

จันทร์ ๑๖๘๗

๑๑ ก.พ. ๒๕๖๐



รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขน

The Potentially Studies of Making Compost from
Water Hyacinth and Paragrass.



รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2557



ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขัน
The Potentiality Studies of Making Compost from Water Hyacinth and Paragrass.

ผู้วิจัย	นางสาวนิลวรรณ ธรรมทิพย์	รหัส	534291013
	นางสาวสุชาดา วิจิ	รหัส	534291037

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

(นายกมลนาวิน อินทนุจิตร)

ประธานกรรมการ

คณะกรรมการสอบ

(ดร.สุวีรรณ ยอดรุ่อรอบ)

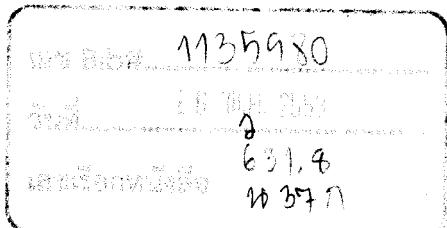
กรรมการ
(นางสาวนัดดา โปคำ)

กรรมการ
(นางสาวธีรัญดา สุวิบูล)

กรรมการ
(นายกมลนาวิน อินทนุจิตร)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนาพิทยาธร)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4064902) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ด้วยดีผู้วิจัยต้องขอขอบคุณอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการทำวิจัยฉบับนี้จนประสบความสำเร็จไปด้วยดี และขอขอบคุณอาจารย์นัดดา ໂປດປະຮານໂປຣແກຣມວิชาວิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ชุนพิหักษ์ ดร.สุชีวรณ ยอดรุ้อรอบ และอาจารย์ธิรญาวดี สุวิบูล ที่ได้ถ่ายทอดความรู้เพิ่มเติม ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทำให้วิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณนายสอและ บางสันเจ้าหน้าที่ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่านที่เอื้อเพื่อ อุปกรณ์ในการทำวิจัย พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและให้ข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย ครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมรุ่นที่ 12 ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เช่น การติดต่อขอรับเชื้อจุลินทรีย์พด.1 กับทางกรมพัฒนาที่ดิน การเก็บรวบรวมผักตบชวาและหญ้าขาน และการเตรียมวัสดุในการหมัก ตลอดจนการให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยฉบับนี้ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติใกล้ชิดของผู้วิจัย ที่ได้ให้การสนับสนุน ทั้งในด้านทุนทรัพย์ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

นิลารรณ ธรรม
สุชาดา วีจิ
กุมภาพันธ์ 2558

ชื่อการวิจัย	การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขัน
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวนิลารณ์ ธรรมฤทธิ์ นางสาวสุชาดา วีจิ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขัน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขันกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 40 วัน ซึ่งในการศึกษารังนี้ ประกอบด้วยกัน 3 สูตรได้แก่ สูตรที่ (1) ผักตบชวา สูตรที่ (2) หญ้าขัน และสูตรที่ (3) ผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน โดยจะทำการตรวจวิเคราะห์อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) และปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในถังหมักอยู่ในช่วง 30.00 ถึง 33.00 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ส่วนความชื้นถูกควบคุมไว้ในช่วงร้อยละ 50.00 ถึง 60.00 ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 6 ถึง 8 เหมาะต่อการดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์ ค่า C:N ratio ทั้ง 3 สูตรต่ำกว่า 20:1 ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ของปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้มีค่าดังนี้ สูตรที่ (1) ค่าที่ได้เท่ากับ 2.37-0.76-3.63 สูตรที่ (2) ค่าที่ได้เท่ากับ 2.52-0.81-4.27 และสูตรที่ (3) ค่าที่ได้เท่ากับ 2.28-0.83-3.85 เมื่อนำปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรนี้ไปใช้ทดสอบปลูกผักคะน้า พบร้าในน้ำหนักสดที่ได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากผักคะน้าเป็นพืชที่ต้องการในไตรเจนสูงและปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรก็มีปริมาณไนโตรเจนในไตรเจนที่ใกล้เคียงกัน จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก พบร้าปุ๋ยหมักทุกสูตรมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าธาตุอาหารตัวอื่นๆ ดังนั้นจึงควรมีการนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ทดสอบความเจริญเติบโตของพืชประเภทหัว ซึ่งพืชประเภทนี้ต้องการโพแทสเซียมสูงในการเจริญเติบโต

คำสำคัญ ปุ๋ยหมัก ผักตบชวา หญ้าขัน

Title	The Potentiality Studies of Making Compost from Water Hyacinth and Paragrass.
Author	Miss.NilavunTrorarit Miss.SuchadaWijai
Program	Bachelor of Science
Major	Environmental Science (Environmental Technology)
Academic	Year 2014
Advisor	Mr.Kamonnawin Inthanuchit

Abstract

Feasibility Study on Composting of Water Hyacinth and Paragrass. The objective is study and compare the nutrient contained in the compost from paragrass, water hyacinth and with standard of compost. This process will take 40 days. In this study consists of 3 formulas include (1) Water Hyacinth (2) Paragrass (3) Water Hyacinth with Paragrass. The analysis Temperature, Moisture, Acidity and alkalinity (pH), The ratio of carbon to nitrogen (C: N ratio) and primary macronutrients (N - P - K). The study found that the temperature in the compost bin in the range 30.00 - 33.00 °C. During which the temperature is not too high. Suitable for the growth of microorganisms. Moisture was control at the level of 50.00 - 60.0% which is appropriate for the growth of microorganisms. Acidity and alkalinity (pH) in the range of 6-8. suitable for the survival of microorganisms. The C: N ratio of 3 formulas under 20:1. The value range is as close to perfect compost and which can be utilized. The primary macronutrients that are vital to the growth of farms. Percent of primary macronutrients (N - P - K) of compost. Is on the thre shold acceptable is the following (1) Water Hyacinth is equal to 2.37 - 0.76 - 3.63 (2) Paragrass is equal to. 2.52 - 0.81 - 4.27 and (3) Water Hyacinth with Paragrass is equal to 2.28 - 0.83 - 3.85. When the 3 compost recipe to grow kale test found in similar weight. Due to kale is high nitrogen plants need. The compost 3 formulas was a nitrogen similar. The analysis primary macronutrients of compost 3 formulas. Found compost each formula havehigh potassium. Therefore the compost produced to test the growth of the tubers plant. Because these plants need to high potassium in growth.

Keyword Compost Water Hyacinth Paragrass

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ที่นำไปเกี่ยวกับผักตบชาวะและหญ้าชน	4
2.2 ความหมายของปุ๋ยและปุ๋ยหมัก	6
2.3 วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก	6
2.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการหมัก	7
2.5 กระบวนการทำปุ๋ยหมัก	8
2.6 กลไกการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน	9
2.7 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงปฏิกริยาเคมีทางชีวเคมี	9
2.8 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก	10
2.9 ปัจจัยที่มีการควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช	15
2.11 การพิจารณาปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้ว	16
2.12 มาตรฐานปุ๋ยหมัก	17
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 ขอบเขตการวิจัย	20
3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	23
3.3 การเก็บตัวอย่าง	25
3.4 วิธีการวิเคราะห์	25
3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	25
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย	
4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ	26
4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี	36
4.3 ผลของปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของผักคน้ำ	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์	ก-1
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการวิจัย	ข-1
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์	ค-1
ภาคผนวก ง ค่าสถิติที่ทดสอบ	ง-1
ภาคผนวก จ แบบเสนอโครงสร้างวิจัย	จ-1

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผักตบชวา	4
2.2 หญ้าขาน	5
2.3 รูปแบบของอุณหภูมิและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก	10
3.1 ผักตบชวาสับبدละเอียด	20
3.2 หญ้าขานสับبدละเอียด	20
3.3 ถังพลาสติกที่ใช้หมัก	21
4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักของวันแรก	27
4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมัก	31
4.3 การเปลี่ยนแปลงความของขี้นในระหว่างการหมัก	35
4.4 การเปลี่ยนแปลงความของเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระหว่างการหมัก	39
4.5 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ในระหว่างการหมัก	41
4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณในโตรเจนทั้งหมดในระหว่างการหมัก	42
4.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการบ่อนท่อในโตรเจนในระหว่างการหมัก	44
4.8 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสในระหว่างการหมัก	46
4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมในระหว่างการหมัก	47
4.10 ลักษณะของปุ๋ยหมัก	49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
3.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ปูยหมักในระหว่างการหมักและหลังหมัก	25
4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักของวันแรก	27
4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมัก	29
4.3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในระหว่างการหมัก	33
4.4 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระหว่างการหมัก	37
4.5 การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ในระหว่างการหมัก	40
4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระหว่างการหมัก	42
4.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในระหว่างการหมัก	44
4.8 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสในระหว่างการหมัก	45
4.9 ตารางการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมในระหว่างการหมัก	47
4.10 คุณสมบัติของปูยหมักเมื่อสิ้นสุดการหมัก	48
4.11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม) ของคน้ำ	50
4.12.1 ต้นทุนการผลิตปูยหมักทั้ง 3 สูตร	51
4.12.2 การเปรียบเทียบราคาผลผลิตที่ได้จากการใช้ปูยหมักทั้ง 3 สูตร	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญulatory ชนิด แต่ปัจจุบันการปลูกพืชมีต้นทุนสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยหรือยากำจัดศัตรูพืชซึ่งนับวันยิ่งมีราคาที่สูงขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยจัดเป็นต้นทุนหนึ่งที่หลักเลี้ยงไม่ได้ เพราะเป็นอาหารของพืชที่สำคัญมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีกับต้นพืช จึงทำให้ราคาปุ๋ยเคมีที่จำหน่ายในท้องตลาดมีราคาค่อนข้างสูง จากการสำรวจพบว่าในปี พ.ศ.2556 ที่ผ่านมาประเทศไทยใช้ปุ๋ยเคมีประมาณ 5,638,891 ตัน โดยมีมูลค่าถึง 72,259 ล้านบาท ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

การใช้ปุ๋ยหมักแทนปุ๋ยเคมีนั้นถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการใช้สารเคมีของเกษตรกรได้ กรมพัฒนาที่ดินจึงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยหมักใช้เอง ไม่ว่าจะเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากโรงงานอุตสาหกรรม จากบ้านเรือน หรือวัชพืช เช่น ผักตบชวา ก็สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก เพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินให้เกิดประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชทางเกษตร จากการศึกษาผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่มีรากฟอยู่จำนวนมากสามารถดูดเอาแร่ธาตุอาหารพืชที่มีปะปนอยู่กับตะกอนไว้ในส่วนต่างๆ ของลำต้น ตั้งนั้นเมื่อสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักก็จะให้แร่ธาตุอาหารพืชสูงมากไปด้วย (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533)

วัชพืช นับว่าเป็นศัตรูอย่างหนึ่งของพืชปลูก เนื่องจากวัชพืชเป็นต้นไม้มีชีวิต เช่นเดียวกับพืชปลูก จะนั้นย้อมต้องการปุ๋ย น้ำ แสงสว่าง เพื่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกัน ดังนั้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก ย้อมทำให้พืชที่ปลูกได้ปุ๋ยและน้ำอย่างไม่เจริญเติบโต ทำให้ผลผลิตไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้แล้ววัชพืชยังเป็นที่อาศัยของโรคและแมลงอีกด้วย (ดวงพร สุวรรณภูมิ, 2544) หญ้าขัน จัดเป็นวัชพืชชนิดหนึ่งที่สามารถขยายพันธุ์โดยสามารถใช้ส่วนต่างๆ นอกเหนือจากเมล็ด ดังนั้นหญ้าขันจึงมีการขยายพันธุ์และเติบโตได้อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง หากนำหญ้าขันเหล่านั้นมาทำเป็นปุ๋ยหมักจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีมาใช้การใช้ปุ๋ยเคมีในจำนวนมากและเป็นเวลาจะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพได้ แต่หากมีการใช้ปุ๋ยหมักก็จะช่วยลดปัญหาต่างๆ ได้มาก และเป็นการปรับปรุงดินให้ดีขึ้นได้อีกด้วย (พิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำผักตบชวาและหญ้าขันมาใช้เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีในปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขันโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาและหญ้าขันในการผลิตปุ๋ยหมัก
- 2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขันกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น	ผักตบชวา และหญ้าขัน
ตัวแปรตาม	ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมัก
ตัวแปรควบคุม	ระยะเวลาในการหมักวิธีการหมัก

1.4 นิยามศัพท์

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นโดยเลียนแบบธรรมชาติในป่า ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย มีสีน้ำตาลดำที่เรียกว่า ชีวมวล มีสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่งเพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำและอากาศในดินดีขึ้น ช่วยให้ดินอุ่มน้ำและดูดซับธาตุอาหารพืชดีขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช ช่วยทำให้พืชและจุลินทรีย์เจริญเติบโตและส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ได้ดี (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547)

ผักตบชวา หมายถึง พืชที่คล้ายอยู่บนผิวน้ำหรือบนดินชั่วขณะ ไม่อายุข้ามปี ลำต้นสั้นใบແร่องอบต้น ใบมีลักษณะกลมหรือรูปไข่ ปลายมน ใบอาจจะมีขนาดใหญ่หรือเล็ก และก้านอาจจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่นั้น ภายในมีลักษณะฝ่ามคล้ายฟองน้ำ แพร่พันธุ์โดยเมล็ดหรือแตกต้นอ่อนใหม่แล้วแยกหลุดจากต้นเดิม เมล็ดจะยังฝังตามดินในหน้าแล้ง เมื่อได้รับความชื้นจะงอกเจริญเติบโตเป็นต้นอีก ผักตบชวาจัดเป็นพืชน้ำที่เจริญเติบโตขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและขยายพันธุ์ได้ทุกฤดูกาล (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544)

หญ้าขัน หมายถึง เป็นหญ้าระเหินน้ำระเหินบกซึ่งมีอายุหลายปี มีโภคถือลำต้นกลวง ใบเป็นรูปหอกปลายแหลม มีขนขาวๆ ปกคลุมขอบใบและแผ่นหลังใบ มีดอกเป็นช่อขึ้นที่ส่วนยอดเมื่อหญ้าเริ่มแก่ แพร่กระจายด้วยเมล็ดและการแตกไหหลอกกรากตามข้อ มีการเจริญเติบโตเป็นกอขอบขึ้นตามดินและ ขยายตัวหรือทิรมน้ำ มีเหลืออยอดไปตามดินหรือน้ำเช่น หนองน้ำ คูร่อง สวน บริเวณที่นาและน้ำท่วมขัง (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544)

1.5 สมมติฐาน

ปัจจัยมักจากผู้ตอบชوار่วมกับหญ้าขนจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่มากกว่าปัจจัยมักจากวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งและเหมาะสมตามค่ามาตรฐานของปัจจัยมัก

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ทราบถึงปริมาณธาตุอาหารหลักจากปัจจัยมักที่ทำจากผักตบชวาและหญ้าขน กับค่ามาตรฐาน
- 2) เป็นทางเลือกในการนำผักตบชวาและหญ้าขนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านเกษตรกรรมและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร
- 3) ช่วยลดปัญหาสภาพดินเสื่อมจากการใช้ปุ๋ยเคมีในด้านการเกษตร

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอน	2556												2557											
	พ. ม. ย.	อ. ก.	ก. ย.	ต. ค.	พ. ย.	ธ. ค.	พ. ค.	ม. ار.	ก. พ.	พ. ร.	เม. ย.	พ. ค.	ก. พ.	พ. ร.	เม. ย.	พ. ค.	ก. พ.	พ. ร.	เม. ย.	พ. ค.	ก. พ.	พ. ร.		
รวบรวมข้อมูลและตรวจ เอกสาร																								
สอบโครงสร้างวิจัย						▲																		
ทำการหมักปุ๋ย																								
วิเคราะห์พารามิเตอร์																								
สอบความก้าวหน้า																			▲					
สรุปผลการทดลอง																								
สอบจบเล่มวิจัย																							▲	
เขียนและแก้ไขเล่มวิจัย																								

หมายเหตุ ช่วงเดือน *พ.ย. 2556 – ก.พ. 2557 เป็นช่วงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผักตบชวาและหญ้าขัน

2.1.1 ผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อสามัญว่า water hyacinth จัดอยู่ในวงศ์ Pontederiaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhorniacrasipes* (Hart.) solms มีชื่อสามัญไทยว่า ผักตบชวา บัวลอย ผักบอง มีชื่อสามัญอังกฤษว่า water hyacinth, Java-weed, water orchid, water lily

ผักตบชวา เป็นพืชที่เจริญอยู่บนผิวน้ำจัดเป็นประเภทลอยน้ำ (floating plant) โดยปกติракจะไม่ยึดติดกับพื้นดินจึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาไปได้ไกลแต่ถ้าหากจะหยิ่งยีดติดกับพื้นดินได้ ในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไปที่โคนก้านใบจะมีกาบใบและจะเชื่อมติดต่อกันโดยมีไอล (stolon) ซึ่งเป็นลำต้นที่หอดไปตามผิวน้ำช่วยในการขยายตัวของผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น (ใบ) เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ มักมีความกว้างมากกว่ายาวหรือเกือบจะเท่ากัน ก้านใบมักจะพองออกเป็นทุ่นลอยน้ำ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า buoyancy leaf แต่ถ้าผักตบช瓦เจริญอยู่ในที่เปียดชิดกันมากโดยเฉพาะในน้ำนิ่งก้านใบจะไม่พอง นอกจากนั้นก้านใบยังยาวมาก (ดอก) ผักตบชวามีดอกสีฟ้าสวยงามมาก ดอกออกเป็นช่อไม่มีก้านดอก (spike) ในชื่อหนึ่งๆ จะมีจำนวนดอกแตกต่างกันไป ถ้าช่อดอกเล็กๆ จะมีดอกประมาณ 4-5 ดอก ถ้าช่อดอกใหญ่อาจจะมีจำนวนดอกเพิ่มขึ้นถึง 60 ดอก นอกจากนี้ยังมีเกสรตัวผู้ (stamen) 6 อัน สัน 3 ยาว 3 ติดอยู่ที่ตอนล่างของกลีบดอก เกสรตัวผู้ (anther) มีสีเหลืองส่วนเกสรตัวเมีย (pistil) มีส่วนตรงปลายเรียกว่า stigma มีสีม่วงอ่อนอยู่บนก้านต่อมากจากรังไข่ซึ่งอยู่เหนือจากกลีบดอก



รูปที่ 2.1 ผักตบชวา

2.1.2 หญ้าขัน

หญ้าขัน เป็นหญ้าที่แพร่หลายในเขตต้อนทั่วโลก เช่น อเมริกากลาง อเมริกาใต้ บราซิล ออสเตรเลีย พีจิ พลิปปินส์ อัฟริกาตะวันตก รวมทั้งประเทศไทยนำเข้ามาจากประเทศมาเลเซียในปี พ.ศ. 2472 หญ้าขันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria mutica* (Frossk.) Stapf ชื่อสามัญภาษาอังกฤษนั้นมีหลายชื่อ เช่น Scotch grass, Water grass, Para grass, Dutch grass, Mauritius grass, Mountain grass, Numidian grass, Panicum grass, Greater brachiaria และชื่อสามัญในภาษาไทยว่า หญ้าขัน หญ้าปล้องขัน

หญ้าขัน เป็นหญ้าสั่งเทืนบก มีอายุขัยปี (perennial) มีไหลและขันตามข้อ (ลำต้น) มีลำต้น ชูขึ้นหรือบางครั้งโน้มลงพื้น สูง 1.5 เมตร ลำตัวมีขัน โดยตามข้อและการใบ จะมีขนยาวฟูเห็นได้ชัดเจน (ใบ) เป็นใบเดี่ยว ออกสลับข้างกัน แผ่นใบเรียกว่า 10-30 เซนติเมตร กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร เรียบหรือมีขีบบางๆ ที่รอยต่อระหว่างแผ่นใบและการใบจะมีขัน กาบใบเปิดดกับต้นอย่างหลวมๆ (ดอก) ออกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนง (panicle) แยกออกจากกันห่างๆ เป็นช่อเล็กๆ ปลายช่อจะโน้มดิน ช่อดอกยาว 10-20 เซนติเมตร ช่อดอกย่อยจะออกเป็นคู่ก้านช่อดอกย่อยสั้น ช่อดอกย่อยยาว 3-5 มิลลิเมตร มีกาบ 2 อันที่ด้านล่าง กาบล่าง มีถ้วยเส้น 1-5 เส้น กาบบนมีถ้วยเส้น 5 เส้น กาบล่างยาวเท่าๆ กัน กาบบนช่อดอกมีสีเขียวคล้ำ (ผล) แบบผลรญพีช (caryopsis) เป็นแบบ 1 ผล 1 เมล็ด ลำต้นลำของหญ้าขันที่ลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื่อยกึ่งตั้ง (Semi erect type) ในกรณีที่มีพื้นที่ว่างมากๆ จะเลื่อยและมีไหล (stolon) เกิดขึ้นมากมายจึงอาจจัดว่าเป็นพวกรistoliferous type ให้ลักษณะเจริญเลื่อย (Creeping) ยาวมากกว่า 4 เมตร (ลำต้น) ซึ่งเกิดจากข้อของไหลสูงประมาณ 50-90 เซนติเมตร จะทอดไปตามดินและมีรากเกิดขึ้นตามข้ออย่างรวดเร็วทำให้สามารถทนหน้าดินได้อย่างทนทานแน่นขยายพันธุ์ได้ทั้งเมล็ดและโดยอาศัยไหลมีการเจริญเติบโตเป็นกอชอนขึ้นตามดินและ ขยายตัวลึกลงหรือที่ริมแม่น้ำ แล้วเจริญออกงามแผ่ลงน้ำ มีไหลเลื่อยทอดไปตามดินหรือน้ำ เช่นหนองน้ำ คูระบายน้ำ คูร่องสวนบริเวณที่นาและน้ำท่วมขัง พับได้ทั่วประเทศไทยในปัจจุบันนี้ หญ้าขันเป็นที่รู้จักกันในแง่ของพืชอาหารสัตว์และในแง่ของวัชพืชและแพร่หลายไปทั่วประเทศโดยเฉพาะในเขตที่ลุ่ม (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544)



รูปที่ 2.2 หญ้าขัน

2.2 ความหมายของปุ๋ยและปุ๋ยหมัก

2.2.1 ปุ๋ย

ปุ๋ย (Fertilizer) หมายถึง วัตถุหรือสารที่ใส่ลงไว้ในดิน โดยมีความประสงค์จะให้รำาตุ อาหารในโตรเจน พอสฟอรัส และโพแทสเซียมแก่พืชเพื่อให้ได้รับรำาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณที่เพียงพอและสมดุลกันตามที่ต้องการและให้ผลผลิตสูงขึ้นส่วนปุ๋ยตามความหมายในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 คือ สารอินทรีย์ อินทรีย์สังเคราะห์ อนินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ หรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นรำาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใดหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547)

2.2.2 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (Compost) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำโดยเลี้ยนแบบธรรมชาติในป่า ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระตุ้นให้รำาตุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย มีสีน้ำตาลปนดำ ที่เรียกว่า ชิวมัส มีสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่งเพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้เกิดการระบายน้ำและอากาศในดินดีขึ้น ช่วยให้ดินอุ่มน้ำและดูดซับรำาตุอาหารพืชดีขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณรำาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพช่วยทำให้พืชและจุลินทรีย์เจริญเติบโตและส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ได้ดีขึ้น (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547)

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

1) วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม วัสดุเหลือทิ้ง จากร้านหรือทางการเกษตรซึ่งมีอยู่ทั่วไป เช่น ฟางข้าว ใบพืช ต้นข้าวโพด และกา格 เป็นต้น

2) วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การแปรรูปของวัตถุดิบทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การขยายตัวด้านอุตสาหกรรมก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล ขี้เลือยจากโรงงานแปรไม้ กากระดอนน้ำเสีย เปลือกและกาผลไม้ จากโรงงานบรรจุผลไม้กระป่อง เป็นต้น วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นแนวทางในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าว

3) วัสดุเหลือทิ้งจากบ้านเรือน ในเขตชุมชนที่มีประชากรอยู่ร่วมกันมากจะมีปัญหาในด้านการทำจัดขยะ แนวทางที่สามารถนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้คือการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งมักเรียกว่า ปุ๋ยอินทรีย์

4) วัสดุอื่นๆ และวัชพืช วัชพืชบกและวัชพืชน้ำหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผักตบชวา เป็นวัชพืชที่เจริญได้อย่างรวดเร็วก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย การนำผักตบชวามาทำเป็นปุ๋ยหมักจะเป็นแนวทางหนึ่งโดยเปลี่ยนให้เป็นปุ๋ยหมักที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดิน และยังช่วยทำลายแหล่งของศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี (ธงชัย มาลา, 2546)

2.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการหมัก

2.4.1 เศษวัสดุ

เศษชาติพืชที่รวบรวมมาได้นั้นบางครั้งจะมีขนาดใหญ่และมีความยาวมากเกินไป ควรทำการหั่นหรือสับเพื่อกองปุ๋ยหมักจะได้ไม่เกิดข่องว่างภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งจะทำให้กองปุ๋ยจะสูญเสียความชื้นและความร้อนในกองได้ง่าย ทำให้การย่อยสลายเป็นไปได้ช้าทำให้การย่อยสลายจะเป็นไปได้ช้า การหั่นเศษพืชนั้นยังเป็นขั้นเล็กมากเท่าไหร่การย่อยสลายก็เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว เพราะกองปุ๋ยหมักมีที่ว่างภายในน้อยจึงเก็บความชื้นได้ดีการอัดตัวของเศษพืชจะทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักสูงขึ้น เป็นการกระตุ้นให้จุลินทรีย์กระทำการหมักได้ดีขึ้น

2.4.2 มูลสัตว์

การใส่มูลสัตว์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมูลวัว มูลหมู มูลเป็ด มูลไก่ ฯลฯ ผสมคลุกเคล้าลงไปด้วยกัน กองปุ๋ยจะร้อนขึ้นได้รวดเร็วและย่อยสลายได้เร็วกว่าการใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะมูลสัตว์ต่างๆ ประกอบด้วยแร่ธาตุที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์อยู่มากมายหลายชนิด การใส่มูลสัตว์จึงเป็นการเร่งให้จุลินทรีย์ทำการย่อยเศษพืชกล้ายเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น

2.4.3 ปุ๋ยยุเรีย

การใส่ปุ๋ยยุเรียลงไปในกองปุ๋ยหมักจะช่วยให้เศษพืชสลายตัวได้อย่างเร็วขึ้น สำหรับวัสดุที่สลายตัวได้ยากจะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อย จึงควรมีการเติมปุ๋ยยุเรียลงไปเพื่อเพิ่มธาตุอาหารลงไปในกองปุ๋ยหมัก ส่วนวัสดุที่สลายตัวง่ายใส่ในปริมาณเล็กน้อยเพียงแค่เป็นอาหารเสริมช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น

2.4.4 สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1

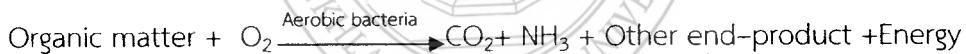
สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1 ประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ เป็นเชื้อจุลินทรีย์ประเภทราบ บักเตร แอนด์ แอดคตโนมัยซีส ซึ่งสามารถย่อยสลายเศษพืชให้เป็นปุ๋ยหมักได้อย่างรวดเร็ว การทำปุ๋ยหมักด้วยการใช้เชื้อจุลินทรีย์นี้จะสามารถช่วยลดระยะเวลาหมักจากประมาณ 3-4 เดือนเหลือเพียงประมาณ 1-2 เดือน เท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก นอกจากนั้นแล้วยังทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่สมอญูในผลิตภัณฑ์ เป็นพวงที่ทำการย่อยสลายเศษพืชได้ดีในสภาพที่กองปุ๋ยมีความร้อนสูงสภาพดังกล่าวจะช่วยทำลายเมล็ดด้วงพืชหรือเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในกองปุ๋ยได้ (ฉบับรวม เหลืองจุฬาวิโรจน์, 2531)

2.5 กระบวนการทำปุ๋ยหมัก

กระบวนการทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีตามธรรมชาติที่อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์ตั้งแต่ส่วนที่ย่อยสลายได้ให้เป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างจะคงรูป และมีคุณค่าในทางเป็นปุ๋ยสำหรับบำรุงดินเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนั้นเศษวัสดุที่หมักได้ที่แล้วปริมาตรจะลดลงประมาณร้อยละ 30-60 และยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เกิดโรคได้อีกด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะแรกๆ ที่มีออกซิเจนปนอยู่จะเกิดการย่อยสลายแบบแอโรบิก (Aerobic) สามารถย่อยสลายอินทรีย์ตั้งแต่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อออกซิเจนถูกใช้ไปจนหมด การย่อยสลายจะกล่าวเป็นแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) ซึ่งเป็นการย่อยสลายอินทรีย์ตั้งแต่ค่อนข้างช้า ทำให้เกิดกรดและก๊าซ จึงมีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ขึ้น เป็นเหตุให้เกิดความรำคาญ และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนด้วย ซึ่งกระบวนการทำปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีดังนี้

2.5.1. การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition)

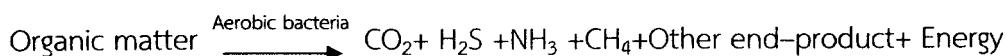
การหมักแบบใช้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้โดยใช้ออกซิเจน ซึ่งใช้เวลาในการย่อยสลายเร็วมาก และปล่อยพลังงานในรูปของความร้อนจำนวนมากจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ตั้งแต่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการหมักวิธีนี้จะมีข้อดีคือไม่มีกลิ่น อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการทำหมักนั้นค่อนข้างสูงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อกันและให้ผลผลิตสุดท้ายที่เสถียร ดังปฏิกิริยาดังนี้



การเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน ได้นั้นต้องมีสภาวะที่เหมาะสม เช่น ปริมาณออกซิเจนเพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้นพอเหมาะสม ดังนั้นการทำหมักปุ๋ยแบบแอโรบิกต้องมีอัดแน่นจนเกินไป ต้องมีรู/run อยู่บ้าง จึงจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายดีขึ้น นอกจากนี้การทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุต่างๆ ยังสามารถเพิ่มวัสดุอื่นลงไปได้ด้วย เช่น มูลสัตว์และสารเคมีบางชนิดการย่อยสลายโดยวิธีนี้เป็นไปได้เร็ว

2.5.2 การหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic decomposition)

การหมักแบบไร้อากาศ เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ตั้งแต่ของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในอากาศ ซึ่งของเสียที่นำมาใช้ในการทำหมักจะอยู่ในลักษณะกึ่งของเหลว (Slurry) การย่อยสลายแบบไร้อากาศนั้นอุณหภูมิจะต่ำและมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นโดยมีอัตราการสลายตัวอย่างช้าๆ และใช้เวลานานแต่ข้อดีคือไม่ต้องดูแลมาก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



การศึกษากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในปุ๋ยหมักทั้งแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) พบว่าการหมักแบบใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพมากกว่าการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพราะว่าสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าส่วนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องใช้เวลาในการหมักนาน มีกลิ่นรบกวนและอาจมีเชื้อโรคປะปนอยู่เป็นจำนวนมาก

2.6 กลไกการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน

ประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1) การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive Rotting Phase) การย่อยสลายอย่างเข้มข้นเกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิของการหมักจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียประเภท Mesophilic หลังจาก 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของสารหมักจะสูงขึ้นจนถึงประมาณ 75 องศาเซลเซียส ช่วงนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียประเภท Thermophilic และอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในวัสดุหมักส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาประมาณ 3-6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1-5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมัก และองค์ประกอบของวัสดุหมัก

2) การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final Rotting Phase) หลังจากที่เกิดการย่อยสลายเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พากเซลลูลอสจะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ กลไกการย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป

2.7 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมี

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักสามารถทราบได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังต่อไปนี้ (รัنجดี ศรีชาวีรัตน์, 2547)

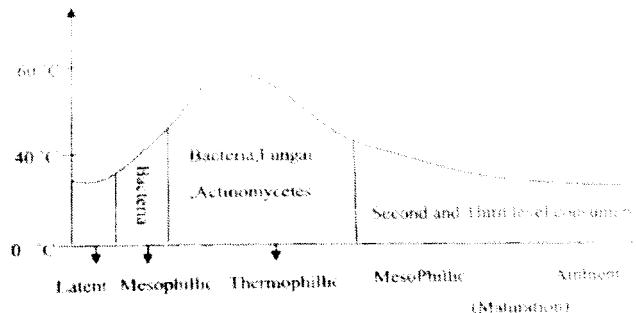
1) Latent Phase คือช่วงเวลาสำหรับจุลินทรีย์ปรับตัวสร้างความเคยชินให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อสร้างเซลล์และเพิ่มจำนวน

2) Growth Phase เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิถึงระดับ Mesophile ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 15-40 องศาเซลเซียส

3) Thermophilic Phase ในขั้นตอนนี้มีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง โดย อุณหภูมิสูงจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมัก ในระยะนี้อินทรีย์วัตถุได้ถูกเปลี่ยนให้มีความคงตัว และมีการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ

4) Maturation Phase คือระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงอยู่ในระดับ Mesophile และลดลงเรื่อยๆ จนอยู่ในระดับอุณหภูมิบรรยายกาศทั่วไป การหมักขั้นที่ 2 จะเกิดขึ้นแต่

เกิดอย่างช้าๆ และมีการสร้างอิวมัส โดยการเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์เชิงซ้อนบางอย่างให้อยู่รูปของ อิวมัสที่อยู่ในรูปของคอลลอลอยด์ (Humic colloids) ซึ่งจับตัวอยู่กับแร่ธาตุต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม โซเดียม เป็นต้น และในที่สุดกลไกเป็นอิวมัส ช่วงนี้เป็นระยะใกล้เสร็จสิ้นของการย่อยสลายแล้ว



รูปที่ 2.3 รูปแบบของอุณหภูมิและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

2.8 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมของ จุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ความร้อน และสารประกอบอิวมัส เมื่อกระบวนการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ ได้สารประกอบที่มีความคงทน ที่เรียกว่าปุ๋ยหมัก (Compost) กระบวนการย่อยสลายดังกล่าวเกิดขึ้น อย่างต่อเนื่องโดยจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกัน และเมื่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่ง สภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นตอน โดยระดับอุณหภูมิเปลี่ยนไปทำให้ชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์โดยเด่นแตกต่างกันออกไป

จากการวิจัยพบว่าในช่วงแรกซึ่งเป็นระยะสั้นๆ ประมาณ 1-2 วัน กระบวนการ ย่อยสลายเศษพืชในกองปุ๋ยหมักเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ย่อยสลายง่าย หรือสารประกอบที่ละลายน้ำได้อย่างรวดเร็ว เช่นกัน เมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงเพิ่มขึ้นเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบ อุณหภูมิปานกลางเริ่มลดปริมาณลง เนื่องจากไม่สามารถเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ในสภาพที่มี อุณหภูมิสูง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงเริ่มเจริญและเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ พากนี้ยังคงดำเนินกิจกรรมการสลายอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสารประกอบที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ไข แอล เซลลูโลส และลิกนิน ในช่วงนี้สามารถตรวจสอบว่าจุลินทรีย์ดำรงชีพได้ในสภาพนี้มี ความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสและลิกนินได้ดี เมื่อความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมักมากเกินกว่า 65 องศาเซลเซียส มีผลทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดตายลง และมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายลดลง ส่งผล ทำให้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักลดลงด้วย เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงระดับที่จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูง

สามารถเจริญและดำเนินการย่อยได้อีกทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอีก ลักษณะดังกล่าว เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักช่วงนี้อยู่ในช่วงประมาณ 45-56 องศาเซลเซียส และค่อนข้างคงที่ในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวนี้ จนกระทั่งสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักไม่เหมาะสม หรือ วัสดุในกองปุ๋ยหมักถูกย่อยสลายไปจนใกล้สมบูรณ์ อุณหภูมิลดลง ในช่วงที่เกิดจากการย่อยสลายอย่าง ต่อเนื่องควรที่จะปรับสภาพในกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสม ได้แก่ การระบายอากาศและการควบคุม ความชื้น ซึ่งทำให้อัตราการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงดำเนินได้อย่าง ต่อเนื่องและส่งผลให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วจนทำให้ระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักสั้นสุดลง(ภาณุ พงศ์ บางรักษ์, 2548)

2.9 ปัจจัยที่มีการควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้น นอกจากเชื้อจุลินทรีย์จะมีบทบาท สำคัญอย่างมากแล้ว ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การสลายตัวเป็นไปในอัตราที่เร็วหรือ ช้าด้วย ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

1) ชนิดและขนาดของวัสดุที่ใช้หมัก

วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักส่วนใหญ่แล้วจะได้มาจากการพืชมากกว่าที่จะได้จาก สัตว์ โดยธรรมชาติแล้วเศษพืชชนิดต่างๆ ย่อมมีการย่อยสลายได้ช้าหรือเร็วแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่ กับเศษพืชชนิดนั้นๆ ว่ามีส่วนที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่ายและมีแร่ธาตุอาหาร เพียงพอ กับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ ดังนั้นอาจแบ่งเศษที่ใช้ทำปุ๋ยได้เป็นสองพวกด้วยกัน คือเศษพืชพวกสลายตัวง่าย เช่น พืชตระกูลถั่วผักตบชวา เศษพืชที่เป็นพืชอวน้ำ อีกพวกหนึ่งก็คือ เศษพืชที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฟางข้าง แกลบ ขุยมะพร้าว ปกติแล้วเศษพืชพวกหลังนี้จะมีธาตุ อาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์และนอกจาคนี้พืชที่มีอายุน้อยย่อมจะมีการ ย่อยสลายได้จ่ายกว่าเศษที่มีอายุมากขนาดของเศษพืชก็เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญหากเศษที่นำมา หมักนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้เกิดช่องว่างภายในกองปุ๋ยมาก กองปุ๋ยหมักจะเสียความชื้นได้ง่าย ทำให้เศษพืชแห้งไม่เหมาะสมที่จะให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต การทำกิจกรรมการย่อยก็ช้าลงไปด้วย เช่นกัน (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533) ดังนั้นผู้ทำปุ๋ยหมักพยายามสับหรือหั่นเศษพืชให้เป็นชิ้นเล็กลงมาก เท่าไหร่ก็ยิ่งดี เพราะจะทำให้การหมักเร็วขึ้นและเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเศษวัสดุที่จะสัมผัสกับ อากาศการตัดหรือบดวัสดุเศษเหลือให้มีขนาดประมาณ 2.3-5.0 เซนติเมตร หรือ 0.1-1.5 นิ้ว จะทำ ให้วัสดุสัมผัสนอกจากอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม (นภารัตน์ ໄวยเจริญ, 2544)

2) อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลาย และเป็นปัจจัยควบคุมอัตราเร่งของปฏิกิริยาด้วย สภาพภูมิอากาศก็มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย โดยทั่วไปพบว่าหลังจากการหมักนาน 2-4 วัน อุณหภูมิภายนอกถูกเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็วจนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมายังระบบวนย่อยสลาย และคุณสมบัติการเก็บความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมักการที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นดังกล่าวทำให้สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักเปลี่ยนไป ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็เปลี่ยนแปลงไป เช่น กันในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ พบร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่พวงที่ทนต่ออุณหภูมิสูง (Thermoduric) และพวงที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophilic) จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic) สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้นระดับของอุณหภูมิในกองปุ๋ยจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของวัสดุเหลือทิ้ง และขนาดของกองปุ๋ยหมักด้วย ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงตามไปด้วย ทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่เริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป

การเปลี่ยนแปลงระดับของอุณหภูมิตามที่ได้กล่าวมาแล้วนี้เป็นลักษณะพิเศษที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมัก ทำให้สภาพแวดล้อมและชนิดของจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปด้วย มีนักวิจัยสนใจและศึกษาระบบในเวศน์ในกองปุ๋ยหมักกันมาก จุดที่สำคัญอย่างหนึ่งคือความร้อนที่สะสมในกองปุ๋ย เป็นระยะเวลานานนี้ มีผลต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคคนหรือพืชด้วย พบร่วมกับอุณหภูมิภายนอกปุ๋ยหมักที่ทำจากขยะเทศบาลมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์พวงแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบลำไส้ของคน สำหรับปุ๋ยหมักที่ทำจากเศษพืชที่เป็นใบไม้ของข้าวโพดและแอนแทรกโนสของถั่วเหลือง พบร่วมกับการนำเศษพืชที่เป็นโรคดังกล่าวมาทำเป็นปุ๋ยหมักแล้วตรวจสอบเชื้อโรคเป็นระยะๆ พบร่วมกับการทำปุ๋ยหมักเป็นเวลา 30 วัน ตรวจไม่พบเชื้อโรคพืชในกองปุ๋ยหมัก ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคดังกล่าวลดน้อยลง คือ ระดับของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นระยะเวลา (ธนวดี ศรีราवิรัตน์, 2547)

3) ความชื้น

ความชื้น เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำเนินชีวิตและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาในระบบเมtabolism ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และการปลดปล่อยเอนไซม์ออกมายานอกเซลล์จุลินทรีย์ย่อยสลายสารไม่เลกุใหญ่ ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนพื้นผิวของวัสดุหมัก เนื่องจากเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหารและก้าชออกซิเจนจากวัสดุหมักและอากาศไปยัง

จุลินทรีย์และยังเป็นตัวกลางในการส่งเอนไซม์เข้าอย่างสลายวัสดุหมักด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นตัวกำหนดปริมาณก้าวในวัสดุหมักด้วย

โดยปกติภายในกองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำระเหยออกจากกองปุ๋ยหมักตลอดเวลา ถึงแม้ว่าอินทรีย์ตั้งแต่มีคุณสมบัติอุ่นน้ำได้ดีก็ตาม ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำลงในกองปุ๋ยหมักในช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งความชื้นที่พอดีของกองปุ๋ยหมักควรอยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่ถ้าความชื้นมากเกินกว่าร้อยละ 80 จะทำให้กองปุ๋ยหมักและเกินไป การระบายน้ำอากาศไม่ดีจนทำให้เกิดสภาพไร้อากาศ กระบวนการย่อยสลายเกิดได้ช้า เช่นกัน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำงานที่ย่อยสลายส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการอากาศหรือต้องการออกซิเจนในการสร้างพลังงาน นอกจากความชื้นมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมของจุลินทรีย์ยังมีผลทางอ้อมต่อการระบายน้ำอากาศด้วยกล่าวคือถ้าความชื้นมากเกินไปการแพร่กระจายของออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักเกิดได้ยากจนทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจน และมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวแล้ว ยังทำให้เกิดการหมักแบบสภาพไม่มีอากาศ เกิดกลิ่นเหม็นในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยจำพวก มีเทน พอสฟิน และไฮโดรซัลไฟด์ โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ และมีผลทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจากวัสดุเศษพืชในระหว่างการทำปุ๋ยหมักด้วย เช่น ในโตรเจนจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย เป็นต้น (รัตน์ ศรีราเวศ, 2547) การตรวจสอบความชื้นของกองปุ๋ย สามารถทำได้โดยการบีบเศวสุดจากกองปุ๋ยหมัก ถ้าเศวสุดเป็นก้อนมีน้ำไหลออกมากเล็กน้อยแสดงว่าความชื้นเหมาะสม แต่ถ้าเศวสุดแห้งแตกเป็นชิ้นควรด้าน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2543)

4) การระบายน้ำอากาศ

การระบายน้ำอากาศในกองปุ๋ยหมัก เป็นสิ่งที่จำเป็นอีกประการหนึ่งในการดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอนในการกระบวนการหายใจภายในเซลล์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการระบายน้ำอากาศเพื่อปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอต่อการเจริญและต่อการย่อยสลายเศวสุดต่างๆ ซึ่งในระบบหายใจของจุลินทรีย์นั้น ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอนที่เกิดขึ้นจนได้ก้าวcarbbon dioxide ดังนั้นในสภาพที่ออกซิเจนเพียงพอ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองพืชจะมีประสิทธิภาพดี ได้พลังงานจำนวนมากที่เซลล์จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในระบบเมตาโบลิก เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ในการเจริญและดำเนินชีพของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์พวกที่ใช้อากาศต้องการออกซิเจนประมาณร้อยละ 5-10 และจุลินทรีย์พวก Mesophilic ต้องการออกซิเจนเพื่อการเจริญเติบโตประมาณร้อยละ 5 การให้ออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักมีหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาของกระบวนการทำงานทำปุ๋ยหมัก อุณหภูมิ จำนวนครั้งที่ให้อากาศ ส่วนประกอบของปุ๋ยหมักขนาดของวัสดุและความชื้น (นิสากร วิเวกินย์, 2546)

การระบายอากาศหรือการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองปุ๋ย อาจทำได้โดยการพลิกกลับกองปุ๋ย นอกจากมีผลดีในเรื่องการระบายอากาศแล้วยังช่วยคลุกเคล้าเศษวัสดุต่างๆ ให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ การกลับกองปุ๋ยหมักในช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและเป็นวิธีการที่ไม่ต้องลงทุนแต่ต้องใช้แรงงานเพิ่ม และพบว่าการกลับกองปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่อง ช่วยเสริมกระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมักและทำให้เป็นปุ๋ยเร็วขึ้น นอกจากนั้นการทำซ่อมระบบอากาศก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองปุ๋ย (เอมอร ประจวบมณฑล, 2541)

5) ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่า pH คือค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิオน (H^+) ซึ่งแสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสาร ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการในการก่อให้เกิดกิจกรรมเน่าสลายในกองปุ๋ยหมักมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดเจริญเติบโตหรือมีกิจกรรมได้ดีในสภาพเป็นกรดเป็นด่างต่างๆ กัน โดยทั่วไปจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นกรดหรือเป็นเบสเล็กน้อย ถ้าในระหว่างหมัก pH ลดลงแสดงว่ามีปฏิกิริยา Anaerobic เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อใดที่กองปุ๋ยหมักเกิดปฏิกิริยา Anaerobic แล้ว การทำให้ปฏิกิริยาลับเป็นแบบ Aaerobic เป็นไปได้ยาก เช่น แบคทีเรียเจริญได้ตั้งแต่ pH 6.0-8.0 ส่วนแอนติโนมัยซีสและเชื้อราเจริญได้ดีเมื่อมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด pH 4.0-6.0 ซึ่งพิเศษของกองปุ๋ยควรอยู่ตั้งแต่ช่วงที่เป็นกรดค่อนข้าง 5.5-8.0 หากสูงหรือต่ำกว่านี้การย่อยสลายจะช้าลง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักจะมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อยไปจนถึงต่างๆ กัน ไม่จำเป็นต้องปรับระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษพืชก็สามารถเกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ได้เศษพืชหรือวัสดุที่ผ่านกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจจะมีความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างจัด ควรปรับปฏิกิริยาให้อยู่ในระดับเป็นกลางเสียก่อน (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533)

6) อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนของวัสดุ

เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความยากหรือง่ายต่อการย่อยสลาย และการใช้เป็นตัวกำหนดระดับการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ถ้าวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจนสูงมากๆ อัตราการย่อยสลายจะเกิดข้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนกับในโตรเจน ในสภาพเช่นนี้จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนในรูปแบบต่างๆ เป็นแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอนในการเจริญ ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็ต้องใช้สารประกอบในโตรเจนด้วย แต่สารประกอบในโตรเจนมีปริมาณน้อยจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดข้า ความสมดุลของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนของเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 10 ต่อ 1 ถ้าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียในโตรเจน เนื่องจากกระบวนการระเหย (ammonia volatilization) การใช้วัสดุมีค่า

อัตราส่วนครับอนต่อในโตรเจนประมาณ 25 ต่อ 1 ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลทรรศ์ ค่าอัตราส่วนครับอนต่อในโตรเจนที่ใช้เป็นตัวกำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ 20 ต่อ 1 ซึ่งปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินจะไม่เกิดผลเสียต่อ din และพืช (เอมอร ประจวบมณฑล, 2541) หากกองปุ๋ยหมักมีในโตรเจนน้อยเกินไปความร้อนจะเกิดขึ้นการสลายตัวจะช้าตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุในโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมชัลเฟต หรือปุ๋ยญี่เรี่ย เป็นต้น (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533)

2.10 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

1) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากที่สุดเพื่อจะนำไปสร้างแป้ง ไขมันและน้ำตาลในต้นพืช พืชไม่เคยขาดธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดนี้ เพราะพืชสามารถได้จากน้ำและอากาศ ซึ่งมีธาตุทั้ง 3 นี้เป็นองค์ประกอบของธาตุอาหารหลักอีกพากหนึ่งได้แก่ ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งหน้าที่ของธาตุหลักมีดังนี้

- ในโตรเจน มีหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของโปรตีน คลอโรฟิลล์ และสารอีนอิก โปรตีนสำหรับการแบ่งเซลล์ขยายตัวออกไปขยายใบกิ่งก้านสาขา คลอโรฟิลล์ เป็นสารสีเขียวในใบที่รวมแสงสว่างมาใช้ในการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาล ดังนั้นในโตรเจนซึ่งมีส่วนสร้างน้ำหนักแห้งหรือการเจริญเติบโตของกิ่งก้านสาขาแก่พืช ทำให้พืชไม่ยอมแก่ติดดอกผล ถ้าขาดในโตรเจนพืชจะแสดงอาการผิดปกติตั้งแต่การทรงตันจะผอมเกร็ง ไม่อวบอ้วนใบ โดยเฉพาะใบล่างจะเหลืองชีดถ้าขาดมากๆ หงับใบบนและใบล่างจะเหลืองชีดเพราะขาดคลอโรฟิลล์ ถ้าพืชได้รับในโตรเจนมากเกินไปก้านจะอวบอ้วน ใบสีเขียวจัดใบใหญ่ไม่ยอมแก่ ต้นอาจจะล้มได้ง่าย เพราะน้ำหนักมากและปล้องประจำ

- ฟอสฟอรัส มีหน้าที่สำคัญในส่วนที่มีชีวิตของพืชคือเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่สำคัญในพันธุกรรมของพืช และจุดชีวิตของเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญของสารให้พลังงานต่างๆ ในพืชและน้ำย่อย (Enzyme) หลายชนิด สารเหล่านี้แม้ต้องมีอยู่ในปริมาณที่ไม่มากนัก มีความจำดูดของพืชหรือส่วนที่มีชีวิตที่กำลังเจริญเติบโตทันที โดยเฉพาะการสร้างเมล็ด การติดดอกออกผล ต้องการฟอสฟอรัสมากกว่าปกติ พลังงานในพืชเกิดจากสารเคมีที่พืชสังเคราะห์ขึ้น และสารเหล่านี้ต้องมีฟอสฟอรัสอยู่เสมอ พลังงานจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการเพื่อ darm ชีพของพืช เช่น สังเคราะห์สารต่างๆ การขนส่ง การสะสม การขยายเซลล์ การสืบพันธุ์ดังนั้นพืชจะขาดฟอสฟอรัสไม่ได้ไม่ว่าเวลาใดก็ตาม ถ้าพืชมีชีวิตอยู่ ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสมากไปเพียงพอ ต้นพืชจะแคระแกนใบเล็ก บางทีอาจมีสีผิดปกติ บางชนิดมีสีม่วง บางชนิดมีสีเขียว สีของใบไม่ค่อยแน่นอนต่างกันไปตามชนิดของพืช ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปไม่เกิดปัญหาใดๆ ต่อการเจริญเติบโต

- โพแทสเซียม ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารได้เลยในพีช แต่ทำหน้าที่เป็นประจุบวกที่กระตุนการทำงานของน้ำย่อยหลายชนิด โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง น้ำตาล และโปรตีน การขยยัยแป้งและน้ำตาล และทำหน้าที่เดียวกับประจุบวกธาตุอื่นๆ ในกรณีน้ำให้มاءสู่พีชมากยิ่งขึ้นและลดความเป็นกรดของกรดอินทรีที่พีชผลิตขึ้นมาถ้าพีชขาดโพแทสเซียม ต้นพีชจะแคระแก่น แต่หากออกหรือกิ่งก้านสาขามากต้นล้มง่าย ใบแก่แม้ก็เสื่น้ำตาลใหม่หรือใหม่ตามขอบใบ ใบมักจะม้วนจากปลายใบหรือขอบใบก่อนโดยเฉพาะใบล่าง ต้นอ้อยมีสีคล้ำลงไม่ค่อยแน่นไม่ค่อยมีน้ำตาลสะสมในอ้อย พีชหัวในหัวไม่มีแป้ง แต่ถ้าพีชได้รับโพแทสเซียมมากเกินพอด้วยเกิดอันตรายต่อผลผลิตหรือคุณภาพของพีช แต่เสียโพแทสเซียมโดยเปล่าประโยชน์ เพราะตัดออกไปกับส่วนของพีชที่นำออกไป

2) ราตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นราตุอาหารที่ต้องการในปริมาณที่ค่อนข้างมาก แต่พีชไม่ค่อยแสดงอาการออกให้เห็นเนื่องจากดินมีปริมาณมากพอและดินมักได้สารอาหารเหล่านี้จากปูนที่撒ลงไว้สำหรับปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่เสมอ

3) ราตุอาหารเสริมหรือจุลราตุ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี ไบرون แมกนีสิคโตอิน และโมลิบดีนัม เป็นราตุอาหารเสริมสำหรับพีช ซึ่งพีชต้องการในปริมาณที่น้อย แต่พีชไม่ค่อยแสดงอาการขาด เพราะพีชดูดกลืนไปใช้ในปริมาณน้อย ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากขาดราตุอาหารเหล่านี้แต่ดินที่ปลูกไปนานๆ ก็อาจขาดราตุนี้ได้ เช่นกัน

2.11 การพิจารณาปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้ว

หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้ว ให้สังเกตดังนี้

1) สีของปุ๋ยหมัก มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มหรือดำหากปุ๋ยหมักเป็นสีออกเทาหรือเหลืองจะเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะไม่ดีมีราตราหารน้อย

2) ลักษณะโครงสร้างมีโครงสร้างหยาบปานกลางไม่อัดแน่น แต่จะมีลักษณะยุ่ยลงเอี้ยดแยกขาดออกจากกันได้ง่าย

3) กลิ่น ไม่มีกลิ่นเหม็นแต่มีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ แต่ถ้าหากปุ๋ยมีกลิ่นฉุนหรือมีกลิ่นของเศษวัสดุหมักอยู่แสดงว่าการหมักปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์

4) ความร้อนในกองปุ๋ยจะลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยายกาศ

5) การเจริญของพืชบนกองปุ๋ยเมล็ดพืชงอกและเจริญเติบโตบนกองปุ๋ยได้แสดงถึงปุ๋ยหมักสามารถย่อยสลายได้แล้วและสามารถนำไปใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

6) การวิเคราะห์เคมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักควรเท่ากับหรือน้อยกว่า 20 ต่อ 1 ความชื้นไม่เกิน 35% ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 30-60% โดยน้ำหนักแห้ง

2.12 มาตรฐานปุ๋ยหมัก

ธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจะแปรผันไปตามกระบวนการหมักและความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ในการหมักแต่ละครั้ง จึงมีการกำหนดมาตรฐานของปุ๋ยหมัก ดังนี้ (กรมพัฒนาฯดิน, 2551)

- 1) ปริมาณอินทรีย์ต่ำ อยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
- 2) อัตราส่วนสารประกอบการบอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต้องไม่น่ากว่า 20:1
- 3) ระดับการนำไฟฟ้า ต้องไม่เกิน 3.5 เดซิชีเมน/เมตร
- 4) ความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 5.5-8.5
- 5) ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ในไนโตรเจน (N) พอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ต้องไม่น้อยกว่า 1.0 – 0.5 – 0.5 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักตามลำดับ
- 6) ความชื้นและลิ่งที่ระเหยได้ ของต้องไม่เกิน 35% เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก
- 7) ต้องมีขนาดผ่านตะแกรงร่อนช่องสี่เหลี่ยมขนาด 12.5×12.5 มิลลิเมตรได้หมด
- 8) เศษวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ได้แก่ หิน ติน หราย เศษพลาสติก ฯลฯ ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
- 9) ต้องไม่ว่าวัสดุอันตราย เช่น เศษแก้วสุดแหลมคมและโลหะอื่นๆ ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้เจือปน
- 10) ต้องปลอดภัยจากการต่ำโลหะหนักและสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

12.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำขยะอินทรีย์และใบไม้แห้งมาทำเป็นปุ๋ยหมักตามกระบวนการหมักแบบ Aerobic composting โดยวิธีการหมักแบบต่อเชือ ซึ่งขยะอินทรีย์ที่นำมาหมักเป็นพอกเศษกล้วยและเศษอาหารในบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งการหมักออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ผสมใบไม้แห้งไม้สักและปุ๋ยหมักที่ใช้เป็นต้นเชื้อ ชุดที่ 2 ขยายผสมใบไม้แห้งและปุ๋ยหมัก โดยทำการวิเคราะห์ผลการหมักที่ระยะเวลาหมัก 120 วันและ 150 วัน ทั้ง 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะทำการผลิกกลับกลับทุกๆ 7 วัน 15 วัน และได้ผลิกกลับในระหว่างการหมักจะทำการวัดอุณหภูมิ ออกซิเจน pH และความชื้น จากการศึกษาว่าอุณหภูมิ ในถังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ อยู่ในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6-8 เหมาะสมต่อการดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์ ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60% ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์เปอร์เซ็นของธาตุอาหารหลัก (NPK) ของปุ๋ยหมักอูงในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (วุทธินันท์ ศิริพงศ์, 2540)

ส่วนการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยการใช้เชื้อปุ๋ยหมักเป็นตัวเร่ง มีส่วนผสมระหว่างการปาล์มกับวัสดุเศษเลือกอื่นๆ โดยการควบคุมความชื้นระหว่าง 60-80 % ทำการวัด pH อุณหภูมิ และความชื้นทุกๆ 3 วันและเก็บตัวอย่างทุกๆ 10 วัน เพื่อวัดค่าในตรีเจน คาร์บอน C:N ratio พบว่าหลังการหมัก 50 วัน ปุ๋ยทุกกองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยค่า C:N ration ต่ำกว่า 20 (ค่ามาตรฐาน) ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C:N ration ต่ำสุดถึงสูงสุด คือ การปาล์มอย่างเดียว การปาล์มผสมน้ำเงี้ยวทุน่า การปาล์มผสมปุ๋ยยูเรีย การปาล์มกับหญ้าขัน การปาล์มกับอ้อย และการปาล์มกับผักตบชวาโดยได้ค่า C:N ration 10.5 10.6 11.6 12.4 12.5 และ 13.59 ตามลำดับ ปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้นอยู่ระหว่าง 50-70% โดยใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น (50วัน) และค่า C:Nration ต่ำกว่าในระดับมาตรฐานและปุ๋ยที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ ปุ๋ยหมักที่ประกอบด้วยการปาล์มผสมหญ้าขัน (บรรจิต จันบุญ และมนตรี อินธรณี, 2542)

และศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเศษวัสดุมาทำเป็นปุ๋ยหมักของกระบวนการหมักตามกระบวนการหมักแบบ Aerobic compost การหมักแบ่งออกเป็นสองชุด คือ ชุดที่ 1 ในยางพารา+ปุ๋ยคอก+จุลินทรีย์พด.-1+ปุ๋ยยูเรีย ชุดที่ 2 ผักตบชวา+ปุ๋ยคอก+จุลินทรีย์พด.-1+ปุ๋ยยูเรีย โดยทำการวิเคราะห์ผลการหมักเมื่อสิ้นสุดการหมัก หมัก 40 วัน ซึ่งแต่ละชุดจะทำการพลิกกลับทุกๆ 2 วัน ในสับดา๊ท์แรกจะทำการพลิกกลับทุกๆ 5 วัน ในสับดา๊ทต่อมาในระหว่างการหมักจะทำการวัด อุณหภูมิ ความชื้น pH และ c:n ration จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในการหมักอูงในที่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ อยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60 % ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-8 เหมาะสมต่อการดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์ เปอร์เซ็นต์ของธาตุอาหารหลัก (NPK) ของปุ๋ยหมักอูงในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีค่าดังนี้ ชุดที่ 1 มีค่า 1.87 - 3.25 - 0.35 และชุดที่ 2 มีค่า 2.13 - 4.47- 0.84 (นุรีชา แหะแวง และคณะ, 2545)

การศึกษาระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เศษผัก ผักตบชวาและฟางข้าว พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 90 วัน พบว่าเศษผัก ผักตบชวา และฟางข้าวมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 44.43 42.85 และ 40.02 ตามลำดับ อุณหภูมิในทุกชุดการทดลองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ความเป็นกรด-ด่างในกองปุ๋ยหมักในช่วง 20 วัน แรกของการหมักมีค่าลดลงอยู่ที่ 4.3-5.3 โดยในวันที่ 90 ของการหมักความเป็นกรด-ด่างมีค่า ค่อนข้างคงที่ โดยฟางข้าว ผักตบชวา และเศษผักมีค่าอยู่ในช่วง 7.25-7.56 7.11-7.20 และ 6.75-7.07 ส่วนปริมาณสารบอนมีไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ ลดลงตลอดระยะเวลาของการหมัก โดยในวันที่ 90 ของการหมักปริมาณสารบอนมีไนโตรเจนมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้น

โดยผักตบชามีปริมาณในโตรเจนมากที่สุดคืออยู่ในช่วงร้อยละ 2.07-3.28 ส่วนเศษผักและพังข้าวมีปริมาณในโตรเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.64-2.35 และ 0.11-1.77 ตามลำดับ อัตราส่วน C:N ในเวลาของการหมักมีแนวโน้มลดลง โดยในวันที่ 90 ของการหมัก อัตราส่วน C:N ของผักตบชามีค่าต่ำที่สุดคือ 11.53 ส่วนพังข้าวและเศษผักมีอัตราส่วน C:N เท่ากับ 17.57 และ 13.94 ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยเศษผักมีปริมาณฟอสฟอร์スマากที่สุดคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.08 ส่วนพังข้าวและผักตบชามีปริมาณฟอสฟอร์สอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-0.03 และ 0.01-0.02 ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยพังข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดคืออยู่ในช่วง 0.22-0.53 ส่วนผักตบชามและเศษผักมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18-0.48 และ 0.17-0.28 ตามลำดับ (ธันวดี ศรีราवิรัตน์, 2547)

ส่วนการศึกษาผลของอัตราส่วนของเส้นใยปาร์ล์กับการตะกอนดีแคนเตอร์ (1:1, 3:1 และ 5:1) ในการทำปุ๋ยหมักโดยใช้หัวเชื้อพด.1 ปรับความชื้นให้ได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์และพีเอชปรับเป็น 7-8 โดยใช้ขี้ถ้าปาร์ล์ พบร่วมอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยปาร์ล์และการตะกอนดีแคนเตอร์เท่ากับ 1:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมและใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยที่สุด (40-45 วัน) อัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจนลดลงจาก 37.88 เหลือ 17.53:1 อุณหภูมิสูงสุดระหว่างการหมัก 67.5 องศาเซลเซียส ปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้นร้อยละ 48.87 ค่าพีเอช 7.61 และค่า N-P₂O₅-K₂O เท่ากับร้อยละ 2.26-0.86-1.85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการหมัก 60 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักเท่ากับ 26.50 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก (ภาณุพงษ์ บางรักษ์, 2548)

ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกข้าวโพด แกลบ หญ้าแห้ง เพื่อเป็นการนำเศษพืชและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน ใช้วิธีการหมักแบบ Aerobic composting แบบใช้เชื้อจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุด ถังที่ 1 ผักตบชวา (สูตรควบคุม) ถังที่ 2 ผักตบชวาร่วมกับเปลือกข้าวโพด ถังที่ 3 ผักตบชวาร่วมกับแกลบ ถังที่ 4 ผักตบชวาร่วมกับหญ้าแห้ง โดยทำการวิเคราะห์ผลเมื่อสิ้นสุดการหมัก 35 วัน ในระหว่างการหมักจะทำการตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น pH และ C:N ratio จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในถังหมักอยู่ในช่วง 25-35 องศา ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60 % ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 5.5-9.0 อยู่ในช่วงที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ C:N ratio ควรมีค่าเท่าหรือต่ำกว่า 20:1 ซึ่งค่าที่ได้ออยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แร่ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ เปอร์เซ็นต์ N-P-K ของปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สูตรที่ (1) 1.40-1.10-0.43 สูตรที่ (2) 1.47 - 1.29-0.63 สูตรที่ (3) 1.89 - 1.08 - 0.10 และสูตรที่ (4) 1.82-1.32-0.78 (นรีชัน ยีและ มะสีโนนี อาบู, 2550)

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

3.1.1 การเตรียมวัสดุ

1) ผักตบชวา

ผักตบชวาที่ใช้เก็บจากบริเวณสระน้ำในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา โดยทำการเก็บผักตบชวาแล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 7 วัน เพื่อลดความชื้น จากนั้นนำผักตบชวาแห้งที่ได้รวบรวมไว้ไปบดด้วยเครื่องสับบดละเอียด ได้ผักตบชวาที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผักตบชวาสับบดละเอียด

2) หญ้าขัน

หญ้าขันที่ใช้เก็บจากริมขอบสระในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาโดยการตัดแล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 7 วันเพื่อลดความชื้น จากนั้นนำหญ้าขันแห้งที่ได้รวบรวมไว้ไปบดด้วยเครื่องสับบดละเอียด ได้หญ้าขันที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หญ้าขันสับบดละเอียด

3) ถังหมัก

ถังหมักที่ใช้มีลักษณะเป็นถังพลาสติกที่มีฝาปิดโดยคำนึงข้อจำกัดดังต่อไปนี้

- ป้องกันกลิ่นได้ดี

- ป้องกันแมลงรบกวนได้ดี

- สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและผลิกกลับกองปุ๋ย

ดังนั้นจึงเลือกให้ถังพลาสติกที่มีฝาปิดขนาด 20 ลิตรโดยนำถังมาเจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร รอบถัง เพื่อเป็นช่องให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับปุ๋ยหมักได้ และใช้ตากแดดในตอนปิดทับรูระบายน้ำอากาศที่จะไวด้วยรอบ เพื่อป้องกันแมลงรบกวน (นูรีชัน และมะสีอีนี อาบู) แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ถังพลาสติกที่ใช้หมัก

4) มูลไก่

ใช้มูลไก่ที่ไม่มีส่วนผสมของแกลบ เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายให้แก่กองปุ๋ยหมัก

5) ปุ๋ยเรีย

การใส่ปุ๋ยเรียจะช่วยให้เศษพืชย่อยสลายตัวได้เร็วขึ้นสำหรับวัสดุที่ย่อยสลายตัวได้ยาก

6) สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์

สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ประเภทสารเร่ง พด.-1 ซึ่งผลิตโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสารเร่งนี้จะสามารถช่วยลดระยะเวลาหมักจากประมาณ 3-4 เดือน ลดลงเหลือเพียงประมาณ 1-2 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ย

3.1.2 วิธีการทำปุ๋ยหมัก

วิธีการทดลองครั้งนี้จะแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 สูตร แต่ละสูตร ประกอบด้วย 3 ถังซึ่งประกอบด้วย

สูตรที่ (1) ผักตบชวา 5 กิโลกรัม มูลไก่ 1 กิโลกรัม ปุ๋ยญี่รี่ 0.01 กิโลกรัม และสารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1 0.0005 กิโลกรัม

สูตรที่ (2) หญ้าขัน 5 กิโลกรัม มูลไก่ 1 กิโลกรัม ปุ๋ยญี่รี่ 0.01 กิโลกรัม และสารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1 0.0005 กิโลกรัม

สูตรที่ (3) ผักตบชวา 2.5 กิโลกรัม หญ้าขัน 2.5 กิโลกรัม มูลไก่ 1 กิโลกรัม ปุ๋ยญี่รี่ 0.01 กิโลกรัม และสารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1 0.0005 กิโลกรัม

การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขันในครั้งนี้ได้ได้ดัดแปลง สูตรปุ๋ยหมักมาจากสูตรของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งใช้วัสดุดังนี้

- เศษชาภพช 1000 กิโลกรัม
- มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม
- ปุ๋ยญี่รี่ 2 กิโลกรัม
- สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พ.ด.-1 100 กรัม

3.1.3 ขั้นตอนการหมัก

- 1) ทำการเก็บรวบรวมผักตบชวาและหญ้าขันที่มีอยู่ในมหาวิทยาลัย และนำไปตากแดด ให้แห้งเป็นเวลา 7 วัน เพื่อลดความชื้น
- 2) นำผักตบชวาและหญ้าขันที่ได้ตากไว้ไปบดตัวยเครื่องสับบดละเอียด
- 3) นำผักตบชวาและหญ้าขันที่ผ่านการสับบดละเอียด ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ข้างต้น นำมาผสมกับมูลไก่ ปุ๋ยญี่รี่และสารเร่งจุลินทรีย์ พด.-1 ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วใส่ในถังหมักที่ได้เตรียมไว้
- 4) นำปุ๋ยหมักไปไว้เคราะห์หาค่าต่างๆ

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) Beaker
- 2) Burette
- 3) Erlenmayer Flask
- 4) Evaporating disher
- 5) Whatmon No.5
- 6) Dropper
- 7) Funnel
- 8) Graduated cylinder
- 9) Grass rod
- 10) Kjeldahl
- 11) Test tube
- 12) Volumetric Flask
- 13) Micro Kjedahl
- 14) Spectrophotometer
- 15) Oven
- 16) Desiccators
- 17) ถังหมักปุ๋ย
- 18) จอบ
- 19) บัวรดน้ำ
- 20) เครื่องซึ่ง

3.2.2 สารเคมี

- 1) Ammoniumfluorid: NH_4F
- 2) Ammoniummolybdate(NH_4)₆ $\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- 3) Ammonium potassium tartrate $\text{C}_8\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- 4) Ascorbic acid: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
- 5) Boric asit: H_3HO_3
- 6) Ethanol: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- 7) Ferrous ammonium sulfatehaxhydrate : $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- 8) Hydrochloric asit:HCL
- 9) Mercurit oxide red: HgO
- 10) Methlenebiue: $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClS} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 11) Methyl red indicator: $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{ClS} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 12) Potassium dichromate : $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- 13) Potassium dihydrogenphosphate: KH_2PO_4
- 14) Potssuimsulfate: K_2SO_4
- 15) Sodium hydroxide: NaOH
- 16) Sulfuticacid: H_2SO_4
- 17) เชื้อ พด.-1
- 18) ปุ๋ยเรียบ

3.3 การเก็บตัวอย่าง

วิธีการเก็บรวบรวมตัวอย่างในการทดลอง โดยทำการตรวจดูอุณหภูมิในช่วงเวลาเดียวกันคือ 09.00 น. – 09.30 น. และทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยครั้งละประมาณ 50 กรัมต่อถัง ตลอดระยะเวลาของการหมัก และนำไปวิเคราะห์ผลตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้

3.4 วิธีการวิเคราะห์

วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยหมักในระหว่างการหมักและหลังหมัก

Parameter	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์**
ลักษณะทางด้านกายภาพ		
1. อุณหภูมิ	วันละ 1 ครั้ง	Thermometer
2. ความเป็นกรด-ด่าง	วันละ 1 ครั้ง	pH meter
3. ความชื้น	วันละ 1 ครั้ง	Oven-drying method
ลักษณะทางด้านเคมี		
4. คาร์บอน	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Walkley & Black method
5. ไนโตรเจน	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Total Kjeldahl method
6. ฟอสฟอรัส	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Bray No 5 method
7. โพแทสเซียม	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*ชั่งรายละเอียดและหลักการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก

** วิเคราะห์ตามมาตรฐาน (Standard Method, 2005)

3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ F-Test (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\text{sig} > 0.05$) ชั่งรายละเอียดและหลักการอยู่ในภาคผนวก จ

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขน
ทำการทดลองโดยหมักในถังพลาสติกซึ่งประกอบด้วย

สูตรที่ (1)

ผักตบชวา + มูลไก่ + ปุ๋ยญี่รี่ + สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1

สูตรที่ (2)

หญ้าขน + มูลไก่ + ปุ๋ยญี่รี่ + สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1

สูตรที่ (3)

ผักตบชวา+หญ้าขน + มูลไก่ + ปุ๋ยญี่รี่ + สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ พด.-1

หลังจากนั้นทำการหมักปุ๋ยเป็นเวลา 40 แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ 2 ลักษณะ
ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ประกอบด้วย อุณหภูมิความชื้นความเป็นกรด-ด่าง และการ
เปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งประกอบด้วย อินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนและปริมาณ
ธาตุอาหารหลัก(N-P-K)

4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

4.1.1 อุณหภูมิ

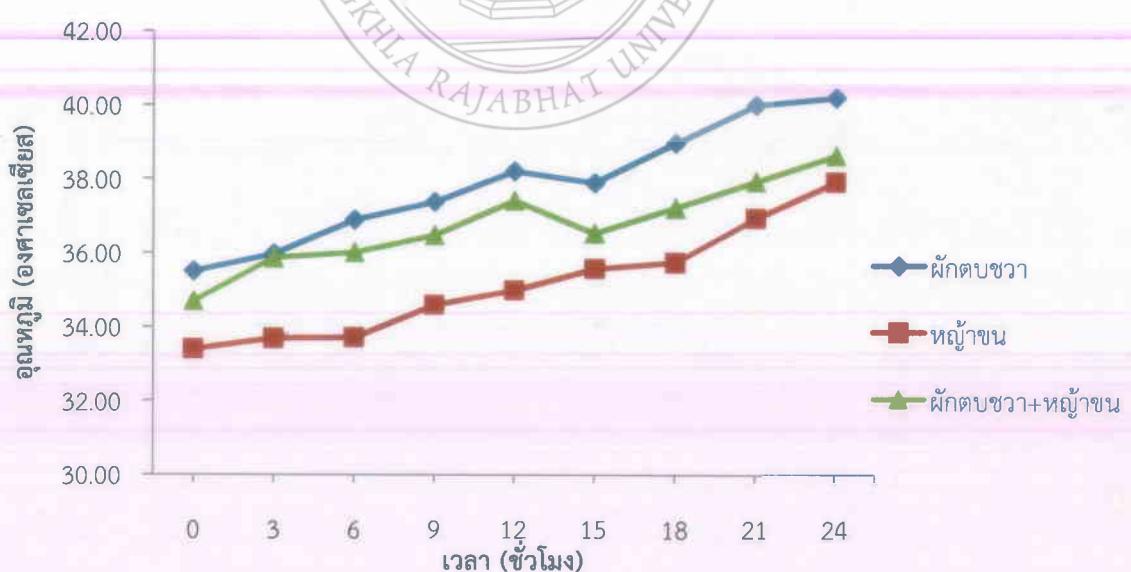
อุณหภูมิ ถือได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของการบวนการหมักปุ๋ยหมัก
เนื่องจากในการหมักจุลินทรีย์มีการย่อยสลายอินทรีย์ตๆโดยใช้ออกซิเจน อุณหภูมิเป็นส่วนที่ชี้ให้เห็น
ว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงในกองปุ๋ยหมักช้าหรือเร็ว ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและชนิดของ
จุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในการวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิต่อกระบวนการหมัก โดยทำ
การเก็บข้อมูลทุกๆ วัน จนถึงสุดกระบวนการหมักแสดงดังตารางที่ 4.2และรูปที่ 4.2 ส่วนวันแรกของ
การหมักได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งค่าเฉลี่ยที่บันทึกได้แสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ผลจากการวัดอุณหภูมิทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบร่วมกันเริ่มต้นการหมัก
อุณหภูมิของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากหญ้าขน และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขน มี
อุณหภูมิอยู่ที่ 35.50 33.40 และ 35.70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมนี้จะทำให้เกิดจุลินทรีย์
กลุ่มเมโซฟลิกซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มที่มีอัตราเมตาบอลิซึมสูงในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่าง
รวดเร็วหลังจากนั้นอุณหภูมิในถังหมักมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากกระบวนการย่อยสลายพบว่าปุ๋ย
หมักจากผักตบชวามีอัตราการย่อยสลายเร็วที่สุด รองลงมาเป็นปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขน
และปุ๋ยหมักจากหญ้าขน

จากการวิเคราะห์อุณหภูมิทางสถิติ สรุปได้ว่าภายในถังหมักของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน และปุ๋ยหมักจากผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 37.88 ± 1.66 35.14 ± 1.52 และ 36.74 ± 1.18 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในถังหมักทั้ง 3 ชุดพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P\text{-value} \leq 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักของวันแรก

อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$)			
(เวลา) ชั่วโมง	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
0	35.50	33.40	34.70
3	35.97	33.63	35.83
6	36.83	33.70	36.00
9	37.37	34.60	36.47
12	38.20	34.87	37.40
15	37.87	35.57	36.53
18	38.97	35.73	37.23
21	40.00	36.93	37.87
24	40.23	37.80	38.63



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักของวันแรก

ต่อมาได้มีการตรวจวัดอุณหภูมิทุกวันตลอดจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก ดังได้แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 พบร่วมกันนี้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ บุ่ยหมักจากผักตบชาว่า บุ่ยหมักจากหญ้าขัน และบุ่ยหมักจากผักตบชาาร่วมกับหญ้าขัน มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35.50 ± 33.40 และ 33.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิขึ้นสูงสุดในช่วง 2-3 วักระยะ พบร่วมกับบุ่ยหมักจากผักตบชาามีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 48.07 องศาเซลเซียส รองลงมาเป็นบุ่ยหมักจากผักตบชาาร่วมกับหญ้าขัน และบุ่ยหมักจากหญ้าขัน คือ 46.53 และ 43.47 องศาเซลเซียส ตามลำดับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิในช่วงแรกของกระบวนการหมักทั้ง 3 ชุด เป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ไม่ถูกจำกัด เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นของการหมักมีปริมาณสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ประกอบกับปริมาณความชื้นที่เหมาะสมคือร้อยละ $55-60$ จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายได้ดี ส่งผลให้ความร้อนจากกระบวนการเมตabolism และอุณหภูมิของกองบุ่ยหมักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (นราตรี ไวยเจริญ, 2544) หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ เริ่มลดลงซึ่งทำให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่เกิดในช่วงเริ่มต้นการหมักบุ่ยเริ่มตายและลดจำนวนลง การย่อยสลายจึงเกิดขึ้นจนกระทั่งในช่วงสุดท้ายของการหมักจะค่อนข้างคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนเกือบทหมดแล้วอัตราการเกิดเมตabolism เกิดขึ้นน้อยมาก เป็นการแสดงถึงการเข้าสู่สภาพเสถียรของการหมักบุ่ยและได้บุ่ยหมักที่สมบูรณ์ (ธนวดี ศรีราเวรัตน์, 2547) จนเมื่อสิ้นสุดการหมักบุ่ยหมักจากผักตบชาว่า บุ่ยหมักจากหญ้าขัน และบุ่ยหมักจากผักตบชาาร่วมกับหญ้าขันมีอุณหภูมิอยู่ที่ 29.95 ± 0.22 30.00 ± 0.35 และ 30.07 ± 0.12 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิลดลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องซึ่งอยู่ที่ 30.00 องศาเซลเซียส

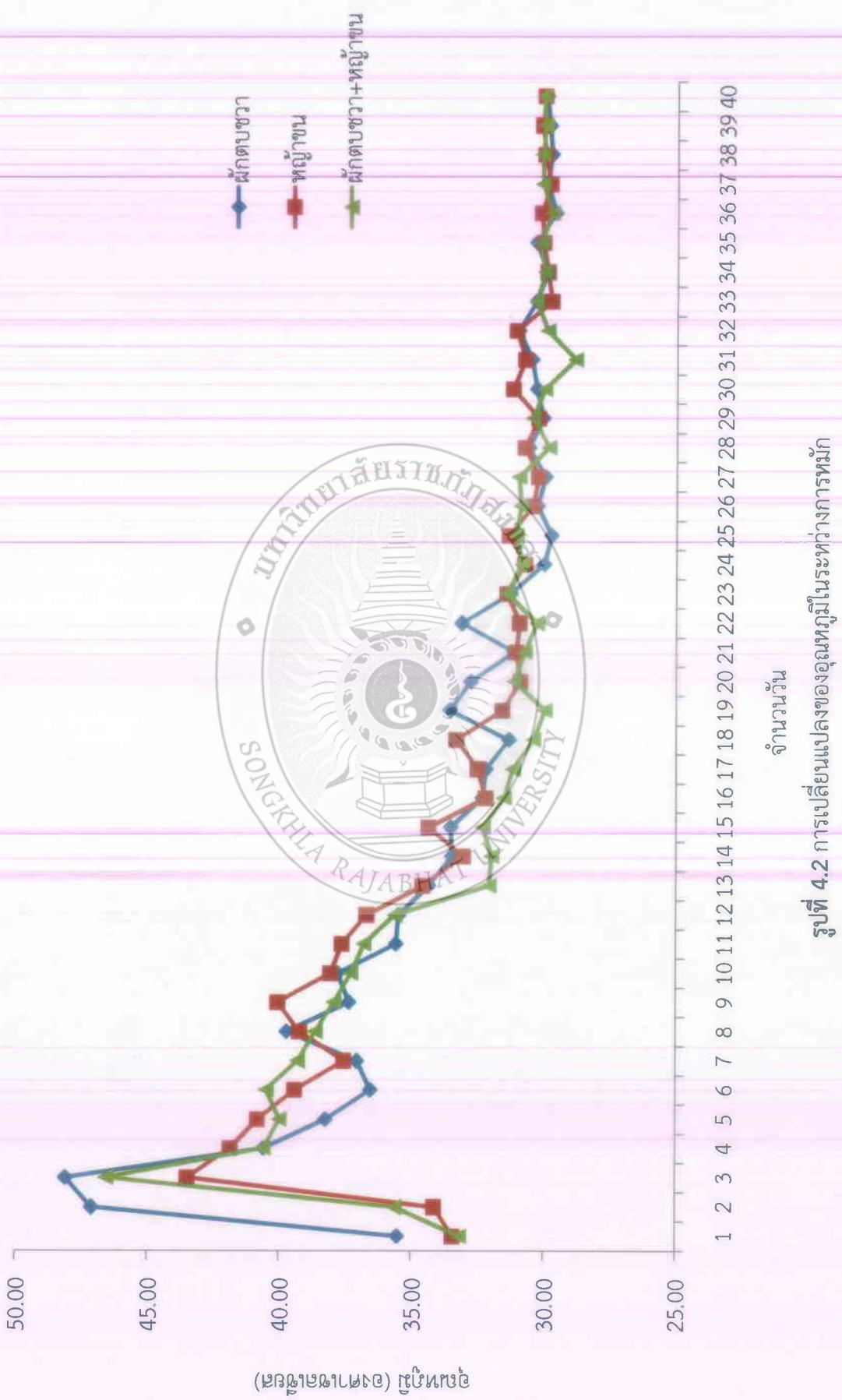
เมื่อทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในถังหมักของบุ่ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบร่วมกันนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ($\text{sig} > 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมัก

วันที่	อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)		
	ผักตบชวา	หล้าขัน	ผักตบชวา+หล้าขัน
1	35.50	33.40	33.17
2	47.10	34.10	35.60
3	48.07	43.47	46.53
4	40.57	41.83	40.57
5	38.23	40.80	39.97
6	36.53	39.38	40.47
7	37.03	37.53	39.27
8	39.70	39.20	38.60
9	37.33	40.03	37.90
10	37.77	38.03	37.27
11	35.57	37.60	36.77
12	35.47	36.67	35.60
13	34.34	34.57	32.07
14	33.47	33.04	31.97
15	33.50	34.33	32.30
16	32.33	32.20	31.50
17	32.20	32.50	31.17
18	31.33	33.30	30.40
19	33.53	31.57	29.97
20	32.77	30.90	31.13
21	31.13	31.07	30.73
22	33.10	30.93	30.27
23	31.27	31.40	31.40
24	30.00	30.73	30.83
25	29.73	31.33	31.07

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมัก (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$)		
	ผักตบชวา	หญ้าขน	ผักตบชวา+หญ้าขน
26	30.27	30.43	30.90
27	29.97	30.23	30.97
28	30.60	30.74	29.83
29	30.07	30.23	30.43
30	30.30	31.20	30.00
31	30.50	30.73	28.83
32	31.00	31.07	29.90
33	30.33	29.73	30.33
34	29.93	29.90	30.00
35	30.33	30.07	30.17
36	29.60	30.13	29.73
37	29.93	29.80	30.10
38	29.77	30.00	30.10
39	29.83	30.10	30.00
40	29.95	30.00	30.07



4.1.2 ความชื้น

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการหมักในการทำหนองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนพื้นผิวของวัสดุหมัก เนื่องจากเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหาร และก้าซอกระดับจากวัสดุหมักและอากาศไปยังจุลินทรีย์ และยังเป็นตัวกลางในการส่งออกไขม์เข้าย่อยสลายวัสดุหมักด้วย โดยปกติภายในกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำระเหยจากกองปุ๋ยตลอดเวลา ถึงแม้ว่าสารอินทรีย์ต่ำคุณสมบัติที่อยู่ในน้ำจะได้รีดีตาม ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำลงในกองปุ๋ยหมักในช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้ปริมาณความชื้นมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 50 – 60 โดยน้ำหนัก ซึ่งถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดช้าอย่างช้าๆ แต่ถ้าความชื้นมากเกินกว่าร้อยละ 80 จะทำให้กองปุ๋ยหมักและเกินไป (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533) การทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุหมักปุ๋ยหมักจากผักกาดขาว หญ้าขัน และผักกาดขาวร่วมกับหญ้าขัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 80.37 75.79 และ 80.16 ตามลำดับ จากการทดลองหมักปุ๋ยผ่านไป 1 สัปดาห์พบว่าความชื้นลดลงและตลอดกระบวนการหมักได้ควบคุมให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณร้อยละ 50-60 ส่งผลให้การย่อยสลายดำเนินไปได้ด้วยดี เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้น้ำในกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสีย ดังนั้นการควบคุมความชื้นในกระบวนการหมักที่ใช้ทดลองครั้งนี้สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและเมื่อสิ้นสุดการหมักความชื้นของปุ๋ยหมักจากผักกาดขาว หญ้าขัน และผักกาดขาวร่วมกับหญ้าขัน มีความชื้นลดลงร้อยละ 45.18 ± 4.07 34.88 ± 0.52 และ 40.13 ± 0.80 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักจากหญ้าขันมีค่าความชื้นลดลงมากกว่าการชุดลองอื่นๆ ซึ่งการลดลงของปริมาณความชื้นสอดคล้องกับผลของการดูดซึมในรูปที่ 4.2 เพราะเมื่อความร้อนภายในถังหมักสูงขึ้นทำให้น้ำภายในวัสดุหมักระเหยออกตลอดเวลา รวมถึงหญ้าขันไม่มีคุณสมบัติในการเก็บกักความชื้น จึงทำให้มีปริมาณความชื้นอยู่ในระดับต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ และตรงตามมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักซึ่งมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 กำหนดว่าปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 35 (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

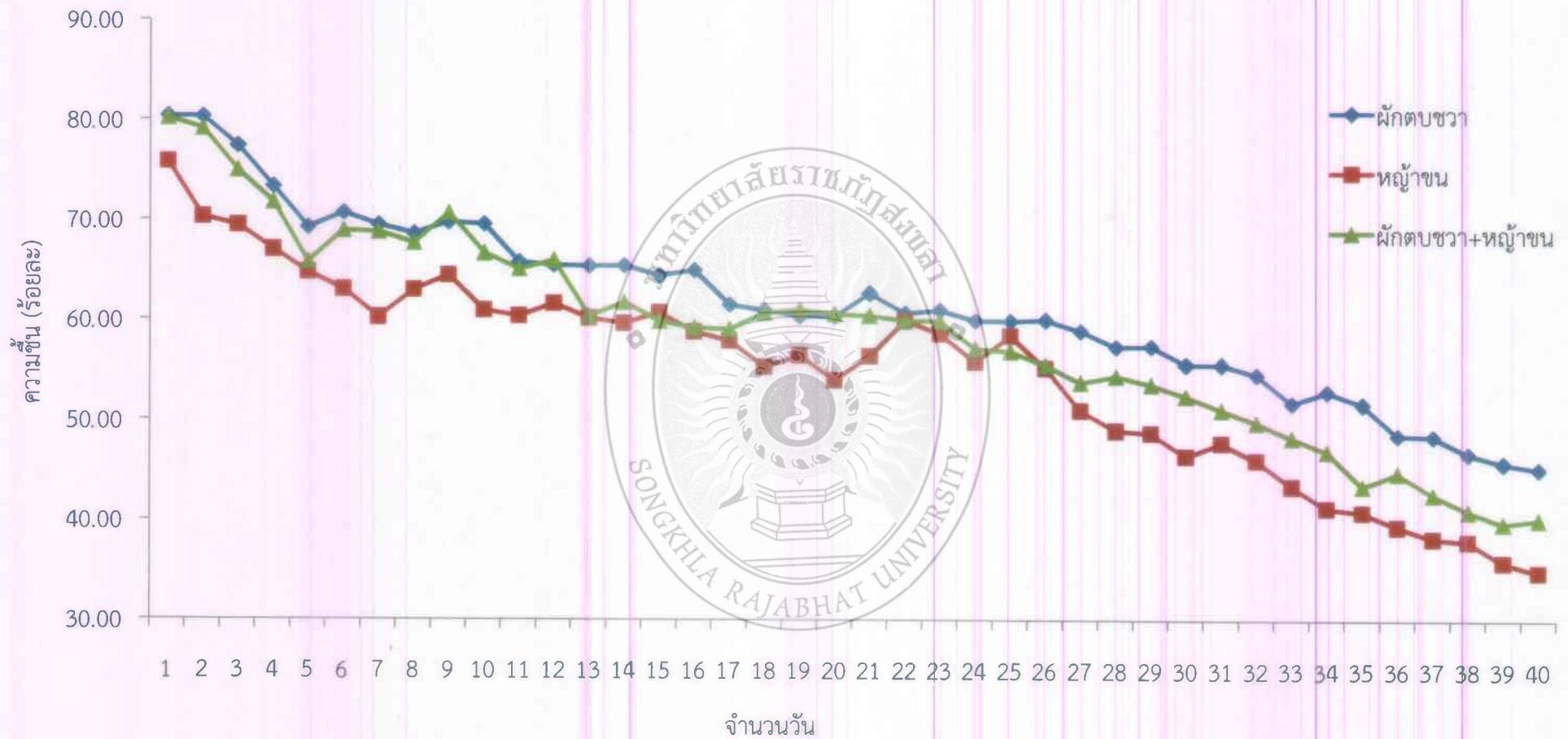
เมื่อทดสอบความแตกต่างของความชื้นภายในถังหมักของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุด การทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ($P\text{-value} \leq 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในระหว่างการหมัก

วันที่	ความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
1	80.37	75.79	80.16
2	80.34	70.25	79.11
3	77.41	69.38	74.92
4	73.32	66.97	71.68
5	69.21	64.71	65.75
6	70.67	62.96	68.89
7	69.45	60.19	68.72
8	68.58	62.93	67.61
9	69.69	64.38	70.59
10	69.49	60.88	66.61
11	65.75	60.30	65.00
12	65.45	61.58	65.90
13	65.31	60.10	60.29
14	65.40	59.59	61.65
15	64.38	60.69	59.78
16	64.93	58.77	59.17
17	61.48	57.86	59.02
18	60.88	55.26	60.63
19	60.30	56.41	60.94
20	60.32	53.95	60.50
21	62.58	56.34	60.39
22	60.63	59.87	59.90
23	60.94	58.57	59.86
24	59.90	55.79	57.07
25	59.86	58.38	56.80

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในระหว่างการหมัก (ต่อ)

วันที่	ความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	ผักตบชวา	หญ้าขน	ผักตบชวา+หญ้าขน
26	59.92	55.13	55.47
27	58.86	50.97	53.74
28	57.28	48.96	54.35
29	57.33	48.71	53.52
30	55.48	46.41	52.38
31	55.49	47.71	51.02
32	54.51	45.99	49.75
33	51.70	43.42	48.27
34	52.83	41.27	46.89
35	51.57	40.85	43.43
36	48.52	39.39	44.76
37	48.41	38.22	42.60
38	46.69	37.96	40.97
39	45.71	35.86	39.74
40	45.18	34.88	40.13



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความชี้ในระหว่างการหมัก

4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี

4.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) คือค่าที่บอกรังความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ซึ่งแสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสาร โดยค่า pH จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการในการก่อให้เกิดกิจกรรมเน่าเสียในปุ๋ยหมักมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดเจริญเติบโตหรือมีกิจกรรมได้ดีในสภาพเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 6-8 ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 พบว่า ในช่วงเริ่มต้นการหมักซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์กำลังปรับตัวเข้าสภาวะสิ่งแวดล้อมจนสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ โดยค่า pH ของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันคือค่า pH ของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน เริ่มต้นเท่ากับ 6.87 7.62 และ 7.22 ตามลำดับ โดย 2-3 วันแรกของการหมักพบว่าค่า pH ลดลงเล็กน้อยเนื่องจากย่อยสลายอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ย่อยสลายง่ายจะมีกรดอินทรีย์บางชนิดเกิดขึ้น แต่หลังจากนั้นในช่วงสี่เดือนแรกของการหมักความเป็นกรดเป็นด่างจะค่อยๆ สูงขึ้นอย่างช้าๆ จนอยู่ในระดับระหว่าง 7.7- 8.0 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออินทรีย์ถูกย่อยสลายจะมีลักษณะเป็นสารที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่ดี และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นทำให้สามารถดูดซับไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลาย จากนั้นค่า pH ค่อนข้างลดลงและคงที่ เนื่องจากปุ๋ยหมักได้เริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียรหรือเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว (ภาณุพงษ์ บางรักษ์, 2548) จนเมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าค่า pH ของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชาร่วมกับหญ้าขันลดลงเท่ากับ 6.12 ± 0.12 6.04 ± 0.19 และ 6.28 ± 0.12 ตามลำดับ

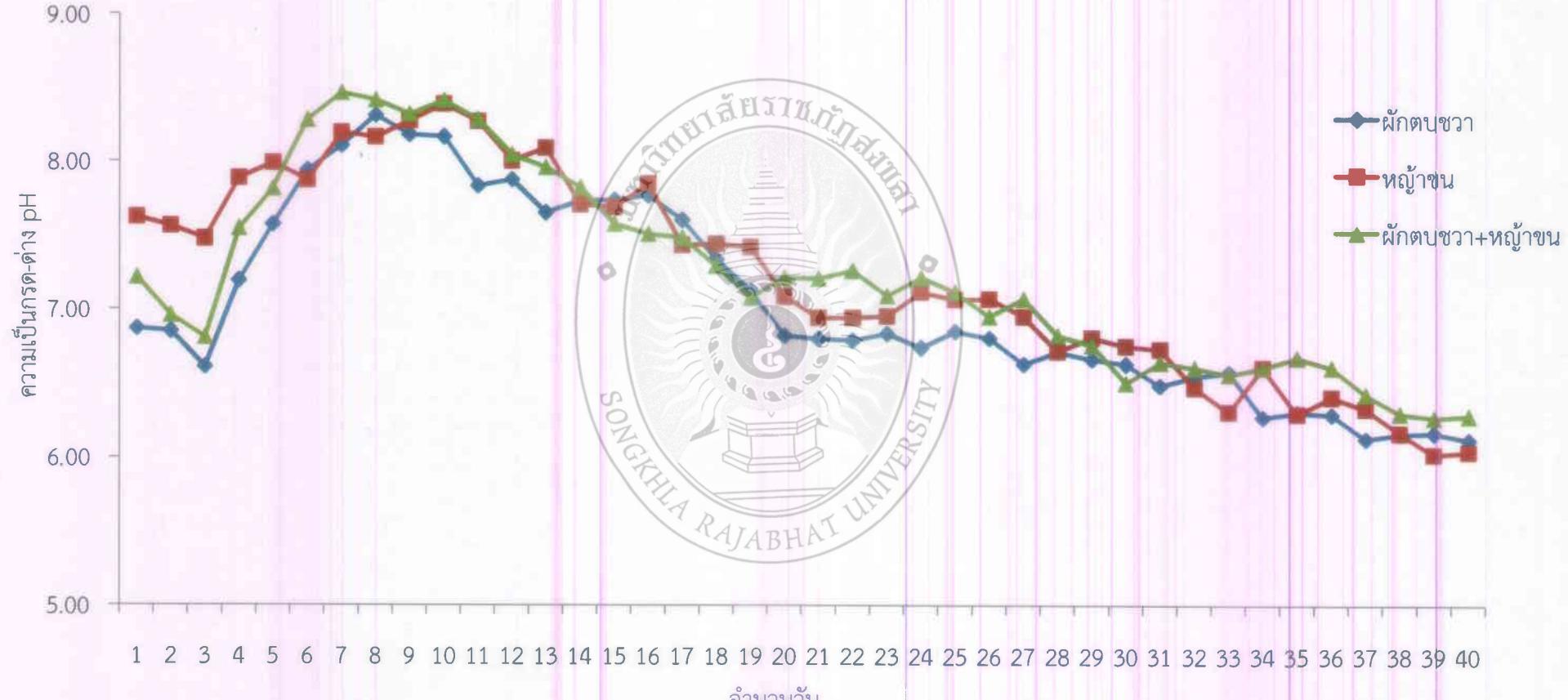
เมื่อทดสอบความแตกต่างของความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุด การทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P\text{-value} > 0.05$)
ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระหว่างการหมัก

วันที่	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
1	6.73	7.62	7.22
2	6.85	7.60	7.29
3	6.88	7.60	7.41
4	7.19	7.89	7.55
5	7.57	7.99	7.81
6	7.87	7.87	8.28
7	8.10	8.19	8.53
8	8.31	8.16	8.41
9	8.18	8.27	8.32
10	7.64	8.38	8.41
11	7.83	8.27	8.28
12	7.65	8.37	8.04
13	7.81	8.40	7.96
14	7.87	8.33	8.25
15	7.77	8.09	7.85
16	7.87	7.81	8.27
17	7.70	7.43	8.28
18	7.47	7.44	8.18
19	6.97	7.58	7.90
20	6.82	7.08	7.86
21	6.80	6.94	7.78
22	6.79	6.94	7.82
23	6.83	6.95	7.57
24	6.74	7.11	7.51
25	6.85	7.06	7.48

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระหว่างการหมัก (ต่อ)

วันที่	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เปลี่ยน		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
26	6.83	7.07	7.29
27	6.44	6.81	7.08
28	6.51	6.99	7.21
29	6.27	6.81	7.21
30	6.63	6.75	7.26
31	6.48	6.73	7.09
32	6.54	6.47	7.21
33	6.31	6.31	7.11
34	6.27	6.60	6.95
35	6.30	6.29	7.07
36	6.29	6.41	6.75
37	6.13	6.33	6.69
38	6.16	6.16	6.62
39	6.16	6.02	6.57
40	6.12	6.04	6.64



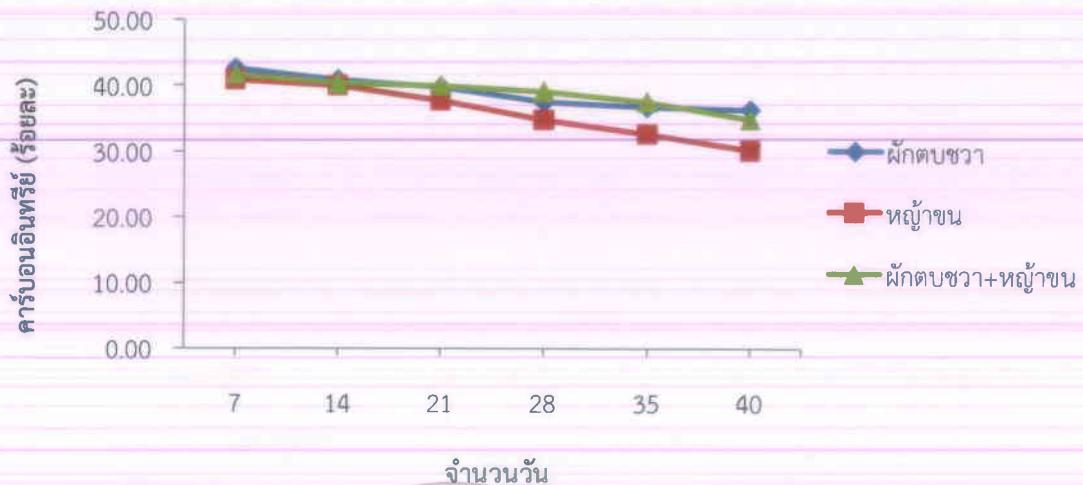
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง pH ในระหว่างการหมัก

4.2.2 ปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์

กระบวนการทำปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำคาร์บอนไปใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์เพื่อเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะมีความสำคัญในการเจริญเติบโตและกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าในช่วงสัปดาห์แรกของการหมัก พบร่วมปุ๋ยหมักที่ได้จากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน มีปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ร้อยละ 42.59 ± 0.84 และ 41.59 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ก็มีแนวโน้มลดลงทุกสัปดาห์จนเมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชาร่วมกับหญ้าขันมีปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ร้อยละ 36.37 ± 0.60 30.12 ± 0.25 และ 34.86 ± 0.49 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับซึ่งสาเหตุการลดลงเรื่อยๆ ของปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ในปุ๋ยหมักนั้นเป็นผลน่าจะมาจากสารบอนที่เป็นสารอินทรีย์มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายสารบอนที่เป็นสารอินทรีย์จนได้โมเลกุลเล็กแล้วจึงนำเข้าไปในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในรูปของความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นการบอนที่เป็นสารอินทรีย์จะลดลงในช่วงเวลาของการหมัก

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ในระหว่างการหมัก

วันที่	ปริมาณการบอนที่เป็นสารอินทรีย์ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
7	42.59	40.84	41.59
14	40.77	39.93	40.30
21	39.78	37.72	39.96
28	37.54	34.76	39.07
35	36.70	32.65	37.47
40	36.37	30.12	34.86



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ในระหว่างการหมัก

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชwarzร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบร่วมปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ปุ๋ยหมักจากผักชwarz (สูตรควบคุม)ลดลงทุกๆ สัปดาห์ ซึ่งเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่ามีปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 23.14 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตขึ้นใหม่ (นูรีชัน ยีแอลมา และมะลีอัน อาบู, 2550)

เมื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบร่วมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ($P\text{-value} \leq 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จะ

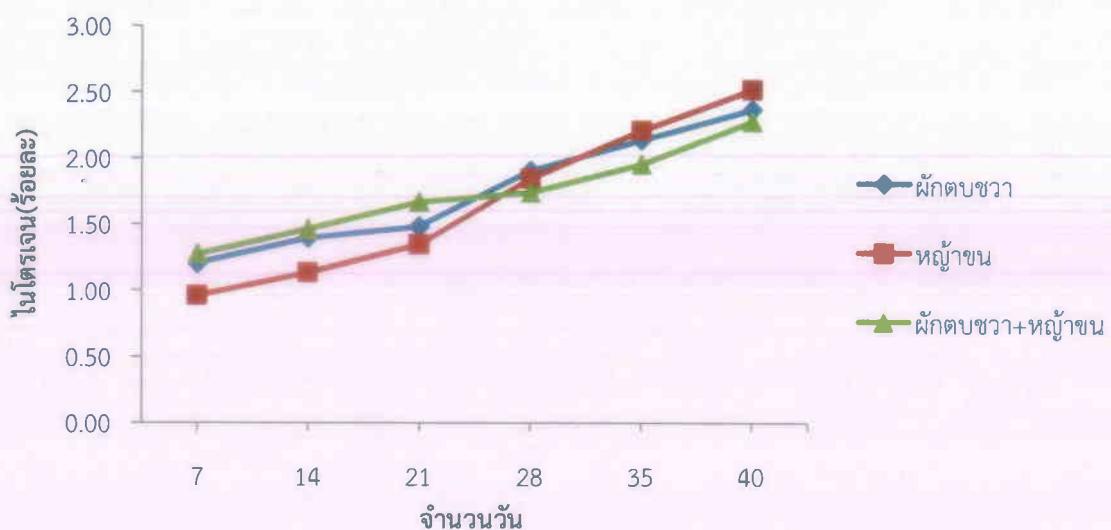
4.2.3 ปริมาณในโตรเจนทั้งหมด

ในโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ในกระบวนการหมักปริมาณในโตรเจน (TN) ภายในกองปุ๋ยหมักยังมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลทรีย์ในกระบวนการย่อยสลาย โดยจุลทรีย์ใช้ในโตรเจนในการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อสร้างเซลล์ใหม่ ในระหว่างการหมักปุ๋ยจากผักตบชwarz หญ้าข้น และผักตบชwarzร่วมกับหญ้าข้นเริ่มต้นเท่ากับ 1.20 0.96 และ 1.27 ตามลำดับ จากนั้นปริมาณในโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ สัปดาห์ จนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 40 วัน ร้อยละในโตรเจนของปุ๋ยหมักจากผักตบชwarz หญ้าข้น และผักตบชwarzร่วมกับหญ้าข้นเท่ากับ 2.37 ± 0.09 2.52 ± 0.15 และ 2.28 ± 0.10 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบร้าเมื่อเริ่มนั้นการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับฟางข้าว มีปริมาณในโตรเจนร้อยละเท่ากับ 2.07 1.64 และ 0.11 ตามลำดับ จากนั้นปริมาณในโตรเจนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทุกสัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับฟางข้าว มีในโตรเจนร้อยละเท่ากับ 2.17 2.18 และ 1.77 (รันดี ศรีราเวศ, 2547) ซึ่งพบว่ามีในโตรเจนต่ำกว่าปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชนิดที่ผลิตขึ้นใหม่ เมื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณในโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุด การทดลอง พบร้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ($P\text{-value} > 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณในโตรเจนทั้งหมดในระหว่างการทำปุ๋ยหมัก

วันที่	ปริมาณในโตรเจน(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
7	1.20	0.96	1.27
17	1.39	1.13	1.46
21	1.48	1.35	1.67
28	1.90	1.84	1.74
35	2.13	2.21	1.95
40	2.37	2.52	2.28



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณในโตรเจนทั้งหมดในระหว่างการทำปุ๋ยหมัก

4.2.4 อัตราส่วนคาร์บอนต่อในໂຕຣເຈນ

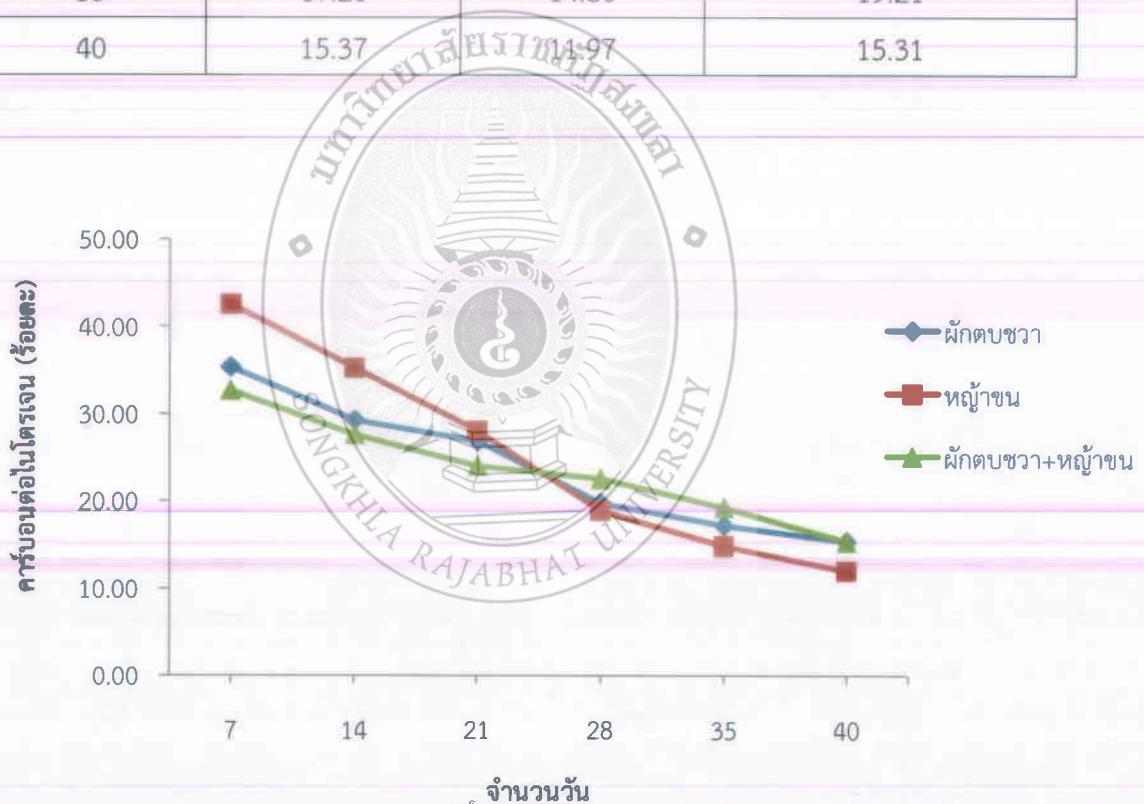
คาร์บอนในສາຣອິນທຣີຍີເປັນແລ້ວພັດງານຂອງຈຸລິນທຣີຍີ ເມື່ອເກີດປົງກີຣີຢາ ກາຮຍ່ອຍສລາຍຈະໄຫ້ພັດງານອອກມາ ທີ່ຈຸລິນທຣີຍີມີກາຮເຈີຄູ່ເຕີບໂຕເພີ່ມຈຳນວນມາກັບໆ ແລະຮາຕຸ ໃນໂຕຣເຈນຈະມີຄວາມຈຳເປັນໂດຍໃຊ້ກາຮສັງເຄຣະທີ່ໂປຣຕິນເພື່ອສ້າງເໜລີ່ໄໝ່ ເປັນປັຈັຍທີ່ມີຜລຕ່ອກກາຮ ຍ່ອຍສລາຍສາຣອິນທຣີຍີ ອັດຕະກຳອັດຕະກຳອັດຕະກຳ (C:N ratio) ທີ່ເໝາະສົມຄວຣອຢ່ຽຮ່ວ່າງ 26-35 ແລະ C:N ratio ທີ່ 20-30 ທຳໄໝ້ອັດຕະກາຮຍ່ອຍສລາຍເວົວແລະສາມາຮຄນຳປູ່ຢູ່ດັ່ງກ່າວໄປສິນດິນ ໂດຍໄມ່ເປັນອັນຕຽຍຕ່ອງພື້ນແລະຄ້າຄ່າ C:Nratio ລດລົງຄື່ງ 20 ຕີ່ວ່າປູ່ຢູ່ນັ້ນມີຄຸນພາພີ ພລຈາກກາຮ ທົດລອງດັ່ງຕາຮາງທີ່ 4.7 ແລະ ຮູ່ປູ່ຢູ່ທີ່ 4.7 ພບວ່າຄ່າ C:N ratio ຂອງປູ່ຢູ່ໜັກຈາກຜັກຕົບໜ້າ ໜູ້າຂົນ ແລະ ຜັກຕົບໜ້າຮ່ວມກັບໜູ້າຂົນມີຄ່າ C:N ratio ເມື່ອເຮັມຕັນກາຮໜັກເທົ່າກັບຮ້ອຍລະ 35.39 42.55 ແລະ 32.66 ໂດຍນັ້ນໜັກແທ່ງຕາມລຳດັບ ຈາກນັ້ນຄ່າ C:N ratio ມີແນວໂນມລດລົງເຮື່ອຍໆ ແລະເມື່ອສິ້ນສຸດກາຮ ໜັກພບວ່າປູ່ຢູ່ໜັກຈາກໜູ້າຂົນມີຄ່າ C:N ratio ຕໍ່ທີ່ສຸດ ຄື່ອ 11.97 ± 0.83 ຮອງລົງມາປູ່ຢູ່ໜັກຈາກ ຜັກຕົບໜ້າຮ່ວມກັບໜູ້າຂົນ ແລະປູ່ຢູ່ໜັກຈາກຜັກຕົບໜ້າມີຄ່າເທົ່າກັບ 15.31 ± 0.69 ແລະ 15.37 ± 0.48 ຕາມລຳດັບ

ກາຮທີ່ຄ່າ C:N ratio ມີຄ່າລດລົງໃນໜຶ່ງແຮກຂອງກາຮໜັກ ເນື່ອງມາຈາກ ອັດຕະກຳອັດຕະກຳຈຸລິນທຣີຍີຢ່ອຍສລາຍຈົນກະຮ່າງທີ່ໄດ້ມີເລກລົງນາດເລີກແລ້ວຈຶ່ງນຳເຂົ້າໄປໃນເໜລີ່ ເພື່ອໃໝ່ ເປັນແລ້ວພັດງານແລະສ່ວນປະກອບຂອງເໜລີ່ ສໍາຮັບສາຮປະກອບໃນໂຕຣເຈນຈະຖຸກຍ່ອຍສລາຍເຫັນກັນ ເພື່ອນຳໄປໃໝ່ສ້າງສ່ວນປະກອບຂອງເໜລີ່ ດັ່ງນັ້ນອັດຕະກຳອັດຕະກຳຈຸລິນທຣີຍີຈົງລດລົງໃນໜຶ່ງຮະຍະເວລາກາຮໜັກ ອີກ ທັ້ງໃນໂຕຣເຈນກີ່ຖຸກຈຸລິນທຣີຍີໃໝ່ໃນກາຮສ້າງສ່ວນປະກອບເໜລີ່ຮ່ວມກັບອັດຕະກຳອັດຕະກຳ ທີ່ພບວ່າປົມານ ໃນໂຕຣເຈນຈະມີຄ່າຄ່ອຍໆ ເພີ່ມື້ນຕາມໜຶ່ງຮະຍະເວລາກາຮໜັກ ດັ່ງນັ້ນກາຮລດລົງຂອງອັດຕະກຳ ແລະກາຮ ເພີ່ມື້ນຂຶ້ນໃຈໃນໂຕຣເຈນທຳໄໝ້ຄ່າ C:N ratio ລດລົງ (ການຝູ່ພົງກໍ ບາງຮັກໝົງ, 2548)

ເນື່ອທົດສອບຄວາມແຕກຕ່າງຂອງອັດຕະກຳອັດຕະກຳອັດຕະກຳໃນໂຕຣເຈນຂອງປູ່ຢູ່ໜັກ ທັ້ງ 3 ຊຸດກາຮທົດລອງພບວ່າ ປູ່ຢູ່ໜັກຈາກຜັກຕົບໜ້າ ແລະປູ່ຢູ່ໜັກຜັກຕົບໜ້າຮ່ວມກັບໜູ້າຂົນໄມ່ມີຄວາມ ແຕກຕ່າງອຍ່າງມື້ນຍໍສຳຄັນທີ່ຮະດັບຄວາມເຂື່ອມື້ນ 0.05 (P-value >0.05) ສ່ວນປູ່ຢູ່ໜັກປູ່ຢູ່ໜັກຈາກ ຜັກຕົບໜ້າ ແລະປູ່ຢູ່ໜັກຈາກຜັກຕົບໜ້າຮ່ວມກັບໜູ້າຂົນມີຄວາມແຕກຕ່າງກັບປູ່ຢູ່ໜັກຈາກໜູ້າຂົນອຍ່າງມື້ ນັ້ນສຳຄັນທີ່ຮະດັບຄວາມເຂື່ອມື້ນ 0.05 (P-value ≤ 0.05) ດັ່ງຕາຮາງໃນກາປົນວກ ຈ

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนかるบอนต่อในໂຕຣຈັນໃນຮະໝວງການນັກ

วันที่	อัตราส่วนかるบอนต่อในໂຕຣຈັນ(ຮ້ອຍລະໂດຍນໍ້າຫັກແໜ້ງ)		
	ຜັກຕບ່າວ	ໜູ້າຂນ	ຜັກຕບ່າວ+ໜູ້າຂນ
7	35.39	42.55	32.66
14	29.26	35.24	27.60
21	26.88	28.01	23.98
28	19.73	18.86	22.50
35	17.20	14.80	19.21
40	15.37	14.97	15.31



ຮູບທີ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนかるบอนต่อในໂຕຣຈັນໃນຮະໝວງການນັກ

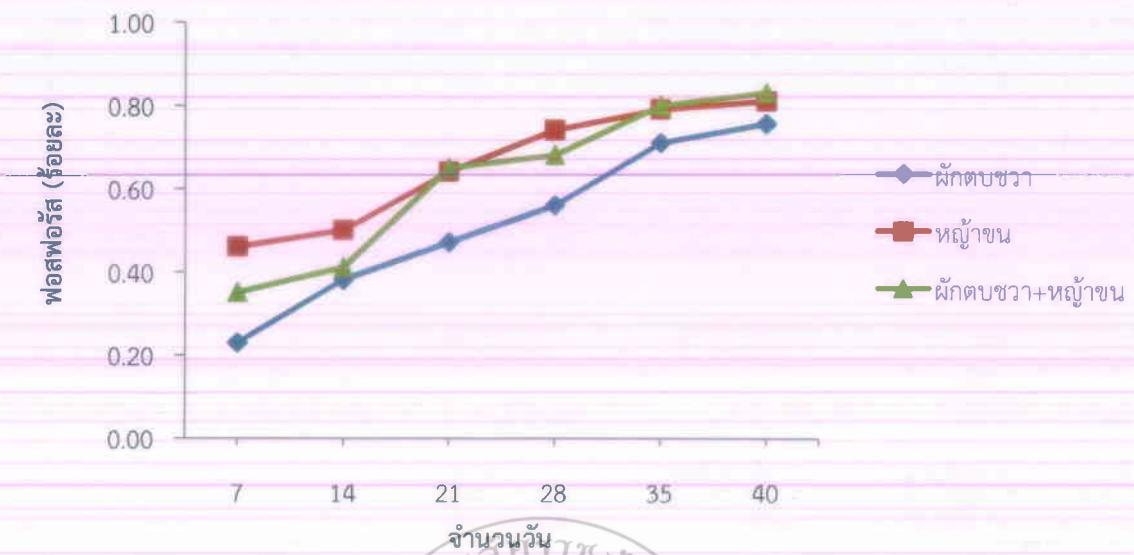
4.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส มีหน้าที่สำคัญในส่วนที่มีชีวิตของพืชคือเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่สำคัญในพันธุกรรมของพืช และจุดชีวิตของเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญของสารให้พลังงานต่างๆ ในพืชและน้ำย่อย (Enzyme) หลายชนิด โดยในกระบวนการหมักเชื้อจุลินทรีย์จะเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถสารกรดดูดซึมไปใช้ได้ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ของหั้ง 3 ชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน เมื่อเริ่มนัดการหมักมีค่าร้อยละ 0.23 0.46 และ 0.35 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับและค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสนี้อาจเนื่องมาจากการกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีการใช้ฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ เมื่อสิ้นสุดการหมักปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน มีค่าร้อยละ 0.76 ± 0.06 0.81 ± 0.02 และ 0.83 ± 0.02 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

เมื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักหั้ง 3 ชุดการทดลอง พบร่วมกับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P\text{-value} > 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสในระหว่างการหมัก

วันที่	ปริมาณฟอสฟอรัส(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
7	0.23	0.46	0.35
14	0.38	0.50	0.41
21	0.47	0.64	0.65
28	0.56	0.74	0.68
35	0.71	0.79	0.80
40	0.76	0.81	0.83



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสในระหว่างการหมัก

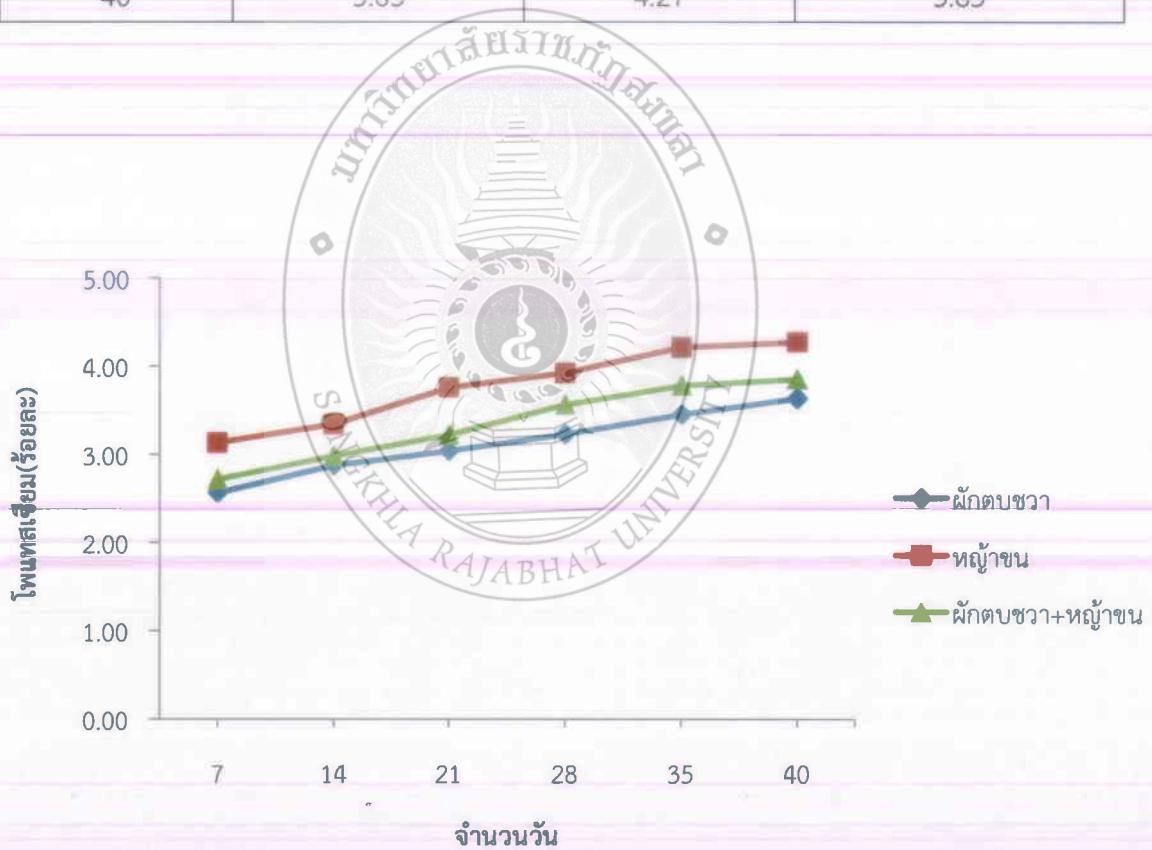
4.2.6 ปริมาณโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่นเดียวกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำหน้าที่เป็นประจุบวกที่กระตุ้นการทำงานของน้ำやりอย่างขยายชนิด โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง น้ำตาลและโปรตีน การขนย้ายแป้งและน้ำตาล และทำหน้าที่เดียวกับประจุบวกธาตุอื่นๆ ในการดึงน้ำให้มาสู่พืชมากยิ่งขึ้นและลดความเป็นกรดของกรดอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นมา จากการทดลองพบว่าปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน เมื่อเทียบกับร้อยละ 2.56 3.13 และ 2.71 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังจากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.9 จนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หญ้าขัน และผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน มีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับร้อยละ 3.63 ± 0.05 4.27 ± 0.02 และ 3.85 ± 0.02 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นนี้ของจากปุ๋ยหมักมีปริมาณค่ารบอนที่เป็นสารอินทรีย์ลดลง เนื่องจากการถูกย่อยสลายในระหว่างการหมัก จึงทำให้ร้อยละของโพแทสเซียมต่อน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและปุ๋ยหมักจากผักตบชوار่วมกับหญ้าขันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P\text{-value} > 0.05$) ส่วนปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและปุ๋ยหมักจากผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน พบว่ามีความแตกต่างกันกับปุ๋ยหมักจากหญ้าขันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P\text{-value} \leq 0.05$) ดังตารางในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมในระหว่างการหมัก

วันที่	ปริมาณโพแทสเซียม(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)		
	ผักตบชวา	หญ้าขัน	ผักตบชวา+หญ้าขัน
7	2.56	3.13	2.71
14	2.87	3.34	2.98
21	3.04	3.76	3.22
28	3.23	3.92	3.56
35	3.45	4.21	3.78
40	3.63	4.27	3.85



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมในระหว่างการหมัก

ในการทำปุ๋ยหมักนั้นมีอิสินสุดกระบวนการหมักต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้ด้วย ดังนั้นคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขันที่ได้จากการทดลองในระยะเวลาการหมัก 40 แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติของปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดการหมัก

พารามิเตอร์	มาตรฐานปุ๋ยหมัก	ชนิดของปุ๋ยหมัก		
		ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา	ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน	ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน
ความชื้น(%)	< 35	45.18	34.88	40.13
pH	5.5-8.5	6.12	6.04	6.28
อัตราส่วนคาร์บอนต่อในໂຕຣເຈນ	< 20:1	15.37:1	11.97:1	15.31:1
ปริมาณธาตุอาหารหลัก(%)โดยน้ำหนัก				
-ในໂຕຣເຈນ	> 1%	2.37	2.52	2.28
-ฟอสฟอรัส	> 0.5%	0.76	0.81	0.83
-โพแทสเซียม	> 0.5%	3.63	4.27	3.85

ที่มา: * มาตรฐานปุ๋ยหมักจากกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน พบร่วมมืออัตราส่วนคาร์บอนต่อในໂຕຣເຈນ ความเป็นกรด-ด่างpH และความชื้นของปุ๋ยหมักจากหญ้าขันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนความชื้นของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นก่อนนำปุ๋ยหมักไปใช้งานจึงควรผึ่งปุ๋ยหมักในแห้งก่อน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน พบร่วมกับการทดลองทุกชุดมีค่าสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน (1-0.5-0.5) ซึ่งปุ๋ยหมักจากผักตบชวามีปริมาณธาตุอาหารหลักร้อยละ 2.37-0.76-3.63 ปุ๋ยหมักจากหญ้าขัน มีปริมาณธาตุอาหารร้อยละ 2.52-0.81-4.27 และปุ๋ยหมักจากผักตบชวา

ร่วมกับหญ้าขันมี ปริมาณธาตุอาหารร้อยละ 2.28-0.38-3.85 จึงสามารถสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักจากหญ้าขันเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณสมบัติดีที่สุด รองลงมาเป็นปุ๋ยหมักจากผักกาดขาวและปุ๋ยหมักจากผักกาดขาวร่วมกับหญ้าขัน ตามลำดับ และจากการสังเกตลักษณะภายนอกของปุ๋ยหมักที่ได้พบว่ามีลักษณะเป็นผง เปื่อยยุ่ย ขาดง่าย มีกลิ่นคล้ายดิน และสีของวัสดุหมักมีสีน้ำตาลเข้ม ดังแสดงลักษณะปุ๋ยที่ได้ในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ลักษณะของปุ๋ยหมัก

4.3 ผลของปุ่ยหมักต่อการเจริญเติบโตของผักคน้ำ

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ได้มีการนำปุ่ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ทดสอบการเจริญเติบโตของคน้ำ เนื่องจากคน้ำเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ดีตลอดปีและทุกสภาพอากาศใช้เวลาปลูกไม่นานนักสามารถเก็บเกี่ยวได้โดยได้ทำการบันทึกน้ำหนักสด (กรัม) ของคน้ำ หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ซึ่งรายละเอียดการดำเนินงานมีดังนี้

- เตรียมดินก่อนหวานเมล็ดโดยการผสมดินกับปุ่ยในอัตราส่วน 2:1 คลุกเคล้า

ให้เข้ากัน

- หวานเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวแปลงโดยให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3

เซนติเมตร

- รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะออกใบภายใน 7 วัน

- หลังจากต้นคน้ำออกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10

เซนติเมตร โดยถอนแยกไปปลูกในถุงพลาสติก

- ปลูกผักคน้ำในถุงพลาสติก 6x12 นิ้ว

- ใส่ดินถุงละ 3 กิโลกรัม 45 ถุง

- ปลูกผักคน้ำถุงละ 1 ต้น

- รดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น

- ใส่ปุ่ย 2 ครั้ง ครั้งละ 10 กรัม คือ ใส่หลังจากต้นกล้าลงถุง (20 วัน) และหลังจากย้ายต้นกล้าแล้ว (30 วัน)

- ทำการบันทึกน้ำหนักสด (กรัม) ของคน้ำ

จากการศึกษาผลของปุ่ยหมักต่อความเจริญเติบโตของคน้ำ ซึ่งได้นำปุ่ยหมักแต่ละสูตรมาใช้ปลูกคน้ำและทำการบันทึกน้ำหนักสดของคน้ำ หลังจากทำการปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบร่วงการใช้ปุ่ยหมักในสูตรที่ (2) หญ้าขัน จะให้น้ำหนักมากกว่าสูตรอื่นๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4.11 ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม) ของคน้ำ

ผลของปุ่ยหมักต่อการเจริญเติบโตของผักคน้ำ	
สูตร	น้ำหนักสด (กรัม) \pm sd
(1) ผักตบชวา	97.24 \pm 0.31
(2) หญ้าขัน	97.38 \pm 0.42
(3) ผักตบชوار่วมกับหญ้าขัน	97.31 \pm 0.19

4.4 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำมักชีวภาพกับราคากลาง

การศึกษาต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร ได้วิเคราะห์จากราคาต้นต้นดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนในการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรเท่ากันอยู่ที่ 2.4 บาท/กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.12.1

ตารางที่ 4.12.1 ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร

ส่วนประกอบ	ปุ๋ยหมักสูตรที่(1)		ปุ๋ยหมักสูตรที่(2)		ปุ๋ยหมักสูตรที่(3)	
	ปริมาณที่ใช้	ราคา	ปริมาณที่ใช้	ราคา	ปริมาณที่ใช้	ราคา
ผักตบชวา(kg)*	5	-	-	-	2.5	-
หญ้าขาน(kg)*	-	-	5	-	2.5	-
มูลไก่(kg)	1	2	1	2	1	2
ปุ๋ยยูเรีย(kg)	0.01	0.4	0.01	0.4	0.01	0.4
สารเร่งพด.-1(kg)**	0.005	-	0.005	-	0.005	-
รวมราคา (B/kg)		2.4		2.4		2.4

หมายเหตุ *ผักตบชวาและหญ้าขานเก็บในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

**สารเร่งพด.1 ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาที่ดิน เชต 12 จังหวัดสงขลา

สำหรับการศึกษานี้ได้ทดลองปุ๋ยต้นคน้ำ 3 ชุดการทดลอง และในการใส่ปุ๋ยคน้ำ แต่ละชุดจะทำการปุ๋ยคน้ำ 15 ตัน ใส่ปุ๋ยครั้งละประมาณ 450 กรัม คิดเป็นราคากลางที่ใช้เท่ากับ 1.08 บาท

กำหนด ราคาผักคน้ำที่ขายในท้องตลาด 40 บาท/กิโลกรัม ณ วันนี้ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 (ตลาดคลองแสง) เมื่อเปรียบเทียบราคากลางที่ได้จากน้ำหนักสดของคน้ำจะพบว่าหั้ง 3 ชุดการทดลองให้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน ราคาน้ำที่ได้จึงไม่แตกต่างกันมากนักแสดงได้ดัง ตารางที่ 4.12.2

ตารางที่ 4.12.2 การเปรียบเทียบราคาผลผลิตที่ได้จากการใช้ปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร

ชุดการทดลอง	น้ำหนักผักคะน้า (กก.)	ราคាដ่อน่วย (บาท/กก.)	ราคางอกสุทธิ (บาท)	ราคากลับปุ๋ยหมัก (บาท)	ราคารวม (บาท)
สูตรที่ (1) ผัก甜竹	0.09724	40	3.8896	2.4	6.2896
สูตรที่ (2) หญ้าขัน	0.09738	40	3.38952	2.4	6.2952
สูตรที่ (3) ผัก甜竹+หญ้าขัน	0.0931	40	3.8924	2.4	6.2924

สาเหตุที่ค่าน้ำหนัก 3 ชุดการทดลองมีน้ำหนักสดที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร มีธาตุโพแทสเซียมสูงกว่ารากอื่น เมื่อนำไปทดลองปลูกคะน้าซึ่งคะน้าเป็นพืชที่ต้องการธาตุในโตรเจนสูงในการเจริญโต และปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชุดการทดลองก็มีธาตุในโตรเจนใกล้เคียง ผลของน้ำหนักสดที่ได้จึงใกล้เคียงกัน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขน โดยการหมักแบบ Aerobic Compostiong ใช้จุลินทรีย์ พด.-1 เป็นสารเร่ง พบร่วมกับการนำพืชอย่างผักตบชวาและวัชพืชอย่างหญ้าขนมาใช้ประโยชน์มีความเป็นไปได้ และเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ย เพราะปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ได้มีการศึกษาถึงปัจจัยในการหมัก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C/N ratio) และแร่ธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ซึ่งจากการทดลองได้นำผักตบชวา และหญ้าขน มาทำการหมักปุ๋ย โดยเปรียบเทียบกับสูตรทั้ง 3 สูตร และนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน สรุปได้ดังนี้

สูตรที่ (1) ผักตบชวา

อุณหภูมิเริ่มต้นมีค่า 35.50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจะลดลงจนถึงสิ้นสุด การหมักมีอุณหภูมิเท่ากับ 29.95 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง จากการวัดความชื้นของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ความชื้นเริ่มต้นที่วัดได้มีค่า 80.37 ซึ่งมีความชื้นสูงจึงได้มีการควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือมีค่า 50-60 % เมื่อสิ้นสุดการหมักความชื้นมีค่าเท่ากับ 45.18 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6-8.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) เท่ากับ 15.37 และเมื่อสิ้นสุดการหมักได้วิเคราะห์ค่า (N-P-K) ค่าที่เฉลี่ยได้เท่ากับ 2.37-0.76-3.63

สูตรที่ (2) หญ้าขน

อุณหภูมิเริ่มต้นมีค่า 33.40 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดต่ำลง อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 30.00 องศาเซลเซียส เป็นค่าของอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 32-33 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้นมีค่า 75.79 ซึ่งเป็นค่าความชื้นมีค่าสูง จากการทดลองได้มีการควบคุมให้อยู่ในช่วง 50-60% ความชื้นจึงมีค่าลดลงเท่ากับ 34.88 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าสูงประมาณ 6-8.5 ค่า C:N ratio จากการทดลองซึ่งมีค่า 11.97 และแร่ธาตุอาหารหลัก มีการวิเคราะห์ค่า (N-P-K) ค่าที่ได้เท่ากับ ร้อยละ 2.52-0.81-4.27

สูตรที่ (3) ผักตบชวาร่วมกับหญ้าขน

อุณหภูมิเริ่มต้นมีค่าถึง 33.70 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการหมักอุณหภูมิจะลดลงเท่ากับ 30.07 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม 32.33 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้นมีค่า 80.16 ซึ่งเป็นค่าความชื้นสูงกว่าเกณฑ์จึงมีการควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือมีค่า 50-60%

เมื่อสิ้นสุดการหมักความชื้นมีค่าเท่ากับ 40.13 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 6.5-8.5 ได้ค่า (C/N ratio) ซึ่งมีค่า 15.31 และแร่ธาตุอาหารหลัก ได้มีการวิเคราะห์ (N-P-K) ที่ได้ทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดการหมักมีค่าเท่ากับ 2.28 0.83 และ 3.85

จากการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาผลการทดสอบคุณภาพของปุ๋ยหมัก พบร้า ปุ๋ยหมักจากสูตรหญ้าขัน มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) มากที่สุด รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน และปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ตามลำดับปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมักจากการวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่า ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา และปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน ยังคงมีความชื้นที่สูงอยู่เป็นพระพารา ผักตบชวามีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ จึงทำให้ปุ๋ยหมักยังคงมีความชื้นสูง สำหรับปุ๋ยหมักที่มีความชื้นสูงนั้นก็ไม่ส่งผลกระทบต่อการหมักแต่อย่างใด เนื่องจากวัสดุหมักเข้าสู่สภาวะเสียร้ายแล้ว ควรนำไปเผา ลมหรือตากแดดให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน และเมื่อนำปุ๋ยที่ผลิตได้ไปทดสอบความเจริญเติบโตของคน้ำ พบร้าค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม) ของคน้ำในสูตรหญ้าขันซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุด ให้มีน้ำหนักมากกว่าสูตรอื่นๆ แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรมีธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าธาตุอื่น เมื่อนำไปทดลองปลูกคน้ำ ผลของน้ำหนักสดที่ได้จะใกล้เคียงกัน เนื่องจากคน้ำเป็นพืชที่ต้องการธาตุในโตรเรนสูง และธาตุในโตรเรนในปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ก็มีใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นถ้านำปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรไปทดลองปลูกพืชใบก็จะให้ผลในลักษณะเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผักตบชวาและหญ้าขันเพื่อเป็นการพัฒนาให้ปุ๋ยหมักสูตรนี้มีคุณสมบัติดีขึ้นเนื่องจากในการทดลองครั้งนี้พบว่าปุ๋ยหมักจากหญ้าขันเพียงอย่างเดียวให้ปริมาณธาตุอาหารหลักมากกว่าปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับหญ้าขัน
2. ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ที่ยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ควรนำไปเผาเพื่อลมหรือตากแดดให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน
3. 在การศึกษาครั้งต่อไปควรนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปทดลองความเจริญเติบโตของพืชประเภทหัว เนื่องจากพืชเหล่านี้เป็นพืชที่ต้องการธาตุโพแทสเซียมสูง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. การจัดการอินทรีย์วัตถุ เพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ของดิน. สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวง เกษธ์และสหกรณ์ : เอกสารเผยแพร่กรมพัฒนาที่ดิน

กรมวิชาการเกษตร. 2557. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีที่สำคัญ ปี 2551-2555 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/download/FactorOfproduct/Fertilizer_value49-54.html. (28 ธันวาคม 2557)

ชีวะรรณ เหลืองฤทธิ์โภจน์. 2531. การประเมินประสิทธิภาพการย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชапู๋ยพืชฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัชฎาพร องอาจ. 2550. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายปุ๋ยหมัก. สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ดวงพร สุวรรณกุล. 2544. วิชาพืชในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 440 หน้า

พิทยากร ลีเมธอง. 2533. การปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมักและปุ๋ยพิชสด. คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพฯ : ศูนย์การพิมพ์มลชัย.

พิพวรรณ ศิทธิรังสรรค์. 2542. ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ : เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรกรรมชาติ. กรุงเทพฯ

พิพวรรณ ศิทธิรังสรรค์. 2551. เกษตรกรรมชาติ. กรุงเทพฯ

รัตน์ ศรีสวัสดิ์. 2547. การศึกษาระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทາทางเกษตร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุบูลลงกรณ์.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยหมักชีวภาพเทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพมหานคร

นภารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นิติ เทมพัฒน์. 2553. รูปแบบถังหมักปุ๋ยสำหรับขยายอินทรีย์จากบ้านเรือน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นิสากร วิเวกินย. 2546. อิทธิพลของการเติมของการเติมหัวเชื้อ และ/หรือ การเติมอาการต่อการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยบูรพา

นุรุจัน ยีแลมี และมะสื่อนี อาบู. 2550. ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นูรีชา อะเวย และคณะ. 2545. การศึกษาเบรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักที่ทำจากใบยางพาราและผักตบชวา. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

บรรเจิด จีนบุญ และ มนตรี อินทร์มณี. 2542. การทำปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. รายงานวิจัย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาณุพงศ์ บางรักษ์. 2548. การผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือโรงงานน้ำมันปาล์มผสมน้ำหมักของ *Rhodobactactor capsulatus SS3* และการใช้ในการปลูกผักบุ้งและต้นหอม วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์. 2548. ข้อกำหนดมาตรฐานทางวิชาการปุ๋ยอินทรีย์(Q). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.gotoknow.org/posts/383838>. (28 มีนาคม 2556)

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ : สายธุรกิจrongพิมพ์.

วุธินันท์ ศิริพงศ์. 2540. การทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย. 2533. ปุ๋ยหมัก. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 1-67

ศรีวัต ปันโน. 2549. เกษตรกรรมชาติ. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เสาวนิตย์ แดงทองดี และ สุรางค์รัตน พนแสง. 2549. การศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษผัก. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

อนุกรมวิรานพีช (หมวด ข). หญ้าชน ฉบับราชบัญชิตยสถาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=63078. (28 มีนาคม 2556)

เออมอร ประจำบมอญ. 2541. การศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ในอีเอ็มต่อการทำหัวเชื้อปุ๋ยหมัก. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





คุณสมบัติตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่องมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. ๒๕๔๘

ประกาศ ณ วันที่ ๒ มิถุนายน ๒๕๔๘ ดังนี้

ตารางที่ ก-๑ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน ๓๕ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่น้อยกว่า ๕ มิลลิเมตร ไม่เกิน ๕ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า ๓๐ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	๕.๕ – ๘.๕
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน ๒๐ : ๑
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน ๖ เดซิซีเมน/เมตร ในไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่า ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ฟอสฟอรัส (total P ₂ O ₅) ไม่น้อยกว่า ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (total K ₂ O) ไม่น้อยกว่า ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
11	ปริมาณเกลือ (NaCl)	ไม่เกิน ๑ เปอร์เซ็นต์
12	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า ๘๐ เปอร์เซ็นต์ไม่เกิน
13	สารหนู (Arsenic)	๕๐ มิลลิกรัม/กิโลกรัม
14	แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน ๕ มิลลิกรัม/กิโลกรัม
15	โครมีียม (Chromium)	ไม่เกิน ๓๐๐ มิลลิกรัม/กิโลกรัม
16	ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิกรัม/กิโลกรัม
17	ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิกรัม/กิโลกรัม
18	ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน ๒ มิลลิกรัม/กิโลกรัม





รูปที่ ข-1 ผักตบชาватากแห้ง



รูปที่ ข-2 หญ้าขันตากแห้ง



รูปที่ ข-3 นำวัสดุเข้าเครื่องสับละเอียด



รูปที่ ข-4 ผักตบชาวสับละเอียด



รูปที่ ข-5 หญ้าขันสับละเอียด



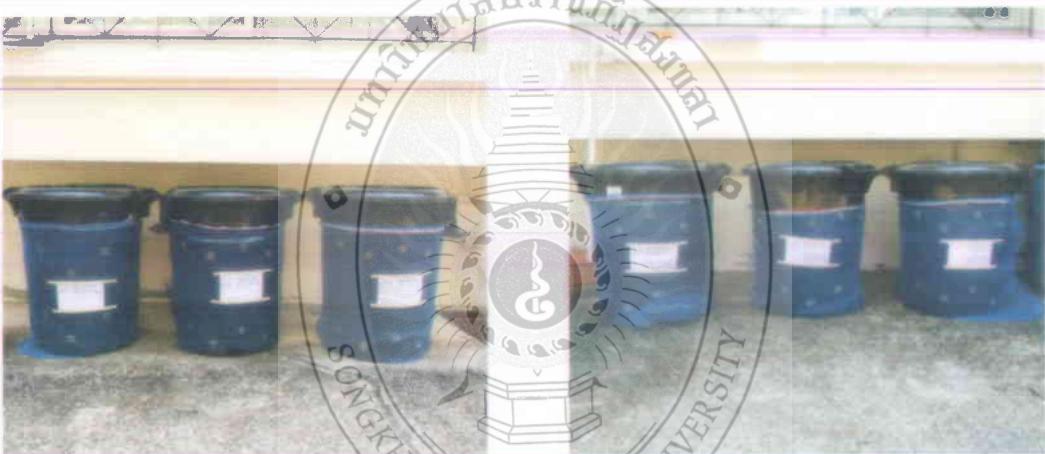
รูปที่ ข-6 เติมผสมส่วนที่กำหนด



รูปที่ ๗ คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน



รูปที่ ๘ ถังหมักสูตรที่ (๑) พักอบชรา



รูปที่ ๙ ถังหมักสูตรที่ (๒) หญ้าyan รูปที่ ๑๐ ถังหมักสูตรที่ (๓) พักอบชรา+หญ้าyan



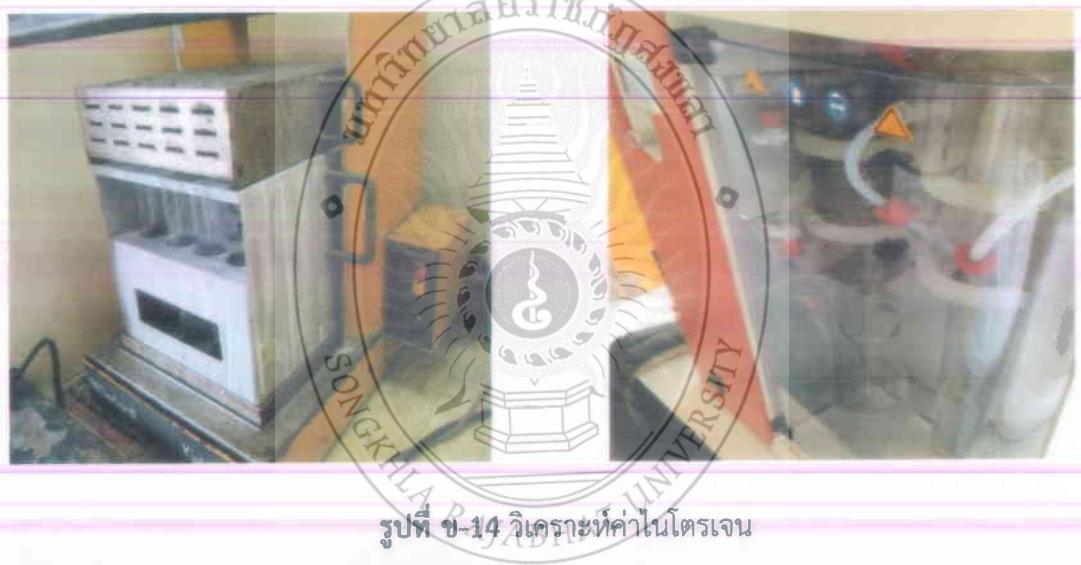
รูปที่ ๑๑ วิเคราะห์อุณหภูมิ



รูปที่ ๑๒ วิเคราะห์ค่า pH



รูปที่ ข-13 วิเคราะห์ค่าการบอนที่เป็นสารอินทรีย์



รูปที่ ข-14 วิเคราะห์ค่าในتروเจน



รูปที่ ข-14 วิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส



รูปที่ ๗-๑๔ ต้นอ่อนคหบ้ำ



รูปที่ ๗-๑๕ ยाइลงถุงในถุงปลูก



รูปที่ ๗-๑๖ ชั้งน้ำหนักสด

รูปที่ ๗-๑๗ คะน้าจากปุ๋ยหมักสูตร (๑) ตักบขวา



รูปที่ ๗-๑๘ คะน้าจากปุ๋ยหมักสูตร (๒)

หญ้าขัน



รูปที่ ๗-๑๙ คะน้าจากปุ๋ยหมักสูตร (๓)

ตักบขวาร่วมกับหญ้าขัน



วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์ความชื้น

อุปกรณ์

1. Moisture can
2. ตู้อบ
3. เครื่องซั่ง

วิธีการ

1. นำ Moisture cans ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง โดยขณะอบให้ปิดฝา

2. นำ Moisture can ที่อบแล้ว ปิดฝา ใส่ Desiccator ทึ่งไว้ให้เย็น
3. ซั่งน้ำหนัก Moisture can บันทึกน้ำหนัก
4. ซั่งตัวอย่างจำนวน 2-3 กรัม ใส่ Moisture can
5. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง
6. นำออกจากตู้อบทึ่งให้เย็นใน Desiccator ซั่งน้ำหนัก บันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างปัจก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างปัจกหลังอบ}) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างปัจก่อนอบ}}$$

วิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. แท่งแก้วคน
3. pH meter

วิธีการ

ซั่งตัวอย่างดิน 20 g. เติมน้ำกลั่นลงไป 50 ml. คนให้เข้ากัน ตั้งทึ่งไว้ วัดค่า pH ด้วย pH Mete

การวิเคราะห์ในโตรเจนทั้งหมดในติน

สารเคมี

1. สารละลายน้ำ HgSO₄ : ละลาย HgO(red) 8 g. ใน H₂SO₄ 6 N. ปริมาตร 100 ml.
2. Digestion Reagent : ละลาย K₂SO₄ 134 g. ในน้ำกลั่น 650 ml. เติม conc.H₂SO₄ 200 ml. คนให้เข้ากัน และเติมสารละลายน้ำ HgSO₄ 25 ml. ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการตกผลึก
3. Absorbent Solution เลือกใช้ Indicating Boric Acid Solution เตรียมโดยละลาย Boric Acid 40 g. ในน้ำร้อน 700 ml. ทึ้งไว้ให้เย็นแล้วเทลงในขวดปรับปริมาตร 1,000 ml. ที่มี Ethanol 100 ml. และ Mixed Indicator 50 ml. เมื่อผสมเข้ากันแล้วค่อยๆ เติม 0.1 N. NaOH จนกระทั่งได้สีม่วง ซึ่งได้สีม่วง ซึ่งค่า pH ของสารละลายน้ำจะอยู่ประมาณ 4.7-4.9 (ใช้สารละลายน้ำ HgSO₄ 1 ml. รวมกับน้ำกลั่น 1 ml. สีม่วงแดงของสารละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ถ้าสีไม่เปลี่ยนต้องเติม 0.1 N. NaOH อีก) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. Mixed Indication : ละลายmethyl Red Indicator 200g. ในEthyl Alcohol 95% 100 ml. ละลาย Methylene /blue 100 mg. ใน Ethyl Alcohol 95% 50 ml. แล้วผสมสารละลายน้ำที่ได้เข้าด้วยกัน สารละลายน้ำนี้ควรเตรียมทุกๆเดือน
5. Borate Buffer Solution: นำ NaOH 0.1 mole/L จำนวน 88 ml. เติมลงใน Na₂B₄O₇ 500 ml. เจือจางด้วยน้ำกลั่นได้ปริมาตร 1,000 ml. (สารละลายน้ำ Na₂B₄O₇ เตรียมโดยนำ Na₂B₄O₇ 5 g. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรจนได้ 1 ml.)
6. สารละลายน้ำ H₂SO₄ 0.01 mole/L
7. NaOH 6 mole/L : ละลาย NaOH 240 g. ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 L

วิธีวิเคราะห์

1. Digestion

ชั่งตัวอย่างติน 0.5-1.0 g. ลงใน Micro Kjeldahl flask เติม Digestion Reagent 50 ml. ลงในหลอด Kjeldahl นำเข้าเครื่องย่อย ตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นปรับอุณหภูมิเป็น 345-371 องศาเซลเซียส ย่อยจนกระทั่งได้สารละลายน้ำ ปิดเครื่องและปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

2. Distillation

เติมสารละลายน้ำ NaOH ประมาณ 50 ml. ทำการกลั่นโดยให้ส่วนที่กลั่นออกมาก่อน หลอดแก้วที่จุ่มอยู่ในสารละลายน้ำ Absorbent Solution 25 ml. นำมาหาแอมโมเนียโดยวิธีไทร์ทเรต ด้วยสารละลายน้ำ H₂SO₄ 0.01 mole/L

การคำนวณ

$$\% \text{ ในต่อเจน} = (A-B) * C * 0.014 * 100 / \text{น้ำหนักติน}$$

A=ml ของกรด HCl ที่ใช้เทเรตกับตัวอย่าง

B=ml ของกรด HCl ที่ใช้เทเรตกับ Blank

C=ความเข้มข้นของกรด HCl

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส**อุปกรณ์**

1. เครื่องชั่ง
2. เครื่องวิสิเบลสเปกโโทรโฟโนมิเตอร์
3. บีเปตปรับปริมาตร ขนาด 1 และ 5 มิลลิลิตร
4. กระดาษกรองวัตแม่น
5. ขวดปรับปริมาตร

สารเคมี

1. น้ำยาสกัดเบรย์ทู: ละลายน้ำโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4F) 1.1112 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออน ประมาณ 500 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก 8.1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

2. น้ำยาทำให้เกิดสี:

2.1 สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 3% น้ำหนักโดยปริมาตร: ละลายน้ำโมเนียมโมลิบเดต 15 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เติมกรดกำมะถันลงไป 140 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นและปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

2.2 สารละลายแอนติโมนิโพแทสเซียมทาร์เทต 0.1% w/v : ละลายน้ำโมเนียมโพแทสเซียมทาร์เทต 0.50 กรัม ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

2.3 สารละลายกรดบอริก 5% w/v : ละลายน้ำกรดบอริก 25 กรัม ในน้ำร้อน 450 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

เวลาใช้ให้สมสารละลายในข้อ 2.1, 2.2, 2.3 และน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1:1:3:10

โดยปริมาตร

3. สารละลายกรดแอกซ์โคร์บิก 0.5% w/v ละลายกรดแอกซ์โคร์บิก 0.5 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ไม่ควรเก็บไว้เกินสองวัน

4. สารละลายมาตรฐานของฟอสฟอรัส

4.1 สารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัส 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร: ชั้งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสฟอรัส ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 3 ชั่วโมง มา 4.3937 กรัม ละลายน้ำกลิ้น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.2 สารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปีเปตสารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัส 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลิ้น

4.3 สารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัส 0,1,2,3,4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร : ปีเปตสารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 0,1,2,3,4 และ 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรโดยใช้น้ำยาเบรย์ทูเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

ปฏิบัติการ

1. การสกัดฟอสฟอรัสจากดิน

1.1 ชั้งดิน 1 กรัม ใส่ในขวดรูปขમพู่

1.2 เติมน้ำยาเบรย์ทู 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 1 นาที

1.3 กรองผ่านกระดาษกรอง เก็บสารที่กรองได้ ไว้ในเคราท์ฟอสฟอรัส

2. การทำให้เกิดสี

2.1 ปีเปตสารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัสเข้มข้น 0, 1,2,3,4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดจากดินในข้อ 1 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2.2 เติมน้ำยาทำให้เกิดสี และสารละลายน้ำกรดแอกซ์โคร์บิกลงไปอย่างละ 1 มิลลิลิตร ซึ่งจะมีสีน้ำเงินเกิดขึ้น จากนั้นเติมน้ำกลิ้นลงไป 2 มิลลิลิตร เขย่าและปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาจนสมบูรณ์โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที

3. การวัดความเข้มสี

3.1 เปิดอุณหภูมิเครื่องวิสิเบลสเปกโตรโฟโนมิเตอร์ประมาณ 15 นาที

3.2 ปรับให้เครื่องการอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร

3.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมาร์ต์รูนฟอสฟอรัสตามลำดับความเข้มข้น แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

คำนวณ

$$\text{Avai.P(ppm)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำยาBray no.} II \text{ ที่ใช้สกัด (มล.)} \times \text{ปริมาณขวดที่ใช้เจือจาง (มล.)} \times \text{ปริมาณ P ที่อ่านจากการ(ppm.)}}{\text{น้ำหนักดินที่ใช้สกัด (กรัม)} \times \text{ปริมาตรสิ่งสกัดที่นำมาเจือจาง}}$$

การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในดิน

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งความละเอียด 0.001 กรัม
2. ขวดรูปฆุ่นขนาด (Erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร
3. บัวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิเมตร
4. โอลูมเมทริกปีเปต (Volumetric pipet) ขนาด 10 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวง (Measuring cylinder) ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. โพเทสเซียมไดโครเมต 0.167 โมลาร์ (1 นอร์มอล) : ละลายน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Potassium dichromate : $K_2Cr_2O_7$) (ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง) 49.04 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออน และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
2. เพอรัสแอมโนเนียซัลเฟตไฮเดรต ($(NH_4)_2(SO_4) \cdot 6H_2O$) 196.07 กรัม ในน้ำร้อนที่ปราศจากไอออนประมาณ 400 ml วางให้เย็นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 15 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร
3. กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid) เข้มข้นอย่างน้อย 96% (96-98% w/v H_2SO_4)
4. เพอร์อินอินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator) ละลายน้ำที่ปราศจากไอออน และเติม FAS 1 โมลาร์ 8 Phenanthroline monohydrate 1.485 กรัมในน้ำที่ปราศจากไอออน และเติม FAS 1 โมลาร์ 8 มิลลิลิตร ก่อนปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

ปฏิบัติการ

1. ชั่งดิน 1.00 กรัม (หากเป็นดินอินทรีย์ควรใช้ 0.10 กรัม) ใส่ขวดรูปฆุ่นขนาด 250 ml
2. ปีเปตโพเทสเซียมไดโครเมต 10 มิลลิลิตร เติมลงในขวดแล้วแกว่งให้ผสมเข้ากับดิน ในขันนี้ให้ทำเบลนค์ (blank) โดยเติมโพเทสเซียมไดโครเมต 10 มิลลิลิตร ลงในขวดที่ไม่มีดินด้วย
3. นำไปเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ภายใต้ตู้ดูดควันโดยค่อยๆ เทกรดลงข้างขวด และทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วหยดเพอร์อินอินดิเคเตอร์ลงไป 3-4 หยด แกว่งให้เข้ากัน

5. นำไปไหเทรตด้วย FAS (ควรไหเทรตแบบกล่องก่อน) จนกระทั่งถึงจุดยุติ โดยสารละลายน้ำเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาล บันทึกปริมาตร FAS ที่ใช้

การคำนวณ $Oc(\%) = [(ml K_2Cr_2O_7 \times NK_2Cr_2O_7) - (ml FeSO_4)] \times 0.003 \times \frac{100}{wwt. of soil(g)} \times \frac{100}{77}$



ตารางที่ ๔-1 ค่าสถิติที่ทดสอบ

ANOVA					
		Sum of Squares	df	F	Sig.
อุณหภูมิของวันแรก	Between Groups	11.34	2	983.54	0.00
	Within Groups	0.04	6		
	Total	11.38	8		
อุณหภูมิทั้งหมด	Between Groups	0.02	2	0.16	0.85
	Within Groups	0.37	6		
	Total	0.39	8		
ความชื้น	Between Groups	159.26	2	13.66	0.01
	Within Groups	34.99	6		
	Total	194.25	8		
(pH)	Between Groups	0.09	2	2.05	0.21
	Within Groups	0.13	6		
	Total	0.23	8		
คาร์บอนอินทรีย์	Between Groups	63.81	2	145.40	8.26E-06
	Within Groups	1.32	6		
	Total	65.13	8		
ไนโตรเจน	Between Groups	0.09	2	3.27	0.11
	Within Groups	0.08	6		
	Total	0.17	8		
C:N ratio	Between Groups	22.54	2	24.38	0.00
	Within Groups	2.78	6		
	Total	25.31	8		
ฟอสฟอรัส	Between Groups	0.01	2	3.53	0.10
	Within Groups	0.01	6		
	Total	0.02	8		
โพแทสเซียม	Between Groups	0.63	2	329.69	7.33E-07
	Within Groups	0.01	6		
	Total	0.64	8		

ตารางที่ 4-1 ค่าสถิติที่ทดสอบ (ต่อ)

Multiple Comparisons Scheffe.						
พารามิเตอร์	(I) ชุดการทดลอง	(J) ชุดการทดลอง	Mean Difference (I-J)	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
อุณหภูมิของวันแรก	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	2.75	0.00	2.55	2.95
		ชุดที่ 3	1.26	0.00	1.06	1.46
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	-2.73	0.00	-2.95	-2.55
		ชุดที่ 3	-1.49	0.00	-1.68	-1.29
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	-1.26	0.00	-1.46	-1.10
		ชุดที่ 2	1.49	0.00	1.29	1.69
อุณหภูมิทั้งหมด	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	0.05	0.97	-0.69	0.60
		ชุดที่ 3	-0.11	0.86	-0.76	0.54
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	0.05	0.97	-0.60	0.69
		ชุดที่ 3	-0.07	0.95	-0.72	0.58
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	0.11	0.86	-0.54	0.76
		ชุดที่ 2	0.07	0.95	-0.58	0.72
ความชื้น	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	10.30	0.01	3.98	16.63
		ชุดที่ 3	5.05	0.11	-1.28	11.37
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	-10.30	0.01	-16.63	-3.98
		ชุดที่ 3	-5.25	0.10	-11.58	1.07
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	-5.05	0.10	-11.37	1.273
		ชุดที่ 2	5.25	0.09	-1.07	11.58
pH	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	0.08	0.80	-0.31	0.48
		ชุดที่ 3	-0.16	0.47	-0.55	0.23
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	-0.08	0.80	-0.48	0.31
		ชุดที่ 3	-0.24	0.22	-0.64	0.15
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	0.16	0.47	-0.23	0.55
		ชุดที่ 2	0.24	0.22	-0.15	0.64

ตารางที่ ง-1 ค่าสถิติทดสอบ (ต่อ)

พารามิเตอร์	Multiple Comparisons Scheffe.					
	(I) ชุดการทดลอง	(J) ชุดการทดลอง	Mean Difference (I-J)	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
คาร์บอน	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	6.25	1.06E-05	5.02	7.48
		ชุดที่ 3	1.51	0.021474	0.28	2.74
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	-6.25	1.06E-05	-7.48	-5.02
		ชุดที่ 3	-4.74	5.31E-05	-5.97	-3.51
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	-1.51	0.02	-2.74	-0.28
		ชุดที่ 2	4.74	5.31E-05	3.51	5.97
ไนโตรเจน	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	-0.15	0.35	-0.46	0.15
		ชุดที่ 3	0.09	0.66	-0.21	0.39
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	0.15	0.35	-0.15	0.45
		ชุดที่ 3	0.24	0.11	-0.06	0.54
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	-0.09	0.66	-0.39	0.21
		ชุดที่ 2	-0.24	0.11	-0.54	0.06
C:N ratio	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	3.39	0.00	1.61	5.17
		ชุดที่ 3	0.06	0.99	-1.72	1.84
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	-3.39	0.00	-5.17	-1.61
		ชุดที่ 3	-3.33	0.00	-5.11	-1.55
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	-0.06	0.99	-1.84	1.7
		ชุดที่ 2	3.33	0.00	1.55	5.12
ฟอสฟอรัส	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	-0.057	0.23	-0.15	0.04
		ชุดที่ 3	-0.07	0.11	-0.17	0.02
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	0.06	0.23	-0.04	0.15
		ชุดที่ 3	-0.02	0.85	-0.11	0.08
	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	0.07	0.11	-0.02	0.17
		ชุดที่ 2	0.02	0.85	-0.08	0.11

ตารางที่ ๔-1 ค่าสถิติที่ทดสอบ (ต่อ)

Multiple Comparisons Scheffe.						
พารามิเตอร์	(I) ชุดการทดลอง	(J) ชุดการทดลอง	Mean Difference (I-J)	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
โพแทสเซียม	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	-0.64	8.15E-07	-0.72	-0.56
		ชุดที่ 3	-0.21	0.00	-0.29	-0.13
	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	0.64	8.15E-07	0.56	0.72
		ชุดที่ 3	0.42	9.11E-06	0.34	0.50





1. ชื่อโครงการ

ภาษาไทย การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขัน

ภาษาอังกฤษ The Potentiality Studies of Making Compost from Water Hyacinth and Paragrass.

2. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย

นางสาว นิลวรรณ ธรรมทิร รหัส 534291013

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นางสาว สุชาดา วิจิตร รหัส 534291037

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

อาจารย์กมลนาวิน อินทนุจิตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญulatoryนิดแต่ปัจจุบันการปลูกพืชมีต้นทุนสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยหรือยาเคมีซึ่งนับวันยิ่งมีราคาที่สูงขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยจดเป็นต้นทุนหนึ่งที่หลักเลี้ยงไม่ได้ เพราะเป็นอาหารของพืชที่สำคัญมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีกับต้นพืช จึงทำให้ราคาปุ๋ยเคมีที่จำหน่ายในห้องตลาดมีราคาค่อนข้างสูง จากการสำรวจพบว่าในปี พ.ศ.2555 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการใช้ปุ๋ยเคมีประมาณ 5,583,276 ตัน โดยมีมูลค่าถึง 83,947 ล้านบาท ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

การใช้ปุ๋ยหมักแทนปุ๋ยเคมีนั้นถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการใช้สารเคมีของเกษตรกรได้грมพัฒนาที่ดินจึงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยหมักใช้เอง ไม่ว่าจะเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากร่องงานอุตสาหกรรม จากบ้านเรือน หรือวัชพืช เช่น ผักตบชวาที่สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก เพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินให้เกิดประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชทางเกษตร จากการศึกษาผักตบชวาเป็นพืชที่มีรากฟอยจำนานมากสามารถดูดเอาแร่ธาตุอาหารพืชที่มาปะปนอยู่กับตะกอนไว้ในส่วนต่างๆของลำต้น ดังนั้นเมื่อถลายตัวเป็นปุ๋ยหมักก็จะให้แร่ธาตุอาหารพืชสูงมากไปด้วย (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2533)

วัชพีช นับว่าเป็นศัตรูอย่างหนึ่งของพืชปลูก เนื่องจากวัชพีชเป็นต้นไม้มีชีวิตเช่นเดียวกับพืชปลูก จะนั่งย่องตั้งต่อไปบุี้น้ำ แสงสว่าง เพื่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกัน ดังนั้นมีวัชพีชมาเยี่ยมสิ่งเหล่านี้จากพืชที่ปลูก ย่อมทำให้พืชที่ปลูกได้บุี้และน้ำน้อยลง ไม่เจริญเติบโต ทำให้ผลิตผลไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นแล้ว วัชพีชยังเป็นที่อาศัยของโรคและแมลงอีกด้วย (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544) หญ้าขัน จัดเป็นวัชพีชนิดหนึ่งที่สามารถขยายพันธุ์โดยสามารถใช้ส่วนต่างๆ นอกเหนือจากเมล็ด ดังนั้นหญ้าขันจึงมีการขยายพันธุ์และเติบโตได้อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตทางการเกษตรลดลง หากนำหญ้าขันเหล่านั้นมาทำเป็นปุ๋ยหมักจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีมาใช้ (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547) กล่าวว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในจำนวนมากและเป็นเวลาจะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพได้ แต่หากใช้ปุ๋ยหมักจะช่วยลดปัญหาต่างๆได้มาก และเป็นการปรับปรุงดินให้ดีขึ้นได้อีกด้วย

ดังนั้นผู้จัดจึงสนใจนำผักตบชวาและหญ้าขันมาใช้เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก และเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีในปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขันเบริยบเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

6. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาและหญ้าขันในการผลิตปุ๋ยหมัก
- 2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและหญ้าขัน กับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

7. สมมติฐาน

ปุ๋ยหมักจากผักตบชوار่วมกับหญ้าขันจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่มากกว่าปุ๋ยหมัก จากวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งและเหมาะสมตามค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

8. ตัวแปร

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| ตัวแปรต้น | ผักตบชวา และหญ้าขัน |
| ตัวแปรตาม | ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมัก |
| ตัวแปรควบคุม | ระยะเวลาในการหมักวิธีการหมัก |

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาและหญ้าในการทำปุ๋ยหมัก
- 2) เป็นทางเลือกในการนำผักตบชวาและหญ้าขันมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านเกษตรกรรมและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร
- 3) ช่วยลดปัญหาสภาพดินเสื่อมจากการใช้ปุ๋ยเคมีในด้านการเกษตร

10. นิยามศัพท์

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นโดยเลียนแบบธรรมชาติในป่า ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย มีสีน้ำตาลดำที่เรียกว่า ไข่มัล มีสมบัติในการปรับปรุงดิน เพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำและอากาศในดินดีขึ้น ช่วยให้ดินอุ่มน้ำและช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช ช่วยทำให้พืชและจุลินทรีย์เจริญเติบโตและส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ได้ดี (พิพารณ สิทธิรังสรรค์, 2547)

ผักตบชวา หมายถึง พืชที่ลอยอยู่บนผิวน้ำหรือบนดินชั้นแรก มีอายุข้ามปี ลำต้นสั้นใบແฉร่อยบดัน ใบมีลักษณะกลม หรือรูปไข่ ปลายมน ใบอาจจะมีขนาดใหญ่หรือเล็ก และก้านอาจจะสั้นหรือยาว ขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่นั้น กลางก้านใบไปถึงโคนใบจะพองออก ภายในมีลักษณะฟ่ามคล้ายฟองน้ำ แพร่พันธุ์โดยเมล็ด หรือแตกต้นอ่อนใหม่แล้วแยกหลุดจากต้นเดิม เมล็ดจะยังฝังตามดินในหน้าแล้ง เมื่อได้รับความชื้นจะอกเจริญเติบโตเป็นต้นอีก ผักตบชวาจัดเป็นพืชน้ำที่เจริญเติบโตขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และขยายพันธุ์ได้ทุกฤดูกาล (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544)

หญ้าขันหมายถึง หญ้าสะเทินน้ำสะเทินบกซึ่งมีอายุหลายปี มีเส้าเลี้ยงลำต้นกลวง ใน เป็นรูปหอกปลายแหลม มีขันขาวๆ ปักคลุมขอบใบและแผ่นหลังใบ มีดอกเป็นช่อขึ้นที่ส่วนยอดเมื่อหญ้าเริ่มแก่ แพร่กระจายด้วยเมล็ด และการแตกหกออกหากตามข้อ มีการเจริญเติบโตเป็นกอ ชอบขึ้นตามดินและขยายตัวเรื่อยๆ หรือที่ริมน้ำ มีเหลืออยู่ตลอดไปตามดินหรือน้ำ เช่น หนองน้ำ คูร่องสวน บริเวณที่นาและน้ำท่วมขัง (ดวงพร สุวรรณกุล, 2544)

11. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

11.1 ผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Eichhornia crassipes*) เป็นพืชที่เจริญอยู่บนผิวน้ำ จัดเป็นประเพณียன้ำ โดยปกติракจะไม่ยึดติดกับพื้น จึงถูกกระแสน้ำพัดพาไปได้ไกล แต่ถ้าหากตื้นแล้วรากจะหยึดติดกับพื้นได้ ลักษณะทรงตันประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นวงรุ้ว ในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ (sheath) ลักษณะเป็นเยื่อบางๆ สีขาวแกมเขียวอ่อนๆ แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล บริเวณกาบใบเป็นสีน้ำตาลแกมม่วงจะเชื่อมติดต่อกันโดยมีเหลว (stolon) ซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดไปตามผิวน้ำ ช่วยในการขยายปริมาณผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น ต้นหนึ่งๆ ของผักตบชวานะจะมีเหลวแตกออกไปได้หลายอัน เมื่อเหลวแตกออกไปแล้วก็เจริญขึ้นเป็นต้นใหม่ แต่ยังติดกับต้นเดิมอยู่และเกิดเป็นกอขึ้นพร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้น รากของผักตบช瓦เป็นรากฟอย (fibrous root) คือ มีรากย่อยๆ เป็นกระจาด รากที่แทรกออกจะมีลักษณะอวบสีขาว เมื่ออายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน (root hair) ที่มีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อแก่รากขนนี้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

แก่จนถึงสีดำ ซึ่งความขาวของรากจะแตกต่างกันไป ความขาวของรากจะแตกต่างกันไป ใบของผักตบชวาจะเรียงกันอย่างดี ทำให้แต่ละใบรับแสงแดดเต็มที่เพื่อปruzอาหารอย่างมีประสิทธิ การที่ต้นลอยอยู่ในน้ำช่วยให้หมวดปัญหาในเรื่องการดูดน้ำเพื่อหล่อเลี้ยงต้น โดยที่ไม่ไปในน้ำส่วนใหญ่มักจะมีรากอุดอาหารอยู่สมบูรณ์ ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของผักตบชวาซึ่งมีระบบ呼吸ที่แผ่กระจายและดูดแร่ธาตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อแพ็กตบชวาวัลลอยอยู่ในน้ำ คลื่น ลม และกระแสน้ำจะทำให้หลาดออกจากรากไปเป็นส่วนย่อยๆโดยล่องลอยไปตามน้ำระหว่างนั้นแต่ละส่วนก็จะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดพื้นที่น้ำนั้นๆ ก็เต็มไปด้วยผักตบชวาขึ้นเต็มจนแน่น



รูปที่ 1 ผักตบชวา

11.2 หญ้าชน

หญ้าชน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Brachiaria mutica* เป็นหญ้าสะเทินน้ำสะเทินบก และจัดเป็นวัชพืชข้ามปี คือวัชพืชที่มีการขยายพันธุ์โดยสามารถใช้ส่วนต่างๆ นอกเหนือจากเมล็ด เช่น ส่วนของลำต้น ราก เหล้า ใบ หรือลำต้นสะสมอาหารอยู่ในดิน เมื่อถูกตัดหรือกำจัดส่วนที่อยู่เหนือดินแล้ว จะไม่ตายแต่จะสามารถเจริญเติบโตและแตกต้นใหม่จากส่วนต่างๆ ที่อยู่ใต้ดินได้ ลักษณะทั่วไป คือ มีเลื้อยลำต้นกลวง สูงประมาณ 2 เมตร ใบเป็นรูปหอกปลายแหลมมีขนขาวๆ ปกคลุมขอบใบและแผ่นหลังใบ โดยใบมีความยาวประมาณ 10–20 ซม. และกว้าง 1–2 ซม. ที่บริเวณข้อของก้านมีขนขาวๆ เช่นกัน มีดอกเป็นช่อที่ส่วนยอดเมื่อหญ้าเริ่มแก่ มีก้านช่อดอกยาว ซึ่งดอกอยู่อยู่มี 10–20 ช่อ สีเขียวคล้ำปานดำ ดอกพองเนื่องจากติดเมล็ดได้ดี จะแพร่กระจายด้วยเมล็ด และการแตกใกล้กับต้นตามข้อมีการเจริญเติบโตเป็นกอขอบขึ้นตามดินและขยายตัวลงหรือที่ริมน้ำ และเจริญงอกงามแผ่ลงน้ำ มีเหลืออยู่ตลอดไปตามดินหรือน้ำ เช่น หนองน้ำ คูร่องสวน บริเวณที่นาและน้ำท่วมขัง พับได้ทั่วประเทศไทย



รูปที่ 2 หญ้าขัน

11.3 ปุ๋ย

ปุ๋ย (Fertilizer) หมายถึง วัตถุหรือสารที่ใส่ลงในดิน โดยมีความประสงค์จะให้ราศุ อาหารในโตรเจน พอสฟอรัส และโพแทสเซียมแก่พืชเพื่อให้ได้รับธาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณที่เพียงพอและสมดุลกันตามที่ต้องการ และให้ผลผลิตสูงขึ้น ส่วนปุ๋ยตามความหมายในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 คือ สารอินทรีย์ อินทรีย์สังเคราะห์ อินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช

11.4 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (Compost) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำโดยเลี้ยงแบบธรรมชาติในป่า ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้รับสุดที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย มีสีน้ำตาลปนดำ ที่เรียกว่า ชิวมัส มีสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่งเพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้เกิดการระบายน้ำและการศักดินดีขึ้น ช่วยให้ดินอุ่มน้ำและดูดซับธาตุอาหารพืชดีขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการดำเนินชีพ ช่วยทำให้พืชและจุลินทรีย์เจริญเติบโตและส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ได้ดีขึ้น

11.5 วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมัก

1. วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม วัสดุเหลือทิ้งจากไร่นาหรือทางการเกษตรจึงมีอยู่ทั่วไป เช่น พังข้าว ใบพืช ต้นข้าวโพด และกา格 เป็นต้น
2. วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การแปรรูปของวัตถุดิบทางการเกษตร ให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การขยายตัวด้านอุตสาหกรรมก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากรอ้อยจากโรงงานน้ำตาล ขี้เลือยจากโรงงานแปรรูปไม้ กากรตะกอนน้ำเสีย เป็นต้น

3. วัสดุเหลือทิ้งจากบ้านเรือน ในเขตชุมชนที่มีประชากรอยู่ร่วมกันมากจะมีปัญหาในด้านการกำจัดขยะ แนวทางที่สามารถนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้คือการทำปุ๋ยหมัก

4. วัชพืช วัชพืชบกและวัชพืchner้าหล้ายนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักตบชวาที่เป็นปัญหาในการกำจัด เป็นวัชพืชที่เจริญได้อย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย การนำผักตบชวามาทำเป็นปุ๋ยหมักจึงเป็นแนวทางหนึ่งโดยเปลี่ยนให้เป็นปุ๋ยหมักที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดิน

11.6 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการหมัก

1. เศษวัสดุที่รวบรวมมาได้นั้นบางครั้งจะมีขนาดใหญ่และยาวเกินไป ควรที่จะหั่นหรือสับก่อน ทั้งนี้เมื่อเวลาของบุญจะได้ไม่เกิดซ่องว่างภายในกองปุ๋ยหมัก เนื่องจากกองปุ๋ยจะสูญเสียความร้อนในกองได้ยาก ทำให้การย่อยสลายเป็นไปได้ช้า การหั่นเศษพืชนั้นยังทำให้เป็นชิ้นเล็กมาก เท่าไหร่การย่อยสลายก็เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว เพราะกองปุ๋ยหมักมีที่ว่างภายในอย่างจังเก็บความชื้นได้ดี

2. มูลสัตว์ ในการหมักปุ๋ยนั้น ถ้าใส่พอกสัตว์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมูลวัว มูลหมู มูลเป็ด มูลไก่ ฯลฯ ผสมคลุกเคล้าลงไปด้วยกัน กองปุ๋ยจะร้อนขึ้นได้รวดเร็วและย่อยสลายได้เร็วกว่าการใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะมูลสัตว์ต่างๆ ประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์อยู่จำนวนมากหลายชนิด การใส่มูลสัตว์จึงเป็นการเร่งเร้าให้จุลินทรีย์ทำการย่อยเศษพืช กลายเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคงชนิดต่างๆ

3. ปุ๋ยหยุ่น การใส่ปุ๋ยหยุ่นเรียงลงในกองปุ๋ยหมักจะช่วยให้เศษพืชสลายตัวได้อย่างเร็วขึ้น สำหรับวัสดุที่สลายตัวได้ยากจะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อย ไม่เพียงพอ กับความต้องการของจุลินทรีย์จึงคร่ามีการเติมปุ๋ยหยุ่นเรียงลงไปเพื่อเพิ่มแร่ธาตุอาหารลงในกองปุ๋ยหมัก ส่วนวัสดุที่สลายตัวง่ายใส่ในปริมาณเล็กน้อยเพียงแค่เป็นอาหารเสริมช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น

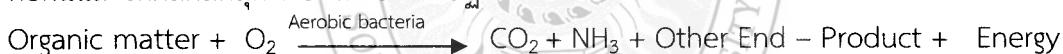
4. เชื้อจุลินทรีย์ พด.1 การทำปุ๋ยด้วยการใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นสารเร่งนี้ จะสามารถช่วยลดระยะเวลาหมักจากประมาณ 3-4 เดือน ลงเหลือเพียงประมาณ 1-2 เดือน เท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก นอกจากนั้นแล้วยังทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่ผสมอยู่ในสารเร่งนี้เป็นพวงที่ทำการย่อยสลายเศษพืชได้ถูกต้อง ถ้ากองปุ๋ยมีความร้อนสูงจะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืชหรือเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในกองปุ๋ยหมักได้

11.7 กระบวนการทำปุ๋ยหมัก

กระบวนการทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีตามธรรมชาติที่อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์ต่ำส่วนที่ย่อยสลายได้ให้เป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างจะคงรูป และมีคุณค่าในทางเป็นปุ๋ยสำหรับบำรุงดินเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนั้นเศษวัสดุที่หมักได้ที่แล้วปริมาตรจะลดลงประมาณร้อยละ 30-60 และยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เกิดโรคได้อีกด้วย การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะแรกๆ ที่มีออกซิเจนป้อนอยู่จะเกิดการย่อยสลายแบบแอโรบิก (Aerobic) สามารถย่อยสลายอินทรีย์ต่ำส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อออกซิเจนถูกใช้ไปจนหมด การย่อยสลายจะกลยุยเป็นแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) ซึ่งเป็นการย่อยสลายอินทรีย์ต่ำส่วนที่ค่อนข้างช้า ทำให้เกิดกรดและก๊าซ จึงมีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ขึ้น เป็นเหตุให้เกิดความรำคาญ และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนด้วย ซึ่งกระบวนการทำปุ๋ยหมักแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีดังนี้

1. การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition)

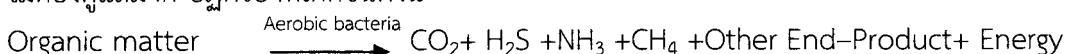
การหมักแบบใช้ออกซิเจนเป็นการย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้โดยใช้ออกซิเจน ซึ่งใช้เวลาในการย่อยสลายเร็วมาก และปล่อยพลังงานในรูปของความร้อนจำนวนมากจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ต่ำส่วนที่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการหมักวิธีนี้จะมีข้อดีคือไม่มีกลิ่น อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการทำหมักนั้นค่อนข้างสูงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อกันและให้ผลผลิตสุดท้ายที่เสถียร ดังปฏิกิริยาดังไปนี้



การเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน ได้นั้นต้องมีสภาวะที่เหมาะสม เช่น ปริมาณออกซิเจนเพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้นพอเหมาะ ดังนั้นการทำหมักปุ๋ยแบบแอโรบิก วัตถุดิบต้องไม่อัดแน่นจนเกินไป ต้องมีพูนอยู่บ้าง จึงจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายดีขึ้น นอกจากนี้การทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุต่างๆ ยังสามารถเพิ่มวัสดุอินทรีย์ให้ได้ด้วย เช่น นุ่ลสัตว์และสารเคมีบางชนิด ก็จะทำให้การย่อยสลายโดยวิธีนี้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

2. การหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic decomposition)

การทำหมักแบบไร้อากาศ เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่ำส่วนของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในอากาศ ซึ่งของเสียที่นำมาใช้ในการหมักจะอยู่ในลักษณะกึ่งของเหลว การหมักแบบไร้อากาศนั้น อุณหภูมิจะต่ำและมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น โดยมีอัตราการสลายตัวอย่างช้าๆ และใช้เวลานาน แต่มีข้อดีคือไม่ต้องดูแลมาก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



การศึกษากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในปุ๋ยหมักทั้งแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบร่วมกับการทำหมักแบบใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพมากกว่าการทำหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพราะว่าสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่า ส่วนการทำหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องใช้เวลาในการหมักนาน มีกลิ่นรบกวนและอาจมีเชื้อโรคปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก

11.8 ปัจจัยที่มีควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้น นอกจากเชื้อจุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญอย่างมากแล้ว ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การสลายตัวเป็นไปในอัตราที่เร็วหรือช้าด้วย ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

ชนิดและขนาดของวัสดุที่ใช้หมัก

วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักส่วนใหญ่แล้วจะได้มาจากการพิชามากกว่าที่จะได้จากสัตว์ โดยธรรมชาติแล้วเศษพืชชนิดต่างๆ ย่อมมีการย่อยสลายได้ช้าหรือเร็วแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเศษพืชนั้นๆ ว่ามีส่วนที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่ายและมีแร่ธาตุอาหารเพียงพอ กับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ ดังนั้นอาจแบ่งเศษที่ใช้ทำปุ๋ยได้เป็นสองพวกด้วยกัน คือ เศษพืช พ ragazzi ตัวง่าย เช่น พืชตระกลถั่ว ผักตบชวา เศษพืชที่เป็นพืช周年 น้ำ อีกพวกหนึ่งก็คือเศษพืชที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พังข้าง แกลบ กาดอ้อย ขุยมะพร้าว ปกติแล้วเศษพืช พวกหลังนี้จะมีรัตติอาหารอยู่น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์และนอกจากนี้พืชที่มีอายุน้อยย่อมจะมีการย่อยสลายได้ง่ายกว่าเศษที่มีอายุมาก ขนาดของเศษพืชก็เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ หากเศษที่นำมาหมักนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป เมื่อนำมาลงจะทำให้เกิดช่องว่างภายในกองปุ๋ยมาก กองปุ๋ยหมักจะเสียความชื้นได้ง่าย ทำให้เศษพืชแห้งไม่เหมาะสมที่จะให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต การทำกิจกรรมการย่อยก็ช้าลงไปด้วย เช่นกัน ดังนั้นผู้ทำปุ๋ยหมักพยายามสับหรือหั่นเศษพืชให้เป็นชิ้นเล็กลง โดยทั่วไปไม่ควรใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร การหั่นนั้นสามารถหั่นให้เป็นชิ้นเล็กลงมากเท่าไหร่ก็ยิ่งดี เพราะจะทำให้การหมักเร็วขึ้นและเป็นการเพิ่มพื้นที่พิવิชช์ของเศษวัสดุที่จะสัมผัสถูกอากาศ (เข็มวารพ องอาจ, 2550)

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลาย และเป็นปัจจัยควบคุมอัตราเร่งของปฏิกิริยาด้วย สภาพภูมิอากาศศักดิ์มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย โดยทั่วไปพบว่า หลังจากการหมักนาน 2-4 วัน อุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็วจนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลาย และคุณสมบัติการเก็บความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมัก การที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นดังกล่าว ทำให้สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักเปลี่ยนไป ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็เปลี่ยนแปลงไป เช่นกันในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ พบว่าจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่พืชที่ทนต่ออุณหภูมิสูงและพืชที่ชอบอุณหภูมิ จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลง จนถึงระดับที่จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางสามารถเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้นในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลไปยังการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงตามไปด้วย ทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่เริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป (ธันวดี ศรีธารวัตน์, 2547)

ความชื้น

ความชื้นเป็นค่าที่ปรงบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำเนินชีวิตและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาในระบบเมตาบอลิซึมต่างๆ ที่

เกิดขึ้นภายในเซลล์และการปลดปล่อยเอนไซม์ออกมายานอกเซลล์ โดยปกติภายในกองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำร้ายเหยอกจากกองปุ๋ยหมักตลอดเวลา ถึงแม้ว่าอินทรีย์ตุณจะมีคุณสมบัติอุ่มน้ำได้ดีก็ตาม ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำลงในกองปุ๋ยหมักในช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งความชื้นที่พอดีของกองปุ๋ยหมักร้อยในช่วง 50-60% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่า 40% การย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่ถ้าความชื้นมากเกินกว่า 80% จะทำให้กองปุ๋ยหมักแข็งเกินไป การระบายน้ำอากาศไม่ดีจนทำให้เกิดสภาพไร้อากาศ กระบวนการย่อยสลายเกิดได้ช้า เช่นกัน(ธันวี ศรีราเวศ, 2547)

การระบายน้ำอากาศ

การระบายน้ำอากาศในกองปุ๋ยหมัก เป็นสิ่งที่จำเป็นอีกประการหนึ่งในการดำเนินการชีวิตของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์พากที่ต้องการอากาศ ใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจภายในเซลล์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการระบายน้ำอากาศเพื่อปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอต่อการเจริญและต่อการย่อยสลายเศษวัสดุต่างๆ ซึ่งในระบบหายใจของจุลินทรีย์นั้น ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจนได้ก้ามคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในสภาพที่ออกซิเจนเพียงพอกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองพืชจะมีประสิทธิภาพได้พลังงานจำนวนมากที่เซลล์จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในระบบเมตาโบลิก เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ในการเจริญและดำเนินชีพของจุลินทรีย์ต่อไป(ชัชฎาพร องอาจ, 2550)

ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง

จุลินทรีย์ที่เป็นตัวการในการก่อให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมักนั้น มีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดเจริญเติบโตหรือมีกิจกรรมได้ดีในสภาพเป็นกรดเป็นด่างต่างๆ กัน โดยทั่วไปจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นกรดหรือเป็นเสลกน้อย ถ้าในระหว่างหมัก pH ลดลงแสดงว่ามีปฏิกิริยา Anaerobic เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อได้ที่กองปุ๋ยหมักเกิดปฏิกิริยา Anaerobic แล้ว การทำให้ปฏิกิริยากลับเป็นแบบ Aaerobic เป็นไปได้ยาก ความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยควรอยู่ตั้งแต่ช่วงที่เป็นกรดอ่อนๆ คือ มีค่า pH ประมาณ 5.5-8.0 หากสูงหรือต่ำกว่าจะน้ำที่การย่อยสลายจะช้าลง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักจะมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อยไปจนถึงด่างเล็กน้อย ฉะนั้นไม่จำเป็นต้องปรับระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษพืชก็สามารถเกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ได้เศษพืชหรือวัสดุที่ผ่านกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจจะมีความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างจัด ควรปรับปฏิกิริยาให้อยู่ในระดับเป็นกลางเสียก่อน (ธันวี ศรีราเวศ, 2547)

ปริมาณธาตุอาหาร

จุลินทรีย์ต้องการพลังงานและคาร์บอนในการสร้างเซลล์ ธาตุอาหารที่จำเป็นอาจรวมเข้าเป็นสารประกอบในเซลล์หรืออาจต้องการเพียงช่วยกระตุ้นหรือเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ในกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบภายในเซลล์เท่านั้น ในกองปุ๋ยหมักมีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 40/1 ขณะที่ค่าเหมาะสมของ C/P เท่ากับ 100/1 ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่พบในปุ๋ยหมักเป็นอัตราส่วนของสารอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์สร้างเซลล์หรือมีกิจกรรมมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักด้วย (ธันวี ศรีราเวศ, 2547)

อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนของวัสดุ

เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความยากหรือง่ายต่อการย่อยสลาย และการใช้เป็นตัวกำหนดระดับการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ถ้าวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจน สูงมากๆ อัตราการย่อยสลายจะเกิดช้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนกับในโตรเจน ในสภาพเช่นนี้จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนในรูปแบบต่างๆเป็นแหล่งของพลังงาน และแหล่งของการบอนในการเริญ ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็ต้องใช้สารประกอบในโตรเจนด้วย แต่สารประกอบในโตรเจนมีปริมาณน้อยจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการเริญของจุลินทรีย์ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดช้า ความสมดุลของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนของเซลล์ จุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 10 ต่อ 1 ถ้าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อในโตรเจนต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียในโตรเจน เนื่องจากกระบวนการระเหย (ammonia volatilization) การใช้วัสดุมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจนประมาณ 25 ต่อ 1 ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อในโตรเจนที่ใช้เป็นตัวกำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ 20 ต่อ 1 ซึ่งปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินจะไม่เกิดผลเสียต่อ din และพืช (ธันวดี ศรีราเวศ์, 2547)

11.9 การพิจารณาปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้ว

1. สีของปุ๋ยหมักมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มหรือดำหากปุ๋ยหมักเป็นสีออกเทาหรือหลุ่งจะเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะไม่ดีมีธาตุอาหารน้อย
2. ลักษณะโครงสร้าง มีโครงสร้างหยาบปานกลาง ไม่อัดแน่น แต่จะมีลักษณะยุ่ยคละเอียด แยกขาดออกจากกันได้ง่าย
3. กลิ่น ไม่มีกลิ่นเหม็นแต่มีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ แต่ถ้าหากปุ๋ยมีกลิ่นฉุนหรือมีกลิ่นของเศษวัสดุหมักอยู่แสดงว่าการหมักปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์
4. ความร้อนในกองปุ๋ยจะลดลงไก่ล็อกกับอุณหภูมิบรรยายกาศ
5. การเจริญของพืชบนกองปุ๋ย เมล็ดพืชออกและเจริญเติบโตบนกองปุ๋ยได้ แสดงถึงปุ๋ยหมักสามารถต่ออายุได้แล้วและสามารถนำไปใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช
6. การวิเคราะห์เคมี ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจนของปุ๋ยควรเท่ากับหรือน้อยกว่า 20 ต่อ 1 ความชื้นไม่เกิน 35% ปริมาณอินทรีย์ต่อมีค่าอยู่ระหว่าง 30-60% โดยน้ำหนักแห้ง

11.10 มาตรฐานปุ๋ยหมัก

ราดูอาหารในปุ๋ยหมักจะแปรผันไปตามกระบวนการหมักและความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ในการหมักแต่ละครั้ง จึงมีการกำหนดมาตรฐานของปุ๋ยหมัก ดังนี้ (กรมพัฒนาฯ ดิน, 2544)

1. ปริมาณอินทรีย์ต่ำ อยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
2. อัตราส่วนสารประกอบบอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต้องไม่มากกว่า 20:1
3. ระดับการนำไฟฟ้า ต้องไม่เกิน 3.5 เดซิชีเมน/เมตร
4. ความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 5.5-8.5
5. ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) พอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ต้องไม่น้อยกว่า 1.0 – 0.5 – 0.5 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักตามลำดับ
6. ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ของต้องไม่เกิน 35% เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก
7. จึงมีขนาดผ่านตะแกรงร่องช่วงสี่เหลี่ยมขนาด 12.5×12.5 มิลลิเมตรได้หมด
8. เศษสุดอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ได้แก่ หิน ดิน ราย เศษพลาสติก ฯลฯ ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
9. ต้องไม่มีวัสดุอันตราย เช่นเศษแก้ว วัสดุแหลมคมและโลหะอื่นๆ ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้เจือปน
10. ต้องปลอดภัยจากธาตุโลหะหนักและสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นูรีชา หวานและคณะ (2545) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเศษวัสดุมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ของกระบวนการหมักตามกระบวนการหมักแบบ Aerobic compost โดยวิธีการหมักแบบใช้เชื้อจุลินทรีย์ชั้นวัสดุนำมาจากมีอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทแรกใช้วัสดุจากยางพาราที่เก็บมาจากการเป็นใบสอดและใบแห้งที่ร่วงหล่นตามยางพาราและประเภทที่สองใช้วัสดุจากผักตบชวาที่เก็บได้จากบริเวณทั้งนอกและในสถาบันราชภัฏสงขลา การหมักแบ่งออกเป็นสองชุด คือ ชุดที่ 1 ใบยางพารา+ปุ๋ยคอก+จุลินทรีย์พด.-1+ปุ๋ยเรีย ชุดที่ 2 ผักตบชวา+ปุ๋ยคอก+จุลินทรีย์พด.-1+ปุ๋ยเรีย โดยทำการวิเคราะห์ผลการหมักเมื่อสิ้นสุดการหมัก หมัก 40 วัน ซึ่งแต่ละชุดจะทำการเพลิกกลับทุกๆ 2 วัน ในสัปดาห์แรกจะทำการเพลิกกลับทุกๆ 5 วัน ในสัปดาห์ต่อมาในระหว่างการหมักจะทำการวัด อุณหภูมิ ความชื้น pH และ C/n ration จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในการหมักอยู่ในที่ที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ อยู่ระหว่าง 25-30 องศา ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60 % ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-8 เหมาะสมต่อการดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์ เปอร์เซ็นต์ของธาตุอาหารหลัก(NPK) ของปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีค่าดังนี้ ชุดที่ 1 มีค่า 1.87 / 3.25 / 0.35 องศา และชุดที่ 2 มีค่า 2.13 / 4.47 / 0.84

นูรีซัน ยีแรมะ และมะลีโน尼 อามู (2550) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ได้แก่เปลือกข้าวโพด แกลบ หญ้าแห้ง เพื่อเป็นการนำเศษพืชและวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน ใช้วิธีการหมักแบบ Aerobic composting แบบใช้เชื้อจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุด ถังที่ 1 ผักตบชวา(สูตรควบคุม) ถังที่ 2 ผักตบชัวร่วมกับเปลือกข้าวโพด ถังที่ 3 ผักตบชัวร่วมกับแกลบ ถังที่ 4 ผักตบชัวร่วมกับหญ้าแห้ง โดยทำการวิเคราะห์ผลเมื่อสิ้นสุดการหมัก 35 วัน ในระหว่างการหมักจะทำการตรวจวัด อุณหภูมิ , ความชื้น , pH , และ C:N ratio จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในถังหมักอยู่ในช่วง 25-35 องศา ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60 % ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 5.5-9 อยู่ในช่วงที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ควรมีค่าเท่าหรือต่ำกว่า 20:1 ซึ่งค่าที่ได้อัญช่าว่าที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แร่ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ เปอร์เซ็นต์ N/P/K ของปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สูตรที่ (1) 1.40 : 110 : 0.43 สูตรที่ (2) 1.47 : 1.29 : 0.63 สูตรที่ (3) 1.89 : 1.08 : 0.10 สูตรที่ (4) 1.82 : 1.32 : 0.78

บรรจิต จีนบุญ และมนตรี อินธรรมณี (2542) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยการใช้เชื้อปุ๋ยหมักเป็นตัวเร่ง มีส่วนผสมระหว่างกาปัล์มกับวัสดุเศษเลือกอื่นๆ โดยการควบคุมความชื้นระหว่าง 60-80 % ทำการวัด pH อุณหภูมิ และความชื้น ฉ-16 วันและเก็บตัวอย่างทุกๆ 10 วันเพื่อวัดค่าไนโตรเจน คาร์บอนค่า C/Npb ว่าหลังการหมัก 50 วันปุ๋ยทุกกองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยค่า C:N ration ต่ำกว่า 20 (ค่ามาตรฐาน) ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า C:N ration ต่ำสุดถึงสูงสุด คือ กาปัล์มอย่างเดียว กาปัล์มผสมน้ำแข็งปลาทูน่า กาปัล์มผสมยูเรีย กาปัล์มกับหญ้าขันกาปัล์มกับอ้อย และกาปัล์มกับผักตบชวาโดยได้ค่า C:N ration 10.5 10.6 11.6 12.4 12.5 และ 13.59 ตามลำดับ ปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้นอยู่ระหว่าง 50-70% โดยใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น (50 วัน) และค่า C:Nration ต่ำกว่าในระดับมาตรฐานและปุ๋ยที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ ปุ๋ยหมักที่ประกอบด้วยกาปัล์มผสมหญ้าขัน

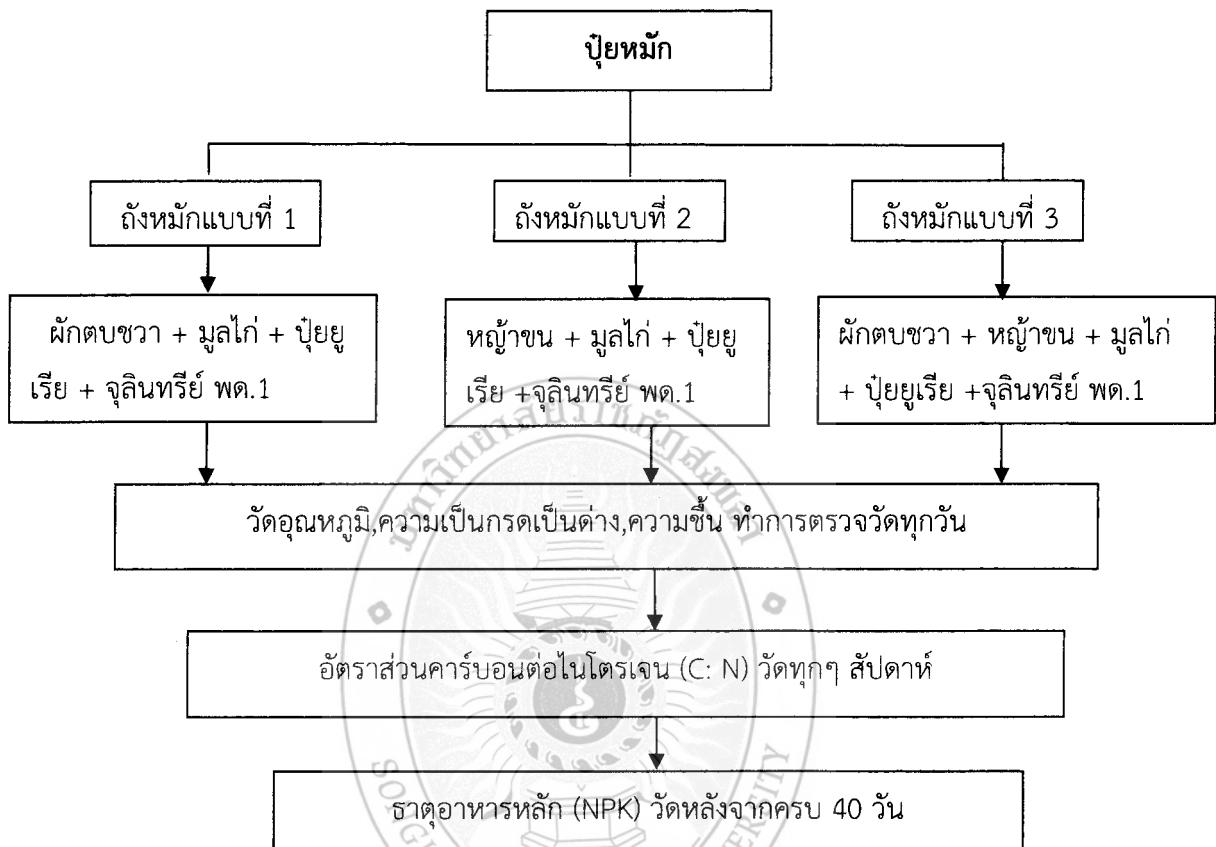
13. วิธีการดำเนินการวิจัย

13.1 วัสดุอุปกรณ์

1. ผักตบชวา: วัสดุเหลือทิ้งในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2. หญ้าขัน: วัสดุเหลือทิ้งในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
3. ถังหมัก: ถังหมักที่ใช้มีลักษณะเป็นถังพลาสติกที่มีฝาปิด ซึ่งสามารถควบคุม

การเปลี่ยนแปลงที่รบกวนจากปัจจัยภายนอกได้ดังนี้ จึงเลือกให้ถังพลาสติก มีขนาด 20 ลิตร มีฝาปิด นำเข้าถังมาเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร รอบถัง เพื่อเป็นช่องให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับปุ๋ยหมักได้ และ ใช้ตาข่ายในลอนมาปิดทับรูระบายน้ำอากาศ ที่เจาะไว้โดยรอบ เพื่อป้องกันแมลงรบกวน

13.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล



13.5 วิธีการทดลอง

Parameter	วิธีการวิเคราะห์	ที่มา
อุณหภูมิ	Thermometer	(standard method, 2005)
ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	(standard method, 2005)
ความชื้น	วิธี Oven-drying method	(standard method, 2005)
การบอน	วิธี carter	(standard method, 2005)
ไนโตรเจน	วิธี TotalKjeldahl method	(standard method, 2005)
โพแทสเซียม	วิธี Wet Digestion	(standard method, 2005)
ฟอสฟอรัส	วิธี Wet Digestion	(standard method, 2005)

14. แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	2556										2557										2558	
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	
รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร			+																			
สอบโครงสร้างวิจัย					▲																	
ทำการหมักปุ๋ย																						
วิเคราะห์พารามิเตอร์																						
สอบถามความก้าวหน้า																						
สรุปผลการทดลอง																						
สอบจบแล้ววิจัย																						▲
เขียนและแก้ไขแล้ววิจัย																						

หมายเหตุ ช่วงเดือน *พ.ย. 2556 – ก.พ. 2557 เป็นช่วงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

15. งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ
ค่าใช้สอย	
ค่าบริการสืบคันข้อมูล	200
ค่าวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	5,000
ค่าเช่าyanpathanadeinทางไปเก็บตัวอย่าง	500
ค่าวัสดุ	
ค่าน้ำมันรถ	300
ค่าอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	1,000
ค่าวัสดุสำนักงาน/ค่าถ่ายเอกสาร	100
ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์ (แผ่นซีดี)	100
รวม	7,200

16. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. การจัดการอินทรีย์วัตถุ เพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์

ของดิน. สำนักนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวง

เกษตรและสหกรณ์ : เอกสารเผยแพร่กรมพัฒนาที่ดิน

กรมวิชาการเกษตร. 2557. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีที่สำคัญ ปี 2551-2555

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.oae.go.th/download/FactorOfproduct/>

Fertilizer_value49-54.html.(28ธันวาคม2557)

ฉบับรวม เหลือของวุฒิวิโรจน์.2531. การประเมินประสิทธิภาพการย่ออย่างถูกต้องของเชื้อจุลทรรศน์เร่งปุ่ย
หมัก.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาน้ำดื่มพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงพร สุวรรณกุล. 2544.วัชพืชในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ 440 หน้า

พิทยากร ลีมทอง. 2533. การปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมักและปุ๋ยพิชสด. คู่มือการปรับปรุงบำรุง
ดินและการใช้ปุ่ย. กรุงเทพฯ : ศูนย์การพิมพ์มูลนิธิ.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2542.ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ : เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธี
เกษตรกรรมชาติ.กรุงเทพฯ

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2551. เกษตรกรรมชาติ.กรุงเทพฯ

ธันวดี ศรีราเวรัตน์.2547. การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือ¹
ทางเกษตร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยหมักชีวภาพเทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์
ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพมหานคร

นภารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตัดผลสอดในเขตเทศบาลครหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นิติ เทมพัฒน์. 2553. รูปแบบถังหมักปุ๋ยสำหรับขยายอินทรีย์จากบ้านเรือน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรม
ศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นิสากร วิเวกนิย়. 2546.อิทธิพลของการเติมของการเติมหัวเชื้อ และ/หรือ การเติมอากาศต่อการ
ทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
มหาวิทยาลัยบูรพา

นุรัชัน ยีแลมี และมะสื่อนี อาบู. 2550.ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับวัสดุเหลือทิ้ง²
ทางการเกษตร. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นุรีชา หะแวง และคณะ. 2545.การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักที่ทำจาก
ใบยางพาราและผักตบชวา.สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

บรรเจิด จีนบุญ และ มนตรี อินธรรมณี.2542. การทำปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัด
น้ำมันปาล์ม. รายงานวิจัย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์. 2548. ข้อกำหนดมาตรฐานทางวิชาการปุ๋ยอินทรีย์(Q). [ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก

มุกดา สุสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ : สายธุรกิจโรงพิมพ์