แต่ฟอสฟอรัสยังต่ำกว่าเกณฑ์ ส่วนถังที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน มีปริมาณไนโตรเจน 2.96% และ 3.19% โพแทสเซียม 1.5% และ 1.24% ฟอสฟอรัส 0.45% และ 0.27% ซึ่งปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสนั้นยังต่ำกว่าเกณฑ์ ดัชนีการงอกของเมล็ด ชุดควบคุมไม่ใส่ปุ๋ย 1.49 ถังควบคุม ที่ระยะ 15 cm 2.38, 30 cm 1.47 ถังที่มีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm 2.01, 30 cm 2.30 ถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm 3.53, 30 cm 3.54 เมื่อเปรียบผลวิเคราะห์ระหว่างวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชันกับวิธีการเติมอากาศแบบธรรมดา พบว่าอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ได้ ถังที่มีการเติมอากาศแบบธรรมดา 4.78:1 ส่วนในถังเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน 4.14:1 และ 3.77:1 ตามลำดับ การหมักปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน ไม่แตกต่างจากถังควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุหมักเริ่มต้นมีความชื้นสูงและมีขนาดเล็ก ทำให้อากาศแพร่ผ่านกองปุ๋ยได้ยาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. วัสดุอินทรีย์ที่มีความชื้นสูง ควรมีการผึ่งแดดเพื่อไล่ความชื้น

2. ควรใส่ bulking agents เพื่อเพิ่มช่องว่างให้อากาศสามารถแทรกเข้าไปในกองปุ๋ยได้

3. การศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ ควรเพาะเมล็ดเป็นต้นกล้าก่อน แล้วนำต้นกล้ามาทดลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **กิจกรรมการลด คัดแยก และใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย** [online]. Available http://www.pcd.go.th (วันที่สืบค้น: 14 มกราคม 2558)

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชน** [online]. Available: http://www.pcd.go.th (วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2557)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก** [online]. Available: http://aglib.doa.go.th (วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2557)

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2547. **ปุ๋ยหมัก ดินหมักและปุ๋ยน้ำชีวภาพ เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

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

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์. 2547. **การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พ.ศ. 2547.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. 2548. **คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกอง ระบบเติมอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, เสมอขวัญ ตันติกุลและชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร.2547. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชในเชิงอุตสาหกรรมสำหรับชุมชนด้วยระบบกองเติมอากาศ**. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 3. 28-29 มกราคม 2547. โรงแรมพีบีแกรนด์ ทาวเวอร์. สงขลา.

เปรมสุดา จิ๋วนอก. 2550. **ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแหล่งไนโตรเจนกับเวลาการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2550.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

ไผทรัตน์ ทุเรียน, วรุณนภา ชัยงามและวันทนีย์ บุญแจ้ง. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารครัวเรือน โดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชัน**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2549.

พรสุดา ท่าหิน, รติกร นุชนา และ รุ่งรพี บุญมี. 2549. **การผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยวิธีการเติมอากาศแบบชิมนีย์คอนเวคชั่น**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2549.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ และ ศิริธรรม สิงห์โต. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ทางเลือกใหม่เพื่อการเกษตร**. ปทุมธานี : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

สมศักดิ์ จีรัตน์. 2554. **การผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการปรับปรุงดินและรักษาสิ่งแวดล้อม.** [online]. Available: http://web.agri.cmu.ac.th (วันที่สืบค้น: 11 พฤศจิกายน 2557)

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2520. **ชนิดของวัชพืช**. [online]. Available: http://kanchanapisek.or.th (วันที่สืบค้น: 11 พฤศจิกายน 2557)

สุรชัย ทับทิม. 2530. **วิธีการทำปุ๋ยหมักเพื่อเกษตรกร**. กรุงเทพฯ: สหบูรพาสาส์น.

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์และนวลจันทร์ ภาสดา. 2537. **ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ เรื่อง การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ**. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน

สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. **หลักการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน.** [online]. Available: http://www.reo3.go.th (วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2557)

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.2557. **ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมี.** [online]. Available: http://www.oae.go.th (วันที่สืบค้น: 10 พฤศจิกายน 2557)

องอาจ เอี่ยมสำอางค์. 2542. **การใช้ระบบอัดอากาศในการทำปุ๋ยหมักร่วมกับเศษพืชผักร่วมกับตะกอนน้ำทิ้งชุมชน**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. 2542.

ภาคผนวก ก

การคำนวณหาอัตราส่วนปริมาณคาร์บอน ต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ก-1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้หมักเริ่มต้น และการคำนวณหาอัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ตารางที่ ก 1-1 ความชื้น (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

ตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วย (g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ความชื้น (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
เผือก	31.3373	1.0120	32.3493	31.5126	82.68	82.59	0.47
	34.6996	1.0319	35.7315	34.8844	82.09		
	30.8639	1.0437	31.9076	31.0412	83.01		
ใบเตย	29.9964	1.0976	31.0940	30.2212	79.52	80.73	1.13
	29.4815	1.0390	30.5205	29.6711	81.75		
	31.4005	1.0237	32.4242	31.5958	80.92		
ผักตบชวา	29.2705	1.0156	30.2861	29.3822	89.00	89.46	0.42
	32.8637	1.0143	33.8780	32.9670	89.82		
	30.3106	1.0160	31.3266	30.4165	89.58		

ตารางที่ ก 1-2 ปริมาณคาร์บอน (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%C	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		เริ่ม	ยุติ	ใช้ไป			
เผือก	0.1064	11.00	20.60	9.60	19.06	17.35	2.18
	0.1322	20.60	30.50	9.90	14.90		
	0.1143	30.50	39.90	9.40	18.08		
ใบเตย	0.1267	0.00	7.40	7.40	19.39	18.96	0.60
	0.1323	7.40	15.00	7.60	18.28		
	0.129	15.00	22.30	7.30	19.20		
ผักตบชวา	0.1686	11.70	21.40	9.70	11.91	11.68	0.26
	0.1645	21.40	31.50	10.10	11.74		
	0.1659	31.50	41.80	10.30	11.40		

ตารางที่ ก 1-3 ไนโตรเจน (%) ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)			(%) N	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		เริ่ม	ยุติ	ใช้ไป			
เผือก	1.0024	0.20	4.20	4.00	0.53	0.44	0.13
	1.0042	4.40	8.10	3.70	0.49		
	1.0023	8.10	10.40	2.30	0.29		
ใบเตย	1.0295	0.00	5.00	5.00	0.65	0.68	0.09
	1.0258	5.00	10.90	5.90	0.78		
	1.0274	10.90	15.50	4.60	0.60		
ผักตบชวา	1.0192	11.60	17.60	6.00	0.80	0.88	0.28
	1.0153	17.60	26.40	8.80	1.19		
	1.0152	26.40	31.30	4.90	0.65		

ตารางที่ ก 1-4 อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน ของวัสดุที่ใช้ในการหมักเริ่มต้น

ตัวอย่าง	C (%)	N (%)	C/N
เผือก	17.35	0.44	39.43
ใบเตย	18.96	0.68	27.88
ผักตบชวา	11.68	0.88	13.27

การคำนวณค่าอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน เริ่มต้นของใบเตย เผือก และผักตบชวา จากมาตรฐานปุ๋ยหมัก กำหนดให้มีค่าอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน เริ่มต้นของการหมักเท่ากับ 25:1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

1. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยของใบเตยและเผือก

$$\text{เผือก+ใบเตย} = \frac{82.5939+80.7309}{2} = 81.6624\ \%$$

2. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของใบเตยและเผือก

$$\text{ไนโตรเจน} = \frac{0.4469+0.6908}{2} = 0.5689\ \%$$

3. คำนวณหาปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของใบเตยและเผือก

$$\frac{\text{ปริมาณคาร์บอน } (C)}{\text{ไนโตรเจน } (N)} = \frac{38.8170+27.2199}{2} = 33.0185$$

4. คำนวณหาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของใบเตยรวมกับเผือกที่ 1 กิโลกรัม

ถ้า 1 kg ของ ใบเตย + เผือก

จะมี ใบเตย + เผือก: น้ำหนักแห้ง = $1-\left[\frac{81.6624}{100}\right]\times 1$ = 0.1834 kg

จะมีไนโตรเจน = $\frac{0.5689}{100}\times 0.1834$ = 1.0434×10^{-3} kg

$$\frac{\text{ปริมาณคาร์บอน } (C)}{\text{ไนโตรเจน } (N)} = \frac{33.0185}{1}$$

ถ้ามีไนโตรเจน 1 kg จะมีคาร์บอน = 33.0185

ถ้ามีไนโตรเจน 1.0434×10^{-3} kg จะมีคาร์บอน = $1.0434\times10^{-3}\times 33.0185$

= 0.0345 kg

5. คำนวณหาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของผักตบชวาที่ 1 กิโลกรัม

ถ้าผักตบชวา 1 kg

จะมีผักตบชวา : น้ำหนักแห้ง = $1-\left[\frac{89.4647}{100}\right]\times 1$ = 0.1054 kg

จะมีไนโตรเจน = $\frac{0.8775}{100}\times 0.1054$ = 9.2489×10^{-4} kg

$$\frac{\text{ปริมาณคาร์บอน } (C)}{\text{ไนโตรเจน } (N)} = \frac{13.3142}{1}$$

ถ้ามีไนโตรเจน 1 kg จะมีคาร์บอน = 13.3142

ถ้ามีไนโตรเจน 9.2489×10^{-4} kg จะมีคาร์บอน = $9.2489\times10^{-4}\times 13.3142$

= 0.0123 kg

6. หาปริมาณผักตบชวาที่ใช้ต่อใบเตยและเผือก 1 kg

ต้องการอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็น 25:1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

สมมติให้ ใบเตย+เผือก 1 kg ต้องใช้ผักตบชวา X kg

$$\frac{\text{ปริมาณคาร์บอน } (C)}{\text{ไนโตรเจน } (N)} = \frac{25}{1} = \frac{C_{\text{ใบเตย+เผือก}} + X(C_{\text{ผักตบชวา}})}{N_{\text{ใบเตย+เผือก}} + X(N_{\text{ผักตบชวา}})}$$

$$\frac{25}{1} = \frac{0.0345 + X(0.0123)}{1.0434\times10^{-3} + X\,(9.2489\times10^{-4})}$$

$0.0261 + 0.0231X = 0.0345 + 0.0123X$

$X\,(0.0231 - 0.0123) = 0.0345 - 0.0261$

$0.0108X = 8.4\times10^{-3}$

$$X = \frac{8.4\times10^{-3}}{0.0108}$$

$$X = 0.78 \text{ kg}$$

7. คำนวณหาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของผักตบชวาที่ 0.78 kg

ใช้ผักตบชวา 0.78 kg

น้ำหนักผักตบแห้ง = $0.78 - \left[\frac{89.4647}{100}\right] \times 0.78$ = 0.0822 kg

จะมีปริมาณคาร์บอน = 0.78×0.0123 = 9.594×10^{-3} kg

จะมีไนโตรเจน = $0.78 \times 9.2489\times10^{-4}$ = 7.2141×10^{-4} kg

8. คำนวณหาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของใบเตยและเผือกที่ 1 kg

ใบเตย+เผือก 1 kg

น้ำหนักใบเตย+เผือก = $1 - \left[\frac{89.4647}{100}\right] \times 1$ = 0.1834 kg

จะมีปริมาณคาร์บอน = 0.0345 kg

จะมีไนโตรเจน = 1.0434×10^{-3} kg

9. คำนวณหาน้ำหนักแห้ง ปริมาณคาร์บอน และไนโตรเจนของใบเตย เผือก และผักตบชวา

น้ำหนัก = $0.1834 + 0.0822$ = 0.2656 kg

จะมีปริมาณคาร์บอน = $0.0345 + (9.594\times10^{-3})$ = 0.0441 kg

จะมีไนโตรเจน = $(1.0434 \times10^{-3}) + (7.2141\times10^{-4})$ = 1.7648×10^{-3} kg

10. คำนวณหาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของใบเตย + เผือก + ผักตบชวา

$$\frac{\text{ปริมาณคาร์บอน } (C)}{\text{ไนโตรเจน } (N)} = \frac{0.0441}{1.7648\times10^{-3}} = \frac{24.9887}{1}$$

ก-2 ผลการศึกษาคุณลักษณะเริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ก 2-1 ความชื้น (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักถ้วย (g)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	% ความชื้น	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	34.7019	1.0521	35.7540	34.8850	82.60	84.95	2.28
	34.7029	1.0275	35.7304	34.8720	83.54		
	34.7028	1.0333	35.7361	34.8505	85.71		
30 cm	31.3393	1.0532	32.3925	31.4801	86.63		
	31.3411	1.0210	32.3621	31.4599	88.36		
	31.3404	1.0355	32.3759	31.4520	89.22		
45 cm	31.4014	1.0524	32.4538	31.5430	86.55		
	31.4028	1.0301	32.4329	31.5469	86.01		
	31.4024	1.0377	32.4401	31.5476	86.01		
60cm	32.8652	1.0545	33.9197	33.0072	86.53		
	32.8669	1.0244	33.8913	33.0139	85.65		
	32.8669	1.0323	33.8992	33.0459	82.66		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักถ้วย**	**น้ำหนักตัวอย่าง**	**น้ำหนักก่อนอบ**	**น้ำหนักหลังอบ**	**% ความชื้น**		
15 cm	30.0015	1.0556	31.0571	30.1910	82.05		
	30.0023	1.0303	31.0326	30.1426	86.38		
	30.0018	1.0322	31.0340	30.1638	84.31		
30 cm	30.8596	1.0517	31.9113	31.1018	76.97		
	30.8612	1.0296	31.8908	31.0114	85.41		
	30.8615	1.0353	31.8968	31.0182	84.86		
45 cm	29.4831	1.0529	30.5360	29.6187	87.12		
	29.4841	1.0289	30.5130	29.6471	84.16		
	29.4838	1.0340	30.5178	29.6363	85.25		
60 cm	32.3265	1.0515	33.3780	32.5111	82.44		
	32.3270	1.0276	33.3546	32.4737	85.72		
	32.3263	1.0307	33.3570	32.4556	87.46		

ตารางที่ ก 2-1 (ต่อ) ความชื้น (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบ	น้ำหนักหลังอบ	% ความชื้น		
15 cm	30.3126	1.0553	31.3679	30.4896	83.23		
	30.3122	1.0251	31.3373	30.4566	85.91		
	30.3122	1.0314	31.3436	30.4430	87.32		
30 cm	29.1008	1.0524	30.1532	29.2614	84.74		
	29.1015	1.0252	30.1267	29.2438	86.12		
	29.1016	1.0359	30.1375	29.2445	86.21		
45 cm	31.1208	1.0578	32.1786	31.2964	83.40		
	31.1222	1.0279	32.1501	31.2711	85.51		
	31.1221	1.0327	32.1548	31.2793	84.78		
60 cm	25.2369	1.0552	26.2921	25.4404	80.71		
	25.2377	1.0233	26.2610	25.3998	84.16		
	25.2377	1.0355	26.2732	25.3992	84.40		

ตารางที่ ก 2-2 อุณหภูมิ (°C) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่	อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ถังควบคุม	33.00	33.00	0.00
ถังที่ 1	33.00		
ถังที่ 2	33.00		

ตารางที่ ก 2-3 ค่าความเป็นกรดด่าง เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	7.45	7.73	7.79	7.39	0.34
30 cm	7.43	7.70	7.71		
45 cm	7.30	7.71	7.37		
60 cm	7.40	7.18	7.32		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**		
15 cm	7.67	8.03	8.01		
30 cm	7.12	7.11	7.31		
45 cm	7.57	7.71	7.81		
60 cm	7.37	7.65	7.79		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**		
15 cm	7.10	6.80	7.30		
30 cm	7.10	7.00	7.30		
45 cm	6.90	6.80	7.30		
60 cm	7.00	6.80	7.30		

ตารางที่ ก 2-4 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.75	1.73	1.47	1.62	0.20
30 cm	1.75	1.69	1.75		
45 cm	1.66	1.61	1.62		
60 cm	1.27	1.42	1.28		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**		
15 cm	1.55	1.55	1.58		
30 cm	1.54	1.36	1.43		
45 cm	1.80	1.57	1.58		
60 cm	1.58	1.74	1.69		

ตารางที่ ก 2-4 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
15 cm	1.60	1.90	1.67		
30 cm	1.61	1.57	1.52		
45 cm	2.19	1.46	1.64		
60 cm	2.27	1.36	1.66		

ตารางที่ ก 2-5 ปริมาณคาร์บอน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%C	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป			
15 cm	0.1155	18.40	24.20	5.80	23.97	21.58	2.36
30 cm	0.1110	0.00	7.80	7.80	21.43		
	0.1111	24.20	34.90	10.70	16.32		
	0.1108	0.00	6.30	6.30	24.11		
45 cm	0.1126	0.00	8.90	8.90	19.22		
60 cm	0.1182	8.90	17.60	8.70	18.64		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)**			**%C**		
		เริ่ม	**ยุติ**	**ใช้ไป**			
15 cm	0.1162	6.30	12.90	6.60	22.49		
30 cm	0.1177	25.80	33.80	8.00	19.88		
	0.1144	33.80	41.20	7.40	21.48		
	0.1105	0.00	6.30	6.30	24.18		
45 cm	0.1079	19.90	25.80	5.90	25.48		
60 cm	0.1103	12.80	19.90	7.10	22.81		

ตารางที่ ก 2-5 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%C		
		เริ่ม	ยุติ	ใช้ไป			
15 cm	0.1104	19.50	26.10	6.60	23.67		
30 cm	0.1128	32.90	41.30	8.40	20.05		
	0.1153	0.00	8.20	8.20	19.96		
	0.1146	8.20	16.50	8.30	19.91		
45 cm	0.1170	26.10	32.90	6.80	22.00		
60 cm	0.1163	16.50	22.90	6.40	22.80		

ตารางที่ ก 2-6 ไนโตรเจน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณกรดไฮโดร-คลอริกที่ใช้ (ml)	%N	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0160	5.00	0.68	0.60	0.13
30 cm	1.0034	3.60	0.49		
	1.0030	3.90	0.53		
	1.0026	5.80	0.80		
45 cm	1.0144	6.10	0.83		
	1.0061	4.10	0.56		
	1.0086	3.50	0.47		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณกรดไฮโดร-คลอริกที่ใช้ (ml)**	**%N**		
15 cm	1.0143	3.60	0.48		
30 cm	1.0034	3.60	0.49		
	1.0030	3.90	0.53		
	1.0026	5.80	0.80		
45 cm	1.0158	5.30	0.72		
	1.0108	4.10	0.55		
	1.0179	4.00	0.54		

ตารางที่ ก 2-6 (ต่อ) ไนโตรเจน (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณกรดไฮโดร-คลอริกที่ใช้ (ml)	%N		
15 cm	1.0008	4.80	0.66		
30 cm	1.0018	4.10	0.56		
	1.0027	2.20	0.29		
	1.0052	5.00	0.68		
45 cm	1.0025	5.20	0.71		
	1.0034	5.20	0.71		
	1.0015	4.10	0.56		

ตารางที่ ก 2-7 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0135	1.11	0.05	0.13	0.16	0.08
	1.0135	1.38	0.07	0.16		
	1.0135	1.32	0.07	0.15		
30 cm	1.0233	1.03	0.05	0.12		
	1.0233	1.17	0.06	0.13		
	1.0233	1.15	0.06	0.13		
45 cm	1.0179	0.79	0.04	0.09		
	1.0179	0.84	0.04	0.09		
	1.0179	0.88	0.04	0.10		
60 cm	1.0085	3.36	0.17	0.38		
	1.0085	3.55	0.18	0.40		
	1.0085	3.32	0.16	0.38		

ตารางที่ ก 2-7 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัส (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)		
15 cm	1.0171	1.24	0.06	0.14		
	1.0171	1.3	0.06	0.15		
	1.0171	1.41	0.07	0.16		
30 cm	1.0037	2.03	0.10	0.23		
	1.0037	1.39	0.07	0.16		
	1.0037	1.75	0.09	0.20		
45 cm	1.0188	1.48	0.07	0.17		
	1.0188	1.39	0.07	0.16		
	1.0188	1.33	0.07	0.15		
60 cm	1.018	1.03	0.05	0.12		
	1.018	1.09	0.05	0.12		
	1.018	1.01	0.05	0.11		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)**	**ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)**	**ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)**		
15 cm	1.0203	1.45	0.07	0.16		
	1.0203	1.4	0.07	0.16		
	1.0203	1.71	0.08	0.19		
30 cm	1.0237	0.72	0.04	0.08		
	1.0237	0.72	0.04	0.08		
	1.0237	0.88	0.04	0.10		

ตารางที่ ก 2-7 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัส (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)		
45 cm	1.0188	1.09	0.05	0.12		
	1.0188	1.06	0.05	0.12		
	1.0188	1.02	0.05	0.11		
60 cm	1.0219	1.69	0.08	0.19		
	1.0219	2.03	0.10	0.23		
	1.0219	1.79	0.09	0.20		

ตารางที่ ก 2-8 ปริมาณโพแทสเซียม (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0135	0.297	0.73	0.88	0.88	0.24
	1.0135	0.303	0.75	0.90		
	1.0135	0.303	0.75	0.90		
30 cm	1.0233	0.452	1.10	1.33		
	1.0233	0.474	1.16	1.40		
	1.0233	0.479	1.17	1.41		
45 cm	1.0179	0.231	0.57	0.68		
	1.0179	0.233	0.57	0.69		
	1.0179	0.234	0.57	0.69		

ตารางที่ ก 2-8 (ต่อ) ปริมาณโพแทสเซียม (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถัง ควบคุม (ระยะ จากก้น ถัง)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (g)	ปริมาณ โพแทสเซียม เทียบจากกราฟ มาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณ โพแทสเซียมใน รูป K (%)	ปริมาณ โพแทสเซียมใน รูป K_2O (%)		
60 cm	1.0085	0.443	1.10	1.32		
	1.0085	0.45	1.12	1.34		
	1.0085	0.464	1.15	1.39		
ถังที่ 1 (ระยะ จากก้น ถัง)	**น้ำหนัก ตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณ โพแทสเซียม เทียบจากกราฟ มาตรฐาน (mg/L)**	**ปริมาณ โพแทสเซียมใน รูป K (%)**	**ปริมาณ โพแทสเซียมใน รูป K_2O (%)**		
15 cm	1.0171	0.33	0.81	0.98		
	1.0171	0.336	0.83	1.00		
	1.0171	0.339	0.83	1.00		
30 cm	1.0037	0.26	0.65	0.78		
	1.0037	0.27	0.67	0.81		
	1.0037	0.267	0.67	0.80		
45 cm	1.0188	0.289	0.71	0.85		
	1.0188	0.297	0.73	0.88		
	1.0188	0.299	0.73	0.88		
60 cm	1.018	0.262	0.64	0.78		
	1.018	0.272	0.67	0.80		
	1.018	0.27	0.66	0.80		

ตารางที่ ก 2-8 (ต่อ) ปริมาณโพแทสเซียม (%) เริ่มต้นของปุ๋ยหมัก

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)		
15 cm	1.0203	0.251	0.62	0.74		
	1.0203	0.255	0.62	0.75		
	1.0203	0.256	0.63	0.76		
30 cm	1.0237	0.227	0.55	0.67		
	1.0237	0.233	0.57	0.69		
	1.0237	0.234	0.57	0.69		
45 cm	1.0188	0.231	0.57	0.68		
	1.0188	0.232	0.57	0.69		
	1.0188	0.234	0.57	0.69		
60 cm	1.0219	0.202	0.49	0.60		
	1.0219	0.237	0.58	0.70		
	1.0219	0.241	0.59	0.71		

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาสภาวะในระหว่างการหมักปุ๋ย

ข-1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่ระยะ 15, 30 และ 45 เซนติเมตรจากก้นถัง

ตารางที่ ข 1-1 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังควบคุม

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12/9/2557	33.00	33.00	33.00	33.00
13/9/2557	33.00	34.00	38.00	35.00
14/9/2557	32.00	34.00	38.50	34.83
15/9/2557	33.00	34.50	38.00	35.17
16/9/2557	32.50	36.00	39.00	35.83
17/9/2557	32.00	36.00	40.00	36.00
18/9/2557	32.00	34.50	39.50	35.33
19/9/2557	33.00	35.00	39.50	35.83
20/9/2557	33.00	35.50	39.00	35.83
21/9/2557	32.50	37.00	39.00	36.17
22/9/2557	32.00	37.00	40.00	36.33
23/9/2557	33.00	37.00	37.00	35.67
24/9/2557	32.00	35.00	38.00	35.00
25/9/2557	31.50	34.50	35.00	33.67
26/9/2557	31.50	34.50	35.00	33.67
27/9/2557	33.00	34.50	36.00	34.50
28/9/2557	32.00	36.50	37.00	35.17
29/9/2557	32.00	37.00	36.00	35.00
30/9/2557	31.00	34.00	35.50	33.50
1/10/2557	31.00	32.50	35.50	33.00
2/10/2557	31.00	33.50	35.00	33.17
3/10/2557	30.50	34.50	35.00	33.33
4/10/2557	31.00	32.00	35.00	32.67
5/10/2557	31.00	32.50	35.00	32.83

ตารางที่ ข 1 -1 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังควบคุม

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
6/10/2557	31.00	32.50	-	31.75
7/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
8/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
9/10/2557	30.00	32.00	-	31.00
10/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
11/10/2557	29.00	32.00	-	30.50
12/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
13/10/2557	29.00	32.00	-	30.50
14/10/2557	31.00	32.50	-	31.75
15/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
16/10/2557	31.00	32.00	-	31.50
17/10/2557	31.50	33.00	-	32.25
18/10/2557	32.00	33.00	-	32.50
19/10/2557	31.00	33.00	-	32.00
20/10/2557	32.00	33.00	-	32.50
21/10/2557	32.00	33.50	-	32.75
22/10/2557	32.00	33.00	-	32.50
23/10/2557	32.50	33.00	-	32.75

(-) เกิดการยุบตัวต่ำกว่าที่ระยะ 45 cm ทำให้ไม่สามารถวัดอุณหภูมิได้

ตารางที่ ข 1-2 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12/9/2557	33.00	33.00	33.00	33.00
13/9/2557	33.00	34.50	38.00	35.17
14/9/2557	32.00	35.00	38.50	35.17
15/9/2557	33.00	37.00	39.00	36.33
16/9/2557	33.00	37.00	40.00	36.67
17/9/2557	33.00	37.00	41.00	37.00
18/9/2557	32.00	36.00	41.00	36.33
19/9/2557	32.00	36.00	41.00	36.33
20/9/2557	33.00	36.50	41.00	36.83
21/9/2557	34.00	38.00	40.00	37.33
22/9/2557	35.00	37.00	40.00	37.33
23/9/2557	35.00	37.00	39.00	37.00
24/9/2557	32.00	37.00	37.00	35.33
25/9/2557	32.00	36.00	38.00	35.33
26/9/2557	32.00	36.00	38.00	35.33
27/9/2557	33.00	35.00	37.00	35.00
28/9/2557	32.00	36.00	38.00	35.33
29/9/2557	32.00	36.00	36.00	34.67
30/9/2557	31.50	34.00	36.00	33.83
1/10/2557	31.00	33.00	34.00	32.67
2/10/2557	31.00	32.00	35.00	32.67
3/10/2557	30.50	32.00	34.00	32.17
4/10/2557	31.50	32.00	34.00	32.50
5/10/2557	31.00	32.50	33.00	32.17
6/10/2557	31.00	32.00	-	31.50
7/10/2557	30.00	32.00	-	31.00
8/10/2557	30.00	31.50	-	30.75

ตารางที่ ข 1-2 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 1

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
9/10/2557	30.00	31.50	-	30.75
10/10/2557	30.00	31.00	-	30.50
11/10/2557	30.00	32.00	-	31.00
12/10/2557	31.00	32.00	-	31.50
13/10/2557	31.00	33.00	-	32.00
14/10/2557	33.50	33.00	-	33.25
15/10/2557	30.00	33.00	-	31.50
16/10/2557	32.50	34.00	-	33.25
17/10/2557	32.00	35.00	-	33.50
18/10/2557	31.00	34.00	-	32.50
19/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
20/10/2557	32.00	33.00	-	32.50
21/10/2557	33.00	34.00	-	33.50
22/10/2557	32.00	35.00	-	33.50
23/10/2557	33.00	34.00	-	33.50

(-) เกิดการยุบตัวต่ำกว่าที่ระยะ 45 cm ทำให้ไม่สามารถวัดอุณหภูมิได้

ตารางที่ ข 1-3 อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
12/9/2557	33.00	33.00	33.00	33.00
13/9/2557	33.00	34.50	38.50	35.33
14/9/2557	33.00	34.00	38.00	35.00
15/9/2557	32.00	34.00	38.50	34.83
16/9/2557	32.00	34.50	39.00	35.17
17/9/2557	31.00	35.50	40.00	35.50
18/9/2557	32.00	35.00	40.00	35.67
19/9/2557	32.00	36.50	40.00	36.17
20/9/2557	32.00	36.00	40.00	36.00
21/9/2557	32.00	36.00	40.00	36.00
22/9/2557	32.00	36.00	39.00	35.67
23/9/2557	32.50	36.00	40.00	36.17
24/9/2557	32.00	36.50	39.00	35.83
25/9/2557	31.00	35.00	37.00	34.33
26/9/2557	31.00	35.00	37.00	34.33
27/9/2557	32.00	37.00	38.00	35.67
28/9/2557	32.00	36.00	38.00	35.33
29/9/2557	33.00	37.00	37.00	35.67
30/9/2557	32.00	36.00	38.00	35.33
1/10/2557	32.00	35.00	36.00	34.33
2/10/2557	33.00	34.00	36.50	34.50
3/10/2557	32.00	34.50	37.00	34.50
4/10/2557	32.00	33.50	36.00	33.83
5/10/2557	32.00	34.50	36.00	34.17
6/10/2557	31.00	33.00	-	32.00

ตารางที่ ข 1-3 (ต่อ) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักถังที่ 2

ว/ด/ป	อุณหภูมิที่ความสูง 15 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 30 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิที่ความสูง 45 cm จากก้นถัง (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถัง (°C)
7/10/2557	31.00	34.00	-	32.50
8/10/2557	31.00	33.50	-	32.25
9/10/2557	33.00	32.50	-	32.75
10/10/2557	31.00	32.00	-	31.50
11/10/2557	30.00	32.00	-	31.00
12/10/2557	31.00	33.00	-	32.00
13/10/2557	30.00	32.00	-	31.00
14/10/2557	31.00	34.00	-	32.50
15/10/2557	31.00	33.50	-	32.25
16/10/2557	31.50	33.50	-	32.50
17/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
18/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
19/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
20/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
21/10/2557	32.00	35.00	-	33.50
22/10/2557	32.00	34.00	-	33.00
23/10/2557	32.00	33.00	-	32.50

(-) เกิดการยุบตัวต่ำกว่าที่ระยะ 45 cm ทำให้ไม่สามารถวัดอุณหภูมิได้

ตารางที่ ข 1-4 อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างวันที่ 12 กันยายน 2557-23 ตุลาคม 2557

ว/ด/ป	อุณหภูมิห้อง(°C)	ว/ด/ป	อุณหภูมิห้อง(°C)
12/9/2557	30	3/10/2557	32
13/9/2557	30	4/10/2557	30
14/9/2557	31	5/10/2557	29.5
15/9/2557	29.5	6/10/2557	29
16/9/2557	29.5	7/10/2557	29
17/9/2557	30	8/10/2557	29
18/9/2557	29.5	9/10/2557	29.5
19/9/2557	30.5	10/10/2557	30
20/9/2557	32.5	11/10/2557	30
21/9/2557	31.5	12/10/2557	31
22/9/2557	31.8	13/10/2557	30
23/9/2557	31.5	14/10/2557	31
24/9/2557	29	15/10/2557	31
25/9/2557	31	16/10/2557	29
26/9/2557	31	17/10/2557	32
27/9/2557	33	18/10/2557	31
28/9/2557	31	19/10/2557	32
29/9/2557	34	20/10/2557	32
30/10/2557	29.5	21/10/2557	32
1/10/2557	31	22/10/2557	31
2/10/2557	32	23/10/2557	31

ข-2 ผลการศึกษาการยุบตัวตลอดระยะเวลาของการหมักปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 2-1 การยุบตัวของการหมักปุ๋ยหมักในถังควบคุม

ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)	ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)
12/9/2557	67	0	3/10/2557	46	1
13/9/2557	63	4	4/10/2557	46	0
14/9/2557	60.5	2.5	5/10/2557	46	0
15/9/2557	58	2.5	6/10/2557	45	1
16/9/2557	57.5	0.5	7/10/2557	45	0
17/9/2557	57	0.5	8/10/2557	45	0
18/9/2557	56	1	9/10/2557	44	1
19/9/2557	55	1	10/10/2557	44	0
20/9/2557	54.5	0.5	11/10/2557	44	0
21/9/2557	54	0.5	12/10/2557	44	0
22/9/2557	53.5	0.5	13/10/2557	44	0
23/9/2557	52.5	1	14/10/2557	43	1
24/9/2557	52	0.5	15/10/2557	43	0
25/9/2557	52	0	16/10/2557	42	1
26/9/2557	51	1	17/10/2557	41	1
27/9/2557	50.4	0.6	18/10/2557	41	0
28/9/2557	49	1.4	19/10/2557	41	0
29/9/2557	48.8	0.2	20/10/2557	41	0
30/9/2557	47	1.8	21/10/2557	40	1
1/10/2557	47	0	22/10/2557	40	0
2/10/2557	47	0	23/10/2557	40	0

ตารางที่ ข 2-2 การยุบตัวของการหมักปุ๋ยหมักถังที่ 1

ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)	ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)
12/9/2557	67	0	3/10/2557	46	1
13/9/2557	63	4	4/10/2557	46	0
14/9/2557	60	3	5/10/2557	46	0
15/9/2557	58	2	6/10/2557	45	1
16/9/2557	57	1	7/10/2557	45	0
17/9/2557	56	1	8/10/2557	45	0
18/9/2557	55.5	0.5	9/10/2557	44	1
19/9/2557	55	0.5	10/10/2557	44	0
20/9/2557	54.5	0.5	11/10/2557	43.5	0.5
21/9/2557	54	0.5	12/10/2557	43.5	0
22/9/2557	53	1	13/10/2557	43	0.5
23/9/2557	52	1	14/10/2557	42	1
24/9/2557	51.5	0.5	15/10/2557	42	0
25/9/2557	51	0.5	16/10/2557	40	2
26/9/2557	50	1	17/10/2557	40	0
27/9/2557	49.8	0.2	18/10/2557	40	0
28/9/2557	49	0.8	19/10/2557	39.5	0.5
29/9/2557	47.5	1.5	20/10/2557	39	0.5
30/9/2557	47	0.5	21/10/2557	38.5	0.5
1/10/2557	47	0	22/10/2557	38	0.5
2/10/2557	47	0	23/10/2557	38	0

ตารางที่ ข 2-3 การยุบตัวของการหมักปุ๋ยหมักถังที่ 2

ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)	ว/ด/ป	ความสูงจากก้นถัง (cm)	อัตราการยุบตัว (cm)
12/9/2557	67	0	3/10/2557	46	0
13/9/2557	62	5	4/10/2557	46	0
14/9/2557	60	2	5/10/2557	45	1
15/9/2557	58	2	6/10/2557	44	1
16/9/2557	57	1	7/10/2557	44	0
17/9/2557	56.5	0.5	8/10/2557	44	0
18/9/2557	55.5	1	9/10/2557	43	1
19/9/2557	55	0.5	10/10/2557	43	0
20/9/2557	54.5	0.5	11/10/2557	42.5	0.5
21/9/2557	53	1.5	12/10/2557	42.5	0
22/9/2557	53	0	13/10/2557	42	0.5
23/9/2557	52	1	14/10/2557	41	1
24/9/2557	51.5	0.5	15/10/2557	41	0
25/9/2557	51	0.5	16/10/2557	40	1
26/9/2557	50	1	17/10/2557	40	0
27/9/2557	49.5	0.5	18/10/2557	40	0
28/9/2557	48	1.5	19/10/2557	39.5	0.5
29/9/2557	47.5	0.5	20/10/2557	39	0.5
30/9/2557	47	0.5	21/10/2557	38	1
1/10/2557	47	0	22/10/2557	38	0
2/10/2557	46	1	23/10/2557	37.5	0.5

ข-3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 3-1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.45	7.73	7.79	7.66	0.18
15/9/2557	5.60	5.50	6.30	5.80	0.44
18/9/2557	7.30	7.30	7.50	7.37	0.12
22/9/2557	7.40	7.50	7.40	7.43	0.06
25/9/2557	7.90	7.70	7.60	7.73	0.15
29/9/2557	8.00	7.70	7.30	7.67	0.35
2/10/2557	7.60	7.50	7.30	7.47	0.15
6/10/2557	8.60	8.40	8.00	8.33	0.31
9/10/2557	7.90	7.50	7.80	7.73	0.21
13/10/2557	8.30	8.40	8.50	8.40	0.10
16/10/2557	7.50	7.60	7.70	7.60	0.10
20/10/2557	8.10	8.20	8.10	8.13	0.06
23/10/2557	7.30	7.70	7.80	7.60	0.26

ตารางที่ ข 3-2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.43	7.70	7.71	7.61	0.16
15/9/2557	7.20	7.50	7.50	7.40	0.17
18/9/2557	5.60	7.00	6.80	6.47	0.76
22/9/2557	7.90	7.90	7.80	7.87	0.06
25/9/2557	7.60	7.60	7.60	7.60	0.00
29/9/2557	8.10	8.20	8.20	8.17	0.06
2/10/2557	8.40	8.30	8.10	8.27	0.15
6/10/2557	9.10	9.20	9.00	9.10	0.10
9/10/2557	8.70	8.70	8.80	8.73	0.06
13/10/2557	9.00	8.70	8.80	8.83	0.15
16/10/2557	8.00	8.00	7.90	7.97	0.06

ตารางที่ ข 3-2 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
20/10/2557	8.20	8.00	8.00	8.07	0.12
23/10/2557	7.80	7.80	7.80	7.80	0.00

ตารางที่ ข 3-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.30	7.71	7.37	7.46	0.22
15/9/2557	7.50	7.50	7.60	7.53	0.06
18/9/2557	8.20	8.10	7.90	8.07	0.15
22/9/2557	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00
25/9/2557	8.30	8.40	8.20	8.30	0.10
29/9/2557	8.60	8.40	8.20	8.40	0.20
2/10/2557	8.20	8.20	8.40	8.27	0.12

ตารางที่ ข 3-4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.67	8.03	8.01	7.90	0.20
15/9/2557	5.20	5.00	5.50	5.23	0.25
18/9/2557	5.20	5.30	5.40	5.30	0.10
22/9/2557	8.20	7.90	8.10	8.07	0.15
25/9/2557	7.90	7.90	7.80	7.87	0.06
29/9/2557	7.70	7.20	7.80	7.57	0.32
2/10/2557	8.00	8.20	8.10	8.10	0.10
6/10/2557	8.70	8.50	8.60	8.60	0.10
9/10/2557	8.10	8.00	7.80	7.97	0.15
13/10/2557	8.60	8.40	8.50	8.50	0.10
16/10/2557	8.20	8.20	8.40	8.27	0.12
20/10/2557	7.90	7.80	7.90	7.87	0.06
23/10/2557	8.10	8.00	8.00	8.03	0.06

ตารางที่ ข 3-5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.12	7.11	7.31	7.18	0.11
15/9/2557	6.50	6.70	6.80	6.67	0.15
18/9/2557	5.60	5.30	5.30	5.40	0.17
22/9/2557	7.60	7.50	7.80	7.63	0.15
25/9/2557	7.70	8.00	7.80	7.83	0.15
29/9/2557	7.90	7.80	7.80	7.83	0.06
2/10/2557	8.20	8.20	8.20	8.20	0.00
6/10/2557	8.50	8.50	8.40	8.47	0.06
9/10/2557	8.40	8.40	8.50	8.43	0.06
13/10/2557	8.70	8.50	8.60	8.60	0.10
16/10/2557	8.30	8.30	8.30	8.30	0.00
20/10/2557	7.90	7.70	7.90	7.83	0.12
23/10/2557	7.90	7.90	7.90	7.90	0.00

ตารางที่ ข 3-6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.57	7.71	7.81	7.70	0.12
15/9/2557	7.20	7.90	7.90	7.67	0.40
18/9/2557	7.70	7.70	7.70	7.70	0.00
22/9/2557	8.00	8.10	8.10	8.07	0.06
25/9/2557	8.10	8.10	8.30	8.17	0.12
29/9/2557	8.50	8.50	8.50	8.50	0.00
2/10/2557	8.10	8.10	8.20	8.13	0.06

ตารางที่ ข 3-7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.10	6.80	7.30	7.07	0.25
15/9/2557	5.30	6.90	5.80	6.00	0.82
18/9/2557	7.40	5.20	6.80	6.47	1.14
22/9/2557	7.70	7.70	7.50	7.63	0.12
25/9/2557	6.10	6.80	5.40	6.10	0.70
29/9/2557	8.10	8.00	8.30	8.13	0.15
2/10/2557	8.20	8.20	8.10	8.17	0.06
6/10/2557	8.30	8.40	8.40	8.37	0.06
9/10/2557	8.10	7.90	7.70	7.90	0.20
13/10/2557	9.10	8.90	8.80	8.93	0.15
16/10/2557	8.30	8.40	8.30	8.33	0.06
20/10/2557	8.10	8.50	8.30	8.30	0.20
23/10/2557	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00

ตารางที่ ข 3-8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	7.10	7.00	7.30	7.13	0.15
15/9/2557	6.50	6.90	5.80	6.40	0.56
18/9/2557	4.70	4.90	4.90	4.83	0.12
22/9/2557	8.00	7.90	7.80	7.90	0.10
25/9/2557	7.80	7.90	7.90	7.87	0.06
29/9/2557	8.20	8.10	8.20	8.17	0.06
2/10/2557	8.50	8.50	8.50	8.50	0.00
6/10/2557	9.00	9.00	8.80	8.93	0.12
9/10/2557	8.20	8.40	8.50	8.37	0.15
13/10/2557	8.90	8.80	8.80	8.83	0.06
16/10/2557	8.10	8.40	8.30	8.27	0.15
20/10/2557	8.10	8.10	8.10	8.10	0.00
23/10/2557	7.80	7.90	7.90	7.87	0.06

ตารางที่ ข 3-9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	6.90	6.80	7.30	7.00	0.22
15/9/2557	7.70	7.90	8.00	7.87	0.12
18/9/2557	8.80	8.10	8.10	8.33	0.33
22/9/2557	8.40	8.30	8.30	8.33	0.05
25/9/2557	8.30	8.30	8.20	8.27	0.05
29/9/2557	8.40	8.60	8.50	8.50	0.08
2/10/2557	8.70	8.70	8.60	8.67	0.05

ข-4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 4-1 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.75	1.73	1.47	1.65	0.16
15/9/2557	2.01	1.73	1.66	1.80	0.19
18/9/2557	1.73	1.50	1.46	1.56	0.15
22/9/2557	1.82	1.74	1.76	1.77	0.04
25/9/2557	1.75	1.59	1.49	1.61	0.13
29/9/2557	1.68	1.69	1.67	1.68	0.01
2/10/2557	1.84	1.82	1.47	1.71	0.21
6/10/2557	2.10	2.20	2.14	2.15	0.05
9/10/2557	1.58	1.28	1.27	1.38	0.18
13/10/2557	1.58	1.61	1.99	1.73	0.23
16/10/2557	1.83	1.88	1.69	1.80	0.10
20/10/2557	1.97	2.14	2.22	2.11	0.13
23/10/2557	1.59	1.75	2.09	1.81	0.26

ตารางที่ ข 4-2 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.75	1.69	1.75	1.73	0.03
15/9/2557	1.82	1.85	1.91	1.86	0.05
18/9/2557	1.73	1.42	1.48	1.54	0.16
22/9/2557	1.85	1.78	1.75	1.79	0.05
25/9/2557	1.39	1.42	1.31	1.37	0.06
29/9/2557	1.83	1.73	1.70	1.75	0.07
2/10/2557	1.73	2.67	1.58	1.99	0.59
6/10/2557	1.91	2.05	2.14	2.03	0.12
9/10/2557	1.75	1.66	1.93	1.78	0.14
13/10/2557	2.32	2.11	2.17	2.20	0.11
16/10/2557	4.60	4.33	4.04	4.32	0.28
20/10/2557	3.09	3.06	2.85	3.00	0.13
23/10/2557	2.17	1.99	1.92	2.03	0.13

ตารางที่ ข 4-3 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังควบคุมที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.66	1.61	1.62	1.63	0.03
15/9/2557	1.60	1.51	1.56	1.56	0.05
18/9/2557	1.91	1.83	1.73	1.82	0.09
22/9/2557	2.47	2.63	2.67	2.59	0.11
25/9/2557	2.95	1.71	1.81	2.16	0.69
29/9/2557	3.08	2.90	2.67	2.88	0.21
2/10/2557	2.61	2.60	2.62	2.61	0.01

ตารางที่ ข 4-4 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.55	1.55	1.58	1.56	0.02
15/9/2557	1.55	1.55	1.58	1.56	0.02
18/9/2557	1.83	1.50	1.70	1.68	0.17
22/9/2557	2.48	1.73	2.16	2.12	0.38
25/9/2557	1.70	1.90	2.79	2.13	0.58
29/9/2557	1.82	1.59	1.58	1.66	0.14
2/10/2557	1.94	1.83	1.91	1.89	0.06
6/10/2557	1.66	1.78	1.82	1.75	0.08
9/10/2557	1.45	1.58	1.40	1.48	0.09
13/10/2557	2.01	1.80	1.92	1.91	0.11
16/10/2557	1.55	1.50	1.88	1.64	0.21
20/10/2557	2.69	2.55	2.24	2.49	0.23
23/10/2557	2.36	2.07	2.06	2.16	0.17

ตารางที่ ข 4-5 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.54	1.36	1.43	1.44	0.09
15/9/2557	1.54	1.36	1.43	1.44	0.09
18/9/2557	1.80	1.87	1.61	1.76	0.13
22/9/2557	1.68	1.84	1.84	1.79	0.09
25/9/2557	1.51	1.52	1.52	1.52	0.01
29/9/2557	1.69	1.74	1.85	1.76	0.08
2/10/2557	1.61	1.57	1.61	1.60	0.02
6/10/2557	1.74	1.71	1.76	1.74	0.03
9/10/2557	1.60	1.61	1.65	1.62	0.03

ตารางที่ ข 4-5 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
13/10/2557	1.89	1.70	2.12	1.90	0.21
16/10/2557	1.76	1.62	1.68	1.69	0.07
20/10/2557	2.11	2.14	2.62	2.29	0.29
23/10/2557	2.04	2.00	1.37	1.80	0.38

ตารางที่ ข 4-6 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 1 ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.80	1.57	1.58	1.65	0.13
15/9/2557	1.80	1.57	1.58	1.65	0.13
18/9/2557	1.47	1.83	1.72	1.67	0.18
22/9/2557	2.11	2.23	2.36	2.23	0.13
25/9/2557	1.79	1.88	2.18	1.95	0.20
29/9/2557	2.52	2.53	2.52	2.52	0.01
2/10/2557	2.14	2.32	2.43	2.30	0.15

ตารางที่ ข 4-7 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.60	1.90	1.67	1.72	0.16
15/9/2557	1.80	1.84	1.78	1.81	0.03
18/9/2557	1.27	1.59	1.58	1.48	0.18
22/9/2557	1.86	1.82	1.78	1.82	0.04
25/9/2557	1.66	1.53	1.75	1.65	0.11
29/9/2557	1.89	1.89	2.00	1.93	0.06
2/10/2557	1.84	1.73	2.05	1.87	0.16
6/10/2557	2.19	2.36	2.17	2.24	0.10
9/10/2557	1.80	1.50	1.56	1.62	0.16

ตารางที่ ข 4-7 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
13/10/2557	2.91	2.80	2.53	2.75	0.20
16/10/2557	1.97	1.90	1.99	1.95	0.05
20/10/2557	1.90	3.66	2.63	2.73	0.88
23/10/2557	1.83	1.92	1.82	1.86	0.06

ตารางที่ ข 4-8 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	1.61	1.57	1.52	1.57	0.05
15/9/2557	1.82	1.89	1.48	1.73	0.22
18/9/2557	1.60	1.55	1.55	1.57	0.03
22/9/2557	1.68	1.58	1.61	1.62	0.05
25/9/2557	1.43	1.65	1.47	1.52	0.12
29/9/2557	1.83	1.81	1.81	1.82	0.01
2/10/2557	2.27	2.15	1.75	2.06	0.27
6/10/2557	2.04	1.98	2.01	2.01	0.03
9/10/2557	1.60	1.73	1.98	1.77	0.19
13/10/2557	3.43	3.46	2.94	3.28	0.29
16/10/2557	3.47	3.50	3.51	3.49	0.02
20/10/2557	2.76	2.66	2.17	2.53	0.32
23/10/2557	2.74	2.53	1.84	2.37	0.47

ตารางที่ ข 4-9 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ระหว่างการหมักของปุ๋ยถังที่ 2 ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	2.19	1.46	1.64	1.76	0.38
15/9/2557	1.85	1.47	1.69	1.67	0.19
18/9/2557	1.76	1.18	1.18	1.37	0.34
22/9/2557	2.06	1.93	1.88	1.96	0.09
25/9/2557	2.13	2.09	2.48	2.23	0.21
29/9/2557	2.83	4.38	3.47	3.56	0.78
2/10/2557	3.13	3.13	2.96	3.07	0.10

ข-5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ ข 5-1 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	82.60	83.54	85.71	83.95	1.60
18/9/2557	88.28	87.91	87.95	88.05	0.20
25/9/2557	87.70	86.98	86.72	87.13	0.51
2/10/2557	88.31	88.33	87.24	87.96	0.62
9/10/2557	88.36	87.69	87.88	87.98	0.35
16/10/2557	84.56	86.10	84.35	85.00	0.96
23/10/2557	87.72	89.95	87.53	88.40	1.35

ตารางที่ ข 5-2 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	86.63	88.36	89.22	88.07	1.32
18/9/2557	86.37	84.31	86.23	85.64	1.15
25/9/2557	86.89	87.26	86.80	86.98	0.24
2/10/2557	85.56	85.38	85.01	85.32	0.28
9/10/2557	82.87	84.84	84.22	83.98	1.01
16/10/2557	75.88	72.26	74.38	74.17	1.82
23/10/2557	82.63	82.72	82.28	82.54	0.23

ตารางที่ ข 5-3 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังควบคุมที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	86.55	86.01	86.01	86.19	0.31
18/9/2557	86.44	88.41	88.12	87.66	1.06
25/9/2557	79.87	83.38	85.65	82.97	2.91
2/10/2557	78.47	82.05	70.31	76.94	6.02

ตารางที่ ข 5-4 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	82.05	86.38	84.31	84.25	2.17
18/9/2557	85.33	85.22	85.43	85.33	0.11
25/9/2557	84.75	86.21	88.41	86.46	1.84
2/10/2557	88.40	88.00	87.16	87.85	0.63
9/10/2557	84.22	87.84	86.80	86.29	1.86
16/10/2557	86.91	86.45	86.18	86.51	0.37
23/10/2557	88.79	86.95	87.33	87.69	0.97

ตารางที่ ข 5-5 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	76.97	85.41	84.86	82.41	4.72
18/9/2557	87.83	86.56	85.43	86.61	1.20
25/9/2557	87.98	88.11	88.15	88.08	0.09
2/10/2557	87.54	87.39	87.52	87.48	0.08
9/10/2557	85.27	85.09	83.81	84.72	0.80
16/10/2557	84.91	84.28	84.21	84.47	0.39
23/10/2557	83.87	84.05	84.33	84.08	0.23

ตารางที่ ข 5-6 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 1 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	87.12	84.16	85.25	85.51	1.50
18/9/2557	88.23	87.05	87.08	87.45	0.67
25/9/2557	86.14	87.83	87.32	87.10	0.87
2/10/2557	83.64	82.54	83.27	83.15	0.56

ตารางที่ ข 5-7 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	83.23	85.91	87.32	85.49	2.08
18/9/2557	86.45	88.43	84.68	86.52	1.88
25/9/2557	86.82	87.65	87.43	87.30	0.43
2/10/2557	77.65	87.79	88.13	84.52	5.95
9/10/2557	88.02	87.48	86.30	87.27	0.88
16/10/2557	84.10	85.17	85.12	84.80	0.60
23/10/2557	85.27	84.91	84.98	85.05	0.19

ตารางที่ ข 5-8 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	84.74	86.12	86.21	85.69	0.82
18/9/2557	85.88	86.71	90.25	87.61	2.32
25/9/2557	85.71	88.02	87.93	87.22	1.31
2/10/2557	86.12	85.60	85.74	85.82	0.27
9/10/2557	86.06	85.38	86.15	85.86	0.42
16/10/2557	73.66	78.05	77.65	76.45	2.43
23/10/2557	79.67	77.66	81.29	79.54	1.82

ตารางที่ ข 5-9 ค่าความชื้น (%) ระหว่างการหมักของปุ๋ยหมักถังที่ 2 ที่ระยะ 45 cm จากก้นถัง

ว/ด/ป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
12/9/2557	83.40	85.51	84.78	84.56	1.07
18/9/2557	88.52	89.81	89.63	89.32	0.70
25/9/2557	87.65	87.88	86.77	87.43	0.59
2/10/2557	82.28	80.95	82.17	81.80	0.74

ข-6 ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

การคำนวรปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสูตร $\%N = \frac{(a-b)c \times 1.401}{g}$

โดย a = ปริมาตรของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (ml.)

b = ปริมาตรของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank (ml.)

c = ความเข้มข้นของกรดที่ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

*b ของทุกการทดลองเท่ากับ 0.10 ml.

ตารางที่ ข 6-1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%N
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
1	15 cm	1.0160	-	-	1.0160	-	5.00	-	-	5.00	-	0.68
	30 cm	1.0034	1.0030	1.0026	1.0030	0.00	3.60	3.90	5.80	4.43	1.19	0.61
	45 cm	1.0144	1.0061	1.0086	1.0097	0.00	6.10	4.10	3.50	4.57	1.36	0.62
14	15 cm	1.0465	-	-	1.0465	-	16.30	-	-	16.30	-	2.17
	30 cm	1.0063	1.0074	1.0058	1.0065	0.00	15.60	5.00	5.10	8.57	6.09	1.18
	45 cm	1.0110	1.0028	1.0016	1.0051	0.01	8.70	5.30	6.40	6.80	1.73	0.93
28	15 cm	5.0448	5.0345	5.0534	5.0442	0.01	17.90	20.10	19.30	19.10	1.11	0.53
	30 cm	5.0934	5.0620	5.0256	5.0603	0.03	28.10	26.30	25.10	26.50	1.51	0.73
42	15 cm	1.0259	1.0270	1.0212	1.0241	0.00	24.00	22.80	24.30	23.70	0.79	3.23
	30 cm	1.0275	1.0253	1.0256	1.0261	0.00	24.00	24.60	25.40	24.67	0.70	3.35

ตารางที่ ข 6-2 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%N
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
1	15 cm	1.0143	-	-	1.0160	-	3.60	-	-	3.60	-	0.48
	30 cm	1.0034	1.0030	1.0026	1.0030	0.00	3.60	3.90	5.80	4.43	1.19	0.61
	45 cm	1.0158	1.0108	1.0179	1.0148	0.00	5.30	4.10	4.00	4.47	0.72	0.60
14	15 cm	1.0580	-	-	1.0580	-	9.90	-	-	9.90	-	1.30
	30 cm	1.0078	1.0178	1.0152	1.0136	0.01	5.00	10.20	14.50	9.90	4.76	1.35
	45 cm	1.0036	1.0089	1.0040	1.0055	0.00	13.70	8.00	6.40	9.37	3.84	1.29
28	15 cm	5.0551	5.0621	5.0742	5.0638	0.01	26.40	27.80	28.10	27.43	0.91	0.76
	30 cm	5.0699	5.0443	5.0908	5.0683	0.02	25.80	26.40	25.30	25.83	0.55	0.71
42	15 cm	1.0117	1.0108	1.0099	1.0104	0.00	20.80	19.00	21.40	20.40	1.25	2.81
	30 cm	1.0275	1.0253	1.0256	1.0261	0.00	23.30	22.90	22.50	22.90	0.40	3.11

ตารางที่ ข 6-3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%N
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
1	15 cm	1.0008	-	-	1.0160	-	4.80	-	-	4.80	-	0.65
	30 cm	1.0018	1.0027	1.0052	1.0032	0.00	4.10	2.20	5.00	3.77	1.43	0.51
	45 cm	1.0025	1.0034	1.0015	1.0025	0.00	5.20	5.20	4.10	4.83	0.64	0.66
14	15 cm	1.0515	-	-	1.0515	-	13.10	-	-	13.10	-	1.73
	30 cm	1.0084	1.0015	1.0114	1.0071	0.01	5.00	4.50	4.50	4.67	0.29	0.64
	45 cm	1.0413	1.0658	1.0658	1.0576	0.01	8.60	8.40	6.70	7.90	1.04	1.03
28	15 cm	5.0780	5.0564	5.0660	5.0668	0.01	23.20	24.60	24.30	24.03	0.74	0.66
	30 cm	5.0954	5.0875	5.0753	5.0861	0.01	22.40	20.30	21.20	21.30	1.05	0.58
42	15 cm	1.0385	1.0401	1.0299	1.0350	0.01	23.10	24.00	24.00	23.70	0.52	3.19
	30 cm	1.0430	1.0216	1.0133	1.0260	0.02	24.70	22.30	23.20	23.40	1.21	3.18

ข-7 ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมัก

การคำนวรปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสูตร $\%OC = \frac{N_1V_1\text{-}N_2V_2\times 0.003\times 100\times f}{g}$

โดย N_1 = นอร์มอลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (ml)

N_2 = นอร์มอลของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

V_2 = ปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (ml)

f = correction factor 1.3

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ตารางที่ ข 7-1 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
1	15 cm	0.1155	18.40	24.20	5.80	23.97	23.97
	30 cm	0.1110	0.00	7.80	7.80	21.43	20.62
		0.1111	24.20	34.90	10.70	16.32	
		0.1108	0.00	6.30	6.30	24.11	
	45 cm	0.1126	0.00	8.90	8.90	19.22	19.22
	60 cm	0.1182	8.90	17.60	8.70	18.64	18.64
14	15 cm	0.1117	7.10	17.50	10.40	16.76	16.76
	30 cm	0.1115	17.50	29.30	11.80	14.34	13.11
		0.1109	29.30	42.00	12.70	12.84	
		0.1122	6.60	19.60	13.00	12.17	
	45 cm	0.1183	38.90	48.60	9.70	16.98	15.16
		0.1106	26.50	37.90	11.40	15.16	
		0.1154	15.40	27.50	12.10	13.35	

ตารางที่ ข 7-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวล า(วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
28	15 cm	0.1143	0.00	11.00	11.00	15.35	13.71
		0.1169	11.00	22.00	11.00	15.01	
		0.1177	22.00	35.50	13.50	10.77	
	30 cm	0.1140	35.50	46.90	11.40	14.71	14.37
		0.1140	3.30	14.20	10.90	15.57	
		0.1124	14.20	26.80	12.60	12.84	
42	15 cm	0.1063	11.20	24.70	13.50	11.92	14.56
		0.1079	22.10	33.90	11.80	14.82	
		0.1048	32.80	43.70	10.90	16.93	
	30 cm	0.1153	10.80	22.90	12.10	13.36	17.07
		0.1016	0.00	10.80	10.80	17.66	
		0.1033	22.90	32.20	9.30	20.20	

ตารางที่ ข 7-2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
1	15 cm	0.1162	6.30	12.90	6.60	22.49	22.49
	30 cm	0.1177	25.80	33.80	8.00	19.88	21.84
		0.1144	33.80	41.20	7.40	21.48	
		0.1105	0.00	6.30	6.30	24.18	
	45 cm	0.1079	19.90	25.80	5.90	25.48	25.48
	60 cm	0.1103	12.80	19.90	7.10	22.81	22.81
14	15 cm	0.1156	0.00	13.30	13.30	11.30	11.30
	30 cm	0.1305	7.90	19.50	11.60	12.55	13.54
		0.1297	19.50	31.00	11.50	12.78	
		0.1212	30.00	40.50	10.50	15.28	

ตารางที่ ข 7-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
14	45 cm	0.1254	0.00	10.10	10.10	15.39	14.39
		0.1377	10.10	20.10	10.00	14.16	
		0.1375	20.10	30.50	10.40	13.61	
28	15 cm	0.1218	26.80	39.70	12.90	11.37	11.69
		0.1183	0.00	13.50	13.50	10.71	
		0.1110	11.00	23.60	12.60	13.00	
	30 cm	0.1175	26.10	37.00	10.90	15.10	13.94
		0.1184	37.00	48.90	11.90	13.34	
		0.1136	5.50	17.70	12.20	13.39	
42	15 cm	0.1221	0.00	11.60	11.60	13.42	13.55
		0.1289	11.60	22.50	10.90	13.77	
		0.1288	22.50	33.60	11.10	13.47	
	30 cm	0.1464	33.60	45.70	12.10	10.52	10.94
		0.1363	2.10	14.50	12.40	10.87	
		0.1262	14.50	27.10	12.60	11.43	

ตารางที่ ข 7-3 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
1	15 cm	0.1104	19.50	26.10	6.60	23.67	23.67
	30 cm	0.1128	32.90	41.30	8.40	20.05	19.97
		0.1153	0.00	8.20	8.20	19.96	
		0.1146	8.20	16.50	8.30	19.91	
	45 cm	0.1170	26.10	32.90	6.80	22.00	22.00
	60 cm	0.1163	16.50	22.90	6.40	22.80	22.80
14	15 cm	0.1131	19.60	32.50	12.90	12.24	12.24

ตารางที่ ข 7-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			%OC	ค่าเฉลี่ย
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป		
14	30 cm	0.1275	30.50	40.40	9.90	15.45	14.28
		0.1293	0.00	10.50	10.50	14.33	
		0.1343	10.50	21.50	11.00	13.07	
	45 cm	0.1306	21.50	31.90	10.40	14.33	14.24
		0.1291	31.90	42.10	10.20	14.80	
		0.1378	0.00	10.40	10.40	13.58	
28	15 cm	0.1155	0.00	13.20	13.20	11.48	10.80
		0.1280	11.10	23.70	12.60	11.27	
		0.1152	25.80	40.10	14.30	9.65	
	30 cm	0.1075	0.00	13.40	13.40	11.97	13.25
		0.1039	13.40	26.10	12.70	13.70	
		0.1080	26.10	38.30	12.20	14.08	
42	15 cm	0.1582	27.10	38.10	11.00	11.09	11.36
		0.1326	38.10	50.20	12.10	11.62	
		0.1319	0.00	12.30	12.30	11.38	
	30 cm	0.1175	12.30	24.80	12.50	12.45	12.70
		0.1200	24.80	36.80	12.00	13.00	
		0.1217	36.80	48.90	12.10	12.66	

ข-8 การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

การคำนวรปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างการคำนวณ

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

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น mg/L

d.f. = dilution factor เช่น 25/5

S = น้ำหนักตัวอย่าง

จากสูตร $\% P_2O_5 = P \times 2.914$

ตารางที่ ข 8-1 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0135	1.11	0.05	0.13	0.14	0.02
		1.0135	1.38	0.07	0.16		
		1.0135	1.32	0.07	0.15		
	30	1.0233	1.03	0.05	0.12	0.13	0.01
		1.0233	1.17	0.06	0.13		
		1.0233	1.15	0.06	0.13		
	45	1.0179	0.79	0.04	0.09	0.09	0.01
		1.0179	0.84	0.04	0.09		
		1.0179	0.88	0.04	0.10		
	60	1.0085	3.36	0.17	0.38	0.39	0.01
		1.0085	3.55	0.18	0.40		
		1.0085	3.32	0.16	0.38		
14	15	1.0006	1.8	0.09	0.21	0.19	0.01
		1.0006	1.57	0.08	0.18		
		1.0006	1.66	0.08	0.19		

ตารางที่ ข 8-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
14	30	1.0141	2.36	0.12	0.27	0.26	0.01
		1.0141	2.21	0.11	0.25		
		1.0141	2.25	0.11	0.25		
	45	1.0073	2.46	0.12	0.28	0.28	0.00
		1.0073	2.42	0.12	0.28		
		1.0073	2.41	0.12	0.27		
28	15	1.0181	1.11	0.05	0.12	0.12	0.00
		1.0181	1.04	0.05	0.12		
		1.0181	1.04	0.05	0.12		
	30	1.0029	3.14	0.16	0.36	0.37	0.02
		1.0029	3.38	0.17	0.39		
		1.0029	3.15	0.16	0.36		
42	15	1.0063	2.59	0.13	0.29	0.29	0.00
		1.0063	2.57	0.13	0.29		
		1.0063	2.61	0.13	0.30		

ตารางที่ ข 8-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
42	30	1.0185	3.01	0.15	0.34	0.33	0.01
		1.0185	2.88	0.14	0.32		
		1.0185	2.88	0.14	0.32		

ตารางที่ ข 8-2 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0171	1.24	0.06	0.14	0.15	0.01
		1.0171	1.3	0.06	0.15		
		1.0171	1.41	0.07	0.16		
	30	1.0037	2.03	0.10	0.23	0.20	0.04
		1.0037	1.39	0.07	0.16		
		1.0037	1.75	0.09	0.20		

ตารางที่ ข 8-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	45	1.0188	1.48	0.07	0.17	0.16	0.01
		1.0188	1.39	0.07	0.16		
		1.0188	1.33	0.07	0.15		
	60	1.018	1.03	0.05	0.12	0.12	0.00
		1.018	1.09	0.05	0.12		
		1.018	1.01	0.05	0.11		
14	15	1.0084	1.12	0.06	0.13	0.12	0.01
		1.0084	1.12	0.06	0.13		
		1.0084	1.02	0.05	0.12		
	30	1.0115	1.42	0.07	0.16	0.17	0.01
		1.0115	1.44	0.07	0.16		
		1.0115	1.6	0.08	0.18		
	45	1.0033	1.19	0.06	0.14	0.13	0.01
		1.0033	1.11	0.06	0.13		
		1.0033	1.03	0.05	0.12		

ตารางที่ ข 8-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
28	15	1.0242	2.83	0.14	0.32	0.31	0.00
		1.0242	2.79	0.14	0.31		
		1.0242	2.82	0.14	0.32		
	30	1.0151	0.26	0.01	0.03	0.01	0.02
		1.0151	0.07	0.00	0.01		
		1.0151	0	0.00	0.00		
42	15	1.002	2.91	0.15	0.33	0.33	0.00
		1.002	2.87	0.14	0.33		
		1.002	2.83	0.14	0.32		
	30	1.022	5.14	0.25	0.58	0.58	0.00
		1.022	5.17	0.25	0.58		
		1.022	5.17	0.25	0.58		

ตารางที่ ข 8-3 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0203	1.45	0.07	0.16	0.17	0.02
		1.0203	1.4	0.07	0.16		
		1.0203	1.71	0.08	0.19		
	30	1.0237	0.72	0.04	0.08	0.09	0.01
		1.0237	0.72	0.04	0.08		
		1.0237	0.88	0.04	0.10		
	45	1.0188	1.09	0.05	0.12	0.12	0.00
		1.0188	1.06	0.05	0.12		
		1.0188	1.02	0.05	0.11		
	60	1.0219	1.69	0.08	0.19	0.21	0.02
		1.0219	2.03	0.10	0.23		
		1.0219	1.79	0.09	0.20		
14	15	1.0028	1.56	0.08	0.18	0.17	0.01
		1.0028	1.48	0.07	0.17		
		1.0028	1.35	0.07	0.15		

ตารางที่ ข 8-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
14	30	1.0061	2.46	0.12	0.28	0.29	0.01
		1.0061	2.45	0.12	0.28		
		1.0061	2.6	0.13	0.30		
	45	1.0113	2.56	0.13	0.29	0.30	0.02
		1.0113	2.86	0.14	0.32		
		1.0113	2.62	0.13	0.30		
28	15	1.0327	2.01	0.10	0.22	0.22	0.00
		1.0327	1.95	0.09	0.22		
		1.0327	1.95	0.09	0.22		
	30	1.0229	3.23	0.16	0.36	0.35	0.01
		1.0229	3.17	0.15	0.36		
		1.0229	3.04	0.15	0.34		
42	15	1.0108	1.35	0.07	0.15	0.14	0.01
		1.0108	1.13	0.06	0.13		
		1.0108	1.22	0.06	0.14		

ตารางที่ ข 8-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
	30	1.0289	3.44	0.17	0.38	0.39	0.01
		1.0289	3.59	0.17	0.40		
		1.0289	3.5	0.17	0.39		

ข-9 การศึกษาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

การคำนวรปริมาณโพแทสเซียม

ตัวอย่างการคำนวณ

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

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น mg/L

d.f. = dilution factor เช่น 10/1 หรือ 20/1 หรือมากกว่า

S = น้ำหนักตัวอย่าง

จากสูตร $\%K_2O = K \times 1.205$

ตารางที่ ข 9-1 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0135	0.297	0.73	0.88	0.89	0.01
		1.0135	0.303	0.75	0.90		
		1.0135	0.303	0.75	0.90		
	30	1.0233	0.452	1.10	1.33	1.38	0.04
		1.0233	0.474	1.16	1.40		
		1.0233	0.479	1.17	1.41		
	45	1.0179	0.231	0.57	0.68	0.69	0.00
		1.0179	0.233	0.57	0.69		
		1.0179	0.234	0.57	0.69		
	60	1.0085	0.443	1.10	1.32	1.35	0.03
		1.0085	0.45	1.12	1.34		
		1.0085	0.464	1.15	1.39		
14	15	1.0006	0.163	0.41	0.49	0.51	0.02
		1.0006	0.174	0.43	0.52		
		1.0006	0.175	0.44	0.53		

ตารางที่ ข 9-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
14	30	1.0141	0.188	0.46	0.56	0.57	0.01
		1.0141	0.193	0.48	0.57		
		1.0141	0.193	0.48	0.57		
	45	1.0073	0.223	0.55	0.67	0.71	0.03
		1.0073	0.243	0.60	0.73		
		1.0073	0.242	0.60	0.72		
28	15	1.0181	0.269	0.66	0.80	0.81	0.02
		1.0181	0.277	0.68	0.82		
		1.0181	0.28	0.69	0.83		
	30	1.0029	0.284	0.71	0.85	0.87	0.02
		1.0029	0.293	0.73	0.88		
		1.0029	0.296	0.74	0.89		
42	15	1.0063	0.359	0.89	1.07	1.08	0.00
		1.0063	0.362	0.90	1.08		
		1.0063	0.361	0.90	1.08		

ตารางที่ ข 9-1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังควบคุม

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
42	30	1.0185	0.55	1.35	1.63	1.65	0.02
		1.0185	0.56	1.37	1.66		
		1.0185	0.565	1.39	1.67		

ตารางที่ ข 9-2 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0171	0.33	0.81	0.98	0.99	0.01
		1.0171	0.336	0.83	1.00		
		1.0171	0.339	0.83	1.00		
	30	1.0037	0.26	0.65	0.78	0.80	0.02
		1.0037	0.27	0.67	0.81		
		1.0037	0.267	0.67	0.80		

ตารางที่ ข 9-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
	45	1.0188	0.289	0.71	0.85	0.87	0.02
		1.0188	0.297	0.73	0.88		
		1.0188	0.299	0.73	0.88		
	60	1.0180	0.262	0.64	0.78	0.79	0.02
		1.0180	0.272	0.67	0.80		
		1.0180	0.27	0.66	0.80		
14	15	1.0084	0.157	0.39	0.47	0.60	0.11
		1.0084	0.222	0.55	0.66		
		1.0084	0.223	0.55	0.67		
	30	1.0115	0.185	0.46	0.55	0.56	0.01
		1.0115	0.189	0.47	0.56		
		1.0115	0.19	0.47	0.57		
	45	1.0033	0.296	0.74	0.89	0.91	0.02
		1.0033	0.305	0.76	0.92		
		1.0033	0.312	0.78	0.94		

ตารางที่ ข 9-2 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
28	15	1.0242	0.298	0.73	0.88	0.89	0.01
		1.0242	0.305	0.74	0.90		
		1.0242	0.306	0.75	0.90		
	30	1.0151	0.316	0.78	0.94	0.95	0.01
		1.0151	0.322	0.79	0.96		
		1.0151	0.321	0.79	0.95		
42	15	1.002	0.518	1.29	1.56	1.58	0.02
		1.002	0.527	1.31	1.58		
		1.002	0.532	1.33	1.60		
	30	1.022	0.472	1.15	1.39	1.41	0.02
		1.022	0.481	1.18	1.42		
		1.022	0.484	1.18	1.43		

ตารางที่ ข 9-3 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	15	1.0203	0.251	0.62	0.74	0.75	0.01
		1.0203	0.255	0.62	0.75		
		1.0203	0.256	0.63	0.76		
	30	1.0237	0.227	0.55	0.67	0.68	0.01
		1.0237	0.233	0.57	0.69		
		1.0237	0.234	0.57	0.69		
	45	1.0188	0.231	0.57	0.68	0.69	0.00
		1.0188	0.232	0.57	0.69		
		1.0188	0.234	0.57	0.69		
	60	1.0219	0.202	0.49	0.60	0.67	0.06
		1.0219	0.237	0.58	0.70		
		1.0219	0.241	0.59	0.71		
14	15	1.0028	0.165	0.41	0.50	0.50	0.00
		1.0028	0.167	0.42	0.50		
		1.0028	0.168	0.42	0.50		

ตารางที่ ข 9-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
14	30	1.0061	0.212	0.53	0.63	0.65	0.02
		1.0061	0.218	0.54	0.65		
		1.0061	0.222	0.55	0.66		
	45	1.0113	0.314	0.78	0.94	0.95	0.01
		1.0113	0.321	0.79	0.96		
		1.0113	0.318	0.79	0.95		
28	15	1.0327	0.342	0.83	1.00	1.02	0.02
		1.0327	0.354	0.86	1.03		
		1.0327	0.356	0.86	1.04		
	30	1.0229	0.465	1.14	1.37	1.41	0.03
		1.0229	0.483	1.18	1.42		
		1.0229	0.484	1.18	1.43		
42	15	1.0108	0.392	0.97	1.17	1.20	0.02
		1.0108	0.407	1.01	1.21		
		1.0108	0.406	1.00	1.21		

ตารางที่ ข 9-3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักถังที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	ระยะจากก้นถัง (cm)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
42	30	1.0289	0.439	1.07	1.29	1.29	0.01
		1.0289	0.443	1.08	1.30		
		1.0289	0.442	1.07	1.29		

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

ค-1 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก ความชื้น และลักษณะทางกายภาพ

ตารางที่ ค 1-1 ปริมาณความชื้น (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบ	น้ำหนักหลังอบ	% ความชื้น	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	30.0175	1.0016	31.0191	30.1305	88.72	85.64	3.48
	31.3393	1.0030	32.3423	31.4401	89.95		
	29.5091	1.0058	30.5149	29.6345	87.53		
30 cm	30.0045	1.0013	31.0058	30.1784	82.63		
	29.2720	1.0170	30.2890	29.4477	82.72		
	32.3252	1.0103	33.3355	32.5042	82.28		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักถ้วย**	**น้ำหนักตัวอย่าง**	**น้ำหนักก่อนอบ**	**น้ำหนักหลังอบ**	**% ความชื้น**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	30.0017	1.0120	31.0137	30.1151	88.79	85.89	2.08
	32.8665	1.0025	33.8690	32.9973	86.95		
	34.7015	1.0138	35.7153	34.8299	87.33		
30 cm	30.3111	1.0026	31.3137	30.4728	83.87		
	31.4026	1.0026	32.4052	31.5625	84.05		
	30.8605	1.0218	31.8823	31.0206	84.33		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักถ้วย**	**น้ำหนักตัวอย่าง**	**น้ำหนักก่อนอบ**	**น้ำหนักหลังอบ**	**% ความชื้น**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	25.2361	1.0053	26.2414	25.3842	85.27	82.30	3.23
	31.1203	1.0090	32.1293	31.2726	84.91		
	29.1008	1.0047	30.1055	29.2517	84.98		
30 cm	104.1773	1.0048	105.1821	104.3816	79.67		
	107.1265	1.0150	108.1415	107.3533	77.66		
	108.9407	1.0088	109.9495	109.1294	81.29		

ตารางที่ ค 1-2 ค่าความเป็นกรดด่างหลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	7.30	7.70	7.80	7.70	0.20
30 cm	7.80	7.80	7.80		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	8.10	8.00	8.00	7.97	0.08
30 cm	7.90	7.90	7.90		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	8.00	8.00	8.00	7.93	0.08
30 cm	7.80	7.90	7.90		

ตารางที่ ค 1-3 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.59	1.75	2.09	1.92	0.22
30 cm	2.17	1.99	1.92		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	2.36	2.07	2.06	1.98	0.33
30 cm	2.04	2.00	1.37		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.83	1.92	1.82	2.11	0.41
30 cm	2.74	2.53	1.84		

ตารางที่ ค 1-4 ปริมาณคาร์บอน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถัง ควบคุม (ระยะ จากก้น ถัง)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			ค่าเฉลี่ย	%C	ค่าเฉลี่ย	S.D.
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป				
15 cm	0.1063	0.1063	11.20	24.70	13.50	12.0667	14.55	15.74	1.68
	0.1079		22.10	33.90	11.80				
	0.1048		32.80	43.70	10.90				
30 cm	0.1153	0.1067	10.80	22.90	12.10	10.7333	16.93		
	0.1016		0.00	10.80	10.80				
	0.1033		22.90	32.20	9.30				
ถังที่ 1 (ระยะ จากก้น ถัง)	**น้ำหนัก ตัวอย่าง (g)**	**ค่าเฉลี่ย**	**ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)**			**ค่าเฉลี่ย**	**%C**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป				
15 cm	0.1221	0.1266	0.00	11.60	11.60	11.2000	13.55	12.24	1.86
	0.1289		11.60	22.50	10.90				
	0.1288		22.50	33.60	11.10				
30 cm	0.1464	0.1363	33.60	45.70	12.10	12.3667	10.92		
	0.1363		2.10	14.50	12.40				
	0.1262		14.50	27.10	12.60				

ตารางที่ ค 1-4 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)			ค่าเฉลี่ย	%C	ค่าเฉลี่ย	S.D.
			เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป				
15 cm	0.1582	0.1409	27.10	38.10	11.00	11.8000	11.35	12.03	0.96
	0.1326		38.10	50.20	12.10				
	0.1319		0.00	12.30	12.30				
30 cm	0.1175	0.1197	12.30	24.80	12.50	12.2000	12.70		
	0.1200		24.80	36.80	12.00				
	0.1217		36.80	48.90	12.10				

ตารางที่ ค 1-5 ปริมาณไนโตรเจน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)	ค่าเฉลี่ย	%N	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0259	1.0247	24.00	23.70	3.23	3.29	0.09
	1.0270		22.80				
	1.0212		24.30				
30 cm	1.0275	1.0261	24.00	24.67	3.35		
	1.0253		24.60				
	1.0256		25.40				
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ค่าเฉลี่ย**	**ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)**	**ค่าเฉลี่ย**	**%N**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.0117	1.0108	20.80	20.40	2.81	2.96	0.21
	1.0108		19.00				
	1.0099		21.40				

ตารางที่ ค 1-5 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจน (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)	ค่าเฉลี่ย	%N	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30 cm	1.0275	1.0261	23.30	22.90	3.11	2.96	0.21
	1.0253		22.90				
	1.0256		22.50				
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ค่าเฉลี่ย**	**ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (ml)**	**ค่าเฉลี่ย**	**%N**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.0385	1.0362	23.10	23.70	3.19	3.19	0.01
	1.0401		24.00				
	1.0299		24.00				
30 cm	1.0430	1.0260	24.70	23.40	3.18		
	1.0216		22.30				
	1.0133		23.20				

ตารางที่ ค 1-6 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังที่	%OC	%N	C/N ratio
ถังควบคุม	15.74	3.29	4.78
ถังที่ 1	12.24	2.96	4.14
ถังที่ 2	12.03	3.19	3.77

ตารางที่ ค 1-7 ปริมาณโพแทสเซียม (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0063	0.359	0.89	1.07	1.37	0.31
	1.0063	0.362	0.90	1.08		
	1.0063	0.361	0.90	1.08		
30 cm	1.0185	0.55	1.35	1.63		
	1.0185	0.56	1.37	1.66		
	1.0185	0.565	1.39	1.67		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.002	0.518	1.29	1.56	1.50	0.09
	1.002	0.527	1.31	1.58		
	1.002	0.532	1.33	1.60		
30 cm	1.022	0.472	1.15	1.39		
	1.022	0.481	1.18	1.42		
	1.022	0.484	1.18	1.43		
ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.0108	0.392	0.97	1.17	1.24	0.05
	1.0108	0.407	1.01	1.21		
	1.0108	0.406	1.00	1.21		

(ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 9-1 ถึง ตารางที่ ข 9-3, ภาคผนวก ข)

ตารางที่ ค 1-7 (ต่อ) ปริมาณโพแทสเซียม (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
	1.0289	0.443	1.08	1.30		
	1.0289	0.442	1.07	1.29		

(ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 9-1 ถึง ตารางที่ ข 9-3, ภาคผนวก ข)

ตารางที่ ค 1-8 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังควบคุม (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณฟอสฟอรัสเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
15 cm	1.0063	2.59	0.13	0.29	0.31	0.02
	1.0063	2.57	0.13	0.29		
	1.0063	2.61	0.13	0.30		
30 cm	1.0185	3.01	0.15	0.34		
	1.0185	2.88	0.14	0.32		
	1.0185	2.88	0.14	0.32		
ถังที่ 1 (ระยะจากก้นถัง)	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P (%)**	**ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P_2O_5 (%)**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
15 cm	1.002	2.91	0.15	0.33	0.45	0.14
	1.002	2.87	0.14	0.33		
	1.002	2.83	0.14	0.32		

(ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 8-1 ถึง ตารางที่ ข 8-3, ภาคผนวก ข)

ตารางที่ ค 1-8 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัส (%) หลังทำการหมักปุ๋ยระยะเวลา 42 วัน

ถังที่ 2 (ระยะจากก้นถัง)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาณโพแทสเซียมเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P (%)	ปริมาณโพแทสเซียมในรูป P_2O_5 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30 cm	1.022	5.14	0.25	0.58		
	1.022	5.17	0.25	0.58		
	1.022	5.17	0.25	0.58		
15 cm	1.0108	1.35	0.07	0.15	0.27	0.14
	1.0108	1.13	0.06	0.13		
	1.0108	1.22	0.06	0.14		
30 cm	1.0289	3.44	0.17	0.38		
	1.0289	3.59	0.17	0.40		
	1.0289	3.5	0.17	0.39		

(ดูรายละเอียดในตารางที่ ข 8-1 ถึง ตารางที่ ข 8-3, ภาคผนวก ข)

ค-2 ผลการศึกษาดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์

การคำนวณ

$$\text{ดัชนีการงอกขอเมล็ดพันธุ์} = \text{ผลบวกของ} \left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอก}}{\text{จำนวนวันเพาะ}}\right) \text{ทั้งหมด 7 วัน}$$

ตารางที่ ค 2-1 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	-	3	4	4	1.84	1.49
2	-	-	-	-	4	4	4	2.04	
3	-	-	-	-	1	1	1	0.51	
4	-	-	-	-	4	7	7	2.97	
5	-	-	-	-	-	2	2	0.62	
6	-	-	-	-	3	3	3	1.53	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-1 (ต่อ) ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
7	-	-	-	-	-	1	1	0.31	
8	-	-	-	-	2	2	2	1.02	
9	-	-	-	-	4	4	4	2.04	
10	-	-	-	-	5	5	5	2.55	
11	-	-	-	-	-	3	3	0.93	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-2 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	-	-	-	-	0.00	2.38
2	-	-	-	-	4	4	4	2.04	
3	-	-	-	-	1	1	1	0.51	
4	-	-	-	2	2	6	6	2.76	
5	-	-	-	12	12	12	12	9.11	
6	-	-	-	-	-	-	3	0.43	
7	-	-	-	1	10	10	10	5.35	
8	-	-	-	-	1	4	4	1.44	
9	-	-	-	-	-	-	2	0.29	
10	-	-	-	-	-	6	6	1.86	

ตารางที่ ค 2-3 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	-	-	-	-	0.00	1.47
2	-	-	-	-	4	4	4	2.04	
3	-	-	-	1	1	4	4	1.69	
4	-	-	-	-	-	-	4	0.57	
5	-	-	-	3	3	3	3	2.28	
6	-	-	-	-	-	3	5	1.21	
7	-	-	-	-	6	6	6	3.06	
8	-	-	-	-	3	3	3	1.53	
9	-	-	-	-	3	3	3	1.53	
10	-	-	-	1	1	1	1	0.76	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-4 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	-	-	-	-	0.00	2.01
2	-	-	-	3	3	4	6	3.01	
3	-	-	-	1	4	4	4	2.42	
4	-	-	-	4	4	6	6	3.86	
5	-	-	-	-	1	1	2	0.69	
6	-	-	-	-	-	2	2	0.69	
7	-	-	-	-	-	-	2	0.29	
8	-	-	-	-	-	9	9	3.09	
9	-	-	-	4	4	4	5	3.31	
10	-	-	-	-	5	5	5	2.71	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-5 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	-	-	-	-	0.00	2.30
2	-	-	-	-	-	-	1	0.14	
3	-	-	-	3	4	5	5	3.10	
4	-	-	-	-	2	2	2	1.02	
5	-	-	-	2	2	4	4	2.14	
6	-	-	-	-	-	2	2	0.62	
7	-	-	-	7	7	7	7	5.32	
8	-	-	-	-	-	2	2	0.62	
9	-	-	-	10	10	10	10	7.60	
10	-	-	-	2	2	5	5	2.45	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-6 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	2	2	5	5	2.45	3.53
2	-	-	-	1	6	6	7	3.45	
3	-	-	-	1	4	4	5	2.43	
4	-	-	-	1	1	5	5	2.00	
5	-	-	-	11	11	11	11	8.35	
6	-	-	-	0	0	0	2	0.29	
7	-	-	-	13	13	13	13	9.87	
8	-	-	-	1	10	10	10	5.35	
9	-	-	-	0	0	0	2	0.29	
10	-	-	-	0	0	0	6	0.86	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-7 ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	ระยะเวลา (วัน)							ดัชนีการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7		
1	-	-	-	3	3	3	3	2.28	3.54
2	-	-	-	0	0	0	1	0.14	
3	-	-	-	2	2	2	2	1.52	
4	-	-	-	10	10	10	10	7.60	
5	-	-	-	10	10	10	10	7.60	
6	-	-	-	6	6	6	6	4.56	
7	-	-	-	6	6	6	7	4.70	
8	-	-	-	0	0	0	1	0.14	
9	-	-	-	6	6	6	6	4.56	
10	-	-	-	3	3	3	3	2.28	

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ค 2-8 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ
1	1	0.2	-
	2	1.5	2
	3	1.5	2
	4	1	2
2	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	1	2
	4	1	2
3	1	1.5	2
4	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-8 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของชุดควบคุม

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ
4	4	0.2	-
	5	0.5	2
	6	1	2
	7	1.5	2
5	1	0.2	-
	2	0.2	-
6	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
7	1	0.2	-
8	1	1	2
	2	1	2
9	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	1	2
	4	1	2
10	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.5	2
	4	1	2
	5	1	2
11	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
ค่าเฉลี่ย		0.67	2.00
S.D.		0.45	0.00

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-9 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาวลำต้น (cm)	จำนวนใบ
1	-	-	-
2	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
3	1	1.5	2
4	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.5	2
	5	1	2
	6	1.5	2
5	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.7	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1	2
	11	1.5	2
	12	1.5	2
6	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์และไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-9 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
7	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.5	2
	4	0.5	2
	5	0.5	2
	6	0.5	2
	7	0.5	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1.5	2
8	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	1	2
9	1	0.2	-
	2	0.2	-
10	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
	5	0.2	-
	6	0.5	2
ค่าเฉลี่ย		0.65	2.00
S.D.		0.43	0.00

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-10 ความยาวของลำต้นพืชและจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	-	-	-
2	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
3	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1.5	2
4	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
5	1	1	2
	2	1	2
	3	1.5	2
6	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
	5	0.5	2
7	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1.5	2

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์และไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-10 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืชและจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังควบคุมที่ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
8	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
9	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
10	1	1.5	2
ค่าเฉลี่ย		0.79	2.00
S.D.		0.43	0.00

ตารางที่ ค 2-11 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	-	-	-
2	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.5	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1.5	2
3	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1.5	2

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์และไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-11 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
4	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
5	1	0.2	-
	2	1	2
6	1	0.2	-
	2	0.2	-
7	1	0.2	-
	2	0.2	-
8	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
	5	0.2	-
	6	0.2	-
	7	0.2	-
	8	0.2	-
	9	0.2	-
9	1	0.2	-
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 5-11 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
10	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.5	2
	4	1	2
	5	1	2
ค่าเฉลี่ย		0.60	2.00
S.D.		0.43	0.00

ตารางที่ ค 2-12 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	-	-	-
2	1	0.2	-
3	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1.5	2
4	1	0.5	2
	2	0.5	2
5	1	1	2
	2	1	2
	3	1.5	2
	4	1.5	2

** (-) ไม่มีการงอกของเมล็ดพันธุ์และไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-12 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
6	1	0.2	-
	2	0.2	-
7	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1.5	2
8	1	0.2	-
	2	0.2	-
9	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.7	2
	4	0.7	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-12 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 1 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
10	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	1.5	2
	5	1.5	2
ค่าเฉลี่ย		0.80	2.00
S.D.		0.44	0.00

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-13 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1.5	2
	5	1.5	2
2	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1.5	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-13 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1.5	2
	5	1.5	2
2	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1.5	2
3	1	0.2	-
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1.5	2
4	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
	5	1.5	2
5	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-13 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
5	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1.5	2
	8	1.5	2
	9	1.5	2
	10	1.5	2
	11	1.5	2
6	1	0.2	-
	2	0.2	-
7	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1	2
	11	1	2
	12	1.5	2
	13	1.5	2
8	1	0.7	2
	2	1	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-13 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 15 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
8	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1.5	2
9	1	0.2	-
	2	0.2	-
10	1	0.2	-
	2	0.2	-
	1	0.2	-
	2	0.2	-
	3	0.2	-
	4	0.2	-
	5	0.2	-
	6	0.2	-
ค่าเฉลี่ย		0.86	2.00
S.D.		0.45	0.00

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-14 ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
1	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
2	1	0.2	-
3	1	1.5	2
	2	1.5	2
4	1	0.5	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1.5	2
	7	1.5	2
	8	1.5	2
	9	1.5	2
	10	1.5	2
5	1	0.5	2
	2	0.5	2
	3	0.7	2
	4	0.7	2
	5	0.7	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	2
	9	1	2
	10	1.5	2

** (-) ไม่พบใบ

ตารางที่ ค 2-14 (ต่อ) ความยาวของลำต้นพืช และจำนวนใบ หลังปลูก 7 วัน ของถังที่ 2 ระยะ 30 cm จากก้นถัง

หลุมที่	เมล็ดที่	ความยาว (cm)	จำนวนใบ
6	1	0.7	2
	2	0.7	2
	3	0.7	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
7	1	0.2	-
	2	0.5	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	1	2
	7	1.5	2
8	1	0.2	-
9	1	0.7	2
	2	0.7	2
	3	0.7	2
	4	1.5	2
	5	1.5	2
	6	1.5	2
10	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
ค่าเฉลี่ย		0.98	2.00
S.D.		0.37	0.00

** (-) ไม่พบใบ